© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Neuere Gletscherforschung.

Von

Dr. med. **Böttcher**, Wiesbaden.

Vortrag, gehalten in der Generalversammlung des Nassauischen Vereins für Naturkunde am 14. Dezember 1902.

Meine Damen und Herren! »Über Fels und Firn«, so lautet, wie Sie wissen, ein in der alpinen Literatur beliebter Titel. Auch der berühmte Alpinist Purtscheller hat ihn für eines seiner Bücher gewählt. Sicherer und schneller können wir in der Tat nicht in die Welt des Hochgebirges versetzt werden als durch jene beiden Worte. Weckt das erste die Vorstellung der Berge überhaupt, so bringt das zweite etwas Neues, Besonderes, was Harz und Schwarzwald und alle die anderen Sterne zweiter Grösse entbehren, den Begriff des ewigen Schnees. Die weissen Firngipfel sucht unser Auge am Horizont, wenn wir uns den Alpen nähern, und alljährlich empfinden wir, ungeschwächt durch die Wiederholung, das nämliche, sehnsuchtsvolle Entzücken, wenn wir sie auftauchen sehen, in prächtigem Kontrast mit dem Grün des Waldes und der Matten.

Nicht nur der Naturfreund, nicht nur der waghalsige Tourist unterliegt dem Zauber jener Hochregionen, die uns den Winter im Sommer, die Polarwelt im Süden vor Augen zu führen bemüht scheinen. Sie haben seit langem auch den Forscher gereizt ihrer unwirtlichen Rauheit den Schlüssel zur Eigenart ihrer Erscheinungen abzutrotzen.

M. H.! Der Generalversammlung des D. u. Ö. Alpenvereins zu Wiesbaden konnte gemeldet werden, dass es am 21. August dieses Jahres den Professoren Blümcke und Hess nach mehrjährigen nur von halbem Erfolg gekrönten Bemühungen gelungen war, die Zunge des Hintereisgletschers in 2600 m Meereshöhe vollkommen zu durchbohren. In 153 m Tiefe hatten sie den Boden erreicht. Der lebhafte Beifall zeigte, welchen Wert man diesen Arbeiten beimisst. — Es handelt sich nun bei diesen Untersuchungen um kein isoliertes Unternehmen. Seit den 70er Jahren in der Schweiz, seit den 80er Jahren

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auch in den Ostalpen ist sozusagen kein Gletscher seines Lebens mehr sicher. Sie dürfen nicht mehr wie früher hin- und herrücken, wie es ihnen passt, bald Seen aufstauen, Dörfer verwüsten, bald sich ins Privatleben zurückziehen, und ihr Extérieur so vernachlässigen, dass man ihre schmierige, unansehnliche Stirn kaum mehr anschauen mag. Marken auf dem Gestein umgeben sie allerorts in abgemessenen Entfernungen, die jeden ihrer Schritte kontrolieren. Den bedeutenderen rückt man mit Theodolit und Messstange auf den Leib, trigonometrisch und photogrammetrisch werden sie bis in alle Winkel gemessen, farbige Steine legt man quer über ihre Zungen, um ihre Geschwindigkeit zu beobachten, man bohrt sie, wie Sie eben gehört haben, sogar an.

Es dürfte Sie vielleicht interessieren, meine Herren, an der Hand eines Gerüstes der Gletscherkunde zu hören, inwieweit all diese Geschäftigkeit jenen interessanten Zweig der Erdwissenschaft gefördert hat. Mehr wie ein Gerüst und zwar ein sehr lückenreiches werden sie freilich nicht erwarten können von einem Gegenstand, dessen Behandlung schon das ältere Werk von Dollfuss-Ausset 13 dicke Bände widmet.

Überall auf der Erde, wo es Berge von genügender Höhe giebt, werden wir beim Anstieg in eine Zone gelangen, oberhalb welcher die Wärmemenge eines Sommers nicht mehr ausreicht, um die festen Niederschläge des letzten Winters in Wasser zu verwandeln. Wir kommen in die Region des ewigen Schnees. Wir haben die Schneegrenze oder Schneelinie überschritten. Dieser theoretisch so einfache Begriff der Schneelinie macht praktisch recht erhebliche Schwierigkeiten, ganz besonders, wo komplizierte Bodengestalt wie in den Alpen, ausser den klimatischen Faktoren noch sog. orographische einführt. Näher erörtern kann ich diese Schwierigkeiten hier nicht. Zur Ermittelung der als Vergleichswert allein brauchbaren klimatischen Schneegrenze der Alpen d. h. der Linie, wo der Schnee in ungeschützter Lage nicht mehr gänzlich fortschmelzen würde, haben Brückner, Penck und Richter in geschickter Weise die Vergletscherung benützt. Eine früher allgemein verbreitete Annahme, dass die Schneegrenze von Westen nach Osten in den Alpen anstiege, hat sich dabei als irrig erwiesen. Sowohl in der Schweiz wie in den Ostalpen steigt die Schneegrenze von allen Seiten gegen die Centralketten an. Die starke Vergletscherung der centralen Teile ist daher nur durch ihre bedeutende Höhe bedingt. So geht denn auch die Besiedelung der Täler in den mittleren Ketten meist

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

höher hinauf als in den nördlichen und südlichen klimatisch ungünstiger gestellten Kalkalpen.

Da in der Region des ewigen Schnees jedes Jahr einen Zuwachs an Masse der festen Niederschläge erzeugt, so müssten diese allmählich die Berge weiter und weiter erhöhen, wenn nicht irgendwie für Beseitigung des Überschusses gesorgt würde. Das geschieht nun aber, und zwar auf zweierlei Weise. Teils hilft die Natur sich periodisch in mehr akuter, gewaltsamer Weise, indem sie Lawinen zu Tal sendet. Als Staublawinen im Winter, als Schlag- oder Grundlawinen im Frühjahr donnern jene jahraus, jahrein, meist in bekannten Bahnen hernieder und führen ungeheure Schneemassen der Schmelzung in wärmeren Regionen zu. Es sei hier nebenbei bemerkt, dass der Nutzen, den die Lawinen als klimatische Regulatoren bringen, viel höher einzusetzen ist, als der Schaden, den sie durch unglückliche Umstände gelegentlich verursachen.

Einen anderen zum gleichen Ziele führenden Weg stellt die Gletscherbildung dar. Nicht überall sind für dieselbe die Bedingungen gegeben. Sie tritt vielmehr nur da ein, wo die Gliederung des Gebirges Mulden erzeugt, welche dem alten Schnee, dem Firn massenhafte Aufhäufung in einer Art von Sammelbassins gestatten. Hier wird der Überschuss nicht in plötzlichem Sturze hinabgeschafft. Besondere physikalische Verhältnisse verwandeln den Schnee in den tieferen Schichten zu einer kompakten Eismasse. Der ungeheuren Druck, der auf ihr lastet, verleiht dieser Eismasse einen gewissen Grad von Plasticität. Dem Zuge der Schwere folgend ergiesst sie sich in trägem Flusse talab. Dadurch gelangt sie tiefer und tiefer unter die Schneegrenze und immer mehr unter den Einfluss der schmelzenden Kräfte. Wo diese genügen, um die nachgepresste Zufuhr stets ohne Rest in Wasser zu verwandeln, ist das Ende des Gletschers erreicht. Bei den grossen Eisströmen der Schweiz finden wir dasselbe etwa 1500 m, in den Ostalpen 1000 m und weniger unterhalb der Schneegrenze. Kein Wunder, dass da bereits Matten und Baumwuchs rechts und links die Berghänge zieren und die schönen Gegensätze erzeugen helfen, die uns das Hochgebirge so lieb machen.

Sehen wir uns nun das ganze Gebilde etwas genauer an, am besten, indem wir in den Alpen einen Punkt ersteigen, der einen möglichst vollkommenen Überblick gestattet. Da nehmen wir denn wahr, wie hoch oben ein Grat und seine Zweige ein ungefähres Halbrund um-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

geben, das von einer schräg abwärts geneigten Schneefläche bedeckt wird. Sie bildet die Oberfläche der Ausfüllung eines Kessels. In diesem Kessel hat der flüchtige, staubartige Hochschnee, den die bekannten, zierlichen hexagonalen Kryställchen zusammensetzten, eine Ruhestätte gefunden. Dabei ist er aber unter Temperatur- und Druckverhältnisse gelangt, die ihm die Beibehaltung der ursprünglichen Gestalt nicht erlaubten. An Stelle der feinen Kryställchen treten rundliche Körner, die sogenannten Firnkörner, die Ooiithenform der Krystallisation. Dringen wir weiter in die Tiefe, so hat gestautes und wieder gefrorenes Schmelzwasser die bereits weiter vergrösserten Firnkörner durch einen blasenreichen, daher trüben Eiscement zusammengeschweisst. Aus dem Firn ist das Firneis geworden. Unter dem Firneise aber lagert eine weitere Schicht. Da sind die Körner bis zu Haselnuss- ja Hühnereigrösse angewachsen. Der Cement ist geschwunden. Ein Korn berührt das andere. Das Ganze erscheint als eine homogene, bläuliche, durchsichtige Eismasse. Nur bei der Schmelzung treten in Form eines Haarspaltennetzes die Grenzen der einzelnen Oolithe wieder hervor. Das eben geschilderte letzte Stadium des Umwandlungsprozesses, der sich nunmehr nur noch in fortschreitender Vergrösserung der Körner offenbart, nennt man das Gletschereis. Auf die Physik des Eises, deren Kenntnis zum vollen Verständnis dieser Metamorphose nötig wäre, kann ich hier nicht eingehen. Hierfür wären auch berufenere Kräfte in unserer Mitte vorhanden. Ich will nur bemerken, dass das stete Schwanken um den Gefrierpunkt, der gewaltige Druck Bedingungen geben, die für das Walten molekularer Kräfte besonders günstig sind. Lassen wir jetzt die Blicke vom Firnfelde — so nennt man jenes Sammelbecken — nach tieferen Regionen schweifen, so ändert sich das Bild. Aus dem Kessel ist eine Talfurche geworden, rechts und links von Bergwänden eingeschlossen. Aus dem Firnfelde aber geht, den Boden der Talfurche füllend, unter allmählicher Verschmälerung ein Gebilde hervor, dessen Name Gletscherzunge auch am besten seine Gestalt bezeichnet. An Stelle des Firnes sehen wir eine rauhe, im Sommer schneefreie oder wie man alpin sich ausdrückt, apere Eisfläche. Denn die Zunge besteht nur noch aus Gletschereis, das sich bereits in den angrenzenden unteren Teilen des Firnfeldes stark der Oberfläche genähert hatte. —

An der Zunge arbeiten fast unausgesetzt die zerstörenden Kräfte, an der Oberfläche direkte Sonnenstrahlung,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wärme und Feuchtigkeit der Luft, Taubildung und Schmelzwässer. Das muntere Sprudeln dieser krystallklaren Bächlein in ihren selbst geschaffenen Furchen gewährt an warmen Tagen ein anmutiges Bild rastloser Geschäftigkeit. Wasser und durch Spalten und Schlöte eindringende Luft minieren auch im Innern und am Boden tritt als mächtiger Faktor noch die Erdwärme hinzu. Eine Fülle der interessantesten Formveränderungen ist die Folge der Arbeit aller jener Schmelzkräfte. Ein eigener Vortrag wäre nötig, um auch nur die wichtigsten eingehender zu besprechen. Nur an ganz weniges will ich kurz erinnern. Die Mitte der Zunge ist gewölbt, sie fällt der Quere nach gegen die Ränder ab. Die Ursache hierfür ist in der Rückstrahlung der stärker erwärmten Felswände zu suchen, die sich zur Sonnenstrahlung summiert, ausserdem noch schmelzend fortwirkt, wenn die Sonne nicht mehr scheint. Ich erinnere ferner an die Gletschertische. Sie bilden sich, wenn ein Steinblock seine Unterlage schützt, die sich da durch schliesslich wie ein Stiel über die stärker fort schmelzende Umgebung erhebt. Den ganzen Verlust, den der Gletscher durch die Abschmelzung erleidet, nennt man die Ablation. Man misst sie durch die Dickenabnahme und zwar vermittelst von Pfählen, die man in Bohrlöcher einlässt. Der Verlust beträgt an der Zunge meist etwa $1\frac{1}{2}-3$ m pro Jahr, was bei der gewaltigen Oberfläche ein erkleckliches Quantum Eis repräsentiert. Die Schmelzwässer des Grundes, trübe im Gegensatz zu den klaren der Oberfläche durchbrechen in einer halbrund gewölbten Öffnung, dem sogenannten Gletschertore, die Stirn des Gletschers und liefern den milchigen Gletscherbach, der infolge der unablässig schmelzend wirkenden Erdwärme auch im Winter sprudelt. Die Gestalt des Zungenendes hatten wir noch nicht besprochen. Dasselbe, die sogenannte Gletscherstirn, bildet eine talab konvexe Linie, zu der die Gletscheroberfläche in mehr oder weniger steilem Abfalle allseitig herniedersteigt.

Wir hatten also im Firnfelde, wo es den Schmelzkräften nicht mehr gelang die Jahreseinnahme an festen Niederschlägen zu verbrauchen, das Nährgebiet erkannt, desgleichen in der Zunge, wo die Ausgaben die Einnahmen übersteigen, das Zehrgebiet. Die Grenze zwischen beiden, wo der Neuauftrag vollständig verbraucht wird, also kein Firn sich mehr bildet, Ein- und Ausgaben balanzieren, heisst die Firnlinie. — Denjenigen, der an die Hochgebirgsdimensionen nicht gewöhnt ist, wird es überraschen zu hören, welche Quanta Eis die Zungen grosser

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gletscher repräsentieren. Aus der des Gornergletschers könnte die Stadt London dreimal nebeneinander aus Eis erbaut werden. Die Masse der Zunge des Aletschgletschers schätzt man auf 10.800 Millionen Kubikmeter. Etwa 60 mal so gross mag der Hauptgletscher Islands sein. Ich habe die von dem alpinen Type vielfach abweichenden Vergletscherungsformen der nördlichen Gebiete absichtlich nicht in Betrachtung gezogen. — Als wir uns das Gesamtbild eines alpinen Gletschers vergegenwärtigten, wurde zweier durch ihre typische und eigenartige Anordnung auffallender Erscheinungen nicht gedacht, der Spalten und der Moränen. Beide stehen mit der Bewegung in so innigem Zusammenhange, dass ich mich vorher diesem wichtigen Kapitel zuwenden möchte. Hier werden sie mir nun etwas längeres Verweilen gestatten müssen. Denn wenn auch die Tatsache an sich seit langem bekannt ist, so sind doch alle Aufschlüsse darüber, welcher Art die Gletscherbewegung ist, mit welcher Geschwindigkeit sie erfolgt, welche inneren Vorgänge sie ermöglichen und welche Kräfte sie verursachen, der neueren Forschung zu danken. Auch ein knapper historischer Excurs wird sich hier nicht ganz umgehen lassen. Kurz lässt er sich fassen, denn vor der touristischen Erschliessung der Hochregionen war Forscherarbeit daselbst ein mühseliges und sehr gefährliches Gewerbe, zu dem nur sehr wenige besonders mutige sich herbeiliessen. Exaktere Untersuchungen datieren kaum weiter zurück als in das mittlere Drittel des 19. Jahrhunderts. Interessant für die Bewegungsfrage ist hier eine Beobachtung von Hugi aus Solothurn, weil sie die erste primitive Geschwindigkeitsmessung darstellt. Hugi hatte 1827 auf der Mittelmoräne des Unteraargletschers im Berner Oberland eine Hütte erbaut. 1830 fand er dieselbe um 100 m thalabwärts gerückt. In die 40er Jahre fallen dann die Untersuchungen an dem nämlichen Unteraargletscher von Agassiz, dem berühmten Schweizer Naturforscher, und seinen Genossen. Ihre Unterkunftshütte, das »Hotel des Neufchatelois« hat historische Berühmtheit erlangt. Denn die Agassiz'schen Arbeiten bilden die Basis der ganzen neueren Gletscherforschung. Unmittelbar an Agassiz schlossen sich die englischen Physiker Forbes und Tyndall. Sie wählten vor allem den grossen M. Blanc-Gletscher, die Mer de Glace zum Arbeitsfelde. Noch durch Decennien blieb dann die Schweiz der klassische Boden für Gletscherforschung. Deren neueste Ära kann man seit 1874 datieren. Denn seit jenem Jahre wird in einem vorher nie erreichten Umfange

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Rhonegletscher auf Veranlassung des Schweizer Alpenklubs und des Schweizer Militärdepartements vermessen und beobachtet. Vom Beginne der 80er Jahre ab haben aber auch die Ostalpen angefangen mit der Schweiz in Wettbewerb zu treten und wie es scheint mit grossem Erfolge. Einen mächtigen Förderer haben die Arbeiter daselbst an dem D. und Ö. Alpenverein. Von den naturgemäfs meist bayrischen und österreichischen Erforschern der Ostalpengletscher greife ich nur einige der meist genannten Namen heraus: Penck, den Moränenkenner, Ed. Richter, den allumfassenden Grazer Geographen, Prof. Finsterwalder aus München, dessen neue sehr bedeutsame Monographie über den Ötztaler Vernagtferner ich hier vorlege, und Blümcke und Hess, deren Forschungen am Hintereisferner, gleichfalls einem Ötztaler Gletscher, ich schon früher erwähnte.

Ich kehre jetzt zur Frage der Bewegung zurück. Schon eine aufmerksame äussere Betrachtung eines Gletschers hatte seit langem dem Beobachter die auffallende Ähnlichkeit mit einem Flusslaufe aufgedrängt. Wie ein solcher folgt der Gletscher den Windungen seines Bettes, umfliesst inselförmige Hervorragungen desselben. Wie ein Fluss beim Fliessen über eine Steilterrasse aufschäumt, so reisst über einer solchen das Eis in wilder Zerklüftung, um sich unten allmählich wieder zu ruhigem Laufe zu sammeln. Am Fusse der Stromschnelle entstehen Stauungswellen, sie finden ihr vollkommenes Analogon in Stauungswülsten des Gletschers. Beobachten wir ferner die Strömung an einem im Wasser stehenden Pfahle oder einem Brückenpfeiler, so sehen wir das Wasser oberhalb des Hindernisses sich stauen, an ihm emporsteigen, unterhalb desselben zu einer Höhlung einsinken. Genau dasselbe tut das Gletschereis, wo es auf eine isolierte Felsklippe stösst. — Vereinigen sich zwei Arme eines Wasserlaufes, dann erhebt sich eine Strecke weit längs der Vereinigungslinie ein kleiner Wall, oberhalb desselben bildet sich eine Grube. Das nämliche Phänomen bietet das Gletschereis an der Vereinigungsstelle zweier Eisströme. Solcher ohne weitere Hilfsmittel wahrnehmbarer Parallelismen giebt es noch viele, sie machen es verständlich, dass ein guter Beobachter wie Rendu schon vor den Agassiz'schen Untersuchungen in seiner Schrift: »Théorie des Glacier de la Savoie« den Ausspruch tun konnte:

»Zwischen der Mer de Glace und einem Flusse besteht eine so vollständige Ähnlichkeit, dass es unmöglich ist,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in dem letzten einen Umstand zu finden, der nicht auch in dem ersteren besteht«.

Nun fragt sich's jedoch, ob auch die Resultate exakter Methoden zu jener Annahme einer fliessenden Bewegung, d. h. einer solchen mit gegenseitiger Verschiebung der kleinen Teile, sich günstig stellen.

Zu den Messungen benutzte man anfangs Pfähle, die in gewissen Distanzen ins Eis gelassen wurden. Schon dadurch ergab sich, dass in verschiedenen Partieen einer Querlinie ungleiche Geschwindigkeit herrschte und zwar blieben beide Ränder hinter der Mitte zurück. Da bei der Pfahlmethode noch ein Zweifel möglich war, ob die Änderung kontinuierlich oder ruckweise erfolgte, so benutzte man später zwischen 2 am Ufer angebrachten Fixpunkten quer über den Gletscher gezogene zusammenhängende Steinreihen. Heute finden sich solche in grosser Zahl auf den vielen unter ständiger Beobachtung stehenden Gletschern. Man pflegt die Steine durch verschiedenfarbigen Ölanstrich zu kennzeichnen, ausserdem in bestimmten Distanzen einzelne durch Nummern hervorzuheben. Wenn Sie in Berichten lesen: No. 13—50 m, so heisst das: Der Stein, der die Nummer 13 trägt, ist seit dem vorigen Jahre um 50 m vorwärts gerückt. Sehr genaue Geschwindigkeitsmessungen sind neuerdings von Blümcke und Hess am Hintereisferner im oberen Ötztal ausgeführt. Immer wieder müssen wir auf diese noch im Gange befindlichen Arbeiten zurückkommen.

Ausnahmlos hat es sich nun gezeigt, dass die Steinreihen sich in stets zunehmender Krümmung allmählich zu talab konvexen Bogenlinien ausziehen. Die Mitte läuft schneller als die Ränder. Also sofort ein Verhalten, wie es genau den Gesetzen einer Flüssigkeitsströmung entspricht. Noch weiter geht die Übereinstimmung. Schlängelt sich das Bett, so macht die Reihe der Punkte grösster Geschwindigkeit die Schlängelungen in verstärktem Mafse mit, d. h. sie verlassen in abwechselnder Richtung die Mittellinie, um sich jedesmal der konkaven Uferseite zu nähern. — Vergleicht man einen Punkt der Oberfläche mit einem senkrecht darunter gelegenen, wo Bohrlöcher oder Spalten dies ermöglichen, so finden wir abermals eine Änderung der Geschwindigkeiten und zwar in Form allmählich zunehmender Verlangsamung gegen die Tiefe hin. Nur nahe der Oberfläche besteht zuerst für einige Meter Beschleunigung. Diese Unregelmäfsigkeit haben Blümcke und Hess bei ihren Bohrversuchen recht unbequem durch pressende Ver-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

engerungen des Bohrloches empfunden. Die oberste Decke unterliegt weder dem Drucke noch den günstigen Temperaturbedingungen wie die Tiefe, sie ist spröder und vermag der Gesamtbewegung nur zögernd zu folgen.

Ich brauche kaum zu erwähnen, dass auch die Abnahme der Geschwindigkeit gegen die Tiefe den gewöhnlichen Strömungsgesetzen entspricht. Ich will Sie nicht mit mehr Einzelnheiten behelligen. Es bleibt eben einem Wasserlaufe gegenüber, wenn man vom gelegentlichen Vorkommen rein gleitender Bewegungen unter besonderen Verhältnissen absehen will, als Hauptunterschied nur die grössere Schwerfälligkeit der Masse übrig, die ungleich bedeutendere innere Reibung. Ein Fluss von der Mächtigkeit des Aletschgletschers und dem nämlichen Gefälle, den es freilich nicht giebt, würde mit geradezu wahnsinniger Geschwindigkeit daher brausen.

Wie rasch bewegt sich nun ein Gletscher? Wir wollen nur die Geschwindigkeit in der Mitte der Oberfläche berücksichtigen, wie sie in den mittleren Teilen der Zunge gemessen wurde. Da beträgt sie bei den grösseren Gletschern der Alpen und ihnen ähnlicher Gebirge unter gewöhnlichen Verhältnissen 1 bis einige Dezimeter pro Tag und etwa 40—100 m pro Jahr. Eine bessere Vorstellung als diese Zahlen giebt vielleicht den Vergleich, den Heim in seinem ausgezeichneten Handbuche der Gletscherkunde braucht. Der Gletscher bewegt sich etwa in dem nämlichen Tempo wie die Spitze des kleinen Zeigers einer Taschenuhr. Viel langsamer als die grossen strömen die kleinen, die Gletscher zweiter Ordnung. Das entgegengesetzte Extrem bieten die Ausläufer des grönländischen Inlandseises dar. Sie können bis 6 Kilometer im Jahre zurücklegen. Heim vergleicht die Geschwindigkeit ihrer Bewegung mit dem Kriechen einer ganz kleinen Schnecke.

Vergleicht man die Geschwindigkeiten in verschiedenen Höhen, so findet man die schnellste Strömung etwas unterhalb der Firnlinie.

Es drängen sich nach allem obigen nun folgende beiden Fragen auf:

Welche Kraft setzt die Massen in Bewegung? Wie ist die für das Fliessen notwendige Verschiebung kleiner Teile gegen einander möglich? Heim, der eine ungefähre Gruppierung der Gletscherbewegungstheorien bringt, sagt, zur erschöpfenden Behandlung des Themas würde ein dicker Band kaum genügen. Da jedoch so gut wie alle älteren Theorien, die meist mit Umgehung der Schwerkraft die bewegende Kraft in Vorgängen im

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gletscher selber suchten, heute verlassen sind, so genügt es für uns festzustellen, dass man heute eben einzig und allein in der Schwerkraft das treibende Agens sieht. Um die innere Beweglichkeit des Gletschereises, das vermöge seiner gewaltigen Masse einem ungeheuren Drucke und Zuge unterliegt, zu verstehen, muss man sich zunächst der allgemeinen Tatsache erinnern, dass es überhaupt keine absolut festen Körper giebt. Im übrigen zeigt eine nähere Betrachtung, dass das Gletschereis sich unter physikalischen Bedingungen befindet, die ihm den denkbar höchsten Grad von Plastizität zu verleihen geeignet sind. Bekanntlich nimmt die Sprödigkeit des Eises um so mehr ab, je wärmer dasselbe ist, und ist bei der Schmelztemperatur am geringsten. Nun schwanken aber nur die obersten Schichten des Gletschereises in ihren Temperaturverhältnissen, die weitaus grösste Masse befindet sich ständig auf dem Schmelzpunkte. Ich erinnere hierbei an das Gesetz, dass Druck den Schmelzpunkt erniedrigt und zwar entspricht einer Athmosphäre eine Erniedrigung um 0,007 ° C. — Die Tiefenbohrungen am Hintereisferner haben unter anderem auch die Möglichkeit geschaffen, Temperaturmessungen in den verschiedensten Tiefen vorzunehmen. Von einer gewissen Tiefe ab fand sich stets die Temperatur, die den Schmelzpunkt für den an der Messstelle herrschenden Druck nach obigem Gesetz bezeichnete. Emden, von dem die neuesten Forschungen über die Kornstruktur des Gletschereises herrühren, fand das Gletscherkorn unter solchen Verhältnissen biegsam und glaubt ohne Änderungen des Aggregatzustandes durch »Kornverbiegungen« allein die ganze fliessende Bewegung erklären zu können. Die meisten Autoren denken sich den Vorgang jedoch so: Wenn der Schmelzpunkt erreicht ist, dann bewirkt jede Druckvermehrung Verflüssigung. Bei Druckschwankungen, denen das Gletschereis ja ständig ausgesetzt ist, wird daher an den Stellen des stärksten Druckes sich Wasser bilden. Dies wird nach Stellen geringeren Druckes gepresst, während benachbarte Eisteile, dem Zuge der Schwere folgend, nachrücken. Das Wasser aber wird, sobald die Ursache für Verflüssigung aufhört, wieder gefrieren. Völlige Einigkeit ist in der schwierigen Frage noch nicht erzielt. — Ich möchte nun von der Bewegung selbst auf einige ihrer wichtigsten Folgeerscheinungen übergehen. Zunächst muss ich wohl den Spaltenbildungen auch in dieser kurzen Übersicht ein paar Worte widmen, obwohl ich die Spalten hier eher ungestraft ignorieren dürfte als bei meinen touristischen Gletscherexkursionen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Da die Plastizität des Gletschereises, das mehr einer dickflüssigen als einer zähflüssigen Masse entspricht, sich in höherem Grade dem Drucke als dem Zuge gegenüber bewährt, so wird bei Ausdehnung des Zuges über ein gewisses Mafs Einriss erfolgen und zwar naturgemäfs senkrecht zu den Richtungen des stärksten Zuges. Am wenigsten charakteristisch pflegt das Firnfeld sich zu gestalten. Hier ist eigentlich nur die Randkluft einigermafsen typisch, ein langer bogenförmiger Spalt, mit dem die in Bewegung geratene Hauptmasse sich von den obersten meist an die Felswand gefrorenen Randschichten trennt. Die Zugrichtungen gehen strahlenförmig nach dem Beginn der Zunge hin. Senkrecht dazu, also in konzentrischen Bogen sind die Spalten zu erwarten, aber, wie gesagt, nicht sehr regelmäfsig. Mehr System herrscht im Gebiete der Zunge. Die mächtigsten pflegen die Querspalten zu sein. Sie gehören der Mitte an und bilden sich, wo diese durch stärkere Neigung des Bodens einen gesteigerten Zug erfährt. Hat die Spalte im Laufe der Bewegung die steile Stelle passiert, dann schliesst sie sich wieder, während oben an ihrem Entstehungsorte eine neue sich öffnet. Terrassen mit bedeutender Böschung liefern jene herrlichen Bilder wildester Zerklüftung, die wir an vielen bekannten Gletschern bewundern, deren volle Romantik sich freilich nur dem Hochtouristen erschliesst. Ich habe wohl in frischester Erinnerung den prächtigen Gletscherbruch des Bifertenfirnes, des Tödigletschers, der bei der Besteigung des Königs der Glarner Alpen manche Nuss zu knacken gab. — Die Verlangsamung der Gletscherbewegung gegen den Rand hin bedingt einen Zug von letzterem her schräge abwärts gegen die Mitte. Er führt zur Entstehung der Randspalten. Ihre Richtung steht wiederum senkrecht auf der der Spannung, sie laufen also vom Rande schräge aufwärts gegen die Mitte. Auch sie machen natürlich die Bewegung des ganzen Gletschers mit. Ihr innerer Teil rückt dabei infolge der dort herrschenden Beschleunigung der Bewegung schneller abwärts, es kommt eine Art Drehung um den Randteil als Achse zu stande. Gewöhnlich erfolgt, ehe die rein quere Richtung erreicht wurde, der Schluss. Am Ende des Gletschers, wo die Massen wie ein Kuchenteig auseinander fliessen, ordnen die Zuglinien sich in konzentrischen Bogen und demgemäfs die Spalten in divergierenden Strahlen.

Eine zweite, überaus wichtige Erscheinung, die in ursächlichem Verhältnisse zur Gletscherbewegung steht, ist die Moränenbildung. Ich hätte diese gern in der Beleuchtung vorgeführt, die sie durch eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

neue in vieler Hinsicht fruchtbringende Theorie Finsterwalder's erfahren hat. Ich habe aber diese Theorie, welche die Gletscherströmung auf rein geometrischer Basis analysiert, hier nicht besprechen können, obwohl sie besonders durch mehrere glücklich bestandene Proben aufs Exempel sehr interessant ist. Einige Daten über die Moränen werden aber den weniger mit Gletscherverhältnissen Vertrauten vielleicht auch in der gewöhnlichen Darstellungsweise willkommen sein.

Moräne ist der gemeinsame Name für allen Schutt jeglicher Herkunft, den der Gletscher infolge seiner Bewegung talab schafft oder früher talab geschafft hat. Sie wissen, wie die Verwitterung chemisch die Gesteine des Gebirges zum Zerfall bringt, deren Trümmer dann in Form von einzelnen Steinfällen, grösseren Bergstürzen, Muren und dergleichen von den Höhen hinabrollen. Von allen umgebenden Bergwänden fallen nun Steine, Sand und Geröll auch auf den Gletscher. Geschieht dies im Firngebiet, so wird der stetig neu erfolgende Auftrag von Schnee sie mehr und mehr in die Tiefe sinken lassen und erst nach langer Wanderung am Grunde werden sie geschrammt und in ihrer Form verändert im Abschmelzungsgebiet wieder auftauchen. Anders wird ein Stein sich verhalten, der von der Bergwand auf den Rand der Zunge fällt. Ihn werden die Eismengen einfach nach abwärts tragen. Ein nach ihm gefallener wird oben seine Stelle einnehmen u. s. w. fort, bis allmählich der lange Geröllstreifen entstanden ist, den wir als Randmoräne die Zunge beiderseits begleiten sehen. Vereinigen sich zwei Gletscherströme, nachdem sie bereits Randmoränen gebildet haben, so werden die beiden inneren Randmoränen nach der Vereinigung neben einander hinabziehen und bilden dann eine Mittelmoräne. Eine Vermengung der Steine tritt dabei natürlich nicht ein. Jede Hälfte enthält eine Sammlung der Gesteinsarten, die an der Bergwand, von der sie stammte, vorkommen. Ebenso leicht verständlich ist es, dass Rand- und Mittelmoränen in der Regel Blöcke jeder Grösse ungeordnet neben einander zeigen und zwar unverändert in ihrer ursprünglichen Form, also meist eckig und kantig. Ist das Ende des Gletschers erreicht, dann können die bis dahin geschafften Trümmer nicht weiter rücken. Sie sammeln sich zu einem Walle, der sogenannten Stirnmoräne, deren allmähliche Beseitigung anderen Kräften vorbehalten bleibt. An den Seiten giebt man den zur Ruhe gelangten Teilen der Randmoräne noch den besonderen Namen Ufermoräne.

BIOLOGICAL L. WOODS HOL

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Doch nicht nur an der Oberfläche, auch an seinem Boden, schiebt der Gletscher Trümmermassen nach abwärts. Sehr verschiedenen Ursprunges können dieselben sein. Einmal kann sichs um Geröll handeln, das den Talboden bereits bedeckte, bevor er von Gletschermassen eingebettet wurde. Ferner waren bereits die im Firnfeld herabgefallenen Steine erwähnt. Dazu kommen Bestandteile der Obermoränen, sei es der Rand- oder Mittelmoräne, die durch Spalten in die Tiefe geraten sind. Und endlich bricht sich der Gletscher auf seinem Wege vorstehende und vielleicht bereits gelockerte Felsteile los. Alles dies zusammen nennt man Untermoräne. — Hatte der Gletscher in seiner Obermoräne nur so zu sagen eine Ladung verfrachtet, deren Transport ihm oblag, so liefert die Untermoräne mit ihrer Schicht von Schlamm, Sand und Steinen ihm einen Hobel- und Schleifapparat, mit dem er sich an der Umgestaltung des Talprofiles betheiligen kann, indem er seine Bahn aushobelt. An den anstehenden Felswänden entstehen dabei die bekannten Gletscherschliffe. Aber auch das Handwerkszeug selbst nutzt sich ab und so erscheinen denn die Trümmer der Untermoräne, sobald sie zu Tage treten, abgerundet und geschrammt. Die Ablagerungen alter Untermoränen, die sogen. Grundmoränen, bilden die für die Erkennung früherer Vergletscherungen so wichtigen »gekritzten Geschiebe«. In grösserer Ausdehnung sichtbar wird Untermoränenmaterial hauptsächlich in Rückzugsperioden der Gletscher. Gewisse Teile der am Boden hingewälzten Steinmassen schmelzen aber auch stetig am Rande aus und mengen sich den ganz anders gearteten Obermoränen bei. Ja, es kann Obermoränen geben, die sich nur aus solchen Bestandteilen ursprünglicher Untermoräne zusammensetzen. Die nennt man dann falsche Obermoränen. Dies kommt bei Gletschern vor, deren Umrandung nicht aus verwitterndem Fels besteht, denen also das Material für ächte Obermoränen fehlt.

Wir haben bisher die Gletscher so betrachtet, als ob sie ihre einmal erlangte Grösse und Gestalt dauernd beibehalten. Dem ist jedoch nicht so und ich komme damit zu einem heute wieder ganz aktuellen Gebiete, den Gletscherschwankungen, und damit gleichzeitig zum letzten Punkte meines Vortrages.

An sich ist es erklärlich genug, dass ein Gletscher in seinem Volumen, seiner Oberfläche und Länge nicht konstant sein kann, denn dazu wäre eine so weitgehende Gleichwertigkeit von Auftrag und Abschmelzung zu erwarten, wie die wechselnden Witterungsverhältnisse

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sie unmöglich zulassen. Jene geringeren Differenzen, wie sie die Jahreszeiten und die Unterschiede einzelner Jahre im Gefolge haben, sind von mir absichtlich wie so vieles Andere übergangen worden. Ganz anders aber ist folgende merkwürdige Erscheinung.

Ein Gletscher, dessen weit über seine jetzigen Grenzen vorgeschobenen Moränenablagerungen man es anmerkt, dass er einst bessere Tage gesehen, hat Jahre hindurch ein relativ bescheidenes Dasein gefristet. Da beginnt er sich ganz sachte zu blähen. Seine unansehnliche, flache, schmutzbedeckte Stirn fängt an zu schwellen, sie zeigt mehr und mehr ihr ursprüngliches Weiss, hebt sich in schöner Wölbung. Ihre Eismassen schieben sich talab. Die Endmoräne wird vorgestossen oder auch überschritten. So geht es weiter jahraus, jahrein in stets sich gleichbleibender fortschreitender Tendenz. Über Wiesen wälzt sich der Eisstrom, selbst Waldbestand kann er erreichen und angreifen. Man weiss nicht, was noch kommen mag. Und tatsächlich ist die Vorstossperiode gewisser Gletscher — so nennt man sie — in den benachbarten Hochtälern gefürchtet. Auf zweierlei Art vor allem kann sie zu Katastrophen führen. Wenn nämlich das Ende des eigenen Tales erreicht ist, so durchqueren die Eismassen das nächste Tal, mit dem ihr eigenes zusammentrifft und dämmen den Wasserabfluss desselben ab. Ein See staut sich auf und, wenn ihm nicht rechtzeitig ein Ablauf geschaffen wird, oder er ihn sich zu wühlen vermag, so sind verheerende Durchbrüche die Folge. Das Ötztal bietet hierfür mit der durch Vorstösse des Vernagtferners bedingten periodischen Bildung des Rofener Sees und seinen Ausbrüchen eines der bekanntesten Beispiele. — Eine andere Gefahr tritt ein, wenn der Gletscher bei seinem Vorrücken an eine Steilwand gerät, wo das Eis den Halt verliert und sich als Lawine hinabstürzt. Die Verwüstungen des Dorfes Randers im Zermattertale durch den Biesgletscher, der dort von den Firnmassen des Weisshornes herabzieht, fallen jenem Vorgange zur Last. —

Das geschilderte Vorrücken der Gletscher geht nun natürlich nicht in infinitum weiter, denn sonst wären in einer gewissen Zahl von Jahren die Verhältnisse der Eiszeit erreicht und vor einer solchen scheint doch unser Planet einstweilen noch verschont bleiben zu sollen. Nach einigen Jahren des Wachstums also bleibt der Gletscher stehen. Er hat, wie man sagt, seinen Hochstand oder Maximalstand erreicht. Er hält sich nun einige Jahre annähernd stationär, dann beginnt er zu schwinden, erst langsam, dann schneller und schneller. Die Moränen: Geröll, Schlamm

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und Sand bleiben liegen und bilden für den Kenner deutliche Marken dessen, was vorangegangen. Immer flacher und unansehnlicher wird das Ende und schliesslich ist der Zustand erreicht, von dem wir ausgegangen waren und das geschilderte Spiel kann von neuem beginnen. Als Gegensatz zum Hochstand spricht man vom Tiefstand oder Minimalstand. Kolossale Eismassen können in einer Rückgangsperiode eingeschmolzen werden. So verlor der Pasterzengletscher am Gr. Glockner in einer solchen etwa 218 Millionen cbm, der Vernagtferner zwischen 1848—89 sogar 239 Millionen cbm an Volum.

Diesen Schwankungen sind nun alle Gletscher der Alpen und wahrscheinlich alle Gletscher überhaupt unterworfen. Doch scheint bei oberflächlicher Betrachtung grosse Regellosigkeit im einzelnen zu herrschen. In nahe benachbarten Gebieten sehen wir einen Gletscher vor-, den anderen zurückgehen, den einen langsam, den anderen rapide vorstossen. Erst die Sammlung sehr zahlreicher Daten, das sorgfältigste Studium des Vorganges an vielen Gletschern hat Ordnung in den Wirrwarr gebracht und gezeigt, dass trotz aller scheinbaren Widersprüche die Schwankungen der einzelnen Gletscher sich grossen Perioden gleicher Tendenz unterordnen. Nur eilen die einen dem Beginne der gemeinsamen Periode voraus, die anderen hinken etwas hinterher. In den verschiedenen orographischen Bedingungen, in verschiedener Grösse lassen sich die Gründe für das jeweilige Verhalten oft unschwer finden. Demgemäfs sind denn auch die scheinbaren Paradoxe am häufigsten an der Grenze des Umschlages von einer Tendenz in die andere. Auf der Höhe kann es Zeiten ganz gleichmäfsigen Verhaltens geben. Dann haben eben alle Nachzügler Zeit gehabt, das Versäumte nachzuholen. So waren z. B. in den Jahren von 1871—1875 sämtliche Gletscher der ganzen Alpen ausnahmslos im Rückzuge begriffen. — Sehr verschieden ist die Intensität der Vorstösse gewesen, die man im Laufe der Jahrhunderte beobachtet hat. Der bedeutendste Maximalstand, der bekannt geworden ist, fiel gegen 1820. Die Gletscher der Alpen müssen damals einen unbeschreiblich imposanten Anblick dargeboten haben. Gegenwärtig befinden wir uns am äussersten Ende eines nicht sehr bedeutenden Vorstosses, der 1875 in der M. Blanc-Gruppe begann, dann allmählich nach Osten vorschreitend erst in den 90er Jahren die Ostalpen ergriff. Eingeholt hat dieser neueste Vorstoss nicht, was die vorhergehende Rückzugsperiode gesündigt hat.

Wo liegen nun die Gründe für das merkwürdige Phänomen? Der Schweizer Professor Forel, einer der drei Männer, die hier vor

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

allen anderen aufklärend gewirkt haben, hat zuerst in aller Schärfe darauf hingewiesen, dass es sich um die Wirkung von Ursachen handeln müsse, die Zeit gehabt haben, sich anzuhäufen, ehe sie einen nach aussen sichtbaren Effekt hervorriefen. Wenn ein Gletscher seinen Vorstoss fortsetzt auch in oder nach einem warmen, trockenen Jahr, so kann das Material hierfür nur in früheren feuchten und kühlen Jahren gewonnen sein. Der Gletscher ist in seiner Trägheit eben viel weniger abhängig von der Witterung als vom Klima, d. h. dem Durchschnitte aus längeren Witterungsperioden. So hat auch schon Sonklar als einzige Erklärung für die periodischen Gletscherschwankungen das Vorhandensein periodischer Klimaschwankungen wenigstens für die Alpen gefordert und Daten dafür zu sammeln gesucht. Höchst willkommen war es daher den Gletscherforschern, als Brückner im Jahre 1890 seinen auf ganz anderen Wegen gewonnenen Nachweis der Klimaschwankungen veröffentlichte. Ihm dienten meteorologische und hydrographische Beobachtungen bis 1750, Weinerntentermine bis 1400, Notizen über kalte Winter sogar bis zum Jahre 1000, ferner das Verhalten von gewissen Seebecken u. dergl. m. Die Verarbeitung des gesamten Materials ergab, dass auf der ganzen Landoberfläche der Erde stets Reihen von Jahren mit kühler, feuchter Tendenz von solchen mit trockener, warmer Tendenz abgelöst worden sind und zwar so, dass Gesamtperioden von durchschnittlich 35 Jahren daraus entstanden.

Mit Bezug auf die Verquickung von Klima- und Gletscherschwankungen war Brückner selbst zunächst sehr vorsichtig. Bei der Langsamkeit der Eisbewegung musste es ja Dezennien dauern, ehe ein vermehrter Auftrag im Firnfelde am Ende der Zunge anlangen und dasselbe zum Vorstosse bringen konnte. Da treten nun Forel und Richter ergänzend ein. Richter stellte alle Nachrichten über Gletschervorstösse zusammen und zwar unter strengster Prüfung der Quellen. Dabei ergab sich zunächst auch für die Gletscherschwankungen eine durchschnittliche Dauer der Gesamtperioden von 35 Jahren. Es waren ausserdem aber die Vorstösse den kühlen, feuchten Witterungsperioden nicht um Dezennien, sondern um wenige Jahre gefolgt. Wie war eine Erklärung dafür möglich? Forel und Richter geben sie folgendermafsen:

Wenn die durch feuchte Winter und kühle Sommer erzeugte Überlastung des Firnfeldes so gross geworden, dass sie den Widerstand der vorlagernden träge fliessenden Eismassen der Zunge

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

überwindet, dann wulstet sie diese auf. Die dadurch erzeugte Vermehrung des Querschnittes im oberen Zungenteile bewirkt nicht nur Beschleunigung der Bewegung, sondern es schreitet die Wulstung wie eine Welle über die Zunge hin und bringt deren alte Massen schon zum Vorstoss, ehe neues Material das Ende erreicht hat. — Der Einfluss des ganzen Vorganges äussert sich auf das Gesamtvolumen des Gletschers um so bedeutender, als die Abschmelzung Zeit braucht und das Eismaterial um so weniger abnagen kann, je schneller es vorübergeschoben wird. Der rasche Rückgang nach einer Reihe warmer und trockener Jahre ist noch leichter verständlich, denn der Verlangsamung der Bewegung steht kein solches Hindernis entgegen wie der Beschleunigung. Das immer schneller werdende Tempo, wie es ein Gletscherrückzug aufzuweisen pflegt, erklärt sich wiederum aus der gegenseitigen Unterstützung von Verkleinerung und Abschmelzung. Die Verkleinerung bewirkt Verlangsamung der Bewegung, diese giebt mehr Zeit für die Abschmelzung, die Abschmelzung bedingt weitere Verkleinerung u. s. f. — Es scheint nun, als ob die Tatsachen sich mehren, die geeignet sind, obige Erklärungsversuche zu stützen. Nicht nur werden ganz bedeutende Beschleunigungen der Bewegung überall an vorstossenden Gletschern konstatiert, die nach Erreichung des Maximalstandes einer Verlangsamung Platz machen; die neueren genauen Methoden haben an dem Gliederferner im Zillerthaler Gebiet im Beginne des Vorstosses auch das wellenartige Talabwandern einer Schwellung nachzuweisen gestattet. — Dem sorgfältigsten Studium der Schwankungen ist heute die Hauptarbeit an den Gletschern, so wie ich sie am Eingange meines Vortrages andeutete, gewidmet. Genaue Messungen in einem gegebenen Moment und alljährliche Nachmessungen. darauf kommt es an, auch heute noch eine mühselige und oft nicht ungefährliche Beschäftigung.

Seit 1894 sammelt überdies eine internationale Gletscherkommission Daten aus der ganzen Welt. Immer mehr scheint es sich dabei bewahrheiten zu wollen, dass das Phänomen, das uns eben beschäftigte, allen Gletschern des Erdballes gemeinsam ist.

M. D. u. H.! Wie die physikalische Geographie es an so vielen Beispielen lehrt, muss auch von den relativ kurzperiodischen Klima- und Gletscherschwankungen angenommen werden, dass sie sich wieder grösseren Perioden unterordnen. Als solche Schwankungen höherer Ordnung kann man die Eiszeiten betrachten. Auch ein nur

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

flüchtiger Ausblick in diese Epochen der Erdgeschichte verbietet sich hier naturgemäfs. Eines aber werden Sie schon ersehen haben, dass es keiner bedeutenden Erniedrigung der gesammten Temperaturverhältnisse bedürfte, um ein Vorrücken der Gletscher im Mafse der Eiszeit zu erzeugen. Brückner berechnet die Differenz des eiszeitlichen Temperaturmittels gegen das heutige auf 3° C. — Ferner liegt es auf der Hand, dass nur eine genaueste Kenntnis der heutigen Gletschererscheinungen den Geologen befähigt, die Folgen der eiszeitlichen Vergletscherung zu erkennen und richtig zu deuten.

Die Gletscherkunde giebt Anregung nach allen Richtungen hin, sie führt uns unwillkürlich zu Exkursionen in fast alle Zweige der Naturwissenschaften. In dem Rahmen, in dem ich mich heute habe halten müssen, konnte dies freilich nur unvollkommen zum Ausdrucke kommen. Trotzdem werden Sie bemerkt haben, in wie innigem Konnexe die Gletscherkunde mit der Geologie im allgemeinen, mit der Physik, der Klimatologie und noch vielen anderen Wissenszweigen steht und es gilt auch von ihr, was Tyndall in seinem Werke über die Gletscher der Alpen sagt: »Kein Bruchteil der Natur kann für sich studiert werden; jeder Teil ist mit jedem anderen Teile verbunden; und daher kommt es, dass der Naturforscher, wenn er den Gliedern der Gesetze folgt, die die Phänomene verbinden, oft weit über die Grenzen seiner ersten Absichten hinaus geführt wird; diese Gefahr nimmt zu in direktem Verhältnis zu dem Wunsche des Forschers, sich sichere und vollständige Kenntnisse zu erwerben.«

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 56

Autor(en)/Author(s): Böttcher G.

Artikel/Article: Neuere Gletscherforschung. XXII-XXXXIX