

Die Gletscher.

Von

PROF. F. SIMONY.

Vortrag, gehalten im Monat März 1863.

Es ist ein bekanntes klimatisches Gesetz, dass die Temperatur der Atmosphäre nicht nur im horizontalen Sinne, vom Aequator gegen die Pole, sondern auch in verticaler Richtung, von unten nach oben, stetig abnimmt. Wenn auch dieses Gesetz vielfache örtliche und zeitliche Störungen erleidet, so erscheint doch im Grossen und Ganzen dessen Allgemeinheit verhältnissmässig wenig beeinträchtigt.

Im gleichen Momente, wo auf irgend einem tiefgelegenen Punkte des heissen Erdgürtels die Wärme der untersten Luftschichte sich auf 40—45° R. zu steigern vermag, kann auf einer andern Erdstelle innerhalb der eben in ihre Winternacht gehüllten Polarzone die Temperatur auf gleich viele Grade unter den Gefrierpunkt gesunken sein.

Ebenso dürfen wir aber auch mit voller Sicherheit annehmen, dass, wenn es uns gegönnt wäre, mit einem Luftballon in jede beliebige Höhe der Atmosphäre emporzusteigen, wir senkrecht über demselben tropischen Erdpunkte, wo die Wärme das vorhin angedeutete Maximum der Steigerung erreicht hat, in einer Erhebung von $2\frac{1}{2}$ bis höchstens 3 Meilen bereits das tiefste absolute Temperaturextrem der terrestrischen Kältepole antreffen würden.

Sehen wir indess von diesen äussersten Temperaturegensätzen ab, welche wohl in einem und demselben Zeitmomente an einzelnen Stellen des Tropengürtels und einer Polarzone vorkommen, nie aber an blos vertical differenten Punkten beobachtet werden können, da auf der ganzen Erde kein Punkt der Landfeste nur annähernd jene Höhe von $2\frac{1}{2}$ Meilen erreicht, und wenden wir uns Temperatur-Verhältnissen zu, deren Grenzen auch im verticalen Sinne nicht über das Bereich der terrestrischen Erhebungen hinausreichen.

Es gibt einen Wärmegrad, welcher in dem steten Auf- und Absteigen der Lufttemperatur eine Art klimatischer Scheide bildet, es ist dies der Null- oder Gefrierpunkt.

Suchen wir uns die Verbreitung des Temperaturstandes von 0^0 auf der ganzen Erde einmal für einen bestimmten kurzen Zeitabschnitt, etwa für einen mässig warmen Hochsommertag der nördlichen Hemisphäre zu vergegenwärtigen; und fassen wir, um die Betrachtung nicht zu compliciren, diese Temperatur von 0^0 als die Mitteltemperatur desselben Tages auf, so wird sich unter Hinblick auf die genügend bekannten Gesetze der horizontalen und verticalen Wärmevertheilung zunächst ergeben, dass die Temperatur von 0^0 überhaupt in um so grössere Höhe fällt, je mehr man sich der Tropenzone nähert, ferner, dass, wenn alle theils auf feste Erdstellen, theils in den freien Luftraum fallenden Punkte, für welche

sich jener Wärmegrad als mittlere Temperatur auf den gewählten Tag berechnen lässt, mit einander verbunden gedacht werden, ein die Erde umhüllendes Isothermellipsoid entsteht, dessen imaginäre Fläche sich um den nördlichen Pol herum etwa 3—4000', im unseren Breiten schon 13—14000', im Tropengürtel endlich sogar 18000—20000' über das Meeresniveau aufwölbt, dagegen aber über der entgegengesetzten, nun winterlichen Südhemisphäre sich ungleich rascher gegen die Erdoberfläche zusammenzieht, derart, dass sie das Meeresniveau schon diesseits des Polarkreises erreicht.

Versuchen wir, statt für einen einzelnen Sommertag der Nordhemisphäre, für deren ganze Sommerhälfte des Jahres aus den entsprechenden factischen Temperaturmitteln das Isothermellipsoid von 0° zu construiren, so wird sich ergeben, dass dasselbe schon enger um die Erde gezogen ist, als das vorige, indem es im Norden erst zwischen dem 70—80° das Meeresniveau verlässt, im Tropengürtel durchschnittlich nicht über 15—16000' Höhe erreicht, und in der Südhemisphäre schon um den 55. Parallel herum wieder mit dem Erdsphäroid verschmilzt.

Noch enger die Erde umschliessend würde sich jenes Isothermellipsoid zeigen, in dessen Oberfläche alle Punkte der mittleren Jahrestemperatur von 0° vereinigt gedacht werden.

Hat schon das Isothermellipsoid von 0° eines einzelnen Hochsommertages die Erdoberfläche in zahl-

reichen Punkten ihrer bedeutendsten Erhebungen geschnitten, so ist dies noch mehr der Fall bei dem gleichnamigen Isothermellipsoid einer sommerlichen Jahreshälfte und eines ganzen Jahres.

Während beispielsweise das erstere die höchsten Gipfel der europäischen Alpen wenigstens berührt, schneidet das zweite sie schon durchschnittlich in einem Niveau von 9500—10500', das Jahresisothermellipsoid dagegen bereits in einer Höhe von 6500 bis 7500'.

Wo die Temperatur der Luft auf 0° herabgesunken ist, geht aller atmosphärische Niederschlag in starre Form über, der Regentropfen wird zur Schneeflocke, oder zum Eiskorn. Wir können daher auch im Allgemeinen annehmen, dass in jenen Höhen, wo selbst während der Sommertage die Temperatur sich nicht über den Gefrierpunkt zu erheben vermag, es nie regnet, sondern nur schneiet, eben so, dass dort, wo die mittlere Temperatur der sommerlichen Jahreshälfte auf 0° herabgedrückt ist, auch der allergrösste Theil der sommerlichen Niederschläge eine starre Form annehmen muss, und endlich dass, wo die mittlere Jahrestemperatur auf 0° steht, in der Mehrzahl der Monate die Schneefälle gegenüber den Regen vorherrschend sind.

Wir Alle wissen, dass die starren Niederschläge der Atmosphäre nicht so rasch von der Erdoberfläche verschwinden, wie die flüssigen. Es ist eine entsprechende Summe von Wärme erforderlich, um den auf

die Erde gelagerten und angesammelten starren Niederschlag auf dem Wege des Flüssigmachens und Verdampfens wieder vollständig zu entfernen. Steht an einem Orte die Temperatur schon so tief, dass der Schneefall den Regen überwiegt, so kann endlich auch die Summe der Wärme des ganzen Jahres zu klein werden, um die im Verlaufe desselben Zeitraumes angesammelten starren Niederschläge vollständig zu beseitigen. Wo nun dieses eben ange deutete Verhältniss einzutreten beginnt, dort liegt jene, sowohl nach der geographischen Breite, als auch nach der verticalen Erstreckung bald mehr bald minder schwankende Linie, welche man mit dem Namen Schneegrenze bezeichnet.

Es wäre jedoch ein Irrthum, anzunehmen, dass die Schneegrenze überall dort schon zu suchen sei, wo die Temperatur auf das Jahresmittel von 0° oder irgend einen bestimmten Kältegrad herabgesunken ist. Die jährliche Summe der Wärme kann an zwei verschiedenen Orten gleich gering sein, und doch der eine derselben noch weit ausser oder unter der Schneegrenze, der andere eben so weit inner oder ober derselben liegen. Wenn beispielweise auf einer Gebirgsstelle die im ganzen Jahre gefallene Schneemenge eine Schichte von 10', auf einer andern gleich hohen dagegen 20' beträgt, die jährliche Wärmesumme aber an jedem der beiden Orte so gross ist, dass sie ausreicht, eine 15' mächtige Schneeschichte zu beseitigen, so wird der erste Ort jeden-

falls eine längere Zeit im Jahre schneefrei erscheinen, während der andere von gleicher Höhe und gleicher Jahrestemperatur schliesslich noch mit einer 5' mächtigen Schneeschichte bedeckt bleibt. Dort wird die Schneegrenze mithin viel höher, hier viel tiefer zu suchen sein, dort mit einer kälteren, hier mit einer wärmeren Jahresisotherme zusammenfallen.

Es ist eben nicht die Temperatur allein, sondern auch die Menge und die Vertheilung des atmosphärischen Niederschlages nach den verschiedenen Jahreszeiten, abgesehen von manchen anderen Einflüssen secundärer Art, welche hier zusammenwirken. In dem, mit einem eben so extremen, als trockenem Klima bedachten Sibirien ist der Boden durch mehrere Monate nicht nur schneefrei, sondern sogar noch mit einer vergleichsweise reichen Vegetation bedeckt in Gegenden, wo die mittlere Jahrestemperatur 10 bis 12° R. unter dem Gefrierpunkte steht. Die Schneegrenze fällt dort erst mit einer Jahresisotherme von — 18—20° R. zusammen, einer Jahresisotherme, welche wohl auf keinem Punkte der Erde das Meeresniveau erreichen dürfte. In dem Südhang des Himalaya liegt die Schneelinie, hauptsächlich der reichlicheren Niederschläge wegen, um 2000—3000' tiefer, als in dem Nordhang. Aus gleichem Grunde sind die Cordilleren im tropischen Amerika auf der Westseite tiefer, als auf der Ostseite, in Schnee gehüllt. Während in unseren Alpen die Schneegrenze zwischen den Jahresisothermen von — 3 — 5° R.

schwankt, nähert sie sich in den ungleich regenreicheren patagonischen Anden und in den Hochgebirgen Neuseelands schon der Isotherme von 0° .

Aber nicht blos in mehr oder minder weit von einander abliegenden Gebieten kann die Schneelinie je nach der Wärme und Niederschlagsmenge eine relativ sehr verschiedene Höhe erreichen, selbst an einem und demselben Orte wird sie in demselben Grade steten Schwankungen unterworfen sein müssen, als die auf einander folgenden klimatischen Perioden in ihrem Charakter sich verschieden gestalten.

Die Schneegrenze umgürtet inselartig zahllose Höhen von Pol zu Pol. Wohl zieht sie sich, je näher den Tropen, desto mehr aufwärts, aber selbst dort, wo die Sonne ihre grösste Macht entfaltet, tauchen noch mächtige Gebirgssysteme mit ihren Schultern und Kronen in die Schneeregion ein.

Jenseits der Schneelinie hat der Winter sein unvergängliches Reich aufgeschlagen. Fort und fort häuft er dort neue Schneemassen auf und bewahrt sie gegen die Angriffe des Sommers. Und dennoch vermögen jene nicht über eine gewisse Höhe anzuwachsen. Wie aus einem See, dessen Spiegel durch den Ablauf auf einem nur wenig wechselnden Stande erhalten wird, so entwickeln sich auch aus den Schneeansammlungen der Schneeregion regelmässige Abflüsse, aber Abflüsse eigener Art, so starr und scheinbar unbeweglich, wie die Massen selbst, aus welchen sie entspringen. Dies sind die Gletscher,

deren allgemeinste Erscheinungen ich in flüchtigen Umrissen darzustellen versuchen will.

Versetzen Sie sich mit mir in ein centralalpines Hochthal, in welchem zwei Gletscherströme durch zwei sich vereinigende Thalzweige niedersteigend an uns herantreten ¹⁾).

Der eine auf stark geneigter Sohle gebettet, gleicht einem gefrorenen Riesenkatarakt, welcher plötzlich geschwellt seine Eisdecke in hunderttausende von Stücken zertrümmert und durcheinander geworfen hat, mitten im wildesten Sturze aber wieder erstarrt ist.

Der andere liegt da in ruhiger Majestät, eine breite, in der Mitte fast ebene Masse. Nur wenige Risse durchziehen seine Oberfläche. Erst dort, wo die nächsten Zuflüsse des Gletschers über stufenförmigen Absätzen niederhängen, zeigt sich dieselbe wilde Zerklüftung wie in dem ersteren Gletscher.

Höher hinauf ebnen sich mehr und mehr die schimmernden Flächen; in den höchsten Theilen des Gebirges lassen nur mehr einzelne bläuliche Schattenlinien die wenigen Schründe erkennen, welche be-

1) Eine mit erklärendem Texte versehene Photographie des grossen, bei der Londoner Weltausstellung mit der Medaille ausgezeichneten Tableaus „Gletscherphänomene“, welches zur Illustration des vorliegenden Vortrages benützt wurde, ist in der Kunsthandlung Artaria & Comp. in Wien erschienen.

sonders steile Gehänge des blendend weissen Firnes durchsetzen.

Begeben wir uns nun auf den Gletscher selbst. Wie ganz anders gestaltet sich jetzt der Anblick derselben Fläche, die uns kurz vorher noch fast ohne alle Unebenheiten erschienen war.

Rauh und wellig, von zahllosen seichteren und tieferen Rinnsalen gefurcht, voll kesselartiger Einsenkungen und brunnenartiger Schlünde, von Spalten durchrissen, welche bald kaum zoll-, bald mehr als klafferbreit sich weithin erstrecken und theilweise wohl bis zum Grunde des Gletschers hinabreichen, bietet der letztere ein Bild rasch fortschreitender Auflösung. Die strahlende Sonne entlockt seinem körnigen Gefüge Tropfen um Tropfen, von allen Zacken und Kanten träufelt Schmelzwasser in zahllosen Fäden nieder, rieselt über die Oberfläche hin, sammelt sich in den selbst geschaffenen Canälen zu Hunderten von kleinen Bächlein, welche plötzlich in unergründlichen Spalten verschwinden. Aber tief unter der Eisdecke sammeln sie sich wieder; in ewiger Dämmerung rauscht dort der Gletscherbach zwischen Eissäulen, Steinblöcken und Felsenköpfen dahin, bis er aus dem krystallinen Thore — dem Gletschermund — hervorbricht, um die zerriebenen Felsatome unnahbarer Alpengipfel hinauszutragen in die fernen Niederungen des Landes.

Zwischen weitklaffenden Spalten steigen wir zu den höheren Stufen des Gletschers hinan. Immer

mehr gewinnt derselbe an Ausdehnung, immer mehr ändert sich aber auch das Aussehen seiner Masse. Diese, früher aus fest aneinander gefügten Körnern von theils weisslicher, theils bläulich grüner Farbe zusammengesetzt, und von dunkleren Bändern durchzogen, verliert allmählich die spröde Härte des Eises, die Farbe wird lichter, das Gefüge feinkörniger und loser. Schon vermag die hochstehende Sonne die oberste Schichte soweit zu lockern, dass der Fuss seine Spur zurücklässt. Wo dieser Uebergang stattfindet, beginnt die Region des sogenannten Firnes.

Nähern wir uns endlich dem höchsten Theile des Gebirges, so finden wir auf dem Firn, welcher in allen Klüften und Abrissen deutliche Jahresschichten erkennen lässt, einen losen feinkörnigen Schnee gelagert, welcher von jedem Windstosse zu flimmernden Staubwolken aufgewirbelt wird. Hier hat die Sonne ihre erwärmende Kraft verloren, sie beleuchtet eine starre, todte Natur!

Todt! nein, todt sind diese Firnmeere eben so wenig, als ihre Ausläufer, die Gletscher. Ueberall begegnen wir auf ihnen wenigstens einem Zeichen des allgemeinen Naturlebens, einer ihrer ganzen Masse innewohnenden stetigen Bewegung.

Wenn ringsum absolute Ruhe eingekehrt und selbst der leiseste Laut zu Eis erstarrt zu sein scheint, schreckt uns mit einem Mal ein donnerähnliches Gepolter auf — es ist das über den Abgrund einer hohen Felswand hinausgeschobene Endstück eines

Hochfeyners, welches seiner Unterlage beraubt, losgebrochen ist, und nun über die steilen Hänge, in Schollen und Staub zertrümmernd, als Eislawine niederschmettert.

Während wir auf dem Gletscher dahinwandern, schlägt bald ein dumpfer Knall, bald ein schneidendes Klingen an unser Ohr, wir fühlen ein momentanes leises Erzittern des krystallinen Bodens unter unseren Füßen. Es war das erste Aufreißen einer neuen Spalte, welches sich uns in solcher Weise angekündigt hat.

Alle die verschiedenen Längen- und Querklüfte, welche Eis und Firn durchsetzen, all' das wilde Gewirre von Schründen und Zacken in den steil niedersteigenden Gletscherstufen sind unverkennbare Wahrzeichen einer inneren Bewegung. Noch mehr sind es aber die Moränen, jene auffällig gereihten Schuttmassen, welche jeden Gletscher, theils an seinen Rändern umsäumen, theils dessen Rücken bedecken. Sie sind es zunächst, welche zu einer näheren Betrachtung auffordern, da sie nicht nur überhaupt zu den interessantesten Gletschererscheinungen gehören, sondern auch zu der Erkenntniss mancher physischen Verhältnisse einer frühern Periode der Erdgeschichte einen lehrreichen Fingerzeig bieten.

Zwischen dem freien Gletscher und den Uferwänden des Thales lagern die Seitenmoränen oder Gandecken, langgestreckte, mehr oder weniger zerissene Streifen oder Wälle bildend, welche sich weit

aufwärts, oft bis in die Firnregion, also bis zu Höhen von 8000—9000' verfolgen lassen. Bei grossen Gletschern erreichen dieselben bei einer Höhe von 50—100 und mehr Fuss, namentlich auf der Aussen-
seite, oft eine solche Steilheit, dass man Mühe hat sie zu erklimmen; um so mehr, als der unter dem Einflusse der Sonne breiartig sich erweichende Schlamm, welcher einen nie fehlenden Bestandtheil der Moränen bildet, und die lose übereinander geschobenen Schuttmassen bei jedem Tritte nachgeben. Indess würde man sehr irren, sich diese Wälle nach ihrer ganzen Höhe als Schuttanhäufung zu denken. Wo Randspalten den Gletscher durchbrechen, zeigt es sich, dass nur der oberflächliche Theil des Walles aus Schutt, alles Uebrige dagegen aus festem, mit einzelnen Steintrümmern und Sandlagen untermengtem Eise besteht.

Bei manchen Gletschern kommt die eigenthümliche Erscheinung vor, dass auf jeder Seite zwei Gandecken dicht neben einander hinziehen, wobei die äussere regelmässig höher, trocken und auch häufig schon durch einzelne Pflanzenansiedlungen belebt ist.

Noch auffälliger ist das Vorkommen der sogenannten Mittelmoränen oder Gufferlinien. In oft stundenlangen Streifen, welche bei mächtigen Gletschern sich ebenfalls wallartig gestalten, reichen sie gleich den Seitenmoränen häufig bis zur Firnregion hinauf. Mehr oder weniger in des Eisstromes

Mitte gelagert, folgen sie allen Krümmungen desselben, und wenn auch durch Gletscherspalten oder ganze Eiskaskaden unterbrochen, finden sie jenseits derselben doch wieder ihre weitere Fortsetzung. Solche Mittelmoränen fehlen kaum einem Gletscher von namhafterer Ausdehnung, ja die meisten grossen Eisströme lassen mehrere Gufferlinien erkennen. Auf dem oberen Suldner-Ferner nächst dem Ortles konnte ich 5 Mittelmoränen unterscheiden, der Gornergletscher im Monterosastocke zählt deren 6 und von dem Aargletscher werden sogar 15 Gufferlinien angegeben. Meist sind jedoch nur eine oder zwei vor allen übrigen durch besondere Grösse ausgezeichnet. Diese allein nur erreichen auch gewöhnlich das Ende des Gletschers, während die anderen schon früher in die Hauptgufferlinien oder in die Seitenmoränen einmünden.

Zwischen den Rand- und Mittelmoränen erscheint der Gletscher verhältnissmässig frei von fremdartigen Auflagerungen; nur hie und da liegt ein Häuflein Schutt auf der glitzernden Fläche, ein mächtiger Steinklotz thront als Gletschertisch noch auf kristallener Säule oder liegt schon herabgestürzt neben seinem abschmelzenden Eisfusse.

Wechselndere Verhältnisse nach Form- und räumlicher Ausdehnung als die Gandecken und Gufferlinien zeigt die End- oder Stirrmoräne. Bald bildet dieselbe nur einen schmalen niedrigen Wall, bald eine weite Kiesfläche, auf welcher colossale Fels-

trümmer zwischen kleinen Hügeln und Wällen von Schutt zerstreut umherliegen. Hie und da schauen wohl auch die Reste eines vor Jahren im Gletscher verunglückten Geschöpfes oder die Ruinen einer durch denselben zerstörten Alpenhütte oder Kapelle hervor.

Befremdet schon die äussere Erscheinung der verschiedenen Moränen, so überrascht noch mehr die Beschaffenheit ihres Materials. Da finden sich unter den theils kantigen, theils abgerundeten und geritzten Gesteinen nicht etwa nur die Felsarten der nächstgelegenen Uferwände des Gletschers, sondern auch solche von weiter entlegenen Punkten. Namentlich ist die Endmoräne eine wahre Musterkarte von allen geognostischen und mineralogischen Vorkommnissen des ganzen Gebirges, so weit dasselbe die Umgrenzung des Gletschergebietes bildet. Bei grossen Eisströmen kommt es wohl auch vor, dass die einzelnen Mittelmoränen eine verschiedene Färbung haben, ja dass bei einer und derselben Gufferlinie die eine Seite vorzugsweise dunkle, die andere vorzugsweise lichte Gesteine führt.

Fragen wir nun, wie sind alle diese verschiedenen Schuttmassen, wie namentlich die Mittelmoränen, welche weit ab von allen Felshängen den Rücken des Eisstromes bedecken, auf den letzteren gelangt, und wie haben sie sich zu jenen regelmässig begrenzten Streifen und Wällen entwickeln können?

Die ganze, bei dem ersten Anblicke so seltsame Erscheinung wird sogleich verständlich, wenn wir uns

den Gletscher mit Einschluss seines Firnmeeres in einer langsam fortschreitenden Bewegung denken.

Von den Felsungrenzungen des ganzen Gletschergebietes stürzen alljährig in Folge der Verwitterung Bruchstücke auf die Eis- und Firnränder herab. Bei einem fortgesetzten Abwärtsrücken der letzteren können aber diese Schutttheile nicht an bestimmten bleibenden Punkten sich aufhäufen, sondern werden in einer Reihe geordnet erscheinen, welche um so länger, dichter und vielartiger wird, an je mehr brüchigen Uferstellen der Gletscherrand vorbeirückt. So entstehen die nach unten immer mehr anwachsenden Seitenmoränen.

Stossen zwei Gletscherzweige, welche ursprünglich durch Felsenmassen geschieden waren, zusammen, so vereinigen sich ihre benachbarten Seitenmoränen zu einer Mittelmoräne, welche fortan die Grenze zwischen den zwar vereinigten, aber nie sich vermengenden Zuflüssen bezeichnet. Aus je mehreren Zuflüssen ein Gletscher gebildet ist, desto mehr Gufferlinien werden sich auf demselben vorfinden, und je grösser die ersteren sind, desto mächtiger werden auch die letzteren sich entwickeln.

Gleich den Moränen beweiset auch die Lage des Gletscherendes unzweideutig eine stetige Bewegung der Masse.

Es gibt nur wenige Gletscher, bei welchen die durch das sommerliche Abschmelzen nothwendig bedingte Verminderung nicht durch das Nachrücken

neuer Massen aus den höheren Regionen wieder vollständig ersetzt würde.

Wenn auch Gletscher vorkommen, an welchen ein Rückschreiten ihres Endes durch eine längere Zeit beobachtet und so auf einen Stillstand in der Bewegung geschlossen werden kann, so macht sich dieselbe dagegen bei anderen Eisströmen periodisch in derart erhöhtem Masse geltend, dass letztere weit über ihre gewöhnlichen Grenzen hinausrücken.

Wo dieses geschieht, folgt die Zerstörung. Ueppige Alpentriften werden unter Eis und Schutt begraben, der Boden aufgewühlt, menschliche Bauten gleich Kartenhäusern niedergelegt, hochstämmige Bäume wie schwache Grashalme ungeknickt.

Als der grosse Suldner-Ferner am Ortles im zweiten Decennium unseres Jahrhunderts ungewöhnlich anwuchs, rückte er fast eine halbe Stunde weit über sein normales Ende hinaus, so dass er schon die hintersten Häuser des Thales zu erreichen drohte. Zum Glück für die Bewohner derselben machte er jedoch plötzlich Halt und begann sich allgemach wieder gegen seine früheren Grenzen zurückzuziehen.

Vierzig Jahre nach jenem gewaltigen Anwachsen konnte ich die Spuren desselben noch unverwischt verfolgen.

Ein ungeheures Schuttfeld voll collossaler Felsblöcke, die Endmoräne des zurückgetretenen Eisstromes, grenzt dicht an die herrlichste Wiese. So öde schaut das Trümmerfeld aus, als wäre erst kürz-

lich der Gletscher davon abgeschmolzen. Nur hie und da findet sich ein schwacher Anflug von Pflanzen auf dem wüsten Steinfeld.

Zu beiden Seiten des Thales lässt eine gegen das Ende des Schuttfeldes sich niedersenkende Linie noch jetzt deutlich die Mächtigkeit des damaligen Gletschers erkennen. Dieselbe betrug zum Theile mehr als 250'. Jene Linie ist bezeichnet theils durch die Höhe der zurückgelassenen Seitenmoränen, theils dadurch, dass, so weit der Gletscher reichte, aller Gras- und Waldboden von den Thalhängen losgerissen, das kahle Gestein blossgelegt und abgerieben erscheint.

Viel verheerender aber werden die Wirkungen der Bewegung, wenn Gletscher aus seitlichen Hochalpenmulden in einen grösseren Thalzweig mehr oder weniger rechtwinkelig herabrücken. Dann bildet sich bei starkem Anwachsen ein Querwall aus Eis, welcher den Gewässern der höheren Thaltheile den Abfluss versperrt, und sie zu einem nicht selten mehrere hundert Fuss tiefen See aufstaut. Vermag der Eisdamm, von dem eindringenden Wasser immer mehr angegriffen, dem stetig zunehmenden Seitendrucke nicht mehr zu widerstehen, so berstet derselbe, und der sich nun mit einemal entleerende See mit der ganzen Masse fortgerissenen Eises und Schuttes bringt grauenvolle Verwüstung über das Thal.

Unter den Gletschern Tirols hat sich der Vernagt-Ferner durch wiederholte Seebildungen und deren

Ausbrüche eine traurige Berühmtheit verschafft. Eine der grossartigsten Katastrophen aber wurde im Jahre 1818 durch den Getroz-Gletscher im Bagne-Thal (Wallis) veranlasst, bei welcher angeblich eine Wassermenge von 500 Mill. Cub. Fuss in der Zeit von einer halben Stunde abfloss, d. i. so viel, als durch die Donau bei Wien in ihrem mittleren Stande in 6 Stunden vorbeirinnen mag. Vierunddreissig Menschen kamen in der furchtbaren Fluth um, über 500 Gebäude wurden zerstört, ganze Wälder fortgerissen, Aecker weit und breit ihrer fruchtbaren Erdkrume beraubt.

Hie und da kommen aber auch wieder Seebildungen durch Gletscher vor, welche wenig oder keine Gefahr bringen. Wenn ein mächtiger Gletscher durch ein Hauptthal niedersteigt, so kann in der Ausmündung eines wasserreichen Seitenthales durch den Eisstrom ebenfalls der Abfluss des letzteren zu einem grösseren oder kleineren See aufgestaut werden, welcher jedoch immer wenigstens einen partiellen Abfluss sich offen hält. Einen derartigen Gletschersee besitzt das Langthal am grossen Oetzthalerferner.

Auch anderwärts, überhaupt überall, wo Gletscherbildungen vorkommen, lassen dieselben eine stetige Bewegung nicht verkennen. Die polaren Eisströme, von denen viele, wie z. B. der Humboldt-Gletscher, eine Breite von mehreren Meilen und eine Mächtigkeit von 1000—2000' erreichen, schieben ununterbrochen colossale, mit Schutt beladene Massen

in das Meer hinaus, welche früher oder später von Strömungen erfasst, als schwimmende Eisberge bis weit in die gemässigten Zonen des Oceans geführt werden.

Dass die Gletscher sich in allen Theilen bewegen, lassen die angeführten Erscheinungen nicht mehr bezweifeln, allein das Mass der Bewegung ist damit noch nicht gegeben. Darüber können nur unmittelbare Messungen Aufschluss ertheilen, wie sie von Agassiz, Forbes, Schlagintweit und anderen Forschern in grosser Zahl ausgeführt worden sind.

Ohne in die Details jener mühsamen Forschungen einzugehen, will ich nur im Allgemeinen anführen, dass die Bewegung nicht allein bei jedem Gletscher eine andere, sondern auch in den verschiedenen Theilen eines und desselben Gletschers eine verschiedene ist. Gleich dem Flusse bewegt sich der Eisstrom um so rascher, je grösser sein Gefälle; bei gleicher Neigung wächst die Bewegung mit der Mächtigkeit, daher das Vorrücken regelmässig stärker in der Mitte ist, als an den Rändern. Ferner nimmt die Bewegung in dem Verhältnisse zu, als eingedrungene Schmelz- oder Regenwässer seine Masse flüssiger machen, daher sie lebhafter ist in der warmen als in der kalten Jahreshälfte, stärker an der Sonnen- als an der Schattenseite, stärker in den freien als in den schuttbedeckten Theilen, stärker in den oberen als in den unteren Schichten des Eises.

Es gibt Gletscher, deren Bewegung im Jahre nur wenige Klafter, dagegen andere, wo sie mehrere hundert Fuss beträgt. Agassiz fand seine im Jahre 1842 auf dem Unteraargletscher erbaute Hütte nach neun Monaten um 169' vorgerückt; die Leiter, welche dem alten Saussure auf dem oberen Talèfregletscher in eine Spalte gefallen war, kam nach 44 Jahren am unteren Ende desselben zum Vorschein, nachdem sie täglich im Durchschnitt einen Weg von etwas mehr als 1' zurückgelegt hatte. Auf dem Karls-Eisfeld bei Hallstatt dagegen beobachtete ich nur ein Vorrücken um 37' innerhalb eines Zeitraumes von dreizehn Monaten. Am Glacier de Bossons wurde von Forbes ein tägliches Vorrücken um 33" im Juli — um 13" im Februar gemessen, für das Mer de glace fand derselbe Forscher als mittlere tägliche Geschwindigkeit für das Jahr 11", dagegen im Juli 1845 ein tägliches Vorrücken um 51 Zoll. Auf dem Pasterzengletscher beträgt nach den Angaben der Brüder Schlagintweit die tägliche Bewegung im Sommer an einzelnen Stellen 20—22", am anderen dagegen nur 2—3".

In besonderen Fällen kann jedoch die normale Geschwindigkeit vielfach beschleunigt werden. So hat z. B. der Vernagt-Ferner bei seinem letzten grossen Vorrücken zwischen 1843—1845 im Verlaufe von $1\frac{1}{2}$ Jahren eine Strecke von mehr als 700 Klafter zurückgelegt, wobei seine tägliche Geschwindigkeit selbst im Winter 6—10' betrug und

zuletzt sich bis auf 37' steigerte. Stotter berechnete die in dem angegebenen Zeitraume über die Normalgrenze des Gletschers hinausgeschobene Masse auf nahe 10 Millionen Kubikklafter; ein Quantum, genügend, um ganz Wien mit einer fast zwei Klafter hohen Schichte Eis zu bedecken.

Noch wurde nicht der Einwirkung erwähnt, welche die Bewegung des Gletschers auf seine Unterlage ausübt. Wie sich von dem fortgesetzten Drucke und der Reibung einer mehrere hundert, ja selbst über tausend Fuss mächtigen Masse erwarten lässt, ebnet und rundet diese in ihrem steten Rücken alle Vorsprünge und Rauheiten des neben- und unterlagernden Felsbodens. Indess ist bei diesem Schleif- und Scheuerungsprocesse das plastische Eis mehr 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 ab, und schneidet abwechselnd wieder mit seinen härtesten und schärfsten Steinsplittern nach der Richtung der Gletscherbewegung zahllose feingerissene Linien und Räderspuren ähnliche Furchen in die polirten Felsen.

Selbstverständlich ist aber auch das Schleifmaterial der zermalmenden und scheuernden Wirkung des rückenden Eises unterworfen.

Am deutlichsten zeigt dies der schlammgetrübte Bach, welcher unter dem Gletscherthore hervorbricht.

Der Pasterzengletscher liefert im Hochsommer alltäglich mindestens 40.—50.000 Pfund des allerfeinsten Glocknermehles durch die Möll in das Kärnthnerland hinab, ungerechnet den Sand und die Geschiebe, welche auf dem Grunde des Gletscherbaches fortgeführt werden.

So unleugbar nun aus all dem Angeführten die Thatsache der Gletscherbewegung sich längst herausgestellt hat, so ist die Erklärung dieser Bewegung trotz der verschiedenartigsten und mühevollsten Untersuchungen zahlreicher Forscher bis auf den heutigen Tag noch immer nicht vollständig dem Bereiche gelehrten Streites entrückt.

Es würde zu weit führen, wollte ich alle Ansichten darlegen, welche die Kenner der Alpen seit Altmann und Saussure über diesen Gegenstand ausgesprochen haben. Gegenüber der ersten rohen Vorstellung eines blossen Gleitens auf dem abhängigen Boden, ohne innere Bewegung der Theile, und der allzu subtilen Dilatationstheorie, welche die Gletscher hauptsächlich durch das Gefrieren eindringenden Wassers sich ausdehnen und vorrücken lässt, hat die durch Forbes entwickelte Ansicht, nach welcher der Gletscher eine plastische, nach dem Gesetze alles Flüssigen sich bewegende Masse ist, die zahlreichsten Anhänger gewonnen, bis Tyndall

durch seine Untersuchungen die Plasticitätstheorie neuerlich zum Schwanken brachte.

Dennoch scheint uns die letztere, wenigstens in ihrem Grundgedanken, dem wahren Sachverhalte sehr nahe zu stehen. Wenn Forbes dem Eise die Eigenschaft der Viscosität zuschreibt, so möchten wir unter dieser Viscosität wohl nicht, wie die Gegner dieser Theorie das Wort interpretiren, die Zähflüssigkeit von Honig, Syrup oder Theer verstehen, wohl aber einen Zustand, wie ihn etwa ein dem Festwerden naher Mörtel, oder eine mit Kristallen ganz erfüllte, im vollen Erstarren begriffene Lauge oder ein erhärtender Zuckerbrei darstellen. Alle drei Substanzen sind in gewissem Sinne noch zähflüssig, alle drei in demselben Sinne wohl auch plastisch zu nennen.

Nach dieser Auffassung hat man sich das Gletschereis als eine aus mehr oder minder dicht aneinander liegenden Eispartikeln bestehende Masse zu denken, zwischen welchen eine wechselnde Menge flüssigen, nach Umständen aber auch wieder erstarrenden Wassers sich befindet. Eine derart zusammengesetzte Masse kann sich im Kleinen als ein vollkommen starrer Körper darstellen, muss sich aber bei der grossen Mächtigkeit eines Gletscherstromes gewiss eben so gut nach dem Gesetze der Schwere in Fluss setzen, wie dies bei einer noch feuchten Mörtelmasse stattfände, die im Kleinen schon starr und brüchig erscheint, dagegen in einer Mächtigkeit

von einigen hundert Fuss über eine geneigte, unebene Unterlage ausgebreitet, uns gewiss gleiche Erscheinungen und Wirkungen der Bewegung darbieten würde, wie der Gletscher selbst.

Zur richtigen Würdigung der Plasticitätstheorie in dem angedeuteten Sinne mögen wir uns vor allem die Entstehung des Gletschereises aus Schnee durch theilweises Thauen und Wiedergefrieren gegenwärtig halten, bei welchem Umbildungsprocesse eine körnige Structur und eine gewisse, wenn auch noch so geringe Verschiebbarkeit der Theile stets gewahrt bleibt. Diese Verschiebbarkeit wird gefördert durch die zahllosen feinen Kanälchen, kleinen Blasen und flachen Hohlräume, welche zum Theile noch von der dem Schnee ursprünglich anhängenden Luft herstammend, in und zwischen den Eiskörnern vertheilt, zum Theile noch mit Luft, zum Theile mit Wasser erfüllt sind. Zu der natürlichen Beweglichkeit der aneinander gepressten Körner tritt endlich auch die Sprödigkeit des Eises hinzu, in Folge welcher dasselbe bei grossem Drucke sich splittert, und so ein neues Moment von Beweglichkeit gewinnt.

Nach der Dilatationstheorie, welche auch jetzt noch ihre Anhänger zählt, wird die Bewegung der Gletschermassen hauptsächlich dem Wiedergefrieren des eingedrungenen Schmelzwassers zugeschrieben, und dabei auf die Eigenschaft des Wassers, sich beim Gefrieren auszudehnen, hingewiesen. Allein die Wirkung dieser Eigenschaft wird hier viel zu sehr

überschätzt. Abgesehen davon, dass eben so gut wie in einem offenen Glase, auch im Gletscher die Ausdehnung des gefrierenden Wassers nach der Richtung des geringsten Widerstandes, also nach aufwärts und nicht nach den Seiten stattfindet, reichen die Schwankungen zwischen Tageswärme und Nachtkälte im Sommer kaum 3' tief unter die Oberfläche, und selbst die Temperaturwechsel des ganzen Jahres gehen in Tiefen von 200—250' gewiss schon spurlos verloren.

Grosse Mächtigkeit der Gletschermasse muss die Bewegung in entsprechendem Masse fördern. Die Gletscher Nordgrönlands, obgleich aus einem scheinbar ganz flachen Hochlande entspringend, bewegen sich in Folge ihrer bis über 2000' geschätzten Mächtigkeit selbst im Winter so rasch vorwärts, dass die Fjords, in welche sie ausmünden, ganz mit ihren Trümmern angefüllt werden, die erst im folgenden Sommer, wenn das die Buchten sperrende Meereis sich entfernt hat, in die freigewordene See als Eisberge hinaustreiben. Auch bei den alpinen Gletschern erleidet die Bewegung im Winter gegenüber jener des Sommers einen um so geringeren Abtrag, je grösser die Mächtigkeit des Eisstromes ist.

Aus dem Umstande, dass selbst bei jenen Gletschern, welche eine jährliche Bewegung von mehreren hundert Fuss zeigen, die Lage des Gletscherendes dennoch im Allgemeinen eine nahezu stationäre ist, lässt sich schon entnehmen, dass der

Betrag des jährlichen Abschmelzens sehr bedeutend sein müsse.

Aus dem Pasterzengletscher fließen in warmen Sommertagen stündlich zwischen 4—500.000 Kubikfuss Wasser ab, und die gesammte Wassermasse, welche von allen Schnee- und Eisfeldern der Alpen im Hochsommer täglich abschmilzt, kommt mindestens der Wassermenge gleich, welche der Rhein in gleicher Zeit dem Meere zuführt.

In welchem Masse der auflösende Process auf das Volumen der Gletscher einwirkt, zeigt die abnehmende Mächtigkeit derselben nach abwärts. Während bei den Alpengletschern erster Grösse die Dicke der Masse in der Mitte der Firnregion auf 1000—1500' angeschlagen wird, vermindert sich dieselbe im oberen Theile des Eisstromes schon auf 600—900' und am Auslaufe, wenn dieser gleich dem Bossongletscher, dem Mer de glace, den Grindelwaldgletschern bis in die Culturregion herabsteigt, ist der Eisstrom nur mehr ein zerklüftetes, schuttbeladenes Eisgetrümmer, kaum höher, als die Bäume ringsum, welche auf dasselbe niederschauen.

Aus der Zunahme des Abschmelzens und Verdampfens bei dem Herabsteigen des Gletschers in tiefere Regionen erklärt sich die stetige Erhöhung der Rand- und Mittelmoränen, welche das unterliegende Eis vor dem Einflusse der Sonne schützen, während der unbedeckte Gletscher im Sommer täglich 1—3" an Höhe verliert.

In Folge des fortdauernden Abtrages, durch welchen immer ältere Lagen des unbedeckten Eises endlich an die Oberfläche gelangen müssen, kommen auch alle fremdartigen Körper zu Tage, welche in jenen Lagen oft schon viele Jahrzehente eingeschlossen waren. Dieser so natürliche Vorgang wird jedoch von den Anwohnern in der Weise gedeutet, dass der Gletscher nichts Fremdartiges in seinem Innern dulde und daher den hineingefallenen Schutt, grosse Felsblöcke, die Körper von in irgend einer Firn- oder Eisspalte verunglückten Menschen oder Thieren immer wieder ausstosse.

Für diese Auslegung, welche jedenfalls den Reiz des Wunderbaren für sich hat, scheinen ihm besonders die Gletschertische zu sprechen, welche hie und da wie Pilze aus dem Eise wachsen.

Aber auch diese eigenthümliche Erscheinung hat ihren Grund in dem Abschmelzen. Wenn durch das Letztere ein in der Gletschermasse früher eingeschlossener grösserer Felsblock an die Oberfläche tritt, so dient er bald dem von ihm bedeckten Eise zu einer Art von Sonnenschirm, welcher es gegen das auf den unbedeckten Theilen des Gletschers ringsum stattfindende Thauen und Verdampfen schützt. Die Folge davon ist, dass der Felsblock nach einiger Zeit auf einem immer höher werdenden Eisfeiler so lange ruht, bis die seitlich einfallenden Sonnenstrahlen den krystallinen Fuss auf seiner südwärts gewendeten Hälfte immer mehr schwächen,

der Steinblock endlich das Gleichgewicht verliert und herabfällt. Aber während die Eissäule, nun ihrer Decke beraubt, bald zu einem niedrigen Kegel abschmilzt, schafft sich der Block, eine kleine Strecke südlicher, einen neuen Fuss. Dieser Vorgang wiederholt sich Sommer um Sommer und der Felsblock vollbringt so allmählig eine Wanderung auf dem Rücken des Gletschers, welche ihn nicht selten von einer Moräne zur andern quer über den Eisstrom bringt.

Eine den Gletschertischen entgegengesetzte Erscheinung bilden die Gletscherbrunnen, welche von der Tiefe einiger Fusse bis zu der von mehreren Klaftern namentlich in wenig zerklüfteten, sich langsam bewegenden Gletschern nicht selten vorkommen.

Ihre Bildung ist eigenthümlich genug, um hier mit einigen Worten erwähnt werden zu dürfen. Sie beruht auf der merkwürdigen Eigenschaft des Wassers, seine grösste Schwere bei einer Temperatur zu erreichen, welche noch einige Grade über dem Gefrierpunkte steht.

Die erste Veranlassung zur Entstehung eines Gletscherbrunnens gibt ein Häuflein Sand, ein vom Winde hergetragenes Stück Rasen, oder wohl auch der Leichnam irgend eines kleinen Thieres, welche von der Sonne durchwärmt, sich in das Eis allmählich einige Zoll tief einsenken. In dieser ersten Vertiefung sammelt sich bald Wasser an, welches während des Tages auf der Oberfläche sich so weit erwärmt, dass es schwerer wird, sinkt und einer tiefer lie-

genden, kälteren und deshalb leichteren Schichte Platz macht. Das am Grunde der Vertiefung sich sammelnde, wärmere Wasser wirkt so lange abschmelzend auf das unterliegende Eis, bis es selbst auf den Nullpunkt erkaltet ist, dadurch wieder leichter wird und aufsteigt, um sich oben neue Wärme zu holen, dann abermals zu sinken und den Auflösungsprocess von Neuem zu beginnen. Diese Circulation zwischen den oberen und unteren Wassertheilchen dauert oft wochenlang ununterbrochen fort, wenn nämlich die Luft über dem Gletscher auch in der Nacht noch einige Grade Wärme beibehält. Ich konnte auf einem Gletscher des Venedigers die Fortbildung eines solchen Wasserkessels während des Verlaufes von fünf Wochen im Hochsommer beobachten und sehen, dass derselbe in der angegebenen Zeit sich von 3 auf 6 Fuss vertiefte.

Wenden wir uns nun von der Ueberschau der physischen Erscheinungen der Frage zu, ob diese Anhäufungen von Schnee und Eis, deren Vorkommen mit den klimatischen Verhältnissen auf das Innigste zusammenhängt, in früheren Perioden eine grössere oder geringere Verbreitung gehabt haben, als in unseren Tagen.

Wenn wir von der gegenwärtigen Zeit ausgehen, und die Beobachtungen zusammen fassen, welche theils von den Anwohnern, theils von Forschern über die Oscillationen der Gletscherbewegung gemacht

wurden, so scheint bei einer ansehnlichen Zahl von Gletschern ein wenn auch nur langsames Vorrücken seit einer Reihe von Jahren ausser Zweifel zu sein.

Neben den directen Wahrnehmungen eines wirklichen Wachsens an häufiger beobachteten Gletschern dürfte insbesondere auch noch die Thatsache dafür entscheiden, dass bei den meisten Eisströmen die Stirnmoräne verhältnissmässig unbedeutend ist. Wenn in Erwägung gebracht wird, dass die grössten alpinen Gletschermassen in einem Zeitraume von 500 bis 100 Jahren, manche wohl auch noch früher den Weg von den höchsten Firnkronen bis zum unteren Ende zurückgelegt und ihre Masse vollständig erneuert haben, wenn dann die ganze Menge von Schutt überschaut wird, welche sie in den Gandecken und Gufferlinien fortwährend abwärts tragen, so drängt sich die Annahme unwillkürlich auf, dass der bei weitem grösste Theil des am Gletscherende abgelagerten Schuttes unter dem stetig vorrückenden Eisstromen begraben liegen müsse.

Zahlreiche Nachrichten aus allen Theilen der Hochalpen bestätigen ebenfalls, dass die Ausbreitung der Firn- und Eismassen in früheren Jahrhunderten geringer war als jetzt. Manche vordem stark benützte Uebergänge sind aus diesem Grunde ungangbar, manches weidenreiche Hochthal verödet, mancher alte Erzbau unzugänglich geworden.

Ebenso erzählen vielfach variirte Sagen von üppigen Alpenböden, welche jetzt unter Schnee und

Eis begraben liegen, und mehr als ein Name von Gletscherfeldern, wie: Blümlisalp, übergossene Alm, verwunschene Alm, ist zum bleibenden Träger einer derartigen Volksüberlieferung geworden.

Diese, auch in anderen Hochgebirgsgegenden, z. B. in Norwegen heimischen Traditionen, welchen, wenn auch vom Gewande der Sage umhüllt, doch gewiss eine wirkliche Thatsache zu Grunde liegt, lassen es also kaum bezweifeln, dass es in der geschichtlichen Zeit eine, vielleicht mehrere Perioden gegeben habe, in welcher die Gletscher eine geringere Verbreitung hatten als gegenwärtig. Andererseits sind aber auch wieder Perioden des Vorrückens aus den Beobachtungen an einzelnen Eisströmen ebenso bestimmt erwiesen. So ist, um nur ein Beispiel anzuführen, der schon genannte Vernagt-Ferner im Verlaufe der letzten 260 Jahre fünfmal in das Rofner Thal herabgerückt, hat durch seine Seebildungen und Ausbrüche das Oetzthal verwüstet und sich wieder in seine alten Grenzen zurückgezogen.

Gehen wir jedoch in eine fernere Vergangenheit zurück, so treten uns nicht nur in den Alpen und deren nächsten Umgebungen, sondern auch fast in allen übrigen Gebirgsländern Europa's, ja der ganzen Erde deutliche Spuren einer so grossartigen Ausbreitung der Gletscher entgegen, dass man die Periode, in welche die Entstehung jener Spuren fällt, allgemein die Eiszeit genannt hat.

Es ist schon angeführt worden, wie der Gletscher in Folge seiner Bewegung nicht nur den Schutt und einzelne colossale Felstrümmer der entlegensten Berggipfel seines Gebietes in den Moränen zusammenträgt und endlich an seinem Ende ablagert, sondern wie er auch die Felsen seines Bettes fortwährend scheuert und abrundet. Die letztere Wirkung tritt besonders deutlich dort zu Tage, wo ein Eisstrom nach längerem Vorschreiten sich wieder zurückzieht.

Wenden wir uns von einem der grösseren Alpengletscher thalwärts, und beachten wir mit aufmerksamen Auge die näheren Umgebungen, so sehen wir zunächst bis zu einer Höhe von mehreren hundert, ja selbst bis zu tausend und mehr Fuss unter scharfkantigen, zackigen Wänden stellenweise ganz abgerundete und geschliffene Felsen mit, dem Thalboden parallelen, Furchen und Linien. Um sie herum liegt bunter Schutt, und einzelne fremdartige Felsenungehüme, erratische oder Findlingsblöcke, wie sie der Geologe nennt, finden sich da nicht selten ganz abenteuerlich aufeinander gelagert.

Unten im Thalgrunde kommen dieselben Erscheinungen vor; alte Endmoränen, mit Matten oder Wald überdeckt, wohl auch schon mit Weilern und Dörfern belebt, durchkreuzen denselben, und wo zwei grosse Thäler gabelförmig zusammenstossen, findet sich nicht selten als unmittelbare Fortsetzung der scheidenden Bergwand eine aus Schutt aufgebaute Hügelkette, eine einstige Mittelmoräne.

Aber nicht etwa nur in den höheren Stufen gletscherführender Alpenthäler kommen diese beiden Producte der Gletscherbewegung vor, mehrere Meilen, ja Tagereisen weit von den jetzigen Gletscherenden entfernt, lassen sie sich mehr oder weniger deutlich verfolgen. So reichen, um nur ein paar Beispiele anzuführen, die Moränen und Findlingsblöcke der Waliser und Savoyer Alpen bis in das italienische Tiefland und zu den Abfällen des Jura, die Städte Bern und Zürich sind von dem erratischen Schutte der Berner- und Glarner-Alpen umlagert, die Gletscherschliffe der Oetzthaler-Ferner lassen sich bis zum Innthale verfolgen, jene des Venediger Eismeeres sind noch deutlich bei Lienz zu erkennen.

Wo Gletscherspuren in den Alpenthälern fehlen, haben die leichte Verwitterbarkeit der Bergmassen, neue Schuttablagerungen des Thalbaches und andere Einflüsse sie im Laufe der Jahrtausende zerstört oder bedeckt.

Die Gegner der Eiszeit haben es versucht, die Moränen und erratischen Blöcke als Ablagerungen gewaltiger Fluthen, die Gletscherschliffe ebenfalls als Wirkungen des Wassers oder als Erscheinungen einer inneren Structur des Gesteines zu erklären.

Wer jedoch die Gletscher in der Natur mit geübtem Blicke beobachtet hat, wird sich leicht von der Unhaltbarkeit jener Einwürfe überzeugen. Abgesehen davon, dass es ganz undenkbar ist, wie bis 100.000 Centner schwere Blöcke über Strecken von zwanzig und mehr Meilen in gewundenen Thälern

durch Wasser, und sei es die gewaltigste Fluth, hätten fortgeschafft werden können, sind auch die Form der Moränen, das ausschliessliche Vorkommen von Gesteinen des ihnen entsprechenden Gletschergebietes, der gänzliche Mangel aller Schichtung und namentlich aller Schlemmung so bestimmte Merkmale, dass der durch Gletscher transportirte Schutt sich von jedem anderen augenblicklich unterscheiden lässt.

Von den Gletscherschliffen will ich nur erwähnen, dass das Wasser wohl glätten, nie aber jene feinen, parallelen, mit der Neigung der Thalsohle gleichlaufenden Furchen einzuschneiden vermag, wie sie die Gletscher in jeder Art von Gesteinen, ganz unabhängig, von deren Strukturverhältnissen hervorbringen.

Wie zweifellos aber auch die Thatsache der einstigen grossen Gletscherverbreitung erscheint, so gehört die Erklärung derselben zum grösseren Theile dem Bereiche der Hypothese an, und es wird noch vieler eingehender Detailforschungen bedürfen, bis für die Feststellung aller jener physischen Verhältnisse, welche die Eiszeit begleiteten, eine sichere Grundlage gewonnen ist. Die Erklärung der grossen, sogenannten Diluvial-Gletscherperiode scheint um so schwieriger, als sie nach allen geologischen Verhältnissen zu schliessen, unmittelbar einer Zeit gefolgt ist, in welcher die letzten ausdauernden Repräsentanten des subtropischen Klimas, Ur-Elephant und Nashorn, Höhlentiger und Höhlenhyäne noch unsere

Gegenden, ja selbst noch nördlichere Theile unseres Welttheils bewohnten.

Indess begegnen wir in der Gegenwart manchen Erscheinungen, welche geeignet sind, wenigstens ein Streiflicht in dieses eine der vielen dunklen Blätter der Erdgeschichte zu werfen.

Jener Theil Südamerikas, welcher als äusserster continentaler Vorposten in den weiten Ocean hinausragt, enthält eines der merkwürdigsten Gletschergebiete der Erde. Unter einer südlichen Breite, welche in der nördlichen Hemisphäre derjenigen von Triest bis Hamburg entspricht, steigen von den Westhängen der nicht über 8000' hohen patagonischen Anden und den noch niedrigeren Bergen des Feuerlandes Gletscher fast in allen Thälern bis zum Meere herab und senden zahllose Eisberge in dasselbe hinaus. Darwin sah unter dem 48. Breitengrad aus dem Eyres-Sund auf einmal 50 Eisberge in die offene See treiben, von denen der grösste 170' hoch über den Wasserspiegel aufragte, mithin eine Gesammthöhe von mindestens 700—800' haben mochte.

Dicht neben den Gletschern gedeiht aber eine vergleichsweise üppige Vegetation. Ausgedehnte Hochwälder der antarktischen Buche und Birke mit Stämmen von 5—6 Fuss Durchmesser bedecken die eisumstarrten Bergrippen. Noch in der Magellansstrasse lebt der patagonische Papagei mit bunten Colibris in immergrünen Gehölzen, und dem stumpfsinnigen Pecheräh genügt das leichtgeschürzte Fell und die aus

Pfählen und Baumzweigen errichtete Hütte gegen die Einflüsse des milden Winters seiner Heimat.

Forschen wir nach den Ursachen jener mächtigen Entwicklung der Gletscher im Süden Amerikas, so zeigt sich dieselbe hauptsächlich begründet in dem überwiegenden Verhältnisse der Meeres- gegen die Landfläche. Während in der gemässigten Zone der nördlichen Hemisphäre Land und Wasser einen nahezu gleichen Flächenraum einnehmen, indem sich hier das Verhältniss des ersteren zu jenem des letzteren, wie 100:110 stellt, beträgt in der gleichen Zone der südlichen Halbkugel die Meeresfläche mehr, als das Zehnfache des Landareals.

Dieses Vorherrschen des oceanischen Elementes verleiht dem Klima der südlichen Erdhälfte im Allgemeinen den Charakter grösserer Gleichmässigkeit; der Gegensatz zwischen Sommer und Winter wird durch die selbständige Temperatur des Meeres theilweise ausgeglichen, dabei aber auch die Menge des Niederschlages wegen der grösseren Luftfeuchtigkeit erhöht.

Auf Feuerland und Westpatagonien sinkt die Temperatur selbst in dem kältesten Monate durchschnittlich nur wenig unter den Gefrierpunkt herab, dagegen erreicht der Sommer kaum die Wärme unseres Aprils. Ein ewig bewölkter Himmel lagert über dem Lande, fast jeder Tag bringt Regen oder Schnee. Bei solchen Verhältnissen kann hier weder die mächtige Gletscherentwicklung, noch anderseits die

immergrüne Vegetation mitten zwischen Eisströmen besonders befremden.

Aus diesem Vorherrschen des oceanischen Elementes und des damit zusammenhängenden feuchten Klimas lässt sich auch die von J. Haast beobachtete Erscheinung erklären, dass in den Hochgebirgen Neuseelands unter dem 45^o gewaltige Gletscher bis zu 2600—2800' herabsteigen. Ja selbst die ungleich mächtigere Entwicklung des Eises in der antarktischen, als in der arctischen Zone dürfte in erster Reihe auf die angedeuteten Ursachen zurückzuführen sein.

Suchen wir uns nun nach den verschiedenen geologischen Merkmalen ein Bild von der Gestaltung der alten Welt für jene Periode zu entwerfen, in welche die Eiszeit zu versetzen ist, so ergibt sich ein ähnliches untergeordnetes Verhältniss der Land- zur Meeresfläche, wie es gegenwärtig in der südlichen gemässigten Zone besteht. Der grosse Wärmeaspirator Europas, die Sahara, lag damals unter Wasser, das ganze Tiefland des nördlichen Europas und Asiens, mehr als 300.000 Quadratmeilen umfassend, war von dem grossen Nordpolarmeere überfluthet, dagegen der erwärmende Golfstrom noch nicht in seine jetzige Bahn gelenkt. Dieser fand damals höchst wahrscheinlich noch eine offene Bahn in das stille Weltmeer zwischen den beiden, jetzt durch die Landenge von Panama verbundenen Hälften Amerika's, dessen Tiefländer eben so wie jene der alten Welt in diesem

Abschnitte der grossen Diluvialperiode unter Wasser gestanden haben mochten.

Waren schon durch die eben angedeuteten Verhältnisse die Bedingungen zu einer namhaften Depression des allgemeinen Wärmezustandes in der Nordhemisphäre, daneben aber auch zu einer viel reichlicheren atmosphärischen Niederschlagsbildung, als die gegenwärtig bestehende, und damit in weiterer Folge zu einem bedeutenden Herabdrücken der Schneelinie geboten, so mochte noch ein anderer Umstand hinzutreten, welcher die allgemeine Depression der Temperatur noch bedeutend vermehrte.

Betrachten wir die gegenwärtige Bodenplastik Skandinaviens, seine allmälige stufenweise Abdachung vom Kamme des die ganze Halbinsel durchziehenden Gebirgssystemes gegen SO. und die steile Abdachung mit den tiefeingeschnittenen Fjords und den zahllosen Küsteninseln und Klippen gegen NW., ferner die ähnliche Bodengestaltung des nördlichen Britanniens, Islands und des nachweislich in einer fortdauernden Senkung begriffenen Grönlands, hiezu endlich die geringe Landentwicklung um den Nordpol herum, gegenüber der bedeutenden Continentalbildung innerhalb des südlichen Polarkreises, so drängt sich uns unwillkürlich der Gedanke auf, dass vielleicht in derselben Zeit, wo die Tiefländer der alten Welt vom Meere überfluthet waren, die gegenwärtigen Hochländer des Nordens bedeutend ausgedehnter und höher waren, als in der Jetztzeit.

Wie jetzt, wir können sagen, unter unseren Augen, Hebungen und Senkungen an mehr oder minder ausgedehnten Strecken der Erde stattfinden (ich darf nur an die, aus den Corallenbauten nachweislichen, fortgesetzten Niveauschwankungen des Bodens im Bereiche des ganzen grossen Oceans erinnern), so waren derlei wechselnde continentale Hebungen und Senkungen in allen Perioden der Erdgeschichte und so auch während der Periode des Diluviums, in welche die Eiszeit fällt, gewiss ein hervorragendes Moment der Lebensäusserungen unserer Planeten.

Ich kann nicht umhin, hier, wenn auch eine Theorie der terrestrischen Hebungen und Senkungen dem Bereiche des heutigen Themas fern liegt, wenigstens mit einigen Worten anzudeuten, welche geringe Störungen in den gegebenen Verhältnissen des Erdinnern genügen, um Niveauveränderungen von solchen Dimensionen hervorzurufen, wie sie für die Erklärung der Eiszeit in Anspruch genommen werden.

Gewöhnlicher Kalkstein zeigt innerhalb der Temperaturgrenzen von $0-100^{\circ}$ C. für je 1° Unterschied eine Veränderung seiner linearen Ausdehnung um $\frac{1}{2000}$, das Eisen dagegen um $\frac{1}{900}$. Wir werden so nach nicht fehlen, für die Masse unseres Erdkörpers einen Ausdehnungscoefficienten von wenigstens $\frac{1}{1500}$ für je 1° Temperaturveränderung anzunehmen. Stellen wir uns nun durch irgend einen Vorgang im Erdinnern unter einem grösseren Segmente der Erdoberfläche nur innerhalb eines Zehnthells des zwanzig

Millionen Fuss betragenden Erdradius die Temperatur um 1° C. vermindert vor, so wird dadurch schon eine Niveauveränderung um 1300' auf dem entsprechenden Erdoberflächensegmente bewirkt werden.

Fassen wir nun die vorhin angedeuteten Verhältnisse in der Diluvialzeit zusammen, einerseits die marine Bedeckung der wärmeerzeugenden Sahara und der übrigen continentalen Tiefländer, anderseits die in gleicher Periode wahrscheinlich bedeutendere Erhebung und Ausdehnung des skandinavischen Hochlandes und der nordpolaren Landbildungen, so waren, abgesehen von dem auch noch möglichen Hinzukommen der die solare Erwärmung unseres Erdkörpers temporär deprimirenden cosmischen Verhältnisse, jene schon vollkommen ausreichend, um die Schneelinie in allen Gebirgen der gemässigten und kalten Zone auf die halbe gegenwärtige Höhe, ja vielleicht noch tiefer herabzudrücken.

Denken wir uns nur in unseren Alpen die klimatischen Verhältnisse des südlichen Patagoniens und des Feuerlandes, die Schneeregion also bis zu 4000' und darunter herabreichend, so ragten nicht nur alle, selbst die niedrigeren Gipfel, sondern auch noch viele, gegenwärtig bewohnte Thalgründe in die Schneeregion auf. Wenigstens ein Dritttheil des alpinen Areal, also ein Flächenraum von beiläufig fünfzehnhundert Quadratmeilen gehörte der Schneeregion an. Es wird nun nicht Wunder nehmen, dass bei einer so weiten Ausbreitung und in Folge der reichlichen Nieder-

schläge auch sehr mächtigen Aufhäufung von Schneemassen Gletscher sich entwickelten, welche aus dem unabsehbaren Firnmeere niedersteigend, die Thäler zwei bis dreitausend Fuss hoch mit ihren Eislasten bedeckten, ja die letzteren noch weit in die angrenzenden Vorländer hinausschoben. In derselben Zeit mochte auch Skandinavien, dem jetzigen Grönland gleich, eine einzige zusammenhängende Schnee- und Gletscherwüste darstellen, von welcher schwimmende Eisberge den Moränenschutt und erratische Blöcke jeder Grösse bis tief in die vom Meere überflutheten Ebenen Russlands und Deutschlands trugen, wo sie noch in grosser Menge zerstreut umherliegen, ohne eine bestimmte Grenze zu überschreiten.

Als weitere Niveauveränderungen in Land und Meer den Continenten die jetzige Gestalt gaben, waren auch die Bedingungen beseitigt, unter welchen jene grossartige Vergletscherung Europas stattgefunden hatte. Bald darnach konnten sich jene klimatischen Verhältnisse entwickeln, welche noch gegenwärtig herrschend sind.

So habe ich denn, meine Herren, auf unserer Wanderung über Schnee und Eis, Sie schliesslich vor das bunte Nebelbild einer Hypothese geführt, vor ein Nebelbild, welches indess immer bestimmtere Gestaltung, immer festere Umrisse gewinnt, je länger, je intensiver das erhellende Licht der Forschung auf das dargestellte Object einwirkt. Möge recht Vielen von ihnen es gegönnt sein, in den unerschöpflichen

Fundstätten unseres herrlichen Alpenlandes nach Material für eine solche Erhellung umzuschauen und dort jene grossen Schriftzeichen der Natur zu studiren, welche, wenn auch nicht jedem Einzelnen die verborgenen Goldkörner neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, so doch den erhebenden Blick in die ewig wechselnden Gestaltungen einer nie ruhenden, das ganze Weltall umfassenden Schöpferkraft erschliesst.
