

# ANLEITUNG ZUR MESSUNG DER PERIODISCHEN GRÖSSENVERÄNDERUNGEN DER GLETSCHER.<sup>1</sup>

VON AXEL HAMBERG.

Der Hauptzweck der Arbeiten der Gletscherkommission ist, die periodischen Grössenschwankungen der Gletscher zu verfolgen. Eine einigermaßen vollständige Kenntnis dieser Schwankungen würde Höhenkurvenkarten voraussetzen, die jährlich aufgenommen würden. Dies würde indessen eine ausserordentlich grosse Arbeit sein, weshalb man sich auf einfachere Verfahren beschränken muss. Die gewöhnlichste ist, dass man nur die Lage des unteren Gletscherrandes bestimmt und durch Vergleich mit einer solchen Bestimmung eines früheren Jahres angibt, wieviel der Gletscherrand sich in der betreffenden Periode vorgeschoben oder zurückgezogen hat. Ist der Unterschied gleich Null, so wird der Gletscherrand als stationär bezeichnet. Aber auch auf eine solche einfachere Bestimmung kann grössere oder geringere Sorgfalt verwendet werden.

Alle Messungen und Kartenaufnahmen, die Bestimmungen der Grössenschwankungen der Gletscher bezwecken, müssen auf leicht identifizierbare Fixpunkte auf dem festen Boden bezogen werden. Bei der Auswahl solcher Punkte muss man berücksichtigen, dass sie gute Aussichtspunkte sein müssen, und dass *wenigstens zwei* so entfernt vom Gletscherrand liegen, dass sie bei einem Vorstoss des Gletschers nicht zerstört werden.

Bei einem kleinen Talgletscher genügt es häufig, zwei oder drei Signale in der Längsachse des Tales zu bauen. Das erste muss sich in einer Entfernung von 50—100 m unterhalb des Gletscherrandes befinden, die übrigen müssen in Entfernungen von etwa 200 m voneinander gebaut werden. Ist der Gletscherrand sehr breit, so empfiehlt es sich, mehrere Reihen von zwei oder drei Signalen zu bauen. Jede Reihe muss zum Gletscherrand annähernd senkrecht orientiert sein, und der Abstand der verschiedenen Reihen voneinander darf ungefähr 200 m betragen. Ein solches System dürfte bei Gletschern, die alljährlich besucht werden, genügen. Wenn bei einem Anwachsen des Gletschers die dem Gletscherrand am nächsten stehenden Signale oder Fixpunkte bedroht werden, müssen zu richtiger Zeit neue Fixpunkte weiter abwärts vom Gletscherrand angebracht werden, so dass stets wenigstens zwei Signale oder Fixpunkte auf jeder zum Gletscherrand annä-

<sup>1</sup> Diese Abhandlung ist verfasst worden, um den Wunsch einiger noch unerfahrenen Gletscherbeobachter zu erfüllen.

hernd senkrechten Reihe vorhanden sind. Wenn ein Gletscher sich eine längere Strecke zurückgezogen hat, muss das System von Fixpunkten in der Richtung auf den Gletscherrand zu ergänzt werden, so dass die Entfernung von diesem bis zu dem nächstliegenden Fixpunkt in jeder Reihe 100—150 m nicht übersteigt.

Betreffs Gletscher, die selten besucht werden, muss man darauf achten, dass stets Fixpunkte genügend weit vom Gletscherrand vorhanden sind, damit die Konnexion zweier auf einander folgender Aufnahmen nicht aufs Spiel gesetzt wird. Bei solchen Gletschern empfiehlt es sich auch, Signale so weit seitwärts vom Talweg entfernt zu bauen, dass sie selbst bei einem bedeutenden Vorstoss des Gletschers von letzterem nicht erreicht werden.

Die Signale werden zweckmässig mannshoch aus natürlichen, am besten ziemlich flachen Steinresten gebaut. Solche sind meistens in den Gletschermoränen massenweise zu haben. Um Verwechslung zu vermeiden, müssen die Signale in irgend einer Weise gemarkt werden. Bei Gletschern, die häufig besucht werden, kann dies durch gemalte Buchstaben oder Ziffern geschehen, doch kann man nicht erwarten, dass ein solcher Anstrich mehr als zehn Jahre erkennbar ist. Bei Gletschern, die sehr selten besucht werden, ist es daher nötig, eine dichtschiessende Kupferdose, die einen Zettel mit genügenden Angaben enthält, im Signal zu deponieren oder andere entsprechende Vorsichtsmassregeln zu treffen. Bei einem System von mehreren Signalen ist zwar ihre Identifizierbarkeit durch ihre gegenseitigen Abstände möglich, aber da fremde Leute neue Signale aufführen können und alte Signale einstürzen können, ist es zweckmässig, die Signale zu markieren. In Gebieten, wo die Gefahr vorliegt, dass die aus losen Steinen gebauten Signale von übelgesinnten Leuten zerstört werden können, müssen dauerhaftere Fixpunkte, wie eingebaute Eisenbolzen, verwendet werden.

### Die Vermessungen.

Wenn die zu einem Gletscher gehörigen Fixpunkte mehr als ein einziger sind, muss ihre gegenseitige Lage bestimmt werden. Dies kann zweckmässig durch Messtisch, Latte und eine tachymetrische Kippregel oder Ljungströmsches Distanzfernrohr<sup>1</sup> erfolgen. Man erhält dadurch sofort ein graphisches Bild auf der Horizontalebene in gewünschtem Massstab. Der Nordstrich ist mit einer guten Bussole einzuzeichnen, und zwar muss notiert werden, ob magnetischer oder astronomischer Nord gemeint ist. Wertvoll ist es selbstverständlich, auch die Ziellinien nach bemerkenswerteren topographischen Details (Bergspitzen, Kirchtürmen usw.) einzuzeichnen.

Eine solche Aufnahme kann ebenfalls gut mit einem tachymetrischen Theodolit

<sup>1</sup> Gute Instrumente dieser Art sind in Schweden bei der Instrumentaktiengesellschaft Lyth und der Firma Fr. J. Berg in Stockholm sowie an der Firma Carlsson & Österberg in Göteborg zu haben.

und Latte ausgeführt werden. Wenn die Moränenlandschaft vor dem Gletscher sehr eben ist und keine beträchtliche Neigung aufweist, kann die Aufnahme auch mit einfacheren Instrumenten, wie Winkeltrommel oder Diopter, in Verbindung mit einem wenigstens 50 m langen Messband gemacht werden. Ist aber das Terrain hügelig oder sehr uneben, so kann das Messband kaum verwendet werden.

Zur Bestimmung der Lage des Gletscherrandes empfiehlt es sich vorzugsweise, eine graphische Aufnahme mit Messtisch, Latte und tachymetrischer Kippregel oder Ljungströmschem Distanzfernrohr vorzunehmen. Der Messtisch wird über einem Signal aufgestellt, das möglichst nahe dem Eisrand gebaut ist, oder, wenn das Signal zu gross ist, auf irgend einem anderen guten Aussichtspunkt in der Nähe des Eisrandes, denn man muss beachten, dass je kürzer die Zielweite ist, um so genauer das Resultat ist. Der Lattenträger folgt dem Eisrand und stellt die Latte wenn möglich an allen wichtigeren Brechungspunkten des Eisrandes auf. Wo die Kante gerade ist, genügt es, die Latte am Anfang und Ende der geraden Strecke aufzustellen. Ausserdem werden die Signale eingemessen. Als Massstab empfiehlt sich 1:5 000. Wenn man die eingemessenen Punkte des Gletscherrandes am Messtisch mit Geraden oder nach Augenmass möglichst richtigen krummen Linien zusammenbindet, hat man ein kartographisches Bild des Gletscherrandes in richtiger Lage zu den Fixpunkten. Überträgt man diese Aufnahme auf ein durchsichtiges Pauspapier und legt man dann dasselbe auf die Aufnahme eines früheren Jahres in der Weise, dass die Fixpunkte zusammenfallen, so sieht man sogleich, ob der Gletscherrand in Anwachs oder Schwinden sich befindet, oder vielleicht in unveränderter Lage ist. Einen Mittelwert der Verschiebung des Gletscherrandes erhält man durch planimetrische Messung der Area, die die beiden Gletscherränder einschliessen und Division der Area durch die Länge der gemessenen Strecke.

Die Aufnahme kann selbstverständlich mit tachymetrischem Theodolit und Latte oder, wenn das Terrain eben ist, mit Messtisch, Diopter und Messband oder Winkeltrommel und Messband ausgeführt werden. Ein Vorwärtseinschneiden verschiedener Punkte des Gletscherrandes von zwei Fixpunkten, deren Verbindungslinie dem Gletscherrand annähernd parallel läuft und als Basis der Messungen dient, ist kaum zu empfehlen, denn die Punkte des Gletscherrandes sind leicht zu verwechseln. Ist aber eine Verwechslung ausgeschlossen so ist auch diese Methode gut.

Wenn die Fixpunkte einmal genau eingemessen sind, und das Terrain vor dem Gletscher einigermaßen eben ist und man die Kosten und Mühe, die mit einer genauen Kartierung des Gletscherrandes jedes Jahres verbunden sind, scheut, so dürfte durch einfache Längenmessung mit einem 50-m-Messband von einem oder mehreren Fixpunkten in der Nähe des Gletscherrandes aus genügende Auskunft über Vorrücken oder Rückgang des Randes zu erhalten sein. Bei dieser Messungsart empfiehlt es sich, ein dichteres Netz von Fixpunkten am Gletscherrand zu haben.

Die Nachmessungen der Gletscherränder werden auf der nördlichen Halbkugel der Erde am besten etwa Mitte August ausgeführt. Auf der Südhemisphäre ist die entsprechende Zeit etwa Mitte Februar.

### **Nivellements.**

Wenn man die Untersuchung der Grössenveränderung eines Gletschers nicht auf die Längenveränderung beschränken will, die sich in Verschiebungen des Gletscherandes kundgibt, sondern auch die Dickenveränderungen zu erforschen wünscht, die die Längenschwankungen herbeiführen, empfiehlt es sich vor allem, auf der Mittlinie des Gletschers ein Nivellement mit Hilfe von Nivellierinstrument und Latte auszuführen. Um die Kontinuität der Nachmessungen zu sichern, muss dann an geeigneten Fixpunkten eine besondere Vermarkung der Höhe angebracht werden, und die Höhenunterschiede derselben müssen bestimmt werden.

Für Untersuchungen über Bewegungsgeschwindigkeit, Akkumulation, Ablation und sonstige Verhältnisse der Gletscher sei auf die Fachliteratur verwiesen.

### **Die polaren Gletscher und Inlandeise.**

Obenstehende Anleitung gilt hauptsächlich für kleine und mittelgrosse Gletscher, wie sie in alpinen Gebieten häufig in grosser Menge auftreten. Das Problem der Bestimmung der Grössenschwankungen der Inlandeise, ihrer Ausläufer sowie anderer grosser arktischer Gletscher muss im allgemeinen in anderer Weise gelöst werden als oben angegeben und kann hier nicht eingehend behandelt werden.

Die Eisströme der Inlandeise und die grossen polaren Gletscher laufen meistens in Fjorde oder in das Meer hinaus und sind meistens so zerspaltet, dass ein Betreten des unteren Randes für einen Lattenträger unmöglich ist. In diesem Falle dürfte das Vorwärtseinschneiden wirklich gut erkennbarer Punkte zum Ziele führen können. Wenn aber der Eisstrom von einigemassen hohen Bergen umgeben ist, können photogrammetrische Aufnahmen gute Dienste leisten, wenigstens wenn es sich um grössere Schwankungen der Eisrandlage handelt. Kennt man die Höhe des Stationspunktes über dem Meere und die Fokaldistanz der Kamera, so kann durch den Depressionswinkel die Berührungslinie von Eis und Wasser in gewünschtem Massstab kartiert werden. Aufnahmen von zwei Fixpunkten geben Kontrolle und gestatten meistens photogrammetrisches Vorwärtseinschneiden.

Besonders schwierig muss sich die genaue Bestimmung der grossen Rossbarriere im Antarctic gestalten, da ihre Breite etwa 600 km beträgt und die nächsten Fixpunkte auf dem festen Lande von den meisten Teilen der Barriere nicht sichtbar sind. Eine genaue Bestimmung ihrer Lage würde jedesmal eine umständ-

liche Triangulation erfordern, wenn eine solche in Anbetracht des ungeheuer rauhen Klimas und anderer Schwierigkeiten überhaupt möglich wäre.

Andere schwierige, aber auch sehr interessante Objekte aus dem Antarctic würden die grossen Eisbarrierezungen, wie die Nordenskiöld-Eisbarrierezunge und die Drygalski-Eisbarrierezunge, sein.