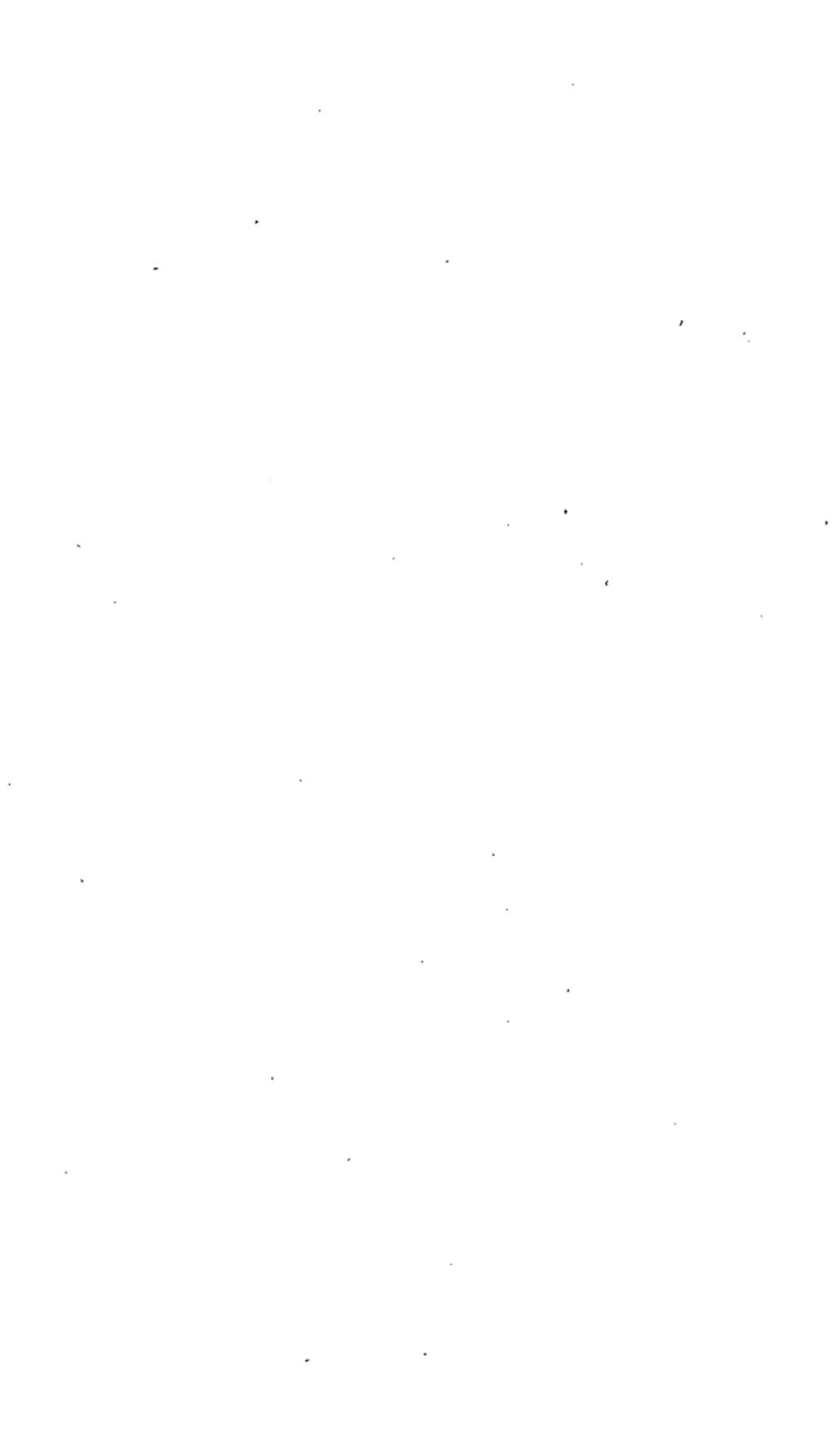


Die
Eiszeit der Diluvialperiode
und ihr
Einfluss auf die organische Welt.

Von

PROF. DR. FRIEDR. SIMONY.

Vorträge, gehalten am 24. und 31. März 1875.



I.

Unter den vielen Erscheinungen, welche, wenn auch über fast alle Theile der Erde verbreitet, in Bezug auf ihren Ursprung noch immer nicht ausreichend erklärt sind, stehen jene der sogenannten Eiszeit in vor-derster Reihe. Ja es sind noch nicht vier Decennien verflossen, wo diese selbst noch von mehr als einer geologischen Autorität für eine unhaltbare Hypothese erklärt wurde.

Seither ist wohl die Existenz einer Glacialperiode, Dank dem gründlichen Studium des ganzen Gletscherphänomens ausser allen Zweifel gestellt worden; nichtsdestoweniger sind die Ursachen derselben noch lange nicht nach allen Seiten sichergestellt, und eine vollständige, unanfechtbare Lösung des ganzen Problems erst zu erwarten.

Dennoch dürfte keine der geologischen Fragen dem allgemeinen Interesse aller Gebildeten so nahe liegen, wie gerade jene über die Eiszeit, und zwar aus zweifachem Grunde. Einmal ist es das Befremdende, ja man kann wohl sagen, Räthselhafte der ganzen Erscheinung, welches darin liegt, dass hier mit einem Male physische

Zustände einer, wahrscheinlich nach Jahrtausenden zählenden Periode uns vor Augen treten, für welche in den vorausgegangenen Zeiten eben so wenig, wie in den nachfolgenden ein Analogon sich mit Sicherheit nachweisen lässt; Zustände, welche um so befremdender erscheinen, als sie mit den gangbaren Vorstellungen über den ganzen Verlauf der Entwicklung unseres Erdkörpers — von der uranfänglichen Gluthitze der ganzen Masse durch stetig fortschreitende Stadien der Abkühlung bis zur allmäligen Unterscheidung der Klimate, wie sie derzeit durch die solare Wirkung bedingt ist, — in vollstem Widerspruche zu stehen scheinen.

Ein zweiter, gewiss nicht minder gewichtiger Anlass des Interesses ist damit gegeben, dass neben jenen Spuren, welche auf den Bestand einer Eiszeit mit unlängbarer Bestimmtheit hinweisen, auch Anzeichen sich vorfinden, welche die Annahme berechtigt erscheinen lassen, dass während derselben schon Wesen unserer Art Theile der Erde bewohnt haben.

Diese letztere Thatsache mag wohl an sich schon hinreichende Anregung bieten, einen näheren Einblick in Verhältnisse zu versuchen, welche nichts weniger als paradiesische Zustände des Aufenthaltes unserer Ur-ahnen, während der in Betracht zu ziehenden Periode, vermuthen lassen.

Es wurde bereits angedeutet, dass die Existenz der Eiszeit ihren hypothetischen Charakter von der Zeit an mehr und mehr verloren, und endlich zur feststehenden Thatsache sich emporgeschwungen hat, seit dem Glacial-

phänomen überhaupt ein eingehenderes Studium gewidmet worden ist. In der That konnte es auch erst dann möglich werden, die verschiedenen auf der Erde zerstreut vorkommenden Spuren der Eiszeit zu erkennen und richtig zu deuten, als man begann, den Erscheinungen und der Thätigkeit der gegenwärtig bestehenden Gletscher ein aufmerksameres Auge zuzuwenden und dieselben in allen Details gründlich zu studieren.

Nach dem Letztangeführten mag es nun wohl gerechtfertigt erscheinen, dass, ehe ich den Versuch wage, Ihnen hochgeehrte Anwesende ein Bild der in Rede stehenden Periode zu entwerfen, ich zur näheren Kennzeichnung jener Merkmale, welche es möglich gemacht haben, nicht nur den Bestand der ersteren überhaupt, sondern auch an sehr vielen Stellen der Erde die räumliche Verbreitung und Mächtigkeit der während der Eiszeit aufgehäuften Schneemassen und der sich aus ihnen entwickelnden Gletscherströme nachzuweisen, vorerst jene Verhältnisse kurz darlege, welche in der Gegenwart die Bildung von Gletschern hervorrufen, ihre grössere oder geringere räumliche Verbreitung, so wie ihr temporäres Wachsen oder Abnehmen bedingen. Insbesondere aber mögen Sie mir gestatten, jene Erscheinungen etwas näher zu erläutern, welche, als stete Begleiter aller Gletscher, von besonderer Wichtigkeit dadurch werden, dass sie in ihrer charakteristischen Eigenthümlichkeit auch dort erhalten bleiben, wo die veranlassende Ursache ihrer Entstehung, die Gletscher selbst, schon theilweise oder vollständig verschwunden sind.

Wenn ich es unterlasse, eine vollständige Uebersicht des ganzen Gletscherphänomens zu geben und nur bruchstückweise Dasjenige berühre, was gleichsam die erklärende Einleitung zu dem Thema meiner eigentlichen Aufgabe bilden soll, so mögen Sie dies mit der kurz bemessenen Zeit entschuldigen, welche mir für die Darlegung des eben so reichen, als interessanten Stoffes zur Verfügung steht.

Fragen wir uns zunächst, wie die Gletscher, d. h. wie jene mehr oder weniger individualisirten Complexe von Schnee, Firn und Eis entstehen, welche im Allgemeinen die höheren und höchsten Bodenstellen der verschiedenen Erdstriche dauernd bedecken, so gibt uns schon die ganze Art des Vorkommens einen theilweisen Aufschluss. Wir finden Gletscher überall dort, wo die klimatischen Verhältnisse derart beschaffen sind, dass sich auf einem entsprechend gestalteten Terrain bleibende Schneeansammlungen von grösserer Mächtigkeit und Ausdehnung bilden können. Diese bleibenden Ansammlungen starren atmosphärischen Niederschlages pflegt man, obgleich nicht ganz richtig, als ewigen Schnee, und jene Höhenregion, wo dieselben sich vorfinden, die Region des ewigen Schnees zu bezeichnen.

Zu den klimatischen Elementen, welche bei diesen Ansammlungen im Spiele sind, gehören vor Allem die Temperatur und der Niederschlag, welchen noch allerdings als ein ausschliesslich mindernder Factor, sich die Verdunstung anreicht.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass die Wärme der Luft mit zunehmender Höhe stetig, wenn auch nach Ort und Zeit in ungleichem Masse abnimmt. Gewiss werden viele der geehrten Anwesenden es schon erprobt haben, dass man, nach einem höheren Berggipfel emporsteigend, in immer kühlere und kühlere Luftschichten gelangt, ja, Manchem von Ihnen mag es vielleicht schon begegnet sein, dass er bei einer Hochgebirgstour mitten im Hochsommer von einem unliebsamen Schneegestöber überrascht wurde.

Aber auch Jene, welchen es noch nicht vergönnt war, die erquickende Luft alpiner Höhen zu athmen, können von den Waldbergen der nächsten Umgebung Wiens es alljährlich beobachten, wie im Frühlinge, wenn schon alle Gelände ringsum im vollen Schmucke einer frisch entfalteten, reichen Vegetation prangen, die oberen Theile des Schneeberges und seiner ebenbürtigen Nachbarn noch mit dem schimmernden Kleide des Winters bedeckt sind.

Diese unter allen Zonen stattfindende Wärmeabnahme nach oben, welche im Jahresmittel durchschnittlich für je 180 Met. (570 Wien. Fuss.) Höhenzunahme einen Grad der hunderttheiligen Scala beträgt, *) hat zur Folge, dass in dem Verhältnisse der

*) Das eben angegebene Verhältniss ist mit genügender Sicherheit bisher nur für die Alpen nachgewiesen worden. Bei sehr massigen Bodenerhebungen, wie z. B. im Himalaya, findet die Abnahme des Jahresmittels langsamer, bei isolirten Hochgipfeln z. B. dem Pic auf Teneriffa dagegen rascher

wachsenden Höhe die Zahl der Schneefälle gegenüber jener der Regen immer grösser wird, bis endlich die ersteren selbst im Hochsommer das Uebergewicht erhalten. Die stetige Erniedrigung der Temperatur bringt aber noch weiters mit sich, dass der gefallene Schnee nach der Höhe zu immer langsamer abschmilzt, bis endlich oberhalb eines gewissen Niveaus die Wärme schon so gering wird, dass alljährlich grössere oder kleinere Reste des starren Niederschlages liegen bleiben und sich übereinander zu zusammenhängenden Schneefeldern anhäufen. Diese dem Schmelzprocess sich entziehenden Reste würden aber noch ansehnlicher sein, wenn nicht die, selbst bei sehr grosser, jedoch trockner Kälte stattfindende Verdunstung einen beträchtlichen Abtrag bewirken würde.

Jene Höhen nun, wo die Wärmesumme des ganzen Jahres mit Inbegriff der Verdunstung nicht mehr ausreicht, den im Verlaufe desselben Zeitabschnittes gefallenen Schnee wieder vollständig zu beseitigen, bilden im Allgemeinen die Region des (sogenannten) ewigen

statt. Noch schneller nimmt die Wärme im freiem Luftraume ab. Hier dürfte im Jahresmittel schon auf je 160—165 Met. Höhenzunahme 1° C. Wärmeminderung entfallen.

Uebrigens muss bemerkt werden, dass das Verhältniss der Wärmeabnahme auch nach den verschiedenen Jahreszeiten sich ungleich gestaltet; im Hochsommer ist dieselbe rascher, im Winter dagegen wieder bedeutend langsamer, wie im Jahresmittel. Dass bei Gebirgen das Niveau gleicher Temperatur am Südgehänge höher liegt, als am jenseitigen Abfall, ist selbstverständlich.

Schnees, während die untere Gränze der letzteren, wo Schneefall und Abtrag sich das Gleichgewicht halten, kurzweg die Schneelinie genannt wird.

Es ist selbstverständlich, dass die Schneelinie nicht unter allen Breiten die gleiche Höhe einhalten kann. So finden wir sie zwischen den Wendekreisen 4400 bis 4900 Met. (14.000—15.400 W. Fuss), also so hoch und höher, als die höchsten Gipfel Europas liegen, während sie in Novaja Semlja, in Spitzbergen, im nördlichen Grönland sich dem Meeresniveau schon auf 600—500 Met. (1900—1600 W. Fuss) genähert hat.

Sehen wir nun aber auch im Allgemeinen die Schneelinie vom Aequator gegen die Pole zu in immer niedrigere und niedrigere Horizonte herabrücken, so ist doch die jeweilige Höhe derselben durchaus nicht von der geographischen Breite allein, sondern auch von dem Gange der Temperatur, von dem Feuchtigkeitsgrade der Luft, endlich von der Menge des atmosphärischen Niederschlages und seiner Vertheilung nach den Jahreszeiten abhängig. Auf einer und derselben Gebirgsmasse können bei gleichbleibender mittlerer Jahrestemperatur und gleichbleibender Menge des als Regen und Schnee gefallenen Atmosphärwassers eine längere Zeit hindurch die Winter im Durchschnitt milder, die Sommer kühler, beide Jahreszeiten aber dem entsprechend reicher an Schneefällen sein, und eben so wieder umgekehrt durch mehrere Jahre die Winter kälter und schneeärmer, die Sommer dafür wärmer und regenreicher sich gestalten. Was wird nun die Folge davon sein? Es wird geschehen,

dass in dem ersteren Falle die jährlichen Reste fester Niederschläge in der Schneeregion grösser, ihre Aufhäufungen mächtiger, als gewöhnlich sein werden, und damit die Schneelinie herabrücken muss, während in dem zweiten Falle eine geringere Zunahme der Schneean-sammlungen in der Schneeregion erfolgen und deshalb die Schnee-gränze sich nach oben zurückziehen wird.

Wir haben dieses Verhältniss wohl im Auge zu behalten, da uns dasselbe einzig und allein die ausreichende Erklärung für eine später noch in Rede kommende Thatsache abzugeben vermag, nämlich für die Thatsache, dass über längere oder kürzere Perioden sicherstreckende Oscillationen in der räumlichen Ausdehnung der Gletscher stattfinden können, ohne dass für dieselben Zeitabschnitte in den jährlichen Durchschnittsmitteln der Temperatur und den Niederschlagsmengen eine wesentliche Aenderung sich bemerkbar macht.

Aus dem eben Gesagten geht schon hervor, dass die Lage der Schneelinie durchaus nicht an eine feststehende mittlere Jahrestemperatur gebunden, sondern viel mehr durch die grösseren oder geringeren Unterschiede zwischen der Sommer- und Wintertemperatur und das damit wenigstens theilweise zusammenhängende, schwächere oder stärkere Vorwiegen der Schneefälle über die Regen bedingt ist.

In den Alpen beispielweise fällt die Schneelinie durchschnittlich in die Höhe von beiläufig 2620 bis 2650 Met. (8300—8400 W. Fuss), d. i. in eine Höhe,

wo das normale Jahresmittel der Temperatur -4° C., und die durchschnittliche Menge des jährlichen Niederschlages beiläufig 1.0 Met. (40 Zoll) beträgt, von welchem Quantum etwa zwei Drittel (0.66 Met.) in der Form von Schnee und Reif auf den Boden gelangen und eine Schichte fester Hydrometeore von 3.2—3.5 Met. Gesamtmächtigkeit*) bilden würden, wenn nicht durch den Schmelz- und Verdunstungsprocess wieder Theil um Theil abhanden käme.

Im nördlichen Ural, wo die Winter ungleich strenger, die Schneefälle relativ viel spärlicher sind, fällt die Schneelinie in der Höhe von 1460 Met. (4600 W. Fuss) mit einer mittleren Jahrestemperatur von -7.5° C. zusammen; im nördlichen Grönland kann dort, wo der ewige Schnee beginnt, die mittlere Jahrestemperatur kaum höher als -10° stehen.

Eines der lehrreichsten und zugleich auffälligsten Beispiele von dem Einflusse reichlicher und spärlicher

*) Eine 8—9 Centim. mächtige Schichte frischen Flockenschnees repräsentirt 1 Centim. flüssigen Niederschlages; jedoch in Höhen von 2500—3000 Met., wo namentlich in der Winterhälfte des Jahres der Schnee nur selten mehr in der Form lockerer Flocken, sondern meist schon in kleineren, aber dichteren Krystallaggregaten, ja häufig genug selbst in einfachen Täfelchen oder Körnern niederfällt und gleich vom Anfang an bedeutend dichter liegt, wie in den tieferen Niveaus; wo ferner auch die oberflächlichen, festen Reifansätze einen ansehnlichen Bruchtheil des gesammten Niederschlages bilden, darf für 0.66 Met. flüssiger Hydrometeore höchstens eine Schichte von 3.3 Met. starren Niederschlages (Körnerschnee und Reif) als Aequivalent gesetzt werden.

Niederschläge neben feuchter und trockener Luft, milden und strengen Wintern liefern uns der Süd- und der Nord-
abhang des Himalaya-Gebirges. In dem mit reichlichen Niederschlägen gesegneten Südabfalle dieses gewaltigen Gebirgssystems liegt die Schneegränze in der Höhe von 4000 Met. (12.700 P. F.), welcher hier ein jährliches Temperaturmittel von 2⁰ Kälte entspricht, während in dem Nordhange, wo die Niederschläge sehr dürftig sind und eine ausserordentliche Trockenheit der Luft herrscht, die Schneelinie im Mittel um 950 Met. (3000 W. F.) höher und in ein Niveau hinaufgerückt ist, in welchem die mittlere Jahrestemperatur sich schon beiläufig auf 7⁰ Kälte stellt.

Wie durch reichliche Niederschläge bei relativ kühlen Sommern und milden Wintern die Schneelinie herabgedrückt werden kann, zeigen ferner die Westhänge der patagonischen Cordillere, wo unter den gleichnamigen Parallelen mit unseren Alpen die Schneelinie um 700 bis 900 Met. tiefer liegt, wie in den letzteren, und in ein Niveau herabreicht, in welchem die Jahrestemperatur nur mehr wenig vom Nullpunkt entfernt ist. Aehnliches wird von der 3000—4000 Met. hohen Gebirgskette der Südinsel von Neuseeland angeführt.

Aber auch an einem Gegensatze fehlt es nicht in der südlichen Hemisphäre, und zwar in derselben Andeskette, welche in Patagonien eine so tiefliegende Schneegränze aufzuweisen hat. Es ist dies bei dem in der Zone des trocknen Südostpassates gelegenen Theile der chilesischen Cordillere der Fall, wo zwischen dem 14 bis 18⁰ südlicher Br. die Schneelinie höher, als sonst irgend-

wo auf der Erde, nämlich in das Niveau von 5300 Met. (16.800 W. F.), also in eine Höhe gerückt ist, in welcher die mittlere Jahrestemperatur, trotz der Nähe des Aequators, jener von Spitzbergen gleichkommen dürfte.

Die Schneelinie nun, welche, wie Sie eben gehört haben, je nach der geographischen Breite und den bestimmenden klimatischen Factoren hier höher, dort niedriger liegt, umgürtet inselartig zahllose Höhen von Pol zu Pol. Wohl zieht sie sich, je näher der Tropenzone, desto mehr aufwärts, aber selbst dort, wo die Sonne ihre grösste Macht entfaltet, tauchen noch mächtige Gebirgssysteme mit ihren Gipfeln in die Schneeregion ein.

Wenden wir uns nun der letzteren selbst zu, und sehen nach, was wohl mit all den Schneemassen geschieht, welche Jahr um Jahr in immer neuen, bald mehr, bald minder mächtigen Schichten sich übereinander lagern, so dürfte es wohl zunächst befremdend erscheinen, dass trotz des stetigen Zuwachses dennoch die ganze Masse nicht über ein gewisses Mass von Mächtigkeit oder Dicke hinausgeht. Diese Erscheinung erklärt sich damit, dass die alljährlich um eine neue Schichte vermehrten Schneehäufungen, ähnlich den Seen, deren Spiegel durch regelmässigen Ablauf auf einem sich nur wenig ändernden Stande erhalten wird, auch ihren regelmässigen Abfluss finden, aber einen Abfluss, scheinbar eben so starr und unbeweglich, wie die Massen selbst, aus welchen er sich entwickelt.

Dieser Abfluss nun, welcher in der Regel 600—750 Met., nicht selten aber auch noch bedeutend tiefer unter

die Schneelinie herabreicht, dieser ist es, welchen man mit dem Namen Gletscher im engeren Sinne des Wortes bezeichnet, obgleich viel naturgemässer und richtiger auch die Schnee-, beziehungsweise die Firnmassen, aus welchen er sich entwickelt, mit in den Begriff des Gletscherindividuums einbezogen werden.

Wie aber wird nun der ursprünglich so locker gefügte Schnee zum festen Eise, das uns in den Gletschern oft mit so wild zerklüfteten Zacken entgegenstarrt?—

Was die allmälige Umwandlung des Hochgebirgsschnees in Gletschereis betrifft, so beginnt dieselbe mit dem Uebergange aus dem ursprünglich ganz zusammenhanglosen Schnee in den mehr und mehr sich festigenden, zuerst fein-, dann grobkörnigen Firn — ein Process, welchen wir im Winter an jedem Schnee, wenn derselbe einige Zeit liegen bleibt und wiederholt einer über den Gefrierpunkt stehenden Temperatur ausgesetzt war, beobachten können. Eindringendes und wieder gefrierendes Schmelzwasser gibt den tieferen Schichten des Firnes eine stets zunehmende Dichte, und der mit wachsender Mächtigkeit der Firnmassen entsprechend vermehrte Druck presst die noch tieferen Lagen endlich zu compacten Gletschereis zusammen, so dass also schon weit oben in der Region des ewigen Schnees, wenn nur sonst die Mächtigkeit der ganzen Masse hinlänglich gross ist, alle drei Aggregatsformen — nämlich Schnee, Firn und Eis in ihren allmäligen Uebergängen mit einander vorkommen. Was aber der durch die Mächtigkeit der Massen bedingte Druck zu bedeuten vermag,

mögen Sie daraus entnehmen, wenn ich Ihnen sage, dass die Dicke der übereinander lagernden Schnee-, Firn- und Eisschichten in der Schnee- und Firnregion durchschnittlich 50—70 Met., bei den grösseren Firnfeldern der Alpen aber 100 bis gegen 300 Met., ja über den centralen Hochflächen Grönlands höchstwahrscheinlich mitunter bis über 1000 Met. beträgt.

Bei den in der Schneeregion herrschenden Temperaturverhältnissen und dem fortgesetzten Zuwachs an neuen Schnee-, beziehungsweise Firnlagen ist es einleuchtend, dass das in der Tiefe durch den gewaltsamen Druck erzeugte Eis noch nirgends, ausser etwa in besonders tiefen und breiten Spalten wahrgenommen werden kann. Erst in einem Niveau, wo die Wärme bereits ausgiebig genug ist, um nicht nur den letztjährigen Schnee, sondern auch schon ältere Firnschichten durch Schmelzen zu beseitigen, vermag auch das bisher in der Tiefe verborgene Eis zu Tage zu treten. Die in der Regel 150 bis 200 Met. unter der Schneegränze gelegene, übrigens sehr ungleichmässig verlaufende Linie, in welcher das compacte graugrüne Gletschereis zum ersten Mal unter dem gewöhnlich schmutzigweissen Firne hervortritt, wird gewöhnlich als Firngränze bezeichnet.

Mit den verschiedenen Zerklüftungsformen der einzelnen Gletschertheile, welche ein Ergebniss theils der Gestaltung des Gletscherbettes, theils der grösseren oder geringeren Intensität der Bewegung sind, können wir uns nicht weiter beschäftigen, der Hauptsache nach sind sie auch in dem hier exponirten Gletscher-

tableau*) zur Anschauung gebracht. Aber über die Bewegung selbst ist es unerlässlich einige Worte zu sagen, da auf dieselbe die zwei für uns wichtigsten Erscheinungen der Gletscher, nämlich die Bildung der Moränen und die Entstehung der sogenannten Gletscherschliffe zurückzuführen sind. Dass der aus dem Firnfelde sich entwickelnde Eisstrom sein Dasein einer Bewegung der scheinbar völlig starren, in Wahrheit aber mit einem, wenn auch noch so geringen Grade von Plasticität bedachten Masse zu danken hat, u. z. einer Bewegung in der Richtung der stärksten Neigung, wurde bereits angedeutet. Um Ihnen die Entstehung dieser Bewegung durch ein naheliegendes Beispiel zu versinnlichen, gestatten Sie mir, auf eine Erscheinung hinzuweisen, welche Sie alle in diesem nicht enden wollenden Winter inmitten der Stadt, u. z. an allen Dächern derselben wiederholt beobachten konnten. Sobald der Schnee auf den letzteren einige Mächtigkeit gewonnen hat, beginnt er sich „zu setzen“ und einen grösseren Flächenraum einzunehmen, was zur Folge hat, dass Theile desselben sich über den unteren Rand des Daches vorschieben, eine Zeit lang einen Ueberhang bilden, endlich losbrechen und herabstürzen. Je steiler das Dach ist, desto rascher geht dieser Process vor sich, und er gewinnt noch an Intensität, wenn Schmelzwasser in die Schneemasse eindringt und ihre Plasticität erhöht. Dabei treten mitunter, namentlich auf den weniger glatten Ziegel-

*) Ein von dem Vortragenden entworfenes und in Aquarell ausgeführtes Wandbild von 5 □ Met. Grösse, in welchem alle wichtigeren Gletschererscheinungen versinnlicht sind.

dächern, in der langsam niedergleitenden Schneedecke Zerklüftungserscheinungen auf, welche en miniature lebhaft an die Spaltenbildung der Gletscher in der Firnregion erinnern.

Ganz in der eben beschriebenen Weise können wir uns den Vorgang bei der Bewegung der Gletscher denken. Wie starr auch ihre ganze Masse aussehen mag, so bewahrt dieselbe doch in Folge der körnigen Structur und der zahllosen kleinen, für das blosse Auge oft kaum wahrnehmbaren Spalten, Kanälchen und anderweitiger Höhlungen, von denen die einen mit Luft, die anderen mit flüssigem Wasser erfüllt sind, stets einen gewissen Grad von Verschiebbarkeit, oder, wir dürfen wohl sagen, von Plasticität*), welche nur zu- oder abnimmt, je nachdem bei höherer oder niedrigerer Temperatur mehr oder weniger Schmelzwasser in die Gletschermasse einzudringen vermag. Aus diesem Grunde bewegen sich denn auch alle Gletscher regelmässig im Hochsommer und Frühherbst stärker als im Winter, und die höchste Intensität der Bewegung tritt ein, wenn ein warmer Sommer von häufigen Regen begleitet ist, während das Gegentheil nach lange anhaltenden, strengen und trockenen Wintern erfolgt. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass bei sehr mächtigen Gletschermassen das Mass der Bewegung verhält-

*) Unter der Plasticität des Gletschereises dürfen wir uns nicht den Zustand eines im gewöhnlichen Sinne plastischen Körpers, wie etwa des Wachses oder eines halbfesten Harzes, sondern beiläufig jenen von einem dem Erstarren nahen, aber noch etwas formbaren Mörtel vorstellen.

nismässig weniger von dem Wechsel der Jahreszeiten beeinflusst wird, als bei solchen von geringer Mächtigkeit, da bei den ersteren die Schwankungen in dem Gehalte an flüssigem Wasser relativ geringer sind, wie bei den letzteren, und ein zweiter, sogleich in Erwähnung kommender, aber constant wirkender Factor mehr in den Vordergrund tritt. Es ist dies eben die Mächtigkeit der Gletscher, welche neben den klimatischen Verhältnissen und der Neigung des Bettes im hohen Grade bestimmend auf das Mass der Bewegung einwirkt.

Bei gleicher Neigung des Bettes wird der mächtigere Gletscher, wie überhaupt jener mit reichlicheren Zuflüssen sich rascher bewegen, als der weniger mächtige und spärlicher gespeiste, während umgekehrt bei gleicher Mächtigkeit jener Gletscher eine grössere Intensität der Bewegung entfalten wird, welcher steil gebettet ist, als jener, dessen Unterlage einen geringeren Fall hat.

Nach dem eben Gesagten muss es aber auch einleuchten, dass, wenn bei einem und demselben Gletscher die Mächtigkeit der Masse in Folge länger fortgesetzter starker Schneeanhäufungen in der Firnregion zunimmt, oder, wenn in Folge einer Reihe nasser warmer Sommer der Wassergehalt und damit zugleich der Beweglichkeits- oder Plasticitätsgrad der Gletschermasse wächst, auch die Intensität der Bewegung verstärkt wird, während eine durch öfter sich wiederholende, strenge, schneearme Winter und warme, regenreiche Sommer bewirkte Verminderung

des normalen Firnzuwachses nothwendig die entgegengesetzte Wirkung hervorrufen muss.

Da nun von den verschiedenen, die Bewegung der Gletscher bestimmenden Factoren, unter welchen ausser den genannten auch die Lage gegen die Sonne eine nicht unbedeutende Rolle spielt, nur einer, nämlich die Neigung des Gletscherbettes constant ist, während die klimatischen Verhältnisse innerhalb längerer oder kürzerer Perioden stets gewissen Variationen unterworfen sind, und damit auch die Mächtigkeit der die Eisströme speisenden Schnee- beziehungsweise Firn-massen beständigen Aenderungen ausgesetzt ist, so kann es nicht mehr befremden, wenn die Bewegung der Gletscher, abgesehen von den mit den Jahreszeiten zusammenhängenden jährlichen Oscillationen innerhalb längerer oder kürzerer Zeitabschnitte einmal zu- dann wieder abnimmt.

Uebrigens dürfen Sie, geehrte Anwesende, sich die Bewegung der Gletscher im Allgemeinen nicht anders, als äusserst langsam denken.

Geht dieselbe auch vollständig nach denselben Gesetzen vor sich, wie die Bewegung grosser Wasserströme, so ist sie doch viele hunderttausend-, ja millionenmal langsamer, als die letztere.

Unter normalen Verhältnissen legen die unteren Theile mächtiger, steil geneigter Gletscher unserer Alpen im Hochsommer täglich $1-1\frac{1}{2}$ Met., im Spätwinter $\frac{1}{4}-\frac{3}{4}$ Met. zurück, während bei kleineren Gletschern mit schwach geneigtem Bette die Abwärtsbewegung für

ein ganzes Jahr sich auf 3—10 Met. reducirt; ja es kann geschehen, dass ein Gletscher der letzteren Art während einer Periode stärkerer Abnahme durch eine Zeit lang, wenigstens theilweise, völlig zum Stillstand kommt, wie dies bei der vordersten Stufe des Karlseisfeldes auf dem Dachsteingebirge nun schon seit drei Jahren durch Messungen von mir sichergestellt wurde.

Anderseits kann unter aussergewöhnlichen Wachstumsverhältnissen auch die Geschwindigkeit weit über das normale Mass beschleunigt werden. So legte der dem Oetzthaler Gebirgsstocke angehörige Vernagtferner, während seines grossen Vorrückens 1843 und 1845, in anderthalb Jahren über 1300 Met. zurück, wobei seine tägliche Geschwindigkeit selbst während des Winters 2 bis 3 Met. betrug, ja schliesslich sich bis auf 11·7 Met. (37 W. Fuss) steigerte. Eine eben so grosse Geschwindigkeit erreichte auch der Suldnerferner am Ortler, dessen Gletscherzunge sich in den Jahren 1815—1818 aus der Höhe von 2250 Met. bis gegen 1800 Met. herabschob und den hintersten Bauernhöfen des Thales sich bereits derart genähert hatte, dass die Bewohner derselben schon zu räumen begannen, als der drohende Eiskoloss endlich wenige hundert Schritte hinter den Gebäuden Halt machte.

Nun dürfte wohl, geehrte Anwesende, bei Ihnen die Frage auftauchen, wie es denn komme, dass, wenn die Masse der Gletscher alljährlich regelmässig um so und so viel Fuss nach abwärts sich bewegt, die letzteren mit ihrem unteren Ende doch im Allgemeinen so ziemlich stationär bleiben?

Die Erklärung dieser Erscheinung liegt in den Wärmeverhältnissen jener Höhenzone, in welche der Gletscher seine Eiszunge hinabschiebt. Je tiefere Niveaus dieselbe erreicht, einer desto intensiveren Schmelzwärme ist sie ausgesetzt und der Angriff auf die Eismassen wird noch um so ausgiebiger, je zerklüfteter dieselben sind. So ändert beispielsweise die furchtbar zerschründete Zungenspitze des Pasterzengletschers von einem Jahre zum anderen ihre Stellung nur wenig, obgleich die jährliche Bewegung des unteren Eisstromes kaum unter 80—90 Met. angeschlagen werden kann.

Es ist schon angeführt worden, dass in Folge gewisser, durch eine längere oder kürzere Reihe von Jahren stattfindenden Modificationen in der Vertheilung der Wärme nach den Jahreszeiten und in dem Verhältniss der starren zu den flüssigen Niederschlägen, im Uebrigen jedoch ohne auffällige Aenderung des allgemeinen klimatischen Charakters, die Mächtigkeit der Firnmassen stets gewissen Oscillationen unterworfen ist, und dass dann in weiterer Folge auch die Bewegung der Gletscher bald eine grössere, bald eine geringere Intensität annimmt. Nun ist klar, dass, wenn die Bewegung eines Gletschers durch einen längeren Zeitabschnitt über das normale Mass hinausgeht, derselbe in seinem unteren Theile — da ja der Betrag des jährlichen Abschmelzens doch nur innerhalb verhältnissmässig enger Gränzen schwankt — an Ausdehnung, vor Allem aber an Länge gewinnen muss, während bei einer durch mehrere Jahre

hindurch verringerten Bewegung der Nachschub dem Abschmelzen nicht das Gleichgewicht halten kann und daher ein Rückzug des Gletschers bei gleichzeitiger sichtlicher Abnahme seiner Mächtigkeit eintreten wird.

Diese eben angedeuteten Oscillationen in der räumlichen Ausdehnung der Gletscher haben eine bisher noch viel zu wenig gewürdigte Bedeutung, denn sie sind der unmittelbare Ausdruck theils localer, theils weit verbreiteter klimatischer Verhältnisse der aufeinanderfolgenden Zeitabschnitte. Möglichst zahlreiche Beobachtungen und Aufzeichnungen über Mass und Dauer des Vorrückens und Zurücktretens einzelner Gletscher in den verschiedenen Gebirgsgegenden der Erde, insbesondere aber der entgegengesetzten Hemisphären werden in einer späteren Zeit gewiss ein höchst lehrreiches meteorologisches Material abgeben, um so lehrreicher, als aus der Region der Gletscher directe klimatische Beobachtungen nur in sehr verschwindender Zahl zur Verfügung stehen.

Eine Rückschau über die theils urkundlich nachweisbaren, theils in einer mehr oder weniger sagenhaften Ueberlieferung bewahrten Wandlungen in der räumlichen Ausdehnung der Gletscher aus älterer geschichtlicher Zeit würde ein dankbares Thema zu ausführlicherer Besprechung abgeben; unter Hinblick auf die noch darzuliegenden wichtigsten Erscheinungen des ganzen Gletscherphänomens muss ich mich jedoch darauf beschränken, nur ganz kurz die Oscillationen anzudeuten, welche die

Gletscher der Alpen im Verlaufe dieses Jahrhunderts durchgemacht haben.

Während der ersten Decennien scheint in verschiedenen Theilen unseres Hochgebirges ein bedeutendes Anwachsen der Ferner stattgefunden zu haben. So fällt in das Jahr 1818 die durch den Getrozgletscher im Bagnethale hervorgerufene Katastrophe, welche dadurch eingeleitet wurde, dass der niedersteigende Eisstrom das Thal quer abdämmte, und dadurch die Bildung eines tiefen, ausgedehnten Sees bewirkte. Das Ende war, dass der stauende Eiswall, obgleich ein paar hundert Fuss mächtig, dem stetig wachsenden Drucke des Sees nicht mehr Widerstand zu leisten vermochte, plötzlich nachgab und nun der ganze See, die Trümmer des gesprengten Gletscherdammes mit sich fortreissend, seine Fluthen durch das Thal hinauswälzte. Die Wassermenge, welche in Zeit von einer halben Stunde abfloss, soll nicht weniger als 500 Mill. Kub.-Fuss betragen haben, d. i. beiläufig so viel, als durch das Stromprofil der Donau bei Wien während eines Wasserstandes von Null und einer Stromgeschwindigkeit von 4 Fuss für die Secunde in $2\frac{1}{2}$ Stunden abfließt. Vierunddreissig Menschen kamen in jener furchtbaren Wildfluth um, über 500 Gebäude wurden zerstört, ganze Wälder fortgerissen, Aecker weit und breit ihrer fruchtbaren Erdkrume beraubt. Um die gleiche Zeit, wie der Getrozgletscher erreichten auch der Rhonegletscher und der Bossongletscher das Maximum der Ausdehnung während des gegenwärtigen Jahrhunderts. Der erstere endete damals 420 Met. weiter

thalauswärts, als im Jahre 1870; die Zungenspitze des letzteren war 480 Met. weiter vorgeschoben, wie im Jahre 1865, und derzeit mag dieselbe noch um ein Bedeutendes weiter zurückgetreten sein.

In dem oben genannten Jahre (1818) erreichten auch der bereits erwähnte Suldnerferner und der unfern davon im obersten Martellthale gelegene Lange Ferner das Maximum ihres damaligen Anwachsens.

Während des fünften und sechsten Decenniums machte sich abermals ein u. z., wie es scheint, ziemlich allgemeines Wachsen der alpinen Gletscher bemerkbar. Zwischen 1845 und 1849 hatte der Vernagtferner in Folge seines über 1.300 Met. betragenden Vorrückens und der dadurch hervorgebrachten Abdämmung des Rofner Thales wiederholte Seebildungen und Ausbrüche veranlasst, welche von argen Verheerungen des Oetzthales begleitet waren.

Auch möge noch das schon wiederholt genannte Karlseisfeld angeführt werden. Als ich diesen östlichsten Gletscher unserer Alpen im Jahre 1840 zum ersten Mal besuchte, soll sich derselbe nach Angabe der Führer bereits seit längerer Zeit in langsamem Vorschreiten befunden haben. Von dem bezeichneten Zeitpunkte an konnte ich selbst das Wachsen desselben fast ohne Unterbrechung verfolgen. Jahr um Jahr schob sich sein Fuss bald mehr, bald weniger vor, während gleichzeitig die Mächtigkeit seiner untersten Stufe stetig zunahm. Zwischen den Jahren 1854—1856 hatte er das Maximum seines Wachsens erreicht. Nach dem Jahre 1856 begann sein Rückzug

und dauerte seither fort, derart, dass im September des Jahres 1874 gegen das Gletscherende zu der verticale Abtrag im Vergleiche zum Stande von 1856 bereits 33 Met. und der Abstand des Eisfusses an der tiefsten Stelle des Abschwunges bei der Lacke vom äussersten Rande der recenten Endmoräne 51·5 Met. betrug. Aber nicht blos der untere Theil des Gletschers hat an räumlicher Ausdehnung gewaltig eingebüsst, auch in der oberen Firnregion haben die Massen einen bedeutenden Abtrag erlitten. Felspartien, welche seit Menschengedenken unter dem Firn begraben gelegen haben, sind jetzt zu Tage getreten und überhaupt hat sich der Anblick des ganzen Gletschers nicht unwesentlich verändert. Zu der gleichen Zeit, in welche der letzte Maximalstand des Karlseisfeldes und der anderen Gletscher des Dachsteingebirges fiel, waren auch die meisten, wenn nicht alle Gletscher der Alpen, an dem Wendepunkte ihrer jüngsten Wachstumsperiode angelangt, von welchem aus dann eine eben so allgemeine Abnahme aller Eis- und Firnmassen platzgriff. Um nur ein paar Beispiele zu geben, sei erwähnt, dass die Herren Dufour und Forel am Rhonegletscher im Jahre 1870 bereits einen Rückzug um 320 Met. seit dem Jahre 1856 constatirten, und dass sich bei einer im Jahre 1872 von mir vorgenommenen Messung am Obersulzbachkees (Pinzgau) eine Länge der recenten Endmoräne von 335 Met. ergeben hatte. Bei grossen, stark geneigten, in schmale, stark zerklüftete Eiszungen auslaufenden Gletschern, wie beispielweise dem unteren Grindelwaldgletscher, oder dem

Schlatenkees (Venedigergruppe) hat das Mass des Rückzuges noch ungleich grössere Dimensionen angenommen.

In Folge dieser nun schon seit beiläufig zwei Decennien anhaltenden Abnahme des Massenvolums hat mehr als ein Gletscher einen nicht geringen Theil seines früher imposanten und malerischen Charakters insofern eingebüsst, als statt des früheren, nicht selten von einer bunten Vegetation umrahmten Gletscherauslaufes meist nur mehr ein wüstes Chaos von Moränenschutt zu sehen ist, und die Stelle bezeichnet, wo vordem ein Labyrinth phantastisch durch einander geschobener Eiszacken das Auge jedes anregende Naturscenerien aufsuchenden Touristen fesselte.

Wir gehen nun zur Betrachtung der Moränen, nämlich jener auffällig gereihten Schuttmassen über, welche jeden Gletscher theils an seinen Rändern umsäumen, theils dessen Rücken bedecken. Je nach ihrer Lage werden diese Schuttmassen als Seitenmoränen oder Gandecken, als Mittelmoränen oder Gufferlinien, endlich als Grund- und als Endmoräne, zu welcher auch der nicht immer vorhandene Stirnwall zählt, unterschieden.

Längs den beiden Flanken des Gletschers laufen die Seitenmoränen. Dieselben bilden langgestreckte Schuttstreifen, welche oberflächlich gewöhnlich erst unterhalb der Schneegränze, u. z. zunächst mit vereinzelt auftretenden Steinscherben beginnen, die jedoch nach abwärts immer mehr an Häufigkeit zunehmen, allmählig

in zusammenhängende Streifen übergehen, und endlich zu förmlichen Wällen oder auch zu einseitigen Schutthängen anwachsen, welche sich an die Felsbegränzung des Gletschers anlehnen. Diese Wälle oder Hänge können bei grossen Gletschern eine Höhe von 20—40 und noch mehr Meter erreichen; am höchsten sind sie stets bei jenen Gletschern, deren Massen in starkem Abtrag begriffen sind.

Bei diesen Seitenmoränen, wie auch bei den nachfolgend zur Erwähnung kommenden Mittelmoränen würde man jedoch sehr irren, sich dieselben nach ihrer ganzen Höhe als aus Schutt bestehend zu denken. Sobald man dieselben betritt, kann man sich alsbald überzeugen, dass nur der oberflächliche Theil des Walles oder Hanges aus Schutt, alles Uebrige dagegen, wie dies in diesem idealen Querschnitte eines Gletschers ersichtlich gemacht ist, aus festem, nur mit einzelnen Steintrümmern untermengten Eise besteht.

Um nun diese eigenthümliche Gestaltung der Seitenmoränen vollständig zu begreifen, ist es nothwendig in ihre Entstehungsweise etwas näher einzugehen.

Fassen wir einen der höchstgelegenen Punkte der einen oder der anderen Gletscherflanke ins Auge, etwa einen Punkt, welcher, nehmen wir an, beiläufig ein Jahrhundert benöthigt, um bei der Abwärtsbewegung der Firnmassen bis zur Schneelinie herab zu gelangen, und denken wir uns, dass auf diesen Punkt von der nächstliegenden Felswand eine Partie Schutt herabgefallen sei. Nach einem Jahre wird der letztere bereits von

einer Firnschichte, und wenn der Punkt endlich in Folge der allgemeinen Bewegung der Massen die Schnee-gränze erreicht und keinerlei Störung in der Schichtung in Folge der Bewegung stattgefunden hat, von nicht viel weniger als hundert Firnschichten überlagert sein.

Aber diese Jahr um Jahr neu zuwachsenden Niederschlagsreste bestehen nicht durchaus aus reinem Firn, (oder in den tieferen Lagen aus reinem Eis), vielmehr enthält die eine und die andere Firn- oder Eisschichte über dem gedachten Punkte gleichfalls mehr oder weniger Schutttheile, und zwar wird die Zahl der schuttenthaltenden Schichten um so grösser sein, je häufiger in der Aufeinanderfolge der Jahre über dem abwärts rückenden Punkte von den jeweiligen Felsbegränzungen Schuttfälle stattgefunden haben.

Wir haben uns sonach den über der Schnee-gränze gelegenen Theil des Gletschers aus einer grossen Zahl von übereinander gelagerten Firnschichten (in der Tiefe auch schon Eisschichten) bestehend vorzustellen, welche in ihren Rändern die während der Abwärtsbewegung der Massen von den Felsbegränzungen niedergestürzten Schutttheile eingeschlossen enthalten. Aber von all diesen in den verschiedenen Schichten des ober der Schnee-gränze gelegenen Theiles des Gletschers, eingeschlossenen Schutttheilen, so gewiss sie auch vorhanden sind, ist vorläufig an der Oberfläche des Gletschers nichts wahrzunehmen.

Unterhalb der Schnee-gränze ändern sich die Erscheinungen. Wegen der zunehmenden Wärme wird

nicht nur der im Verlaufe des Jahres gefallene Schnee wieder vollständig beseitigt, sondern auch von den älteren, an die jeweilige Oberfläche nächstangrenzenden Theilen des Gletschers um so mehr abgeschmolzen, in je tiefere Niveaus der letztere herabrückt.

Wenn wir nun den erstgedachten, ursprünglich hoch über der Schneelinie gelegenen Punkt des Gletscherrandes in seinem allmäligen Vorschreiten abwärts bis zum Gletscherende weiter verfolgen, so wird sich ergeben, dass alle von der jeweiligen seitlichen Felsbegrenzung noch ferner auf ihn herabfallenden Schuttmassen, wenn auch während der Winterperiode mit Schnee überdeckt, im Sommer wieder zu Tage liegen, ferner, dass über demselben Punkte um so grössere, durch keine Firnzwischenschichten mehr geschiedene Schuttaufhäufungen vorkommen müssen, je zahlreichere und ausgiebigere Schuttfälle ihn noch bis zum Schlusse seiner langen Wanderschaft erreicht haben.

Dass das Gleiche auch von allen nachrückenden Punkten des Gletscherrandes gilt, ist selbstverständlich, und schon dieser Vorgang lässt es begreifen, warum die auf den beiden Seitenrändern des Gletschers lagernden Schuttmassen in langen, fortlaufenden Streifen, Wällen oder einseitigen Hängen angeordnet sind, welche je weiter hinab, desto mehr an Masse des Bruchmaterials zunehmen; namentlich wenn man bedenkt, dass eine Reihe von Decennien, ja vielleicht manches Jahrhundert verstreicht, bis ein ursprünglich von der obersten Region des Gletschers ausgehender Theil seines Randes endlich

das letzte Ziel seiner Wanderung, das Gletscherende erreicht hat.

Wenn nun die erst unterhalb der Schneelinie auf den Gletscherrand herabfallenden Schutttheile wohl das oberflächige Material der Seitenmoräne ständig vermehren, aber weiter kaum einer Aenderung ihres Aussehens unterworfen sein werden, so müssen wir uns fragen, ob dies auch bei den von früher her im Gletscher eingeschlossenen Schutttheilen der Fall sein werde.

Die Beantwortung dieser Frage wird sich bei einigem Nachdenken von selbst ergeben. Einmal ist klar, dass diejenigen Gesteinsfragmente, welche während der ganzen, langen Wanderung stetig vom Eise umschlossen bleiben, keinerlei oberflächliche Veränderung erleiden werden, höchstens dass ein und das andere Stück in Folge des ständig fortwirkenden, mitunter kolossalen Druckes zersprengt wird.

Anders verhält es sich dagegen mit jenen Schutttheilen, welche während der Abwärtsbewegung mit anstehenden Felsen oder mit anderem Schutt in länger oder kürzer dauernden Contact kommen. Von diesen Schutttheilen werden die einen bei ihrem Vorbeischleifen an der Wandung des Gletscherbettes nur ihre schärfsten Ecken und Kanten verlieren, während andere, der gleichen Wirkung länger ausgesetzt, höhere Grade der Abrundung erleiden. Bei dem erwähnten Vorbeischleifen werden gleichzeitig immer mehr und mehr Schutttheile aus der nächstanliegenden, immer neu sich verschiebenden und so auch immer neue Contactflächen dar-

bietenden Gletschermasse herausgebrochen, wohl auch in Folge der durch die entstandenen Klüfte eindringenden warmen Luft oder des nagenden Schmelzwassers aus dem Eise frei gemacht und so die Menge der sich gegenseitig reibenden und schleifenden Elemente ständig vermehrt. Nun besteht das Schleifen nicht mehr blos in einem fortschreitenden Abrunden der einzelnen Stücke, es wird auch zugleich die ihrer Ecken und Kanten beraubte Oberfläche durch die theils sandigen, theils schlammigen Abfälle des Schleifprocesses immer mehr und mehr geglättet und theilweise förmlich polirt. Selbstverständlich werden die verschiedenen Phasen des ganzen Vorganges sich um so eindringlicher vollziehen, je mächtiger die an- und überlagernde Gletschermasse ist, je intensiver die Bewegung der letzteren sich gestaltet, und je länger die bezeichneten Einwirkungen andauern. Daher werden auch die den seichteren Schichten des Gletschers entstammenden Theile des Moränenmaterials einen geringeren, die tiefer gelegenen dagegen einen stärkeren Grad der Abrundung und des Schliffes zeigen, das letztere schon aus dem Grunde, weil nach der Tiefe zu zwischen Gletscherbett und Eis die Menge des polirenden Schlammes und Sandes in Folge des Niederschwemmens durch Schmelzwässer immer zunimmt. Ausser den verschiedenen Graden der Abrundung und der oft bis zum völligen Glanze vorgeschrittenen Politur machen sich an den Moränengeschieben noch andere charakteristische Kennzeichen des Gletschertransportes bemerkbar. In

den schon geblätteten, mitunter völlig glänzenden Oberflächentheilen erscheinen wieder rauhe, mattfärbige Reibungsstellen von verschiedener Grösse, daneben kleine, gleichfalls mattfärbige Male, ähnlich wie sie entstehen, wenn auf einen Stein von rundlicher Oberfläche mit einem Hammer geschlagen wird. Das ausgezeichnetste Merkmal aber für Moränengeschiebe bilden die mehr oder minder häufigen Ritze oder Furchen, welche sich auf einer bald grösseren, bald kleineren Zahl der Schuttstücke bemerkbar machen. Von diesen Ritzen sind die einen so fein, als wenn sie mit der Schneide eines Messers, die anderen, als wenn sie mit einer groben Feile eingeschnitten worden wären. Wieder gibt es welche, die gerade so aussehen, als wäre die rauhe, zackige Spitze eines abgebrochenen Nagels oder Meissels unter starkem Druck über die Oberfläche des Steines gezogen worden. Die Mehrzahl dieser Ritze und Furchen erscheint geradlinig, andere dagegen zeigen leichte Krümmungen, aus welchen sich entnehmen lässt, dass während der Bildung der Furche der Stein in Folge der auf ihn einwirkenden Gewalt eine Aenderung seiner Lage erlitt. Von den Ritzen sind die einen mehr oder weniger parallel, die anderen durchschneiden sich unter verschiedenen Winkeln. In der Regel erscheinen die intensiveren und zahlreicheren Furchungen an grösseren Geschieben und Blöcken, während kleine Stücke meist nur feine, oft erst mit der Lupe erkennbare Ritze aufweisen. Noch ist zu bemerken, dass die Ritze auf einem und demselben Steine nicht das gleiche Alter zeigen; während die einen noch ganz

rauh und frisch erscheinen, als wenn sie eben eingeschnitten worden wären, sind die anderen in Folge des nachträglich auf sie einwirkenden Polirprocesses so geglättet, dass sie das ursprüngliche, von der Rauheit herrührende matte Aussehen völlig verloren und die gleiche Farbe wie die anderen glatten Oberflächentheile angenommen haben.

Was die Entstehung der besprochenen Ritze und Furchen betrifft, so ist dieselbe zweifelsohne dem Contact mit Felsmassen und Schutttheilen zuzuschreiben, welche während des allgemeinen Schleifprocesses noch eine oder die andere scharfe Kante oder Ecke erhalten oder auch durch partielles Absprengen neu gewonnen haben. Dass ein häufigeres Vorkommen härterer Gesteinsfragmente (wie z. B. von Hornsteineinlagerungen, wie sie sich in manchen Kalkformationen vorfinden) das Auftreten der besprochenen Ritze bedeutend vermehren muss, ist nahelegend. Dass übrigens der Grad der Ritzung auch von der Mächtigkeit des Gletschers und insbesondere von der Länge des Weges abhängt, auf welchem der Moränenschutt den Wirkungen der Gletscherbelastung ausgesetzt war oder ist, bedarf wohl keiner Betonung.

Noch darf ein Zuwachs an Material bei den Seitenmoränen nicht unerwähnt bleiben, welcher deshalb beachtenswerth ist, weil er unter Umständen eine beträchtliche Vermehrung der ganzen Masse mit sich bringen kann. Dieser Zuwachs wird gebildet nicht nur von allen jenen grösseren und kleineren Fragmenten, welche der Gletscher in Folge des Druckes bei seiner

Abwärtsbewegung von den Wandungen des Bettes loszubrechen und mit sich fortzuschleifen vermag, sondern auch aus all' jenem Detritus, welcher der festen Wandung des Gletscherbettes ursprünglich angelagert war. Dieser Zuwachs kann insbesondere dort sehr belangreich werden, wo ein Gletscher im Wachsen begriffen ist und dabei ein Terrain occupirt, in welchem Schutt abgelagert vorkommt (z. B. Felsgänge mit Schutthalden). Im grossartigsten Masse geschah dies während der in Rede kommenden Eiszeit, wo zahllose Gletscher aus embryonalen Anfängen allmähig zu den riesigsten Dimensionen sich entwickelten und nun, Berge und Thäler unter ihren Firn- und Eislasten begrabend, Schuttmassen jeder Art in das Bereich ihrer transportirenden und schleifenden Thätigkeit zogen.

Nach dieser eingehenden Besprechung der Seitenmoränen wird es genügen, die Eigenthümlichkeiten der übrigen mit den Gletschern in Verbindung stehenden Schuttmassen kurz zu kennzeichnen.

Die Mittelmoränen entstehen aus der Vereinigung der benachbarten Seitenmoränen zweier, ursprünglich durch eine mehr oder minder hohe Gebirgsrippe geschiedenen, später zu einem gemeinsamen Strome sich verbindenden Gletscherzuzüsse. Hat die Vereinigung noch über der Schneelinie stattgefunden, so tritt aus den früher angeführten Gründen die Mittelmoräne dennoch erst unter derselben zu Tage, u. z. wird dieselbe anfangs nur durch einzelne Steinscherben oder linear angeordnete Schutthäufchen markirt, und erst allmähig nimmt

die Masse an Breite und Höhe zu, in je tiefere Niveaus der vereinigte Eisstrom hinabsteigt. Dass trotzdem das vollständige Material der Mittelmoräne in den übereinander lagernden Firn- und Eisschichten der zusammenschliessenden Flanken der beiden Gletscherzuflüsse bereits von deren erster Vereinigungsstelle an bewahrt liegt und erst in dem Verhältnisse mehr und mehr zu Tage tritt, je beträchtlicher das oberflächliche Abschmelzen des gemeinsamen Eisstromes wird, bedarf nach dem über die Seitenmoränen Gesagten keines weiteren Nachweises.

Die äusserliche Beschaffenheit des Materials der Mittelmoräne hängt in erster Linie von dem Bewegungsmomente der zwei vereinigten Gletscherzuflüsse ab. Bewegen sich dieselben mit völlig gleicher Geschwindigkeit, so wird an den Contactflächen der beiden nebeneinander abwärts rückenden Fernermassen keinerlei Reibung stattfinden, und demnach auch der zwischen denselben liegende Schutt im Ganzen dieselbe Beschaffenheit bewahren, welche er vor der Vereinigung der beiden Gletscherzuflüsse hatte. Eine völlig gleichmässige Bewegung aber mag entweder gar nie, oder doch nur äusserst selten stattfinden, vielmehr darf als Regel angenommen werden, dass das Mass der Bewegung ein ungleiches ist. Die letztere wird ja durch eine Summe von Factoren bedingt, von denen jeder für sich mit anderer Intensität auftreten kann. Zu den Factoren der Bewegung gehören vor Allem die grössere oder geringere Masse des Gletschers oder Gletscherzuflusses, welche einerseits durch die verticale Mächtigkeit, andererseits durch die horizontale Ausdehnung

bestimmt wird, ferner die grössere oder geringere Neigung des Bettes und das Verhältniss der Dimensionen der auf einander folgenden Querprofile, endlich der von der Besonnung und dem damit zusammenhängenden Schmelzen abhängige Grad der Plasticität der Masse. Dass die Summe der Wirkungen aller eben bezeichneten Factoren bei zwei zusammenfliessenden Gletscherästen ganz äquivalent wäre, ist nur für äusserst seltene Fälle anzunehmen, und daher der Gedanke an ein vollkommen gleichen Schritt haltendes Abwärtsrücken der vereinigten Eisströme auch nahezu völlig ausgeschlossen. Die Wirkung einer ungleichmässigen Bewegung aber ist leicht einzusehen, sie wird sich vor Allem als Reibung manifestiren und diese Reibung wird nothwendiger Weise in minderem oder höherem Grade an all' jenem Schutte bemerkbar werden, welcher zwischen die zwei an einander vorbeischleifenden Gletschermassen gerathen ist. Der Schutt der Mittelmoränen wird demnach, was die verschiedenen Phasen des Schleifprocesses betrifft, im Allgemeinen ähnliche Erscheinungen darbieten, wie jener der Seitenmoränen, nur in minder scharfer Ausprägung, weil einerseits der ausgiebigste Reibungsfactor, die feste Wandung des Gletscherbettes fehlt, anderseits an den Berührungsstellen der vereinigten Gletscherzuflüsse Verschiebungen der Massen nicht so oft und von solchem Umfange vorkommen, wie an den fortgesetzt wechselnden Unebenheiten der felsigen Begränzungen.

Eine für den Unkundigen fast noch räthselhaftere Erscheinung, als die Mittelmoränen, sind die kleinen

Sand- oder Schuttpartien, dann die ganz vereinzelt Steinscherben und Blöcke, welche zerstreut zwischen den Moränen aus dem sonst reinen Eise zu Tage treten. Die ersteren beiden erscheinen entweder ganz flach liegend, gleich den obersten Anfängen der Mittelmoränen, oder sie bilden Haufen oder Kegel von einigen Zoll bis gegen zwei Fuss und mehr Höhe; jedoch bestehen die letzteren gleich den höchsten Moränen wieder nur aus einer oberflächlich auflagernden Schutthülle, während das Innere einen mehr oder minder schuttfreien Eiskörper bildet, welcher das Niveau der nächst umliegenden Gletscherfläche um die angegebene Höhe überragt. Von den vereinzelt Blöcken schauen die einen nur mit dem obersten Theil aus dem Eise, andere sind schon zur Hälfte oder ganz herausgeschmolzen, ja einzelne der Trümmer werden sogar von einer erhöhten Eisunterlage getragen.

Bei grösseren, eine breite Basis bietenden Blöcken, insbesondere von mehr plattenförmiger Gestalt, wie sie im Gebiete der krystallinischen Schiefer häufig vorkommen, wächst die Unterlage manchmal zu einer 2—3 Fuss hohen Eissäule an und bildet dann mit der aufruhenden Felsplatte den Gletschertisch. Nebenbei sei bemerkt, dass extrem grosse Blöcke, wenn deren Dimensionen nach Höhe und Breite wenig differiren, wie dies bei Kalkfelstrümmern meist der Fall ist, der Bildung eines Eisfusses nicht förderlich sind, weil der cubische Inhalt, mithin auch das Gewicht des Steines im Vergleich zu dessen Basis so überwiegend ist, dass die von der Grösse

der letzteren, beziehungsweise von der Grösse der Beschattungsfläche abhängige Stärke des entstehenden Eissfusses in Folge der Plasticität des Eises nicht ausreicht, der continuirlich wirkenden Last Widerstand zu leisten und daher die sich entwickelnde Eissäule immer wieder u. z. um so ausgiebiger niedergedrückt wird, je dünner sie unter dem Einflusse der seitlich operirenden Luftwärme zu werden strebt. Die Mehrzahl der erwähnten Blöcke erscheint völlig scharfkantig, einzelne jedoch zeigen mehr oder minder deutliche Spuren der Abrundung und des Schliffes, so dass man anzunehmen genöthigt ist, sie seien während ihrer Wanderung temporär entweder mit anderen ihres Gleichen oder mit dem festen Gletscherboden selbst in Conflict gerathen.

Aehnlich den Moränen beginnen die zerstreuten Schutttheile sich unterhalb der Schneelinie u. z. regelmässig erst in den tieferen Niveaus bemerkbar zu machen, ja ein häufigeres Auftreten findet gewöhnlich erst gegen das Ende des Gletschers zu statt.

Unter Hinblick auf die besprochene Entstehungsweise der Moränen hält es nicht schwer, auch die Abstammung dieser zerstreuten Gesteinsfragmente richtig zu deuten. Sie sind nämlich nichts anderes, als die von den hintersten Wänden, Graten oder Hörnern auf den jeweilig angränzenden Saum des Firnfeldes herabgestürzten Schutttheile, welche, Jahr um Jahr von neuen Firnschichten überlagert, mit den abwärtsrückenden Massen in immer tiefere Niveaus gelangen, bis sie endlich mehr oder weniger weit unterhalb der Schneelinie in Folge

des stetig wachsenden, oberflächlichen Gletscherabtrages wieder zu Tage treten.

Das Vorkommen einzelner abgerundeter Steine zwischen den Moränen ist ein lehrreicher Beleg dafür, dass die Massen des Gletschers bei dessen Abwärtsströmen ihre Lage zur Oberfläche nicht bloß in dem Sinne ändern, dass anfänglich tiefer gelegene Partien in Folge des oberflächlichen Abschmelzens endlich zu Tage treten, sondern dass auch bei den mannigfachen, durch wechselnde Neigung und Breite des Gletscherbettes bedingten Störungen in der normalen Bewegung Verschiebungen der Massen im verticalen Sinne stattfinden, und so ursprünglich zu unterst gelegene Gletschertheile sammt ihren Einschlüssen von Grundschutt nach und nach bis an die Oberfläche des Ferners emporgedrängt werden.

Abrundung, Schliff, Ritzung und Zerkleinerung des Materials werden nothwendig dort am stärksten sein, wo der Gletscher mit der Wucht seiner ganzen Mächtigkeit die am Boden des Bettes lagernden Schutttheile bearbeitet, nämlich in der Grundmoräne. Die Natur dieser letzteren zu studiren, bieten insbesondere jene Gletscher Gelegenheit, deren Schmelzwässer aus einem sogenannten „Gletscherthor“ ihren Abfluss finden. Durch ein solches vermag man, während des Spätwinters meist völlig trockenen Fusses, wenn auch nicht durchaus in bequemer Stellung, eine mehr oder minder weite Strecke unter dem Eisè vorzudringen. Hier nun zeigt sich, dass die Grundmoräne im Vergleich zu den anderen Moränen die relativ grösste Zahl abgerollter und polirter Geschiebe

aufzuweisen hat, dass grosse Blöcke nur verhältnissmässig spärlich auftreten, dass dagegen die weitaus vorwiegende Masse aus Schlamm, Sand und kleinen Steinsplittern, dem Zermalmungs- und Schleifproduct des hier mit voller Kraft operirenden Gletschers besteht. Nebenbei kann man bemerken, dass der so beschaffene Schutt sich nicht ausschliesslich auf den Grund des Gletscherbettes beschränkt, sondern dass auch Theile desselben, durch gefrorenes Wasser gekittet, eine und die andere der das Gewölbe hoch hinauf durchsetzenden Spalten erfüllen, ferner, dass alles dem Grunde nahe liegende Eis von Sand, Schlamm und Steinsplittern durchdrungen ist — Erscheinungen, welche auf zum Theil sehr complicirte Vorgänge in den Gletschermassen schliessen lassen.

In Bezug auf die Frage, woher der reichliche Schutt der Grundmoräne herrühre, ist darauf hinzuweisen, dass erstens der Grund des Gletscherbettes selbst theils unmittelbar, theils mittelbar grössere oder geringere Mengen von Schutt liefert; das letztere insofern, als durch den über den Fels hinschleifenden, häufig mit eingekittetem Gestein armirten und dadurch in seiner erodirenden Thätigkeit wesentlich unterstützten Ferner die vorspringenden oder gelockerten Theile des Felsgrundes losgerissen werden; weiter, dass durch das auch von unten stattfindende Abschmelzen der Gletschermasse immer neue, in der letzteren eingeschlossen gewesene Schuttartikel frei werden, endlich, dass auch durch die vielen Klüfte von der Oberfläche des Gletschers fortwährend Moränentheile in die Tiefe gelangen und so

zu einer ständigen Vermehrung des Grundschuttes beitragen.

Schliesslich muss auch noch der Endmoräne gedacht werden. Diese, unter allen Arten von Moränen in ihrer räumlichen Ausdehnung dem stärksten Wechsel unterworfen, umgibt das Zungenende oder den Abschweifung des Gletschers. Sie wird zunächst von den Ausläufen der Seiten- und Mittelmoränen, dann von jenen Schuttmassen gebildet, welche, in der Masse des Gletschers zerstreut vorkommend, erst am Ende des letzteren zur Ablagerung gelangen. Bleibt das Gletscherende durch einen längeren Zeitraum stationär, so nehmen diese Ablagerungen eine mehr oder weniger wallartige Form an. Noch entschiedener entwickelt sich die Form des Stirnwalles, wenn ein Eisstrom von entsprechender Mächtigkeit in Folge Anwachsens über einen mit losem Schutt bedeckten Boden vorrückt und Theile des letzteren vor sich herdrängt. Häufig ist ein derartig vorgeschobener Schutt das Product von Ablagerungen desselben Gletschers, welche er während einer vorausgegangenen Periode des Rückzuges deponirt hatte. Doch findet ein derartiges Vorschieben von Schutt nur unter gewissen Verhältnissen der Bewegung statt, während in anderen Fällen ein vorrückender Eisstrom selbst ganz losen Schutt überfließt oder doch nur verhältnissmässig wenig von demselben vor sich herdrängt.

Gletscher, bei welchen eine grössere Rückzugsperiode durch zeitweilige, länger dauernde Stillstände unterbrochen wird, haben meist mehrere deutlich mar-

kirte Stirnwälle oder doch Ansätze zu solchen aufzuweisen.

Zwischen dem Stirnwalle und dem Eisfusse breitet sich dort, wo ein Gletscher im Rückschreiten begriffen ist, die Endmoräne als ein wüstes Schuttfeld aus, welches um so ausgedehnter erscheint, je weiter der Gletscher sich zurückgezogen hat. Das Charakteristische in der äusseren Erscheinung des Schuttes einer solchen Endmoräne besteht darin, dass kantige Fragmente gleichzeitig mit abgerundeten, polirten und geritzten Stücken vorkommen, dass die ersteren in der Regel mehr obenauf liegen, die letzteren dagegen, je näher dem Eisrande, desto mehr an Häufigkeit zunehmen. Die abgerundeten Stücke gehören zumeist jenem Theile der Grundmoräne des Gletschers an, welche in Folge des Rückzuges des letzteren blossgelegt worden sind.

Ich habe den verschiedenen Schuttmassen der Gletscher hier eine eingehendere Besprechung gewidmet, weil sie es ganz besonders sind, welche sich überall, wo immer sie vorkommen mögen, durch ihr eigenthümliches Aussehen kennbar machen, ein Aussehen, welches sie meist unverändert bewahrt haben, selbst wenn ganze Reihen von Jahrtausenden seit ihrer Ablagerung verflossen sind — natürlich vorausgesetzt, dass sie nicht seither Translocationen durch fliessendes Wasser erlitten haben.

Zeigt auch der Gletscherschutt nicht immer alle charakteristischen Merkmale, vermisst man, namentlich bei Granit, Gneiss und manchen anderen gemengten

Felsarten des sogenannten Urgebirges meist jene glänzend polirte und geritzte Oberfläche, welche an zahlreichen Geschieben der Kalkmoränen in so ausgezeichnete Weise vorkommt, so bleiben doch noch immer Merkmale genug übrig, nach welchen sich der glaciale oder erratische Schutt, sowohl von dem gewöhnlichen Bruchschutte des Gebirges, als auch vom Flussschutte in den meisten Fällen mit genügender Sicherheit unterscheiden lässt.

Was zunächst den Unterschied zwischen dem gewöhnlichen Gebirgsdetritus und dem Gletscherschutt betrifft, so wird man in dem ersteren nicht nach abgerundeten, noch weniger aber nach polirten und geritzten Geschieben suchen dürfen. Hier ist Alles scharfkantig und rauh, vom kleinsten Steinsplitter bis zum hausgrossen Blocke. In den glacialen Schuttablagerungen dagegen fehlt es nie an abgerundeten Geschieben. Mögen dieselben auch, namentlich in den obersten Lagen der alten Moränen noch spärlich auftreten, so nehmen sie nach der Tiefe mehr und mehr zu, während die kantigen Stücke immer spärlicher werden.

Gegenüber dem Flussschutte, welcher in allen Formen der Ablagerung stets die Spuren eines durchgreifenden Schlemmungsprocesses und demzufolge auch eine entsprechende Schichtung nach dem verschiedenen Korne aufweist, mag dieselbe im Detail auch noch so unregelmässig und wechselnd sein, erscheint der Gletscherschutt, von localen Ansätzen einer Schichtung abgesehen, im grossen Ganzen jeder Stratification bar; Blöcke und Geschiebe jeder Grösse liegen mitten im feinsten Stein-

mehl und Sand eingebettet, und die chaotisch gemengte Masse lässt, kleine Partien ungerechnet, nicht eine Spur von Schlemmung wahrnehmen.

Nicht minder gibt die petrographische Beschaffenheit des Materials in vielen Fällen ein gutes Merkmal zur Unterscheidung ab.

In dem fluvialen Schutte finden sich stets Repräsentanten aller Gesteinsformationen des ganzen zugehörigen Ansammlungsgebietes des Flusses oder Stromes, ja, wenn der letztere seinen Weg durch Schuttalagerungen älterer Perioden nimmt, so kann es geschehen, dass man auch völlig fremdartige Geschiebe in seinem Gerinne vorfindet. Bei dem Moränenschutte dagegen ist die petrographische Verschiedenartigkeit des Materials eine ungleich beschränktere. Jede Moräne für sich, welches Alter sie auch immer haben mag, wird stets nur Gesteine jener Gebirgsthelle enthalten, an welchen vorbei der entsprechende Theil des Gletschers seinen Weg genommen hat. Diese völlig ausnahmslose Regel ermöglicht es auch, aus dem Material der vorhandenen Moränen, ja selbst nur kleiner Reste derselben den ganzen Verlauf eines einst vorhandenen Gletscherstromes und seiner Zuflüsse bis zu den obersten Anfängen zu erkennen, vorausgesetzt, dass jener Moränenschutt keine nachträgliche Translocation oder Mengung mit anderem fremden Schutt erlitten hat.

Noch ist mir übrig geblieben, der Einwirkung zu gedenken, welche die Bewegung der Gletscher auf ihre Unterlage ausübt.

Wie sich von dem fortgesetzten Drucke einer mehrere hundert, ja selbst über tausend Fuss mächtigen Masse erwarten lässt, ebnet und rundet diese in ihrem stetigen Abwärtsrücken alle Vorsprünge und Rauheiten des neben- und unterlagernden Felsbodens. Indess ist bei diesem Schleif- und Scheuerungsprozesse das Eis nur der gewaltige Hebel, das eigentliche Reibungselement bietet der zwischen Eis und Boden befindliche Schutt. Dieser, durch eine Last von nicht selten mehreren hundert Centnern auf den Quadratfuss an die Felsen gepresst, glättet dieselben immer mehr und mehr ab, und schneidet abwechselnd wieder mit seinen härtesten und schärfsten Steinsplittern nach der Richtung der Gletscherbewegung zahllose feingerissene Linien ja mitunter selbst Räder-
spuren ähnliche Furchen in die polirten Felsen.

Das Charakteristische dieser eben erwähnten Ritzung liegt darin, dass die Richtung der vertieften Linien stets der Richtung und Neigung entspricht, in welchen die Bewegung des Gletschers stattfindet oder stattgefunden hat. Diese Ritzung ist es auch, durch welche sich die von Gletschern herrührende Abrundung der Felsen jederzeit von allen Abrundungen unterscheidet, welche ein strömendes Gewässer an festen Felsmassen seines Rinn-
sales hervorbringt.

In den letzterwähnten zwei Erscheinungen, den Moränen und den Gletscherschliffen, zeichnen die Gletscher für Hunderte und Tausende von Jahren unverwischbar ihre Bahnen auf dem Boden hin, über welchen einmal ihr langsamer aber wuchtiger Schritt hinzog.

Die Platten am Saume des jetzigen Hallstätter Gletschers zeigen in vollster Frische die Kritzen, welche die durch den vordringenden Eisstrom angepressten Stein splitter vor Jahrzehenden in den Fels gruben, aber nicht minder frisch hat sich ein bis vor Kurzem durch auflagernden alten Moränenschutt geschützter Gletscherschliff auf einem von kräftigen Buchen beschatteten Punkte des alten Weges zwischen Hallstatt und Gosau mühl erhalten. Der glänzend polirte, mit hunderten von feinen Schnitten durchfurchte Schichtenkopf von lichten, bunteäderten Marmor ist ein sprechendes Denkmal aus weit zurückliegenden Zeiten, aus Zeiten, für welche auch die lebendigste Phantasie nicht ausreicht, das düstere Gemälde in allen Zügen fertig zu bringen, welche die in trostloser Erstarrung versunkene Landschaft damals geboten haben mag.

In meinem nächsten Vortrage werde ich es versuchen, in flüchtigen Zügen jene Periode zu schildern, von welcher nicht nur der letzterwähnte Schichtenkopf am Hallstätter See, sondern tausende und tausende von gleich bedeutungsvollen Ueberresten sprechende Zeugen bilden.

II.

Ich habe in meinem ersten Vortrage es versucht, Ihnen, hochgeehrte Anwesende, in flüchtigen Umrissen die Entstehung der Gletscher und ihre Abhängigkeit von den klimatischen Verhältnissen in Bezug auf das

Mass ihrer Bewegung und räumlichen Ausdehnung darzulegen. Dann wurden jene zwei, bei allen Gletschern vorkommenden Erscheinungen besprochen, welche, ein Resultat der Bewegung der ersteren, insofern besondere Wichtigkeit gewinnen, als sie die dauerndsten, ja man kann sagen, unvergänglichen Merkmale für das gewesene Vorhandensein von Gletschern auch dort bilden, wo dieselben den Boden ihrer Thätigkeit theilweise oder vollständig verlassen haben. Ich meine die Moränen und die Gletscherschliffe.

Diese beiden, ständigen Begleiter der Gletscher waren es auch, welche einzelnen scharfblickenden Alpenkennern die ersten Fingerzeige über den Bestand einer einstigen, ungleich grösseren Ausdehnung der Gletscher als die gegenwärtige, an die Hand gaben.

Nachdem einmal die Thatsache in der Hauptsache festgestellt und die allgemeine Aufmerksamkeit auf die bezüglichen Erscheinungen hingelenkt war, bemächtigte sich die Forschung des Gegenstandes in gründlichster Weise und schliesslich auch mit so reichen Ergebnissen, dass es möglich geworden ist, nicht nur für weite Gebiete alle jene Terraintheile zu bezeichnen, welche einst unter Firn und Eis begraben lagen, sondern auch die geologische Periode und zum Theile selbst die allgemeinen physischen Verhältnisse anzugeben, in welchen jene colossale Gletscherentwicklung sich zu vollziehen vermochte.

Ich habe bereits das Räthselhafte der Existenz einer Eiszeit betont, welches darin liegt, dass, nachdem alle

vorausgegangenen geologischen Perioden durch ihre organischen Ueberreste auf eine allgemein verbreitete höhere Temperatur, als die gegenwärtig bestehende, hindeuten, sich allgemach eine Wärmedepression einschob, intensiv und andauernd genug, um mit dem Uebergange in die jüngste oder Quartärperiode eine durchgreifende Veränderung aller Erscheinungen des organischen Lebens zu bewirken.

Wie einschneidend diese Veränderung gewesen sein musste, können wir schon daraus entnehmen, dass noch in der zweiten Hälfte der Diluvialperiode unmittelbar vorausgegangenen Tertiärzeit nicht nur kolossale Dickhäuter, deren Stammverwandte jetzt nirgends mehr, als in Indien und dem centralen Afrika anzutreffen, oder die auch gänzlich ausgestorben sind, die mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre zum Theil noch über den 50—55⁰ hinaus bevölkerten, sondern dass auch eine entsprechend reiche, subtropische Flora denselben Erdgürtel schmückte. Ja durch die neueren und neuesten Polarexpeditionen wurden von verschiedenen Punkten arktischer Küsten fossile Pflanzenreste zu Tage gefördert, nach welchen Prof. O. Heer zu constatiren vermochte, dass auf Spitzbergen allein, unter dem 78⁰ n. Br., wo jetzt, neben Moosen und Flechten nur mehr einzelne, mit unseren hochalpinen Phanerogamen theils identische, theils verwandte Blütenpflänzchen gedeihen, während der mittleren Tertiärperiode nicht weniger als 25 Arten von Holzgewächsen existirten, darunter neben mehreren Pappelarten, einer Platane, einer Eiche, einem Schneeball,

besonders häufig das *Taxodium distichum*, eine Sumpfcypresse, welche auch gegenwärtig noch, aber um 35 bis 40 Grade näher dem Aequator, nämlich in den südlichen Staaten von Nordamerika, insbesondere in den Niederungen am unteren Mississippi zu finden ist.

An den Abschluss der Tertiärzeit, deren Dauer und Verlauf übrigens allein wohlmanches Jahrhunderttausend für sich in Anspruch genommen haben und damit schon Raum genug für mancherlei gründliche Aenderungen in den physischen Zuständen geboten haben mag, reihte sich in allmähigem Uebergange die Diluvial- oder Ueberfluthungsperiode an.

Die Scheidung der Klimate, welche während der älteren Perioden in Folge der allerorts ausstrahlenden Erdwärme nicht zum Ausdruck gelangen konnte, und jedenfalls erst in der Tertiärzeit sich in schärferer Ausprägung zu entwickeln begann, mochte zu Anfang der Diluvialperiode wohl schon zu einer, der gegenwärtigen nahe stehenden Differencirung vorgeschritten sein, wenn auch immer noch ein gewisser Zuschuss von Erdwärme den obersten Schichten in so weit zu Gute kommen mochte, dass in den hohen Breiten, z. B. im nördlichen Sibirien, eine Vegetation gedeihen konnte, reich genug, um ganzen Heerden des riesigen Mammuths ausreichende Nahrung bieten zu können. Derzeit ist der Boden in denselben Gegenden ständig mehrere hundert Fuss tief gefroren, und nur der kurze, verhältnissmässig warme Sommer thaut die durchsumpfte Humusdecke so weit auf, dass ein Kräuterrasen emporzusprossen vermag, eben

ausreichend, um das genügsame Rennthier auf seinen weiten Streifzügen einige Monate hindurch zu ernähren, bis schliesslich der anbrechende Winter es wieder nöthigt, in die südlicher gelegenen Walddistricte zurückzukehren.

Sehen wir nun, welcher Wandel der physischen Verhältnisse sich aus den verschiedenen, der Diluvialperiode zuzuzählenden Ablagerungen, ihrer inneren Zusammensetzung und der Form ihres äusseren Auftretens nach, entnehmen lässt?

Folgendes vermögen wir aus denselben mit genügender Sicherheit herauszulesen.

Der Beginn der Diluvialperiode wurde eingeleitet durch eine langsam fortschreitende Veränderung in der räumlichen Vertheilung von Land und Wasser, u. z. auf Kosten des ersteren. Ueber jene weiten Ebenen und flachhügeligen Landstriche, welche im Norden Asiens und Nordosten Europas als sibirisches, turanisches und sarmatisches Tiefland derzeit ein Areal von nahe 400.000 Quadratmeilen einnehmen, begann sich das nördliche Eismeer auszubreiten, bis dasselbe mit dem kaspischen, schwarzen und mittelländischen Meere in Eines zusammenfloss. Auch die kleineren Tiefländer unseres Welttheiles, so das norddeutsche, das französische, das italienische, das ungarische und walachische Tiefland, von den vielen kleineren Niederungen und tief eingesenkten Thalfurchen abgesehen, tauchten in dem wachsenden Ocean des Nordens unter. Bis in das Innerste unseres Continentes schnitten seine Fluthen mit zahllosen, bald engeren, bald weiteren Buchten ein und

zerlegten den Welttheil in ein vielgliederiges Gerüste von Gebirgszügen, von grösseren und kleineren Inseln, Archipelagen und Klippenreihen. Auch ein beträchtlicher Theil der Sahara wurde vom Meere derart überfluthet, dass das Atlasland sich vollständig zu einer grossen, von dem übrigen Afrika weit abstehenden Insel umstaltete.

Im Westen des atlantischen Oceans ging Aehnliches vor sich. Von ganz Nordamerika blieb nicht viel mehr als die Cordilleren und Theile der Alleghanys trocken; über der Landbrücke, welche heutzutage Nord- und Südamerika verbindet, flossen die Gewässer des atlantischen und des grossen Oceans zusammen.

Alles in Allem mochten von der Nordhalbkugel der Erde etwa zwei Fünftel, ja vielleicht sogar die Hälfte des heutigen Landes überfluthet gewesen sein.

Dass während der Diluvialperiode auch die südliche Hemisphäre ähnliche Veränderungen ihrer Land- und Wasservertheilung durchmachte, ist nicht zu bezweifeln, nur scheint die Annahme berechtigt, dass die Ueberfluthung der beiden Hemisphären nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd stattgefunden habe.

Eine so grossartige Veränderung in den räumlichen Verhältnissen von Land und Wasser, wie sie eben geschildert wurde, mag für den ersten Augenblick wohl kaum glaublich erscheinen. Wenn wir aber die verschiedenen Zustände während der vorausgegangenen Perioden der Erdgeschichte aus der Natur der übereinander lagernden Gesteinsformationen mit ihren orga-

nischen Einschlüssen herauszulesen versuchen, so drängt sich uns die Ueberzeugung auf, dass nicht nur die räumlichen Verhältnisse von Land und Wasser zu einander in weitester Ausdehnung ständigen Aenderungen unterworfen waren, sondern dass auch — sei es nun durch vertical wirkenden oder seitlichen Druck — Hebungen und Senkungen von mehr localer Natur, aber von um so grösserer Intensität erfolgten, von einer Intensität, welche ausreichte, um ganze Gebirgssysteme zu den gewaltigsten Höhen aufzuthürmen.

Für die Diluvialperiode gewannen die angedeuteten Niveau-Aenderungen nur in sofern eine einschneidendere Bedeutung, als durch dieselben die klimatischen Verhältnisse jetzt schon wesentlich beeinflusst werden konnten, was in den früheren Perioden wegen der reichlich ausströmenden Erdwärme noch kaum, oder doch jedenfalls in viel geringerem Grade geschehen sein mochte.

Das Erste, was sich während der Diluvialperiode mit dem wachsenden Ueberhandnehmen des oceanischen Elementes in unserer Hemisphäre nothwendig einstellen musste, war eine allgemeine Zunahme der Feuchtigkeit in der Atmosphäre, damit aber auch eine Vermehrung der Regenfälle in der warmen, eine Vermehrung der Regen- und Schneefälle in der gemässigten und kalten Zone.

In Folge der häufigeren Trübung des Himmels durch Dünste, Nebel- und Wolkenbildungen erlitten die Sommer eine mehr oder minder bedeutende Einbusse an directer Sonnenwärme, eine Einbusse, welche für alles Land um so fühlbarer werden musste, als ein immer

grösserer Theil des durch das Tagesgestirn der Erdoberfläche gespendeten Wärmequantums von dem Wasser des Meeres aufgenommen, aber nicht, wie dies bei dem festen Boden geschieht, alsbald wieder an Ort und Stelle in die nächstliegenden Luftschichten zurückgestrahlt, sondern länger festgehalten, theilweise zur Verdampfung verwendet, theilweise durch Strömungen anderen Gegenden zugeführt wurde. Andererseits kam jedoch die von dem Meere während des Sommers absorbirte und fortgeleitete Wärme den Festländern, insbesondere der höheren Breiten, in so ferne zugute, als während des Winters die weiten oceanischen Massen nun wieder Wärme an die überlagernden Luftschichten abzugeben und die Kälte derselben zu mildern vermochten.

So konnte und musste sich denn, vorausgesetzt, dass die Verhältnisse der solaren Beleuchtung im grossen Ganzen von jenen der jetzigen Periode nicht wesentlich verschieden waren, und der Einfluss der inneren Erdwärme auf der Oberfläche des Planeten sich mit der äusseren Temperatur bereits ins Gleichgewicht gesetzt hatte, das Klima ähnlich gestalten, wie es in der südlichen Hemisphäre derzeit wirklich besteht, d. h. es musste, wenn wir die uns am besten bekannte gemässigte Zone zunächst ins Auge fassen, durch kühle, regenreiche Sommer, und mässig kalte, schneereiche Winter ausgezeichnet gewesen sein.

Allerdings mochte das eben Gesagte zunächst auch nur bei den enger vom Meere umschlossenen oder von demselben doch wenigstens einseitig bespülten Landes-

theilen gelten, während die ausgedehnten Continentalmassen, wie z. B. das compacte hinter- und vorderasiatische Hochland, sich eben so wenig eines reichlichen Niederschlages und eines gemässigten Klimas erfreuen mochten, als dies gegenwärtig bei dem Innern Australiens, den argentinischen und patagonischen Steppenlandschaften der Fall ist.

Was mochte sich aber bei einem derartig beschaffenen Klima in Bezug auf unseren Gegenstand, nämlich die Bildung der Gletscher, ergeben?

Hinsichtlich dieser Frage brauche ich Sie, hochgeehrte Anwesende, nur auf dasjenige zu verweisen, was bereits über die verhältnissmässig tiefe Lage der Schnee-gränze in den südchilesischen und patagonischen Anden, wie auch in den Hochgebirgen Neuseelands angeführt wurde, und ich will nur noch hinzufügen, dass, der tiefen Lage der Schnee-gränze entsprechend auch die Gletscher hier zu auffällig grosser Tiefe herabsteigen. So sah Darwin aus dem mit Triest unter gleichnamigem Parallelkreise gelegenen Eyre-Sund kolossale Gletschertrümmer als schwimmende Eisberge in den stillen Ocean hinaustreiben. In der Südinsel Neuseelands gehen unter gleichnamiger Breite mit den Pyrenäen mächtige Gletscher bis gegen 2000 Fuss, und auf der besonders regenreichen Westseite derselben Insel, sogar bis nahe gegen das Meer herab, während der tiefstgehende Eisstrom des Alpenlandes, der untere Grindelwaldgletscher, zur Zeit seines stärksten Vorschreitens in dem laufenden Jahrhunderte nur das Niveau von 3100 Fuss erreichte.

Fassen wir endlich das Wenige, was über die antarktische Region in den uns zunächst interessirenden Beziehungen zur Kunde gelangt ist, so ergibt sich, dass dem Schiffer zwischen dem südlichen Polarkreis und dem 70. Parallelkreise überall entweder unwirthbare in Schnee und Gletschern begrabene Küsten, oder geschlossenen Eisbarriären entgegenstarren, so dass die Annahme einer im Vergleiche zur nördlichen Polarregion ungleich grösseren und ausgebreiteteren Eisanhäufung vollkommen gerechtfertigt erscheint.

Wir haben somit die feststehende Thatsache vor uns, dass derzeit in Folge eines im Sommer kühlen, im Winter mässig kalten, im Ganzen aber feuchten Klimas in allen höheren Gebirgen der südlichen gemässigten Zone die Gletscherentwicklung bedeutend gefördert, nebenbei aber auch in der antarktischen Region eine relativ grössere Eisanhäufung, wie in der gegenüberliegenden Polarzone bewirkt wird.

Forschen wir aber nach den Ursachen jenes eigenartigen Klimas, so werden wir dieselben zunächst in dem mächtigen Ueberwiegen des Meeres gegenüber dem Lande zu suchen haben. *)

*) Aus den Untersuchungen Dove's hat sich die lehrreiche Thatsache ergeben, dass die Gesammttemperatur der Erdoberfläche für den Juli, d. i. also für den wärmsten Monat der Nordhemisphäre, auf 17° C., dagegen für den Jänner, den wärmsten Monat der Südhalbkugel nur auf $12\frac{1}{2}^{\circ}$ C. anzuschlagen ist, trotzdem dass die Erde während des ersteren Monates sich in der Gegend der Sonnenferne, während des letzteren in jener der Sonnennähe befindet. Eben

Und nun wollen wir uns, nach dieser flüchtigen Ueberschau der gegenwärtig bestehenden Verhältnisse der Südhemisphäre wieder in jene Ueberfluthungsperiode versetzen, auf welche bereits hingedeutet wurde.

Es würde zu weit führen, wenn ich es versuchen wollte, eine wenn auch noch so gedrängte Uebersicht der ganzen Reihe aufeinander folgender Erscheinungen und Verhältnisse zu geben, welche sich während des Verlaufes der ganzen Diluvialzeit abgesponnen haben; nur eine Phase derselben, welche speciell den Gegenstand meines heutigen Vortrages bildet, soll herausgegriffen und in flüchtig entworfenen Umrissen charakterisirt werden.

Vor Allem lassen Sie mich Ihnen die Alpen der Eiszeit aus der Vogelperspective zeigen.

Welch ein Bild unendlicher Abgestorbenheit entrollt sich da vor unseren Augen!

Der über 120 Meilen lange und 20 bis 35 Meilen breite Hochgebirgszug erscheint nach seiner vollen Ausdehnung in einen weiten, nahezu ununterbrochenen Schneemantel gehüllt; nur hie und da durchbricht eine

so hat Dove aus den bisherigen meteorologischen Aufzeichnungen gefunden, dass die mittlere Jahrestemperatur der ganzen nördlichen Halbkugel 15.5° , jene der südlichen Halbkugel aber nur 13.6° C. beträgt. Diese Verhältnisse, wenn auch in ihren numerischen Werthen nur als annähernd richtig aufzufassen, sind immerhin schon verlässlich genug, um aus ihnen die Grösse des Einflusses der räumlichen Vertheilung von Land und Wasser auf die Wärmestände der beiden Erdhälften ermessen zu können.

dunkle, kahle Wand, oder ein schroffes Felshorn das blendend weisse Gefilde. Kolossale Eisströme, manche derselben mehrere tausend Fuss mächtig, und 10—20, ja noch mehr Meilen lang, drängen sich schuttbeladen durch die Thäler in das angränzende Vorland hinaus. Vergebens sucht unser Auge nach einem der herrlichen Seespiegel am Ausgange der grossen Thalfurchen; der Genfer- und Bodensee, der Langen-, Comer- und Gardasee, nicht minder aber auch in unseren heimischen Alpen der Atter- und Gmundnersee sind mit Eis ausgefüllt oder doch mit schwimmenden Gletschertrümmern dicht bedeckt. Kein Wald, keine Matte, kein Fleck von irgend welchem höheren Pflanzenleben unterbricht die furchtbar öde, unheimliche Schnee- und Eiswüste; kaum, dass auf den niedrigeren, schneefreien Aesten der Aussenketten ein zerrissener Moos- oder Kräuterrasen die Felsblößen hie und da zu decken vermag.

Erst im nördlichen Vorlande, auf sumpfinden, von den Schmelzwässern der nahen Gletscher durchfurchten, mit zahllosen kleineren Seen und Lachen übersäeten Boden sehen wir eine nordische Vegetation, zum Theil aus düsteren Tannenforsten bestehend, zwischen Haufwerken wirren Schuttes emporsprossen.

Wenden wir jetzt unseren Blick einer anderen Gegend unseres Welttheils zu, einer Gegend, welche landschaftlich den geraden Gegensatz zu den Alpen bildet. Ich meine das germanische und sarmatische Tiefland: Hier breitet sich in hunderten von Meilen

weiter Erstreckung ein nur von wenigen kleinen Flachinseln unterbrochener Ocean vom Fusse des Riesengebirges und der Karpathen bis zum Westhange des Ural aus. Auf seinen dunkeln Wogen treibt eine Strömung zahllose, mit Massen von Gletscherschutt und einzelnen Blöcken von riesigen Dimensionen bedeckte Eisberge weiter und weiter gegen Süd, bis dieselben endlich an irgend einer Untiefe stranden, allmählig schmelzen, und schliesslich ihren aus fernen Gegenden mitgeführten Ballast an Moränenmaterial als erraticen Schutt ablagern.

Wir suchen jetzt die Ursprungsstätte jener schwimmenden Eisberge auf, und finden sie in dem 200 Meilen langen Gebirgssysteme Skandinaviens, das jedoch nicht, wie in der Gegenwart durch die breite Landbrücke Finnlands mit dem Continente zusammenhängt, sondern als ein gewaltiger Inselstock, von Tausenden kleiner Felseilande und Klippen umlagert, frei aus dem Ocean emporsteigt. Hier ist wieder Alles, wie in den Alpen unter Schnee, Firn und Eis begraben, nur der Unterschied ist wahrzunehmen, dass die sich den Höhen entwindenden Gletscherströme nicht auf festem Lande, sondern im Meere enden, welches, wie dies auch heut zu Tage bei den Gletschern Grönlands, Spitzbergens und des Franz-Josefslandes geschieht, nun fort und fort mächtige Massen losbricht und als schwimmende Eisberge mit der vorerwähnten Südströmung über die meeresbedeckten Niederungen Norddeutschlands und Russlands hintreibt.

Wie aber sieht es jenseits der Gletscherkette Skandinaviens aus?

Hier blinkt uns nicht mehr, wie in der Gegenwart die bis zu den Küsten Spitzbergens offene, blaue Fluth des nördlichen Polarmeeres entgegen, eine mehrere hunderttausend Quadratmeilen grosse, ununterbrochene Eishaube breitet sich um den Pol aus, umgürtet einen Theil der skandinavischen Insel, reicht bis an oder über Island herein und verbindet dasselbe mit dem benachbarten Grönland. Nur an den Rändern wird der gewaltige Eispanzer hie und da gelockert, Stürme und Wogendrang reissen weite Kanäle in denselben, und der nie ruhende Kreislauf der Gewässer führt die losgetrennten Riesenschollen südwärts in die offene See hinaus.

Aehnlichen Bildern, wie sie das Europa der Eiszeit bietet, würden wir auch ostwärts im asiatischen Continente, und eben so westwärts in Amerika begegnen, doch dürfte das Angeführte schon genügen, Sie mit der allgemeinen Physiognomie der Nordhemisphäre während des in Rede stehenden Abschnittes der Diluvialperiode bekannt gemacht zu haben.

Nun mag mir wohl die Einwendung gemacht werden, dass die Zustände, welche ich in flüchtigen Zügen zu schildern versuchte, doch nichts, als eine Art Phantasiebild seien, welches man beliebig auch ganz anders gestalten könnte. Darauf sei erwidert, dass, wenn auch das entworfenene Bild ein im Ganzen construirtes ist, seine Hauptzüge nichts desto weniger der Natur vollkommen

entsprechen, da sie eben nach den in Unzahl vorhandenen und nicht zu missdeutenden Spuren jener längst abgelaufenen Zeiten entworfen sind.

Wie die jetzigen Gletscher die Oscillationsgrenzen sowohl ihrer verticalen Mächtigkeit, als auch ihrer horizontalen Ausdehnung durch Abschleifen der ihr Bett bildenden Felsmassen und durch die Ablagerungen ihres Moränenschuttcs auf das deutlichste markiren, so haben auch die Gletscher der sogenannten Eiszeit in den durch sie erzeugten Schliffen, ungleich häufiger *) aber noch in dem zurückgelassenen Moränenschutte, welchem auch die mehr zerstreuten, aber oft riesig grossen, erraticchen Blöcke **) zugehören, ihre einstige Verbreitung auf der Erdoberfläche in unzweideutigster Weise verzeichnet.

Ein Gleiches gilt von den während der Glacialperiode über die meeresbedeckten Tiefländer hintreiben-

*) Viele der alten Gletscherschliffe sind unter Schutt begraben oder mit Vegetation überkleidet, andere in Folge der unausgesetzt thätigen Verwitterung und Abnagung unkenntlich geworden, ja sogar in Folge von Abbrüchen völlig abhanden gekommen.

**) Die häufig vereinzelt oder nur mit wenigen anderen ihres Gleichen zusammen vorkommenden erraticchen Blöcke sind in der Regel nichts als Ueberreste ursprünglich mehr oder minder ausgedehnter Ablagerungen von Gletscherschutt, aus welchen durch spätere Verwitterung und Wasserspülung sowohl die erdigen und sandigen Theile, als auch die kleineren Gesteinsfragmente und Geschiebe fortgeführt worden und nur die grössten Trümmer in Folge ihrer Schwere und Massenhaftigkeit liegen geblieben sind.

den, schuttbeladenen Eisbergen. Gerade so, wie jetzt die schwimmenden Eisberge des arktischen Oceans, wenn sie durch Meeresströmungen an felsigen Gestaden vorbeigeführt oder über felsige Untiefen hingeschleift werden, die Spuren solchen stets mehr oder weniger gewaltsamen Contactes durch Schriffe, Ritzen und Furchen an den Uferwänden oder in dem unter Wasser liegenden Felsgrunde kennzeichnen, eben so werden die ganz gleichen Abglättungen, Ritzungen und Furchungen im festen Felsboden, wie sie beispielweise im Innern Nordamerikas bis zu Höhen von mehreren hundert Metern über dem jetzigen Meeresniveau über weite Räume verbreitet vorkommen, auf den gleichen Ursprung zurückgeführt werden müssen. Und wieder eben so, wie jetzt die von den hochnordischen Gletschern herrührenden und mit dem Moränenschutte Grönlands, Spitzbergens und anderer polaren Eilande beladenen Eisberge diesen Schutt während ihres langsamen Abschmelzens auf den Meeresgrund niederfallen lassen, oder auch an Untiefen, wo sie gestrandet sind, in grösserer Menge ablagern, wie dies beispielweise auf den Bänken von Neufundland der Fall ist, eben so werden wir bei jenem erratischen oder Moränenschutt und den mitunter 20, 50 bis gegen 100,000 Ctn. schweren Fündlingen, welche über das Tiefland Norddeutschlands und Russlands ausgestreut sind, und welche alle nachweisbar dem skandinavischen Gebirgssysteme, möglicher Weise zum Theil auch den hochnordischen Inselgruppen entstammen, dieselbe Art des Transportes und der Ablagerung, nämlich durch

schwimmende Trümmer nordischer Gletscher anzunehmen genöthigt sein.

Der Bestand einer Eiszeit während der Diluvialperiode, d. h. einer Zeit, während welcher nicht nur alle Hochgebirge, sondern auch alle bedeutenderen Mittelgebirge der gemäßigten Zone mit Schnee und Eis bedeckt waren, und während welcher schwimmende Eisberge den Moränenschutt nordischer Gletscher weit und breit über die vom Meere überflutheten Tiefländer der Nordhemisphäre ausstreuten, darf also als vollkommen sichergestellt angesehen werden.

Ist nun aber auch die Existenz einer Eiszeit unanfechtbar erwiesen, so stehen wir, wie schon Eingangs meines ersten Vortrages gesagt wurde, mit der Erkenntniss ihrer Ursachen noch immer auf dem schwankenden Boden der Hypothese.

Als eine der nächstliegenden Ursachen mag jedenfalls das stark überwiegende Verhältniss der Wasseroberfläche zur Landfläche während der Diluvialperiode, von welchem bereits die Rede war, angesehen und dabei auf die analogen Verhältnisse in der südlichen Hemisphäre hingewiesen werden.

Aber damit allein ist eine so kolossale Ausbreitung der Gletscher, wie sie uns die horizontale und verticale Verbreitung des Moränenschuttes anzunehmen nöthigt, noch lange nicht vollständig erklärbar. Denn einerseits nahm das Landareal in der Nordhemisphäre, selbst wenn wir alles Tiefland derselben uns in einer und derselben Zeit unter Wasser gesetzt denken, höchst wahrschein-

lich noch immer einen bedeutend grösseren Raum ein, als das gesammte Landareal der südlichen Hemisphäre derzeit beträgt, und anderseits war die Gletscherentwicklung während der Eiszeit jedenfalls im Verhältniss noch ungleich bedeutender, als sie sich gegenwärtig in der Südhalbkugel zeigt.

Endlich darf nicht übersehen werden, dass auch in der letzteren ganz unzweifelhafte Anzeichen einer viel mächtigeren Entwicklung der Gletscher während der Diluvialperiode, als die gegenwärtige, vorkommen, wenn auch vorläufig noch als unentschieden angesehen werden mag, ob die Eisperiode der Nord- mit jener der Südhemisphäre eine völlig gleichzeitige oder eine alternirende war.

Die Erkenntniss, dass aus der temporären Ueberfluthung der niedrigeren Continentaltheile, so wie aus der damit zusammenhängenden Ablenkung des Golfstromes nach dem grossen Ocean, endlich aus der Entziehung des grossen Wärmefactors, der Sahara, durch deren Wasserbedeckung die kolossale Entwicklung der Gletscher während der Diluvialperiode nicht ausschliesslich und allein hergeleitet werden könne, um so weniger, als auch diese über einer ganzen Erdhälfte gleichzeitig stattgehabte durchgreifende Veränderung der räumlichen Verhältnisse von Land und Wasser nur schwer einem rein tellurischen Act, wie etwa einer durch unterirdische Prozesse bewirkten allgemeinen Senkung aller Landmassen zugeschrieben werden kann, sondern, wenigstens mittelbar, mit kosmischen Vorgängen wird in Zu-

sammenhang gebracht werden müssen, hat denn auch dahin geführt, hauptsächlich in Ursachen der letzteren Art eine Erklärung des ganzen Phänomens zu suchen.

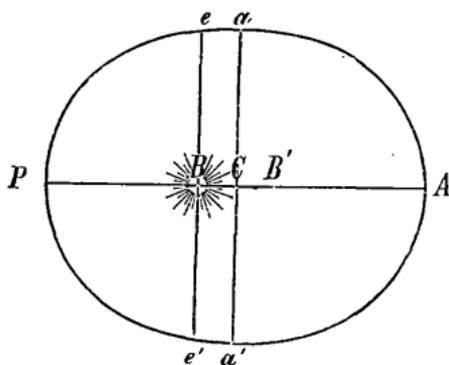
Nachdem die scheinbar am nächsten liegende Annahme einer Verrückung der Erdaxe als vom astronomischen Standpunkte aus ganz unhaltbar aufgegeben werden musste, glaubte man die von der Eiszeit untrennbar gedachte allgemeine Depression der Temperatur in einer temporären Schmälerung der Wärmeabgabe des Sonnenkörpers, sei es in Folge eines veränderten Zustandes der Sonnenoberfläche selbst, sei es in Folge wechselnder Beschaffenheit des von dem ganzen Planetensystem durchwanderten Mediums des Weltraumes erklären zu können, bis endlich in neuerer Zeit die Excentricität der Erdbahn als die Quelle aller jener Verhältnisse zur Geltung gelangte, welche die Uebergletscherung weiter Gebiete der Erde zur Folge hatten.

Um die sich auf die Erdbahnexcentricität stützenden Erklärungsversuche der Eiszeit, wenn selbst auch nur in den Hauptzügen verständlich darlegen zu können, wird es nöthig sein, das Allerwesentlichste über die Erdbahnexcentricität selbst und über deren Einfluss auf die Länge der Jahreszeiten und die damit zusammenhängenden Temperaturverhältnisse vor auszuschicken.

Bekanntlich hat die Umlaufsbahn der Erde, wenn von der im Weltraume fortschreitenden Bewegung unseres ganzen Sonnensystems abgesehen wird, die Gestalt einer Ellipse (siehe nachstehende Figur), in deren einem ihrer beiden Brennpunkte BB' sich die Sonne

befindet. Eine durch die beiden Brennpunkte gehende gerade Linie PA bildet die grosse Axe der Erdbahn. Diese sowohl, wie auch die senkrecht auf ihr stehende, durch den Mittel-

punkt der Ellipse gehende kleine Axe aa' theilen die Erdbahn in zwei gleiche Hälften. Der eine die Erdbahn berührende Endpunkt P der grossen Axe, in welchem die Erde bei



ihrem Umlaufe um die Sonne angelangt, der letzteren am nächsten steht, wird der Punkt der Sonnennähe (Perihelium), der entgegengesetzt liegende Endpunkt A der Punkt der Sonnenferne (Aphelium) genannt. Perihel und Aphel zusammen heissen die Absiden, und dem entsprechend wird auch die sie verbindende grosse Axe als Absidenlinie bezeichnet. Der Unterschied zwischen der Entfernung des Perihels vom Sonnencentrum und der Länge der halben grossen Axe, oder was dasselbe bedeutet, das Verhältniss des Abstandes zwischen dem Mittelpunkte der Sonne und jenem der Ellipse zur Länge der halben grossen Axe heisst die Excentricität der Erdbahn. Denkt man sich durch den Mittelpunkt der Sonne eine mit der kleinen Axe parallel laufende Linie ee' gezogen, so zerlegt die letztere die Erdbahn-

ellipse in zwei ungleiche Hälften, von welchen die kleinere in ihrer Mitte das Perihel, die grössere das Aphel einschliesst.

Die Grösse der Bahnexcentricität stellt sich bei unserer Erde derzeit als verhältnissmässig gering dar, indem sie beiläufig nur $\frac{1}{60}$ der halben grossen Axe beträgt, während sie beispielweise bei dem Jupiter gleich $\frac{1}{21}$, bei dem Saturn $\frac{1}{18}$, bei dem Mars nahe $\frac{1}{11}$, ja bei Mercur sogar weniger als $\frac{1}{5}$ der entsprechenden halben grossen Bahnaxe gefunden wurde. Nur bei der Venus ist die Excentricität noch bedeutend geringer, als bei der Erde, indem sich dieselbe für die Bahn dieses Planeten gleich $\frac{1}{143}$ ergab. Würde man die Erdbahnellipse in ihrer wahren Gestalt zeichnen, so dürfte es selbst einem geübten Auge schwer werden, sie von einem regelmässigen Kreise zu unterscheiden.

Trotz ihrer geringen Grösse macht sich jedoch diese Excentricität in manchen wichtigen Verhältnissen unseres Erdkörpers geltend. Abgesehen von der ungleichen Länge der wahren Sonnentage, welche durch die mit der wechselnden Entfernung der Erde von dem Centralkörper zusammenhängende ungleiche Bahngeschwindigkeit der ersteren bedingt wird, ist auch die absolute Menge der Wärme, welche der ganzen Erde von der Sonne zukommt, wegen des wechselnden Abstandes der beiden Gestirne ungleich. Wird das Wärmequantum, welches die Erde zur Zeit ihrer Stellung im Perihel (19,550.000 Meilen Entfernung) von der Sonne empfängt = 1.034 gesetzt, so beträgt dasselbe während der

Stellung im Aphel (20,217.000 Meilen Abstand) nur 0.967. Nicht minder wird aber auch durch diese Excentricität eine ungleiche Länge unserer Jahreszeiten bedingt, wie dies aus dem Nachfolgenden entnommen werden kann.

Wie Sie, hochgeehrte Anwesende, wissen, setzt man den Beginn der vier auf einander folgenden Jahreszeiten in den Moment, wo die Sonne in eines der vier Hauptzeichen der sogenannten Ekliptik eintritt. Unter der Ekliptik hat man sich die in Gestalt eines grössten Kreises auf die Himmelsphäre projecirte Erdbahn zu denken. Diese Ekliptik wird, wie alle Erd- und Himmelskreise, in 360 Grade, ausserdem aber auch durch 12 je 30 Grade von einander abstehende Zeichen in eben so viele gleiche Theile getheilt. Von diesen 12 Zeichen werden jene des Widders (Υ), des Krebses ($\♋$), der Wage ($\♎$) und des Steinbocks ($\♏$), welche um je einen Viertelkreis von einander abstehen, als die eben erwähnten vier Hauptzeichen der Ekliptik erkannt. Die in den vier Figuren der angefügten Tafel um den Kreis der Ekliptik eingetragenen Zeichen machen ihre gegenseitige Stellung zu einander ersichtlich.

In Bezug auf die verschiedenen Stellungen der Erde in ihrer Bahn ist Folgendes zu bemerken: Hat die Erde während ihres Umlaufes den Punkt *I* erreicht, von welchem aus für ihre Bewohner die Sonne (geocentrisch*) genommen) in das Zeichen des Widders (Υ)

*) Bei dem Worte geocentrisch hat man sich das Auge des Beobachters im Mittelpunkte der Erde zu denken,

tritt, so beginnt für die nördliche Hemisphäre der Frühling, für die südliche der Herbst. Ist die Erde in die Position *II* vorgerückt, von welcher aus betrachtet die Sonne mit dem Zeichen des Krebses in der Conjunction erscheint, so ist Sommeranfang für die Nord-, Winteranfang für die Südhalbkugel. Bei *III* angelangt lässt die Erde ihren Bewohnern die Sonne im Zeichen der Wage (♎) erscheinen, von wo an der Herbst der Nordhemisphäre, der Frühling südlich vom Aequator zählt. Hat endlich die Erde die Stellung *IV* erreicht so sehen wir die Sonne im Zeichen des Steinbocks stehen, und damit hat der Winter der Nord-, der Sommer der Südhalbkugel seinen Anfang genommen.

Ein weiterer Blick auf die vier Figuren der Tafel zeigt uns zwei sich rechtwinkelig schneidende Linien, von denen die eine, V und ♎ verbindend, die Aequinoctiallinie genannt wird, weil, wenn die Sonne in eines dieser beiden Zeichen tritt, Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich lang sind, während die andere, zwischen ♋ und ♌ gelegene Linie die Solstitiallinie darum heisst, weil die Sonne, während ihres scheinbaren Jahreslaufes in der Nähe des einen oder des anderen der letztgenannten Zeichen sich befindend, ihre mittägige Höhe durch eine Reihe von Tagen nur unmerklich ändert. Diese beiden Linien nun zerlegen wohl die Ekliptik in vier gleiche Theile, nicht aber auch die

eben so, wie der Ausdruck heliocentrisch sich auf den Mittelpunkt der Sonne bezieht.

Erdbahn. Wir sehen gleich in der Figur 1, dass jener Abschnitt der Erdbahn, welcher rechts von der Aequinoctiallinie liegt und welcher das Aphel einschliesst, grösser ist, als der Theil links von der Aequinoctiallinie, in welchen das Perihel fällt. Es ist klar, dass die Erde, selbst wenn sie mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit ihre Bahn durchheilen würde, dennoch eine längere Zeit brauchte, um den ersteren Abschnitt von *I* durch *II* bis *III*, also von unserem Frühlings- bis zum Herbstanfang zurückzuliegen, als sie benöthigte, um von der Stellung *III* durch *IV* bis wieder zu *I* zu gelangen, was vom Herbst- bis zum Frühlingsbeginn der Nordhemisphäre geschieht. Der Unterschied in der Länge der Wanderzeit durch diese beiden ungleich grossen Bahnhälften wird aber dadurch noch vergrössert, dass die Erde in der Zeit ihrer Aphelperiode wegen der grösseren Entfernung von der Sonne sich langsamer bewegt, als in dem gegenüberliegenden Theile der Bahn, wo die grössere Annäherung zur Sonne ihren Lauf beschleunigt. So kommt es, dass das Sonnenhalbjahr (Frühling und Sommer) der Nordhemisphäre derzeit länger ist, als das Winterhalbjahr (Herbst und Winter), und zwar beträgt der Unterschied in unserem Jahrhunderte nahe 7·7 Tage.

Ich sage, in unserem Jahrhunderte, denn das angegebene Verhältniss ist kein constantes, sondern fortgesetzten Aenderungen unterworfen. Diese Aenderungen werden durch den Umstand bedingt, dass Perihel und Aphel unaufhörlich ihre Position gegen

die verschiedenen Punkte der Ekliptik ändern und demnach selbstverständlich auch die Lage der Absidenlinie oder der grossen Axe eine continuirliche Verschiebung erleidet. Die Bewegung der Absiden erfolgt in der gleichen Richtung, wie der Umlauf der Erde, nur bedarf es eines ungleich längeren Zeitraumes, nämlich einer Periode von beiläufig 21.000 Jahren, bis Perihel und Aphel wieder denselben Punkten der Ekliptik gegenüberstehen.

Die punktirte Linie *PA* in der Figur 1 veranschaulicht die Lage der Absidenlinie in unserem Jahrhundert. Wir sehen, dass dieselbe mit der Solstitiallinie einen Winkel von beiläufig 10 Grad bildet und dass das Perihel in einem Punkte sich befindet, welchen die Erde am 1. Jänner passirt, während das Aphel mit der Stellung der Erde am 2. Juli zusammenfällt. Dies ist der Grund, dass die Bewohner der Nordhemisphäre derzeit ein nur 178·8 Tage zählendes Winterhalbjahr haben, während ihr Sommerhalbjahr $186\frac{1}{2}$ Tage dauert. Nach dem früher Angeführten muss auf der südlichen Hemisphäre das Umgekehrte stattfinden.

Noch etwas günstiger war für unsere Erdhälfte das Verhältniss um das Jahr 1250 n. Chr., wo die Absidenlinie mit der Solstitiallinie unmittelbar zusammenfiel und die Erde schon am ersten Tage des Winters durch das Perihel ging. Damals erreichte der Unterschied in der Länge von Sommer- und Winterhalbjahr das der jetzigen Excentricität entsprechende Maximum von etwas mehr als acht Tagen.

Wesentlich anders werden die Verhältnisse um das Jahr 6500 n. Chr. stehen. Bis dahin wird das Perihel (heliocentrisch genommen) in das Zeichen der Wage, das Aphel in das Zeichen des Widders eingetreten sein, die Absidenlinie also mit der Aequinoctiallinie zusammenfallen (siehe Fig. 2), Sommer- und Winterhälfte des Jahres in beiden Hemisphären gleich lang sein.

Wieder 5250 Jahre später, also um das Jahr 11.750 unserer Zeitrechnung werden, vorausgesetzt, dass sich bis dahin im Gange der Absiden keine Störung ereignet und die Grösse der Excentricität keine Aenderung erlitten hat, Perihel und Aphel jene Stellung einnehmen, welche in der Fig. 3 dargestellt ist. In jener Zeit wird dann für die Nordhemisphäre das Maximum der Länge der winterlichen Jahreshälfte und dem entsprechend die Minimaldauer der sommerlichen Hälfte, im Allgemeinen also jener Zustand eingetreten sein, welcher um das Jahr 1250 n. Chr. in der Südhemisphäre herrschte und nur wenig abgeschwächt auch noch gegenwärtig besteht. Dasselbe für unsere Hemisphäre ungünstigste Verhältniss hatte aber auch vor beiläufig 11.000 Jahren existirt, immer vorausgesetzt, dass die Erdbahnexcentricität und die Umlaufperiode der Absiden dem jetzigen Stande entsprachen.

Die Fig. 4 endlich versinnlicht die Stellung der Absiden nach 15.000 Jahren, wie auch jene vor beiläufig 6000 Jahren, einen Stand, welcher wieder eine gleiche Länge von Sommer- und Winterhalbjahr für beide Hemisphären bedingt.

Wenn das über die Erdbahnexcentricität Angeführte noch einmal kurz zusammengefasst wird, so ist mit Bezug auf das unseren Gegenstand hauptsächlich Betreffende Folgendes hervorzuheben. Die gegenwärtig bestehende Excentricität, gleich $\frac{1}{60}$ der halben grossen Axe, bewirkt, wenn die letztere, oder die Absidenlinie mit der Solstitiallinie zusammenfällt, einen Unterschied von etwas über acht Tage zwischen Sommer- und Winterhalbjahr, wobei das lange Winterhalbjahr der Südhemisphäre zufällt, wenn die Erde am Beginn unseres Winters in das Perihel, und zur Zeit unseres Sommeranfanges in das Aphel tritt (annähernd der gegenwärtige Zustand), während die Nordhalbe der Erde ihr langes Winterhalbjahr in jener Periode zu bestehen hat, wo die Erde zur Zeit unseres Winteranfangs das Aphel, zur Zeit unseres Sommerbeginnes das Perihel passirt. Je in der Mitte zwischen diesen beiden Extremen liegen die Zeiten gleich langer Winter- und Sommerhalbjahre in beiden Hemisphären, es sind die Zeiten, wo die Absidenlinie mit der Aequinoctiallinie zusammenfällt. Der vollständige Cyclus dieser Verhältnisse vollzieht sich innerhalb eines Zeitraumes von beiläufig 21.000 Jahren. Dort wo der Winter einer Hemisphäre mit dem Durchgange der Erde durch das Aphel zusammenfällt, muss der Winter, abgesehen von der längeren Dauer, auch wegen der grösseren Entfernung der Erde von der Sonne relativ am kältesten sein. In Folge der verhältnissmässig geringen Excentricität der Erdbahn, bei welcher der Unterschied zwischen der grössten und kleinsten Ent-

fernung von der Sonne nur $\frac{1}{30}$ der mittleren Entfernung beträgt, ist übrigens der Unterschied in der Wärmemenge, welche dem Erdkörper in den zwei extremen Zeiten zukommt, kein bedeutender, indem dieselbe für die Durchgangsperiode durch das Perihel und jene durch das Aphel sich wie die Zahlen 1.034 und 0.967 verhalten.

Diese vorbesprochenen Verhältnisse waren es, aus welchen, wie schon angedeutet wurde, neuere Forscher eine Erklärung der Eiszeit abzuleiten versuchten. Es wäre gewiss eine dankbare Aufgabe, Ihnen den Ideen- gang, welchen die verschiedenen Gelehrten bei dem Versuche der Lösung dieser Aufgabe verfolgten, in wenn auch nur ganz rohen Umrissen zu skizziren. Allein bei der schon allzuweit vorgeschrittenen Zeit muss ich mich mit nur wenigen Andeutungen über diesen Gegenstand begnügen.

Zunächst möge Adhemar genannt werden, welcher die Eiszeit je einer Hemisphäre mit jener Periode in Zusammenhang bringt, in welche für dieselbe das lange Winterhalbjahr und das kurze Sommerhalbjahr fällt, wie dies um das Jahr 1250 unserer Zeitrechnung für die südliche Hemisphäre der Fall war und zum Theile noch ist, und wie vor 11.000 Jahren dasselbe auf der nördlichen Erdhalbe stattfand. Wie nach ihm durch die in Folge der längeren und zugleich (wegen der Sonnenferne) kälteren Winter sich entwickelnde ungeheuere Eisanhäufung um den Südpol eine Verrückung des Schwerpunktes der Erde, damit aber auch zugleich ein

Ueberströmen der oceanischen Gewässer nach Süden bewirkt wurde und die gegenwärtige Bedeckung der Continente mit Wasser zur Folge hatte, so musste vor 11.000 Jahren wegen der mit den langen Wintern verbundenen Eisentwicklung um den Nordpol ein allmähliges Ueberfluthen der niedrigen Continentaltheile und in Zusammenhang damit die riesige Gletscherentwicklung auf unserer Hemisphäre platzgreifen.

Adhemar's Theorie fand bei den Fachmännern nur beschränkten Anklang, da sie offenbar an einer Ueberschätzung der klimatischen Wirkungen jener relativ geringen Erdbahnexcentricität litt, wie die letztere derzeit besteht, und wie sie von den genannten Gelehrten auch nicht grösser angenommen wurde.

Ausgebreitetere Beachtung erwarb eine vor wenigen Jahren von Dr. Schmick entwickelte Theorie der Eiszeit, welche, sich ebenfalls auf die bekannten Verhältnisse der Erdbahnexcentricität stützend, eine periodische Umsetzung der Meere von einer Hemisphäre auf die andere annimmt, diese Umsetzung aber nicht, wie Adhemar, von der wachsenden Eiscalotte am Pole und einer dadurch hervorgerufenen Verrückung des terrestrischen Schwerpunktes abhängig macht, sondern den durch Jahrtausende sich ständig mehrenden Rückständen einer erhöhten solaren Fluthwelle zuschreibt, welche durch die jährlich monatelang andauernde, stärkere Annäherung der Erde gegen die Sonne während des Sommerhalbjahres der unter den längeren und zugleich kälteren Wintern leidenden Hemisphäre hervorgerufen werde.

Diese hier nur roh angedeutete Theorie Schmick's, in ihrer ersten Entwicklung an mehrfachen bedeutenden Ueberschätzungen der in Betracht gezogenen Factoren leidend, hat dieser offenbaren Schwäche wegen mehrfache, zum Theil harte Angriffe erfahren, dennoch scheint sie, meiner Ansicht nach, namentlich nach den Rectificationen, welche der Autor selbst bereits mit ihr vorgenommen hat (eine wesentliche Verbesserung der Theorie besteht darin, dass er die zuerst nur in eine Periode von 10.500 Jahren zusammengedrängten Meeresumsetzungen nach ihren Extremen nun innerhalb eines viel längeren Zeitraumes vollziehen lässt), immerhin einer eingehenden Würdigung werth zu sein. In jedem Falle hat sich Schmick schon allein mit der Zusammenstellung einer grossen Anzahl lehrreicher Thatsachen, welche er zur Unterstützung seiner Theorie zusammenzutragen bemüht war, ein nicht zu unterschätzendes Verdienst erworben, wie nicht minder damit, dass er durch dieselbe den Anstoss zu einer erneuerten, schärferen Inangriffnahme des ganzen Problems gegeben hat.

Scheint die gegenwärtige Erdbahnexcentricität jedenfalls nicht ausreichend, auf sie allein eine Theorie der Eiszeit stützen zu können, so müsste doch dieser Factor sehr an Bedeutung gewinnen, wenn sich nachweisen liesse, dass die periodischen Veränderungen in der Erdbahnexcentricität grösser seien, als bisher angenommen wurde. In der That haben auch die englischen Astronomen und Physiker Stone, James Croll und Carrick Moore es versucht,

auf dem Wege mathematischen Calculs nicht nur im Allgemeinen die Möglichkeit viel grösserer Erdbahnexcentricitäten, als die gegenwärtigen, nachzuweisen, sondern sich auch der Mühe unterzogen, für einen längeren Zeitraum zurück die vorgekommenen Wechsel in der Grösse der Excentricität festzustellen. Das Resultat ihrer Untersuchung war, dass, während die gegenwärtige Excentricität der Erdbahn nur $\frac{1}{60}$ des halben grössten Durchmessers der letzteren beträgt, dieselbe während der letzten Million Jahre wiederholt dreimal grösser, ja vor beiläufig 850.000 Jahren sogar über viermal so gross gewesen sei.

Daraus nun würde, die Richtigkeit aller in Rechnung gezogenen Factoren vorausgesetzt, hervorgehen, dass, während nach der jetzt bestehenden Excentricität nur ein Maximalunterschied von etwas über acht Tagen zwischen den Längen des Sommer- und Winterhalbjahres stattfinden kann, derselbe innerhalb der vorausgegangenen Million Jahre sich mehrere Mal auf und über 20 Tage, ja einmal sogar, nämlich vor 850,000 Jahren sogar auf 36 Tage zu steigern vermochte.

Dass so geartete Verhältnisse, immer vorausgesetzt, dass sie wirklich stattgehabt hatten, auch im Stande waren, eine grossartige Gletscherentwicklung und wohl auch gleichzeitig Umsetzungen der Meeresmassen von einer Hemisphäre nach der anderen, beziehungsweise länger andauernde Wasserbedeckungen früher trocken gelegener Landmassen zu bewirken, ist kaum zu be-

zweifeln. Als eben so sicher muss dann aber auch angenommen werden, dass es nicht nur eine, sondern bereits öfter wiederholte Eiszeiten, oder doch denselben analoge Perioden einer andauernden Temperaturdepression gegeben habe.

In der That scheinen mehrfache Vorkommnisse, welche von verschiedenen Forschern in der Schweiz und auch von mir im Salzkammergut beobachtet wurden, darauf hinzuweisen, dass es schon innerhalb der Diluvialperiode nicht nur eine, sondern zwei Eiszeiten gegeben habe, von welchen die erstere an Dauer und Intensität die folgende bedeutend übertraf. Ob aber das Zeitintervall zwischen diesen beiden Eiszeiten gross oder klein war, oder ob dieselben nicht vielleicht doch nur als verschiedene Phasen einer einzigen, sehr lange andauernden, und in ihrem Verlaufe starken Oscillationen unterworfenen Eisperiode zu gelten haben, muss vorläufig noch als unentschieden angesehen werden.

Noch bleibt eine Frage zu erörtern übrig, welche wie keine zweite, denselben Gegenstand betreffende, unserem Interesse nahe liegt, nämlich die Frage, wie es sich wohl bei der fortschreitenden Ueberfluthung alles niedrigeren Landes, der Vergletscherung aller Gebirge und der damit zusammenhängenden Verschlechterung der klimatischen Zustände mit dem organischen Leben verhalten haben möge.

Als selbstverständlich dürfte sich wohl Jedermann der Gedanke aufdrängen, dass die Eisperiode in die von der vorausgegangenen Tertiärzeit hinterlassene reiche

Fauna und Flora einen gewaltsamen Abschnitt bringen musste; jedenfalls möchte es als geradezu unmöglich erscheinen, dass für jene riesigen Thiergestalten der subtropischen und tropischen Zone, welche vor dem Beginne der Diluvialperiode noch unsere Breiten bevölkerten, während der Eiszeit die unabweislichsten Lebensbedingungen noch erfüllt geblieben sein konnten. Und in der That begegnen wir in den nachglacialen Ablagerungen auf europäischem Boden keinem einzigen Repräsentanten der tropischen Thierwelt mehr. Die Eiszeit hat ihrem Dasein vollständig ein Ende gemacht.

Aber nicht so rasch, als man vielleicht denken möchte, vollzog sich die Wandlung der bisher bestehenden Fauna und Flora. So wie die Ursachen der Ueberfluthung und Eisbildung sich nicht rasch sondern durch einen Jahrtausende währenden Zeitraum vorbereiteten und entwickelten, so änderten sich auch die Erscheinungen des organischen Lebens nur schrittweise. Es war ein langer, harter Kampf um das Dasein, welchen die verschiedenen Geschöpfe des Festlandes während jener Periode durchzumachen hatten, und wenn wir uns alle Vorgänge der letzteren vergegenwärtigen, so wird es nicht schwer fallen, zu begreifen, dass innerhalb der von den erwähnten physischen Veränderungen heimgesuchten Regionen der Erde nur verhältnissmässig wenige Arten von Pflanzen und Thieren jene das Leben mehr oder weniger hart bedrängenden Zustände auszuhalten vermochten, ohne schliesslich entweder ganz aus-

getilgt, oder doch in ihrem Wesen mehr oder weniger gründlich verändert zu werden.

Denken wir zunächst nur allein an die Wirkungen der allmählig fortschreitenden Ueberfluthung aller Tieflandstheile, mit welcher die Eiszeit eingeleitet wurde. Es liegt nahe, dass durch die stetig wachsende Einengung des nährenden Bodens alle pflanzenfressenden Thiere immer mehr und mehr nach den höher gelegenen, durchschnittlich sterileren Partien der Continente gedrängt wurden, dass in solcher Weise die verschiedensten Thierspecies aus ihren ursprünglich weit von einander abliegenden Verbreitungsbezirken durch die langsam steigenden Gewässer vertrieben und, wenn auch von Zeitraum zu Zeitraum in der Anzahl der Individuen stetig gemindert, so doch bunt genug nach Arten in Gegenden zusammengeführt werden konnten, die nicht ihre ursprüngliche Heimat waren.

Wenn wir diese unzweifelhaft stattgehabten Wanderungen uns gegenwärtig halten, so werden wir auch kaum mehr überrascht sein, in einer und derselben Ablagerung jener Periode die Ueberreste von Renthier und Nashorn, von Höhlenbär und Höhlenlöwe, von Auerochs und Mammoth beisammen zu finden. Nicht minder erscheint es dann auch selbstverständlich, dass bei dem durch das immer engere Zusammendrängen der verschiedensten Thiere sich entwickelnden Kampfe um das Leben die kräftigsten Fleischfresser, wie z. B. der gewaltige Höhlenbär, in dem Masse die Oberhand gewinnen mussten, als allen Pflanzenfressern durch die zunehmende Beschrän-

kung der Weideplätze und die Verkümmernng der Vegetation die Mittel der Existenz mehr und mehr entzogen, und sie schon dadurch auf den Aussterbeetat gesetzt wurden. Dass bei den erwähnten, durch die allmälige Ueberschwemmung der Tiefländer hervorgerufenen Wanderungen ganze Heerden von Thieren die Erreichung dauernder Zufluchtsstätten verfehlten und, auf immer kleiner werdende Flachinseln zusammengedrängt, schliesslich selbst in ihren letzten Nachkommen durch die, wenn auch noch so langsam wachsende Fluth vertilgt wurden, ist wohl kaum zu bezweifeln. Haben wir ja doch einen der grossartigsten Belege dafür in den mächtigen Anhäufungen von Mammuthresten im nördlichen Sibirien. Man hat die Zahl der in einzelnen Exemplaren noch bis auf die innersten Organe und einzelne deutlich bestimmbare Speisereste vollständig erhaltenen Mammuthcadaver und der Skelette, welche im Laufe der letzten 200 Jahre durch die erodirende Thätigkeit der Flüsse aus dem gefrorenen Boden der Ufergelände zu Tage gefördert wurden, auf nicht weniger als 20.000 geschätzt, und doch bildet diese Zahl gewiss nur einen kleinen Theil aller, in den weiten Diluvialschichten Sibiriens begrabenen Mammuthleichen. Die relativ grosse Häufigkeit von Ueberresten dieser gewaltigen Thiere drängt unwillkürlich den Gedanken auf, dass wenigstens in diesem Theile der Erde Wasserbedeckungen des Tieflandes sich mitunter nicht schrittweise in Jahrtausenden oder Jahrhunderten, sondern in verhältnissmässig noch kürzerer Zeit vollzogen haben mochten.

Noch ist des für uns gewiss interessantesten Zeugen der Eiszeit nicht gedacht worden, nämlich des Menschen.

Dass derselbe in jener fernliegenden Periode wirklich existirt habe, darf derzeit wohl als eine von den gewichtigsten Autoritäten im Gebiete der Archäologie und Geologie festgestellte Thatsache angesehen werden. Vor Allem waren es die Höhlen Belgiens, dann Frankreichs, endlich auch solche in Deutschland, welche nicht zu missdeutende Nachweise von der Existenz des Menschen während der Diluvial-, beziehungsweise der Eiszeit oder doch wenigstens einer Zeit, welche noch dem Ausgange derselben angehörte, geliefert haben.

Ja in manchen dieser Höhlen, so namentlich in jenen der Dordogne wurden sogar Funde gemacht, welche, ihre Echtheit vorausgesetzt, *) beweisen, dass der Mensch, welcher gleichzeitig mit dem Mammuth, Renthier und dem Steinbock den südlichen Theil Frankreichs bewohnte, schon weit genug in der geistigen Entwicklung vorge-schritten war, um mit kunstfertiger Hand Zeichnungen

*) Nach den bereits an verschiedenen Orten gemachten Funden derartiger Kunsterzeugnisse dürfte, wenigstens bei der Mehrzahl derselben, die Echtheit kaum mehr zweifelhaft sein. Erst in der jüngsten Zeit wurde in einer Höhle bei Thäingen in der nördlichen Schweiz durch Prof. Heim eigenhändig ein auffällig geformtes Stück von Renthiergeweih zu Tage gefördert, welches nach Beseitigung des Ueberzuges von Kalksinter auf einer Schnittfläche die nahezu vollständig correcten Umrisse eines Renthiers eingegraben enthielt.

der eben genannten Thiere auf Horn-, Bein- oder Mammuthzahnplatten entwerfen zu können.

Um denjenigen meiner geehrten Zuhörer, welche noch nicht Gelegenheit hatten, sich über die Art des Vorkommens derartiger uralter Menschenspuren zu unterrichten, einen wenigstens annähernden Begriff der Lebensverhältnisse unseres Geschlechtes in jener dunklen Vorzeit zu geben, will ich zweier Localitäten, beide auf deutschem Boden, kurz gedenken.

Die erste derselben ist der sogenannte Hohlefels, bei Blaubeuern im schwäbischen Achthal. Im Hohlefels hat man in einer hoch mit Bruchschutt der Höhle bedeckten Moderschichte neben ganzen Körben von Bären- und Renthierknochen auch Knochen und Klauen einer riesigen Katzenart, entweder Tiger oder Löwe, dann Knochen von einer Antilope, vom blauen Polarfuchs, vom Leming(?), vom Wolf, Auerochs, Schwan und Wildgans, endlich auch noch einzelne Ueberbleibsel von Mammuth und Rhinoceros gefunden.*)

Neben den Ueberresten der genannten und noch mehrerer anderer Thierarten wurden aber auch ganz untrügliche Kennzeichen aufgefunden, dass Menschen diese Höhle zur Zeit der Anhäufung jener Knochen-

*) Ob die einzelnen Ueberbleibsel von Mammuth und Rhinoceros von den Bewohnern des Hohlefels nicht schon als solche für irgend einen Zweck aus einer älteren Ablagerung aufgelesen und in die Höhle gebracht worden sind, oder ob es wirklich Reste einer lebendigen Jagdbeute waren, möge bei dieser Localität dahingestellt bleiben.

massen bewohnt hatten. Vor Allem zeigen die zahlreichen Skeletttheile des riesigen Höhlenbären, dass derselbe von Menschen getödtet und verspeist wurde. Die markhaltigen Röhrenknochen sind regelmässig der Länge nach geöffnet und die Wirbel entzwei geschlagen. Ebenso erscheint der Schädel mit Gewalt zerklopft, der Unterkiefer herausgenommen, und zu einem axtartigen Werkzeug derart umgestaltet, dass der spitze Eckzahn den spaltenden Körper bildete. Von den Rippen sind viele mit grosser Sorgfalt zu Pfeilspitzen gespalten. Das letztere gilt auch von den noch zahlreicher vorkommenden Renthierknochen.

Die bestimmtesten Anzeichen von menschlichen Bewohnern der genannten Höhle bilden die zahlreichen Feuersteinmesser und die Fragmente von Töpfergeschirr rohester Art. Zweifellos lebten die Troglodyten des Hohlefels von den Erträgnissen der Jagd, deren Hauptobjecte der Höhlenbär und das Renthier bildeten.

Lassen Sie mich nun noch ganz kurz eine zweite Oertlichkeit, und zwar gleichfalls des Schwabenlandes berühren, deren Vorkommnisse einerseits in pflanzlicher Beziehung auf die Eiszeit hinweisen, und anderseits den Beweis liefern, dass der Mensch während oder doch unmittelbar nach derselben auf deutschem Boden existirt haben müsse. Es ist ein zwischen Kies und Sandschichten eingebettetes kleines Torflager bei Schussenried im schwäbischen Saugau. Dasselbe besteht fast ausschliesslich aus Moosresten, welche so vorzüglich erhalten sind, dass die botanische Bestimmung derselben

keinerlei Schwierigkeit bot. Dieselbe ergab, dass es durchaus hochnordische Arten waren, welche das Torflager aufbauten.

Nun sind in demselben aber auch Ueberreste von Thieren, gleichfalls vorwiegend nordischer Natur, enthalten; so neben anderen Skeletttheile des Renthiers, des Vielfrasses, des Eisfuchses. Was jedoch dieser Ablagerung ein ganz besonderes Interesse verleiht, das sind die zahlreichen Werkzeuge von Feuerstein, dann Bruchstücke schüsselartiger, vom Feuer geschwärzter Sandsteinplatten, hölzerne und beinerne Nadeln, bearbeitete Fragmente von Renthiergeweih, gespaltene Knochen desselben Thieres in grosser Menge u. a. m., so dass man kaum fehl greift, diese mit der Torfeinlagerung theilweise ausgefüllte Vertiefung im Kiesboden als eine Art Kehrichtgrube von in der Nähe angesiedelten Menschen anzusehen.

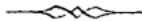
Wenn nun der Mensch wirklich schon zu einer Zeit existirte, in welcher das Renthier nicht nur bis in das südliche Deutschland, sondern sogar bis in das südliche Frankreich aus seiner nordischen Heimat herabgedrängt worden war, wo er also auch nothwendig Zeuge der Eiszeit gewesen sein musste, so dürfen wir uns wohl die Frage stellen, soll unser Geschlecht wirklich erst in jener, für seine Entwicklung gewiss am wenigsten günstigen Periode in's Dasein gerufen worden sein, oder hat es schon vor der Eiszeit bestanden, und so alle Bedrängnisse und Schrecken derselben vom Beginne an mitgemacht?

Das Letztere erscheint jedenfalls schon an sich als das Wahrscheinlichere, und in der That hat man auch bereits an verschiedenen Stellen menschliche Erzeugnisse rohester Art in Schichten aufgefunden, welche allem Anscheine nach dem älteren präglacialen Diluvium, oder den jüngsten Tertiärablagerungen zuzuzählen sind.

Ist aber das Letztere richtig, so gewinnt die bei allen Völkern der Erde von nur einiger historischer Erinnerung sich wiederholende Mythe von einer, die ganze Erde bedeckenden, und alles Lebende bis auf wenige Paare von Menschen und Thieren vertilgenden Fluth einen wenigstens in den Hauptumrissen tatsächlichen Hintergrund.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal den ganzen Verlauf der Vorgänge vom Schlusse der Tertiärperiode, bis zum Ablaufe der Eiszeit, denken wir an die Schritt um Schritt vorrückende Ueberfluthung der Tiefländer, denken wir dann an das durch jene Ueberfluthung hervorgerufene Zusammendrängen aller thierischen Bewohner des niedrigen Landes in höhere Gegenden, denken wir ferner an die hauptsächlich durch wachsende Abkühlung und zunehmende Regenmenge charakterisirte Aenderung des Klimas und damit an die Nöthigung für die damals etwa schon existirenden Menschenfamilien, aus vielleicht wirklich paradiesischen, von milden Lüften überwehten Landschaften der Tiefebenen Generation um Generation, schrittweise nach den rauheren Hochländern sich zurückziehen und schliesslich in Höhlen vor der wachsenden Unbill der Witterung Schutz suchen

zu müssen, halten wir uns schliesslich vor Augen, dass mit dem zunehmenden Einengen des bewohnbaren Bodens und mit der wachsenden Schmälerung aller Erhaltungsmittel auch unter den Adamskindern ein Kampf um das Dasein sich entzünden mochte, dessen Resultat kaum ein anderes, als wachsende Verwilderung, zuletzt möglicher Weise selbst der brutalste Cannibalismus sein konnte, vergegenwärtigen wir uns all das eben Gesagte, so wird es uns auch kaum mehr Wunder nehmen, wenn eine dunkle Erinnerung an die angedeuteten Erlebnisse der Menschen der Diluvialzeit sich von Geschlecht zu Geschlecht, von Volk zu Volk fortgepflanzt und schliesslich zu einer Tradition verdichtet hat, die, wenn auch im Laufe der Jahrtausende mit den mannigfachsten Hüllen umkleidet, nichts desto weniger ihrem innersten Kern nach wirklich Geschehenes bewahrt.



Verschiedene Stellungen der Absidenlinie und der damit zusammenhängende Wechsel in der Länge der Jahreszeiten.

Fig. 1.

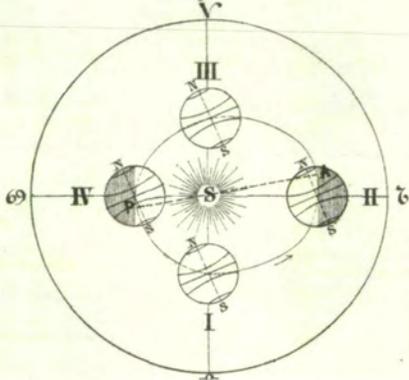


Fig. 3.

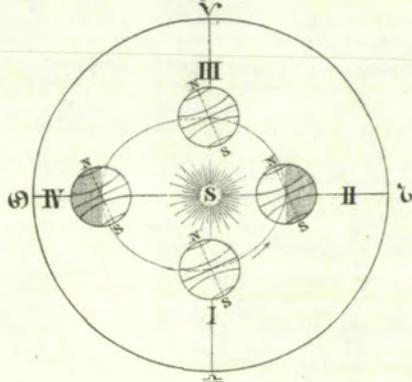


Fig. 2.

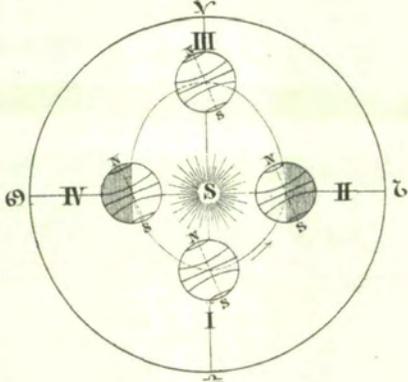


Fig. 4.

