

Sammlung Gemeinnütziger Vorträge.

Herausgegeben vom
Deutschen Vereine zur Verbreitung gemeinnütziger Kenntnisse
in P r a g.
№ 59.

Gletscher und Eiszeit.

Von Dr. Albrecht Penck in München.

Allgemeine Freude der Bevölkerung begrüßt den ersten Schnee, die erste Eisdecke auf den Gewässern. Es ist, als ob sich die Natur in ein neues Kleid gehüllt habe, und in neuen Formen entgegenträte. Doch wenn sich Schneedecke auf Schneedecke häuft, wenn die Eisdecke über dem Wasser dicker und dicker anschwillt, wenn die Kälte sich in den Häusern einnistet, wenn Handel und Verkehr wegen der neuen Hindernisse stocken, und ein jeder die Nähe des wärmenden Ofens sucht — dann beginnen die Klagen über den harten, bösen, strengen Winter und die erst so bewillkommte schneeig eifige Decke wird nur als Leichentuch der belebten Welt betrachtet. Kommt nun der erste Thauwind und leckt den Schnee von den Feldern, so wird ihm mit noch weit größerer Freude als dem ersten Schnee entgegengejubelt, und er als Vorbote des nahenden Frühlings bewillkommt.

Glücklich unser Land, in welchem der Winter auf wenige Monate des Jahres beschränkt, und der bei weitem größere Theil desselben mild und warm ist. Doch wenn wir diese gesegneten Gegenden unseres Vaterlandes verlassen, wenn wir den Gebirgen zuwandern, dann treffen wir überall die Spuren einer längeren Herrschaft des Winters. Im Frühjahr hält der Schnee weit länger aus, im Herbst kommt der Frost viel früher, und der kurze Sommer hat Mühe, die eifigen Werke des Winters zu zerstören. Je weiter wir nun steigen, desto schärfer tritt uns dies hervor. Einen Baum nach dem andern verlieren wir aus der Umgebung; Schwanden schon nach kurzem Aufstieg der Weinstock, nach längerem die Obstbäume, so verlassen uns nun Eiche und Buche, fast nur Nadelholz umgibt uns, endlich bleibt auch dieses zurück, und wir treten nun in das Reich des niederen Gestrüpps. Unsere Mittelgebirge enden gewöhnlich in dieser Höhe. Die Alpen jedoch steigen noch weiter in das Reich der Lüfte, sie ragen noch hoch hinauf in das Reich des ewigen Winters hinein. Fast das ganze Jahr hindurch schneit es hier oben, die kurze Wärme des Sommers ist ohnmächtig gegenüber den sich aufstürmenden Schneemassen, sie vermag sie nicht zu schmelzen. So bleiben

die Zeichen der Herrschaft des Winters unverwischt; Schnee bedeckt die Höhen, nur hie und da ragt ein nackter Fels hervor, kein Pflanzengrün erquickt das Auge, kein Summen der kleinen Thierwelt unterbricht die eisige Stille — das ist die Region des ewigen Schnees.

Doch wenn wir nun sehen, wie jedes Jahr die gesammte Menge des Wassers, welche bei uns als Regen fällt, als Schnee liegen bleibt, und die Wärme des Sommers diesen nicht zu schmelzen vermag, wie also alljährlich sich eine etwa 1 M. mächtige Schneedecke ansammelt, so drängt uns zu erforschen, was denn aus diesen Schneemassen wird. Bleiben sie unerrückt an der Stelle, wo sie gefallen? Sicher nicht; denn es müßte sich dann im Laufe eines Jahrhunderts schon eine weit über 100 M. starke Schneemasse anhäufen, im Laufe unser Zeitrechnung dagegen müßte ein wahres Schneegebirge entstanden sein, und dem ist nicht so. Die Alpenhöhen sind zwar oft gänzlich in Schnee versteckt, aber dieser hat nur eine verhältnißmäßig geringe Stärke. Die Natur hat also gesorgt, daß nicht an gewissen Punkten der Schnee zu Bergen anwächst und sich alles Wasser der Erde in dieser eisigen Form ansammelt; sie hat jenen Schneemassen Abflüsse gegeben. Als Abflüsse der Region des ewigen Schnees treten uns die Gletscher entgegen.

Aus den geschilderten Regionen ziehen sich tief in Thäler, oft bis in die Nähe bewohnbarer Gegenden, bisweilen sogar in das Gebiet des Feldbaues jene bläulich glänzenden Eismassen herab, welche als Gletscher bezeichnet werden. Die Gletscher sind nicht zusammenhängend gefrorene, oder gleichförmig in Eis verwandelte Wassermassen. Das Gletschereis unterscheidet sich in seinem Aussehen wohl von Flußeis oder von eiszapfenähnlichen Gebilden. Es bildet eine compacte Masse, welche von zahlreichen Sprüngen und Haarspältchen durchzogen ist, so daß sie nicht mehr die Durchsichtigkeit des gewöhnlichen Eises besitzt. Oft sieht das Gletschereis daher wie aus unzähligen Eisstücken zusammengebacken aus. Dasselbe füllt nun nicht etwa ein Thal bis zu einer gewissen Höhe gleichmäßig horizontal an, sondern schiebt sich zungenförmig in dasselbe hinein, und erscheint darin wie ein flachgewölbter Damm. Dieser Damm ist in seinem unteren Ende von mehr oder minder regelmäßig stehenden Sprüngen und Klüften durchsetzt. Aus diesen strahlt ein bläuliches Licht hervor, welches das glänzende der übrigen Eismasse unterbricht, und nicht zum Mindesten den malerischen Eindruck eines Gletschers bedingt.

Wie gesagt, reichen die Gletscher tief in Thäler herab, in welchen ein milderes Klima herrscht, als auf den Höhen, von denen sie entstammen. Sie ziehen sich bis in Regionen, wo sie schmelzen. Auf dem unteren Ende eines Gletschers rieseln daher unzählige kleine Wasseradern, welche sich bald zu einem kleinen Bache vereinigen, dann jedoch meist in einer der zahlreichen Klüfte des Eises verschwinden, und unter demselben weiter fließen. In der That entspringt dann aus dem unteren Gletscherende fast stets ein Bach oder Fluß, welcher oft eine ziemlich beträchtliche Größe besitzt. Begreiflicherweise ist die Wassermasse des Gletscherbaches dann am größten, wenn die Luft warm und trocken ist, so im Hochsommer, während bekanntlich alle anderen Flüsse umgekehrt gerade in der regenreichen Jahreszeit am höchsten

anschwellen. So unterscheiden sich die Gletscherbäche schon durch ihren Wasserstand von anderen fließenden Gewässern.

Wenn nun aber an einem Gletscherende fortwährend das Eis thaut, so müßte dasselbe eigentlich nach einer geraumen Zeit völlig weggeschmolzen sein, es müßten die Gletscher aus den milderen Regionen entfernt werden, bis in welche sie sich erstrecken. Statt dessen sehen wir aber, wie die Gletscher seit Jahrhunderten im allgemeinen ihre Lage beibehalten haben. Wohl zeigt sich, daß manche Gletscher heute im Zurückweichen begriffen sind, was heißen soll, daß sie an ihrem unteren Ende so sehr abschmelzen, daß dasselbe alljährlich um ein Stück scheinbar thalaufwärts rückt. Es sind aber auch die gegentheiligen Fälle bekannt, wo Gletscher ihre Enden unaufhaltsam thalabwärts verlegen, und so im Vorwärtsschreiten begriffen sind. Es muß daher eine stete Zufuhr von Eis nach den Gletscherenden stattfinden, es muß sich die Gletschermasse an und für sich bewegen. In der That haben ebenso sinnreiche wie einfache Beobachtungen kennen gelehrt, daß das Gletschereis in steter Eigenbewegung begriffen ist, daß diese anscheinend so starre und spröde Masse ähnlich fließt, wie unsere Flüsse und Ströme. Das Gletschereis bewegt sich langsam, in den meisten Fällen in einem Tage nur um einen Fuß, selten um mehr vorwärts, aber es ist auch ein Fall bekannt geworden, wo ein Gletscher 25 M. täglich vorwärts floß. Diese Eigenbewegung des Gletschers hat nichts mit dem Vor- und Rückwärtsschreiten seines Endes zu thun. Sie ist, wie Messungen überzeugend dargethan haben, in ihrer Mitte am stärksten, an den Rändern am geringsten, also ganz wie die der Flüsse. Man hat dieselbe höchst passend mit der eines Pechklumpen verglichen, welcher auf eine schiefe Ebene gelegt, in ein ganz allmähliches Fließen geräth, und dabei, ganz ebenso wie die Gletscher, von Sprüngen und Spalten durchsetzt wird.

Durch dieses Fließen wird fortwährend Eis thalabwärts geführt, wo es schmilzt, und hieraus erklärt sich der Umstand, daß die Gletscher aus den Thälern nicht fortgethaut werden, sondern ihre Lage ziemlich regelmäßig beibehalten. Durch diese Bewegung wird nun aber auch jener Anhäufung ewigen Schnees auf der Höhe entgegengearbeitet. Der auf den Hochgebirgen gefallene Schnee wird nämlich körnig, indem er Tags über zu schmelzen beginnt, Nachts wieder zusammenfriert. Diesen körnigen Schnee heißen die Alpenbewohner Firn. Indem sich nun Firnlage auf Firnlage häuft, pressen die oberen die unteren zusammen, und verwandeln die letzteren in eine zusammenhängende Eismasse. Diese Eismasse wird durch den Druck der über ihr liegenden Firnschichten vorwärts gepreßt, und beginnt demnach auf den Bergabhängen abwärts zu fließen; sie ist es, welche in den Thälern nämlich da, wohin sie allein abfließen kann, unter der Firnbedeckung hervorquillt, und als Gletscher erscheint. Die Bewegung der Gletscher ist aber kein Gleiten und Rutschen auf ihrem Untergrunde, es ist ein wirkliches Bergabwärtsfließen, bedingt durch ihr eigenes Gewicht und das fortwährende Nachdrängen der Massen von oben. Die Gletscher führen in Form von Eis die in der Region des ewigen Schnees sich allmählich anhäufenden Schneemengen in Regionen, wo dieselben schmelzen können. Sie

spielen also im Haushalte der Natur eine ähnliche Rolle, wie die Ströme, sie entwässern nämlich gewisse Gebiete, und die Ähnlichkeit mit den Strömen geht so weit, daß wie sich oft Flüsse vereinigen, sich auch verschiedene Gletscher zu einem einzigen vereinigen, so daß man von einem Gletscherstrom und seinen Zuflüssen reden kann.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß wir allen den Erscheinungen, welche wir beim Erstiegen unserer Gebirge bemerken, auch begegnen, wenn wir nordwärts wandern. Wir kommen nämlich mehr und mehr in die Region des längeren Winters. — Dies zeigt uns der Charakter der Vegetation. Schon in Norddeutschland vermissen wir den Weinstock. In Schweden fehlen bereits einige unserer Obstbäume; nördlich von Stockholm verlassen uns Eiche und Buche, und in den nördlichsten Theilen der skandinavischen Halbinsel hört der Baumwuchs auf. Setzen wir unsere Fahrt weiter nordwärts fort, so kommen wir schließlich in das Reich des ewigen Winters, wir erreichen Länder, welche der Region des ewigen Schnees angehören. Wir lernen hier ganz daselbe kennen, was wir beim Erstiegen unserer Hochgebirge antrafen. Während jedoch von diesen letzteren nur immerhin kleine Theile in jene Region aufragen, sind in nördlichen Breiten ganze ausgedehnte Länder im Reiche des ewigen Schnees gelegen, und alle die Vorgänge, welche aus der Anhäufung von Schnee resultiren, nehmen hier viel gewaltigere Dimensionen an.

Schneedecke häuft sich jährlich auf Schneedecke. Die oberen lasten auf den unteren, und so verwandeln sich dieselben in eine Eismasse. Unmittelbar auf jenen Ländern wird also ein Eislager, und über diesem noch ein Schneefeld gebreitet sein. Dies entspricht genau demjenigen, was von den Firnfeldern der Alpen berichtet wurde. Während aber in diesem Gebirge die so entstandene Eismasse in einzelne Thalmulden gelagert ist und hier leicht stromähnlich bergabwärts fließen kann, um in den Thälern als Gletscher zu erscheinen, breitet sie sich in jenen Ländern über viele Quadratmeilen Fläche aus, und bildet eine zusammenhängende Decke. Diese wird nicht so wie ein Strom fließen können, sie wird vielmehr gleichsam zerfließen, so wie ein Pechklumpen auf einer ebenen Platte; sie wird unter der sie überdeckenden Schneehülle am Rande, also an den Küsten jener Länder hervorquellen, und hier als Gletschermasse erscheinen. In der That sind jene nördlichen Länder mit Gletschern geradezu umfümt. Diese letzteren sind also nicht etwa gegenüber der Schneewüste im Innern des Landes daselbe, was ein Eiszapfen an einem beschneiten Dache, sie sind vielmehr der vorquellende Rand der Eisdecke, die als flacher Kuchen unter dem Schnee jene Länder überdeckt. Einen solchen Schnee- und Eiskuchen nennt man ein Inlandeis.

Spitzbergen und die Inseln des in dem nördlichen Eismeere jüngst entdeckten Kaiser-Franz-Josefslandes tragen dergleichen Inlandeismassen. Die bedeutendste dieser Art ist jedoch über Grönland ausgebreitet; und in der That gewährt Grönland einen ganz eben solchen Anblick, wie wir ihn von einem mit einer großen Inlandeismasse überdeckten Lande erwarten müssen.

Nacht man sich Grönland von Süden, so erblickt man über den nackten Küstenbergen die Felser ewigen Eises und Schnees, und in alle Thäler ziehen sich große Gletscher hinein. Je weiter wir nordwärts an dem Lande entlang flauern, desto großartiger werden die sichtbaren Eismassen. An vielen Punkten der Küste münden zwischen hohen Felsen Gletscher von mehreren Hundert Metern Höhe unmittelbar ins Meer, wo sie sich in riesige Eisberge auflösen, um dann als solche südwärts zu schwimmen. Noch weiter nordwärts sind selbst die Küstenberge übereist, und meilenweit ziehen sich ununterbrochen Gletscher am Meere entlang. Jeder Versuch, das Land zu durchkreuzen, lehrte nur kennen, daß nach Ersteigung der Küstenberge eine öde Schnee- und Eiswüste erreicht wird, welche landeinwärts fortwährend ansteigt. Bis zu einer Höhe von über 5000 Fuß hat man dieselbe erklimmen, und selbst von diesem Punkte stieg die Eismasse noch ununterbrochen an. Viele Tausend Quadratmeilen liegen unter einer eisigen Decke begraben. Das ist die Debe der Polargegenden; denn auf der südlichen Halbkugel wiederholt sich dasselbe. Der Ländercomplex um den Südpol trägt ebenfalls ein riesiges Inlandeis, das an seinen Rändern nachweislich noch über 1000 M. stark ist, während es in seiner Mitte nach einer Annahme mindestens 3 deutsche Meilen hoch ist.

In den Eisregionen spielen die Gletscher die Rolle von Strömen. Ein Strom entwässert aber nicht allein ein Gebiet, sondern er ist auch ein wesentlich gestaltender Faktor auf der Erdoberfläche. Jeder Kollstein im Strombett ist Zeuge hiervon. Er lehrt, daß der Strom mit seinen Wassermassen auch Gesteinsmaterial befördert, also transportirend wirkt. Und nicht nur dies. Es läßt sich auch erweisen, daß an gewissen Stellen der Strom in das Land einschneidet und eingräbt, indem er hier immer Material fortführt. Die Thäler und Betten, in denen die Ströme fließen, sind meist das Werk ihrer eigenen, nagenden, oder erodirenden Thätigkeit. Doch es finden sich auch Gegenden, in welchen die Ströme das Land erhöhen, indem sie die Gerölle, den Sand und den Schlamm, den sie mit sich führen, ablegen. Hier haben die Ströme also eine aufbauende Thätigkeit. Lassen sich nun diese dreierlei Wirkungen eines Stromes auch an den Gletschern wahrnehmen, wirken die Gletscher auch transportirend, erodiren sie auch und wirken sie endlich aufbauend?

Die meisten Gletscher der Alpen tragen auf ihrer Oberfläche Gesteinschutt. Von den steilen Felsen, welche ein Gletscherbett begrenzen, lösen sich häufig, wie von andern Bergen auch, Stücke los, und diese Trümmer fallen auf den Gletscher hernieder. Hier bleiben sie liegen und im Laufe der Zeit sammelt sich so am seitlichen Rande des Gletschers ein langgedehnter Schutthausen. Diesen Schuttwall nennt man Seitenmoräne. Der langsam sich vorwärts bewegende Gletscher nimmt jenen Schuttwall nun mit sich, und führt ihn thalabwärts. Da wo zwei mit solchen Seitenmoränen beladene Gletscher sich wie zwei Flüsse vereinigen, da verschmelzen auch die beiden sich zugewendeten Seitenmoränen zu einem einzigen Wall, welcher die Mitte des vereinigten Gletschers einnimmt, und diesen Wall nennt man dann Mittelmoräne. So führen in Gestalt der Seiten- und Mittel-

moränen, welche man auch zusammen als Oberflächenmoränen bezeichnet, manche Gletscher nicht unbeträchtliche Gesteinsmassen mit sich, und bekunden dadurch auf das Deutlichste ihre transportirende Thätigkeit. Da, wo nun der Gletscher abschmilzt, also an seinem unteren Ende, da sammelt sich das Material, was auf ihm gelegen hatte an, und thürmt sich allmählich zu einem Walle auf, welcher das untere, zungenförmige Ende des Gletschers, dessen Stirn, rings umgibt. Diesen gebogenen Wall bezeichnet man als End- oder Stirnmoräne. Bei manchen Gletschern der Alpen erreichen diese Endmoränen die beträchtliche Höhe von beinahe 100 M. Ihr Material besteht natürlicherweise aus Trümmern aller derjenigen Gesteine, welche das Gletscherbett begrenzen. Diese Trümmer werden durch den Gletscher während des Transportes, weil sie auf seinem Rücken ruhen, nicht verändert, und finden sich nun in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit in der Endmoräne. Das heißt, sie sind noch so rauh und splittrig, wie sie sich von den Felswänden loslösten, sie sind nicht abgenutzt, nicht gerollt, wie die Gerölle in einem Flusse. Sie liegen gewöhnlich wirr durcheinander, bilden eine ungeschichtete Ablagerung, da sie an dem Ende des Gletschers beim Wegschmelzen ihrer eisigen Unterlage unregelmäßig durcheinander zu Boden fielen. Darnach kann man die Erdmoränen folgendermaßen charakterisiren: Erdmoränen sind thalabwärts gebogene Wälle, aufgebaut aus wirr durcheinander gelagerten, nicht abgenutzten oder abgerundeten Gesteinstrümmern verschiedener Herkunft. Diese Endmoränen sind die schlagendsten Beweise von der aufbauenden Thätigkeit der Gletscher.

Die Seitenmoränen, und die durch dieselben bedingten Mittel- und Endmoränen sind keineswegs allen Gletschern eigenthümlich. Es gibt vielmehr eine Reihe von Gletschern, welche völlig frei von Oberflächen-schutt sind, und völlig weiße Eisströme sind. Besucht man die Enden solcher Gletscher, so wird man auch Beweise der transportirenden Thätigkeit dieser letzteren erkennen. Man findet nämlich auch an solchen Gletschern oft sehr zahlreiche Gesteinsblöcke, welche unzweifelhaft aus dem „Zuflußgebiete“ des Gletschers stammen, d. h. deren Heimat im Gebiete des Gletschers liegt. Wie nun kommen diese Blöcke an das untere Gletscherende? Auf dem Gletscher sind sie nicht verfrachtet worden; denn die Oberfläche desselben trägt keinen Schutt, wie ein Blick auf dieselbe lehrt. Im Eise können sie ferner auch nicht thalabwärts bewegt worden sein, weil es eine hervorragende Eigenthümlichkeit des Gletscheresses ist, daß dasselbe fast nie Gesteinsblöcke enthält, sondern meist eine völlig reine Masse repräsentirt. So bleibt nur die eine Möglichkeit, daß jene Blöcke unter dem Gletscher vorwärts bewegt wurden.

Es ist unmöglich, mit eigenen Augen zu beobachten, was am Grunde eines Gletschers geschieht, zu sehen, wie er Gesteinsmaterial unter sich bewegt. Man befindet sich gegenüber einem Gletscher in derselben Lage, wie gegenüber einem Flusse. Man hat die sichersten Belege dafür, daß er gleich diesem am Grunde seines Bettes Gesteinstrümmer transportirt, und kann doch nicht sehen, wie solches vor sich geht. Das schließt aber nicht aus, daß man sich hierüber eine lebhafte Vorstellung macht, welche der Wirklichkeit

sehr nahe kommt. Man sieht bei niederm Wasserstande die zahlreichen Gerölle, welche ein Fluß in seinem Bette angeschwemmt hat, man macht aus der Beschaffenheit derselben Schlüsse auf ihre Entstehung, und gewinnt so ein Bild davon, wie ein Fluß am Grunde seines Bettes die Kiesel vorwärts rollt. Ähnlich muß man beim Gletscher verfahren, man muß nämlich die Ablagerungen studiren, welche sich bei niederm „Wasserstande“, also dann wenn er zurückweicht, in seinem Bette finden, aus diesen gewinnt man Folgerungen auf die Art und Weise ihrer Bildung und so eine Vorstellung über den Gesteinstransport unter dem Gletscher.

In der That hinterlassen einige Gletscher bei ihrem Zurückweichen, dann also, wenn ihre Ausdehnung durch fortwährendes Abschmelzen verringert wird, eine eigenthümliche Schicht, welche zweifellos nicht aus dem Schutte entstanden ist, der die Oberfläche des Gletschers bedeckt, sondern welche sich augenscheinlich unter dem Gletscher befunden hat. Daraus weist ihre Beschaffenheit sehr bestimmt hin.

Sie besteht zwar aus einem wirren Durcheinander von Gesteinsblöcken, ähnlich wie die Endmoräne. Eigenthümlich und höchst charakteristisch ist aber, daß sie nicht ein lockeres Haufwerk wie jene darstellt, sondern festgepackt ist. Es sind die Gesteinsblöcke dicht aneinander gepreßt, und zwischen ihnen liegt eine zähe, entweder grasige, oder sandige oder thonige Masse. Diese festgepackte Beschaffenheit ist es vornehmlich, welche darthut, daß sich diese Ablagerung am Grunde des Gletschers befunden hat, demnach einem hohen Drucke ausgesetzt gewesen ist. Hierauf deutet ferner das Aussehen der Gesteinsblöcke in ihr. Dieselben sind nicht so eckig und kantig, wie diejenigen, welche auf der Oberfläche des Gletschers oder in dessen Endmoräne zerstreut liegen. Sie tragen vielmehr die unzweifelhaftesten Spuren einer Abnutzung an sich. Man könnte sie eher mit den Rollsteinen im Flußbette vergleichen. Aber auch von diesen Rollsteinen sind sie merklich verschieden. Denn während letztere mehr oder minder vollständig abgerundet sind, und uns bald fast kugelig, gewöhnlich aber eiförmig erscheinen, sind die fraglichen Blöcke meist nur an den Kanten gerundet. Ihre Oberfläche ist geglättet, bisweilen sogar polirt, und, wie man auf den ersten Blick gewahr wird, es sind Linien, Ritzen, oder selbst kleine Furchen mehr oder minder tief in sie eingeschnitten. Diese Linien verlaufen bisweilen parallel untereinander, meist aber schneiden sie sich in verschiedenen Winkeln. Dergleichen Blöcke nennt man Scheuersteine oder gekritzte Geschiebe, wegen der eigenthümlichen Ritzen auf ihrer Oberfläche.

Weist uns nun die gerundete Form der Gerölle im Flußbette darauf hin, daß dieselben vorwärts gerollt sind, so wirft die Beschaffenheit der Scheuersteine auch Licht auf die Art und Weise des Transportes, den sie erlitten. Die eigenthümlichen Ritzen und Schrammen auf ihrer Oberfläche dürften sich nämlich nicht anders erklären lassen, als daß die Blöcke jener Ablagerung aneinander vorbeigepreßt wurden, und so sich gegenseitig abnutzten und in einander einschnitten. Rollt also ein Fluß seine Geschiebe, so preßt sie ein Gletscher unter sich vorwärts, er schleift sie mit sich fort. Während aber ein Fluß jedes Gerölle einzeln bewegt, bewegt der Gletscher

alles lose Gesteinsmaterial in seinem Bette zugleich, er preßt und schleift eine ganze Trümmerschicht unter sich, wenn auch sehr langsam, vorwärts. Diese Trümmerschicht ist es, welche wir, wie oben geschildert, auf dem ehemaligen Gletschergrunde fanden, und diese nennt man die Grundmoräne des Gletschers.

Begreiflich ist es, daß wenn unter dem Eise eine solche Grundmoräne bewegt wird, diese ihrerseits nicht ohne Einfluß auf die Gestaltung des Gletscherbettes ist. Poliren doch die Gerölle eines Flusses, da wo dieser in einer Enge fließt, dessen Bett förmlich aus; von wie viel größerer Einwirkung wird nun die Grundmoräne auf das Gletscherbett sein, da sie doch unter einem ganz gewaltigen, stetig wirkenden Drucke steht. In der That zeigt das Gletscherbett unter der Grundmoräne eine eigenthümliche Abnutzung. Es ist nämlich in einer ähnlichen Weise zugestupft, wie die Gesteinsabläcke in der Grundmoräne. Es ist ebenfalls geglättet und oft auch polirt, alle hervorstehenden Ecken und Kanten sind zugerundet, vor allem aber verlaufen auf seiner Oberfläche ebenfalls, jedoch meist parallele Krügen und Schrammen, die oft zu Furchen, ja selbst zu Kanälen anschwellen. Man hat hier die sichtbarsten Beweise von dem Vorwärtsschleifen der Grundmoräne; sie hat ihren Untergrund vollkommen abgeschliffen. Auf diese Weise entstehen die Gletscherschliffe. Kein Bach, kein Strom, keine andere auf der Erde wirkende Kraft bringt ähnliche Erscheinungen hervor; die Gletscherschliffe und neben ihnen die gekrümmten und geschrammten Geshiebe sind die sichersten Beweise von dem einstmaligen Vorhandensein eines Gletschers an irgend einer Stelle. Und nicht nur dies; denn indem die Grundmoräne durch den Gletscher vorwärts bewegt wurde, grub sie die Schrammen und Furchen auf ihrem felsigen Boden genau in der Richtung ihrer, als auch des Gletschers Vorwärtsbewegung ein, und so verrathen die Gletscherschliffe auch die Bewegungsrichtung des Gletschers. In den Hochgebirgen, also wo die Gletscher in den Thälern fließen, werden die Schrammen jenen Thälern folgen, in den Polarländern jedoch, welche unter einem Inlandeise ruhen, werden die Schrammen die eigenthümliche, oben geschilderte Bewegung desselben wiedergeben, sie werden von einem Theile des Landes, welcher dessen Mitte einnimmt, nach allen Himmelsgegenden ausstrahlen.

Schon die Gletscherschliffe sind der Zeuge von Einwirkungen des Gletschers auf seinen Untergrund; mehr noch aber ist es das Material seiner Grundmoräne. Woher kommt dies? Die Gerölle in einem Flußbette haben der großen Mehrzahl nach sicher irgend einem Felsen angehört, sind von demselben losgebrockelt, in den Fluß gefallen und sind durch denselben nur abgenutzt worden. Nur die wenigsten sind durch den Fluß selber losgelöst. Anders verhält es sich mit dem Gletscher. Lösen sich von den Felsen seiner Ufer Stücke los, so fallen dieselben auf seine Oberfläche, wo sie sich als Oberflächenmoränen sammeln. Sie kommen somit nicht unter den Gletscher. Doch, hat man gesagt, es gibt ja viele Spalten im Gletscher, in diese fällt ab und zu ein Block der Seitenmoränen und kommt so unter den Gletscher, wo er sich mit vielen Schicksalsgefährten zur Grundmoräne ansammelt. Nun gibt es aber Gletscher, welche, wie bereits erwähnt, keine Oberflächenmoränen besitzen, ja überhaupt auf ihrem Rücken nicht den geringsten Schutt tragen,

und dennoch eine Grundmoräne besitzen. Solche Fälle lehren, daß eine Grundmoräne ihr Material nicht von der Oberfläche des Gletschers erhält. Somit bleibt nur der eine Ausweg: Die Grundmoräne entsteht aus den Trümmern, welche unter dem Gletscher sei es durch diesen selbst oder mittelbar durch seine Grundmoräne losgelöst werden. Mit andern Worten: der Gletscher arbeitet wie ein Fluß an der Vertiefung seines Bettes, er erodirt.

Wie sehr dies der Fall ist, zeigt fast ein jedes verlassene Gletscherbett. Der Felsgrund ist hier nicht allein geschliffen in der Art wie oben geschildert, sondern er hat auch ganz eigenthümliche Formen angenommen. Alle Zinnen, Zacken und Kanten sind entfernt, und durch sanft gerundete Felsbuckel ersetzt. Diese haben die Gestalt von längs durchschnittenen Eiern, und zwar kehren sie ihren sanfteren Abfall dem Gletscher zu, denn von dieser Seite sind sie am meisten angegriffen worden. Vergleichen Felsbuckel, welche ein höchst charakteristisches Aussehen besitzen, hat man mit dem Namen „Rundhöcker“ belegt.

Sind die Oberflächenmoränen die handgreiflichsten Beispiele von der transportirenden Thätigkeit des Gletschers, und die Erdmoränen Zeugen seiner anhäufenden Wirkungen, so sind die Grundmoränen gleich den Geröllen im Flußbette Beweise einer erodirenden, transportirenden und anhäufenden Thätigkeit zu gleicher Zeit. Ihr Material ist sichtlich transportirt, seinen Ursprung verdankt dasselbe einer erodirenden Thätigkeit, seine Auffammlung einer anhäufenden. Dies ist um so wichtiger, als keineswegs alle Gletscher Oberflächenmoränen besitzen. Vielmehr sind fast die sämmtlichen Abflüsse von Inlandeismassen frei von solchen, and nach einer älteren Anschauung, welche die Existenz einer Grundmoräne gar nicht kennt, oder auf andere Weise erklärt, würden gerade diese größten und mächtigsten Eisströme vom geringsten gestaltenden Einflusse auf die Erdoberfläche sein, sie würden in dieser Hinsicht weit hinter den Strömen fließenden Wassers zurückstehen. Dem ist aber sicher nicht so. Gerade die Inlandeismassen müssen von der größten gestaltenden Kraft auf der Erdoberfläche sein. Denn sie können vermöge ihrer großen Masse am meisten am Untergrunde nagen. Wie oben gezeiget, sind jene Inlandeismassen großen flachgewölbten Ruhen vergleichbar, welche in der Mitte am dicksten sind. Hier in der Mitte werden diese Inlandeismassen daher die größte erodirende Thätigkeit entfalten, eine weit geringere an ihrem Rande, ja vermuthlich werden sie sogar hier auch das Material wieder anhäufen, was sie aus der Mitte wegführen. Es fehlt an einem Bilde, um diese Wirksamkeit des Inlandeises zu verdeutlichen. Man möchte dieselbe mit der eines Wasserstrubels vergleichen, welcher sich im Kies ein Loch auswühlt und rings um dasselbe die entfernten Gerölle als Ball aufthürmt; man könnte vielleicht besser auch sagen, ein Inlandeis wirkt ähnlich wie ein Schleifstein, der durch Arbeiter auf der Mitte einer großen Felsplatte hin- und hergeschoben wird. Während dieser Stein hier in der Mitte schleift und polirt, häuft er am Rande der Platte das Schleispulver auf. Aber man wird vielleicht entgegenen: „Die Wirkung des Abschleifens ist an und für sich gering, groß aber die abschleifende

Kraft; denn der Schleifstein ist hart und er wird mit großem Fleiße hin- und hergeschoben, das Eis aber bewegt sich nur sehr langsam, und es ist weit entfernt, die Härte eines Schleifsteines zu besitzen.“ Dem gegenüber muß aber betont werden, daß sich das Gletschereis fortwährend und stetig während langer Zeiträume bewegt, und wenn es auch nur einen geringen Grad von Härte besitzt, so übt doch sein Gewicht bei seiner Bewegung einen ganz außerordentlichen Druck aus. Man bedenke nur, daß viele der jetzigen Alpengletscher über 100 M. stark sind, daß das Inlandeis am Südpole an seinen Rändern nachweislich Tausend Meter hoch ist, und daß sich diese Massen stetig bewegen. Daß aber ein an und für sich nicht besonders harter Körper einen weit härteren schleifen kann, lehrten angestellte Versuche. Es gelang mit einem Marmorblocke einen viel härteren Granit abzuschleifen. Die Abnutzung der Trottoirplatten durch die Fußgänger zeigt Aehnliches. Man wird aber vielleicht sagen, all diese Wirkungen sind gering, es ist kaum sichtbar, und wie viel eine Steinplatte durch das Schleifen mit einem Steine abgenutzt wird, was macht es aus, wenn durch tagelanges Schleifen eine Felsplatte von vielleicht 10 M. im Viertel in der Mitte um ein Zehntel Millimeter erniedrigt wird, das sieht man ja gar nicht, denn es ist nur der hunderttausendste Theil ihres Durchmessers. Gut, in diesem Maasstabe würden wir die Wirkung nicht sehen, anders aber, wenn wir uns eine solche auf der Erdoberfläche vorstellen. Nehmen wir an, daß Grönland durch die Bewegung seines Inlandeises im Laufe vieler Jahrhunderte nur in dem Maasze abgeschliffen würde, wie jene 10 Meter im Quadrat haltende Felsplatte, also um nur $\frac{1}{100,000}$ seines Durchmessers, so würde es doch um 250 M. erniedrigt werden, und das ist eine Höhe, die sich auf der Erdoberfläche sehr fühlbar machen wird.

Es erhellt hieraus, wie gering nur die erodirende Thätigkeit des Eises zu sein braucht, um doch schon großartige Erscheinungen zu erzielen.

Während die Oberflächenmoränen und dem entsprechend auch die Endmoränen Bildungen sind, welche nicht unbedingt einem jeden Gletscher eigenthümlich zu sein brauchen, ebensowenig wie z. B. treibendes Holz einem Flusse, so müssen doch die Grundmoränen und die von ihnen abhängigen Erscheinungen als spezifische Eigenthümlichkeiten eines Gletschers gelten. Sie werden demgemäß, wo sie auftreten, die sichersten Zeugen von einer früheren Existenz von Gletschern sein.

Als man vor 50 Jahren in den Alpen zum ersten Male die Gletscher genauer bezüglich ihrer Einwirkungen auf den Boden untersuchte, war man überrascht, sichere Gletscherspuren weit außerhalb den Grenzen der heutigen Eisströme zu finden. Man bemerkte Gletscherschliffe in Alpenthälern, inmitten des Ackerlandes, vor allem aber fand man große Gesteinsblöcke aus dem Hochgebirge, weit von ihrem Ursprungsgebiete entfernt, über das Land zerstreut, weswegen man sie als Irrblöcke oder erratische Blöcke bezeichnete. Die eigenthümliche Vertheilung jener Blöcke erhob die Annahme zur Gewißheit, daß sie durch Gletscher transportirt worden seien, und zwar, daß sie alten Seiten und Mittelmoränen entstammten. Endlich entdeckte man auch deutliche Grundmoränen.

Dies waren alles Fingerzeige, welche auf ehemalige Vergletscherung von Landestheilen deuteten, von Landestheilen, die heute sich eines sehr milden Klimas erfreuen. Die sorgfältige Verfolgung aller jener Spuren hat nun im Laufe der letzten fünfzig Jahren zu dem sehr merkwürdigen Ergebnisse geführt, daß die Gletscher der Alpen früher ganz allgemein eine weit größere Ausdehnung besaßen haben als heute. Sie waren nicht lediglich auf die Hochgebirge beschränkt, Gletscher lagerten sich in allen Alpenhöhlen. Bis in die blühenden Gefilde 'des südlichen Frankreichs zogen sich in den Alpenhöhlen Eisströme, ein wahres Eismeer bedeckte die Gegend in der Nähe von Lyon. Die ganze schweizerische Ebene zwischen den Alpen und dem Jura Gebirge war ein Gletscherbett; das Rheinthal war bis über den Bodensee hinaus unter Eismassen verborgen, welche sich bis zu den Donauquellen erstreckten. Das gesammte Innthal war mit Eis erfüllt, welches so hoch anschwellt, daß es die Pässe der bayrischen Alpen überschritt und sich über die bayrische Hochebene bis München und Augsburg ergoß. Deutliche Gletscherspuren fanden sich in Salzburg, Ober- und Niederösterreich; in den Ostalpen lagerten in den Thälern der Schwarzau, Mur, San und Drau ungeheure Eisströme; ja selbst bis in die lachende oberitalienische Ebene erstreckten sich Eismassen, sie dehnten sich fast bis Turin aus, und jene herrlichen oberitalienischen Seen, der Comer, Euganer See, der Langen- und Garda-See, sie alle waren mit Gletschern erfüllt, welche ihre Moränen noch südlich von ihnen anstürmten.

Die Alpen müssen zur Zeit, als diese Gletschermassen ihre größte Ausdehnung besaßen, einen Anblick gewährt haben, ähnlich wie das heutige Grönland; mit Ausnahme weniger Felsgipfel müssen sie gänzlich übereis gewesen sein.

Ehe noch die Untersuchung des Alpengebietes zu solch' außerordentlichem Resultate geführt hatte, lag es nahe, in anderen Gegenden nach Gletscherspuren zu suchen. Denn wenn sich in den Alpen alle Thäler mit Eis füllten, so mußten sich nördlicher gelegene Theile von Europa ganz und gar mit Eis bedecken. Vor allem war mit großer Wahrscheinlichkeit zu folgern, daß die Hochländer der skandinavischen Halbinsel, welche heute noch stellenweise Inlandeisdecken tragen, ebenfalls gänzlich wie die Alpen vergletschert gewesen waren. In der That hatten in Schweden längst die Phänomene, welche, wie wir jetzt wissen, unzweifelhafte Gletscherspuren sind, die Aufmerksamkeit der Gelehrten erregt. Das ganze mittlere Schweden ist übersät mit Rundhöckern; glatt polirte, gekrügte, geschrammte, selbst cannelirte Felsflächen, also Gletscherschliffe sind in Menge vorhanden. Ähnliches zeigt sich in Norwegen, auch hier finden sich überaus zahlreiche Gletscherschliffe. Die so oft genannten Schären an Norwegens und Schwedens Küsten sind nichts anderes als Rundhöcker. Es sind durch die Eiswirkung abgerundete, gewölbartige Felsmassen, welche zu Schaaren an der Küste aus dem Meere auftauchen, und hier ein nur dem geschickten Seefahrer entwirrbares Felsenlabyrinth bilden. Dazu kommt, daß das Land übersät ist mit erratischen Blöcken, daß meilenweit Schichten voller gekrügter Geckiebe, die deutlichsten Grundmoränen, verfolgebar sind. Aber es fehlte der Schlüssel

zum Verständnisse aller dieser Phänomene. Hypothese auf Hypothese wurde aufgestellt, um sie zu erklären, bis sich endlich nach höchst genauer Untersuchung die Ueberzeugung Bahn brach, die ganze skandinavische Halbinsel sei früher so vergletschert gewesen, wie heutzutage Grönland. Mittlerweile waren auch in Schottland Gletscherspuren entdeckt worden. Ablagerungen, welche der dortigen Bevölkerung längst unter dem Namen Till bekannt waren, wurden als Grundmoränen erkannt, Gletscherschliffe wurden in großer Zahl aufgefunden. So konnte denn auch die Folgerung ausgesprochen werden, daß Schottland wie Skandinavien und die Alpen einst völlig vergletschert gewesen sei.

Als nun die Gelehrten, welche in Schottland mit den Gletscherscheinungen bekannt geworden waren, südwärts nach England wanderten, wurden sie daselbst durch ihnen wohlbekannte Erscheinungen überrascht. Sie entdeckten nämlich in den nördlichen Theilen Englands nicht nur deutliche Grundmoränen, mit geschliffenen Geschieben, sie fanden auch Gletscherschliffe. Dasselbe bemerkten die Forscher, welche von der skandinavischen Halbinsel nach dem Norden Deutschlands kamen. Längst waren auch hier erratische Blöcke bekannt, die, wie bereits im vorigen Jahrhundert vermuthet, aus Schweden stammen. Diese erratischen Blöcke sind größtentheils in einem Geschiebelehm eingebettet, und in diesem Geschiebelehme erkannte man eine typische Grundmoräne. Mehr noch, es wurden an verschiedenen Stellen Norddeutschlands echte Gletscherschliffe entdeckt! Nun gab es keinen Zweifel mehr, ebenso wie das schottische Inlandeis sich bis England erstreckt hatte, so hatte sich das skandinavische bis in die Ebenen Norddeutschlands ausgebreitet, und hatte die Ostsee gänzlich mit Eis erfüllt. Was war nun mit der Nordsee, welche sich zwischen den bekannt gewordenen Grenzen der schottischen und skandinavischen Inlandeismassen ausdehnte? Es ist eins der schönsten Ergebnisse der jüngsten Forschungen, daß man Stützen dafür gewonnen hat, daß die Nordsee gleich der Ostsee gänzlich mit Eis erfüllt gewesen ist. Wie sich nach Süden die skandinavischen Gletschermassen bis an den Abfall der mitteldeutschen Gebirge ausdehnten, so schoben sie sich in der immerhin reichten Nordsee vorwärts, bis sie mit dem schottischen Inlandeise zusammentrafen und verschmolzen. So hat sich im Laufe der Zeiten ein gewaltiges Bild von der Ausdehnung der Gletscher im Norden Europas entwickelt: Bis zu den großen Tiefen des atlantischen Oceans, welche sich bis etwas westlich der britischen Inseln und westlich Skandinavien ausdehnen, also bis über die Orkneys und Shetlands hinaus, bis an den Themsefluß in England, bis zu den Rheinmündungen, bis an die Gehänge des Harzes, des sächsisch-böhmischen Erzgebirges, ja selbst bis in den nördlichsten Zipfel Böhmens, ferner bis zum Fuße des Riesengebirges, bis an den Nordabhang der Karpathen und über Finnland bis tief in das Herz Rußlands hinein erstrecken sich Inlandeismassen, welche theils von den schottischen Bergen, größtentheils aber von den skandinavischen Hochländern ausstrahlten, wie die zahllosen Gletscherschliffe beweisen. Kurz, ganz Nord-europa war vergletschert!

Was man in Europa entdeckte, fand sich auch in der neuen Welt. Der gesammte nördliche Theil des nordamerikanischen Festlandes ist überreift gewesen. Ganz Canada trägt die deutlichsten Gletscherspuren; Rundhöcker, Felsenschliffe, Grundmoränen mit Scheuersteinen sind in den vereinigten Staaten Nordamerikas in überreicher Menge nachgewiesen. Wie so viele Dinge in der neuen Welt ganz andere Maaße annehmen als in der alten, so sind die Gletschererscheinungen hier auch von viel bedeutenderer Ausdehnung, als in Europa. Denn während das nordeuropäische Inlandeis sich im Mittel höchstens bis zum 50. Breitengrade erstreckte, so daß es eben nirgends Süddeutschland erreicht hat, und Frankreich gar nicht berührte, dehnten sich in Nordamerika die Eismassen im Mittel um volle 10 Breitengrade weiter nach Süden aus, sie hoben sich bis in Regionen, welche den Mittelmeerlandern Europas entsprechen. Wäre Europa in dem Maaße vergletschert gewesen, wie Nordamerika, so wären nur seine südlichsten Spitzen, die südlichsten Theile von Spanien, Italien und Griechenland ohne Eisbedeckung gewesen.

In den verschiedensten Punkten der Erde hat man durch das Vorhandensein von Gletscherschliffen und Grundmoränen sowie auch von erratischen Blöcken die frühere Existenz von Gletschern nachgewiesen. Außer in seinen nördlichen Theilen und den Alpen existirten in Europa ausgebehnte Gletscher auf den Pyrenäen; die Karpathen, der Schwarzwald und die Vogesen trugen ihre eigenen Gletscher, desgleichen selbst die Berge nördlich Madrid auf der spanischen Halbinsel. Island ist gleich Skandinavien gänzlich vergletschert gewesen, ebenso die Färöer. Auf dem Libanon hat man Gletscherspuren entdeckt, dergleichen auch in den Nordamerikanischen Felsengebirgen. Auf der jüdischen Halbkugel ließen sich gleichfalls Beweise für eine größere Ausdehnung von Gletschern sammeln. So auf Neuseeland und auf der Südspitze Südamerikas; ja selbst auch Südafrika scheint Gletscher getragen zu haben, ebenso wie viele kleine Inseln des südlichen Polarmeeres.

Die Erscheinung von einer früheren größeren Ausdehnung der Gletscher ist somit keineswegs eine rein örtliche, sie ist eine allgemeine auf der Erde; es läßt sich ferner mit großer Bestimmtheit feststellen, daß allüberall auf der Erde während ein und desselben geologischen Zeitraumes diese größere Ausdehnung des Eises stattfand, überall gehören die Gletscherspuren der letzten der geologischen Perioden, nämlich der diluvialen an. Man hat dieselbe daher auch als Gletscher- oder Glacialperiode bezeichnet oder die große Eiszeit benannt.

Es ist selbstverständlich, daß wir die Spuren so ausgebehnter Eismassen nicht lediglich in Gletscherschliffen, Grundmoränen und Scheuersteinen finden, sondern wir müssen allüberall auch Werke der gestaltenden Thätigkeit des Eises auf der Erdoberfläche begegnen, wir müssen nämlich einerseits Landestheile erkennen, in denen das Eis von einer im wesentlichen nagenden, erodirenden Thätigkeit gewesen ist, und andererseits müssen wir in andern Gebieten wiederum ausgebehnte Ablagerungen nachweisen können, die durch das Eis dahin gebracht worden sind. Mit andern Worten, wir müssen feststellen können, daß durch die Thätigkeit des Eises die D e r s

flächenverhältniſſe auf der Erde verändert worden ſind. Dieſer Nachweis läßt ſich durch eine ſehr einfache Überlegung führen.

Während der großen Eiszeit war, wie oben geſchildert, ganz Nord-europa vergletſchert, und bot einen ähnlichen Anblick, wie heute Grönland. Das will ſo viel ſagen, daß das ganze Land unter einer Inlandeisbede ruhte. Keine Berggipfel, keine Felſen ragten daraus hervor. Es war ein kolofſales Eismeer über jene Länder gebreitet. Es iſt ſelbſtverſtändlich, daß dieſes Inlandeis wie das heutige grönländiſche keine Oberflächenmoränen trug. Wie ſollten denn auch Geſteinstrümmen auf die Oberfläche deſſelben kommen, da es ja das ganze Land ausnahmslos bedeckte! Wenn wir alſo irgend wo im Gebiete jenes nordeuropäiſchen Inlandeises Anhäufungen von Gletſcherſchutt finden, ſo müſſen wir ſchließen, daß derſelbe an einer andern Stelle durch den Gletſcher losgelöst und fortgeſchafft worden iſt. Die einzelnen fremden Geſteinblöcke jener Anhäufungen werden uns durch ihre Herkunft auf die Gebiete hinweiſen, wo das Eis am Untergrunde nagte. Da, wo ihre Heimat iſt, hat der Gletſcher erodirt.

Nun begegnet man allüberall in Norddeutſchland Geſteinblöcken, welche zweifellos aus Skandinavien entſtammen. Die Grundmoränen Norddeutſchlands, der Geſchiebelehnen, ſetzen ſich faſt gänzlich aus ſkandinaviſchem Materiale zuſammen. Man kann ſehr wohl ſagen, die Norddeutſche Ebene beſteht aus ſchwediſchem Grund und Boden; denn ſie iſt im Mittel bis zu einer Stärke von 50 M. von der Geſchiebformation bedeckt, d. h. bis 50 M. Stärke ſchwellen im Durchſchnitte die Schuttmaſſen des Inlandeises an. Ein gleiches gilt von Dänemark. Die Ebenen Rußlands ſind ebenfalls von den durch das Inlandeis dahingebachten ſkandinaviſchen Trümmern bis zu einer nicht geringen Höhe bedeckt. So beträchtlich ſind die Anhäufungen von Trümmern ſkandinaviſcher Geſteine, daß, wenn ſie in ihrer Heimat wieder verſammelt würden, ſie den Boden deſſelben um mindteſtens 70 M. erhöhen würden. Eine 70 M. mächtige Geſteinſchicht iſt alſo durch die Thätigkeit des Inlandeises aus Skandinavien weggenagt und über die deutſche und ruſſiſche Tiefebene verbreitet worden, und hier iſt die Geſteinſchichte von um ſo größerer Bedeutung, als ſie die geſamnte Maſſe des Alterbodens ausmacht.

So enorm auch dieſe durch das Inlandeis transportirte Maſſe iſt, ſo wenig macht ſie ſich geltend, da ſie einerſeits von vielen Laufend Quadratmeilen Landes weggenommen, andererseits über ein noch größeres Gebiet vertheilt worden iſt. Dagegen gibt es aber Erſcheinungen, welche die erodirende und transportirende Thätigkeit der Inlandeismaſſen viel greller hervortreten laſſen, obwohl ſie an Umfang der bereits geſchilderten weit nachſtehen.

Betrachtet man eine Erdkarte, ſo findet man, daß die Küſten ſehr weit nördlich oder ſüdlich gelegener Länder ein eigenthümlich zerfrenenes Ausſehen gewähren. Es ſel hier nur an die Küſten Norwegens erinnert. Wie ſind dieſelben von Buchten zertheilt und ſchließlich in ein Inſellabyrinth aufgelöst! Betrachtet man dann das Innere jener Länder auf einer genauen Karte, ſo bemerkt man, daß ſich hier unzählige kleinere oder größere Seen

finden. Man studire nur eine Karte von Finnland! See reißt sich hier an See. Der gleichen Erscheinung begegnen wir nun in allen Ländern, welche überreißt gewesen sind. Überall finden sich im Gebiete der alten Gletscher der großen Eiszeit zahlreiche Seen, welche außerhalb jenes Gebietes fehlen. Am Auffälligsten ist dies auf der bairischen Hochebene. Innerhalb der Grenzen des alten Inngletschers liegen hier eine Reihe von Seen, welche wegen ihrer landschaftlichen Reize weit bekannt sind, so der Starnberger See, der Tegern- und Ammersee. Außerhalb der alten Gletschergrenzen liegt nicht ein einziger See. Dasselbe wiederholt sich in der Gegend von Lyon. Im Gebiete des alten Rhonegletschers liegen hier schaaftenweise kleine Seen, aber außerhalb der ehemaligen Gletschergrenzen liegt kein einziger. Auch auf der Tatra in Ungarn sind zahlreiche Seen auf das Moränengebiet beschränkt. Die schönen Oberösterreichischen Seen, die berühmten Oberitalienischen liegen innerhalb der früheren Gletschergrenzen. Es ist eine unbestrittene Thatsache, daß die Regionen zahlreicher Seen und zernagter Küsten zusammenfallen mit dem in der großen Eiszeit vergletscherten Gebiete. Eine große Zahl dieser Seen ist seicht, sie sind nur in Moränenschutt eingesenkt, und erfüllen Vertiefungen zwischen den Moränenwällen. Sie danken ihre Entstehung also zweifellos der aufbauenden Thätigkeit des Gletschers, durch welche in unregelmäßiger Weise Schutt angehäuft wurde. Andere Seen sind jedoch sehr tief, sie senken sich weit in die Unterlage des Gletscherbodens hinab, sie erfüllen becken- oder wannenartige Vertiefungen in demselben. Durch Verknüpfung verschiedener Beobachtungen läßt sich nun nachweisen, daß eine Reihe solcher Seen, besonders die der Alpen, nicht früher und nicht später als in der Eiszeit gebildet sein können. Deswegen kann gesagt werden, daß jene tiefen Seen ihrer Lage nach räumlich, ihrer Entstehung nach zeitlich an die Ausdehnung der Gletscher zur Eiszeit gebunden sind. Die Folgerung daher, daß diese tiefen Seen ebenso wie die erwähnten seichten ein Werk der Gletscher seien, ist eine vollkommen naturgemäße, nur dürfen sie nicht als ein Werk der aufbauenden Thätigkeit des Gletschers gelten, sondern vielmehr als ein Product von dessen erodirender Wirkung. Dies findet eine bedeutsame Stütze noch in den erwähnten unumstößlichen Thatsachen, welche für eine erodirende oder nagende Thätigkeit der Gletscher sprechen. Warum soll denn auch unmöglich sein, daß durch Gletscherwirkung ein Seebecken ausgeschliffen wurde, wo wir doch wissen, daß ganze Länder oberflächlich erodirt worden sind? Eine örtliche stärkere Erosion wird eben zur Bildung eines Seebeckens führen, und eine solche starke Erosion wird da stattfinden, wo der Gletscherboden besonders leicht zerstörbar ist, oder wo die Gletscher einen besonderen Druck ausgeübt haben. In der That ist die Lage jener Seebecken eine derartige, daß sie mit jenen Bedingungen im vollsten Einklange steht. Somit vervollständigt sich das Bild von der gestaltenden Wirkbarkeit früherer Glimassen auf der Erdoberfläche. Sie haben das Niveau ganzer Länder erniedrigt und erhöht, sie haben Seebecken abgedämmt und ausgeschliffen. Der anmuthige Wechsel zwischen Berg und See ist ein Werk der großen Eiszeit!

Der Nachweis einer großen Eiszeit auf der Erde hat begreiflicherweise das Bedürfnis nach einer Erklärung jener in ihrer Ausdehnung und Wirkung gleicherweise bedeutenden Erscheinung äußerst rege gemacht. Als man die ungeheure Ausdehnung früherer Gletschermassen noch nicht kannte, glaubte man, daß eine andere Vertheilung von Wasser und Land die Vergletscherung gewisser Gebiete verursachen könnte. Zeigt doch heute Grönland ein großes Inlandeis, während das unter derselben geographischen Breite gelegene Norwegen ein sehr mildes Klima besitzt. Konnten früher nicht die Rollen vertauscht sein, war nicht möglich, daß Norwegen vergletschert, Grönland dagegen wärmer und milder war? Als jedoch das fortgesetzte Studium der Eiszeit kennen lehrte, daß nicht allein Norwegen vergletschert gewesen sei, sondern auch der gesammte Norden Deutschlands, als wahrscheinlich gemacht wurde, daß um dieselbe Zeit die Gletscher Grönlands sich nach Nordamerika ergossen, da mußte sich die Ueberzeugung Bahn brechen, daß in astronomischen Verhältnissen die Ursachen der großen Eiszeit zu suchen sind. In der That sind nach und nach Erscheinungen aufgefunden worden, welche dieser Ansicht zu einer bedeutenden Stütze gereichen.

Schon vor 20 Jahren lehrte die Untersuchung der Alpen, daß dieselben während der großen Eiszeit nicht bloß eine einmalige, sondern mindestens zwei Vergletscherungen erlitten haben. Zu einem ähnlichen Resultate führte später das Studium der schottischen, englischen und amerikanischen Gletschererscheinungen. Die entsprechenden Verhältnisse, welche in den genannten Ländern zur Annahme verschiedener kurz aufeinander folgender Vergletscherungen führen, kehren in Norddeutschland wieder. Es findet sich hier nicht nur eine einzige Grundmoräne, sondern es lassen sich deren mehrere erkennen, welche durch fremde Schichten von einander getrennt werden. Diese letzteren sind augenscheinlich im Wasser abgesetzt, sie müssen in einer Periode der Nichtvergletscherung entstanden sein, wie denn auch die in ihnen vorkommenden Thierreste auf ein milderes Klima deuten. Es hat sich hieraus die Folgerung ergeben müssen, daß Norddeutschland ebenso wie die oben erwähnten Länder während der großen Eiszeit nicht einmal, sondern mehrmals vergletschert gewesen ist, daß auch hier Perioden der Vergletscherung, die Glacialperioden durch Zeiten der Nichtvergletscherung, die Interglacialperioden, von einander getrennt werden.

Diese Folgerungen stehen nun im besten Einklange mit einer auf astronomischen Thatfachen beruhenden Anschauung, nach der die Erde nicht allein den alljährlich wiederkehrenden Wechsel der Jahreszeiten durchmacht, sondern im Laufe ihrer Entwicklung längere Perioden durchläuft, in welchen kältere und wärmere Zeitabschnitte wie Winter und Sommer mit einander wechseln. Und wie jetzt auf der einen Halbkugel Sommer und gleichzeitigig auf der anderen Winter ist, so sollen auch jene kälteren und wärmeren Zeiten auf der Erde gleichzeitig gewesen sein. Während nämlich die eine Halbkugel die kältere durchlief, gleichsam einen Winter hatte, stand die andere Halbkugel unter dem Einflusse der wärmeren Epoche, durchlief einen Sommer, bis nach Verlauf eines größeren Zeitraumes diese letztere einen Winter erlebte, die erstere nun einen Sommer genoss. Jene kälteren Zeiten würden

eine jemalige Vergletscherung nach sich ziehen, die wärmeren dagegen würden diese Glacialperioden als Interglacialperioden unterbrechen.

Daß in der That nicht die ganze Erdoberfläche gleichzeitig Kälteperioden durchließ, scheint vor allem daraus hervorzugehen, daß bisher nirgends unter dem Aequator Spuren einer Eiszeit nachgewiesen werden konnten, so deutlich man dieselben auch auf der nördlichen und südlichen Halbkugel wahrnahm.

Noch ist freilich mancher Baustein zum weiteren Ausbau jener astronomischen Anschauung zu gewinnen, noch sind viele Thatsachen zu ihrer Bekräftigung aufzufinden, aber bereits läßt sich überblicken, welche außerordentliche Folgen die angenommenen Perioden abwechselnder Vereisungen der beiden Halbkugeln nach sich ziehen würden.

Sammeln sich auf der einen Halbkugel nämlich ungeheure Wassermassen in Form von Eis an, so muß sich dies natürlicherweise auf der andern durch einen Verlust von Wasser fühlbar machen. Das heißt, es muß hier der Meerespiegel sinken, und früher überfluthetes Land muß emportauschen. Erfährt nun die letztere Halbkugel eine Vergletscherung, so muß umgekehrt auf der ersteren eine Senkung des Meerespiegels zu erkennen sein; mit anderen Worten, die abwechselnden Kälteperioden auf den verschiedenen Halbkugeln bringen ein Hin- und Herströmen gewaltiger Wassermassen auf der Erdoberfläche hervor.

Es ist selbstverständlich, daß jede Periode der Vergletscherung ertötend auf die belebte Welt wirken muß. Die vergletscherten Landstriche müssen starr und leblos gewesen sein, wie heute Grönland. Kein Thier, keine Pflanze konnte hier existiren. Es wurden aber nicht etwa alle Organismen durch die Eismassen vernichtet, sondern nur von ihren Wohnplätzen vertrieben. Wie alljährlich bei uns beim Nahe des Winters die Vögel sich in Schaaren sammeln, um südwärts zu wandern, wie heute in Innerasien selbst viele Biersüßler viele Meilen weit ziehen, um der strengen Winterkälte auszuweichen, so wanderten alle Lebewesen vor einer Gletscherperiode aus — wurde unsere nördliche Halbkugel vergletschert, so wanderten die Thiere und Pflanzen südwärts; und nordwärts zogen sie, wenn auf der südlichen Hemisphäre sich Eismassen ansammelten. So bedingten die auf beiden Halbkugeln abwechselnden Kälteperioden nicht allein ein Hin- und Herfluthen enormer Wassermassen, sondern auch ein Hin- und Herziehen der Lebewelt. Und siehe, während dieser letzteren auf der einen Halbkugel durch die umschgreifende Eisbedeckung die Wohnstätten geraubt wurden, wurden ihr auf der anderen Hemisphäre neue geschaffen, indem durch das sich hier geltend machende Sinken des Meerespiegels das Land aus den Tiefen des Oceans aufzutauchen schien. Jenes Hin- und Herwandern der Organismen während der letzten Eiszeit hat bis heute seine deutlichen Spuren zurückgelassen. Es finden sich noch jetzt auf unserer nördlichen Halbkugel Reste jener Thiere und Pflanzen, welche durch die herannahenden Eismassen südwärts getrieben wurden, bis in Zonen, wo sie heute nicht leben können und welche nach dem Zurückweichen der Gletscher wieder in ihre Heimat zurückkehrten. Es kommen in den Alpen

Thiere und Pflanzen vor, welche heute nur noch in Skandinavien leben. Sie haben sich hier erhalten, während ihre Gefährten wieder die nordische Heimat bezogen haben, von welcher sie nun durch einen Landstrich getrennt sind, in dem sie heute nicht mehr existiren können.

Ein ganz besonderes Interesse hat aber die letzte große Eiszeit für die Geschichte des Menschengeschlechtes. Die ältesten Spuren des Menschen auf der Erde führen in die große Eiszeit zurück, und es ist wahrscheinlich, daß der Mensch schon die letzte Interglacialperiode erlebte. Nicht also zwischen den Palmen eines Paradieses, nicht inmitten üppiger Vegetation verbrachte die Menschheit ihre erste Jugend, sondern zwischen kalten, starren, todtten Eismassen! Es möchte vielleicht in Anbetracht gerade dieses Umstandes Wunder nehmen, daß uns keine Sage, keine Geschichte von einer Eiszeit erzählt. Aber das Gedächtniß der Menschheit ist kurz, im Laufe der Geschlechter vergißt sich das Ueberlieferte, und so hat sich jede Erinnerung an die große Eiszeit verwischt, bis sie nun durch wissenschaftliche Untersuchungen, welche sich auf das Studium der Gletschererscheinungen gründen, neu erweckt wird.

Würde der einzelne Mensch nur ein kurzes Leben haben, würde sich daselbe innerhalb weniger Stunden abspielen, so würden ganze Generationen innerhalb eines Sommers leben, von der Existenz eines Winters aber nichts wissen, ja sie würden sich nicht einmal vorstellen können, was ein Winter ist. Im Vergleiche zu dem Alter der Erde ist aber ein Menschenalter noch viel, viel weniger als einige Stunden. Wir können und dürfen daher nicht sagen, daß, weil seit Menschengedenken sich das Klima der Erde nicht geändert hat, es früher überhaupt nicht anders gewesen sei. Das Studium der Gletschererscheinungen führt uns die augenscheinlichsten klimatischen Veränderungen, welche sich auf der Erde abgespielt haben, lebhaft vor Augen. Wir lernen zunächst einen letzten Wechsel von Wintern und Sommern im Erdenleben kennen, und dunkel ahnen, daß sich außer dem Wechsel der Jahreszeiten, den wir erleben, ein anderer abspielt, der sich über viele Generationen vertheilt.

Wie der alljährlich wiederkehrende Winter mit einer schneeig eisigen Decke das Land verhüllt, so verursachen jene kälteren Epochen der Erdgeschichte, die Winterperioden, eine weit ausgedehnte Vereisung ganzer Länder. Wie wir aber den jährlichen Winter nur als eine Zeit der Ruhe betrachten können, während welcher die Erde gleichsam zu neuem Schaffen erholt, so müssen wir auch jene Gletscherperioden als Ruhepunkte in der Erdgeschichte ansehen. Das organische Leben wird von großen Strecken Landes verdrängt; aber unter den gewaltigen Eismassen findet doch fortwährende Thätigkeit statt, unabhörllich werden Gesteinstrümmer verfrachtet, manche Länder erniedrigt, andere erhöht und mit frischem Boden versehen. Kehrt dann die Periode des Sommers wieder, so wandern die vertriebenen Lebewesen wieder ein, und auf dem frischen Boden entfaltet sich neues kräftiges Leben.

München, im Juli 1880.