

D. Die Bildung der Erdrinde.

Ich komme nunmehr zu dem dritten Theile meiner Abhandlung, worin ich den Versuch machen werde, ein geologisches System aufzustellen, das sich möglichst genau und vollständig an die Naturkenntniß unserer Tage anschließt. Ich wage mich somit auf ein Feld, das der Hypothesen, auf welchem ich mich in meinen bisherigen Bestrebungen noch wenig versucht habe, auf welchem jeder Schritt unsicher ist, und wo selbst die größte Vorsicht vor Irrungen nicht schützen mag. Die Naturwissenschaften haben allerdings in unserm Jahrhunderte Riesenfortschritte gemacht. Aber eben darin liegt der Erfahrungs-Beweis, daß wir noch nicht am Ziele stehen, daß uns die Folgezeit noch viele wichtige Aufschlüsse bringen wird, von denen wir kaum eine Ahnung haben mögen. Die *Verstedt'schen* Entdeckungen über die Electricität sind kaum zwei Decennien alt; und sie haben mit ihren Folgen das ganze Gebiet der Electricität und des Magnetismus völlig umgestaltet, und über die Erscheinungen im Großen ein neues Licht verbreitet. Wer bürgt dafür, daß nicht die nächsten Jahre durch ähnliche Entdeckungen den Beweis liefern, daß unsere bisherigen Kenntnisse ungeahnete Lücken hatten; wer weiß, ob nicht Naturkräfte wirksam sind, von denen wir heute noch eben so wenig wissen, als unsere Vorfahren vor dreihundert Jahren von der Electricität wußten. Und wie wenig wissen wir noch immer, trotz der bezeichneten glänzenden Entdeckungen, von dem Wesen dieser räthselhaften Naturkraft; von der Stelle, den sie im Naturhaushalte einnimmt; von ihren Functionen und ihrem Endzweck. Noch hülfloser läßt uns die Chemie bei der Erklärung geologischer Erscheinungen. Sie ist einstweilen nur noch ein verzärteltes, schwaches Kind unserer Laboratorien, das die gewaltigen Erscheinungen der großen Außenwelt noch wenig zu bewältigen vermag. Der Chemiker hat bei seinen Scheidungen und Verbindungen nicht über diese Zeiträume, den hydrostatischen oder aerostatischen Druck, diese Massen und die Mithülfe von allen diesen Naturkräften zu verfügen, welche bei der Erdbildung nachweislich eingewirkt haben; und darum stellt oft das Experiment die Naturerscheinung so ungenügend dar.

Ob es demnach nicht noch wenig an der Zeit sein möchte, ein geologisches System aufzustellen, ist eine Frage, für deren Bejahung sich wenigstens eben so viele Gründe aufstellen lassen, als für ihre Verneinung. Darum mag auch in unsern Tagen noch kein Naturkundiger es versucht haben, ein geologisches System nach dem Standpunkte der jetzt vorhandenen Naturkenntniße vollständig auszuarbeiten. Die bedeutendern neuern Geognosten haben sich damit begnügt, ihre gesammelten Erfahrungen unter allgemeineren Uebersichten zu bringen; nur hie und da haben sie auf geologische Hypothesen hingedeutet. Solche Hindeutungen sind aber

in den letztern Jahren häufiger und ausführlicher geworden, und es scheint die Masse der gesammelten Erfahrungen unaufhaltsam zur Aufstellung eines vollständigen geologischen Systemes hinzudrängen. Ich halte dafür, es müsse sich nunmehr ein System aufstellen lassen, das wenigstens in seinen Grundzügen auf sicherer Basis ruht. Mögen denn auch Einzelheiten später vor einer erweiterten Naturkenntniß nicht bestehen können; sie werden verdrängt, berichtigt, ergänzt, und weiter ausgeführt werden, so wie die Naturkenntniß fortschreitet. Bleibt man sich nur bewußt, welche Theile eines solchen Systemes auf einer schwankenden Grundlage beruhen, so kann ihre vorläufige Aufstellung nie Schaden bringen. Das System wird dazu dienen, die vorhandenen Thatsachen geistig zu verknüpfen, ihre Uebersicht zu erleichtern, auf ihre Lücken und Mangelhaftigkeit hinzuweisen, und regt darum zu neuen, planmäßig angelegten, einem bestimmten Endziele zugewandten Forschungen an. Freilich kann es auch für die nicht freien, in vorgefaßten Ansichten befangenen Geister, Hemmung und Hinderniß werden, in den Erscheinungen der Natur das Wahre zu erkennen. Aber dieser Schaden ist sehr gering; solche gefesselte Geister gehören stets der Mittelmäßigkeit an; mögen sie frei oder befangen sein, sie werden nie durch Erweiterung menschlicher Kenntnisse sich große Verdienste erwerben.

Das sind meine Ansichten, meine Verwahrungen und meine Hoffnungen des Gelingens, unter denen ich es wage, die Grundzüge eines geologischen Systemes aufzustellen.

Der ganze Erdbörper ist in seinen untern Lagern mit Steinmassen bedeckt, die man Urgebirge nennt. An den höchsten Punkten der Erde, in vielen ausgebreiteten Gebirgsköpfen, auf den meisten Hochebenen liegt dieses Gebirge zu Tage. In den meisten Gebirgen von geringerer Erhebung und Ausdehnung, in den niedrigern Ebenen ist das Urgebirge mit jüngern Gebirgsarten bedeckt. Es sind aber viele Wahrscheinlichkeitsgründe dafür vorhanden, und es ist nie mit Grund bezweifelt worden, daß die Grundlage der neuern Gebirge stets das Urgebirge sei. — Das Urgebirge hat sich aus dem geschmolzenen Zustande gebildet. Dieses war die merkwürdige Thatsache, die freilich schon früher behauptet, aber erst durch die Forschungen von Hutton constatirt worden ist. Spätere Untersuchungen haben es bis zur Evidenz nachgewiesen, daß die Urgesteine vulkanischen Ursprungs sind. Als Prototyp derselben kann der Granit angesehen werden. Der Granit besteht, wie bekannt, aus einem Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer. Die Chemie möchte schwerlich für ein solches Gestein einen andern Ursprung, als den aus einer geschmolzenen Masse, nachweisen können. Mitscherlich hat sogar nicht ohne Erfolg versucht, den Granit im Hochofen = Feuer künstlich darzustellen. Allerdings lassen sich gegen diese Annahmen Einwendungen machen. Wer kann wissen, sagt man, in wie weit nicht die Zeit, hohe Temperatur, so wie andere Einflüsse den geschichteten Gebirgsarten eine crystallinische Structur zu geben vermögen. Es

liegen sogar Thatsachen vor, welche auf eine derartige Umänderung hinweisen. Aber zu jenen der Chemie entlehnten Gründen für die Annahme, daß der Granit sich aus dem geschmolzenen Zustande gebildet habe, treten die von Hutton zuerst angeführten der Lagerungsverhältnisse hinzu, und diese sind völlig entscheidend. In vielen Theilen Englands, in der Schweiz, in Sachsen und an vielen andern Punkten der Erdoberfläche, sieht man den Granit in Spalten, Klüfte und Auszackungen anderer Gebirgsarten so eindringen, und die leeren Räume so ausfüllen, wie dies nur in einem flüssigen Zustande möglich war. Auch wirkte der Granit auf die neben gelagerten Gesteine auf eine Weise ein, die von einer hohen Temperatur zeugt. Es kann darum vernünftiger Weise nicht mehr bezweifelt werden, daß der Granit ursprünglich sich in einem geschmolzenen Zustande befand. Der Granit geht aber, wie oben nachgewiesen worden, in unmerklichen Abstufungen in die übrigen Urgebirgsarten über. Vermehrt sich in ihm der Glimmer, und nehmen die Glimmerblättchen eine mehr parallele Lage an, so entsteht der Gneis. Stellt sich im Granit Hornblende ein, und treten dagegen Quarz und Glimmer theilweise oder endlich ganz zurück, so geht der Granit unmerklich in Syenit über. Ebenso ist, unter Andern von L. v. Buch, der stufenweise Uebergang des Granits in Trachyt, bestehend aus einer Feldspathmasse mit Feldspath-Crystallen, so wie auf der andern Seite des Syenits, durch Zunahme der Hornblende, in die Grünsteine der Drappformation, nachgewiesen worden, und beide Gesteine stehen den neuern vulcanischen Produkten sehr nahe, und sind mit ihnen unbestritten desselben Ursprungs. Wenn nun also die Grundlage der Erdoberfläche aus Urgebirgsarten besteht, und diese sich nicht anders, als aus dem geschmolzenen Zustande entstanden, erklären lassen; so folgt freilich nur daraus, daß die Oberfläche der Erde ursprünglich die Temperatur des Schmelzpunktes für solche Steinmassen gehabt haben müsse. Nur scheint es auf den ersten Anblick zulässig zu sein, anzunehmen, daß im Innern der Erde eine niedrigere Temperatur vorhanden gewesen sei. Aber für diese Annahme sprechen gar keine Gründe. Vielmehr muß es sehr unnatürlich erscheinen, die geschmolzene Erdrinde, welche auf der einen Seite durch die sehr niedrige Temperatur des Weltraums begrenzt wurde, auch auf der andern Seite durch einen kalten Erdkern eingeschlossen anzunehmen; es könnte dieser Zustand nur durch Annahme eines ungeheuern chemischen Processes erklärlich erscheinen. Am unzweideutigsten aber widerspricht dieser Annahme die jetzt noch vorhandene hohe Temperatur im Innern der Erde. Es bleibt also keine andere Hypothese zulässig, als die, welche den ursprünglich geschmolzenen Zustand der ganzen Erdmasse voraussetzt.

War die Erdmasse ursprünglich im geschmolzenen Zustande, und ein anderer flüssiger Zustand kann nach unseren Naturkenntnissen gar nicht vorausgesetzt werden; so konnte nun die Erde genau diejenige abgeplattete Kugelgestalt annehmen, die ihrer Größe und ihrer Umschwungs-Geschwindigkeit entspricht, wie sie wirklich diese Gestalt

angenommen hat. Ferner konnten nur in diesem Zustande sich die Massen in concentrischen Schichten nach Verhältniß ihrer spezifischen Schwere um den Mittelpunkt anordnen, so wie dies auch der Fall gewesen ist. Dieser Annahme widerspricht keineswegs die Thatsache, daß manche schwere metallische Massen sich der Oberfläche zugebrängt haben, weil unzweifelhaft für solche einzelne Massen noch andere Bewegungskräfte, als die der Schwere, thätig waren.

War die Erdmasse ursprünglich in einem geschmolzenen Zustande; so konnte ihre Temperatur nicht unter 1600 bis 2000° C. betragen. Bei dieser Temperatur mußte alles Wasser in Dampfform in der Atmosphäre enthalten sein. Nimmt man die mittlere Meeresstiefe zu 8000' an, und rechnet man die Meeresfläche zu drei Viertel der ganzen Erdoberfläche; so wird die ganze Wassermasse als Dampfatmosphäre einen Druck von 200 der heutigen Atmosphären ausüben. Ich habe in Poggendorffs Annalen eine Formel für die Expansivkraft des Wasserdampfes mitgetheilt, deren Coefficienten nach der Methode der kleinsten Quadratsummen aus den sichersten Beobachtungen berechnet worden sind. Diese Beobachtungen umfassen allerdings nur die Temperaturen von — 24 bis + 224° C, welche letztere Temperatur einer Expansivkraft von 24 Atmosphären entspricht. Es scheint aber, als ob die Formel für Temperaturen von 300 bis 400 Grad C. Resultate geben werde, die bei unsern vorliegenden Betrachtungen einen hinlänglichen Grad von Genauigkeit haben. Dies vorausgesetzt, erreicht der Wasserdampf schon bei einer Temperatur von 360° C. eine Expansivkraft von 200 Atmosphären, und bei einer Temperatur von 420° C. eine Kraft von 400 Atmosphären. Man sieht daraus, daß bei der Schmelzhitze der Erdmasse kein Wasser in tropfbar flüssiger Form vorhanden sein konnte, weil die Expansivkraft des Wasserdampfes bei dieser Temperatur den Druck der damaligen Atmosphäre weit überstieg.

Ferner mußte unter den Umständen der damaligen Zeit die Masse aller dieser ausgebreiteten Kohlenlager, die man fast in allen Ländern der Erde findet, ferner aller Kohlenstoff des jetzigen Thier- und Pflanzenreichs, als Kohlenäure in der Atmosphäre enthalten sein. Nur der kohlenäure Kalk der Urgebirge konnte als geschmolzene Masse vorkommen, da es, wie schon oben bemerkt worden, durch neuere Versuche erwiesen ist, daß unter starkem Druck der Marmor zum Fluß kommt, ohne seine Kohlenäure abzugeben.

Endlich mußte diese Uratmosphäre noch alle jene Stoffe, welche sich bei so hohen Temperaturen verflüchtigen, in Dampfform erhalten.

Unsere Naturkenntnisse reichen nicht aus, diesen Zustand der Dinge auf der Erde in Einzelheiten darstellen zu können; nur wenige Grundzüge lassen sich davon entwerfen.

Die geschmolzene Erdmasse, wie auch ihre ungeheure Atmosphäre, unterlagen der partiellen Attraction von Sonne und Mond, so daß diese Massen ebbten und fluthen mußten, wie jetzt das Weltmeer. Die Höhe der Seefluth hängt mit von der Meeresstiefe ab, die Stärke der atmosphärischen Fluth von der Dichtigkeit der Atmos-

phäre. Aus diesem Grunde mußten die Fluthen der flüssigen Erdmasse ungemein viel bedeutender sein, als jetzt die Fluthen des Meeres sind. Die Fluthen der Atmosphäre, die jetzt kaum bei jahrelangen Beobachtungen merklich werden, mußten bei der damaligen vielleicht 400fachen Dichtigkeit ziemlich stark hervortreten. Doch verschwanden auch damals wohl diese periodischen Luftschwankungen gegen die Winde, welche aus der Ungleichheit und Veränderlichkeit der Temperaturen und andern uns noch unbekanntem Ursachen entstehen. Da die Atmosphäre auch damals von der sehr niedrigen Temperatur des Weltraums begrenzt wurde; so mußten die Temperaturunterschiede und ihre Veränderungen um so größer sein, je höher die Temperatur der Erdoberfläche stand. Es mußten also damals Luftströmungen entstehen, gegen welche unsere jetzigen Sturmwinde nur als matte Zephyre zu rechnen sind. Und mit welcher Gewalt mußten solche Stürme der Urvelt die flüssige Erdmasse aufwühlen, in welcher vielleicht auch noch andere Kräfte thätig waren, von denen wir kaum eine Ahnung haben mögen. Namentlich erinnere ich hier an die electrischen Erscheinungen, die unter den damaligen Verhältnissen mit ungemessener Kraft auftreten mußten, und wahrscheinlich eine sehr bedeutungsvolle Rolle spielten.

Durch Ausstrahlung kühlte sich allmählig die Erde ab. Diese Abkühlung schritt natürlich für gleiche Zeiten um so stärker fort, je höher die Temperatur der Erde war. Die Erwärmung durch die Sonne konnte damals den ungeheuern Wärmeverlust durch Ausstrahlung nur in einem unmerklichen Verhältnisse ersetzen. Es mußte also bald die Erde so weit abgekühlt werden, daß die Temperatur ihrer Oberfläche unter den Schmelzpunkt der Gesteine herab sank. Dann erstarrte diese Oberfläche zu einer crystallinischen festen Masse, und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung. Diese starre Rinde der Erde mußte aber auf die mannichfachste Weise durchbrochen und zusammengesprengt werden. Nur auf ruhigem Wasser bildet sich eine glatte Eiskrinde. Auf großen Flüssen schieben sich die Eisschollen häuserhoch empor, und in unsern Polar-Meeren bilden sich Eisberge von 150 bis 200' Höhe. Was mußten nun Stürme vermögen von ungemessener Kraft, in einer Luft von 400facher Dichtigkeit, auf einem Meere, dessen Tiefe bis zum Mittelpunkte der Erde hinab reichte. Es mußten in diesem ungeheuern Kampfe der Elemente die Granitschollen sich zu Bergen von vielen tausend Fuß Höhe aufthürmen und zusammenbacken, und zwischen diesen Erhebungen mußten diese Niederungen, Klüfte und Abgründe zurückbleiben, die jetzt mit jüngern Gebirgen und dem Meere überdeckt sind. Von diesem unermeßlichen Aufruhr in der Natur sind nur noch in den Hochgebirgen die senkrechten oder sogar überhängenden Felswände, die nadelartigen, zackigen Bergspitzen, die zerklüfteten Massen, die von schroffen Thalgehängen eingeschlossenen Schluchten, als stumme aber verständliche und glaubwürdige Zeugen übrig geblieben. Man muß die Hochgebirge aus eigener Anschauung kennen, um das ganze Gewicht der Natürlichkeit und Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese zu fühlen.

Wie sich in diesen ersten Zeiten der Erderstarrung Gesteine von verschiedener Beschaffenheit, doch aber von naher Verwandtschaft und mit unmerklichen Uebergängen bilden mußten, wird jeder leicht begreiflich finden. Wie groß ist nicht die Verschiedenheit der vulcanischen Producte, die sich vor den Augen der Menschen aus demselben Feuerherde hervordrängen. Ebenso erklärlich ist es, warum die verschiedenen Urgebirgsarten nicht wie die neuern Gebirgsmassen in einer feststehenden Reihenfolge sich überlagern. Sie bildeten sich so ziemlich unter denselben allgemeinen Umständen, und in derselben Zeitperiode, so daß ihre Lagerungs-Verhältnisse nichts Gesetzmäßiges darbieten können.

Als die erstarrte Erdrinde zu einiger Dicke gelangt war, mußten die Erschütterungen und Zertrümmerungen, welche die wogende flüssige Erdmasse der Tiefe verursachten, vielfache Spalten bilden, in denen die geschmolzene Erdmasse empordrang, und vor und nach erstarrte. Wo eine solche Erstarrung ruhig vor sich ging, da bildete sich, nach einer sehr wichtigen Bemerkung von L. v. Buch, fast immer Granit. So bildeten sich die Granitgänge im Granite selbst, im Gneis, im Glimmer- und ältern Thonschiefer, im Hornblendegestein. Auch finden sich häufig Granit-Trümmer in der Granitmasse oder im Gneis eingeschlossen. Eben so kommen Gänge von Gneis und Trümmer dieses Gesteins in den übrigen Urgebirgsarten vor.

Daß bei diesem Zustande der Dinge, bei der hohen Temperatur des Bodens, bei den ungeheuern Umwälzungen auf demselben, bei dem Mangel an Wasser, bei der Urbeschaffenheit der Atmosphäre, kein organisches Gebilde bestehen konnte, ist leicht begreiflich. Und wirklich hat man in den Urgebirgsarten je so wenig die geringste Spur von organischen Ueberresten aufgefunden, daß man es in der Geognosie als ein charakteristisches Kennzeichen der Urfelsen ansieht, daß sie versteinungsleer sind.

Dieser Zustand dauerte unstreitig so lange auf der Erde fort, bis ihre Oberfläche bis zu der Temperatur abgekühlt war, wo sich der Wasserdampf der Atmosphäre niederschlagen konnte, welche Temperatur oben, als zwischen 360 und 420 Grad nach Celsius enthalten, angenommen worden ist. Rechnet man in unsern Zeiten für jede 100' Hinabgehen in die Tiefe eine Temperatur-Zunahme von 1 Grad; so würde in einer Tiefe von etwa 40000', oder $1\frac{2}{3}$ Meilen eine Temperatur von 400° erreicht sein. Die Dicke der starren Erdmasse von da ab bis dahin, wo sie an die geschmolzenen Massen grenzt, welche ich früher, unstreitig viel zu bedeutend, zu 8 Meilen, angenommen habe, muß jetzt bedeutender sein, als die, welche die erstarrte Erdrinde erreichte, als sich ihre Oberfläche bis auf 400° C. abgekühlt hatte. Welcher Zeitraum aber zu einer solchen Abkühlung erforderlich war, vermögen wir selbst nicht einmal annäherungsweise zu berechnen, so sehr auch die Bemühungen des trefflichen Fourier auf ein solches Ziel hingerichtet gewesen sind, und ihre Früchte getragen haben. In Betracht aber des ungeheuern Zeitraums für eine solche Erkaltung im Verhältniß zur geschicht-

lichen Weltperiode müssen wir mit Johannes von Müller sagen: »Das menschliche Geschlecht ist von gestern, und öffnet kaum heute seine Augen für die Betrachtung des Laufs der Natur.« Wie langsam sich die Wärme in Massen von beträchtlichen Dimensionen verbreitet, lehren vielfältige Erfahrungen. Lavaströme sind nach einer Reihe von zehn Jahren im Innern noch heiß befunden worden. Am Aetna fand man vor mehreren Jahren unversehrtes Glätscher-Eis unter einem mächtigen Lavaströme gelagert. Nach dem merkwürdigen Ausbruche des Sorullo, der im Jahre 1759 statt fand, blieb der Boden bis auf große Entfernungen vom Vulcan mehrere Jahre lang so heiß, daß er unbewohnbar war. Als v. Humboldt und Bonpland im Jahre 1803, 44 Jahre nach dem Ausbruche, den Krater bestiegen, fanden sie noch immer in den Spalten sehr hohe Temperaturen; Burckhardt besuchte den Vulcan im Jahre 1826, also 67 Jahre nach dem Ausbruche, und fand noch an mehreren Stellen den Boden so heiß, daß die Fußsohlen an ihm verbrannten. So langsam aber auch die Abkühlung der Erdmasse, vom Schmelzpunkte bis zum Condensationspunkte der Wasserdämpfe, vor sich gehen mochte; so mußte sich doch die Zeitdauer der spätern Abkühlungen immer mehr verlängern, so daß unzweifelhaft die Periode der Urgebirgsbildung von den Perioden der Bildung der mittlern und neuern Gebirgsschichten vielfach übertroffen wird.

Mit der Verminderung der Temperatur ist der Regel nach eine Zusammenziehung der Massen verbunden. Bei Steinmassen mag die lineare Zusammenziehung für jede 100° C. Abkühlung vielleicht $\frac{1}{2000}$ betragen. Hiernach hätten bei der fortgehenden Abkühlung der Erdmasse unter der erstarrten Rinde vor und nach Lücken entstehen und darum Einbrüche der Erdrinde und Erdstürze in die Tiefe sich ereignen müssen. Die Erscheinungen durch alle Zeiten der Erdbildung hindurch lehren aber im Gegentheil, daß stets ein Drang der geschmolzenen Massen aus der Tiefe nach oben vorhanden war, und daß die Erdrinde fortwährend an einzelnen Punkten, vielleicht weil auf diese Punkte gerade die unterirdischen Kräfte wirkten, oder weil sie den geringsten Widerstand leisteten, gehoben worden ist. Diese Erscheinungen finden eine genügende Erklärung in der Annahme, daß die geschmolzenen Erdmassen bei ihrer Erstarrung eine Ausdehnung erleiden. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren um $\frac{1}{10}$ aus; fände eine gleiche oder ähnliche Ausdehnung bei der Erstarrung flüssiger Steinmassen statt, worüber, so viel ich weiß, keine directen Versuche vorhanden sind; so würde diese die allgemeine Zusammenziehung durch Abkühlung bei weitem übertreffen, und so also der von den ersten Zeiten an fortdauernde Drang von innen nach außen erklärt sein.

Wir gelangen jetzt zur zweiten Periode der Erdbildung, in welcher sich der Wasserdampf vor und nach niederzuschlagen anfing;

die Temperatur aber noch zu hoch war, um organische Gebilde zuzulassen. Auch in dieser Periode bestand noch der Aufruhr in der Natur, der ungeheuerste Kampf der Elemente fort. Von innen drängte die Macht ungemessener Kräfte die Erdrinde empor. Die vorhandenen Gebirge wurden höher, und es entstanden an manchen Stellen, wo früher Thal oder ebenes Land war, andere Berge. Die Erdrinde wurde auf die mannichfachste Weise durchbrochen. Aus der Tiefe quollen die geschmolzenen Massen hervor, und überlagerten in neuen Bergen den Boden. Sie bildeten natürlich bei ihrem Erkalten dieselben Felsarten, woraus damals die Erdrinde allein bestand, weil die Verhältnisse der Bildung dieselben geblieben waren. Zugleich aber auch stürzten unermessliche siedendheiße Regengüsse vom Himmel herab. Wenn in der gemäßigten Zone die mittlere jährliche Regenmenge gegen $2\frac{1}{2}'$ betragen mag; so beträgt sie zwischen den Wendekreisen, wo die mittlere Temperatur vielleicht 20° C. höher steht, schon das vierfache. Dort stürzten an einzelnen Orten oft an einem Tage so viele Wasser herab, als bei uns im ganzen Jahre. Hiernach zu urtheilen, mußten in jenen Urzeiten der Erdbildung, wo die Temperatur die heutige der Aequatorial-Zone um mehrere hundert Grade übertraf, ganze Fluthen von heißen Wassern aus der Atmosphäre herabstürzen, begleitet von den furchtbarsten Ungewittern und Stürmen. Wenn nun unsere heutigen Regengüsse und Hochwasser Steinmassen abzulösen und zu zertheilen vermögen, womit die Flüsse an ihren Mündungen ganze Länderstrecken bedecken, die See- und Meerbecken ausfüllen, und so die Grenzen des Festlandes meilenweit erweitern: was vermochten dann nicht die Gewässer der Urzeit zur fortschreitenden Erdbildung beizutragen. Es bildeten sich nunmehr die ersten Flußrinnen, Seen und Meere, und in diesen vorzugsweise die ersten stratenförmig gelagerten Steinschichten. So mögen sich die Thonschiefer, Kiefelschiefer, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Chloritschiefer, Hornblendeschiefer und verwandte Felsarten gebildet haben. Während ihrer Bildung kamen an der Erdoberfläche noch vielfach geschmolzene Massen, die aus der Tiefe emporgedrungen waren, zur Erstarrung. Auch mußten damals häufig Seeboden und Festland, durch die Emporhebungen und Umstürze der Erdrinde, ihre Rollen wechseln. Darum wechsellagern die vorhin genannten Gebirgsschichten auf die mannichfachste Weise mit den crystallinischen Felsmassen, werden von diesen durchbrochen und umgestürzt; sie schließen sich selbst in den unmerklichsten Uebergängen an sie an. Dabei muß noch bemerkt werden, daß geschmolzene Massen häufig auf andere Gesteine, mit denen sie in Berührung kamen, verändernd einwirkten, und ihrem Gefüge eine crystallinische Structur gaben. Es ist durch mehrfache Erfahrungen erwiesen, daß eine völlige Schmelzung nicht nothwendig ist, um einem durch Niederschlag gebildeten Gesteine die crystallinische Structur zu geben. So sieht man, wie bei der Berührung der Granit den grobkörnigen Thonschiefer in Hornblendeschiefer, der Basalt den Schieferthon in Porcellanjaspis, und

den thonigen Kalkstein und die Kreide in crystallinisch körnigen Marmor, der Grünstein den Sandstein in Hornstein umändert. Solche Veränderungen sind immer, wodurch die obige Erklärung bestätigt wird, in unmittelbarer Berührung mit der vulcanischen Masse am entschiedensten vor sich gegangen, und verlieren sich allmählig in Entfernungen von 20 bis 30 Fuß. Alle diese verschiedenen Verhältnisse mußten natürlich eine große Manchfaltigkeit von geognostischen Erscheinungen hervorbringen, die allerdings noch manches Unerklärliche darbieten.

Es ist eine merkwürdige Erscheinung, deren Erklärung viele Schwierigkeiten darbietet, daß in den ältern Gebirgen so wenig Kalk vorkommt, derselbe aber in den neuern Gebirgen in immer größeren Massen austritt. De la Beche neigt sich zu der Annahme, daß in späterer Zeit noch Kalkmassen aus dem Innern der Erde empor gedrungen sein müßten. Diese Annahme wird aber dadurch unwahrscheinlich, daß sich ein solches Hervordringen in keiner einzigen Thatsache direct nachweisen läßt. Mir scheint vielmehr die Erscheinung darin begründet zu sein, daß sich keine andere Steinmasse so leicht im Wasser auflöst, als Kalk. Vielleicht enthielten auch die anfänglich niedergeschlagenen Gewässer sehr viel Kohlensäure, und waren dann um so mehr geeignet, die ursprünglich vorhandenen und entblößten Kalklager aufzulösen, und, so lange der starke atmosphärische Druck die Kohlensäure zurück hielt, sie aufgelöst zu erhalten. Nach dieser Hypothese setzte das Seewasser vor und nach, und vorzugsweise erst in neuerer Zeit, seinen Kalkgehalt ab, so wie es durch Verminderung des atmosphärischen Drucks seine freie Kohlensäure verlor.

Nach meiner Ansicht kann es gar nicht bezweifelt werden, daß alle mittlere und neuere Gebirgsarten, überhaupt diejenigen, welche sich aus dem Meere oder süßen Wasser niederschlugen, aus der Zertrümmerung, Verwitterung, Abwaschung und Auflösung der ältern und der eigentlich vulcanischen Gebirgsarten entstanden sind. Wenn man erwägt, daß solche Zertrümmerungen und Abwaschungen durch den ganzen Verlauf der Erdbildung vor sich gingen, daß auch neuere Gebilde oft später wieder zerstört und in die Wassermassen aufgenommen wurden; so kann man sich nicht darüber wundern, daß auf solche Art so unermessliche Ablagerungen sich bilden konnten, deren Massen dennoch gegen die Urgebirgs-Massen sehr geringe sind. Es ist eine im Wasserbau bekannte Erfahrung, daß Wasserströmungen von 15 bis 20' Geschwindigkeit in der Secunde die härtesten Felsen aushöhlen. Die Flüsse haben sich tiefe Rinnen und Thäler in die Gebirge eingeschnitten; an manchen Stellen stehen hohe Felsen über dem Boden empor, in deren Umgebung das weniger feste Gestein der Gewalt der Fluthen hat weichen müssen; in den Kalkgebirgen sind vielfache große Höhlungen von meilenweiter Erstreckung ausgewaschen worden; vor der zerströmenden Kraft des Meeres muß die Festigkeit jeder Gebirgsschicht weichen, wenn die obwaltenden Verhältnisse seinen Andrang dem Festlande zuwenden.

Wir werden später auf die Veränderungen zurückkommen, welche in unsern Tagen durch Regen, Flüsse, Meere auf der Erdoberfläche hervorgebracht werden. Wie ungeheuer mußten solche Veränderungen sein unter den oben nachgewiesenen, eine Zerstörung der vorhandenen Gesteine so sehr begünstigenden, Verhältnissen der Urzeit. Der größte Theil von den fein zerkleinerten Erdmassen, welche das Wasser durch mechanische Kraft fortführte, mußte sich bald absetzen, und auf dem Meeres-, See- oder Flußboden schlammige oder sandige Niederschläge bilden. Wenn die See der Urzeit sehr kohlenstoffhaltig angenommen, und ihr eine Temperatur von mehreren hundert Graden zugeschrieben werden darf; so mußte sie zugleich sehr viele feste Theile aufgelöst enthalten, die erst dann niedergeschlagen wurden, als sich die Temperatur erniedrigte und die Kohlenstoff durch verminderten atmosphärischen Druck entw. Ich habe diese Umstände hier nur beispielsweise anführen mögen, ohne damit sagen zu wollen, daß nicht vielleicht noch ganz andere Kräfte die Auflöslichkeit von mineralischen Theilen im Wasser bewirkt haben. So kennen wir z. B. noch immer nicht die Ursachen, welche die Auflöslichkeit der Kieselerde in den Wassern der heißen Quellen Zustand bedingen. — Das jetzige Seewasser enthält gegen 4 % feste Bestandtheile. Manche Mineralquellen enthalten weit mehr aufgelösete Bestandtheile. Die Wasser des todten Meeres sollen nach Marcet gegen 40 % feste Bestandtheile enthalten. Nimmt man an, daß die Gewässer des Meeres in der Urzeit nur 30 % erdige Theile aufgelöset enthielten; so reicht dies hin, um den spätern Niederschlag von sämmtlichen neuern Gebirgen erklärlich zu finden.

Bevor ich zur folgenden Epoche der Erdbildung übergehe, halte ich es für geeignet, auf meine schon im ersten Theile aufgestellte Ansicht über die Bildung der verschiedenen vulcanischen Producte, den Granit mit eingeschlossen, zurück zu kommen, um sie hier näher zu erläutern. Die vulcanischen Gebilde begleiten, nach meiner Hypothese, die Bildung der Erdrinde von den Urzeiten an bis zu unsern Tagen. Der Granit und die verwandten Gesteine bildeten sich in der Urzeit. In den mittlern Zeiten bildete sich das Trappgebirge: die Basalte, die Trapp-Porphyre, der Trachyt. In den neuern Zeiten bildeten sich die Laven. Doch gehen diese verschiedenen vulcanischen Gebilde in mehreren Linien in einander über, und sie haben mehrere Verbindungsglieder gemeinschaftlich, wie Porphyre, Bimssteine, Tuffe u. Alle diese Massen stammen aus dem Innern der Erde, und waren also Theile der geschmolzenen Erdmasse. Ihre Verschiedenheit nach der Erstarrung kann also nur von der Verschiedenheit der Umstände abhängen, unter welchen die Erstarrung vor sich ging. Die Granite erstarrten an der Atmosphäre, an Stellen, die nicht vom Wasser bedeckt waren; aber zu einer Zeit, wo auf der Erdoberfläche noch eine hohe Temperatur herrschte, also in langsamer Abkühlung; endlich bei einem sehr starken atmosphärischen Druck. So wie allmählig diese Umstände zurücktraten, bildete sich die aus der Tiefe gequollene Masse nicht mehr zu Granit aus. Die Trapp-

Setzt man eine Erdwärme von 90 Grad voraus, so konnte damals die Sonnenwärme nur einen sehr geringen Unterschied der Climata hervorbringen. In unsern Tagen, wo die der Erde eigenthümliche Wärme kaum den Aufthauptpunkt erreicht, findet freilich zwischen den Polar- und Aequinoctial-Gegenden ein Temperatur-Unterschied von 36 ° C. statt. Bei einer Temperatur von 90 ° mußte aber die Ausstrahlung gegen die Atmosphäre und den Himmelsraum so bedeutend, also auch der Ersatz von Wärme aus dem Innern so groß sein, daß die Erwärmung durch die Sonne verhältnismäßig dagegen als sehr gering erscheint. Daraus folgt, daß zur damaligen Zeit über die ganze Erde die heiße Zone verbreitet sein mußte, so daß in der Erd- und Luft-Temperatur auf der Erde zwischen den verschiedenen Breitengraden vielleicht kaum ein Unterschied von 10 ° statt fand. Demnach mußten auch damals über die ganze Erde dieselben Geschlechter von Thieren und Pflanzen verbreitet sein, und zwar solche, die mit der heutigen Thier- und Pflanzenwelt zwischen den Wendekreisen die meiste Ähnlichkeit und Verwandtschaft haben. Die Uebereinstimmung in den Versteinerungen derselben Gebirgsformationen in allen Theilen der Erde, ohne daß der Unterschied der Zonen dabei einen Unterschied nachweise, gibt den Beweis, daß in jenen Zeiten die Temperatur-Verhältnisse auf der Erde im Wesentlichen wirklich so waren, wie ich sie hier angegeben habe.

Die übrigen Verhältnisse, unter denen sich das Grauwacken-Gebirge bildete, mögen dem Wesentlichen nach die folgenden gewesen sein. Die niedergeschlagenen Wasser bildeten Flüsse, Seen und Meere, und bedeckten den größten Theil der Erdoberfläche. Diejenigen Gebirge und Hochebenen, in welchen die Urgebirgsarten zu Tage anstehen, ragten schon damals über den Meerespiegel hervor, und sind nie später vom Meere bedeckt worden. Da nun solche Gebirge in allen Theilen des Festlandes vorhanden sind; so muß hiermit jene Hypothese fallen, welche dem einen Welttheile, z. B. Amerika, einen jüngern Ursprung gibt, als den übrigen. Wer einwenden wollte, daß hohe Gebirge immer vom Meere bedeckt gewesen sein könnten, ohne daß der Niederschlag in demselben seine Gipfel bedeckt, weil die Gewalt der Wellen denselben wieder abgespült habe, der hätte übersehen, daß sich zwischen diesen Gipfeln der Hochgebirge stets tief eingeschnittene Thäler befinden, welche doch diesen Niederschlag hätten aufnehmen müssen, wovon sich jedoch in vielen Urgebirgen aller Continente keine Spur vorfindet. — Fluß- und Meerwasser enthielt noch sehr viele feste Theile aufgelöst, besonders viel Kalk; auch führten diese Gewässer mehr Schlamm mit sich. Die Atmosphäre enthielt noch sehr viel Wasserdampf und Kohlensäure. Die feste Erdrinde hatte noch keine beträchtliche Dicke erreicht, so daß dieselbe noch den furchtbarsten Erschütterungen, Hebungen, Durchbrechungen und Zertrümmerungen ausgesetzt war.

Unter solchen Umständen brach der Geburtstag der Pflanzen- und Thierwelt an. Was wir von dieser organischen Welt der Urzeit

erfahren wollen, muß aus den sorgsam gesammelten Resten, welche in den Gebirgsschichten eingeschlossen zurück geblieben sind, gefolgert werden. Wollen wir aus diesen Ueberresten die untergegangene Welt richtig beurtheilen: so ist wohl zu beachten, daß von vielen gallertartigen Thieren uns keine Spur übrig bleiben konnte; daß von Pflanzen vorzugsweise die Sumpf- und Wasserpflanzen, die dem Orte der Steinbildung nahe standen, uns Zeichen ihres Daseins zurücklassen konnten. Es würde also irrig sein, wenn wir die Thier- und Pflanzenwelt der Vorzeit nicht für reichhaltiger annehmen wollten, als sie uns in den bisher aufgefundenen Versteinerungen erscheint. Es soll aber keinesweges hiermit behauptet werden, als ob die bisher in allen Theilen der Welt mit unermüdetem Fleiße gesammelten Ueberreste der Organismen der Vorzeit einen Schluß auf den allgemeinen Character der Pflanzen- und Thierwelt in verschiedenen Perioden nicht zulasse; wir müssen uns nur bewußt bleiben, daß jeder negative Beweis durch später aufgefundenen Thatsachen umgestoßen werden kann, und daß die durch bloße Wahrscheinlichkeitsgründe verbürgten Theoreme nur mit großer Behutsamkeit in dem Systeme unserer Kenntnisse aufgenommen werden dürfen.

Die Felsen der Grauwackengruppe bestehen meistens aus einem Sandsteine von schmutzig-dunkeln Farben. Wo in ihm Conglomerate vorkommen, erkennt man deutlich die Trümmer der ältern Felsarten, die freilich in den fein zerkleinerten Sandkörnchen schwerer zu bestimmen sind. Dieser Sandstein wird häufig schieferig, und geht an andern Stellen in den schönsten Thonschiefer, den Dachschiefer, über. Das Gestein ist augenscheinlich durch Niederschlag im Wasser entstanden; daß dies auf dem Grunde des Meeres vor sich ging, weisen die eingeschlossenen Versteinerungen von Seechieren nach. Die Lagerung des Gesteins zeugt davon, daß zur Zeit seiner Bildung noch außerordentlich viele Erdrevolutionen vorfielen. Die Schichten nehmen jede Lage gegen den Horizont an, und wechseln sehr rasch in ihren Lagen, so daß in diesen Gebirgen kaum von einem allgemeinen Streichen und Fallen die Rede sein kann. Der Granit hat an manchen Stellen die Grauwacke durchbrochen, und Granitmassen überlagern feine Schichten. Auch treten Porphyre, Thonschiefer, Syenite, Grünsteine aus dem ältern Gebirge in das Uebergangsgebirge hinein, und schließen sich in unmerklichen Uebergängen der Grauwacken an. Auf der andern Seite bilden der alte rothe Sandstein und der Uebergangskalk die Verbindungsglieder zwischen dem Uebergangs- und Flözgebirge, so daß einige Geognosten diese Lager dem ältern, andere sie dem jüngern Gebirge zurechnen.

Alle diese Gebirgsschichten schließen Versteinerungen ein, die jedoch im Verhältniß zu den neuern Formationen nur sehr sparsam vorkommen. An manchen Stellen des Schiefers und des Kalksteins finden sich dagegen die Versteinerungen in großer Menge vor. Aus dem Thierreiche kommen nur Ueberreste der niedern Thierklassen

vor, bis zu den Fischen aufwärts, von denen sich jedoch nur wenige Reste von Knochen, Zähnen und Flossenstacheln vorfinden. Von Säugethieren, Vögeln, Reptilien findet sich noch keine Spur. Bei weitem die meisten Arten dieser Thiere starben aus, manche schon sehr bald. Von Trilobiten z. B., die in den Grauwackenlagern so zahlreich vorkommen, findet sich schon in der ältern Kohlenformation keine Spur mehr. Die Grinoideen dauerten hingegen durch alle Epochen der Erdbildung fort; eben so bestanden von den ältesten Zeiten an die Korallen Geschlechter *Astrea* und *Caryophyllia*, welche noch jetzt zur Bildung von Korallenriffen das meiste beitragen. Die eigentliche Grauwacke enthält allerdings Abdrücke von Pflanzen, doch kommen diese nur selten vor, und sind meistens undeutlich. Einige Geschlechter von Fucoiden, Calamiten und *Strigmarien* sind bestimmt worden. Es möchte aber kaum zu bezweifeln sein, daß nicht in den letztern Zeiten der Grauwackenbildung ein großer Theil des Festlandes mit einem kräftigen Pflanzenwuchs bedeckt gewesen sei.

So sehen wir also die untern Thierklassen auf der Erde entstehen, sobald die Verhältnisse ihre Existenz möglich machte. Unstreitig ließ die Beschaffenheit der Atmosphäre in diesen Urzeiten das Bestehen der höhern Thierklassen nicht zu. Aber auch in den niedern Thierklassen sind im Laufe der Zeiten sehr viele alte Geschlechter untergegangen, und dagegen neue hervorgetreten. Daß die meisten älteren Geschlechter untergegangen sind, weil die neuern Verhältnisse auf der Erdoberfläche ihr Bestehen unmöglich machte, scheint ziemlich wahrscheinlich zu sein. Es könnte aber auch sein, daß manche Geschlechter durch feindliche Thiere oder feindliche Einflüsse, wie sie auch noch heute jedes thierische Leben gefährden, ganz vertilgt worden seien. Was war es nun aber, was die Thier- und Pflanzen-Geschlechter ins Leben rief, sobald für sie auf Erden die Stätte bereitet war? War es in jeder Periode das Allmachtswort des Schöpfers? Oder gibt es ein allgemeines Lebensprincip, das sich der todten Materie bemächtigt, sie sich unterthänig macht, ihr Leben einhaucht, und sie zu organischen Gebilden umformt, sobald die äußern Verhältnisse ihr keine Hemmung entgegen stellen? Es steht diese Frage im genauesten Zusammenhange mit der Frage über die *generatio aequivoca*. Die eine und die andere Ansicht läßt sich mit vielfachen Gründen vertheidigen und bestreiten, und es mag den Menschen noch lange versagt bleiben, sich über diesen Punkt Gewißheit zu verschaffen. Für die Wahrscheinlichkeit einer freiwilligen Bildung organischer Wesen ist es ein mißlicher Umstand, daß solche vorgebliche Bildungen in einer Region vorgehen, wo jede genaue Untersuchung ausgeschlossen ist, und daß sie bei größern Organismen, wo eine Constatirung möglich wäre, wenigstens in unsern Zeiten, nicht mehr vorkommen. Ferner auch findet der aufmerksame Forscher der Natur auf jedem Schritt so viele unwiderlegliche Beweise von Absichtlichkeit und einem bestimmten höhern Willen, daß die schöpferische Thätigkeit desselben in den verschiedenen Epochen der Erdbildung ihm keine befremdende Erscheinung sein kann. Daß

übrigens das Vorhandensein der Bedingungen des Bestehens von Thier- und Pflanzen-Geschlechtern die Bedingungen der selbstthätigen Erzeugung dieser Geschlechter nicht voraussetzt, lehrt die tägliche Erfahrung. Wenn die neuere Naturkunde es nachgewiesen hat, daß in der vollendetsten Pflanze alle Bildungen des ganzen Pflanzenreichs begriffen seien, und der menschliche Körper als Prototyp aller Thierbildungen angesehen werden dürfe; so scheint mir bloß daraus zu folgen, daß im Pflanzenreich auf der einen, und im Thierreiche auf der andern Seite nur eine große Idee der Bildung sich ausspricht; nicht aber, daß sich selbstthätig aus den niedrigsten Organismen vor und nach die höhern entwickelt haben.

In die Periode der Grauwackenbildung fällt die erste Ablagerung von Kohlen. Der in der Atmosphäre enthaltene Kohlenstoff war in Verbindung mit Sauerstoff als Kohlenensäure vorhanden. Die Niederschlagung desselben kann nicht anders als durch Vegetation geschehen. Alle Kohlenflöße tragen die unverkennbaren Spuren an sich, daß sie aus der Zusammenlagerung von abgestorbenen Pflanzen entstanden sind. In der weichen Kohlenmasse selbst sind durch den ungeheuren Druck, den sie durch die obern Gebirgsmassen zu tragen hatten, alle mit bloßem Auge sichtbare Spuren von Pflanzenformen verfilzt. Aber in dem härtern Schieferthon, der mit den Kohlenflößen wechsellagert, sind die deutlichsten Abdrücke von den ältesten Geschlechtern der Pflanzenwelt uns erhalten geblieben, und das bewaffnete Auge erkennt auch in der Kohlenmasse selbst die Spuren von Pflanzen-Organismen.

Wir gelangen jetzt zur vierten Periode der Erdbildung. Während der Dauer der dritten Periode mußte die Dicke der Erdrinde durch Abkühlung so weit zugenommen haben, daß mit Ablauf derselben die unterirdischen Kräfte nicht ferner mehr diese allgemeinen Zertrümmerungen und Umstürze zu bewirken vermochten, wovon die Gebirge der drei ersten Perioden so deutliche Beweise liefern. Das Ur- und Grauwackengebirge ist voller Spalten, die in horizontaler Richtung oft meilenweit fortgehen, und deren Erstreckungen in die Tiefe man noch nie begrenzt gefunden hat. Die Gangräume, die eine Mächtigkeit von wenigen Zollen bis zu vielen Lachtern haben, sind fast ohne Ausnahme mit ursprünglich geschmolzenen Massen von unten auf angefüllt worden, und sie sind die Hauptlagerstätte der Metalle und Erze. Diese Gänge werden im ältern Flözgebirge schon sehr selten, und verschwinden im jüngern Gebirge fast gänzlich. Das ältere Flözgebirge ist allerdings noch an einigen wenigen Stellen vom Granite und von Steinmassen, die ihm verwandt sind, durchbrochen worden. Im eigentlichen Kohlengebirge finden noch häufig sogenannte Verwerfungen statt, wo die Flöße durch mehr oder weniger senkrecht auf ihren Schichtungen stehenden Spalten zertrennt, und die getrennten Theile gegen einander verschoben sind. Auch diese Verwerfungen verlieren sich um so mehr,

je jünger das Gebirge ist. Im Kohlengebirge treten die ersten eigentlichen Flöße auf. Die Lager halten hier im Streichen und Fallen auf große Strecken dieselbe Richtung bei; und wenn sie dieselbe verändern, so geschieht dies in der Regel nur in flachen Bogen. In dem ältern Flözgebirge kommen Neigungen der Straten vor, die sich der senkrechten sehr nähern. Je jünger aber die Gebirgsformation ist, desto flacher liegen die Flöße. Von dieser Regel machen allein diejenigen Gegenden eine Ausnahme, wo vulcanische Massen die Schichten emporgehoben und durchbrochen haben, wo also die Erscheinungen der Urgebirge sich wiederholen.

Die Ablagerung von Kohle hat seit den Zeiten der Grauwackenbildung bis zu unsern Tagen, freilich mit bedeutenden Modificationen, fortgedauert. In den ältesten Zeiten der Flözbildungen sind die bedeutendsten Kohlenmassen abgelagert worden. Die hohe Erdwärme, die mit vielem Wasserdampf und großen Quantitäten von Kohlenäure angefüllte Atmosphäre mußten die Vegetationen außerordentlich begünstigen. Wenn nun in unsern Tagen in den Urwäldern der Sunda Inseln und der amerikanischen Aequinoctial-Gegenden sich eine vermoderte Pflanzenmasse erzeugt, die den Boden mehrere Klafter hoch bedeckt; so dürfen wir jenen Zeiten eine viel mächtigere Ablagerung von Pflanzenmasse zumuthen, die vielleicht nur der höhern Temperatur und der ungeheuren Belastung bedurfte, um sich im Laufe vieler Jahrtausende in unsere Mineralkohlen umzuwandeln. In der Regel sind mehrere Kohlenflöße parallel über einander gelagert, getrennt durch Bänke von Schieferthon und Sandstein, häufig auch in Begleitung von Thoneisenstein. Solcher Wechsellagerungen finden sich oft sehr viele über einander, so daß die Gesamtmasse eine Mächtigkeit von mehreren hundert Fuß erreicht. Der Schieferthon und Sandstein kann sich nur im Meere gebildet haben, weil beide Straten Ueberreste von Seeeschöpfen einschließen, und unstreitig durch Niederschlag entstanden sind. Die Ablagerungen der Pflanzentheile konnten sich nur auf dem trocknen Boden, oder höchstens im Sumpfe bilden. Daraus folgt, daß einige Theile der Erdrinde, im Laufe der Bildung der neuern Straten, zu oft wiederholten Malen abwechselnd vom Meere überfluthet wurden, und wiederum über den Meeresspiegel hervorragten. Von einer solchen abwechselnden Ueberfluthung vom Meere und wieder Trockenlegung des Bodens werden sich später noch mehr Beweise ergeben. Es läßt sich nicht anders denken, als daß sich diese abwechselnden parallelen Straten von Pflanzen, Schieferthon und Sandstein in horizontalen Lagerungen bildeten. Sie müssen während dieser Bildung eine biegsame Masse geblieben sein; dann wurden sie am Ende ihrer Bildungsperiode emporgehoben, doch an einigen Stellen mehr als an andern, so daß diese Gesammtlager Mulden und Sättel bildeten, und in einzeln Theilen oft stark gegen den Horizont geneigt sind. Viele Kohlenlager wurden später noch durch neuere Formationen überdeckt, deren Schichten dann aber den Parallelismus mit den Kohlenflößen nicht beibehielten.

Die Bildung von parallelen Straten von verschiedenem Character, von denen oft einige der Meer-, andern der Süßwasser-Bildung angehören, und ihre spätere gemeinsame Erhebung in geneigten, muldenförmigen, sattelförmigen Lagen wiederholt sich auch in andern Formationen. Andere Straten überdecken auch hier oft ein solches gehobenes System, so daß die neuern Straten mit den ältern einen mehr oder weniger spitzen Winkel einschließen. Später werden oft noch beide Systeme gehoben, wodurch sich ihre Lage gegen den Horizont aufs Neue verändert. Alle diese Erscheinungen lassen durchaus keine andere Erklärung zu, als daß die Schichten durch unterirdische Kräfte gehoben worden sind. Eine solche partielle Hebung des Meeresbodens, während das anliegende niedrige Festland sein Niveau nicht veränderte, mußte oft die Ueberfluthung des trocknen Landes zur Folge haben. Während sich die eine Gegend hob, mochte oft die andere sinken, wie dies nachweislich noch zu unsern Zeiten in mehreren Gegenden bei Erdbeben und vulcanischen Eruptionen der Fall gewesen ist; dann konnte um so mehr ein Wechsel zwischen Meer und Festland stattfinden.

Es scheint allerdings, als ob in den Zeiten der Grauwackenbildung das Festland keine so große Ausdehnung gehabt hat, als jetzt; es sei denn, daß der heutige Meeresboden damals zum Theil Festland gewesen sei. Dem sei aber, wie ihm wolle; so ist nicht wahrscheinlich, daß damals die Wassermasse bedeutend größer gewesen sei, als jetzt. Schon im ersten Theile dieser Abhandlung ist nachgewiesen worden, daß die Untersuchungen über die Dichtigkeit der Erdmasse die Annahme von großen Höhlungen im Innern der Erde, in welche sich das Meerwasser könnte zurückgezogen haben, völlig ausschließen, und daß deren Decke nicht Festigkeit genug haben könnte, um gegen den Einsturz gesichert zu sein. Hatte auch das Meer in den ältesten Zeiten viele feste Theile aufgelöst, die ursprünglich allerdings seine Masse vergrößern mußten, später aber niedergeschlagen wurden; so enthielt damals auch die Atmosphäre noch viel Wasserdampf, der sich erst später condensirte, und dadurch die Masse des tropfbar-flüssigen Wassers vermehrte. Ob hierbei sich Verlust und Gewinn genau compensirten, möchte schwer zu bestimmen sein. Am wahrscheinlichsten möchte es sein, daß der fortgesetzte Drang von innen nach außen, durch den die Erdrinde in allen Perioden ihrer Bildung gehoben worden ist, ihre Ungleichheiten vermehrte, wodurch nothwendig mehr Fläche vom Wasser entblößt werden mußte.

Die Dauer der vierten Periode, in welche sich alle neuere Gebirgslager bildeten, mußte eine sehr ausgedehnte sein, und sie übertraf vielleicht alle drei frühern Perioden zusammen gerechnet. In der Geognosie wird noch zwischen dem secundären und tertiären Gebirge ein Unterschied gemacht, der mir jedoch für die Bildung der Erde von keiner Bedeutung zu sein scheint. In dieser langen Periode bildete sich die Oberfläche der Erde dem Wesentlichen nach zu ihrer heutigen Gestalt aus. Ueber die verschiedenen Hebungen,

welche der europäische Continent in dieser Periode erlitten, hat Elie de Beaumont eine vortreffliche, auf selbstständige Untersuchungen gegründete, Arbeit geliefert, welche für die Geschichte der Erdbildung von großer Wichtigkeit zu werden verspricht, hier aber, des beschränkten Raumes wegen, nicht weiter zur Erörterung gebracht werden kann. Eben so wenig ist es mir gestattet, in eine genauere Darstellung dessen einzugehen, was ein Cuvier über die höhern Thiergeschlechter, ein Brongniart über die Pflanzenwelt, und mehrere andere Geologen über die niedern Thiergeschlechter dieser Periode erforscht haben. Ich muß mich hier auf die folgenden Andeutungen beschränken. Die Pflanzen der dritten Periode und des Anfangs der vierten Periode gehören vorzugsweise den Geschlechtern der Palmen, der baumartigen Schilfe, Farrenkräuter und andern Sumpfgewächsen an. Es waren damals über 200 Arten von Farrenkräutern vorhanden, während derselben jetzt nur noch 30 Arten da sind. Diese in ungeheurer Ueppigkeit auftretende Pflanzenwelt scheint die besondere Bestimmung gehabt zu haben, den Kohlenstoff-Gehalt der Atmosphäre niederzuschlagen. Während die Atmosphäre also auf der einen Seite durch Abkühlung ihren Wasserdampf, und auf der andern Seite durch die colossale Vegetation der Urzeit ihren Kohlenstoff verlor, wurde sie vor und nach für das Einathmen und die Unterhaltung des Lebens-Processes der höhern Thierklassen geeignet. An die niedern Thiergeschlechter der Meere schlossen sich in der vierten Periode die höheren Geschlechter der Eier legenden Vierfüßer, — die Schildkröten, Crocodile, Eidechsen — an. Von einigen wenigen lebendig gebärenden Vierfüßern kommen in der vierten Periode nur sehr seltene Spuren vor. Eben so fehlten in dieser Periode alle mehrlhaltigen Pflanzen, durch welche allein die höhere Thierwelt ihr sicheres Bestehen findet. Gegen das Ende dieser Periode wurden wegen der Dicke der erstarrten Erdrinde die localen Hebungen des Bodens immer seltener; darum haben die neuern Straten-Bildungen über der Kreide ihre horizontale Lage fast unverändert beibehalten. Die Temperatur der Luft und der Erde hing freilich damals noch mehr von der Erde als von der Sonnenwärme ab, so daß die Unterschiede der Climata erst in der folgenden Periode merklicher hervortreten konnten. Aber die Wärme hatte sich doch schon so sehr vermindert, daß dem verwüstenden Spiele der Naturkräfte immer mehr Einhalt geschah. Und so wie die Kräfte der unbelebten Natur immer mehr ins Gleichgewicht traten, und darum ihr Einfluß auf die Gestaltung der Erdoberfläche vor und nach vermindert wurde, thaten sich die Lebenskräfte der organischen Welt in einer größern Mannfaltigkeit hervor, und bereiteten die Erde zum Empfange ihres Herrn und Gebieters, des Menschen, vor.

* *

Bevor der Mensch aber auftrat, mußte noch vorab die fünfte Periode der Erdbildung vollendet werden. In dieser Periode bildeten

sich keine bedeutendere feste Gebirgslagen mehr; doch fanden noch häufigere Wechsel zwischen Land und Meer statt, veranlaßt durch allmähliche Hebungen und Senkungen, die jedoch gegen das Ende der Periode fast ganz aufhörten. Die großen Flußthäler hatten sich in ihren Hauptgestaltungen schon in früheren Perioden gebildet. Aber die Thalwege der Gewässer waren noch an vielen Stellen durch Gebirgszüge abgeschnitten, welche die Wasser aufstauteten, so daß sich ungeheure Landseen bildeten, aus denen die Fluthen in großen Abstürzen ihren Ausweg nehmen mußten. Die Gerölle, welche im Gebirge an unsern Flüssen mehrere hundert Fuß hoch über dem jetzigen Wasserspiegel an den Berggehängen aufgehäuft sind, zeugen von diesen Aufstammungen. Die unermessliche Kraft der Wasserstürze zehrte fortwährend an dem festen Gestein, das seinem Laufe im Wege stand; die Wasserfälle rückten immer weiter aufwärts, bis endlich der Steindamm durchbrochen war, und nun die Seen abließen. Von solchen Durchbrechungen der Gebirge liefern die großen Flußthäler die unzweideutigsten Spuren. In den Hochgebirgen haben die Flüsse ihren stärksten Fall, in der Nähe des Meeres vermindert sich ihr Gefälle, bis es im Meere selbst ganz verschwindet. In den stark abschüssigen Thälern reißen die Gewässer in ihrem schnellen Laufe Gerölle und verwittertes Gestein mit fort; die feineren Theile werden bis zum Meere hin im Wasser schwimmend erhalten, und in der Nähe der Mündung erst abgesetzt. Der Sand wird bei Hochwasser fortgeführt, und die größern Geschiebe rücken bei Fluthen wenigstens alljährlich streckenweise abwärts. So lange ein Fluß noch viele Seen durchströmen muß, setzen seine ruhigen Gewässer in diesen die Geschiebe und erdigen Theile ab, und können dann nur sehr langsam die weiter abwärts liegenden Thäler ausfüllen und die Ebenen erheben. Rascher geht solche Anschwemmung bei entfesseltem Laufe der Flüsse von statten. So bilden die großen Flüsse an ihrem unteren Laufe die fruchtbaren Thalebene und Delta's. Man hat es versucht, aus dem Fortschreiten der Alluvionen und der vorhandenen Masse derselben die Zeitdauer ihrer Bildung zu berechnen. Nach Girard's Untersuchungen erhöhte sich das Nilbett in Unter-Aegypten in 1600 Jahren um etwa 2 Metres. Die Tiefe der Alluvion gibt er zu 11 Metres an, zu deren Bildung also eine Zeitdauer von 9000 Jahren erforderlich gewesen wäre. Dabei ist aber in Betracht zu ziehen, daß große Flüsse an ihren Mündungen häufig ihre Bette wechseln, und daß wahrscheinlich in den ersten Zeiten des Nil-Laufes, wenn damals das Wasser in Seen geläutert wurde, der Fluß weniger feste Theile absetzte. Es möchte also leicht die obige Zeitdauer mehr als verdoppelt werden müssen. — Eine zweite Berechnung entlehne ich von dem trefflichen englischen Geologen Lyell, die derselbe über da Zurückweichen des Niagara-Falles angestellt hat. Unterhalb des Wasserfalles fließt der Fluß 7 engl. Meilen weit bis Queenstown durch eine enge Felsenschlucht mit steilen Gehängen, die der Wassersturz vor und nach in die horizontal liegenden Kalkflöße ausgehöhlt hat. Bei

Queenstown tritt der Fluß in die Ebene des Ontario-Sees. In den letztern 40 Jahren soll der Wasserfall 50 Yards aufwärts gerückt sein, so daß er also zur Aushöhlung seines Felsenbettes einer Zeit von 10000 Jahren würde bedurft haben. Der Wasserfall ist noch 25 engl. Meil. vom Erie-See entfernt, und würde also bei gleichmäßigem Fortschreiten denselben erst in 36000 Jahren erreichen. — Eine dritte derartige Berechnung habe ich vor mehreren Jahren in einer Abhandlung geliefert, die in Karstens Archiv abgedruckt ist, und worin ich die Resultate meiner Untersuchungen der westphälischen Soolquellen niedergelegt habe. Die sehr ergiebige und reichhaltige Rothensfelder Soolquelle fließt bei Fluthen zu Tage aus. Sie setzt einen starken Niederschlag ab, der bald steinhart wird. So hat sich an dem Bergabhange, rund um die frühere Mündung der Quelle, eine feine Ablagerung von 300 bis 400 Ruthen Länge und Breite und von 18 Fuß Mächtigkeit gebildet, die aber, da sie zu Bausteinen benutzt wird, schon jetzt in ihren interessantesten Theilen weggeräumt sein wird. Dies Gestein besteht aus dünnen Lagen, deren durchschnittlich 19 auf den Zoll gehen, und die als Jahreshinge angesehen werden dürfen, weil jede Lage von der im folgenden Jahre sich bildenden durch fremdartige Ueberdeckungen scharf geschieden ist. Hätte nun der Abfluß immer denselben Weg genommen, so würden 4000 Jahre erforderlich gewesen sein, um diese Ablagerung zu bilden. Die Schichten liegen aber rund um die Quellenmündung, die in 6 trichterförmigen Röhren mit der Erhöhung der Schichten emporgestiegen sind. Das Wasser mußte also bald den einen, bald den andern Abfluß nehmen; und nimmt man auch nur 5 verschiedene Abflußwege an, so ergibt sich ein Alter der Quelle von 20000 Jahren. Daß diese Annahme nicht übertrieben sei, ergibt sich auch daraus, daß ihr zufolge die Quelle jährlich gegen 1000 Cubikfuß fester Bestandtheile müßte abgesetzt haben, welches in Betracht der jetzigen Ausflußmenge der Quelle und des Gehaltes ihrer Wasser an festen Bestandtheilen unzweifelhaft nicht geschehen ist. Das Lager ruht auf aufgeschwemmtem Boden. — So unsicher solche Berechnungen auch sein mögen; so weisen sie doch, wie auch die nähere Betrachtung anderer Fluß-Alluvionen, auf sehr lange Zeiträume, die zu ihrer Bildung nöthig waren, zurück.

Mehrere Landstriche, welche jetzt trocken liegen, müssen erst in dieser fünften Periode aus dem Meere emporgehoben worden sein, während vielleicht andere untersanken. Diese Landstriche sind mit aufgeschwemmten Schichten, mit Geröllen und Geschieben bedeckt, welche nur die Kraft der Meeresfluthen heranschwemmen konnte. So liegen, wie schon im ersten Theile erwähnt worden ist, in den Norddeutschen Niederungen, von der Yssel an bis zur Neva, granitische Geschiebe, die nur aus dem hohen Norden herangeschwemmt werden konnten, die jetzt eine Höhe von 700 bis 1000' über dem Meere erreichen, und wovon einzelne Blöcke 15 bis 20 tausend Cubikfuß enthalten. Auch findet man an manchen Stellen in dem aufgeschwemmten Lande ungeheure Muschelablagerungen von noch

jetzt in den Meeren lebenden Geschlechtern, mehrere hundert Fuß hoch über dem Meeresspiegel. Daß solche Landstrecken, nicht aber der allgemeine Meeresspiegel, ihr Niveau verändert haben, geht daraus hervor, daß andere Landstrecken, die jetzt mit den überflutheten in gleichem Niveau oder niedriger liegen, an der Ueberdeckung mit Geröll und Geschieben keinen Theil genommen haben.

Die höhern Thiergattungen der Vorwelt, namentlich die Vögel und die lebendig gebärenden Vierfüßer, gehören mit wenigen Ausnahmen alle der fünften Periode an. Es finden sich nur höchst selten fossile Ueberreste von ihnen im festen Gesteine. Ihre Skelette finden sich vielmehr meistens nur im aufgeschwemmten Lande, im Torfboden, in den Flussbetten, in den Thonlagern von Gebirgshöhlen, und in dem Eise der Polarländer. Man hat unter andern die folgenden Arten bisher genauer bestimmt. Eine Art Gürtelthier, 5 Bären Arten, 7 Arten von Hunden und Wölfen, 3 Arten Pferde, 10 Arten Hirsche, 5 Arten Stiere, 4 Arten Elephanten, 8 Arten Mastodonten, 5 Arten Nashorne, 4 Arten Flusspferde, mehrere Arten aus dem Raizengeschlecht, von Hyänen, von Schuppenthieren, Ratten, Mäusen, Kaninchen, ferner von Vögeln: Geier, Bachstelzen, Lerchen, Phasanen, Tauben, Hühner, Enten. Von Affen und Menschen sind im aufgeschwemmten Lande noch nie Knochen gefunden worden.

Es kann keinem Zweifel unterworfen sein, daß zu den Zeiten, wo das nördliche Europa, Asien und Amerika mit ganzen Heerden von Elephanten, Mastodonten, Nashornen, Flusspferden, Tigern und Hyänen bevölkert war, das Klima dieser Länder noch ein sehr gemäßigtes sein mußte. Auch diese Erscheinung weist wieder auf eine Vorzeit von vielen tausend Jahren zurück. Denn eine plötzliche Veränderung in der Erdwärme ist nicht denkbar, und eine Austauschung der Klimata, etwa durch Veränderung in der Lage der Erdachse, streitet mit der vielfältig constatirten Erfahrung, daß aus jener Periode Reste von Thieren, die nur in heißen Zonen leben konnten, über die ganze Erde im aufgeschwemmten Boden verbreitet sind. Auch würde eine Veränderung der Rotationsachse der Erde nur durch äußern Anstoß, wovon wir nichts weiter kennen, haben bewirkt werden können, welcher Annahme übrigens auch die vorhandene Abplattung der Erde, so wie die Uebereinstimmung der geometrischen Achse mit der Rotations-Achse, widerspricht. Die Annahme einer frühern größern Schiefe der Ecliptik erklärt das heiße Klima in den Polargegenden gar nicht. Den Untergang der vorweltlichen Thiergeschlechter von einem allgemeinen und plötzlich eintretenden Ereignisse abhängig zu machen, scheint mir nicht zulässig zu sein. Vielmehr muß das Eintreten der Polarkälte die Hauptursache vom Untergange der meisten Thiergeschlechter gewesen sein. Die Vierfüßer sind mit starken Banden an ihre Geburtsgegenden geknüpft, aus denen sie sich nicht leicht vertreiben lassen. Ihre Geschlechter mußten vor und nach sich vermindern, wie ihre nördlichen Wohnsitze kälter und darum weniger ergiebig an Nahrungsmitteln wurden, bis sie endlich ausstarben. Bei den in damaliger Zeit noch vorkommenden

häufigen Wechsell zwischen trockenem Lande und Meer mußten viele Thiergeschlechter untergehen. Vielleicht wirkten auch andere uns noch unbekannt Urfachen mit zu ihrer Vertilgung. Es ist wahrscheinlich, daß mehrere ausgestorbene Thiergeschlechter noch im Anfange der folgenden Periode vorhanden gewesen sind.

* * *

Diese folgende Periode ist in unserer Reihenfolge die sechste. Sie beginnt mit dem Auftreten der noch jetzt bestehenden organischen Schöpfung und des Menschengeschlechts. Allerdings gehören aber viele Thiere der untern Classen, vielleicht auch viele Pflanzen, schon früheren Perioden mit an.

In dieser Periode, welche von Manchen als die Periode der Stabilität angesehen wird, schreitet dennoch die Erdbildung fort, freilich aber in einem immer langsamern Gange, so daß ein Zeitraum von ein paar tausend Jahren, welcher noch kaum von den Menschen mit Bestimmtheit übersehen werden kann, nur sehr geringe Veränderungen herbeiführt. Die Flüsse fahren fort, Schlamm und Gerölle den Gebirgsgegenden zu entführen, und sie in den Ebenen abzulagern. Ihre Betten erhöhen sich, so daß sie, wenn nicht die Menschen ihren Lauf eindämmen, von Zeit zu Zeit ihren Weg ändern. Die Fluß-Delta schieben sich weiter ins Meer hinein, wenn nicht etwa die Meeresströmungen eine solche Richtung haben, daß sie den neuen Anwachs fortführen. Die Seen, welche größere Gebirgsflüsse in sich aufnehmen, werden durch den Niederschlag aus den ruhigen Gewässern immer seichter, und endlich ganz ausgefüllt werden. Die Wasserfälle rücken, durch Abspülung des Gesteins, immer mehr aufwärts. Auf dem Festlande verwittern die zu Tage liegenden Gesteine; Flechten und Moose siedeln sich an ihren Oberflächen und in ihren Spalten an, und befördern die Zerstörung; der Regen wäscht die losen Theilchen ab. So mehrt sich der fruchtbare Ackerboden, und macht die weitere Ausbreitung des organischen Lebens möglich.

Das Meer ist die zweite Macht, welche auf der Erde größere Veränderungen hervorbringt. Es kommt auf die Figuration der Küste, auf die Richtung der Fluthen, auf die herrschenden Winde, auf die Lage und Beschaffenheit des Strandes an, ob das Meer Land verschlingt oder absetzt. An vielen Stellen der englischen und holländischen Küsten dringt das Meer alljährlich tiefer in das Land ein; die Insel Helgoland wird vor und nach ganz vom Meere verschlungen werden. Dagegen erweitern sich aber auch manche Küstenstriche, indem das Meer Land anschwemmt, und Dünen von hundert und mehr Fuß Höhe aufwirft. Allerdings gehen solche Veränderungen nur langsam vor sich; aber im Laufe mehrerer Jahrtausende können sie dennoch dem Festlande eine wesentlich andere Gestalt geben. Es ist historisch nachgewiesen, daß die Küsten südlich und nördlich der Po-Mündungen in 2000 Jahren 4 Meilen weit ins Meer vorgedrückt sind.

Eine dritte Macht, welche auf die Fortbildung der Erdoberfläche noch fortwährend einwirkt, ist die unterirdische, welche wir

die vulcanische zu nennen gewohnt sind. Die vulcanische Thätigkeit im Innern der Erde wirft ungeheure Massen von festem Gestein, von Gerölle und Asche und von flüssiger Lava aus der Tiefe empor. Sie ist mächtig genug, eine Gegend von mehreren Quadratmeilen Fläche empor zu heben, und hohe Berge da aufzuthürmen, wo früher Ebene war. Die Emporhebung des Sorullo in Mexico und des Monte nuovo bei Neapel können aus neuerer Zeit unter vielen andern als bekannte Beispiele angeführt werden. Geschehen solche Emporhebungen im Meere, und erreicht der emporgerichtete Boden die Oberfläche des Wassers; so entstehen neue vulcanische Inseln, welche Erscheinung sich in älterer und neuerer Zeit oft wiederholt hat.

Die vulcanischen Erscheinungen sind über alle Theile der Erde verbreitet, und rechnet man die erloschenen Vulcane mit, in jedem Landstriche von einiger Ausdehnung anzutreffen. Nach unserer Erklärung sind Vulcane die Schlünde, welche reihen- oder gruppenweise auf großen Spalten der Erde stehen, die bis zu der geschmolzenen Erdmasse hinabreichen. Wenn diese Masse sich in Bewegung setzt oder wenn durch fortgesetzte Erstarrung der Erdrinde eine Ausdehnung eintritt; so wird die geschmolzene Masse in die Höhe gedrängt. Bei ihrem Durchgange durch die obern Schichten gelangt sie zu feuchten Lagern, oft auch zu kohlen- und schwefelhaltigen Mineralien, deren Zersetzung und der Ausfluß der Lava die bekannten Erscheinungen eines vulcanischen Ausbruchs herbeiführen. Als die Erdrinde noch dünner war, waren die Vulcane mehr verbreitet, und traten auch in der Mitte der Continente auf. Jetzt gehören sie vorzugsweise den Küstengegenden und dem Meere an, weil hier gerade die Erdrinde die geringere Dicke hat. Die vulcanischen Ausbrüche mitten in den Meeren werden uns meistens nur dann bekannt, wenn sie Inseln bis zur Oberfläche des Wassers empor heben. Die meisten müssen in der Tiefe der Meere vor sich gehen, ohne daß sie von den Menschen bemerkt werden; doch sind von Schiffen zuweilen Spuren von solchen submarinen Ausbrüchen wahrgenommen worden. Wenn sich die Spalten und Schlünde in vulcanischen Gegenden verstopfen; so können die unterirdischen Kräfte die Erdrinde erzittern machen, und dadurch heftige Hebungen und Erschütterungen des Bodens bewirken. Kommt ein Vulcan zum Ausbruche, so ruhen die übrigen derselben Reihe oder Gruppe. Die Quellen von warmem Wasser und Gas reihen sich den vulcanischen Erscheinungen an, und finden in ihnen eine natürliche Erklärung.

Jede andere Erklärung, die bisher über die vulcanischen Erscheinungen versucht worden ist, kann auf dem jetzigen Standpunkte unserer Naturkenntnisse leicht widerlegt werden. Diejenige, welche noch am meisten für sich hat, nimmt an, daß im Innern der Erde noch große Massen unoxidirter Stoffe vorhanden seien, deren fortgehende Oridation die Feuererscheinungen bedinge. Zu so ausgedehnten Feuererscheinungen bedürfte es ungeheurer Mengen von Sauerstoff, der schwerlich irgend anders hergenommen werden könnte, als aus der Atmosphäre. Dazu bedürfte es aber starker Luftströ-

mungen nach dem Innern der Erde zu, wovon jedoch nie an irgend einem Orte eine Spur entdeckt worden ist.

Wenn eine bewegte Masse mit einer ruhenden zusammentrifft; so sind die Wirkungen dem Momente der Bewegung, das heißt dem Producte der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit, proportional. Wenn nun die bewegte flüssige Erdmasse gegen die nur wenige Meilen dicke Erdrinde anschlägt; so liegt in den entstehenden Erderschütterungen gar nichts Wunderbares. Auch sieht man ein, daß solche da am leichtesten und stärksten sich zeigen müssen, wo die Erdrinde, wie die vorhandenen Vulcane zeigen, am schwächsten und bis zur Tiefe zerspalten ist. Eben so wenig Schwierigkeit macht in dieser Hypothese die Erstreckung der Erderschütterungen über ganze Welttheile. Wollte man sich die Erdkugel als eine feste Masse denken; so läßt sich gar keine Einwirkung irgend einer Kraft ersinnen, welche nach Gesetzen der Dynamik Erdbeben würde hervorbringen können. Die Annahme von Höhlungen im Innern der Erde, die sich so weit erstrecken, als sich manche Erdbeben ausdehnen, würde nothwendig sein. Und da schwerlich irgend eine Gegend im Laufe der Zeit ganz von Erderschütterungen frei geblieben ist; so müßten also solche Höhlungen sich unter allen Erdtheilen hin erstrecken. Diese Höhlungen müßten aber, damit ihre Gewölbe getragen werden könnten, und um die nachgewiesene Gleichförmigkeit in der Dichtigkeit der Erde wieder herzustellen, mit einer Flüssigkeit angefüllt sein, von gleichem specifischen Gewichte mit den benachbarten Erdmassen. Es ließe sich, nach unsern Kenntnissen, kaum eine andere solche flüssige Masse denken, als geschmolzenes Gestein. Durch die Annahme desselben in begrenzten Höhlungen der Erde würde man sich jedoch in die größten Widersprüche verwickeln, während die oben aufgestellte Hypothese alle Erscheinungen bei vulcanischen Ausbrüchen und Erdbeben in ungezwungener Weise erklärt, und sich der wahrscheinlichsten Hypothese über die Bildung der Erdrinde auf das engste anschließt.

Auch die Hebungen des Bodens, welche in der vierten Periode noch so bedeutend auf die Fortbildung der Erdoberfläche einwirkten, und in der fünften Periode noch mehrfache Wechsel zwischen Land und Meer verursachten, haben in der laufenden Periode noch nicht ganz aufgehört. Erst in neuerer Zeit hat man dieser merkwürdigen Erscheinung, welche uns in die Bildungsgeschichte der Erde einen tiefern Blick hat thun lassen, die verdiente Aufmerksamkeit geschenkt. Unter vielen Fällen, die mit aller Sicherheit constatirt sind, hebe ich hier nur wenige beispielsweise heraus. Fast bei allen bedeutendern Erdbeben sind Veränderungen im Niveau des Bodens eingetreten, die meistens in Erhebungen bestanden, und sich in vielen Fällen über meilenweite Landstriche erstreckten. Solche Niveau-Veränderungen lassen sich nur in der Nähe des Meeres mit Sicherheit constatiren, und sind unzweifelhaft auf dem Festlande oft eingetreten, ohne bemerkt worden zu sein, weil sich hier kein Maßstab der Vergleichung darbot. In Schweden war es den Küstenbewohnern schon seit lange bekannt, daß das Meer vor und nach zurück trete. Man

schrieb die Veränderung in natürlicher Weise dem beweglichen Elemente, dem Wasser, zu. Celsius machte vor mehr als hundert Jahren die Naturforscher auf dieses Phänomen aufmerksam. Der Engländer Plaisair war der erste, der im Jahre 1802, gestützt auf die Hutton'sche Theorie der Erdbildung, die Behauptung wagte, nicht das Meer sinke, sondern die schwedische Küste werde gehoben. Diese Behauptung erlangte erst im Jahre 1807 durch Leopold v. Buch, der seine Bestätigung auf die sorgfältigsten Untersuchungen an Ort und Stelle stützte, ihre volle Autorität. Seit jener Zeit sind von Lyell, Berzelius, Nilson und Andern die frühern Angaben und alle bezüglichen Thatsachen der genauesten Prüfung unterworfen worden, und es hat sich ergeben, daß die schwedische Felsen-Küste am bottenischen Meerbusen fortwährend langsam gehoben wird, im Süden weniger, nach Norden zu stärker, so daß die größte Hebung in hundert Jahren gegen 3 Fuß beträgt. Daß nicht der Wasserspiegel sich senkt, zeigt die Unveränderlichkeit des Wasserstandes an den preussischen Küsten und an mehreren Inseln; auch geht dies schon aus der Ungleichheit des Hervortretens der Felsen aus dem Wasser an der schwedischen Küste hervor. Dagegen haben die neuesten Untersuchungen von Nilson eben so sicher nachgewiesen, daß die Küste von Schonen am Sinken ist. Auch aus Dänemark sind Thatsachen bekannt geworden, welche nachweisen, daß sich dort manche Küstenstriche gehoben, andere gesenkt haben, seitdem sie von Menschen bewohnt waren. — Das zweite Beispiel einer anhaltenden Niveau-Veränderung mag uns die Nord- und Ostküste des adriatischen Meeres abgeben. Diese Küstenstriche liegen in dem Bereiche einer oft wiederholten, mächtigen vulcanischen Thätigkeit. Mehrere Inseln sind hier neu aus dem Meere emporgestiegen. Dagegen zeigt die venetianische Schlammküste, so wie die illyrische und dalmatische Felsenküste die unzweideutigsten Spuren eines anhaltenden, langsamen Sinkens. Der gepflasterte Fußboden mehrerer großen öffentlichen Gebäude aus alter Zeit liegt in diesen Gegenden jetzt mehrere Fuß unter dem Meerespiegel. — Das dritte Beispiel mögen uns die als Zeugen mächtiger vulcanischer Einwirkungen berühmt gewordenen Ruinen des Serapis Tempels zu Pozzuoli bei Neapel liefern. Es stehen dort noch drei Marmorsäulen aufrecht, die in einer Höhe von 15' über dem heutigen Meerespiegel in einer drei Fuß breiten Zone von Pholaden durchbohrt worden sind. Der treffliche Hoffmann hat aus den Verhältnissen der Dertlichkeit und der Ruinen auf das Genügendste nachgewiesen, daß diese Durchbohrungen zu einer Zeit geschehen sein müssen, als die Säulen gegen 15' tief im Meere standen. Die genauesten Untersuchungen der Ruinen selbst und ihrer Geschichte von dem Canonicus Andrea di Jorio begründen die Annahme, daß das Meer nur langsam in den Tempel eindrang, nachdem derselbe schon zur Ruine geworden war, wahrscheinlich zu den Zeiten, als die Sarazenen jene Küstenländer verwüsteten, und daß das Wasser eben so allmählich gegen Anfang des 16ten Jahr-

hundert's wieder zurücktrat. Der Fußboden des Tempels wird noch immer, bei gewöhnlichem Wasserstande, vom Meere bedeckt. Es muß sich also die Gegend von Pozzuoli im Laufe einiger Jahrhunderte erst um mehr als 15' gesenkt, längere Zeit diese niedrige Lage beibehalten, und dann fast um dieselbe Größe wieder gehoben haben, und zwar muß diese Niveau-Veränderung so sanft von statten gegangen sein, daß die freistehenden Säulen ihre senkrechte Stellung beibehalten konnten.

Die Erde empfängt Wärme von der Sonne, und gibt Wärme ab an die Atmosphäre, und vermittelt dieser und durch direkte Ausstrahlung an den Weltraum. Wenn die Erde eben so viel Wärme empfängt, als sie aussendet; so muß der Zustand des thermischen Gleichgewichts eintreten, welchem die Erde allerdings jetzt sehr nahe steht, denselben aber noch nicht erreicht hat. Die noch thätigen Vulcane und die heißen Quellen bringen alljährlich eine bedeutende Masse von Wärme zu Tage, die für die Erde verloren geht. Die Glätzer und Schneemassen der hohen Gebirge schmelzen durch die Erdwärme von unten, für welchen Wärmeverlust die Erde wiederum keinen Ersatz erhalten kann. Die mittlere Temperatur der Quellen mag durchschnittlich $\frac{1}{2}$ Grad bis 1 Grad die mittlere Temperatur der Luft übertreffen. Da nun ferner das meteorische Wasser nur bei relativ niedrigen Temperaturen zur Erde gelangt; so müssen diese Wasser dem Erdkörper mehr Wärme entziehen, als ihm zuführen. Diese Thatsachen weisen unwiderleglich nach, daß der Erdkörper noch fortwährend sich abkühlt. Außer der Abkühlung müssen auch noch beträchtliche Veränderungen in der Vertheilung der Wärme im Innern der Erde stattfinden. Wenigstens deuten die Veränderungen des magnetischen Zustandes der Erde darauf hin. Die täglichen und jährlichen periodischen Variationen in der Stärke und Richtung der magnetischen Kraft hängen unzweifelhaft von der Erwärmung der Erde durch die Sonne, und den Wechseln, die darin vorkommen, ab. Nun aber hat im mittlern Europa seit dem Ende des 16. Jahrhunderts die magnetische Declination die erstaunenswerthe Aenderung von 30° erlitten, und die eine Linie ohne Abweichung ist in diesem Zeitraume von kaum $\frac{1}{4}$ Jahrtausend um volle 90 Grad von Westen nach Osten fortgerückt. Wenn so große Veränderungen im Wärmezustand der Erde an der Erdoberfläche unmerklich geblieben sind; so mag dies allein darin seinen Grund haben, daß die Gegenden der magnetischen und thermischen Pole bisher kaum von den Menschen erreicht worden sind, und daß also Beobachtungen von dort, von einer längern Reihe von Jahren, gänzlich mangeln.

Fourier hat die Wärmeabnahme der Erde dem Calcul zu unterwerfen gesucht, und unter sorgfältiger Berücksichtigung aller bekannten Verhältnisse gefunden, daß die jetzt in einem Jahrhundert aus dem Innern der Erde hervordringende und verloren gehende Wärme vermögend sei, eine Eisdecke der Erde von 10' Dicke zu schmelzen, und daß sich die Erde dadurch in 1000 Jahren noch nicht um $\frac{1}{450}$ Grad C. abkühle. Obgleich nicht zu leugnen

ist, daß diese Rechnung auf sehr unsichern Elementen beruht; so kann sie doch nachweisen, daß in unsern Jahrhunderten die Abkühlung der Erde nur sehr gering sein kann. Auch Laplace hat die Wärme-Abnahme der Erde, der Rechnung unterworfen. Er findet, daß wenn die mittlere Erdwärme um 1° C. abnimmt, die Tageslänge um $1''{,}73$ abnehmen müsse. Nun hat aber nach seinen Untersuchungen, seit Hipparch's Zeiten die Tageslänge nicht um $\frac{1}{100}$ Decimal-Secunde abgenommen, woraus folgt, daß die mittlere Erdwärme seit jenen Zeiten nicht im $\frac{1}{200}^{\circ}$ C. kann abgenommen haben. Durch eine anderweitige Rechnung sucht Laplace nachzuweisen, daß durch eine tausendjährige Abkühlung der Erde bei ihrem jetzigen Wärmezustande die Tageslänge nur um $\frac{1}{550}$ Secunde hat abnehmen können, welches einer Wärme-Abnahme von $\frac{1}{940}^{\circ}$ C. entspricht.

Es ist wohl zu beachten, daß solche Rechnungen sich immer auf eine mittlere Wärmeabnahme der ganzen Erdkugel beziehen. Es könnte also wohl der Fall sein, daß die Erdrinde im Allgemeinen mehrere Grade Wärme einbüßte, während der Erdkern sehr wenig Wärme verlöre; oder auch sogar, daß die Erdrinde in verschiedenen Polhöhen ungleich erkaltete. In der That scheint die heiße und gemäßigte Zone seit 2000 Jahren nicht merklich an Wärme verloren zu haben. Die Vegetationsgrenzen der Cerealien, des Weines und der Datteln scheinen seit der historischen Zeit keine wesentliche Veränderung erlitten zu haben. Sind also wirklich merkliche Veränderungen in der Bodentemperatur in unsern Zeiten eingetreten; so müssen solche ausschließlich den höhern Breitengraden angehören.

Wir erkennen hieraus, daß, so wie alles in der Welt im beständigen Werden begriffen ist, auch unsere Erde von diesem allgemeinen Gesetze der Dinge keine Ausnahme macht. Wenn uns die Veränderungen nicht augenfällig entgegen treten; so rührt das daher, daß unser Leben und die Geschichte der Menschheit nur eine Spanne Zeit bedeuten, im Vergleich mit den Bildungsperioden des Erdkörpers.*)

*) Bemerkung. Die drei Theile der vorstehenden Abhandlung sind in drei verschiedenen Sitzungen des hiesigen wissenschaftlichen Vereins vortragen worden. Diese ursprüngliche Bestimmung der Abhandlung bedingte ihre Form, die bei der jetzigen Mittheilung beibehalten werden mußte, wenn sie nicht vollständig sollte umgearbeitet werden, wozu es mir an Zeit gebrach. Auch machte die längere Zwischenzeit, welche zwischen dem Vortrage des ersten und dritten Theils lag, die Wiederholung einiger Thatsachen von entschiedener Wichtigkeit nothwendig, die jetzt nicht ganz hat beseitigt werden können.

Von Seiten der Geognosten und Mineralogen von Profession möchte mir mit Recht der Vorwurf gemacht werden können, daß ich mehrere Sätze allgemein hingestellt habe, ohne die vorkommenden scheinbaren oder wirklichen einzeln Abweichungen mit anzuführen. Ich bin mir dieses Fehlers wohl bewußt; sah mich aber außer Stand, ihn zu vermeiden, ohne in Einzelheiten einzugehen, die zu erörtern der Raum nicht gestattete. Wenn nur nicht nachgewiesen werden kann, daß ich aus den zu allgemein gestellten Behauptungen Folgerungen gezogen habe, welche die unbeachtet gelassenen einzelnen Ausnahmen als unrichtig erweisen, so ist mein Zweck und meine Erwartung erfüllt.

Ⓒ.