

Die  
**Eiszeit der Erde.**

---

Vortrag, gehalten im Januar 1866 im Saale der Sing-  
akademie zu Berlin,  
mit späteren Erweiterungen

von

Alexander Braun.

---

Berlin, 1870.

C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.  
A. Charissius.

1619 166 112(1)

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

12677

IV

0781 112(1)

1619 166 112(1)

„Nichts Neues unter der Sonne“ mag in anderer Beziehung ein wahres Sprichwort sein; auf die Geschichte der Natur und unsere Kenntniß derselben läßt es sich nicht anwenden. Neues folgt hier auf Neues, oft zwar gesucht und erwartet, oft aber auch ungeahnt und überraschend, und um das Neue dem Alten zu vermählen, bedarf letzteres selbst wiederholter Umgestaltung.

Der Fortschritt der Wissenschaft gleicht dem Fortschritt, den die Natur selbst in ihrem Gange befolgt hat; aber die großen Umgestaltungen in der Entwicklungsgeschichte der Natur schreiten langsam vor, und dies erzeugt innerhalb der einzelnen Epochen, in denen sie vorbereitet werden, den Schein des Stillstandes oder richtiger eines stets das Gleiche wiederbringenden Kreislaufs.

Bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts konnte der Zustand der naturgeschichtlichen Kenntnisse wohl die Annahme zulassen, daß die Natur vollendet, wie wir sie jetzt erblicken, aus der Hand des Schöpfers hervorgegangen und durch alle Zeiten sich wesentlich gleich geblieben sei, von Anfang an ein Werk bewunderungswürdiger Vollkommenheit ohne weiter fortschreitende Entwicklung. Diese Annahme fand zugleich einen Anhaltspunkt in einer der ältesten historischen und religiösen Urkunden des Menschengeschlechts, in der mosaischen Schöpfungsgeschichte, wo es heißt: „Und Gott sahe an alles, was er gemacht hatte; und

siehe da, es war sehr gut." Aber die alten Urkunden, welche die Natur selbst im Schoße der Erde aufbewahrt hat, und die die Archäologen der Naturforschung, welche wir Geologen und Paläontologen nennen, uns allmählich zu entziffern eifrig bestrebt sind, haben uns anders berichtet: sie haben unabweisbar gezeigt, daß die irdische Natur im Ganzen, ebenso, wie das kleinste Geschöpf derselben, eine Geschichte des Werdens und der Ausbildung hat, daß in der Natur nicht minder als im Menschenleben die Vollkommenheit auf einem langen Wege erstrebt und erkämpft werden muß und nur stufenweise errungen werden kann, daß somit das, was wir Schöpfung nennen, nicht blos am Anfang der Dinge, sondern innerhalb der Entwicklungsgeschichte selbst gesucht und erkannt werden muß.

Ein nur flüchtiger Blick auf die gewaltigen Umgestaltungen, welche die lebende Natur erfahren hat, soll uns in den Gegenstand der heutigen Betrachtung einführen.

Gehen wir über die älteste Gestaltungsgeschichte unseres Planeten, die Epoche der elementaren Scheidungen, durch welche der feste Grund und Boden für die folgende Entwicklung gelegt wurde, sowie über die ersten dunklen Anfänge des organischen Lebens hinweg, so führt uns die Wissenschaft der Geologie zuerst in eine Zeit, in welcher die Erdoberfläche ein Meer mit zahlreichen flachen Inseln darstellte, das Meer bevölkert mit Strahlthieren, Weichthieren und sonderbar gepanzerten Fischen; das Land bedeckt mit dichtem Urwald aus baumartigen Farnekräutern, Bärklapp, Schafthalm und anderen an diese sich anschließenden, aber der jetzigen Pflanzenwelt fremden, meist blüthenlosen Gewächsen. Diese Inseln hatten auf allen Theilen der Erde eine im wesentlichen gleichartige Vegetation, bis zu den Polen von tropischer Neppigkeit, aber einförmiger und einfarbiger, ohne den Blüthenenschmuck der jetzigen Tropenwälder; dabei still und einsam, denn

von Landthieren waren nur sehr wenige plumpe Reptilien nebst einigen Insekten und Spinnen vorhanden; das Volk der befiederten Sänger und der vierfüßigen Brüller und Schreier fehlte noch ganz. Das reichste Bild dieser Zeit haben uns die organischen Einschlüsse der Steinkohlenformation geliefert.

Machen wir, ohne die Zwischenstufen zu berücksichtigen, einen Sprung in die zweite Epoche der Erdgeschichte; so finden wir das Festland schon zusammenhängender und theilweise höher über das Meer erhoben, die Pflanzenwelt durch ein Vorherrschen von Nadelhölzern und Cycadeen — es sind dies unter den Blüthenpflanzen diejenigen mit unvollkommenster Blüthenbildung — charakterisiert. Im Thierreiche sind die Reptilien zur üppigsten Entwicklung gekommen, abenteuerliche, zum Theil riesenhafte Gestalten — leibhaftige Vorbilder der fabelhaften Lindwürmer — die Gewässer, das Land und selbst die Luft nach Art der Vögel bevölkern. Die Vögel selbst, deren erste Spuren hier erscheinen, verrathen noch deutlich ihren ursprünglichen Zusammenhang mit der vorausgehenden Stufe der Reptilien; sie hatten eidechsenartig gespitzte Schwänze und ihre Flugkraft scheint noch wenig entwickelt gewesen zu sein. Die erst sehr spärlich vorhandenen Säugetiere gehörten der untersten, den vorausgehenden Klassen eierlegender Thiere am nächsten stehenden Stufe dieser Thierklasse, den Beutelthieren, an. Zu den Gesteinen, welche in dieser Zeit aus dem Wasser abgesetzt wurden, gehört unter anderen unser zum Bauen viel benützter Nüdersdorfer Kalk und der nicht minder durch seinen Reichthum an merkwürdigen Versteinerungen, als durch seine über die ganze gebildete Welt ausgebreitete Benutzung berühmte Solnhofener Lithographirstein.

Versehen wir uns abermals mit einem großen Sprunge mitten in die dritte große Periode, die sogenannte tertiäre Zeit,

so finden wir die Verhältnisse den jetzigen schon ähnlicher, die Gattungen und Arten der Pflanzen und Thiere, ungeachtet vieler fremdartiger Formen, im Allgemeinen mit den jetzigen nahe übereinstimmend. Das Pflanzenreich hat seinen ganzen Blüthen-schmuck entwickelt, an die Stelle der einförmigeren Nadelholzwälder sind gemischte Wälder getreten, reich an Laubholz der mannigfaltigsten Art. Alle Abtheilungen der Thierwelt sind reichlich vertreten; unter den Säugethieren sowohl Raubthiere als Pflanzenfresser, von letzteren besonders die unformigen dickhäutigen Bielhufer, deren bekannteste jetzige Repräsentanten der Elefant, das Nashorn und das Nilpferd sind, weit zahlreicher und mannigfaltiger als in der Gegenwart vertreten. Klimatische und lokale Einflüsse machen sich schon sehr bemerklich, doch war im Ganzen das Klima noch wärmer, so daß z. B. mehrere Arten von Palmen, Lorbeer- und Feigenbäumen in Deutschland und der Schweiz gediehen, und selbst im höchsten Norden, in Nordgrönland, im Banksland, auf Spitzbergen und auf Island ein reicher Waldwuchs bestehen konnte, dessen Überreste uns in den dortigen Braunkohlen — in Island Surturbraud genannt — erhalten sind. Es wuchsen dort außer mehreren Arten von Kiefern, Fichten und Tannen von mehr nordischem Charakter auch cypressenartige Nadelhölzer, von denen eines dem jetzigen Mammutbaum Kaliforniens sehr ähnlich war, ferner viele von den ähnlichen jetzt lebenden mehr oder weniger abweichende Arten von Laubhölzern, als Birken, Erlen, Haseln, Eichen, Weiden, Ulmen, Ahorne und, was merkwürdiger ist, Platanen, Tulpenbäume, Nussbäume und Weinreben.

Die Vergleichung der successiven Veränderungen, welche Pflanzen- und Thierreich im Laufe der Erdgeschichte bis auf unsere Zeit erlitten, zeigt unzweifelhaft eine allmäßliche Abnahme der Wärme an, verbunden mit einer zunehmenden Differenzirung  
(840)

der klimatischen Verhältnisse, was man durch fortschreitende Erstarrung und Verdickung der Erdrinde und dadurch allmählich verschwindenden Einfluß der inneren Erdwärme erklärt hat. Wie verträgt sich nun mit dieser stetigen Abnahme der Wärme eine Zwischenzeit grimmiger Kälte, eine Eiszeit, die den ruhigen Gang unterbrochen haben soll? Was ist das für eine sonderbare Lehre, die die Geologen der Schweiz aufgebracht haben? Vor fünfzig Jahren wußte Niemand davon; vor fünfundvierzig Jahren nahm die Lehre einen bescheidenen und wenig beachteten Anfang; vor achtundzwanzig Jahren begann sie Aufsehen und Widerspruch zu erregen, und erst seit wenigen Jahren erfreut sie sich allgemeinerer Anerkennung. So jung ist unsere Kenntniß von einem der großartigsten Naturereignisse, und um ein solches handelt es sich hier in der That!

Eines der Rätsel, welches der Lehre von der Eiszeit zu lösen vorbehalten war, hatte die Geologen allerdings schon früher beschäftigt, nämlich die Verbreitung der Findlinge oder Irrblöcke (blocs erratiques). In der Schweiz und in anderen Gebirgsländern nicht minder als in unserer norddeutschen Ebene finden wir, weit von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entfernt, zahlreiche lose Steinblöcke unter Verhältnissen, welche die Art ihrer Wanderung schwer begreifen lassen, oft auf dem Rücken von Bergen, auf denen sie Fremdlinge sind, und an Orten, an die sie nicht ohne Ueberspringung zwischenliegender Berge, Thäler, Seen, ja selbst des Meeres, gelangen konnten, zuweilen an steilen Abhängen wie angeleimt, nur durch kleine Vorsprünge vor dem Herabstürzen geschützt. An den Abhängen des Jura bis zu den Höhen desselben hinauf liegen Urgesteine von den Hochgebirgskämmen, welche das Wallis einschließen, von der Nordseite des St. Bernhardt, des Mont Cervin und Monte Rosa, des Simplon und der Jungfrau und selbst von der Westseite des

Gotthardt, 20—30 Meilen und mehr von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entfernt und durch den Genfer und Neuenburger See von ihr getrennt. In der Gegend von Zürich liegen Gesteine aus den Glarner Alpen; in der Bodenseegegend, selbst auf badischer Seite, bis dicht vor die Thore der Festung Hohentwiel, Alpenfunde aus den hintersten Thälern Graubündens, in einer Entfernung von 30—40 Meilen von dem ursprünglichen Orte ihres Vorkommens.

Manche von diesen Irrblöcken erregen durch ihre ungeheure Größe Erstaunen. Ich führe von den vielen, die genauer beschrieben sind, nur einige wenige an.

Pierre-à-bot, im Walde am Chaumont über Neuenburg in der Schweiz, ein Felsblock von feinkörnigem Granit, zu welchem die Stadt Neuenburg auf Veranlassung von Agassiz einen eigenen Spazierweg angelegt hat, um ihn zugänglich zu machen. Er stammt aus der Gegend von Martigny im Wallis und ist 16,2 Mtr. lang, 5 Mtr. breit, 13 Mtr. hoch und hat 1370 Kubikmeter Inhalt. Um an seinen jetzigen Ort zu gelangen, mußte er einen Weg von 22 Stunden zurücklegen, wobei er den Neuenburger See zu überschreiten hatte.

Der Pflugstein ob Herliberg, unweit Zürich, aus den Glarner Alpen über den Zürcher See gekommen, ragt 60' über den Boden empor; sein Inhalt wird (nach Heer) auf 72,000 Kubikfuß, sein Gewicht auf 90,000 Centner geschäzt.

Pierre-des-Marmettes, ein Granitblock bei Monthey in Unter-Wallis, aus dem Thale von Ferret, 11 Stunden entfernt von seiner Heimath, jetzt mit einem Pavillon gekrönt, ist 20,5 Mtr. lang, 9,7 Mtr. hoch, 10,2 Mtr. breit und hat 2027 Kubikmeter Inhalt.

Pierre-du-trésor, ein Granitblock bei Orsières im Bagnienthal von 3400 Kubikmeter Inhalt.

Bloe-monstre, auf dem Hügel Montet bei Devent, ein Kalkblock aus dem Thale von Avançon, 17,5 Mtr. lang, 14 Mtr. breit, 20 Mtr. hoch und von 4900 Kubikmeter Inhalt.

Aber auch unseren Gegenen ist die Erscheinung der Irrblöcke nicht fremd. Ich führe als bekanntes Beispiel die Riesenenschale vor dem hiesigen neuen Museum an; sie ist aus einem Findling schwedischen rothen Granites gearbeitet, dessen andere Hälften noch jetzt bei Fürstenwalde liegt.

Die nordeuropäische Ebene diesseits der Nordsee, der Ostsee, des Finnischen Meerbusens und des Weißen Meeres ist auf weite Erstreckung mit großen und kleinen Findlingen bedeckt, die theils zerstreut, theils hügel- oder wallartig zusammengereiht, oberflächlich oder im Sande begraben sich finden. Sie alle sind aus Skandinavien herübergekommen. Die Grenze ihrer Verbreitung bildet eine große Bogenlinie, die im südwestlichen England beginnt, den Kanal überspringend sich durch Holland, das nördliche Westfalen und Sachsen fortsetzt, wo sie auf dem Schlachtfelde bei Lüzen den südlichsten Punkt erreicht. In Schlesien geht sie dicht an Breslau, in Polen einen halben Grad südlich von Warschau, in Russland etwas südöstlich von Moskau vorüber, von wo sie weiter nach dem Norden zurückweicht. Nicht blos die Felsarten, sondern auch viele Versteinerungen, welche als Findlinge in unseren Ebenen vorkommen, beweisen ihren skandinavischen Ursprung.

Wie sind diese Fremdlinge an ihren jetzigen Standort gekommen? Wie konnten sie über Seen, ja selbst über Meerengen gelangen, wie die Höhen von ihrem Ursprung entfernter Berge, wie die steilen Wände erreichen, an denen sie oft in den drohendsten Stellungen festhaften? Alle Bemühungen, ihren Transport durch reißende Wasserflüsse oder gewaltige Schlammströme zu erklären, wie Saussure und Andere versuchten, oder — nach Deluc — durch gewaltige Gasexplosionen, welche die

Blöcke hoch durch die Luft geschleudert haben sollen, oder durch Treibfeis großer Seen, welche die Thäler der Alpen erfüllten, wie zuerst Venturi es sich dachte, haben sich als gänzlich unmöglich erwiesen, und selbst die unzweifelhaft durch schwimmendes Eis vermittelte Verbreitung der nordischen Blöcke über das Meer erfordert noch andere Voraussetzungen.

Die allein genügende Erklärung hat zuerst ein Walliser Gemsjäger ausgesprochen. Johann v. Charpentier, weiland Salinendirector in Vex im Waadtland, erzählt hierüber Folgendes:

Als ich im Jahre 1815 von den herrlichen Gletschern des Bagnienthales zurückkehrte, übernachtete ich in dem Flecken Lourtier in der Hütte eines dortigen Bergbewohners, Namens Perraudin, eines leidenschaftlichen Gemsjägers. Unser Gespräch behandelte die Eigenthümlichkeiten des Landes und namentlich der Gletscher, welche er vielfach durchwandert hatte und genau kannte, „Unsere Gletscher“, sagte mir Perraudin, „haben früher eine viel grössere Ausdehnung gehabt, als heutzutage. Unser ganzes Thal war von einem ungeheuren Gletscher eingenommen, welcher sich bis nach Martigny erstreckte, wie die Felsblöcke beweisen, welche man in der Umgegend dieser Stadt findet und welche viel zu groß sind, als daß das Wasser sie dahin hätte führen können.“ In einer Anmerkung fügt v. Charpentier bei, daß ihm später auch in anderen Gegenden der Schweiz ähnliche Aeußerungen von Bergbewohnern gemacht worden seien.

Als ich im Jahre 1834, erzählt er weiter, durch das Haslithal kam, um über den Brünig den Weg nach Luzern zur Versammlung der Schweizerischen Naturforschergesellschaft einzuschlagen, begegnete ich einem Holzhauer aus Meiringen. Wir gingen eine Strecke zusammen, und ich ließ mich in ein Gespräch mit ihm ein. Als er sah, daß ich einen von der Grimsel

stammenden Granitblock am Wege untersuchte, sagte er: „Es giebt hier viele solche Steine, aber sie kommen alle weit her von der Grimsel, denn es ist Geissberger.“ (Dies ist der dortige Volksname für Granit.) Auf meine Frage, wie er es sich wohl denke, daß diese Blöcke hierher gelangt seien, antwortete er ohne Zögern: „Der Gletscher der Grimsel hat sie hierher geführt und auf beiden Seiten des Thales abgesetzt, denn dieser Gletscher hat sich früher bis zur Stadt Bern erstreckt; das Wasser hätte diese Blöcke nicht so hoch über der Thalsohle absetzen können, ohne die Seen zu erfüllen.“ (Er meinte den Brienz und Thuner See.) — Der gute Mann, fährt v. Charpentier fort, hatte wohl keine Ahnung davon, daß ich ein Papier in der Tasche trug, auf welchem eben diese Theorie auseinandergesetzt war, und daß ich im Begriffe stand, dieselbe der Schweizerischen Naturforscher-Versammlung in Luzern vorzutragen.

Ich übergehe andere ähnliche Begegnungen, welche v. Charpentier erwähnt, und kehre noch einmal zum Vagnienthale zurück.

Das Vagnienthal, ein Seitenthal des Rhonethals, durchströmt von der Drance, zählt 11 Dörfer mit gegen 4000 Bewohnern. Im oberen Thale befindet sich eine Felsenenge zwischen den Bergen Mont Voisin und Mont Pleureur; über letztem ein Gletscher, Glacier de Getroz. Schon einmal, im Jahre 1595, hatte dieser Gletscher dem Thale das größte Verderben gebracht; man war daher sehr besorgt, als er, in Folge der naßkalten Jahre von 1816 und 17 sehr vergrößert, im April 1818 drohend über die Felswand des Mont Pleureur hervortrat. Bald erfolgte auch ein Gletschersturz; ungeheure Eismassen fielen in das Thal herab und erfüllten in Bälde die enge Thalschlucht mit einem hohen Eiswall. Dadurch wurde dem Wasser der Abfluß abgeschnitten und es bildete sich im hinteren Theile des Thales

ein See, wie es auch in dem früher erwähnten Jahre geschehen war. Der Durchbruch dieses Sees mußte natürlich eine plötzliche Wasserentleerung verursachen und den unteren Theil des Thales überschwemmen. In dieser Noth schickte die Walliser Regierung den Ingenieur Benez in das Thal, und hier machen wir zuerst die Bekanntschaft eines Mannes, dessen Leistungen für den Ursprung und die wissenschaftliche Begründung der Lehre von dem Transport der Blöcke durch die Gletscher von hervorragender Bedeutung ist. Wir finden ihn hier praktisch mit dem Gletscher beschäftigt. Er ließ in der Tiefe des Eiswalls mit vieler Mühe, Gefahr und Kosten einen Tunnel anlegen, durch welchen das Wasser des neu entstandenen Sees allmählich abgeleitet werden sollte. Aber der Tunnel war nicht ganz beendigt, als der Durchbruch erfolgte und den Eisdamm mit solcher Schnelligkeit niederriss, daß das Mittel nicht ganz ausreichte. Die Verheerungen waren zwar geringer, als sie ohne diese Anstrengungen gewesen sein würden, aber immer noch sehr bedeutend.

Ein bedrohliches Vorrücken der Gletscher hatte sich in den Jahren 1815—17 auch anderwärts in der Schweiz gezeigt, was die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft veranlaßte, die Veränderungen der Temperatur in den Alpen der Schweiz zum Gegenstande einer Preisaufgabe zu machen. Und hier ist es wieder der Ingenieur Benez, der die Arbeit der Lösung derselben unternahm. Das Resultat seiner Untersuchungen legte er im Jahre 1821 der Schweizerischen Gesellschaft der Naturforscher in einer Abhandlung vor, welche in zwei Theile zerfällt, die scheinbar zu entgegengesetzten Auffassungen führen. In dem ersten Theile nämlich wies er nach, daß in einer Zeit, in welche die geschichtlichen Nachrichten zurückreichen, die Gletscher eine geringere Ausdehnung hatten, als gegenwärtig, und daß in den letz-

ten 800 Jahren erst allmählich die jetzige Größe derselben erreicht wurde.

Er schließt dies aus den Nachrichten der Schweizer Chroniken und alten Archive, welche die frühere Anwesenheit von Straßen und Alpenpässen, Brücken, Kapellen, Viehweiden und Wäldern an Orten darthun, welche jetzt mit Gletschereis bedeckt sind; ferner aus der früheren Verbreitung des Weinbaues, sowie der Kultur des Nussbaums und der Kirsche. Zweihundzwanzig hierhergehörige bestimmte Thatsachen, die er anführt, finden endlich noch eine Bestätigung in den Sagen des Volkes und in der Bedeutung der Namen vieler Gegenden.

Gegenüber diesen, der neueren geschichtlichen Zeit angehörigen Zeugnissen für ein früher wärmeres Klima und eine geringere Ausdehnung der Gletscher zeigt er im zweiten Theil seiner Abhandlung, daß in einer noch früheren Zeit, in einer Zeit, in die die Geschichte nicht zurückreicht, die Gletscher im Gegentheil eine bedeutend größere Entwicklung als gegenwärtig hatten. Auch hierfür hat er Documente anzuführen, aber Documente der Natur, gewisse Spuren, welche die Gletscher bei ihrem Zurückweichen hinterlassen, und aus deren Anwesenheit er das frühere Bestehen von Gletschern weit unterhalb der jetzigen Grenzen ihres Vorkommens erkannte. Zu diesen Spuren gehören namentlich die Gletscherschliffe, die Schuttälle der Gletscher oder Moränen, sowie auch die zerstreuten Blöcke, welche bei schnellerem Rückzug der Gletscher in mancherlei eigenthümlichen Stellungen abgesetzt werden. Den Zeitpunkt dieser früheren Ausdehnung der Gletscher vermag Venetz nicht näher zu bestimmen, er begnügt sich zu bemerken, daß er sich im Dunkel der Zeiten verliere. Daß er weit hinter unserer Zeit zurückliege, ergiebt sich aus dem Umstände, daß die von den ehemaligen Gletschern gebildeten Schutt-hügel zum Theil seit Menschengedenken mit üppigen Waldungen

bedeckt sind, deren Entstehung nothwendig einen langen Zeitraum in Anspruch nehmen mußte.

Von nun an ruhte die weitere Entwicklung der neuen Lehre bis zum Jahre 1829. Nur in Goethe's „Wilhelm Meister“ finden wir aus dieser Zeit (1828) eine auf dieselbe bezügliche Stelle. Der Verfasser läßt dort einige Gelehrte beisammen sitzen, welche die verschiedenen Theorien über den Transport der erraticischen Blöcke verhandeln. Am Schlusse heißt es: „Zuletz wollten zwei oder drei stille Gäste sogar einen Zeitraum grimmiger Kälte zur Hülfe rufen und aus den höchsten Gebirgszügen auf weit ins Land hin gesenkten Gletschern gleichsam Rutschwege für schwere Ursteinmassen bereitet, und diese auf glatter Bahn, fern und fern er hinausgeschoben im Geiste sehen. Sie sollten sich, bei eintretender Epoche des Aufsthauens niedersetzen und für ewig im fremden Boden liegen bleiben.“

Man sieht, daß die Ansichten von Venez doch einige Aufmerksamkeit in der gelehrten Welt erregt hatten, und daß auf irgend eine Weise der große Dichter Kunde davon erhalten haben mußte. Dies scheint mir wenigstens die wahrscheinlichste Erklärung des Ursprungs jener Stelle.

Venez war mit Charpentier, von dem oben die Rede war, innig befreundet. Gleiche Liebe zur Gebirgskunde, zur Pflanzen- und zur Thierwelt hatte beide zusammengeführt. Bei einer Begegnung mit dem Freunde im Frühjahr 1829, so erzählt Charpentier, habe dieser ihm die Ueberzeugung ausgesprochen, daß das ganze Wallis einst von einem mächtigen Gletscher eingenommen gewesen sei, der bis zum Zura sich erstreckt und die von den Alpen stammenden Blöke dahin gebracht habe. Charpentier fügt die Bemerkung bei: „Wenn ich früher die Behauptung des Gemsenjägers Perraudin von einem bis Martigny sich erstreckenden Gletscher für unglaublich und nicht des Nach-

denkens werth gehalten hatte, so erschien mir vollends die Vorstellung von einem Gletscher von 60 Stunden Länge, der nicht nur das ganze Wallis, sondern auch den Raum zwischen Alpen und Jura erfüllt habe, als eine Tollheit."

Aber die eigene Prüfung des Gegenstandes war nun bei ihm angeregt, und die Untersuchung, in der Absicht der Widerlegung unternommen, führte ihn bald zu der Überzeugung von der Richtigkeit und setzte ihn in den Stand, die Lehre sicher zu begründen, die ihm anfangs so vermessn erschienen war. Schon im Jahre 1834 machte Charpentier den in Luzern versammelten Schweizer Naturforschern eine Mittheilung in diesem Sinne, und 1841 erschien sein größeres Werk: *Über die Gletscher und erraticischen Gebilde des Rhonetals (Essai sur les glaciers et le terrain erratique du bassin du Rhône)*. Durch diese Arbeit wurde Charpentier der eigentliche Begründer der von Venez angedeuteten und vorbereiteten Lehre. Bei dem entschiedenen Widerspruch, den die Lehre von dem Transport der Irrblöcke durch einstige Gletscher von enormer Ausdehnung gefunden hat, mag es nicht überflüssig sein, zu bemerken, daß Johann v. Charpentier, Bruder des zu Breslau 1847 verstorbenen Berghauptmanns Toussaint von Charpentier, einer der gewissenhaftesten, jeder Schwärmerei fremden Forscher war, der seine Lehre genau an das in seiner Umgebung Beobachtete anschloß. Er war zugleich ein Mann von seltener Vielseitigkeit, nicht minder um Mineralogie, Botanik und Zoologie, als um den Bergbau und das Salinenwesen der Schweiz verdient, ein eifriger Sammler von Pflanzen; deren er manche neue in der Schweiz entdeckte, sowie von Land- und Süßwasser-Mollusken, von denen er eine der reichsten Sammlungen besaß. Von der anspruchlosesten und liebenswürdigsten Persönlichkeit, war er geehrt und geliebt von Allen, die ihn kannten. Die

Regierung von Wallis hat ihm zum Andenken an seine Verdienste einen der größten erratischen Blöcke zum Geschenk gemacht, und seinen Namen auf denselben eingraben lassen, und Oswald Heer widmet ihm in seiner „Urwelt der Schweiz“ ein Gedicht, von dem ich die erste hierauf bezügliche Strophe mitzutheilen mir erlaube:

Auf den felsbedeckten Höhen  
Oberhalb der Stadt Monthey  
Wir den lieben Namen sehn  
Johann von Charpentier.  
Er hat einst uns aufgehellt,  
Einen Theil der alten Welt,  
Der von tiefer Nacht umfangen,  
Eh' dies Licht uns aufgegangen.

Vor dem Erscheinen des genannten zweiten Werkes hatte jedoch die Vernex-Charpentier'sche Lehre schon weiter gezündet. Zwei damals befreundete junge Naturforscher, Louis Agassiz und Karl Schimper, waren im Jahre 1836 in Charpentier's gastfreiem Hause eingekehrt und in die neuen Untersuchungen eingeweiht worden. Beide schlossen sich alsbald Charpentier's Lehre an; ja sie glaubten noch weiter gehen zu müssen, indem sie nicht blos eine Zeit mächtiger, auf die Schweizer-Alpen beschränkter Gletscherbildung, sondern eine allgemeine, die ganze Erde in Schnee und Eis begrabende Kälte-Periode, eine Eiszeit im vollkommensten Sinne des Wortes, annehmen zu müssen glaubten. Sie gedachten dabei der Irrblöcke und anderer gewöhnlich der großen Fluth zugeschriebener Erscheinungen im Norden Europa's und Asiens, sowie insbesondere auch der Mammuthe und Nashörner, welche seit undenklicher Zeit wohlerhalten im gefrorenen Schlamme Sibiriens begraben liegen, und knüpf-ten ihre Ansicht an die früher von Bielen gehegte Vorstellung an, daß die Erdgeschichte eine Reihe scharf gesonderter Schöpfungs-perioden zeige, wobei sie die periodisch eintretende Kälte als die

Ursache betrachteten, welche dem vorweltlichen Pflanzen- und Thierreiche den Untergang gebracht, während mit der Wiederkehr der Wärme und dem Rückzug der Gletscher ein neu erstehendes Lebensorch in altem und neuem Baustyl, eine verjüngte Schöpfung sich gebildet habe. Karl Schimper behauptet diesen Gedanken schon vor der näheren Einsicht in die Verhältnisse der Gletscherwelt, mit welcher er durch Charpentier bekannt wurde, gehetzt zu haben und entwickelte ihn in einem im Jahre 1837 gedruckten Gedichte „die Eiszeit“, aus dem ich nur wenige Strophen herausnehme:

Wohl war zuvor mild, milder als jetzt, die Welt:  
Weithin im Uewald hallte Gebrüll des Rinds,  
Mammuthe grasten still, in Mooren  
Wälzten sich lüsterne Pachydermen.

Längst sind vertilgt sie, deren gebleicht Gebein  
Einhüllt das Fluthland, oder mit Haut und Fleisch  
Zugleich und frisch erhalten ausspeit,  
Endlich erliegend, das Eis des Nordens.

Ureis **S**pätrest, älter als Alpen sind!  
Ureis von damals, als die Gewalt des Frost's  
Berghoch verschüttet selbst den Süden,  
Eben verhüllt so Gebirg' als Meere!

Wie stürzte Schneesturm, welche geraume Zeit,  
Endlos herab! wie, reiche Natur, begrubst  
Du lebensscheu dich, öd' und trostlos!  
Aber es ging ja zuletzt vorüber!

In demselben Jahre hielt die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ihre Versammlung in Neuenburg, und Agassiz trug, unter gleichzeitiger Vorlegung eines an die Gesellschaft gerichteten Briefes von K. Schimper, die Lehre von einer allgemeinen Eiszeit, innerhalb welcher auch die einstige Vergletscherung aller Schweizer Thäler und die damit verbundene Ausbreitung der

Irrblöcke ihre Erklärung finde, in einer längeren Rede vor, welche die lebhafteste Diskussion und den vielseitigsten Widerspruch hervorrief. Aber der Widerspruch erhöhte das Streben nach fester Begründung. Diese mußte naturgemäß von den in der Gegenwart zugänglichen Erscheinungen, zunächst von der genauen Erforschung der Gletscher, der Bedingungen ihres Entstehens, ihres WachSENS und Abnehmens, ihrer Wirkungen u. s. w. ausgehen, und es ist kein kleines Verdienst von Agassiz, daß er mit einem seltenen Unternehmungsgeist und einer bewunderungswürdigen Ausdauer die hierauf bezüglichen Untersuchungen in Angriff nahm, indem er während einer längeren Reihe von Jahren die Sommermonate auf den Gletschern zubrachte, theils im Grimselhospiz, theils in einer unter einem großen Felsblock auf der Mittelmoräne des aus der Vereinigung des Lauter- und Finsteraargletschers gebildeten Alargletscher-Eismeeres zur Wohnung eingerichteten Höhle, welche den stolzen Namen „Hôtel des Neuchâtelois“ erhielt. Hier wurden, ausgerüstet mit allen Mitteln der Beobachtung und im Verbande mit wissenschaftlichen Gefährten, von denen zunächst der Ingenieur Wild und die Naturforscher Desor und C. Vogt anzuführen sind, denen sich aber auch zeitweise noch viele Andere, wie Coulon, Pourtalès, Nicolet, Keller, Collomb, Guyot, Escher von der Linth und Andere beigesellten — hier wurden die mannigfältigsten Untersuchungen über das Verhalten der Gletscher bei verschiedenen Temperatur- und Witterungsverhältnissen, über die Konstruktion und Temperatur des Eises in den verschiedenen Theilen des Gletschers, über die Bewegung desselben im Ganzen, sowie in seinen einzelnen Theilen u. s. w. ausgeführt.

Das Resultat dieser Untersuchungen ist von Agassiz in zwei Werken niedergelegt. Das erste derselben: Untersuchungen über die Gletscher, mit einem Atlas, erschien im Jahre 1841;

das zweite: Système glaciaire, gleichfalls mit einem Atlas und einer Karte des Aar-Gletschers, wurde 1847 veröffentlicht.

An diese Arbeiten von Agassiz schließen sich verschiedene Veröffentlichungen seiner Begleiter an, namentlich mehrere von Vogt und Desor, welcher letztere in einer eigenen Schrift die von ihm und Agassiz unternommene Besteigung der Jungfrau im Jahre 1841 beschrieben hat.

In der großartigsten Weise endlich wurden die Gletscherstudien aufgenommen und fortgeführt von Dollfus-Ausset, wovon das im verflossenen Jahre zum 5. Bande gelangte Werk: *Matériaux pour l'étude des glaciers* Zeugniß ablegt.<sup>1)</sup> Selbst auf den Winter sollten die Untersuchungen ausgedehnt werden, indem Dollfus im vorigen Jahre auf dem Col de St. Théodule im Wallis, in 3350 Mtr. Höhe, eine Beobachtungsstation gründete, für zwei Personen zum Überwintern in diesen eisigen Regionen eingerichtet.

Da es hier darauf ankommt, von der Art und Weise, wie die Lehre von der Eiszeit durch die Nachweisung einer früher bedeutenderen Ausdehnung der Gletscher aus den Spuren, welche sie zurückgelassen haben, begründet werden konnte, so müssen wir nothwendig auf die Erörterung der Natur der Gletscher überhaupt und der Wirkungen, welche sie auf ihre Umgebungen ausüben, in Kürze eingehen.

Was man gewöhnlich, dem Ansehen aus der Ferne nach, Schnee- und Eisberge nennt, das zerfällt, näher betrachtet, in zwei wesentlich verschiedene Theile. Die über der Linie des ewigen Schnees befindlichen Höhen der Gebirge, soweit sie nicht aus schroffen Felsmassen bestehen, an denen der Schnee nicht haftet, sind bedeckt mit einem nie schwindenden, aber durch den Wechsel oberflächlichen Aufthauens und Wiedergefrierens in einen

förmigen Zustand übergehenden Schnee, welcher in der Schweiz Firn genannt wird. Man findet ihn am reichlichsten angehäuft in den Sätteln zwischen den höheren Berggrücken, welche Schneefelder unter dem Namen Firnmeere bekannt sind, und in den Mulden oder Kesseln, mit welchen die Hochthäler meist beginnen, und die ihrer Gestalt wegen auch wohl mit dem Namen Cirkus bezeichnet werden. In diese Kessel wird der Schnee von den Winden gleichsam zusammengezogen und in großer Masse aufgeschichtet; unter der Last der oberen Schichten fangen die tieferen an zu weichen und auf der geneigten Unterfläche sich thalabwärts zu bewegen. Hier sind die Ausgangspunkte, gleichsam die Quellen der Gletscher, welche ähnlichen Ursprung haben wie die Lawinen, nur daß sie nicht mit sturmähnlicher Schnelligkeit herabstürzen, sondern mit einer Langsamkeit herabgleiten, die der unmittelbaren Wahrnehmung sich entzieht. Der förmige Firnschnee verwandelt sich hierbei durch wiederholtes Schmelzen und Wiedergefrieren mehr und mehr in zusammenhängendes Eis, das zuerst noch luftreich, blasig und weiß erscheint, endlich aber in den untern Theilen des Gletschers gleichhartig und durchsichtig wird wie Glas, von unvergleichlicher Reinheit, in den Spalten und Klüften jene wundervolle azurblaue, leicht ins grünliche spielende Färbung zeigend, welche von allen Alpenwanderern bewundert und gerühmt wird. Oft entspringen aus einem Firnmeere viele Gletscher, nach verschiedenen Seiten strahlig auslaufend und wie lange Arme in die Thäler hinabhängend, in denen sie oft bis zu 4000, selbst 5000 Fuß unter die Schneegrenze hinabsteigen, von blumenreichen Felswänden oder Grassluren begrenzt, oder in die Waldregion herabreichend, zuweilen selbst dicht an bewohnte Dörfer, Obstgärten und Getreidefelder herantretend.

Die Gletscher sind somit keine Eisberge, sondern Eisströme, welche die Thäler erfüllen. Und zwar ist die Vergleichung der

Gletscher mit Strömen kein leeres Wort. Ein Gletscher verhält sich in der That in vieler Beziehung wie ein Strom, er bewegt sich unmerklich fließend und würde immer weiter in das Thal herabsteigen, wenn nicht das Abschmelzen am unteren Ende dem Vorrücken eine Grenze setzte. In naßkalten Jahren ereignet es sich, daß die Gletscher wirklich thalabwärts vorrücken, oft 50 Fuß weit und mehr im Laufe eines Sommers; während umgekehrt in besonders warmen Jahren die Gletscher oft bemerklich zurückweichen, d. i. kürzer werden. Es erklärt sich dieser Wechsel durch die Verschiedenheit des Verhältnisses der den Gletscher erzeugenden und der ihn zerstörenden Kräfte. Halten sich beide das Gleichgewicht, so scheint der Gletscher stille zu stehen. Einerseits nämlich werden die Gletscher ernährt durch die Schneefälle in der Region der Firnmeere und Kessel, aus denen sie entspringen, und durch das stete Vorrücken, sowie auch Zusammenrücken der Eismasse von da aus nach unten, minder bedeutend durch Schneefälle in den niederen Regionen; anderseits wirken zerstörend und vermindernd auf dieselben, in geringerem Maße die Verdunstung, in stärkerem, nach den untern Regionen mehr und mehr zunehmendem, die Schmelzung, hauptsächlich an der Oberfläche unter Einfluß der wärmeren Luft, aber auch an der Unterfläche.

Wie stark die Wirkung dieses Schmelzens ist, beweisen die gewaltigen Wasserbäche, welche in tunnelartigen Wegen unter der gewaltigen Eisdecke sich bewegen und außer dem am Grunde selbst gebildeten auch das von der Oberfläche durch Spalten und Klüfte hinabrieselnde Wasser sammeln, bis sie zuletzt durch hochgewölbte Ausgänge, die sogenannten Gletscherthore, dem untern Ende des Gletschers entströmen. Durch dieses Schmelzen müßten die Gletscher allmählich bis zu den Grenzen des ewigen Schnees zurückgedrängt, somit gänzlich zerstört werden, wenn der Verlust, den sie erleiden, nicht durch Nachrücken von oben fort-

während erseßt würde. Man könnte nach dem Angeführten glauben, die Gletscher müßten sich im Winter regelmäßig vergrößern, im Sommer verkleinern; daß dies nicht der Fall ist, erklärt sich aus dem Umstände, daß die Bewegung des Eises, durch welche das Vorrücken bewirkt wird, im Winter zwar nicht ganz still steht, aber doch dreimal bis viermal langsamer vor sich geht als im Sommer.

Die Bewegung des Gletschers folgt ähnlichen Gesetzen, wie die Bewegung des fließenden Wassers. Sie ist schneller in der Mittellinie des Gletschers als an den Rändern, wo sie durch die Neigung verlangsamt wird; ebenso schneller in der Nähe der Oberfläche, als am Grunde, wo sie durch den Boden gehindert ist; sie nimmt zu bei stärkerer Neigung der Unterfläche, sie wird gehemmt und verlangsamt durch stellenweise Erhebung der Thalsohle und durch ins Thal einspringende Vorgebirge. Der Gletscher folgt hierbei wie ein Fluß allen Krümmungen und Windungen des Thales; kleinere Gletscher vereinigen sich zusammenfließend zu größeren, wie kleinere Flüsse zu größeren Strömen. So entsteht der Märgletscher aus der Vereinigung des Lauteraar- und Finsteraargletschers, der große Gletscher des Montblanc, das Mer de Glace, aus dem Zusammenfluß dreier Gletscher, Glacier du Talèfre, Gl. de Léchaud und Gl. du Géant.

Man überzeugt sich von dem wirklichen Stattfinden einer solchen unmerklich fortschreitenden Bewegung zunächst in solchen Fällen, wo der Gletscher am unteren Ende im Vorrücken begriffen ist. Mit unwiderstehlicher Gewalt schiebt er alsdann den Wall aus Schutt und Felsblöcken, den er selbst an seiner Grenze gebildet hat (die Endmoräne), vor sich her und zertrümmert, was ihm in den Weg kommt; er wühlt den Erdboden auf, wirft die kraftigsten Bäume nieder, drückt menschliche Bauwerke ein und schiebt sie weiter.

Aber auch unter den gewöhnlichen Verhältnissen des scheinbaren Stillstandes wird dem aufmerksamen Beobachter, der dieselben Gletscher wiederholt und zu verschiedenen Zeiten betritt, die Bewegung daran bemerkbar, daß auf dem Gletscher befindliche Gegenstände, Felsblöcke oder Steine, die ihm als Merkmale seines Weges dienen, allmählich ihren Ort verändern, eine Beobachtung, die mit Hülfe von Meßinstrumenten sich schon in kürzerer Zeit bewähren läßt. Einige genauer bekannte Beispiele solcher Beobachtungen verdienen hier Erwähnung. Der Solothurner Naturforscher Hugi verweilte, mit Beobachtungen über die Natur der Gletscher beschäftigt, im Jahre 1827 auf dem Unteraargletscher und hatte sich zu diesem Ende auf der Mittelmoräne desselben eine Hütte aus Steinblöcken errichtet und die Lage derselben genau festgestellt. Als Agassiz 14 Jahre später die Lage dieser Hütte untersuchte, stand sie 4884 Par. Fuß weiter unten auf dem Gletscher, hatte also durchschnittlich 349' im Jahre zurückgelegt. Im Jahre 1789 ließ Saussure auf dem Glacier du Géant eine Leiter zurück; 44 Jahre später fand J. Forbes die Trümmer dieser Leiter auf einer Moräne des Mer de Glace. Aus der Entfernung und Zeit berechnete er die jährliche Bewegung des Gletschers in dieser Gegend auf 375'.

Zur genaueren Ermittelung des Verhaltens der Gletscherbewegung sind zahlreiche Messungen angestellt worden, insbesondere am Aargletscher von Agassiz und Wild, Dollfus-Ausset, Dzy, Martins; an den Montblanc-Gletschern von Tyndall, Forbes. Da jedoch die Schnelligkeit derselben von mannigfaltigen zeitlichen und örtlichen Umständen, wie z. B. von der Lage und Gestaltung der Thäler, der Neigung, der Größe und Dicke des Gletschers selbst, ferner von den Einflüssen der Jahreszeit und Witterung, insbesondere der Masse des Schneefalls, abhängig ist, daher selbst bei einem und demselben Gletscher zu ver-

schiedenen Zeiten und in verschiedenen Theilen desselben verschieden gefunden wird, so läßt sich eine allgemeine Regel oder ein mittleres Maß der Bewegung schwer feststellen. Im Oberaargletscher beträgt sie ungefähr 109 Meter im Jahr, im mittleren Theile des Aargletschers 71, im untersten Theile desselben durch Hemmung nur 39, somit auf den Tag (im Mittel der Sommer- und Winterbewegung) 208—197—109 Millimeter, oder auf die Stunde 12—8—4 Mm. Nach Dollfus beträgt das Maximum der täglichen Bewegung des Aargletschers beim Hotel im Sommer 341 Mm. (stündlich 14), das Minimum im Winter 159 Mm. (stündlich 7). Die Bewegung des großen Gletschers des Mont-blanc zeigt sich im allgemeinen kräftiger als die des Aargletschers. Von den hochgelegenen Zuflüssen des Eismeeress legt der Glacier de Léchaud im Sommer täglich  $9\frac{1}{2}$  Zoll, der Gl. du Géant  $13''$ , das Eismeer selbst in seiner mittleren Gegend  $20''$ , an seinem unteren Ende  $35''$  täglich zurück. Die schnellste Bewegung, welche Forbes an diesem untersten Theile (dem sogenannten Gl. des Bois) im Monat Juli beobachtet hat, beträgt  $52''$  im Tag, dagegen die langsamste ebendaselbst im December und Januar  $11''$ . Als jährliche Bewegung giebt Forbes für den mittleren Theil des Eismeeress  $500'$ , für den oberen (nach der Leiter Saussure's)  $375'$  an. Auf die Stunde berechnet wechselt somit die Bewegung von weniger als  $\frac{1}{2}$  bis zu  $2\frac{1}{2}$  Zoll und beträgt auf dem mittleren Theil des Eismeeress durchschnittlich ungefähr  $\frac{3}{4}''$ .

Die Erklärung dieser Bewegung hat die Naturforscher vielfach beschäftigt und es hat lange gedauert, bis ein in jeder Beziehung genügendes Verständniß derselben erreicht wurde. Saussure dachte sich dieselbe als ein bloßes Rutschen oder Gleiten auf geneigter Unterfläche; allein, wenn der Gletscher, wie es den Anschein hat, ein starrer und in sich unbeweglicher Körper wäre,

könnte er auf unebener, oft sogar stellenweise bergan gehender Bahn nicht regelmäßig weiter rutschen, sondern würde durch jedes kräftige Hinderniß zum Stillstand gebracht. Charpentier und ebenso Agassiz (in den späteren Schriften nur noch theilweise) suchten die Bewegung durch Ausdehnung der Gletschermasse in Folge des in die Spalten derselben eindringenden, während der Nacht gefrierenden Wassers zu erklären, indem zugleich durch das Eindringen gefärbter Flüssigkeiten nachgewiesen wurde, daß das Gletschereis außer den leicht sichtbaren Klüften und Rissen zahlreiche Haarfeine, es in allen Richtungen durchsetzende Spalten hat. Allein der fort dauernde regelmäßige Wechsel des Aufthauens und Gefrierens des in den Gletscher eindringenden Wassers ist in der angegebenen Weise physikalisch nicht erklärbar, da die Tageswärme zwar die Oberfläche schmelzen, aber die Temperatur des Innern nicht erhöhen kann, und ebenso die Kälte der Nacht, selbst wenn sie bedeutend sein sollte, in die Tiefe nicht eindringt; auch läßt sich diese Erklärung in keiner Weise anwenden auf die selbst während des Winters ununterbrochen fort dauernde Bewegung. Rendu, ein savoyischer Geistlicher (Bischof von Annecy) und James Forbes, ein Schotte, der die Gletscher nicht nur in verschiedenen Gegenden der Schweiz und in Savoyen (Travels through the alps of Savoy, 1843), sondern auch in Norwegen (Norway and its glaciers, 1853) untersucht hat, stellen diesen Erklärungen die Annahme gegenüber, daß das Gletschereis nicht als eine feste und starre Masse zu betrachten sei, sondern als eine unvollkommene Flüssigkeit, als ein dickflüssiger Körper, der auf Abhängen von einer gewissen Neigung vermöge des gegenseitigen Druckes seiner Theile hinabgedrängt wird. Durch die größere gegenseitige Adhäsion der Theilchen, die Zähigkeit (oder, wie sich Forbes auch ausdrückt, Klebrigkei) eines solchen Körpers wird die schwierigere Vorschubung seiner Theile, die langsamere Be-

wegung bedingt. Das Gletschereis wird in dieser Beziehung einem noch nicht erstarnten Mörtel, einem dicken Brei oder Teig verglichen, es bewegt sich wie ein solcher langsam fließend und formt sich vermöge seiner Plasticität nach den Bedingungen der Dertlichkeit. Unter dieser Voraussetzung lassen sich nach Forbes' Darstellung alle Erscheinungen der Bewegung und Gestaltung der Gletscher nach bekannten Gesetzen der Mechanik erklären, insbesondere die verschiedene Schnelligkeit der Bewegung in den verschiedenen Theilen, die Abhängigkeit derselben von der Masse des Gletschers, die enge Anschmiegung an die Unterlage und andere von der Umgebung abhängige Gestaltveränderungen, wie z. B. die Zusammenpressung beim Eintritt in eine enge Thalschlucht oder die fächerförmige Ausbreitung beim Uebergang in ein geräumiges Thalbecken.

Aber steht diese Annahme nicht im grellsten Widerspruche zu der bekannten Sprödigkeit des Eises? Ein Stück Gletschereis zerspringt unter dem Schlage des Hammers in scharfkantige Splitter, ebenso wie anderes Eis, und daß der Gletscher auch im Großen brüchig ist, das beweisen die durch die Unterschiede in der Schnelligkeit der Bewegung seiner Theile bedingten, in bestimmten Richtungen auftretenden Spalten, so namentlich die oft über die ganze Breite des Gletscherrückens sich ausdehnenden Querrisse, welche überall da entstehen, wo bei zunehmender Neigung der Thalsohle eine beschleunigte Bewegung eintritt. Anfangs als schmale Sprünge entstehend, erweitern sich diese Risse oft zu mächtigen Schlünden, welche dem Wanderer schwer befahrbare Hindernisse entgegensezten und ihn am meisten dann bedrohen, wenn sie durch frisch gefallenen Schnee überbrückt und versteckt sind. Das wild zerrissene und spitzackige Aussehen, das viele Gletscher, besonders an ihrem unteren Ende zeigen, verdankt seine Entstehung gleichfalls der durch verschiedene Spaltensysteme

bedingten Zerkleinerung in Verbindung mit stärkerer Abschmelzung der einzelnen Theile. Der Zermattgletscher bietet hiefür ein schönes Beispiel.

Den in den angeführten Erscheinungen liegenden Widerspruch zu lösen, d. i. die ungeachtet der Sprödigkeit des Gletschereises in den Bewegungs- und Gestaltungsverhältnissen des Gletschers unzweifelhaft sich aussprechende Plasticität und relative Flüssigkeit desselben genügend zu erklären, ist Forbes nicht gelungen; den Schlüssel zu dieser Lösung gaben erst die Untersuchungen des Engländers Tyndall über das Verhalten des gepreßten Eises und die von T. Thomson in Belfast und fast gleichzeitig von Claudius in Zürich aus der Wärmelehre gegebene Nachweisung, daß der Gefrierpunkt des Wassers durch Druck um etwas erniedrigt wird.

Gletscher sind von gröberen und feineren Wasseradern durchrieselte Eismassen, daher erhält sich die Temperatur im Innern derselben, wie in jedem Gemische von Eis und Wasser, auf dem Gefrierpunkte. Der Druck, den die oberen Schichten auf die unteren ausüben, hat einerseits die Bildung unzähliger haarfeiner Sprünge zur Folge, durch welche der Zusammenhang des Eises gelockert wird, anderseits eine kleine Erniedrigung des Gefrierpunktes des der Pressung ausgesetzten Eises. Eine solche Erniedrigung kann nur geschehen, indem freie Wärme latent wird, d. i. indem etwas Eis schmilzt und zu Wasser wird. Da Wasser weniger ausgedehnt ist als Eis, so wird dadurch Raum gewonnen, die Theile des Eises können dem Druck nachgeben und sich verschieben. Das umgebende Wasser wird, da es ausweichen und abfließen kann, nicht gepreßt und nimmt an der Erniedrigung des Gefrierpunktes keinen Theil; es kommt somit Wasser von  $0^{\circ}$  in Berührung mit Eis von weniger als  $0^{\circ}$ , was ein Gefrieren des umgebenden Wassers zur Folge hat, indem zugleich

die durch den Druck getrennten Theile wieder zusammenfrieren. Dieser im Innern des Gletschers sich fortwährend wiederholende Prozeß ist es, der dem Gletschereise Plasticität und Beweglichkeit giebt. Eine bekannte Erscheinung, das Zusammenfrieren zweier auf  $0^{\circ}$  befindlicher Eisstücke, wenn sie fest an einander gedrückt werden (die sogenannte Regelation des Eises), sowie die Bildung fester Schneeballen durch das Zusammenkneten nicht unter  $0^{\circ}$  kalten Schnees erklären sich auf dieselbe Weise und können zur Erläuterung dessen dienen, was im Gletscher im Großen vor sich geht. Noch einleuchtender sind die von den Physikern mit geeigneten Apparaten angestellten Versuche, welche zeigen, daß dem Eise durch Pressung die verschiedensten Formen gegeben werden können. Ein weiteres Eingehen auf diese für die Physik der Gletscher wichtigen Verhältnisse ist hier nicht möglich; ich verweise deshalb auf die ausführliche, auf eigene Untersuchungen gegründete Darstellung, welche Professor Helmholz in Heidelberg in seiner im Jahre 1865 gehaltenen Vorlesung über Eis und Gletscher (Popul. wissensch. Vorträge, 1. Heft.) gegeben hat, aus welcher auch diese Andeutungen entnommen sind.

Bewegt sich der Gletscher, wie nachgewiesen wurde, so muß auch Alles, was er auf seinem Rücken trägt oder in seinem Innern einschließt, mit fortbewegt werden. Was von den Bergwänden, die ihn begrenzen, herabstürzt oder herabrollt, das nimmt er auf und trägt es thalabwärts weiter, mitarbeitend an der großartigen, langsam fortschreitenden Abtragung der Hochgebirge. Denn seit undenklichen Zeiten arbeiten die Elemente an der Erniedrigung der hohen Gipfel und Riffe der Alpen, die, so großartig und festgegründet sie uns dünken, doch, Ruinen gleich, durch Verwitterung, Frost, Sturm, Schneedruck und Schneeschmelze, ja selbst durch die Vegetation, die sie tragen, immer weiterem Zerfall entgegengehen; die Gletscher aber sind es, die zunächst den Transport des

Schuttet übernehmen, um ihn den Strömen zur weiteren Hin-abführung in die Ebenen, so weit sie es vermögen, zu übergeben. So finden sich denn große und kleine Felsstücke in allen Ab-stufungen, vom feinen Sande bis zu den mächtigsten Felsblöcken auf den Gletschern, zumeist am Rande angehäuft, aber auch, be-sonders die größeren Stücke, auf der Fläche zerstreut. Kleine, besonders dunkel gefärbte Steinchen sieht man oft in trichter-förmige Vertiefungen einsinken, indem sie, von der Sonne er-wärmt, das Eis in ihrer Umgebung schmelzen; große Blöcke da-gegen erheben sich nach und nach auf Eisstützen über die Fläche des Gletschers, weil sie den bedeckten Theil vor Abschmelzung schützen. Sie stellen die sogenannten Gletschertische dar, deren anfangs dicker Stiel durch Schmelzung immer dünner wird, bis er zuletzt zusammenbricht. Ein Theil der Blöcke wird bis zum Ende des Gletschers fortgetragen und dort herabgestürzt, andere werden schon unterwegs zur Seite geschoben und, wenn der Raum es erlaubt, über Bord geworfen, noch andere, meist kleinere Steine und Sand, gelangen durch die Spalten ins Innere oder auf den Grund des Gletschers. Die Schutt- und Steinwälle, welche der Gletscher auf diese Weise an seinen Grenzen bildet, werden Moränen, im Deutschen auch Guffern oder Gufferlinien ge-nannt; man unterscheidet nach ihrer Lage die Endmoränen und die Seitenmoränen. Zu diesen kommen noch die Mit-telmoränen, welche durch die Verbindung der Seitenmoränen zweier zusammenliegender Gletscher entstehen und eine Grenz-scheide bilden, welche die beiden vereinigten Eisströme weithin, oft bis zum Ende des Gletschers, unterscheidbar macht. Schwä-chere Mittelmoränen entstehen auch durch die Abfälle inselartig aus dem Gletscher vorragender Felsklippen oder von der Seite in den Gletscher eingreifender Vorgebirge. Das Eismeer bei Cha-mouni trägt 4 parallele Mittelmoränen, von denen 2 durch den

Zusammenfluß der drei bereits früher erwähnten Gletscher (Taléfre, Léchaud und Géant) gebildet werden; eine dritte (östlichste) von dem sogenannten Jardin ausgeht, einer mitten im Glacier du Taléfre gelegenen Felseninsel von 2756 Met. Meereshöhe, die ihrem Reichthum an Alpenpflanzen den Namen verdankt<sup>2)</sup>; eine vierte (westlichste) einem Felsenriffe den Ursprung verdankt, das in den Glacier du Géant hereinragt. Der Mar-gletscher trägt eine Hauptmittelmoräne, die durch die Vereinigung der Seitenmoräne des Lauteraar- und Finsteraargletschers gebil-det wird und die mächtigste von allen bekannten Mittelmoränen ist, nach Agassiz stellenweise eine Breite von 37—42 Met. und eine Höhe von 9—18 Met. erreichend. Außer dieser finden sich jederseits mehrere unscheinbare, die sich im weiteren Verlauf zum Theil vereinigen, zum Theil verlieren.

Zu den Arbeiten des Gletschers, welche mit seiner Bewe-gung im Zusammenhange stehen, gehört ferner die Abschleifung und Glättung des Bodens, über den er seinen Weg nimmt. Durch die mit dem Vorläufen, verbundene, unter gewaltigem Drucke ausgeübte Reibung wird der rauhe Felsboden eben geschliffen und je nach seiner mineralogischen Beschaffenheit mehr oder minder vollkommen polirt; alle Vorsprünge und Höcker, welche hindernd entgegentreten, werden, besonders auf der Berg-seite, sanft gerundet, wobei der auf den Grund des Gletschers gelangte oder durch Zerreibung daselbst gebildete Schlamm und Sand die Stelle des Schmirgels vertritt. Zahlreiche im Gletschereise selbst feststeckende härtere Kieselsteinchen und Sandkörner rüthen den geglätteten Felsen, über den sie hingeführt werden, und erzeugen eine eigenthümliche, besonders auf weicherem Gestein z. B. Kalk sehr bemerkbare Streifung, die das Ansehen hat, als ob sie mit dem Griffel oder mit der Radirnadel ausgeführt wäre. Ähnliche Kritze oder Streifen erhalten auch die kleineren

und größeren Steine, die der Gletscher auf seinem Grunde fortbewegt und die zuletzt als gestreiftes Geröll zu Tage kommen.

Endlich ist noch zu bemerken, daß der Gletscher durch die mit seiner Bewegung verbundene Neigung viele Steintrümmer, welche er am Grunde mit sich führt, sowie die Oberfläche der Felsen, auf denen er sich hinbewegt, allmählich zermalmt und in einen Staub verwandelt, der dem Gletscherwasser eine eigenthümlich trübe Farbe giebt und von den abfließenden Bächen weit hinaus in die Thäler geführt wird, bis er sich früher oder später als fruchtbarer Schlamm niedersezt.

Alle diese Eigenschaften und Wirkungen der Gletscher sind von der größten Bedeutung, wenn es sich darum handelt, eine frühere größere Ausdehnung derselben nachzuweisen; nur nach den Spuren, welche die Gletscher hinterlassen haben, kann ihre einstige Anwesenheit festgestellt werden, nur diese Spuren geben uns den Leitfaden in die Hand, die Frage nach der Eiszeit überhaupt und insbesondere nach der einstigen Ausdehnung der Vergletscherung der Erdoberfläche zu beantworten.

Zunächst verräth sich die Anwesenheit früherer Gletscher durch die Abschleifung und Glättung der Felsen im Grunde und an den Seitenwänden der Thäler, durch die Abrundung aller vorragenden Spitzen (Mundhöcker, Lämmerfelsen), verbunden mit Furchung und Kritzung der geglätteten Flächen. Zwar sind diese Spuren an Felswänden, die den Einflüssen der Witterung ausgesetzt blieben, durch die Länge der Zeit vielfach wieder verwischt worden, aber in anderen Fällen, namentlich da, wo die Oberfläche durch Gletscherschlamm und Dammerde bedeckt und geschützt wurde, haben sie sich vortrefflich erhalten. Solche geschliffene Felsen findet man weit herab in den Schweizer Thälern, auch in solchen, die jetzt keine Gletscher mehr zeigen, ja selbst weit entfernt vom jetzigen Gebiete der Gletscher z. B. am Jura, wo

an vielen Orten, namentlich in der Gegend von Neuenburg bei dem durch den Bau der Eisenbahn veranlaßten Abräumen der Felsen in wunderbarer Frische erhaltene Gletscherschliffe zu Tage gekommen sind. An manchen Thalwänden unterscheidet man die Grenzlinie, bis zu welcher die Felsen gerundet und geglättet sind, scharf und genau; über dieser Linie erscheinen sie plötzlich schroff und zerrissen, rauh und eifig. Verfolgt man diese Grenzlinie thalaufwärts, so sieht man sie zuletzt mit der Grenzlinie des jetzigen Gletschers zusammentreffen, während sie tiefer im Thal das jetzige Niveau des Gletschers bis auf 2000 Fuß überragen kann, wie es z. B. beim Unteraargletscher der Fall ist.

Zu den Felsenschliffen gesellen sich die gekritzten Kiesel oder Geschiebe; auch sie finden sich in weiter Entfernung von den jetzigen Gletschern, z. B. in großer Menge am Tura, wo sie meist in einem gelblichen feinsandigen Mergel eingebettet liegen, der nichts anderes ist, als ein in alten Zeiten abgesetzter Gletscherschlamm. Vom Wasser gerollte Steine können niemals solche Linien oder Kräzter erhalten, ja die gekritzten Kiesel selbst verlieren, wenn sie vom Gletscherbach fortbewegt werden, bald ihre charakteristische Zeichnung. Gekritzte Kiesel beweisen daher überall für die Stellen, an denen sie gefunden werden, die einstige Anwesenheit von Gletschern.

Die alten Moränen bieten ein weiteres Beweismittel für die frühere Ausdehnung der Gletscher. Sie bilden meist langgestreckte Hügelzüge, den Thalseiten parallel (Seitenmoränen) oder halbmondförmig in das Thal vorspringend (Endmoränen), in der Mitte des Thales in größerer oder geringerer Breite durchbrochen. Von den Sand- und Kiesablagerungen, welche durch Wasserfluthen abgesetzt sind, unterscheiden sie sich durch den Mangel der Schichtung. Große und kleine Felsstücke, theils gerundet, abgeschliffen und geritzt, theils eifig und scharfkantig (so

besonders die größeren) finden sich ohne Ordnung in derselben zusammengehäuft und mit feinerem Schutt und Sand gemischt. Da sie gegenwärtig meist bewachsen oder bebaut sind, kann ihre wahre Natur bloß durch Aufgrabung erkannt werden. Ihr Vorkommen in der Schweiz ist an unzähligen Orten nachgewiesen; einige Beispiele von Moränen, die von den jetzigen Gletschern sehr weit entfernt sind, mögen genügen. Zwei hohe und mächtige Endmoränen des ehemaligen Aargletschers finden sich bei Bern, die eine in der Stadt selbst, die andere eine Stunde südlich davon bei Muri; bedeutende Moränen des ehemaligen Linthgletschers zeigen sich am unteren Ende des Zürcher Sees, unterbrochene Seitenmoränen zu beiden Seiten des Sees und eine Endmoräne unterhalb desselben, auf welcher ein Theil der Stadt Zürich sich befindet; eine 100 Fuß hohe bogenförmige Moräne umgibt das Nordende des Sempacher Sees im Gebiete des ehemaligen Reusgletschers. Um die Kenntnis dieser alten Moränen der Schweiz hat sich besonders ein berühmter Zürcher Geologe, Eicher von der Linth, verdient gemacht. Die Moränen zeigen stets ein andauerndes Verweilen der Gletscher in gleicher Ausdehnung, einen längeren stationären Zustand derselben an; befindet sich dagegen die Gletscherbildung in ununterbrochenem allmählichem Rückzug, so werden die abgeworfenen Stein- und Schuttmassen nicht zu Moränen angehäuft, sondern zerstreut zurückgelassen werden.

Die auf diese Weise ausgestreuten Findlinge oder sogenannten erratischen Gesteine, von denen schon im Eingang die Rede war, sind es, welche den sichersten Beweis für die erstaunliche Ausdehnung liefern, welche den Gletschern in einer früheren Periode zukam. Die genaue Ermittelung der Art ihres Vorkommens, des Ursprungs oder eigentlichen Fundortes der verschiedenen Gesteinsarten, des Weges, auf dem sie gekommen, und der Grenzen ihrer Verbreitung, war eine große Aufgabe, um deren Lösung in

der Schweiz vorzugsweise ein Neuenburger Forscher, Prof. Arnold Guyot (jetzt in Princeton, N. Jersey) sich verdient gemacht hat, der Jahre lang mit Hammer und Höhebarometer in den entlegensten und unzugänglichsten Wildnissen des Hochgebirges herumgestiegen ist, um die ursprünglichen Lagerstätten zahlreicher Gebirgsarten zu ermitteln, die als Findlinge längst bekannt, als anstehende Felsen aber noch von Niemanden gesehen waren. Seine Arbeiten sind im Bulletin der Neuenburger Naturw. Gesellschaft vom Jahre 1847 u. ff. niedergelegt. Ihm schlossen sich andere Schweizer Geologen an und Escher von der Linth hat uns 1852 eine Karte über die Verbreitung der Alpenfindlinge gegeben. Durch diese Untersuchungen haben sich Verbreitungsvorhänge herausgestellt, welche in keiner Weise durch Wasserströmungen erklärt werden können und mit aller Bestimmtheit auf den Transport durch Gletscher hinweisen. Außer der schon erwähnten ungeheuren Größe mancher Blöcke, den kühnen Stellungen, welche sie mitunter an den Bergwänden zeigen, der eifigen und scharfkantigen Gestalt, dem von ihrer ursprünglichen Fundstätte durch Thäler und See getrennten Vorkommen u. s. w. gehört hieher namentlich das allgemeine Gesetz, daß die Findlinge sich auf ihrer ganzen Wanderung stets auf derselben Thalseite halten, von welcher sie stammen, eine Vermischung mit den Gesteinen der anderen Thalseite nicht stattfindet, während durch Wasserströme die Gesteine beider Seiten durcheinander geworfen werden. So findet man am Jura die Findlinge, die von den südlichen Grenzgebirgen des Rhonethals stammen, nach der Genfer Seite hin, die von den nördlichen Grenzgebirgen stammenden nach der Solothurner Seite hin ausgebreitet. Auch nach der Höhe zeigt die Verbreitung bestimmte Regeln. Die von den höchsten Punkten stammenden Gesteine erreichen auch am Jura die bedeutendste Höhe, während die Ge-

steine tieferer Regionen auch nur in entsprechenden geringeren Höhen am Jura sich finden, was dadurch erklärt wird, daß bei dem höchsten Stande der Gletscher die niederen Gebirge noch bedeckt waren, somit noch keine Findlinge liefern konnten. Aus dem Ganzen der betreffenden Untersuchungen geht hervor, daß in einer früheren Zeit 5 große Gletscher oder Gletschersysteme die Thäler und Ebenen der Schweiz auf der Nordseite der Alpen bedeckt haben. Der Rhonegletscher entsprang aus allen Seitenthälern, welche die beiden parallelen Ketten des Wallis einschneiden und woselbst sich die höchsten Gebirge der Schweiz, der Monte Rosa, Mont Cervin, die Jungfrau u. s. w. befinden; sein Ende dehnte sich fächerförmig über den Genfer, Neuenburger, Murtner und Bieler See aus, am Jura anstoßend und emporsteigend, auf der einen Seite bis zur Verte du Rhône, auf der andern bis zur Gegend von Narau sich herabsenkend. Mit ihm stießen und zwar am Mont Sion bei Genf, wie Guyot aus den dortigen Findlingen nachgewiesen hat, zwei andere vom Süden und Südwesten kommende Gletscher zusammen, der Arvegletscher, die Fortsetzung des jetzigen Eismeeres des Montblanc, und der Isere-Gletscher, welcher, durch die Seen von Annecy und Bourget vordringend, in den Rhonegletscher einmündete. Der mächtigste nach dem Rhonegletscher war der Rheingletscher, aus vielarmigem Ursprung in Graubünden durch das Rheintal vordringend, über das St. Galler Land und den Bodensee sich fächerartig ausbreitend und jenseits des letzteren an die vulkanischen Hügel des Högaus und das oberschwäbische Molassengebirge sich anlehnuend. Das zwischen diesen beiden befindliche Gebiet wurde von 3 Gletschern eingenommen, dem Aargletscher, der durch den Brienz und Thuner See nach Bern vordrang und sich an den Rhonegletscher anlegte, dem Neußgletscher, der den Bierwaldstädter, Zuger, Sempacher See erfüllte und bis

Baden in der Schweiz vordrang, der Linthgletscher, durch den Züricher See vordringend, zwischen den Neuf- und Rheingletscher sich einkeilend. Auf der Südseite der Alpen stiegen mehrere Gletscher nach den Ebenen Piemonts und der Lombardei herab, so der Langenseegletscher, der Weltlingletscher, der Gardagletscher, auf dessen Moränen die Schlacht von Solferino stattfand.

Dies sind die Zeugnisse, auf deren Grund die Lehre von der Eiszeit, zunächst für die Schweiz, allmählich aufgebaut und bestigt wurde; auch haben sich die Schweizer Geologen der anfangs so unglaublichen, heftig bestrittenen oder bezweifelten Lehre in der Folge sämtlich angeschlossen und an ihrer weiteren Bestigung mitgearbeitet. So außer den schon angeführten der um die Wissenschaft hochverdiente Basler Rathsherr Peter Merian, die Professoren Studer in Bern, Mousson in Zürich, Oswald Heer in Zürich, in dessen „Urwelt der Schweiz“ (1865) auch die Gletscherzeit anziehend geschildert ist.

Bald kamen auch aus anderen Ländern Bestätigungen und manche schon früher (namentlich im Norden Europas) gemachten Beobachtungen bekamen ihre richtige Deutung. Eine schon vordem angegebene, vormals bedeutendere Ausdehnung der Gletscher in den Pyrenäen wurde neuerlich bestätigt und genauer beschrieben durch Professor Martins in Montpellier im 2. Theile seines interessanten Buches „Von Spitzbergen zur Sahara“ 1868; in den Vogesen und im Schwarzwald, wo Gletscher jetzt nicht mehr vorhanden sind, wurden die Spuren früherer Gletscher mit Sicherheit nachgewiesen, in den ersten durch Hogard (*Annales d'émulation du Dép. des Vosges* 1847) und Collomb (*Glaciers des Vosges* 1847), im letzteren durch Frommherz, der alte Moränen unverkennbar beschrieb, aber unrichtig erklärte. Polirte Felsen habe ich im Bärenthal am Feldberg selbst be-

obachtet. Ähnliche Beobachtungen wurden in den Karpathen, im Altai, im Kaukasus, am Libanon (wo nach Dr. Hooker die berühmten Cedern auf alten Moränen stehen) und im Himalaya gemacht. Von Großbritannien wissen wir durch Lyell, daß der Norden Englands, sowie Schottland und Irland in der Eiszeit theilweise untergetaucht und mit Gletschern bedeckt waren; auch Skandinavien stand in dieser Zeit nach den Untersuchungen von Böhtlingk (1840), Kjerulff (1860) und anderen Forschern gegen 600 Fuß tiefer als gegenwärtig und die aus dem Meere vorragenden Theile waren mit einem Eismantel bedeckt, von dem die Gletscher ins Meer hinabreichten, ähnlich wie es jetzt nach den Schilderungen von Nink in Grönland oder nach Martins in Spitzbergen der Fall ist. Die Gletscher übten ihre Wirkung auf den Fels auch noch unter dem Meeresspiegel, wovon das jetzt über das Meer emporgehobene Land Zeugniß giebt. Die von diesen Gletschern abbrechenden schwimmenden Eisberge und Eisschollen waren es, welche damals die skandinavischen Gesteine über das baltische Meer getragen haben, die Gesteine, die wir jetzt als Findlinge in den norddeutschen Ebenen, die zu jener Zeit gleichfalls untergetaucht waren, zerstreut finden.

Auch im Norden der neuen Welt sind die Spuren der Eiszeit durch Agassiz, Desor und Andere beobachtet und finden sich dort in noch südlicheren Breiten als in Europa. Auf der südlichen Hemisphäre endlich kennen wir sie namentlich in Südamerika durch Darwin und in Neuseeland durch Hochstetter, nach dessen Untersuchungen deutliche Zeichen vorhanden sind, daß die Gletscher dieser Inseln vereinst bis zum Meere herabgereicht haben. Doch mag es fraglich sein, ob die Periode der Bergletscherung auf der südlichen Hemisphäre mit der der nördlichen Hemisphäre zusammenfällt oder einer anderen Zeit angehört. Wie es sich aber auch damit verhalten möge, für die nörd-

liche Hemisphäre ist das dureinstige Dasein einer nicht bloß lokalen, sondern über die ganze nördliche und gemäßigte Zone ausgebreiteten Eiszeit wissenschaftlich festgestellt, zwar nicht einer Eiszeit in dem extremen Sinne, wie sie anfänglich von Schimper und Agassiz gedacht wurde, nicht einer Zeit, in welcher alles organische Leben auf der Erde der Kälte erlegen wäre, denn eine solche zeitweise Vertilgung der organischen Natur widerspricht dem unzweifelhaft nachgewiesenen Zusammenhang der Entwicklung derselben durch alle geologischen Epochen, wohl aber einer kälteren Zeit, in welcher die Gletscherbildung eine im Vergleich zum jetzigen Stande ungeheure Ausdehnung hatte, eine Gletscherperiode (Glacialperiode), die wir doch immer am kürzesten und einfachsten als Eiszeit bezeichnen werden.

Man könnte glauben, zur Erklärung einer so gewaltigen Ausdehnung der Gletscher sei die Annahme eines grimmig kalten Klimas erforderlich; dies ist aber nicht der Fall. Wir wissen, daß anhaltend strenge Winterkälte, ohne Wechsel des Aufthauens und Gefrierens, die Bildung von Gletschern verhindert, dagegen kühle, an atmosphärischen Niederschlägen reiche Sommer ihr besonders günstig sind. Nach Martins würde eine Erniedrigung der mittleren Temperatur um nur  $4^{\circ}$  in der Schweiz hinreichen, den Gletschern diejenige Ausdehnung zu geben, welche sie in der Eiszeit hatten. Die Erklärung einer solchen Erniedrigung der Temperatur, die um so auffallender erscheint, da die Zeit derselben sich an die Tertiärperiode anschließt, deren Temperaturverhältnisse höher waren als die gegenwärtigen, unterliegt noch vielen Zweifeln. Geologische, meteorologische und astronomische Ursachen sind zu Hülfe gerufen worden. Eine früher bedeutendere Erhebung der Alpen, die sich nachmals wieder gesenkt haben, gleichzeitig eine Senkung im Norden Europas, durch welche dem Eismeer der Eintritt in die baltischen Gewässer gestattet wurde, die noch be-

stehende Verbindung Englands mit Frankreich, welche dem Golfstrom einen anderen Weg vorschrieb, der Mangel des schneeschmelzenden Föhnwindes, welchen man durch frühere Meeresbedeckung der Sahara zu erklären suchte<sup>3</sup>), und andere Veränderungen in der Vertheilung von Land und Wasser und der damit zusammenhängenden Meeres- und Luftströmungen wurden hervorgehoben. Da jedoch dies Alles nicht auszureichen schien<sup>4</sup>), so dachte man an eine Verschiebung der Erdachse oder an eine Änderung in der Excentricität der Erdbahn, welche mit dem Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen in Verbindung gesetzt wurde<sup>5</sup>), ja selbst auf die Stellung des Sonnensystems im Weltraum ging man zurück in der Annahme, daß die Sonne auf ihrem Wege in jener Zeit in eine kältere Region des Himmels eingetreten sei.

Überlassen wir die Auffklärung des Dunkels, das noch über diesen Erklärungsversuchen liegt, der Zukunft und wenden wir uns einer anderen Frage zu. Wann war diese Zeit der großen Gletscher und wie lange hat sie gedauert? Schon der Ingenieur Beneš kam durch seine Untersuchungen zu dem Ausspruch, daß sie sich in der Nacht der Zeiten verliere, d. h. daß sie einer vorgeschichtlichen Zeit angehöre; aber von dem Standpunkte der Geologie betrachtet fällt sie nichtsdestoweniger in eine sehr späte Periode. Die nachgewiesene wesentliche Uebereinstimmung der meisten aus der Eiszeit erhaltenen organischen Reste mit den Organismen des jetzt bestehenden Pflanzen- und Thierreiches zeigt, daß die Eiszeit geologisch betrachtet derselben Epoche angehört, in deren jüngstem Abschnitt sich die Geschichte des Menschengeschlechts bewegt. Könnten wir über die Dauer der Eiszeit Bestimmteres ermitteln, so würden wir zugleich der Lösung der Frage nach der Dauer der ganzen gegenwärtigen Epoche der Erdbildung näher kommen.

Eines ist in dieser Beziehung gewiß: Zur Bildung sowohl

(873)

als auch zum Rückzuge jener ungeheuren Gletscher war eine sehr lange Zeit erforderlich. Dies leuchtet um so mehr ein, wenn wir bedenken, daß beides nicht in gleichmäßig fort schreitender Weise geschah, sondern mit Unterbrechung durch andauernde Zeiten des Stillstandes, wie dies wenigstens für den Rückzug durch die bis auf unsere Zeit erhaltenen vielfachen und mächtigen Endmoränen bewiesen wird. Erwägen wir ferner die unabsehbare und unerschöpfliche Menge der Findlinge, welche von jenen alten Gletschern transportirt worden sind und welche zugleich das Material zu den vom Wasser weiter verarbeiteten und nach und nach abgesetzten überaus mächtigen Sand- und Kiesmassen des geschichteten Schwemmlandes, das unter dem Namen Diluvium bekannt ist, geliefert haben, ferner die Langsamkeit der Fortbewegung der auf die Gletscher herabgestürzten Gesteinssmassen, so werden wir unsere Vorstellung von der Dauer der Eiszeit sehr hoch spannen müssen. Nach D. Heer's Berechnung hätte z. B. der am Eingang erwähnte Pflugstein zur Zurücklegung seines Weges aus den Glarner Alpen bis zu seiner Ruhestätte bei Zürich 600 Jahre nötig gehabt, der Pierre-à-bot zu dem Wege von der Montblanc-Kette durch das Thal von Trient über Martinach, über den Genfer und Neuenburger See nach seinem jetzigen Standort am Tura gegen 1000 Jahre<sup>6</sup>). Und in so langsamter Wanderung haben unzählige Blöcke ähnliche und noch weitere Wege zurückgelegt! Dazu kommt endlich, daß nach den neueren Untersuchungen dieser ganze Prozeß des Vorschreitens und Rückschreitens der Gletscher nicht einmal, sondern zweimal stattgefunden hat, daß es also eigentlich zwei Eiszeiten<sup>7</sup>) gab, beide durch eine zwischenliegende mildere Periode getrennt. Lyell hat in seinem berühmten Werke über das Alter des Menschengeschlechts (Antiquity of man, übersetzt von Büchner 1864) die Dauer der ganzen Periode, in welche beide Eiszeiten fallen, nach den

während dieser Zeit stattgehabten Senkungen, Hebungen und Wiederseufungen im Norden Europas, namentlich in Großbritannien, auf 224,000 Jahre berechnet, wobei er als Maß dieser Niveauveränderungen  $2\frac{1}{2}$  Fuß für je ein Jahrhundert annimmt. Allein die Grundlage dieser Zeitrechnung ist eine sehr unsichere, da die Annahme einer gleichmäßigen Fortdauer dieser Vorgänge keineswegs gerechtfertigt ist. Nimmt man eine Beziehung der Eiszeiten zur Periode des Vorrückens der Tag- und Nachtgleichen an, so kommt man zu einem von der Lyell'schen Berechnung sehr abweichenden Resultat. Die ganze Periode bis zur Wiederkehr der gleichen Stellung der Erde zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche beträgt 21,500 Jahre und einer solchen Periode würde eine Eiszeit der nördlichen und (damit abwechselnd) eine Eiszeit der südlichen Halbkugel zufallen. Zwei Eiszeiten unserer Erdhälfte mit der zwischenliegenden milderer Periode würden somit einen Zeitraum von nicht mehr als 43,000 Jahren in Anspruch genommen haben. Ist die Annahme gerechtfertigt, daß die Stellung, welche die Erde zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche in ihrer Bahn einnimmt, einen Einfluß auf die Temperaturverhältnisse hat, so fiel der jüngst verflossene Höhepunkt der milden Zeit in das Jahr 1243 und wir befinden uns seither wieder in der Zeit der Abnahme der Temperatur, was mit den erwähnten geschichtlichen Dokumenten, welche Venetz beigebracht hat, wohl übereinstimmt; der vorausgehende Höhepunkt der kälteren Zeit liegt um 10750 Jahre weiter zurück, fällt somit in das Jahr 9507 vor unserer Zeitrechnung, wonach die Ausgänge der jüngsten Eiszeit die geschichtliche Zeit fast berühren müssten. Es ist in der That nicht undenkbar, daß die bei den alten Völkern verbreiteten Sagen von einer großen Fluth sich auf die hohen Wasserstände beziehen, die durch das Schmelzen der mächtigen Gletscher der Eiszeit erzeugt wurden. Der Löß des Rhein-

thals, der sich bis auf 800 Fuß über das jetzige Niveau des Rheins erhebt, und die analogen Bildungen in anderen Flüßgebieten geben von diesen hohen Wasserständen Zeugniß.

Verlassen wir dieses Gebiet der nicht gelösten Zweifel und Fragen und fassen das Erreichte ins Auge. Ein neuer Abschnitt in der Geschichte unseres Planeten hat sich vor unseren Augen enthüllt, eine nicht allzuferne Vergangenheit, deren sonderbare Abweichung von der gegenwärtigen Zeit uns mit Staunen erfüllt! Wenn es ein Hochgefühl ist, nach anstrengendem Wege den Gipfel eines Berges zu erreichen und plötzlich nach allen Seiten hin eine ungeahnte Fernsicht zu gewinnen, so muß uns kein geringeres Hochgefühl erfassen, wenn wir im Gebiete der Wissenschaft nach mühsamer Arbeit einen neuen Höhepunkt erreicht sehen, von dem aus nach allen Seiten hin lichte Blicke in vorher dunkle Gebiete sich eröffnen. Und einen solchen Aussichtspunkt, einen Mittelpunkt neuer Einblicke, namentlich in die Geschichte der Vertheilung des Pflanzen- und Thierreichs und ihrer jüngsten Veränderungen, ja in die Urgeschichte des Menschen Geschlechts selbst, hat die Wissenschaft durch die Lehre von der Eiszeit in der That gewonnen. Ich habe den Weg zu zeichnen gesucht, auf welchem die Forschung zu diesem Standpunkte gelangt ist; das Weitere, was sich daran knüpft, das Verhalten der organischen Reihe in jener denkwürdigen Zeit, die Vorführung der Zeugnisse von lebenden und untergegangenen Pflanzen und Thieren für die Eiszeit, ja des Menschen selbst, dessen Dasein auf der Erde wenigstens in die jüngere Eiszeit unzweifelhaft zurückreicht, als Zeugen derselben, muß ich einer anderen Feder überlassen.

### Anmerkungen.

- 1) Seither ist das Werk bis zum 8. Bande fortgeschritten und soll erst mit dem 10. Bande beendet werden.
- 2) Nach Martin's zählt die Flora des Jardin's 87 Blüthenpflanzen und 41 blüthenlose Gewächse.
- 3) Desor, „aus Sahara und Atlas, 1865.“ wogegen Dove in zwei Schriften (Eiszeit, Föhn und Sirocco, 1867; der Schweizer Föhn, 1868) nachgewiesen hat, daß der Föhn nicht durch den von der Sahara aufsteigenden Luftstrom erzeugt wird.
- 4) Prof. D. Heer sowohl als Prof. Martin's halten es für ein vergebliches Bemühen, die allgemeine Kälteperiode durch örtliche Ursachen zu erklären.
- 5) Adhemar, die Revolutionen des Meeres. Aus dem Französischen, 1843. Man vergleiche auch Lyell, Principles of geology, 10. Auflage, I. 268 und Heer, die fossile Flora der Polarländer, S. 77.
- 6) Da die Schnelligkeit der Bewegung mit der Mächtigkeit der Gletscher zunimmt, so ist das Resultat dieser auf die Bewegungsschnelligkeit der gegenwärtigen Gletscher begründeten Rechnung wohl etwas zu hoch.
- 7) Dies ist zuerst von Prof. Morlot in Lausanne (Biblioth. universelle 1855) behauptet worden, nachdem er in der Thalschlucht der Drance bei Martinach ein mächtiges Lager geschichteten Diluviums beobachtet, das auf erratischen Bildungen ruht und selbst wieder von Findlingsblöcken bedeckt ist. Oswald Heer („Die Urwelt der Schweiz. 1864.“) bestätigte die Annahme einer doppelten Eiszeit durch die Lagerung der Schieferkohlen von Wezikon zwischen einer unteren und oberen erratischen Bildung. Auch in Skandinavien wurden bestätigende Beobachtungen gemacht.

Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Friedrichstr. 24.

