Dem Herrn Geheimrath
Benzenberg
als Zeichen der Hochachtung
u. d. Verfasser.

Die Constitution des Erdkörpers und die Bildung seiner Rinde.

Von

Dr. P. N. C. Egen,

Director der Real- und Gewerbschule in Elberfeld, Königlichem Professor, Ritter des rothen Adler-Ordens vierter Classe, Mitgliede mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Elberfeld, 1840.

Büschler'sche Verlagsbuchhandlung.

Gedruckt bei Sam. Lucas in Elberfeld.

Die Constitution des Erdkörpers und die Bildung seiner Rinde.

Rerum natura praestat nobis historiae vicem.
Leibnitii Protogaea.

A. Einleitung.

Es gibt zwei Wissenschaften, welche die Menschheit von den ersten Anfängen ihrer Cultur an bis zu unsern Tagen fortwährend und ernstlich beschäftigt haben. Diese Wissenschaften sind die Astronomie und die Geognosie. Schon in jenen frühen Zeiten, von denen die Sage wie Fabel klingt, strebten die Menschen nach einer Kunde des Himmels und der Erde, und der Erscheinungen beider Regionen; beide Gegenstände wurden von den größten Geistern aller Zeiten besprochen, beurtheilt und erst später auch genauer untersucht. In der Geognosie wie in der Astronomie gehört eine große Masse von gut gewählten Beobachtungen und Erfahrungen dazu, bevor dort die Erde und hier das Planetensystem in ihrer Constitution richtig aufgefaßt werden können. Die Menschen warteten aber den Zeitpunkt nicht ab, bis die erforderlichen Thatsachen und Erfahrungen gesammelt waren. Sie zimmerten sich aus ihren Ideen eine Welt zusammen, die dann freilich von der wirklichen sehr bedeutend verschieden war. In der Astronomie reicht eine Art von Vorkenntnissen, die mathematischen, hin, um die Erscheinungen richtig aufzufassen und zu deuten. Und da die Mathematik schon früh eine sehr bedeutende wissenschaftliche Ausbildung gewann, so machte auch die Astronomie von den frühesten Zeiten an sehr sichere Fortschritte. Ganz anders verhält es sich mit der Geognosie. Soll diese Wissenschaft gründlich angebaut werden; so setzt dies außer der Mathematik und Astronomie noch sehr gründliche Kenntnisse der Physik, Chemie, der Naturgeschichte im Allgemeinen und besonders der Mineralogie voraus. Und da nun diese nothwendigen Hülfswissenschaften der Geognosie erst in neuerer Zeit denjenigen Grad der Ausbildung gewannen, der sie befähigte, über die verwandten wissenschaftlichen

Fächer Licht zu verbreiten; so ist es nicht zu verwundern, daß die Geognosie erst in unsern Tagen zum Range einer fest begründeten Wissenschaft empor gehoben worden ist.

Wenn die Bildung des Erdkörpers richtig beurtheilt werden soll; so ist es anräthlich, sich vorab mit allen Thatsachen bekannt zu machen, welche im Laufe der Jahrhunderte mit großer Anstrengung und Aufopferung von den Naturkundigen über das Bestehende auf der Erde sind erforscht und gesammelt worden. Nur auf diesem Wege verschafft man sich ein sicheres Fundament, auf welchem das Lehrgebäude der Geologie kann aufgebaut werden. Ich werde darum auch im ersten Theile meiner Abhandlung in kurzer Abfassung, und so weit unsere Kenntnisse reichen, die Constitution des Erdkörpers darzustellen suchen.

Im zweiten Theile will ich versuchen, die Geschichte der menschlichen Meinungen über das Innere und die Bildung der Erde im kurzen Abriß zu erzählen. Es scheint, als ob eine solche geschichtliche Darstellung einiges Interesse in Anspruch nehmen dürfte. Es gewährt nämlich einen eigenthümlichen Reiz, von der Höhe der sicher begründeten Wissenschaft auf die ersten Versuche, die gemacht wurden, diese Höhe zu ersteigen, herabzusehen. Es schlängeln sich die Pfade unten im Thale bald durch anmuthige Auen, durch schattige Gebüsche, bald gehen sie über schroffe Klippen hin; sie durchkreuzen sich auf die manchfachste Weise; sie nähern sich dem Ziele, und entfernen sich wieder von ihm. Man sieht es, wie der eine Wanderer mehr die Phantasie, der andere den Geist, der dritte die Pfade oder den Wink und Zuruf Anderer zum Führer wählt. Sie blieben in der Irre, weil die Berghöhe mit dichtem Wolkenschleier verhüllt und von den Suchenden durch eine tiefe Kluft getrennt war, über die erst eine Brücke geschlagen werden mußte, bevor sie zum Fuße des Berges gelangen konnten. Vor und nach aber machte man sich mit den untern Regionen genauer bekannt, man vermied immer mehr die Irrwege, man drang zu dem wahren Ziele näher hinan. Die Verirrungen des Einen halfen dem Andern den rechten Weg finden. Kräftige Naturen, mit Geschick begabt, vielleicht auch von glücklichen Umständen begünstigt, fanden und bahnten neue Pfade, drangen höher empor. Man brachte System und Methode in die neuen Bestrebungen, man vereinigte sich zu gemeinschaftlichen Anstrengungen, wo die Kraft des Einzelnen nicht ausreichen wollte. So erreichte man die Höhe, auf welcher in unsern Tagen die wissenschaftliche Erkunde steht. Auch darin schließt sich die Geognosie der Astronomie an, daß die Geschichte beider Wissenschaften in jeder neuern Periode neue Fortschritte nachweiset, und dadurch das wohlthuende Gefühl erweckt, welches bei der Betrachtung des stetigen Fortschreitns der Menschheit, einem höhern Ziele zu, in uns rege wird.

Der dritte Theil wird endlich der Darstellung des nach dem Standpunkte unserer gesammten Naturkenntnisse wahrscheinlichsten geologischen Systems gewidmet sein.

B. Die Constitution des Erdkörpers.

Die Erde hat eine Kugelgestalt. Dieser Satz bedarf in unsern Tagen des weitläuftigeren Beweises nicht mehr. Es war selbst die Kugelgestalt der Erde auch den Griechen und Römern auf der Höhe ihrer Cultur, sogar schon viel früher, hinlänglich bekannt. Die abweichenden oft sonderbaren Vorstellungen, welche in griechischen und römischen Schriftstellern vorkommen, gehören nur den Laien der Naturwissenschaften an.

Die ersten Größenbestimmungen der Erde, welche uns bekannt geworden sind, rühren von Eratosthenes (250 J. v. Chr.) und Posidonius (50 J. v. Chr.) her. Jener leitete sie von der Größe des Bogens zwischen Syene und Alexandrien, und dieser von dem Bogen zwischen Alexandrien und Rhodus ab. Sowohl diese, als auch die im Mittelalter von den Arabern ausgeführten Erdmessungen, haben nur noch für die Geschichte der Wissenschaft Interesse. Ihre Resultate waren zu ungenau, um jetzt noch in Betracht gezogen werden zu können. Eben so ungenügend sind die Gradmessungen, welche vor dem Jahre 1730 in den Niederlanden, in Frankreich und anderwärts ausgeführt wurden. Die neuesten und genauesten Messungen fallen in die Zeit von 1730 bis heute. In diesem Zeitraume sind gemessen worden in Peru unter dem Aequator 3 Grade, in Ostindien unter 16 Grad mittlerer Breite 15 Grade, in Frankreich unter 45 Grad mittlerer Breite $12\frac{1}{2}$ Grad, in Hannover unter 52 Grad mittlerer Breite 2 Grad, in England unter derselben mittlern Breite 3 Grad, in Dänemark unter 54 Grad mittlerer Breite $1\frac{1}{2}$ Grad, in Preußen unter 55 Grad mittlerer Breite $1\frac{1}{2}$ Grad, in Rußland unter 56 Grad mittlerer Breite 8 Grad, in Lappland unter 66 Grad mittlerer Breite $1\frac{1}{2}$ Grad: im Ganzen also 48 Grad in dem Bereich vom Aequator ab bis zum 67 Grad nördlicher Breite. Von der südlichen Halbkugel ist bloß eine Messung von geringerer Ausdehnung und Genauigkeit, die im Jahre 1751 im Caplande ausgeführt wurde, vorhanden. Die russische Messung soll noch nördlich fortgesetzt werden; der Kaiser hat dazu auf 10 Jahre jährlich 3000 Thaler bewilligt. Werden die sämmtlichen Resultate dieser großen Messungen in Berechnung genommen, so findet sich mit großer Uebereinstimmung der mittlere Meridian-Grad zu $57011\frac{1}{2}$ Toisen. Man darf annehmen, daß dieser Werth nicht um mehr als 3 Toisen von der Wahrheit abweicht. Die französisch-österreichische Längen-Grad-Messung zwischen Marennes und Padua, eine Strecke von 15 Längen-Graden, gibt den mittlern Meridian-Grad zu 57013 Toisen, also nahe genug mit dem Haupt-Resultate übereinstimmend, an.

Diese Gradmessungen führten zugleich zur genauern Bestimmung der Erdgestalt. Die Erde kann nämlich, wie Newton dies zuerst aus theoretischen Gründen nachwies, keine vollkommene Kugel sein. Sie ist an den Polen abgeplattet, so daß also die Breitengrade nach den Polen zu wachsen müssen. Die obengenannten Gradmessungen weisen mit großer Uebereinstimmung eine Abplattung von $\frac{1}{300}$ nach.

Und zwar bildet jeder Erdmeridian eine so vollkommene Ellipse, daß die von den Messungen nachgewiesenen Abweichungen von dieser Linie nur localen Ursachen zugeschrieben werden können.

Die Erde schwingt sich in einem Sterntage um ihre Achse. Die Kraft des Schwunges, die der Schwere entgegen wirkt, muß um so größer sein, je weiter die Erdoberfläche von der Achse absteht. Aus diesem Grunde ist die Schwere eines Körpers unbeträchtlicher am Aequator als am Pole. Aber auch noch aus einem andern Grunde nimmt die Schwere nach dem Pole hin zu. Weil nämlich die Erde abgeplattet ist, so nähert man sich vom Aequator nach dem Pole zu gehend dem Mittelpunkte der Erde um den ganzen Betrag dieser Abplattung. Und je näher man dem Erdmittelpunkte kommt, desto stärker wirkt die Anziehungskraft der Erde. Die Schwere-Zunahme der Körper kann vermittelst einer gewöhnlichen Wage nicht gefunden werden, weil die Körper in beiden Wagschalen gleich stark ihr Gewicht ändern. Aber es wirkt die Aenderung der Schwere auf die Pendelschwingungen. Die Schwingungen werden rascher, wenn die Schwere wächst. Man ersieht hieraus, daß aus Pendelbeobachtungen in verschiedenen Breiten die Erdgestalt bestimmt werden kann. Die genauesten neuern Beobachtungen hat Capitain Sabine, dem die englische Regierung bloß für diesen Zweck ein Schiff ausrüstete, vom Aequator an bis zum 80. Grade nördlicher Breite in 15 Stationen angestellt, zu denen noch 6 Stationen auf dem Meridian der französischen Gradmessung, wo von Pariser Academikern beobachtet wurde, hinzugerechnet werden müssen. Auf der südlichen Halbkugel ist von dem Capitain Freycinet in 8 Stationen bis zum 52. Breitengrade beobachtet worden. Die genaue Berechnung dieser Beobachtungen weiset für beide Halbkugeln die gleiche Abplattung von $^1/_{289}$ nach. Die Abweichungen, welche vorkommen, sind auch hier wieder so unbedeutend, daß sie nur geringe Unterschiede in der Dichtigkeit der Erdringe zunächst der Oberfläche so nachweisen, wie sie durch geognostische Untersuchungen des Bodens an den verschiedenen Stationen bestätigt werden. Später hat Capitain Lütke in 9 Stationen auf der südlichen und nördlichen Halbkugel Pendel-Beobachtungen angestellt, die sehr genau zu sein scheinen. Sie geben die Abplattung der Erde etwas stärker an, als sie aus den Beobachtungen von Sabine und Freycinet berechnet worden ist.

Der Mond hängt in seiner Bewegung um die Erde von der Anziehung, welche die Erde auf ihn ausübt, ab. Bliebe der Mond in seiner Bewegungs-Ebene senkrecht über dem Erd-Aequator; so würde es für seine Bewegung gleichgültig sein, ob die Erde eine Kugel oder ein Ellipsoid sei. Es verhält sich aber die Sache anders, da der Mond sehr bedeutend bald nördlich bald südlich vom Aequator steht. Es müssen sich also im Mondlaufe kleine Ungleichheiten zeigen, die von der ellipsoidischen Gestalt der Erde abhängen. Laplace hat zwei solcher Ungleichheiten nachgewiesen, und berechnet aus beiden die Erdabplattung sehr übereinstimmend zu $^1/_{305}$.

Wir haben hier drei Bestimmungen für die Erdabplattung, die auf sehr verschiedenem Wege gefunden wurden, und dennoch wenig von einander abweichen. Legen wir der letztern Bestimmung einen geringern Werth, als den beiden andern bei, so darf eine Abplattung von $1/295$ für sehr genau gehalten werden. Diese Abplattung beträgt an jeder Seite des Erdkörpers nicht ganz 3 Meilen.

Nach den Ergebnissen der Gradmessungen beträgt
die kleine Erdachse = 3216107 Toisen
» große » = 3271954 »

Ferner ist die Länge eines Meridiangrades unter der mittlern Breite b in Toisen = 57011,453 — 284,851 cos. 2b + 0,593 cos. 4b — 0,001 cos. 6b; und die Länge eines Grades im vorbezeichneten Parallel = 57153,885 cos. b — 47,576 cos. 3b + 0,059 cos. 5b.

Die Beobachtungen, um die Erdgestalt zu bestimmen, haben zu gleicher Zeit ein höchst wichtiges Resultat über die innere Structur der Erde gegeben. Sie haben nämlich nachgewiesen, daß die Schichten rund um den Mittelpunkt in symmetrischen Abständen von der Erdachse nach allen Seiten gleiche Dichtigkeit haben müssen. Denn wäre dieses nicht der Fall; so hätten die Ablenkungen des Loths bei den Gradmessungen, die Unregelmäßigkeiten in den Pendelschwingungen und in der Mondbewegung die dichtern Stellen nachweisen müssen.

Die symmetrische Vertheilung der Erdmasse um ihre Achse herum folgt auch aus einem andern Grunde. Wenn nämlich bei regelmäßiger Gestalt des Erd-Ellipsoids die Massen im Innern ungleich vertheilt wären; so würde die Umdrehungsachse eine Schwankung haben, deren Periode einen Sterntag betrüge. Von einer solchen Schwankung ist aber nicht die geringste Spur vorhanden, und sie würde bei astronomischen Beobachtungen bemerklich werden, wenn sie nur einen geringen Bruchtheil einer Bogen-Secunde ausmachte. Daraus folgt der obige Satz mit mathematischer Evidenz. Freilich sind kleine Schwankungen der Erdachse vorhanden; diese hängen aber von der Attraction ab, welche besonders der Mond auf das Erd-Ellipsoid ausübt, so daß ihre Periode genau mit der des Mondlaufs, nicht aber mit der Rotation der Erde, correspondirt.

Eine andere Frage ist es aber, ob die Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte der Erde zu dieselbe bleibt. Auch diese Frage ist durch genaue Untersuchungen genügend beantwortet. Es kommt hier nämlich vor Allem darauf an, die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erdmasse zu bestimmen. Die ersten Untersuchungen darüber fallen in das Jahr 1774, und wurden von Maskelyne und Hutton mit großer Sorgfalt und Anstrengung ausgeführt. Man beobachtete die Ablenkungen des Loths, welche durch den einzeln stehenden Bergkegel Shehallien in Porthshire bewirkt wurden, und berechnete daraus das Verhältniß der Erdmasse zur Bergmasse. Man fand nach den mühsamsten und genauesten Erörterungen die Dichtigkeit der Erde = 4,7. Cavendish untersuchte kurz nachher

die Frage auf eine ganz verschiedene Art. Er beobachtete durch Schwingungen die Attraction, welche große Bleimassen auf einander ausübten, und berechnete daraus die Dichtigkeit der Erde = 5,3. Auf diese Versuche und ihre Berechnung wurde ebenfalls großer Fleiß verwendet. Carlini beobachtete später das Pendel auf dem Berge Cenis, und berechnete aus dem Verhältniß der Berg-Attraction zur gesammten Erd-Attraction die Dichtigkeit der Erde zu 4,4. Aus den Pendelbeobachtungen, welche in der Grube Dolcoath in Cornwall, 1200′ unter der Erdoberfläche angestellt wurden, berechnete Drobisch die Dichtigkeit der Erde zu 5, 4. Diese vier Angaben stimmen, in Betracht der Schwierigkeit einer solchen Untersuchung, genau genug mit einander überein. Das Mittel aus ihnen ist in runder Zahl = 5. Da nun die mittlere Dichtigkeit der Erdrinde, abgesehen von dem Wasser, das sie bedeckt, unter 3 bleibt; so muß die Dichtigkeit der Erde nach dem Mittelpunkte zunehmen, was auch schon in dem ungeheuren Druck Erklärung findet, der auf die untern Schichten von der obern ausgeübt wird. Der Gedanke an große Aushöhlungen im Innern der Erde, oder an bedeutende dort verschlossene Wassermassen, wird durch die obigen Resultate ganz beseitigt. Freilich verträgt sich auch beides nicht mit den durch das ganze Weltall wirksamen Gesetzen der Schwere. Kein Gewölbe würde stark genug sein, um, wenn im Innern der Erde große Ausweitungen vorhanden sein sollten, ihren Einsturz zu verhüten.

Die Erdoberfläche hat ziemlich bedeutende Unebenheiten. Auf beiläufig ein Viertel der Fläche ragt die feste Erdrinde über das Wasser empor, so daß fast drei Viertel dieser Fläche mit Wasser bedeckt sind. In den Hochgebirgen Asiens steigen einige Gipfel 26000 pariser Fuß, und in dem Cordilleren gegen 24000 pariser Fuß über das Niveau des Meeres empor. Die meisten bewohnten Ländertheile liegen weniger als 1200 Fuß über dem Meeresspiegel. Die mittlere Erhebung des festen Landes über die Meeresfläche erreicht unstreitig keine 2000 Fuß. — Die Tiefe des Meeres ist uns wenig bekannt. Die zwischen großen Ländermassen eng eingeschlossenen Meere haben gewöhnlich nur eine geringe Tiefe. Die Ostsee ist sehr seicht. In der Straße von Dover sind Tiefen von 30 Faden schon selten. In der Nordsee finden sich auf einige Meilen Entfernung von den englischen Küsten nur Tiefen von 40 bis 50 Faden. Das mittelländische Meer hat Tiefen, die bis zu 1000 Faden reichen. Die Tiefen der großen Weltmeere sind nie gemessen worden; die Versuche, welche man dazu gemacht hat, sind erfolglos geblieben. Nimmt man an, daß sich die Unebenheiten des Festlandes und des Meeresboden verhalten, wie ihre Flächenausdehnungen; so müssen im Meere Tiefen von 3 Meilen vorkommen, und die mittlere Tiefe wird gegen 6000′ betragen. Andere Gründe bestätigen diese Schätzung. Die Landseen haben gewöhnlich nur eine geringe Tiefe; nur in den Hochgebirgen gibt es Seen von 1000′ Tiefe, welche Tiefe z. B. die großen Schweizer-Seen erreichen.

* * *

Daß die Wärme, welche auf der Erdoberfläche verbreitet ist, ihre Hauptquelle in dem Sonnenlichte habe, lehren die großen Temperatur-Unterschiede zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter, und zwischen den verschiedenen Zonen der Erde. Unter dem Aequator beträgt die mittlere Lufttemperatur 22° R., die mittlere Meerestemperatur 20½° R. Die Lufttemperatur übersteigt auf dem Lande nie 36°, und zur See nie 25°. Die Temperatur des Meerwassers kann ebenfalls bis zu 25° emporsteigen. — Die Temperatur der Erdpole kann nur aus der Temperatur benachbarter Gegenden geschlossen werden. Es sind Gründe vorhanden anzunehmen, daß die mittlere Temperatur des Nordpols von der der Melville Insel, die Parry zu 12° unter Null bestimmt hat, nicht sehr abweicht. Die niedrigste Temperatur, die je beobachtet worden ist, beträgt noch nicht 40° unter Null. Die südliche Halbkugel ist kälter als die nördliche. Und auf der nördlichen Halbkugel haben gleiche Breiten im Westen von Europa eine höhere Temperatur, als im Osten; und in Asien und Amerika steht die Temperatur für gleiche Breiten noch niedriger, als im östlichen Europa.

Die Erde kann nie eine niedrigere Temperatur annehmen, als die, welche im Weltraume vorhanden ist. In den langen Nächten der Polar-Regionen muß aber die Temperatur des Weltraums tief in die Erdatmosphäre eindringen. Aus diesen Gründen darf man dem Weltraume eine Temperatur von beiläufig 40° unter Null zuschreiben. Es folgt hieraus, daß die Luft um so kälter sein muß, je weiter sie von der wärmern Erde absteht, und je näher sie also an den kältern Weltraum grenzt. Dazu kommt noch, daß die Luft mit den wachsenden Höhen dünner, folglich durchsichtiger wird, und darum von den Sonnenstrahlen weniger erwärmt werden kann, als die dichtere Luft. Denn das Licht erwärmt nur insoweit, als es absorbirt wird, und aufhört Licht zu sein. Man kann im Mittel annehmen, daß von der Erdfläche an das Thermometer mit jeden 600′ Erhebung um 1 Grad fällt.

Nimmt man darauf Rücksicht, daß Quellwasser oft von hohen Bergen herab kommen, und daß die meteorischen Niederschläge zu einer Zeit niederfallen, wo die Temperaturen für den betreffenden Ort am niedrigsten stehen; so weisen die Beobachtungen unter allen Himmelsstrichen nach, daß das Quellwasser eine höhere Temperatur aus der Erde mitbringt, als es dahin mitgenommen hat, daß es also in der Erde erwärmt wird. Diese Erwärmung ist unter dem Aequator kaum merklich. In unsern Gegenden beträgt sie, nach eignen und fremden Beobachtungen, durchschnittlich mehr als 1 Grad. In nördlichen Breiten ist sie noch beträchtlicher. Auf den Höhen und in denjenigen Gegenden, wo ewiger Schnee liegt, schmilzt dieser Schnee und das Glätschereis an der Erde fortwährend, so daß hier die größten Ströme ihren Ursprung nehmen. Je größer die Tiefe ist, aus welcher die Quellen entspringen, desto höher steht ihre Temperatur über der Lufttemperatur. Die Quellen, welche aus großer Tiefe kommen, ändern sich nur wenig in der Quantität

des Ausflusses, und gewöhnlich bringen sie mineralische Theile mit zu Tage. — Ich will für die obigen Behauptungen einige Belege anführen. Die Lufttemperatur von Soest beträgt gegen $7\frac{1}{2}$ Grad, die Temperatur der constanten Quellen in der Nachbarschaft 8°. In Hemern bringen die süßen Wasser, welche aus 80′ bis 100′ tiefen Bohrlöchern ausströmen, eine Temperatur von 9° mit. Die meisten Soolquellen in Westphalen haben eine Temperatur von 10 bis 12°; in Rothenfelde und Salzkotten beträgt diese Temperatur sogar 14 bis 15 Grad. Quellen von höherer Temperatur, also die eigentlich heißen Quellen, sind schon seltener. Ihre Wasser erreichen fast nie völlig die Siedhitze; wahrscheinlich bringen sie aber diese mit aus den Tiefen der Erde, die aber nahe der Oberfläche durch Hinzutreten fremder Wasser mehr oder weniger erniedrigt wird.

Diese Thatsachen lehren auf die unzweideutigste Weise, daß im Innern der Erde Wärme vorhanden sei, die nicht von außen ihr mitgetheilt wird, ihr also eigenthümlich ist. Und diese Ansicht wird durch thermometrische Beobachtungen in tiefen Erzgruben völlig bestätigt. Es sind in neuerer Zeit solcher Beobachtungen in England, Frankreich, Preußen, Sachsen, Rußland ꝛc. sehr viele angestellt worden. Sie weisen alle, ohne irgend eine Ausnahme, eine Temperatur-Erhöhung bei größern Tiefen nach. Das Verhältniß der Temperaturzunahme ist aber sehr verschieden gefunden worden. Es gehört zu 1 Grad Temperaturzunahme nach den Beobachtungen von

D'Aubuisson	bei	1000′	Tiefe,	eine	Tiefe	von	144′	Freiberg.
v. Trebra	»	1350′	»	»	»	»	150′	Freiberg.
Arago	»	1230′	»	»	»	»	120′	Paris.
Reich	»	900′	»	»	»	»	144′	Erzgebirge.
Cordier	»	600′	»	»	»	»	100′	Frankreich.
Philipps	»	1500′	»	»	»	»	120′	Newcastle.
preuß. Beamten	»	300′	»	»	»	»	200′	Preußen.
Forbes u. Fox	»	1400′	»	»	»	»	50′	Cornwall.
Erman u. Magnus	»	650′	»	»	»	»	80′	Rüdersdorf.

Das Mittel aus diesen Beobachtungen gibt für 1 Grad Temperatur-Erhöhung die Tiefe zu 134 Fuß an. Die großen Differenzen sind leicht erklärlich. Wo nämlich schlecht leitende Massen in der Tiefe liegen, oder wo die höhere Temperatur durch Wasser abgeleitet wird, müssen die Beobachtungen eine verhältnißmäßig geringere Erdwärme nachweisen. Die Beobachtungen auf den preußischen Gruben mögen auch darum eine so geringe Erdwärme nachweisen, weil sie nur bis zu sehr unbedeutenden Tiefen reichen, und die Temperatur, wie die Beobachtungen so wie auch theoretische Gründe darthun, erst mit größerer Tiefe in einem bedeutendern Verhältnisse zunimmt.

Nun kenne ich keine andere haltbare Erklärungsart dieser Erdwärme, als daß sie dem Erdkörper durchaus eigenthümlich ist, dann also auch nothwendig mit der Tiefe bis dahin, wo die Massen flüssig werden, zunimmt. Diese Tiefe läßt sich freilich nicht sicher

berechnen, theils, weil die Beobachtungen über die Wärmezunahme sehr von einander abweichen, theils auch, weil wir das Leitungsvermögen der festen Erdschichten nicht genau kennen. Eine wahrscheinliche Schätzung lehrt aber, daß die Tiefe, worin die Erdmassen geschmolzen angetroffen werden, 8 Meilen wohl nicht überschreiten kann.

In der Annahme, daß die Erde in einer Tiefe von 8 Meilen eine so hohe Temperatur habe, daß ihre Massen dort flüssig sind, finden Erdbeben, die Ausbrüche der Vulkane, das Ausströmen von ungeheuren Massen von kohlensaurem Gase, das Dasein von heißen Quellen ihre genügende Erklärung; Wäre die Erde eine solide Kugel; so würden die wellenförmigen Erschütterungen der Erdfläche, die sich oft über Länderstrecken von mehreren 100 Meilen Ausdehnung verbreiten, sowohl in ihren Ursachen als auch in ihren Erscheinungen ganz unerklärlich sein. Die Ausbrüche der Vulcane mit den sie begleitenden Phänomenen, ihre Entzündung, ihre Hebung und Erschütterung der Erdrinde, ihre Auswürfe geschmolzener Massen, sind noch durch keine andere Hypothese genügend erklärt worden. Nimmt man die Dicke der festen Erdrinde nur zu 8 Meilen an; so begreift man, warum grade in den Meeren und am Rande derselben die meisten vulcanischen Ausbrüche vorkommen müssen. Auch erklärt sich hieraus die von Leopold v. Buch und Lyell nachgewiesene Thatsache, daß die thätigen Vulcane in Linien zusammenstehen, die wahrscheinlich großen Spalten in der Erdrinde entsprechen, und daß nie oder wenigstens nur höchst selten, zwei oder mehrere Ausbrüche in derselben vulcanischen Linie gleichzeitig vorkommen. Die Erde haucht auf manchen Stellen so ungeheure Quantitäten von kohlensaurem Gase aus, daß nur die ausgedehntesten Feuer-Processe im Innern die Production derselben erklären. Nach den Beobachtungen und Berechnungen des Professors Bischoff strömt in der Umgebung des Laacher Sees jährlich über 2 Millionen Centner Kohlensäure aus dem Innern der Erde. Die Mofetten in den Gegenden von Pyrmont und von Carlsbad sind wohl eben so ergiebig, die italienischen wahrscheinlich viel ergiebiger. Und eben so augenscheinlich verkündigen die heißen Quellen, deren Temperatur seit undenklichen Zeiten dieselbe geblieben ist, eine constante Wärmequelle im Innern der Erde, deren Wirkungen von denen temporärer und örtlicher Entzündung sehr verschieden sind.

* * *

Die Erdkugel ist mit einer Atmosphäre umgeben. Wäre die Luft in allen Höhen so dicht, als am Meeresspiegel; so würde ihre vorhandene Masse eine Höhe von 24500 pariser Fuß einnehmen, sie würde also die höchsten Berggipfel nicht ganz bedecken. Die Luft wird aber mit zunehmender Höhe immer dünner, weil die obern Schichten unter einem geringern Druck stehen, als die untern Schichten. Und so reicht die Atmosphäre noch weit über die höchsten Berggipfel empor. Bei 10 Meilen Höhe ist die Luft schon so

dünn, daß sie, wie die astronomische Beobachtungen nachweisen, nicht merklich mehr brechend auf das Licht einwirkt. Die Grenze der Atmosphäre muß da sein, wo ein Lufttheilchen durch die Expansivkraft eben so stark gehoben, als es durch die Schwere niedergedrückt wird. Diese Grenze ließe sich genau berechnen, wenn man das Gesetz kännte, nach welchem die Wärme in der Höhe abnimmt, oder auch nur die Temperatur des Weltraums. Wahrscheinlich ist in einer Höhe von 25 bis 30 Meilen keine Luft mehr vorhanden. Dennoch ereignet sich in größern Höhen noch manches, was der Erde angehört, z. B. die Nordlicht-Erscheinungen.

Die atmosphärische Luft besteht aus 21% Sauerstoff, gegen 79% Stickstoff und durchschnittlich nur $\frac{1}{20}$% Kohlensäure. In dieser Mischung ist der Kohlensäure-Gehalt allein veränderlich. Nach den sorgfältigen Beobachtungen von Theodor de Saussure, wechselt der Kohlensäure-Gehalt in der Schweiz von $\frac{1}{30}$% bis $\frac{1}{16}$%. In den untern Theilen der Atmosphäre sind Wasserdämpfe in wechselnder Menge enthalten. Diese Dunst-Atmosphäre reicht wenig über die höchsten Berggipfel empor. Wenn die Atmosphäre bei hohen Temperaturen mit Wasserdampf gesättigt ist; so kann sie davon gegen 3% enthalten, bei mittlern Temperaturen aber nur $1\frac{1}{2}$%. Von diesem Maximum enthält die Atmosphäre gewöhnlich nur $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$. Alle Körper im Niveau der Meeresfläche stehen unter dem Drucke der ganzen Atmosphäre, welcher im Mittel für jeden Quadratzoll gegen 15 Pf., also für den Quadratfuß etwas über 2000 Pf. beträgt.

Das Meerwasser, welches den größten Theil der Erdrinde bedeckt, enthält im Mittel $3\frac{2}{3}$% feste Bestandtheile. Diese bestehen aus Kochsalz, Chlormagnesium, schwefelsaurer und kohlensaurer Magnesia, schwefelsaurem Natrum, schwefelsaurem und kohlensaurem Kalk und noch einigen geringern Beimischungen. Das Kochsalz macht $\frac{3}{4}$ dieser Bestandtheile, also gegen 3% des Meerwassers aus. Mehrere Soolquellen, welche benutzt werden, haben keinen stärkern Salzgehalt. Der Salzgehalt wechselt in offenen Meeren zwischen 3 und $4\frac{1}{3}$%. Die eng eingeschlossenen Meere haben in der Regel einen geringern Salzgehalt; dies ist z. B. der Fall bei der Ostsee, dem schwarzen Meere, dem Meere von Marmora. Das mittelländische Meer hat einen sehr beträchtlichen Salzgehalt, er steigt bis zu 4%. Und das Wasser, welches der Capitain Smith in der Nähe der Straße von Gibraltar aus einer Tiefe von 4000′ herauf holte, hatte nach der Analyse von Wollaston einen Salzgehalt von $17\frac{1}{3}$%. In den übrigen Meeren scheint der Salzgehalt mit der Tiefe nicht merklich zuzunehmen; doch sind über diesen Fragepunkt nur sehr wenige Beobachtungen vorhanden, da es mit vielen Umständen verbunden ist, sich Meerwasser aus großen Tiefen zu verschaffen.

Eine Wassersäule von 100′ Höhe entspricht in Beziehung des Drucks, den sie ausübt, beiläufig 3 Atmosphären. In Meerestiefen von 1000′ übt das Wasser also einen Druck von 30 Atmos-

phären, das heißt von 450 Pf. auf den Quadratzoll, oder von 600 Centner auf den Quadratfuß, aus. In einer Tiefe von 3 Meilen beträgt der Druck über 2000 Atmosphären, also über 30000 Pf. auf den Quadratzoll, oder 43,000 Centner auf den Quadratfuß. Dieser Druck ist so ungeheuer, daß es außer dem Bereich sicherer Erfahrungen liegt, was aus den Körpern wird, wenn sie einem solchen Druck unterworfen werden, und wie sie unter solchem Drucke chemisch aufeinander wirken. Perkins hat einen sehr großartigen und gut construirten Apparat aufgestellt, worin er, nach seiner Behauptung, gerade den oben berechneten Druck von 2000 Atmosphären hervor zu bringen im Stande ist. Das Wasser wird unter diesem Druck um $^1/_{14}$ ($^1/_{10}$ nach Calladon u. Sturm) zusammen gepreßt. Ich habe den Apparat und den Versuch in London gesehen, kann aber freilich nicht behaupten, daß gerade dieser Druck hervorgebracht wurde, dessen ungeheure Größe ich jedoch keineswegs bezweifele.

In die feste Erdrinde sind die Menschen nur an sehr wenigen Stellen 1000 bis 1500′ tief eingedrungen, und die größte Tiefe, die sie erreicht haben, beträgt gegen 2000′. Wird die Erde durch einen Globus von 10′ Durchmesser dargestellt; so würde die erreichte Schachttiefe auf einer solchen Kugel noch nicht das dünnste Postpapier ganz durchdringen. Was unter dieser Tiefe liegt, kann nur durch wahrscheinliche Schlüsse gefolgert werden. Nimmt man die Dicke der festen Erdrinde zu 8 Meilen an, so beträgt die Tiefe der Bergwerke $^1/_{96}$ von dieser Dicke. Die Dicke der festen Erdrinde von 8 Meilen würde bei einem Globus von 10′ Durchmesser $^1/_2$ Zoll betragen.

* * *

Die Erdrinde besteht bei weitem zum größten Theile aus festem Gestein. Die losen Massen sind meistens durch Verwitterung und durch mechanische Einwirkungen von den festen Massen getrennt, und in einzeln Anhäufungen abgelagert worden. Die festen Massen zerfallen in geognostischer Beziehung in zwei Haupt-Abtheilungen, nämlich in nicht geschichtete und in geschichtete Massen. Die geschichteten Massen nehmen den größten Theil der Erdfläche ein. Ihre Straten liegen höchst selten horizontal. Wo sie geneigt liegen laufen sie mit ihren Enden meistens zu Tage aus. Hier kann also ihre Mächtigkeit, so wie ihre Reihenfolge, untersucht werden. Und auf diesem Wege ist man dahin gelangt, die Erdmassen bis zu einer mäßigen Tiefe mit Sicherheit aus den geognostischen Verhältnissen der Oberfläche beurtheilen zu können. Wo sich Gelegenheit findet, solche Schlüsse in den Schächten und Strecken der Bergwerke, in Bohrlöchern oder in andern Durchschnitten der Erdschichten, der Prüfung zu unterwerfen, da sind sie, in soweit sie nur den wesentlichen Character der Tiefe betrafen, stets wahr befunden worden.

Der Grund-Typus der ungeschichteten Massen bildet der Granit, der aus Quarz, Feldspath und Glimmer, in crystallinischer

Structur, besteht. Die Größe der Gemengtheile wechselt vom kleinsten Korne bis zu den größten Crystallen von mehreren Fuß Ausdehnung ab. Wird in der Masse der Glimmer vorherrschend, und legen sich seine Blättchen mehr parallel; so wird das Gestein schiefrig, und es heißt dann Gneis. Der Uebergang des einen Gesteins ins andere ist unmerklich. Findet sich Hornblende im Granit ein, wogegen dann meistens der Glimmer und theilweise auch der Quarz verschwindet; so geht der Granit in Syenit, in jene dichten Massen über, aus denen viele Bauwerke in Aegypten bestehen. Vermehrt sich die Hornblende weiter, so bilden sich die verschiedenen Arten Grünstein aus, der, wenn er körnig ist, Diorit heißt. Ein körniges Gemenge von Augit und Feldspath heißt Dolerit. Gemenge von körnigem Feldspath, Augit und Hornblende heißen Gabbro. Im Serpentin ist dem sehr feinkörnigen Feldspath Schillerspath zugemengt.

Die vorgenannten Gesteine bilden die untern Lager der Erdrinde. Sie liegen in unerforschter Mächtigkeit in der Tiefe; alle andere Gebirgsarten liegen über ihnen. Ihre Massen sind oft in ungeheuern Dimensionen ohne alle Zerklüftung. Man kann daher jene großen Steinblöcke aus ihnen loshauen, welche zu den Obelisken Aegyptens und zu den Kirchensäulen in Petersburg bearbeitet worden sind. Oft aber sind diese Massen mit ungemessener Kraft aus den Tiefen empor gehoben worden, bis sie die höchsten Gipfel und Rücken unserer Gebirge bilden. In diesen Hochgebirgen sind sie allein zu suchen, in den niedrigern Gebirgen sind sie hoch mit neuern Schichten bedeckt. Bei solchem Emporheben mußte die feste Masse auf die manchfachste Weise aufreißen. Darum stehen in diesen Gebirgen die Felsen in den wunderlichsten Lagen und Gruppirungen da. Die verschiedenen Felsarten der Urgebirge gehen, wie schon oben bemerkt, in unmerklichen Abstufungen in einander über. In ihrer Zusammenlagerung ist keine bestimmte Folgenreihe bemerklich.

In den Urgebirgen ist nie die geringste Spur von Ueberresten organischer Gebilde angetroffen worden. Auch kommt in ihnen der Kohlenstoff in keiner andern Verbindung als im kohlensaurem Kalke vor. Es widerspricht keine einzige Thatsache der Annahme, daß diese Massen sich aus dem geschmolzen-flüssigen Zustande durch Abkühlung bildeten; es ist durch Versuche nachgewiesen worden, daß unter einem starken Drucke der kohlensaure Kalk zum Schmelzen gebracht werden kann, ohne seine Kohlensäure zu verlieren. Vielmehr lehren die unmerklichen Uebergänge derselben in Gestein von unbestrittener vulcanischen Abstammung, daß sie dem Feuer ihr Entstehen zu verdanken haben. Auch weisen dies viele ihrer Lagerungsverhältnisse nach. Wir werden später auf diese beiden Punkte wieder zurückkommen.

An diese ungeschichteten Felsarten schließt sich eine Gruppe schiefriger Gesteine an, die mit ihnen in den manchfachsten Verhältnissen und ohne bestimmte Ordnungsfolge wechsellagern, und in denen ebenfalls nie eine Spur von Versteinerungen aufgefunden worden ist. Sie besteht aus Thonschiefer, Kieselschiefer, Glimmer-

schiefer, Talkschiefer, Chloritschiefer, Hornblendeschiefer, Quarzfels und noch einigen andern Felsarten. Diese Felsarten stehen an der Grenze des Urgebirges, und bilden den unmerklichen Uebergang zu den mittlern Gebirgen, in welchen sie ebenso, wie in den Urgebirgen, eingelagert angetroffen werden.

* *

Die geschichteten Gebirgsarten nehmen mit der Grauwacke in den sogenannten Uebergangsgebirgen ihren Anfang. Die Grauwacke ist meistens schieferig; sie ist unbestritten durch Niederschlag entstanden. In ihr finden sich die ersten Spuren von Ueberresten des organischen Lebens. Ueberall ruht sie auf den vorhin genannten versteinerungsleeren Gebirgsarten. Man rechnet zum Grauwacken-Gebirge oft noch den Uebergangskalkstein und den alten rothen Sandstein, oder das sogenannte Todtliegende. Elberfeld liegt auf der Grenze des Grauwacken-Schiefergebirges. Ein sehr ausgezeichnetes Kalkflötz, voller merkwürdigen Höhlen, und voller Versteinerungen, das aus den Gegenden jenseits Arnsberg über Iserlohn, Hagen, Schwelm, Elberfeld, Mettmann bis zum Rheine streicht, begrenzt dies Gebirge nördlich. Das sogenannte Todtliegende besteht in unsern Gegenden aus einem grauen Sandsteine, den die Geognosten unserer Gegenden flötzleeren Sandstein nennen. — In dem Uebergangsgebirge treten zuerst Kohlen-Ablagerungen auf. Doch sind diese Ablagerungen selten und nicht ausgedehnt. Die Versteinerungen in diesen Gebirgensarten lassen einen Schluß auf die zur Zeit ihrer Bildung bestehende organische Schöpfung machen. Von Pflanzen finden sich Ueberreste von Equiseten, Calamiten und Fucoiden; es mußte also zur Zeit der Bildung dieser Gebirge ein Festland schon vorhanden sein. Nur aus den niedrigsten Thierklassen finden sich versteinerte Ueberreste: Zoophyten, Radiarien, Molusken, Crustaceen kommen in sehr vielen Arten vor. Aber alle diese Geschlechter sind andere, als die jetzt die Meere bewohnen. Von Fischen hat man einige wenige Flossenstacheln, Gaumenzähne und Knochen gefunden. Von den höhern Pflanzen- und Thierarten findet sich hier noch keine Spur.

* *

Ueber der Grauwackengruppe lagert das Kohlengebirge. Wenn in dem Uebergangsgebirge eine Schichtung allerdings sehr entschieden auftrat, so haben die Bänke doch keine weite Erstreckung. Die Schichten liegen mit großen und raschen Wechseln ihrer Neigungen und Richtungen neben einander; eine Uebereinstimmung dieser Lagen für ganze Gebirgszüge ist kaum merklich. Im Kohlengebirge hingegen ist die Flötzbildung sehr regelmäßig von statten gegangen. Die Flötze verändern auf meilenlangen Erstreckungen kaum merklich ihr Streichen und Fallen; selten nähert sich ihr Einfallen der senkrechten Richtung. Die Kohlenflötze wechseln mit Bänken von Sand-

stein und Schieferthon ab; auch finden sich in den meisten Kohlengebirgen schwächere Lagen von Thoneisenstein (Sphärosiderit), der besondees in England in mächtigern Bänken vorkommt. In England wechsellagern Kalksteinschichten mit den genannten Gliedern des Kohlengebirges. Dieser Kohlenkalkstein kommt mit dem Uebergangskalkstein so genau überein, daß viele Geognosten den letztern nebst dem Todtliegenden mit zum Kohlengebirge rechnen. Der vielen Versteinerungen wegen, die sich im Uebergangskalke vorfinden, so wie auch wegen der regelmäßigen Lagerungs-Verhältnisse des genannten Kalk- und Sandsteins, nähern sich allerdings die beiden Gebirgsarten mehr dem Flötzgebirge als dem Uebergangsgebirge. Auf der andern Seite aber muß bemerkt werden, daß ein Seitenarm des westphälischen Uebergangskalkflötzes tief in das Grauwackengebirge eindringt. — Die Kohlenflötze haben eine wechselnde Mächtigkeit von einigen Zollen bis zu 30′ und selbst bis zu 60′. In der Regel liegen mehrere Flötze in paralleler Lagerung über einander, durch starke Sandsteinbänke von einander getrennt. Auf dem Flenu, westlich am Mons, liegen 100 Flötze über einander, und in dem Saarbrücker Kohlengebirge sogar 120 Flötze. Bei Tamaqua in Nord-Amerika liegen 50 Flötze über einander, wovon das stärkste 60′, das schwächste 8′ Mächtigkeit hat. Die Mächtigkeit der ganzen Kohlengruppe beträgt oft gegen 8000′. — Die Kohlengebirge umschließen das Grab einer ganzen vegetabilischen Schöpfung. Der Schieferthon verwahrt die Eindrücke einer so großen Menge von Pflanzen, daß nur erst der geringste Theil derselben hat genau bestimmt werden können. Es sind Equisetaceen, Felices, Lycopodiaceen, Cannae, also vorzugsweise Sumpf- und Küstenpflanzen, welche hier vorkommen. Ihre ungeheure Größe, besonders die baumartigen Farnkräuter, deuten auf den fruchtbarsten Boden und ein sehr heißes Clima hin. Diesen Character der untergegangenen Pflanzenwelt weisen die Kohlengebirge des Nordens, wie des Südens nach. — Versteinerungen aus dem Thierreiche kommen nur selten vor. Von Conchilien hat man etwa 12, und von Fischen nur wenige Arten entdeckt.

Die Pflanzen-Ueberreste liegen in den Kohlenflötzen, die sie bilden, mit der Richtung der Schichten gleichlaufend, aufeinander. Die vegetabilischen Schichten scheinen sich in ähnlicher Art gebildet zu haben, wie sich jetzt noch die Torf-Straten bilden. Merkwürdig sind die im Kohlengebirge aufrecht stehenden Baumstämme. In den Gegenden von Saarbrück, Eschweiler, Durham, Newcastle hat man mehrere solcher Baumstämme (wahrscheinlich Sigillarien, Farren) von bedeutender Größe aufgefunden.

* *

An die Kohlengruppe reiht sich die Gruppe des rothen Sandsteins. Sie besteht aus Lagern von buntem Mergel (Keuper), von Muschelkalk, von buntem Sandstein, von Zechstein, Kupferschiefer

oder Alpenkalkstein und von rothem Sandstein. Die Schichten folgen ihrem Alter nach in vorstehender Ordnung, von den jüngern Bildungen angerechnet, auf einander. Die Flötze dieser Gebirgsarten liegen noch flacher und regelmäßiger zusammen gelagert, als im Kohlengebirge. Ihre Bildung scheint durch keine großen Revolutionen gestört worden zu sein. Sie haben in neuerer Zeit bedeutend an staatswirthschaftlicher Wichtigkeit gewonnen, nachdem durch Auffindung der bedeutenden Salzlager in Lothringen, am Neckar, in Sachsen und in der Schweiz die Gewißheit erlangt worden ist, daß diese Salzablagerungen der rothen Sandstein-Gruppe eigenthümlich angehören. Das einzelne Glied der Gruppe, der Zechstein, war von jeher für den deutschen Bergbau sehr wichtig, indem im Mansfeldischen auf dem in ihm gelagerten bituminösen Kupferschiefer ein bedeutender und sehr alter Bergbau getrieben wird. In unserer Nähe fehlt den Gebirgen, so weit wir sie kennen, diese ganze Gruppe. Die vielen Soolquellen am Fuße des Haargebirges begründen aber die Vermuthung, daß sie zu Tage durch jüngere Schichten bedeckt ist, und in der Tiefe zwischen diesen und den ältern Formationen keinesweges fehlt. An den Höhen des Teutoburger-Waldgebirges lagern mächtige Muschelkalk-Flötze, und im nahen Lippischen ist der Keuper sehr verbreitet. Spuren von Gypslagern sind dort aufgefunden worden; aber nach Salzablagerungen hat man bisher vergeblich gesucht, obgleich die vielen und reichen Soolquellen ihr Dasein nicht bezweifeln lassen.

Das Rothliegende enthält nur wenige Versteinerungen. Der Zechstein schließt schon mehr Versteinerungen ein. Im bunten Sandstein sind die Versteinerungen ebenfalls nicht sehr zahlreich. Der Muschelkalk ist voller Versteinerungen, wie schon sein Name andeutet. Es finden sich hier ziemlich viele Ueberreste von Fischen vor. Und zuerst tritt hier das wunderbare Geschlecht der Saurier auf, das von hier an in wechselnden Formen bis auf unsere Tage sein Fortbestehen hatte. Auch finden sich Ueberreste von riesenhaften Schildkröten im Muschelkalke. Im Keuper kommen neben vielen andern Ueberresten der untern Thierwelt auch wieder solche vom Geschlechte der Saurier vor.

Die Mächtigkeit der ganzen Gruppe mag durchschnittlich gegen 2000′ betragen, worin sich die einzeln Glieder, wenn sie sämmtlich vorhanden sind, ziemlich gleichförmig theilen.

* *

Die nächst jüngere Gruppe von Gebirgsarten tritt sehr characteristisch und in großer Ausdehnung im Jura auf, und hat von dort her ihren Namen, Jurakalk, entlehnt. Ihr Hauptglied ist ein ziemlich lockerer Kalkstein, in seiner Masse liegen runde Kalkkörner in einem Teige, der ebenfalls aus Kalk besteht. Dieser Bildung wegen heißt dieser Kalk auch Oolithenkalk oder Rogenstein. Straten von Thon, Sandstein, Mergel und Kalkstein wechsellagern mit

dem Jurakalke, und gehen gegenseitig in einander über. Der lithographische Stein von Solenhofen gehört zu den obern Schichten dieser Gruppe, so wie auch der in London häufig als Baustein benutzte Portlandstein. Die unterste Schicht besteht in einem ausgezeichneten Kalksteinlager, dem Lias oder Gryphitenkalke.

In unserer nähern Umgebung fehlt diese Gruppe von Gebirgsarten ganz; auch sind keine Anzeichen vorhanden, daß sie in der Tiefe sich vorfinde. In der merkwürdigen Kette des Teutoburgerwaldes kommt die Formation vor, in größerer Ausdehnung aber in dem Jura und den dieses Gebirge östlich und westlich begrenzenden Ländern. Auch in England ist sie sehr verbreitet.

Zu den Zeiten, wo der Jurakalk sich ablagerte, hatte die organische Schöpfung schon einen höhern Character angenommen. Es finden sich in dieser Gruppe Versteinerungen von Cycadeen, Coniferen und Liliaceen vor. Unter den zahlreichen Geschlechtern der Molusken treten die Belemniten und Ammoniten in großer Manchfaltigkeit auf. Das Geschlecht der Saurier, des Crocodils und der Schildkröte hatte auch hier sein Fortbestehen. Und von Säugethieren findet sich im Oolithenkalk von Stonesfield die erste Spur (**Didelphis Bucklandi**). Eben so kommen in dieser Formation die ältesten Ueberreste von Insecten vor.

Die Mächtigkeit dieser Formation kann durchschnittlich zu 2500 Fuß angenommen werden.

* *

Dem Jurakalk reiht sich der Altersfolge nach das Kreidegebirge an. Außer der eigentlichen Kreide gehört zu demselben noch ein mächtiges Mergelgebilde, das meistens durch grüne Körner sehr stark gefärbt ist, und darum auch wohl Chloritmergel genannt wird; man nannte es auch Plänerkalk oder Quadersandstein. In Norddeutschland, in Nordfrankreich und in Südengland ist diese Formation sehr weit verbreitet. Die Mächtigkeit erreicht nur selten 1000 Fuß.

Das Ruhr-Kohlengebirge wird in der Gegend von Essen, Bochum, Dortmund, Unna vom Kreidegebirge überdeckt, das sich in weiterer östlicher Erstreckung über Werl, Soest, Erwitte bis Paderborn an das Uebergangsgebirge unmittelbar anlehnt.

Als die Kreide sich ablagerte, mußten alle weit verbreiteten gewaltsamen Erdumwälzungen schon beschwichtigt sein. Die Flötze liegen in weiten Erstreckungen regelmäßig und in nur geringen Neigungen über einander. Man kennt in Westphalen ein ausgezeichnet grünes Flötz von wenigen Fuß Mächtigkeit, an welches man die Soolquellen gebunden zu sein glaubte, das meilenweit genau dasselbe Fallen und Streichen beibehält, wie dies durch Tagebauten und Bohrlöcher nachgewiesen worden ist.

Merkwurdig sind in der Kreide die Feuersteinknollen, welche in ziemlich regelmäßigen Schichten sich abgelagert haben. Sie umschließen in der Regel als Kern irgend einen organischen Körper,

der zu ihrer Bildung den ersten Anhaltspunkt dargeboten zu haben scheint.

Das Kreidegebirge und seine vielen Versteinerungen sind sehr genau untersucht worden. Es bedeckt das Becken von Paris und London, und bot am erstgenannten Orte dem reichbegabten Geiste Cuvier's Reiz und Mittel, seine Untersuchungen über die untergegangenen Thiergeschlechter mit so glänzendem Erfolge durchzuführen.

Das Kreidegebirge ist, wie schon bemerkt, sehr reich an Versteinerungen. Außer Resten von der niedern Thierklasse, finden sich viele von Fischen, von dem ungeheuern Mosasaurus, vom Crocodil. Von Pflanzentheilen, Blättern, Zweigen und von Holzstücken, also von eigentlichen Landpflanzen, finden sich viele Abdrücke und Versteinerungen. Von Vierfüßern findet sich hier keine Spur.

* *

Die Gebirgsformationen von den Kohlen bis zur Kreide rechnet man zu dem eigentlichen Flötzgebirge, welches auch wohl den Namen secundäres Gebirge führt. Die Schichten, welche über der Kreide liegen, rechnet man zum tertiären Gebirge, das man erst in neuerer Zeit der nähern Untersuchung für würdig gehalten hat. Diese Untersuchung, von französischen Geognosten vorzugsweise angeregt, hat aber schon zu sehr wichtigen Resultaten geführt. Cuvier und Brongniart haben sich durch dieselben große Verdienste erworben.

In der Gegend von Paris hat man 5 Schichten über der Kreide unterschieden. Die untere besteht aus plastischem Thon, Braunkohlenlagern und Sandstein; sie ist eine Süßwasser-Bildung. Die zweite Schicht bildet den Grobkalk, oder Cerithenkalk; sie hat sich im Meere gebildet. Die dritte Schicht ist wieder im süßen Wasser gebildet, und besteht aus kieseligem Kalkstein, aus Gyps und Knochenlagern und aus Süßwasser-Mergeln. Die vierte Schicht ist wiederum eine Meerbildung, bestehend aus Mergel, Meersand, Sandstein und Kalkstein. Die fünfte Schicht endlich ist wiederum eine Süßwasser-Bildung, die vorzugsweise aus den berühmten Mühlsteinlagern zwischen der Seine und Marne, und aus Mergeln besteht. Man sieht also, daß in der Periode, in welcher das Tertiär-Gebirge des Pariser Beckens sich bildete, die Gegend umher dreimal lange Zeit vom Meer überfluthet wurde, und dreimal aus ihm hervortauchte. Die Mächtigkeit dieser fünf Schichten beträgt gegen 500 Fuß.

Das Tertiär-Gebirge der übrigen Länder weicht in vielen Stücken von dem hier beschriebenen ab. Es möchte bei unserer jetzt noch unzulänglichen Kenntniß dieses Gebirges schwer halten, allgemein gültige Angaben über seine Lagerungs-Verhältnisse aufzustellen. Auch mag die Verschiedenheit der Schichten, die über der Kreide liegen, in den verschiedenen Gegenden so groß sein, daß sie nicht unter einen allgemeinen Gesichtspunkt gebracht werden können.

Das Tertiär-Gebirge ist reich an Versteinerungen, und die Reste der organischen Welt, die es einschließt, zeugen davon, daß

im Laufe der Erdbildung immer vollkommnere Wesen hervortraten, und daß die untergegangene organische Schöpfung sich der jetzt bestehenden immer mehr näherte. In den obern Schichten, besonders in dem losen Gerölle, kommen Knochen von Thiergattungen vor, die zu den ausgebildetsten der jetzigen Thierwelt gerechnet werden müssen. Ihre Geschlechter sind zu zahlreich, als daß sie hier könnten aufgezählt werden. Auch finden sich Reste von Thieren, besonders von solchen, die im Meere leben, die mit den jetzt noch fortbestehenden völlig übereinstimmen. Es ist aber sehr bemerkenswerth, daß die untergegangene Thierwelt in nördlichen und südlichen Zonen als identisch erscheint, und daß sie, nach Analogie der jetzt bestehenden geschlossen, überall einem heißen Clima angehört. Nur in den neuesten Schichten kommen versteinerte Muscheln vor, wovon dieselben Arten noch in den benachbarten Meeren wohnen. In etwas ältern Lagern werden nur solche gefunden, deren Arten, wenn sie noch vorhanden sind, der heißen Zone angehören.

* *

In den Geschieben, welche an der Erdoberfläche abgelagert sind, und in dem Schlamm, der sich in natürlichen Höhlen befindet, kommen große Massen von fossilen Knochen vor, die größtentheils einer untergegangenen Thierwelt angehören. Diese Geschiebe-Ablagerungen und Höhlen bildeten sich, als die jetzige Oberflächengestalt der Erde schon vorhanden war; viele Thatsachen weisen dieses überzeugend nach. Die Höhlen, von denen hier die Rede ist, gehören alle dem Kalkgebirge an, in welchem sie wahrscheinlich durch Auswaschungen entstanden. In unserer Nähe liegen die Sundwichshöhle, die Klutert, die Neandershöhle, das Hühnenloch und mehrere weniger bekannte Höhlen im Uebergangskalkstein. Die englischen Höhlen (Kirkdale) liegen im Jurakalk, die Geilenreuther Höhlen im Dolomit, die Höhlen bei Montpellier im Grobkalk. Der Boden dieser Höhlen ist gewöhnlich mehrere Fuß tief mit einem eigenthümlichen, zähen Schlamme bedeckt, und in diesem sind die Knochen abgelagert. Cuvier und Buckland haben sich um die Untersuchung, Vergleichung und Bestimmung dieser thierischen Ueberreste große Verdienste erworben. Man hat bis jetzt 2 Arten des Megatheriums, 5 Bären-Arten, 5 Arten von größern Thieren des Katzengeschlechts, 7 Arten des Hundegeschlechts, 5 Hiänenarten, 10 Hirscharten, mehrere Arten von Rhinoceros, Elephanten, Flußpferden ꝛc. bestimmt. Von Vögeln und Reptilien finden sich nur wenige Ueberreste.

Die Knochen von Bären und Hyänen sind in diesen Höhlen bei weitem die vorwaltenden. Die Höhlen scheinen von diesen Raubthieren bewohnt gewesen zu sein, die dann andere Thiere als Raub hineinschleppten. Freilich finden sich in einigen wenigen Höhlen auch bloß Knochen von Fleischfressern, die vielleicht im Alter oder bei Krankheiten in ihnen Schutz suchten und starben.

In den Höhlen und Geröll-Ablagerungen der nördlichen Gegenden finden sich wiederum Knochen von sehr vielen Thiergeschlechtern, die jetzt nur der heißen Zone angehören.

Es ist eine sehr bemerkenswerthe Thatsache, daß weder von Quadrumanen noch von Menschen Knochen in einem entschieden fossilen Zustande gefunden worden sind. In der Höhle bei Montpellier sollen sich freilich Menschenknochen und Scherben von Töpferwaare mit Knochen von Bären, Hyänen, Hirschen, Ochsen, Vögeln vermischt durch die ganze Lettenschicht vorfinden. Aber es kommen in sehr vielen Höhlen auch Knochen von jetzt lebenden Thiergeschlechtern vor, von denen der neuere Ursprung nachgewiesen werden kann. Man hat bis dahin noch kein sicheres Kennzeichen aufgefunden, um das relative Alter solcher thierischen Ueberreste zu bestimmen.

Eine andere merkwürdige Erscheinung, welche die Geschiebe-Ablagerungen uns darbieten, treten in den theils kleinen, theils sehr großen granitischen Steinblöcken auf, welche weit von den entblößten Urgebirgen entfernt, meistens in ausgedehnten Niederungen, gefunden worden. Die ganze norddeutsche Ebene, von den Niederlanden an bis zu den russischen Ostsee-Ländern, ist mit solchen Rollsteinen überdeckt. In unserer Nähe reichen sie bis zu den Hügeln auf dem nördlichen Ruhrufer, und bis zum Haargebirge; die mäßigen Höhen dieser Berge, von 800′ über dem Meere, haben sie nicht zu übersteigen vermocht. Oestlicher setzt ihnen das Harzgebirge einen unübersteiglichen Damm entgegen. In Sachsen dringen sie bis Leipzig vor, wo der Schwedenstein bei Lützen gleichsam ihren südlichsten Grenzposten bildet. Im Oderthale drangen sie bis hoch nach Oberschlesien hinauf, jedoch auch hier erreichen sie kaum die Höhe von 1000′ über dem Meere. Man findet einzelne Blöcke von 15000 bis 20000 Cubikfuß Inhalt, die also ein Gewicht von 3 bis 4 Millionen Pfund haben. In den scandinavischen Gebirgen sind die granitischen Steine anstehend, von denen die losgetrennten Bruchstücke die norddeutsche Ebene bedecken, und die wohl nicht anders als durch Wasserfluthen dorthin geschwemmt sein können. Daß sie wenigstens von Norden herkamen lehren ihre Lagerungs-Verhältnisse. In der Schweiz, in Italien und noch in vielen andern Gegenden finden sich ähnliche Erscheinungen vor.

* *

Werfen wir nun noch einen übersichtlichen Rückblick auf die Felsarten, welche die Rinde des Erdkörpers bilden; so sehen wir in den Urgebirgen rein crystallinische Gesteine auftreten, die sich also aus geschmolzenen Massen durch Abkühlung gebildet haben. Diese Gesteine treten nur in den höchsten Erhebungen der Erdrinde zu Tage hervor; wo das Terrain sich weniger erhebt, sind sie von andern Gesteinsmassen bedeckt. Es ist aber nicht zu bezweifeln, daß sie überall die untern Schichten der Erdrinde ausmachen, also an

keinem Punkte der Erde fehlen. Ihre sehr bedeutenden Emporhebungen, und ihre furchtbar zerrissenen Massen deuten auf eine Bildungszeit hin, wo die Naturkräfte in dem ungeheuersten Aufruhr mit einander kämpften. Das Bestehen organischer Gebilde war unter solchen Zuständen unmöglich.

Das Uebergangsgebirge ist ein Gebilde des Meeres, nur sehr wenige und beschränkte Räume sind von ihm entblößt. Wahrscheinlich fehlt es nirgends anderswo, entweder selbst zu Tage liegend, oder von jüngern Gebirgsmassen bedeckt. Seine ordnungslos durcheinander geworfenen Schichten nehmen jede Neigung gegen den Horizont an, und wechseln in kurzen Erstreckungen. Ungeheure Spalten durchsetzen sowohl die Urgebirge als die Uebergangsgebirge; diese Spalten dehnen sich oft meilenweit aus, und ihre Mächtigkeit kann bis auf 100 ja sogar auf 150′ ansteigen. Sie sind mit krystallinischen Gesteinsarten, die unbestreitbar aus der Tiefe empor drangen, gefüllt. Quarz, Hornstein, Braunspath, Flußspath, Thon und Letten bilden gewöhnlich die Ausfüllmassen dieser Spalten. Sehr häufig kommen aber auch granitische und basaltische Gangmassen vor. Die Gänge bilden die eigentlichen Lagerstätte der Mineralien, und besonders der Erze. Während die gewöhnlichen Gebirgsmassen nur geringe Verschiedenheit in ihren Bestandtheilen zeigen, sind die Gänge die Fundorte, wo noch fortwährend neue Combinationen der einfachen Stoffe entdeckt werden. Sehr häufig findet man Spalten, Klüfte und Räume des Uebergangsgebirgs mit Urgebirgsmassen ausgefüllt, die unmittelbar mit den anliegenden primitiven Gebirgsmassen in Verbindung stehen, und die nur im flüssigen Zustande sich in diese Räume hineindrängen konnten. Die Urgebirgsmassen haben augenscheinlich an manchen Stellen die Grauwacke durchbrochen, bedecken sie theilweise, haben Bruchstücke abgerissen und dieselben mit ihren Versteinerungen eingehüllt. Auch ist der Umstand sehr wichtig und entscheidend, daß die Urgebirgsmassen, wo sie in das secundäre Gebirge eindrangen, an den Berührungsflächen und oft tief in das Gestein hinein, sehr wesentliche Umänderungen bewirkten, die nur in einer hohen Temperatur ihre Erklärung finden.

Je weiter man in dem Gebirgsalter abwärts steigt, desto weniger trifft man auf Spuren jener furchtbaren Umwälzungen, jener ungeheuren Emporhebungen, welche der jetzigen Gestalt der Erdrinde ihren Character verliehen. Die Schichten entfernen sich immer weniger von der horizontalen Lage, innere Zerreißungen und Verwerfungen werden seltener und unbedeutender. Die Spalten sind hier nicht mehr mit krystallinischem Gesteine ausgefüllt. Solche Zerreißungen und Verwerfungen sind im Kohlengebirge noch sehr häufig. In den Kreidelagern und den noch jüngern Formationen kommen sie kaum an wenigen einzeln Punkten noch vor.

In anderer Beziehung unterschieden sich die eigentlichen Flötzgebirge dadurch wesentlich von den ältern Gebirgen, daß die einzelnen Formationen nur ziemlich kleine Theile der Erdfläche bedecken

und daß sie sich um so mehr in enge Grenzen zusammen ziehen, je jünger sie sind. Sehr große Länderstrecken sind bloß mit Ur- und Uebergangsgebirgen bedeckt, so daß hier die jüngern Formationen gänzlich fehlen. Der übrige Theil des Festlandes ist in die verschiedenen Formationen, die über der Grauwacke liegen, getheilt, so daß meistens mehrere dieser Formationen ganz fehlen. Die Formationen über der Kreide sind nur in sehr geringer Ausdehnung vorhanden. Es müssen sich also bei dem Altern der Erdrinde immer mehr und mehr Theile derselben der Bildung neuer Straten entzogen haben.

* *

Wenn die Schichten der Erdrinde zerrissen wurden, so daß sich Spalten bildeten, die durch alle Schichten hindurchreichten, so mußte durch den ungeheuren Druck die in der Tiefe noch flüssige Masse gezwungen werden, in diese Spalten einzudringen, und sie auszufüllen. Oft reichten die Räume der Spalten nicht hin, die geschmolzenen Massen zu fassen; sie quollen dann an der Erdoberfläche hervor, bildeten beim Emporheben der Erdmassen, welche den Ausfluß hemmten, und durch ihr Erkalten kegelförmige Anhäufungen, die oft bis zu sehr beträchtlichen Höhen emporragen. So entstanden die Vulcane. Man sieht leicht ein, daß in dieser Ansicht die vulcanischen Erscheinungen fortdauern mußten, von der Bildung der Urgebirge an bis auf unsere Zeiten. Und so ist es wirklich. Anfänglich war die ganze Erdoberfläche ein Vulcan. Später zogen sich die vulcanischen Eruptionen in immer engere Grenzen zurück, bis sie in unsern Tagen nur noch an wenigen Punkten in Thätigkeit sind. Die ältesten vulcanischen Producte sind die Urgebirgsarten selbst. Auf sie folgen die Trachyte und verwandten Gesteine. An diese schließen sich die Basalte an. Und diese gehen in die Laven über, welche wir vor unsern Augen aus den Kratern hervorbrechen sehen. Diese verschiedenen vulcanischen Gebilde gehen so unmerklich in einander über, daß es an vielen Punkten ihrer Lagerstätte unmöglich ist, die genaue Grenze zu ziehen. Namentlich bildet der Dolerit ein Zwischenglied, das in unmerklichen Abstufungen auf der einen Seite in Syenit und auf der andern in Basalt übergeht, und das mit Urgebirgsarten und mit den Gliedern des Trappgebirges wechsellagert. Die Trachyt- und Basalt-Kegel bilden die sogenannten erloschenen Vulcane. Man findet sie in allen Welttheilen sehr weit verbreitet. In unserer Nähe bieten das Siebengebirge und die Eifel die interessantesten Erscheinungen solcher erloschenen Vulcane in ihrer ganzen Manchfaltigkeit dar. Oestlich erstreckt sich der vulcanische Gebirgszug über den Westerwald hin bis über Cassel hinaus, wo er im Habichtswalde und im Meisner in ausgezeichnet characteristischen Gesteinlagern auftritt. Im Vivarais und in der Auvergne in Frankreich, im Vicentinischen und in den Euganeischen Feldern in Italien, im nördlichen Irland, in Catalonien,

in Sardinien, in Tyrol, in Ungarn und Siebengebürgen nehmen die erloschenen Vulcane große Länderstriche ein. Die vulcanischen Massen zeigen in ihren characteristischen Eigenschaften eine sehr große Uebereinstimmung.

Die noch in unsern Tagen thätigen Vulcane sind nur auf wenige Punkte der Erdfläche beschränkt. Sie bilden in ihrer Gruppirung vulcanische Linien, die wahrscheinlich großen Spalten in der Erdrinde entsprechen, wie dies schon oben bemerkt worden ist.

In Europa gibt es drei solcher vulcanischen Linien: die sicilianische Linie, die Linie des griechischen Archipelagus, die isländische Linie.

Asien besitzt 7 vulcanische Linien: die ungeheure kamschatkisch-kurilisch-japanische Linie, die aleutische Linie, die Linie von Inner-Asien, die Linie vom caspischen Meere, die Linie der Marianen Inseln, die Linie der Molukken und Philippinen, die Linie der Sunda-Inseln.

In Afrika kennen wir 4 vulcanische Linien: die azorische Linie, die canarische Linie, die cap-verdische Linie, die Linie der Insel Bourbon. In den Gegenden des rothen Meeres sind Spuren von Vulcanen bekannt geworden; doch sind die Nachrichten von ihnen noch wenig sicher.

Durch ganz Amerika hin zieht sich eine vulcanische Linie von ungeheurer Ausdehnung, die wir hier der bequemen Uebersicht wegen in mehrere Theile zerlegen wollen. Wir erhalten dadurch 6 einzelne Linien, nämlich: die Linie von Chili, die Linie von Quito, die Linie der Antillen, die Linie von Guatimala, die mexicanische Linie, die Linie der Gallopagos-Inseln.

In Australien sind die folgenden 4 vulcanischen Linien bekannt: die Linie der Sandwichs-Inseln, die Linie der Freundschafts-Inseln, die Linie der Gesellschafts-Inseln, die Linie der Marquesas-Inseln.

Unter diesen 24 vulcanischen Gruppen sind nur 2, die sich auf beträchtliche Strecken vom Meere entfernen, nämlich die vulcanische Gruppe im Innern von Asien und die im Innern von Mexico. Drei andere vulcanische Reihen, nämlich die des amerikanischen Festlandes, gehören dem Küstensaume an. Die übrigen 19 vulcanischen Reihen stehen im Meere selbst.

C. Geschichtliche Darstellung der bisher aufgestellten geologischen Systeme.

Bevor ich in kurzer geschichtlicher Darstellung die bisher aufgestellten geologischen Systeme zur Sprache bringen mochte, habe ich in dem vorstehenden Abschnitte die Erfahrungssätze mittheilen wollen, welche durch ältere und neuere Forschungen auf die überzeugendste und zuverlässigste Weise sind festgestellt worden, und denen jedes geologische System in keinem Punkte widersprechen darf, wenn es auf Wahrheit Anspruch machen will. Die mitgetheilten Thatsachen können darum auch als Prüfstein für die bisher aufgestellten Hypothesen über die Erdbildung dienen.

Wenn ich nunmehr dazu übergehe, diese Hypothesen zur Erörterung zu bringen; so muß ich mich des beschränkten Raumes wegen lediglich auf diejenigen geologischen Systeme beschränken, die entweder ihres innern Gehalts oder des Rufs wegen, der ihnen zu Theil geworden, eine größere Beachtung verdienen.

Lichtenberg sagte im Jahre 1795, daß ihm fünfzig verschiedene geologische Systeme bekannt seien. Er nannte sie damals mit vollem Rechte geologische Phantasien, und meint, daß sie große Wichtigkeit hätten, wenn auch nicht für den Geologen und die Geschichte der Erde, doch für den Psychologen und für die Geschichte des menschlichen Geistes. Als Franklin, damals Gesandter am Pariser Hofe, dem Abbé Soulavie seine geologische Ansicht mittheilte, bekannte er sich dazu, daß er in derselben bloß seiner Phantasie nachgehängt, da er die Zeit nicht mehr habe, die Natur der Erdkugel zu studiren, und so viele Facta zu sammeln, um in seinem Raisonnement nicht über sie hinaus gehen zu dürfen. So hatten überhaupt die Menschen, bis zum Ablauf des vorigen Jahrhunderts, noch nicht Zeit gehabt, die nöthigen Facta zu sammeln, um ihre geologischen Systeme in consequenter Schlußfolge sicher zu begründen. Sie wiesen darum ein Geschäft des Verstandes ihrer Phantasie zu, und lieferten freilich den Beweis, daß nach ihren Ideen nie eine geordnete Welt hätte erbaut werden können. Mögen diese Phantasien auf die seltsamsten Abwege geführt haben; sie haben denn doch auch den Weg zu dem Ziele gebahnt, das jetzt erreicht ist. Die Phantasie jagt, um mich nochmals der Lichtenberg'schen Ausdrücke zu bedienen, in ihrem wilden und rauschenden Fluge oft Ideen auf, die sich vor dem Falkenauge des Verstandes versteckt hielten, und welche dieser dann mit Begierde ergreift. Ohne die vermittelnde Kraft der Phantasie sitzen die Begriffe wie lauter unfruchtbare Zwitter im Gehirne; es erzeugen sich keine neuen Ideen. In solchen Köpfen liegt in dem einen Winkel Schwefel, im andern Winkel Salpeter, und im dritten Winkel Kohlenstaub genug; aber das Pulver erfinden sie nicht. Freilich ist

es schlimm, wenn die Phantasie italienische und englische Gelehrte beredet, die Versteinerungen in den Felsen der tiefen Schächte und der hohen Alpen könnten nur Naturspiele sein, und jenen Franzosen, die aufgefundenen Mammuthzähne stammten aus dem Gebisse gefallener Engel ab; aber wir verdanken dieser Geistesthätigkeit so viele zündende Funken eines himmlischen Feuers, daß wir ihr solchen Irrlichtschein wohl zu gute halten mögen.

In den Systemen der Vorzeit findet sich durchgängig die Geogenie mit der Geologie aufs engste verbunden, welches zu manchen Begriffsverwirrungen Veranlassung gegeben hat. Erst Hutton schied beide Lehrsysteme strenge von einander, und erklärte, nur die Geologie in den Bereich seiner Untersuchungen ziehen zu wollen. Seit jener Zeit (1788) sind sehr viele Systeme der Geologie neu aufgestellt worden, aber die Geogenie hat man fernerhin meistens unbeachtet gelassen. Und in der That ist man immer mehr zu der Einsicht gekommen, daß die Erschaffung der Erde, oder auch nur ihre Einreihung in die Ordnung unseres Planetengebiets, für menschliche Forschungen wohl für immer mit dem undurchdringlichsten Schleier bedeckt bleiben wird.

Man beschäftigte sich aber um so angelegentlicher mit Speculationen über den Ursprung der Erde, je weniger Stoff man hatte, über ihre Ausbildung Betrachtungen anzustellen, und so gehören also die Geogenien vorzugsweise älteren Zeiten an. Am einfachsten und erhabensten lehrt Moses, daß Gott durch sein allmächtiges Wort die Welt aus dem Nichts hervorgerufen habe. Sehr nahe kommt dieser Lehre die Schöpfungsgeschichte der Indier, wie sie in den Institutionen des Menu erzählt wird. Wie lächerlich erscheint dagegen die heilige Sage der Aegypter und Griechen von einem männlich-weiblichen Princip, das die Welt geboren; schon Aristophanes verspottet diese Mythe.

Die Lehre von einem Chaos, das vor dem Dasein von Erde, Meer und Himmel bestand, hat eine große Verbreitung gehabt, und zieht sich durch alle Zeiten Europäischer Cultur bis zu unsern Tagen hindurch. Die bekannteste Beschreibung des Chaos ist die von Ovid in seinen Metamorphosen, die freilich viele Widersprüche einschließt, so daß Bayle in seinem Wörterbuche sagen durfte, die Propositionen dieser Beschreibung lägen ärger mit einander im Streite, als die Elemente im Chaos. Nach Ovid waren im Chaos alle Dinge vereinigt, eine **rudis indigestaque moles.** Ueberall nur träge Last und der unentwickelte Samen der Dinge; Erde, Meer und Luft waren vermischt in unförmlichen Massen, eins stand dem andern entgegen; es kämpften Kälte und Wärme, das Nasse mit dem Trocknen, das Weiche mit dem Harten, das Schwere mit dem Gewichtlosen. Dieser Streit der Elemente schlichtete endlich ein Gott, und so bildeten sich die Erde, das Meer und der Himmel.

In einer viel spätern Zeit stellte sich Cartesius die Aufgabe: **Datis materia et motus facere mundum,** und lösete dieselbe

mit seiner gewohnten Kühnheit, die in Erklärungen vor keiner Schwierigkeit außer Fassung geräth. Der Schöpfer zerschlug einen harten Klumpen Materie, und setzte die Theile in Bewegung. Diese zertrümmerten und zertheilten sich immer mehr und mehr, und bildeten nach ihrer Geschwindigkeit, Gestalt und Größe drei verschiedene Elemente. Die entstandenen Wirbel vereinigten die zerstreuten Theile zu größern oder kleinern Massen. In den Sonnen wurde das erste Element vereinigt; dasselbe bildet auch den innersten Kern der Erde, und dringt noch an manchen Stellen aus ihr hervor. Das zweite Element, aus feinen kugelförmigen Theilen bestehend, bildet den Himmel, und umgibt in einer starken Schicht den innern Erdkern. Das dritte Element besteht aus gröbern, eckigen, weniger für die Bewegung geeigneten, Theilen. Es bildet die Erdrinde, die Planeten und Cometen. Der Sonnenwirbel ist der übermächtigere, und reißt die Planetenwirbel mit sich fort, und so kreisen die Planeten um die Sonne in derselben Richtung. Diese Theorie wird weiter ausgesponnen, und alle Natur-Erscheinungen auf die handgreiflichste Weise erklärt und abgebildet. Das ganze System ist ein Traum, der mehr Scharfsinn als Geist verräth, und den sein Urheber unmöglich selbst für wahr halten konnte.

Nicht so roh materiell und mechanisch construirt sind die Ideen der Atomisten Leucipp, Democrit und Epicur. Sie setzen das Bestehen von Atomen von Ewigkeit her voraus, die in Bewegung waren, sich vor und nach trafen, und so die körperliche und geistige Welt bildeten. — In neuern Zeiten ist mehrfach die Meinung ausgesprochen worden, daß sich die Himmelskörper wohl aus cosmischen Nebeln niederschlagen könnten. Newton und Halley glaubten an solche aetherische Urmassen im Weltenraum, noch bevor Herschel mit seinen kräftigen optischen Werkzeugen die Himmelsräume durchsuchte, und die unförmlichen Lichtnebel nicht anders zu deuten wußte, als daß sie der zerstreute Urstoff für künftige Weltbildungen seien. Kant, Laplace und Lagrange, alle drei gleich große Denker, bekannten sich zu dieser Meinung, und besonders suchte Laplace die Uebereinstimmung in der Richtung der Bewegung von sämmtlichen Planeten und ihren Trabanten mit der Rotation der Sonne, die geringe Verschiedenheit der Bewegungs-Ebenen, so wie die geringe Excentricität der Bahnen der Planeten und ihrer Trabanten, zu Fundamenten seiner Theorie zu machen. Er widmet derselben einen langen Abschnitt seiner Exposition du Système du monde; sagt aber ausdrücklich, daß er seine Theorie mit demjenigen Mißtrauen vortrage, welches in den Naturwissenschaften jede Ansicht einflößen sollte, die nicht ein Resultat der Beobachtung oder der Berechnung sei. Nichts desto weniger ist seine Hypothese unter den bisher aufgestellten diejenige, welche sich unsern Kenntnissen der Himmelskörper und der Naturgesetze am engsten anschließt.

An diese Hypothese reiht sich eine andere, die freilich an innerm Gehalt weit gegen sie zurück steht. Nachdem nämlich in neuerer

Zeit, besonders durch die Bemühungen von Chladni, das Herabfallen von schweren Massen aus der Luft völlig constatirt, und nachgewiesen wurde, daß solches Niederfallen eben keine sehr seltene Erscheinung ist, mußte die Frage zur Erörterung kommen, woher die Meteormassen ihren Ursprung nehmen. Chladni erklärte sie für cosmische Massen, gleichsam für unverbrauchte Materialien beim Weltbau, oder auch für Abfälle bei diesen Bauten. Seine Meinung fand viele Anhänger, so wichtig auch die Einwürfe sind, die sich gegen sie aufstellen lassen. Nun stellten Marschall von Bieberstein zuerst und Freiherr Anton von Zach, Bruder des berühmten Astronomen, kurz nach ihm, die Hypothese auf, die Gebirge der Erde, so wie ein großer Theil ihrer ganzen Masse, seien cosmische Körper, theils auch frühere Monde der Erde gewesen, welche auf sie niedergestürzt seien.

William Whiston stellte in seiner berühmt gewordenen »Neuen Theorie der Erde (1708)« die Behauptung auf, die Erde sei früher ein Comet gewesen, der durch das Machtgebot Gottes seinen Lauf änderte, die jetzige Erdbahn einschlug, und nun zu einem Planeten umgestaltet wurde. Es ist dem Urheber dieser Theorie mehr darum zu thun, aus seiner Annahme die mosaische Schöpfungsgeschichte so wie die Sündfluth zu erklären, als den Ursprung der Erde nachzuweisen. So viel ist gewiß, daß eine Cometenbahn nur durch die Einwirkung von Planeten oder andern Cometen in eine Planetenbahn könne umgeändert werden, und zwar sind zu einer solchen Umwandlung so genau bestimmte Verhältnisse erforderlich, daß eine solche allerdings lediglich der Absicht der Allmacht, nie aber den willenlos wirkenden Naturkräften, kann zugeschrieben werden. Sobald aber einmal die Vermittelung des göttlichen Machtgebots anerkannt wird, kann jeder Hypothese Geltung verschafft werden. Wo bei der Weltbildung die Allmacht eintritt, hört alle Philosophie auf.

Eine viel abentheuerlichere Meinung vertheidigt Buffon in seiner Naturgeschichte, und die unstreitig keine so weite Verbreitung und kein so großes Ansehen gewonnen haben würde, wenn ihr nicht die Autorität Buffon's und seine Beredsamkeit Eingang verschafft hätten. Er nimmt an, ein Comet habe in seiner Bahn schief den Sonnenkörper getroffen, habe eine Ecke von ihm abgerissen, und denselben in den Weltraum geschleudert. Die abgetrennte geschmolzene Masse habe sich in mehrere Theile getheilt, und so seien die verschiedenen Planeten mit ihren Monden entstanden. Buffon will durch seine Hypothese zweierlei nachweisen. Erstens die Uebereinstimmung in den Bewegungen der Planeten und ihrer Monde, so wie in der Lage der Bahn-Ebenen, zweitens die Schmelzhitze der Erde, welche sie ursprünglich seiner Ansicht nach muß besessen haben. Man kann gegen diese Hypothese einwenden, daß wir keinen Cometen von so bedeutender Masse kennen, um fähig zu sein, in seiner Bahn den 800sten Theil von der Sonne abzureißen, und denselben so weit fortzuschleudern, daß er nicht

wieder zur Sonne zurückfalle; daß dieses Fortschleudern eine Kraft von genau bestimmter Größe und von genau bestimmter Richtung voraussetzt, wenn die Bahnen der Bruchstücke Planeten- und Mond-Bahnen werden sollen; endlich noch, daß die auf sichere Weise nachzuweisende Verschiedenheit der Massen der Planeten und ihrer Monde, die Vermuthung bestreitet, daß alle diese Massen derselben Sonne entnommen seien.

* *

Wir wenden uns jetzt zur Darstellung der Hypothesen, welche über die Ausbildung der Erde aufgestellt worden sind. Die Menschen waren schon früh durch die ihnen zugekommenen Traditionen von großen Fluthen, welche die Erde überzogen, und ihr in Sünden versunkenes Geschlecht vom Erdboden vertilgt habe, zum Nachdenken über solche große Erdrevolutionen veranlaßt werden. Man sah Inseln entstehen, und erzählte sich vom Untergange anderer Inseln. Die vielen, in festem Gesteine eingeschlossenen und gut erhaltenen, Ueberreste organischer, besonders thierischer, Bildungen, konnten der Aufmerksamkeit des Naturkundigen nicht entgehen. Und so hat man seit den ältesten Zeiten bei allen Völkern, die einige Cultur gewonnen, über die großen Umwälzungen auf der Erde Meinungen ausgesprochen. Freilich gelangte man erst spät dazu, in diesen Veränderungen eine Fortbildung der Erde anzuerkennen.

Nach den Institutionen des Menu schuf das allerhöchste Wesen das Weltall, nahm aber solches später wieder in seinen Geist auf. Wenn die höchste Macht erwacht, so hat die Welt ihre volle Ausdehnung; bei ihrer Ruhe aber verschwindet das Weltsystem. So belebt und zerstört die große Macht abwechselnd durch Wachen und Ruhe das Geschaffene in ewiger Folge. Auch die Erde und ihre Bewohner erlitten eine Reihe von Umwälzungen, die durch lange Perioden der Ruhe getrennt waren.

Die Griechen entlehnten von den Aegyptern ihre Sagen von großen Cyclen, nach deren Verlauf die Götter durch Feuer und Fluthen der menschlichen Verruchtheit Schranken setzten, und die Erde von Sünden reinigten. Die Geschichte von solchen Zerstörungen auf der Erde und des Menschengeschlechts hat den religiösen Glauben aller cultivirten Völker des Alterthums tief durchdrungen.

Es scheint, als ob man im Allgemeinen der Meinung gewesen sei, die vertilgten Thiergeschlechter seien ohne Aenderung wieder erschaffen worden. Doch lehrten die Stoiker, daß die Erde in frühern Zeiten monströsen, später nicht mehr existirenden, Thieren Dasein gegeben. Eine genaue Vergleichung der Versteinerungen mit dem Bau noch bestehender Organismen ist im Alterthum, selbst von den genauesten Beobachtern, nie angestellt worden.

Manche Schriftsteller drücken sich bestimmter über solche Erdrevolutionen aus, und schließen sie enger an die gewöhnlichen Naturerscheinungen an. Aristoteles lehrt, daß die Deucalio-

nische Fluth nicht die ganze Erde, sondern nur einen bestimmten Theil von Hellas, betroffen habe, und durch ein regnerisches Jahr hervorgebracht worden sei. Er berichtet, daß früher ganz Aegypten Meer gewesen, und daß der Nil durch Anschwemmung das Land immer mehr erweitere. Ueberhaupt behauptet er, daß die einmalige Vertheilung von Land und Meer nicht durch alle Zeiten fortdaure. Wo vorher Land war, wird Meer, und es wird Land, wo vorher Meer war. Auch bemerkt er, daß die Veränderungen auf der Erde im Vergleich der Dauer des Menschenlebens so langsam fortschreiten, daß sie oft übersehen werden, und daß die Wanderungen der Völker nach großen Catastrophen die Veranlassung sind, daß jene Veränderungen vergessen werden.

Ausführlicher läßt sich der gelehrte, vielgewanderte und klare Strabo über die Veränderungen auf der Erdoberfläche aus. Er theilt zuerst die Beobachtungen des Eratosthenes mit, denen zufolge in Aegypten 2000 ja 3000 Stadien vom Meere entfernt, im Mittellande, eine Menge Schnecken, Austerschalen und Klaffmuscheln, auch Meersümpfe sich zeigen, wie z. B. um den Tempel Jupiter Ammons. Dann prüft er die Erklärung des Naturforschers Straton, der diese Beobachtungen durch viele eigene bestätigt, und welcher der Ansicht zu sein scheint, das schwarze Meer und das mittelländische Meer seien früher nicht bei Byzanz unter sich, und bei den Säulen des Hercules mit dem atlantischen Meere verbunden gewesen; beide Meere seien damals durch Ueberfüllung der Flüsse hoch aufgestaut worden, so daß es die benachbarten Länder bedeckt habe, bis dasselbe endlich in den genannten beiden Meerengen einen Durchbruch bewirkt, worauf die Wasser gefallen seien, und die jetzige Höhe angenommen haben. Er hält es für wahrscheinlich, daß der Tempel Jupiter Ammons ehedem am Meere gelegen habe, weil das Orakel nur dadurch habe so berühmt werden können; er bestätigt hierin die Meinung des Eratosthenes, der dieselbe darauf gründet, daß man bei jenem Tempel nicht allein Muscheln, sondern auch Trümmer von Schiffen und auf Säulchen ruhende Delphine mit der Inschrift gefunden: »Vom Kyreni'schen Orakelgesandten.« Straton sucht seiner Erklärung dadurch Wahrscheinlichkeit zu verschaffen, daß er die Ungleichheit des Meerbodens nachweiset, und wie ein Meer tief, das andere seicht sei. Strabo kann nicht begreifen, welchen Zusammenhang die Unebenheiten des Meerbodens mit seinen Ueberschwemmungen ganzer Länder habe, und verwirft die Erklärung des Straton. Dann gibt er die folgende sehr merkwürdige eigene Erklärung: »Aber daß das Meer steigt und sinkt, und manche Gegend überfluthet und dann wieder zurück weicht, davon liegt die Ursache nicht darin, daß die Meergründe verschieden, einige niedriger, andere höher sind; sondern darin, daß dieselben Meergründe zuweilen erhöht werden, zuweilen wieder sinken, und das Meer mit sich emporheben oder mit sich hinabziehen; gehoben nämlich wird es überfluthen, gesunken hingegen zurücklaufen auf den alten

Wasserstand.« Diese Erklärung hat sich erst in unsern Tagen vollkommen bestätigt, und sie reicht im prophetischen Geiste über die Naturkenntniß der Alten weit hinaus. Wenn aber Strabo nun weiter bei seiner Untersuchung, ob denn der Meeresboden oder das feste Land gehoben und gesenkt worden sei, die Meinung ausspricht, nur dem Meeresboden könne man solche Veränderungen zuschreiben, weil er durchwässert sei, und hinzusetzt, die Luft, die Hauptursache aller solcher Veränderungen, vermag hier das meiste; so verfällt er hier Irrthümern anheim, die in den Naturwissenschaften von jeher das Loos jeder Speculation gewesen sind, die nicht auf Thatsachen gebaut waren. — Im Verfolg seiner Darstellung berichtet er, daß nicht bloß Steinmassen aus dem Meere seien empor gehoben worden, sondern auch Inseln, und nicht bloß kleine Inseln, sondern auch große und selbst Festland. Er führt dann viele Beispiele aus Phönizien, dem Archipelagus, Vorderasien, Aegypten, endlich aus dem Hellas an, um nachzuweisen, von welchen großen Veränderungen auf der Erde selbst die Geschichte noch Kunde gebe.

Plinius erklärt die Welt für ein ewiges, unendliches, göttliches Wesen, das nicht erzeugt worden und nicht wieder aufgelöset werden könne. In diesem Systeme blieb ihm, wie überhaupt dem Alterthum, jeder Gedanke an eine allmählige Ausbildung der Erde fremd. Er zählt viele Inseln auf, die aus dem Meere empor gestiegen sind; er gibt mehrere Orte an, wo sich das Meer zurückgezogen habe; er weiset nach, wo das Meer Länder getrennt, und wo Inseln mit dem Festlande verbunden worden seien; dann noch führt er neben der großen Atlantis, die nach Platon's Bericht im Meere verschwunden sei, mehrere andere Beispiele an, daß Inseln im Meere versanken. Aber auf Hypothesen über die Ursache und den innern Zusammenhang solcher Erscheinungen läßt er sich nicht ein.

Ovid trägt im 13. Buche seiner Metamorphosen das Lehrsystem des Pythagoras über das Bestehen der Welt vor. Es wird zuerst behauptet, daß Alles aus den vier Elementen zusammen gesetzt sei, und daß diese sich gegenseitig durchdringen und wieder trennen. Nichts vergeht in der Welt, sondern die Dinge verändern nur ihr Ansehn. Geboren werden heißt nur, anfangen etwas zu sein, was von dem verschieden ist, was es vorher war; und sterben heißt, aufhören dies zu sein. Und obgleich einiges bald dies bald jenes ist, so bleibt doch die Summe von Allem immer ein und dieselbe. Was früher festes Land war, wird zum Meere, und aus dem Meere wird Land; weit von der See liegen Seemuscheln, und auf hohem Gebirge ist ein alter Anker gefunden worden. Die Ebene wurde durch abfließendes Gewässer zum Thale, und der Berg durch Abwaschung dem Meere zugeführt. Sümpfe trockneten aus, und trockne Gefilde verwandelten sich in stockende Sümpfe. Hier öffnet die Natur neue Quellen, und dort verschloß sie die alten; und die Erschütterungen der Erde haben hier Flüsse hervorströmen lassen, und

dort sie ausgetrocknet. — Diese allgemeinen Sätze werden mit vielen Beispielen belegt. Aber es werden daraus keine Schlüsse gezogen, um die Ausbildung der Erde nachzuweisen.

Das vorstehend Mitgetheilte liefert den Beweis, daß weder die Römer noch die Griechen in ihren Betrachtungen über die Veränderungen auf der Erde sich zu einem geologischen Systeme erheben konnten. Wenn man ihnen dies zum Vorwurfe machen wollte; so muß dagegen erwogen werden, daß sie bei ihrer nüchternen Darlegung der wenigen Thatsachen, die sich ihnen ohne besonderes Studium der Natur aufgedrungen, wenigstens die Abwege abentheuerlicher Ideen vermieden, in welche sie hätten verfallen müssen, wenn sie bei ihren geringen Kenntnissen sich in tiefer eingehende Speculationen hätten einlassen wollen. Die spätern Jahrhunderte waren weniger zurückhaltend und besonnen bei der Aufstellung hypothetischer Systeme. Wäre man darin dem Beispiele der Griechen und Römer gefolgt, die Hypothesen nicht weiter zu verfolgen, als sie durch klar erkannte Thatsachen gestützt wurden; so würde die Geschichte der Geologie nicht von so großen phantastischen Geistes-Verirrungen zu berichten haben.

* *

In den Zeiten des Mittelalters ist so gut wie gar nichts für die Kenntniß der Erdbildung geschehen. Von einem gewissen Omar, der im zehnten Jahrhundert lebte, rührt eine arabische Schrift her: »Ueber den Rückzug der Meere.« Er soll in derselben, gestützt auf alte Charten indischen und persischen Ursprungs, nachgewiesen haben, daß das Meer früher einen bedeutendern Umfang gehabt, und allmählig zurückgewichen sei. Er wurde seines Systems wegen, das dem Koran zuwider war, von den Rechtgläubigen verfolgt und vertrieben. Der Koran lehrt nämlich, die Gewässer der Sündfluth haben sich auf das Gebot Gottes: »O Erde verschlinge das Wasser, und du Himmel halte den Regen zurück,« plötzlich verlaufen. Merkwürdig ist noch, daß der Koran die Gewässer der Sündfluth dem weiten Munde einer alten Frau entströmen läßt. Hier bedürfte es wohl für Manchen, um jeden Gedanken der Persiflage abzuwehren, des Zusatzes, womit noch immer die östreichischen Kaiser ihre Urkunden vollziehen: »Das meinen wir ernstlich.«

Gegen Ablauf des ersten Jahrtausends unserer Zeitrechnung erwartete man allgemein den Weltuntergang. Aus einigen Stellen der Bibel construirte man sich zu jener Zeit ein sehr einfaches geologisches System. Gott schuf die Erde, wie sie noch jetzt beschaffen ist, und gleichzeitig das erste Menschenpaar. Die Sündfluth war die einzige große Katastrophe, durch welche auf der Erde Veränderungen hervorgebracht wurden. Den Untergang der Welt erwartete man auf ausdrückliches göttliches Geheiß, nicht im natürlichen Verlauf der Dinge. Es scheint, als ob in vielen Gegenden die Geistlichkeit mit geringerer Zuversicht den Weltuntergang erwartet habe; wenigstens ist so viel gewiß, daß sie sich die Mühe gab, be-

deutende Schenkungen an liegenden Gütern entgegen zu nehmen, und dieselben durch förmliche Urkunden, worin es heißt, diese Schenkungen seien von den Besitzern bei dem Herannahen des Weltendes, oder bei dem bevorstehenden Hereinbruch des großen Gerichtstages, gemacht worden, zu verbriefen. Nachdem der Erfolg diese Prophezeihungen Lügen gestraft, war man freilich gezwungen, den verkündeten Weltuntergang einer entferntern Zukunft zuzuweisen; aber fünf Jahrhunderte lang galten die hyper-orthodoxen geologischen Lehrsätze noch als unangetastete Wahrheit. Bei dem ersten Wiederaufwachen wissenschaftlicher Forschungen, im südlichen Europa, begriff man allerdings die große Schwierigkeit, eine ganze Thier- und Pflanzenwelt in dem festen Gesteine der höchsten Gebirge und der tiefsten Abgründe durch eine einzige, kurz anhaltende Fluth begraben zu lassen. Daß die Fluth auch das Gethier in Flüssen, Seen und Meeren ersäuft habe, hat neuerdings noch Herr Professor Gruithuisen in München mit aller Evidenz nachgewiesen; — von dieser Seite konnte also um so weniger in jenen Zeiten ein Skrupel aufkommen. Die Schwierigkeit lag vielmehr darin, wie die Leichname der todten Welt ins Innere der Gesteine unversehrt eindringen konnten. Man wußte nicht besser diese Schwierigkeit zu umgehen, als indem man den organischen Ursprung der Petrefacten ganz leugnete, also annahm, entweder die Versteinerungen wären in den Gesteinen mit erschaffen worden, oder hätten sich in ihren Lagerstätten selbst gebildet.

In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts fing man in Italien an, gegen solche Ausflucht Zweifel zu erheben. Da die meisten italienischen Gebirge jüngeren Formationen angehören; so sind sie voller Versteinerungen, die seit einer Reihe von Jahren bei zufälligen Ausgrabungen gesammelt worden waren, und mehrfache Veranlassungen zum Nachdenken gegeben hatten. Besonders suchte Fracastoro die Ungereimtheit nachzuweisen, daß man eine bildende Kraft der Erde annähme, die den Gesteinen organische Formen mittheile. Er wies ferner auf die überzeugendste Weise nach, daß die schnell vorübergehende mosaische Fluth wohl vermögend gewesen sei, Seemuscheln weit ins Land hinein zu führen, aber nicht sie in das Innere ungeheurer Felsenmassen zu versenken. Man kann leicht ermessen, daß eine solche Schrift nicht ohne heftigen Widerspruch und Verketzerung davon kam. Die Verständigern wandten ein, die Erde müsse wohl bei ihrer Erschaffung eine viel stärkere plastische Erzeugungskraft gehabt haben, als in unsern Tagen, damit sie so viele Thiere und Kräuter habe hervorbringen können; sie verwahre darum auch die Spuren ihres überwiegenden Bildungs-Triebes aus jener Zeit in ihrem Innern. — Andere stellten viel wunderlichere Behauptungen auf. Agricola, der berühmteste Bergmann des 16. Jahrhunderts, behauptete, eine fettige, durch Wärme in Gährung gebrachte Materie habe den Petrefacten ihre Entstehung gegeben. Fallopio in Padua schrieb ebenfalls der Gährung, und einer unruhigen Bewegung irdischer Ausdünstungen, die organischen Gestalten in den Gesteinen zu. Die bei Puglia gefundenen Elephantenzähne erklärte

er für erdige Concretionen; auch sah er es für nicht gar zu unwahrscheinlich an, daß die im Monte testaceo aufgefundenen antiquen Gefäße, natürliche Bildungen des Bodens seien. Ein gewisser Stelluti gab das versteinerte Holz und die Ammoniten für Thon an, der durch schwefeliges Wasser und unterirdische Wärme solche Gestalten angenommen habe. Mercati lieferte im Jahre 1574 ein Bilderwerk über die fossilen Muscheln des vaticanischen Museums, die er für bloße Steine ausgab, die von dem Einfluß der Himmelskörper ihre eigenthümliche Gestalt erlangt hätten; und Olivi von Cremona, der die Versteinerungen des Museums in Verona beschrieb, nannte sie bloße Naturspiele. In ganz ähnlicher Weise sprachen sich die meisten Gelehrten Deutschlands, der Schweiz und Englands bis gegen das Ende des 16. Jahrhunderts über die Petrefacten aus.

Freilich fand aber die Ansicht von Fracastoro immer mehr und bedeutendere Anhänger. Mottioli suchte schon im 16. Jahrhundert nachzuweisen, daß wenn poröse Knochen von gewissen Flüssigkeiten durchdrungen würden, sie sich in Stein verwandeln könnten. Cardan bemerkt in seiner Schrift: De Subtilitate, 1552, die Versteinerungen wiesen deutlich den frühern Aufenthalt des Meeres auf den Gebirgen nach. Der Botaniker Cesalpinus lehrte etwas später dasselbe; Simon Majoli bestätigte (1597) diese Ansichten, suchte es aber wahrscheinlich zu machen, daß Muscheln und andere Seeproducte durch vulcanische Kräfte empor gehoben und den Gesteinen des Festlandes einverleibt werden könnten. Dieses ist die erste Andeutung des Zusammenhanges zwischen vulcanischen Wirkungen und den Ablagerungen von Seeproducten auf Gebirgen. Fontenelle sagt in seiner academischen Lobrede auf Palissy, daß dieser Naturforscher der erste gewesen sei, der (1580) in Paris die Behauptung gewagt habe, die fossilen Reste der Muscheln und Fische hätten einst lebenden Meergeschöpfen angehört.

So verging also das ganze 16. Jahrhundert in dem unentschiedenen Streite, ob die Petrefacten sich in dem Gesteine selbst gebildet, oder lebenden Organismen angehört, und bei der Bildung der Steinschichten in diese begraben worden seien. Dieser lebhaft geführte Streit wandte die Aufmerksamkeit der Naturkundigen den Petrefacten zu. Sie wurden, besonders in Italien, etwas später in England, fleißig gesammelt und wissenschaftlicher untersucht. Dennoch verging noch mehr als die Hälfte des 17. Jahrhunderts, bevor die wahre Ansicht entschieden das Uebergewicht erlangte. Fabio Colonna schrieb zwar noch in einer Schrift vom Jahre 1626 die Versteinerungen der Noah'schen Fluth zu; aber er wies durch genaue Beschreibungen nach, daß sie lebenden Thieren müßten angehört haben. Er zeigte, wie in den Gesteinen Abdrücke der äußern Form der Muscheln, ferner innere Abdrücke oder Kerne, endlich auch die Muscheln selbst vorkommen. Dann bewies er, daß einige dieser Schalthiere im Meerwasser, andere im süßen Wasser müßten gelebt haben. Der Däne Steno, der als Professor der Anatomie in

Padua, später in Toscana lebte, gab im Jahre 1669 eine Schrift unter dem Titel heraus: **De Solido intra Solidum contento naturaliter**, worin er den Ansichten des Colonna vollkommen beitrat, und sie durch neue Thatsachen über allen Zweifel zu erheben suchte. Er verglich die versteinerten Muscheln mit den ihnen ähnlichen lebenden Species, und zeigte, daß fossile Muscheln sich vorfänden von dem einfach mineralisirten Zustande an bis zur vollkommensten Versteinerung. Er bewies durch Secirung eines im mittelländischen Meere gefangenen Haies, daß unter den fossilen Fischzähnen eine Art solchen Haien angehört haben müsse. Ebenso behauptete er, daß die fossilen Pflanzen von einst lebenden Organismen herstammten, und daß sich nachweisen lasse, welche Steinschichten sich im Meere, und welche sich in Flüssen gebildet haben. Auch war es ihm wohl bekannt, daß das ältere Gebirge aus steil ansteigenden Schichten, hingegen die muschelführenden Gebirge aus mehr horizontal liegenden Lagern beständen. Toscana, meint er, sei durch einen sechsfachen Zustand gegangen, und diese Veränderungen seien durch Ueberschwemmungen, Erdbeben und unterirdische Feuer hervorgebracht worden. Um dieselbe Zeit (1670) gab Scilla, ein sicilianischer Maler, ein Werk in lateinischer Sprache mit Abbildungen über die Versteinerungen in Calabrien heraus, das mit vielem Geist und großer Eleganz des Styls geschrieben sein soll, und welches vorzugsweise gegen die noch immer nicht ganz ausgerottete irrige Annahme, als hätten sich die Petrefacten in den Gesteinen selbst gebildet, gerichtet ist. Es kann aber der Sieg für die wahre Ansicht um diese Zeit als entschieden angesehen werden, obgleich in England ein Dr. Plott noch im Jahre 1677, und ein gewisser Lister im folgenden Jahre, in ihren naturhistorischen Werken sich zu den ältern Hypothesen bekannten.

Es ist schon oben angeführt worden, daß selbst die einsichtsvollsten Naturkundigen bisher den Satz unangetastet ließen, die Noah'sche Fluth habe allein die lebenden Organismen in das feste Gestein begraben. Wie dies habe geschehen können, ließ man einstweilen unerörtert. Es hat allen Anschein, als habe man damals allein darum diese Lehre nicht bezweifeln mögen, um nicht zu schroff der herrschenden Meinung entgegen zu treten, vielleicht auch, um nicht die Strenge der Kirche gegen sich aufzuregen. Als nun aber einmal zugegeben worden war, daß die Petrefacten wirklich von außen in die Gesteine gekommen seien, erhoben sich manche Zweifel dagegen, daß dies die Wirkung einer einzigen Fluth habe sein können. Von der einen Seite erschienen von nun an Schriften, welche die Möglichkeit einer solchen Wirkung nachzuweisen suchten; diese veranlaßten Gegenschriften, und was das beßte war, immer genauere Untersuchungen der Gebirgs-Arten und ihrer Lagerungen. Dieser zweite Kampf der Meinungen dauerte bis gegen das Ende des 18. Jahrhunderts, also wiederum volle hundert Jahre, so daß es eines Zeitraums von 250 Jahren bedurft hat, um in den Naturwissenschaften zwei Vorurtheile zu beseitigen, die doch von so vie-

len, zum Theil schon damals bekannten, Thatsachen auf das evidenteste widerlegt werden.

Mit dem Kampfe für und gegen die alleinige Umgestaltung der Erde durch die Noah'sche Fluth trat zugleich das Zeitalter vollständiger geologischer Systeme ein, während früher nur beschränktere Hypothesen waren vertheidigt oder bestritten worden. Das erste vollständige System stellte im Jahre 1681 Thomas Burnet in seiner »Heiligen Theorie der Erde« auf. Er bezieht die Mosaische Schöpfungsgeschichte allein auf unsere Erde. Mit einem Milton'schen Pinsel malt er die Scenen der Schöpfung, das Chaos, und dessen Entwickelung und die Sündfluth aus. Im flüssigen Chaos sanken die schweren Materien nieder, und bildeten den Erdkern. Um diesen sammelte sich das Wasser. Dann schlugen sich die erdigen und öhligen Theile aus der Atmosphäre nieder, und es wurde Licht, so wie sich auch die alte Erdrinde, jedoch ohne Berge und Meere, über dem Wasser bildete. Er bekämpfte mit Ernst die Meinung seiner Zeitgenossen, als habe das Paradies über den Wolken, in mittlerer Region zwischen dem Monde und der Erde, gelegen. Er versetzte es freilich auch nicht nach Mesopotamien, sondern mehr südlich in die Nähe des Aequators. Die Sonnenhitze trocknete die Erdrinde etwas zu stark aus; sie erhielt Risse, und stürzte endlich berstend in die Gewässer der Abgründe nieder. Das war die Sündfluth. Die Bruchstücke der Erdrinde stauchten sich zu Gebirge auf, wie die Eisschollen des sturmbewegten Polarmeeres. Die großen Schollen bildeten Continente, die kleinern nur Inseln. Die Wasser zogen sich theilweise wieder in die Tiefe zurück, und so bildeten sich trockenes Land, Seen und Meere. Burnet bleibt hier noch nicht stehen. Er erschaut im Geiste auch den Weltuntergang. Ein allgemeiner Brand vermischt die Dinge auf Erden zu einem zweiten Chaos, und aus diesem geht eine neue Welt hervor, der Schauplatz der Segnungen des tausendjährigen Reiches. Burnet hat ohne alle Kenntniß der Erde sein Werk bearbeitet, das ein reines Product der Phantasie ist. Der kenntnißreiche Keil übernahm im Jahre 1698 die undankbare Mühe, ein so unhaltbares System, das aber durch seine blendenden Seiten die Zeitgenossen für sich gewonnen hatte, zu widerlegen, was ihm nicht schwer fallen konnte.

Ein zweites berühmt gewordenes geologisches System der damaligen Zeit stammt von Dr. John Woodward her (**Essai towards a Natural History of the Earth, London 1695**). Der Verfasser war Professor der Medicin in London. Er hatte viele Steinschichten in England sorgfältig untersucht, und eine bedeutende Mineraliensammlung sich verschafft. Diese Sammlung ist an die Universität Cambridge übergegangen, wo sie noch immer, und zwar in der von Woodward bestimmten systematischen Ordnung, aufgestellt ist, und wo noch immer ein Woodward'scher Professor Mineralogie lehrt. Woodward nahm an, zur Zeit der Sündfluth habe Gott durch sein Machtgebot die Cohäsion der Körper auf kurze Zeit suspendirt. Dadurch zerfielen alle festen Massen in

Staub, und löseten sich im Wasser auf. Zugleich aber auch drangen ungeheure Wassermassen aus dem Innern der Erde, welche ihre ganze Oberfläche bis zum Gipfel der Gebirge überschwemmten; und dadurch allein wurde es möglich, daß das Wasser alles feste Gestein auflösen konnte, wozu die Gewässer der Oberfläche nicht würden ausgereicht haben. Nur die organischen Gebilde verloren ihren Zusammenhang nicht, weil sie aus Fasern bestehen, und ihre Cohäsion also eine andere ist, als bei Mineralien. Als die schlammigen Gewässer ruhiger wurden, setzten sich die aufgelöseten Mineraltheile zu Boden, und es wurden die abgestorbenen Organismen im Schlamme begraben. Nachdem die Sündfluth ihren Zweck, jegliches Leben außerhalb der Arche zu tilgen, erreicht hatte, ließ das allmächtige Wort die Wasser wieder in ihre Abgründe zurücktreten, und der gefristeten Cohäsion wurde ihre alte Geltung wiedergegeben. So bildeten sich die horizontalen Ablagerungen von Steinbänken, voller organischer Ueberreste. Was Woodward in der Umgegend Londons, im jüngsten Gebirge, beobachtet hatte, das dehnte er, gestützt auf die Aussagen einiger Freunde, auf die ganze Erde aus. Er meinte, alle Felsschichten seien horizontal gelagert, und das specifisch Schwerere liege immer unten. Sein System gewann Geltung bei seinen Zeitgenossen, weil es sich anscheinlich an neue und gute Beobachtungen anschloß. In unsern Zeiten bedarf es keiner Widerlegung, da es so augenscheinlich einer großen Masse von sicher gestellten naturwissenschaftlichen Daten widerspricht.

Eines dritten Systems der damaligen Zeit, des von William Whiston (**A new Theory of the Earth, London 1696**) ist schon Erwähnung geschehen. Whiston ließ, wie schon berichtet wurde, die Erde aus einem Cometen entstehen. Als der erste Mensch fiel, da drehete sich die Erde zum ersten Male um ihre Achse. Vor der Sündfluth war die Erdbahn ein vollkommner Kreis; das Sonnen- und Mondjahr waren eins, und hatten genau 360 Tage. Den Kern der Erde bildete das Centralfeuer, um ihn herum lagerte eine schwere Flüssigkeit, auf welcher die Erdrinde schwamm. In der Erdrinde waren noch viele weite Räume mit Wasser angefüllt. Wasser, Gebirge und Ebenen waren glücklicher vertheilt, der Erdboden mehr durchwärmt, fruchtbarer und bevölkerter, Thiere nud Menschen lebten länger. Die innere Erdwärme gab zwar dem Boden eine größere Fruchtbarkeit, und den lebenden Geschöpfen mehr Stärke; aber sie stieg ihnen auch zu Kopfe, vermehrte die Leidenschaften, raubte den Thieren ihre Weisheit und den Menschen ihre Unschuld. Nur die Fische empfanden solchen Einfluß nicht, weil sie in ihrem kalten Element wohnten. Da brach an einem Mittwoch, den 28. November, die Sündfluth herein. Ein zweiter Comet war dem transformirten zu nahe gekommen. Er schüttete aus seinem Schweife in Zeit von 2 Stunden ungeheure Wasserstürze nieder: **Cataractae coeli apertae sunt.** Die Attraction des Cometen öffnete auch die Schlünde der Erde, und aus der Tiefe stiegen neue Wasser empor: **Et rupti sunt fontes abyssi.** Durch

die anziehende Einwirkung des Cometen hatte sich der feste Erdmantel erweitert, so daß später die Räume der Tiefe nicht allein ihren frühern Inhalt, sondern auch das Vermächtniß des Cometen aufnehmen konnten. Auch wurde damals die Erde abgeplattet. — In den übrigen Stücken huldigt Whiston den Woodward'schen Ansichten. Er besaß tüchtige astronomische Kenntnisse, er war mit den Arbeiten seiner großen Zeitgenossen Newton, Halley, Flamstead bekannt, und er verflocht diese gründlichen Kenntnisse mit seinen phantastischen Träumen, die er auch auf den Untergang der Welt ausdehnte. In jenem Zeitpunkte werden Sonne und Mond schrecklich aussehen, in der Luft und in der Tiefe werden die Donner rollen, ein allgemeiner Brand wird Alles erfassen, das Unreine verzehren, den Erdkern aber zu einem durchsichtigen Crystall umschmelzen, von welchem die Auserwählten Besitz ergreifen werden bis zum Tage des Gerichts.

Diese drei geologischen Systeme waren die ersten, welche in aller Vollständigkeit aufgestellt wurden. Ihre Urheber hatten gründliche Kenntnisse, die sie auf eine geschickte Weise mit den Erzeugnissen einer maßlosen Phantasie zu verflechten verstanden. Darum gewannen ihre Schriften, die in mehreren Auflagen in englischer, lateinischer und deutscher Sprache herauskamen, großes Ansehn durch ganz Europa; sie wurden von großen Dichtern besungen und von Critikern gepriesen. Freilich traten viele Gegner gegen sie auf. Von Keil ist schon oben die Rede gewesen, der jedoch außer Burnet auch Woodward bekämpfte. Sehr verständige und auf Thatsachen gestützte Ansichten machte der, als Mathematiker und Physiker gleich ausgezeichnete, Dr. Robert Hooke gegen das Jahr 1670 bekannt. Er sagt, in den versteinerten Muscheln sei eine vollständige Chronik der Erdbildung geschrieben; es sei nur zu bedauern, daß es die Menschen noch nicht verständen, diese Berichte der Natur zu lesen. Es waren ihm die Ammoniten, Nautiliten und andere versteinerte Muscheln bekannt, deren lebende Species nicht mehr im Meere vorgefunden werden, und die er als ausgestorbene Gattungen ansah. Er glaubt jedoch, die Vertilgung einzelner Gattungen sei zufällig erfolgt; er hatte keinen Begriff davon, daß die vorgeschichtliche Thierwelt in den verschiedenen Perioden sehr wesentlich unter sich, und von der jetzt lebenden, verschieden sei. Seine Beobachtungen brachten ihn jedoch zu dem Schlusse, die in England gefundenen Petrefacten könnten nur unter einem heißen Himmelsstriche gelebt haben. Er vermuthet demnach, es müsse sich die Rotations-Achse der Erde verändert haben, welche Veränderung er der Umkehrung der Magnetpole für analog hält. Daß die Versteinerungen durch eine einzige Fluth könnten in die Gebirge gebracht worden sein, bestreitet er ernstlich. Vielmehr nimmt er an, daß vor der Sündfluth die unterirdischen Kräfte, welche noch jetzt Erdbeben und vulcanische Ausbrüche bewirken, viel kräftiger und thätiger gewesen seien, und er sagt, ganz im Sinne von Strabo, daß an einigen Stellen der Boden der Meere über das Wasser hoch

empor gehoben, während andere Strecken des Festlandes eingesunken und vom Meere überdeckt worden seien. — Diese Ansichten schlossen sich den damals bekannten Thatsachen so enge an, und waren aus diesen mit so strenger Consequenz gefolgert, und so klar gedacht, daß man sich wundern müßte, wie wenig sie beachtet wurden, wenn es nicht eine vielfach bestätigte Erfahrung wäre, daß die einfach großen, auf besonnene Folgerungen begründeten Ideen oft einer sehr langen Zeit bedürfen, um sich die ihnen gebührende Geltung zu verschaffen, während Gebilde der Phantasie viel leichter Eingang finden. Bei den Einsichtigern seiner Zeitgenossen gingen freilich die Belehrungen von Hooke nicht verloren. Der treffliche John Ray trat ganz in seine Fußstapfen. Veränderung des Schwerpunkts der Erde, so wie vulcanische Kräfte sind bei ihm die alleinigen Ursachen der Gestaltungen der Erdoberfläche gewesen. Auch schreibt er die Sündfluth der Veränderung der Rotations-Achse der Erde zu. Er hatte über die zerstörenden Wirkungen der Flüsse und des Meeres in seinem Bereiche Beobachtungen gesammelt, und hielt diese Wirkungen für mächtig genug, um allmählig die vollständige Auflösung des Festlandes herbei zu führen. Den eigentlichen Weltuntergang schrieb er aber nach den damals herrschenden Ansichten einem zu erwartenden allgemeinen Brande zu.

Es war einem deutschen großen Manne vorbehalten, prophetischen Geistes in der Geologie eine neue Grund-Idee aufzustellen, die freilich zur damaligen Zeit noch nicht gefaßt wurde, die aber in den neuern Forschungen als die einzig wahre ist anerkannt worden. Was Copernicus für die richtige Lehre vom Weltbau war, das wurde nach ihm Leibnitz für die richtige Lehre der Ausbildung der Erde. Leibnitz gehört mit zu jenen Männern, in derem Kopfe, um mich noch einmal eines Lichtenberg'schen Ausdrucks zu bedienen, lauter fruchtbare Ideen liegen, die sich suchen, finden und neue zeugen, wenn sie auch Anfangs um eine ganze Kopfbreite auseinander liegen. Und Kepler hätte eben so gut von Leibnitz sagen können, was er in der Vorrede zu seinen Rudolphinischen Tafeln von Copernicus sagt: **Maximo vir ingenio, et quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber.** Mit solch freiem, tief eindringenden, schöpferischen Geiste hat Leibnitz seine Protogäa geschrieben, die im Jahre 1693 in den **actis eruditorum Lipsiensium** im Auszuge, aber erst im Jahre 1749 besonders und vollständig erschien. — Die Erde war Anfangs eine geschmolzene Masse. Bei ihrer Erkaltung bildete sich die feste Erdrinde, mit vielen Erhebungen und Vertiefungen und großen Höhlen im Innern. Als die Abkühlung weit genug fortgeschritten war, schlugen sich die Wasserdämpfe aus der Atmosphäre nieder, und bildeten die Gewässer, welche fast die ganze Erde bedeckten. Noch später zerriß die Erdrinde, die Wasser verloren sich zum Theil in der Tiefe, und es entstand an vielen Stellen festes Land, was früher vom Meere bedeckt gewesen war. Später brachen noch zu wiederholten Malen ganze Landstriche zusammen, sie stürzten

in die unterirdischen Gewässer, trieben diese nach oben, so daß große Ueberschwemmungen entstanden; die Gewässer verliefen sich jedoch später wieder in die Tiefen. — Man sieht hieraus, daß das System von Leibnitz in der Ausführung noch viele Irrthümer einschloß. Hatte aber nicht auch Copernicus irriger Weise die Planetenbahnen für Kreise ausgegeben? Die Grundidee war hier und dort richtig aufgefaßt; es konnte nunmehr der Folgezeit überlassen bleiben, die Nebenbegriffe durch Erforschung neuer Thatsachen zu berichtigen und zu erweitern. —

Das geologische System von Buffon, das im Jahre 1745 erschien, schließt sich dem Systeme Leibnitzens sehr enge an. Nach Buffon glühte die Erde, seit ihrer Trennung von der Sonnenmasse, noch 3000 Jahre lang fort, und erst nach 25000 Jahren schlug sich das Wasser aus der Atmosphäre nieder. Es bedeckte die Erde 12000 Fuß hoch, so daß nur die höchsten Berggipfel aus demselben hervorragten. Jetzt bildeten sich die Felslager in der Tiefe der Meere; Ebbe und Fluth bewirkten, daß sich das Gestein an einigen Stellen mehr anhäufte, als an andern; so entstanden die Berge und Thäler. Die Berge bestehen nach Buffon aus lauter parallelen Schichten, und meistens liegen diese horizontal. In der immer mehr erkaltenden Erde bildeten sich große Räume. In diese drang vor und nach das Wasser ein, und so entblößte sich mehr Festland. Auch sanken oft ganze Gegenden in die Tiefe. So sank einst die große Atlantis. Bei dieser Gelegenheit, und als das Meer die Landenge bei den Säulen des Hercules durchbrach, und in das mittelländische Becken sich stürzte, sank wiederum der Meeresspiegel um ein beträchtliches. Als die Erde noch sehr warm war, lebten Elephanten, Wallrosse, Schildkröten ꝛc. bis zu den Polen hinauf. Es gestaltete sich allmählig die Erde während eines Zeitraums von fernern 20000 Jahren zu einem Zustande, daß sie von Menschen bewohnbar wurde. Auch während der geschichtlichen Zeit veränderte sich die Erdoberfläche sehr stark. Vulkane vermochten sehr wenig einzuwirken, da ihr Feuerheerd nicht tief, nicht unter der Meeresfläche, liegt. Die Erkaltung der Erde nimmt immer mehr zu, und nach einem Zeitraum von 93000 Jahren wird alles Leben auf Erden vor Kälte umgekommen sein. — Buffon standen bei weitem nicht alle physicalischen und geognostischen Kenntnisse seiner Zeit zu Gebote, und er ging in seinen Raisonnements selbst weit über deren Bereich noch hinaus. Er mußte darum in große Irrthümer verfallen.

* *

Wir wenden uns jetzt wieder nach Italien zurück, dem Lande, wo die ersten gründlichen Kenntnisse der Petrefactenkunde gesammelt wurden, und wo man bisher fortwährend bemüht war, sie zu erweitern. Man bespöttelte dort die physico-theologischen System von Burnet, Woodward und Whiston und be-

merkte mit Recht, daß weder der Religion noch einer wahren Philosophie damit gedient werde, die heilige Schrift mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Verbindung zu bringen. Die Bibel stellt die Sündfluth als ein wunderbares Ereigniß dar, welches auf das ausdrückliche Allmachtsgebot Gottes eintrat. Wenn also einige Schriftsteller, freilich in der beßten Absicht, die Sündfluth in den natürlichen Gang der Erdbildung einzureihen bemüht waren; so mußte dies Streben den Glauben an die Wahrhaftigkeit der Bibel eben so sehr beeinträchtigen, als wenn irgend ein geologisches System je beabsicht hätte, das Ereigniß einer allgemeinen Ueberfluthung der Erde zu widerlegen. Die neueren geognostischen und geologischen Forschungen haben zu keinem Resultate geführt, was der Wahrhaftigkeit der Bibel in irgend einer Weise entgegenträte.

Vallisneri gab im Jahre 1721 sein Werk heraus: »Ueber die Meerproducte, welche sich auf Bergen vorfinden, über ihren Ursprungsort, den Zustand der Welt vor, bei und nach der Sündfluth,« worin er einen reichen Schatz von eigenen Beobachtungen mittheilte. Er versuchte nachzuweisen, wie weit die im Meere gebildeten Gebirgsschichten in Italien verbreitet, und welches ihre characteristischen Versteinerungen seien. — Im Jahre 1740 gab Lazzaro Moro sein Werk: »Ueber die Crustaceen und andere in den Gebirgen gefundene Seeproducte« heraus. Er sucht zu beweisen, daß die von Vallisneri beobachteten geologischen Thatsachen in emporhebenden, unterirdischen Kräften ihre Erklärung fänden. Er ging von der Erfahrung aus, daß vulcanische Kräfte im Jahre 1707 in der Nähe von Santorin eine neue Insel, und im Jahre 1538 bei Neapel den Monte nuovo emporgehoben hatten. Das Centralfeuer hob die Erdrinde, behauptet er, und bildete die Berge, durchbrach auch an vielen Stellen die Rinde, und so entstanden Vulcane. Moro versammelt um die neue Insel, in deren Bergen sich viele Versteinerungen vorfanden, die Geologen älterer und neuerer Zeit, und läßt sie ihre Hypothesen über den Ursprung der mit emporgehobenen Seeproducte vorbringen, um dieselben lächerlich zu machen.

Mehrere italienische Geologen traten den Ansichten Vallisneri's und Moro's bei, und verschafften durch neue Untersuchungen der Gebirge, so wie des Bodens des mittelländischen Meeres, denselben höheres Ansehen. Ein neues großes Princip, das die Untersuchungen zu einer großartigern Regsamkeit hätte anfeuern können, wurde nicht aufgestellt. Man begnügte sich einzelne Streitpunkte zu vertheidigen oder zu bekämpfen, und diese bezogen sich noch immer mehr oder weniger auf Wirkungen der Noah'schen Fluth. Die spätern Schriftsteller von Bedeutung gaben allmählig die Ansicht ganz auf, daß die sämmtlichen Veränderungen auf der Erdoberfläche Wirkungen der Sündfluth seien, weil zu viele Thatsachen, die bisher ermittelt worden waren, solcher Ansicht auf das bestimmteste widersprachen. Dagegen erklärten sich mehrere kenntnißreiche Geologen der damaligen Zeit für die volle Glaubwürdigkeit der Mosaischen Schöpfungsgeschichte, in so fern man unter den Schöpfungs-

tagen Perioden von unbestimmter Dauer annehme. Unter diesen hat sich De Luc um die wissenschaftliche Geologie das größte Verdienst erworben. Sein System stellte er in seinen im Jahre 1779 erschienenen »Physicalischen und moralischen Briefen über die Geschichte der Erde und des Menschen, gerichtet an die Königinn von Großbrittanien«, auf. De Luc hatte in den Alpen, am Rhein und in Holland sehr viele und gute geognostische Untersuchungen angestellt. Sein Hauptverdienst ist die Auffindung der erloschenen Vulcane am Rheine und in der Eifel, die man vor ihm nur wenig kannte. Man lieset mit großem Interesse die Schilderung seiner Rheinreise, wie er in der Eifel von einem Krater-Rande andere entdeckt, in kindlicher Freude gerades Weges mitten durch Kornfelder hineilt, um sich seines Fundes zu versichern; wie er am Laachersee so geschäftig in dem Gesteine sucht und hämmert, daß die Mönche des Klosters gegen sein Treiben Verdacht schöpfen, und ihn festnehmen wollen. De Luc prüft in seinen Briefen zunächst die ältern geologischen Systeme durch die bisher gesammelten Erfahrungen. Er gesteht, daß es ihm nicht möglich sei, die Bildung der Berge zu erklären. Dagegen lehrten alle Erfahrungen, daß unser Festland ehedem Meergrund gewesen sei, daß das Meer sein ehemaliges Bett durch eine plötzliche Revolution, und noch nicht seit länger als 4000 Jahren, verlassen habe. Das alte Meer häufte Bodensätze, die mit Conchylien, auch mit Theilen von Pflanzen nud Landthieren, welche die Flüsse aus dem damaligen Festlande herzuführten, vermischt wurden. Das Meerwasser drang in die feste Erdrinde, erzeugte hier Gährungen, Entzündungen, Dämpfe und dadurch vulcanische Ausbrüche, welche Schichten von Lava bildeten, die oft mit Bodensätzen des Meeres abwechseln. Erdbeben, als unzertrennliche Begleiter von vulcanischen Ausbrüchen, bildeten Spalten in der Erde, die sich mit Erzeugnissen des Meeres und der Vulcane ausfüllten, und so entstanden die Gänge. Das Meer drang in unterirdische Höhlungen ein, wodurch immer mehr Land trocken gelegt wurde. Endlich stürzten plötzlich ganze bewohnte Landstriche in tiefe Klüfte hinunter, wodurch die Sündfluth entstand, dagegen andere weite Landstriche vom Meere entblößt wurden, die jetzt unsern Continent bilden.

Zwei berühmte Zeitgenossen De Luc's verwandten einen großen Theil ihres Lebens dazu, den Bau der Gebirge zu erforschen, und sie eröffnen eine glänzende Reihenfolge von Männern, die mit großer Aufopferung, in dem Zeitraume eines halben Jahrhunderts, bei weitem mehr geologische Thatsachen gesammelt haben, als die Vorwelt in ihrem ganzen Verlaufe. Dies waren Saussure und Pallas. Beide wandten ihre Studien den höchsten Gebirgsstöcken der alten Welt, jener den Alpen und dem Jura, dieser den beiden großen Gebirgsketten Sibiriens zu. Beide lieferten genaue Beschreibung der Urgebirge, so wie ihres Verhältnisses zu den sich ihnen anschließenden jüngern Gebirgsschichten. Pallas erwarb sich besonders noch dadurch Verdienst, daß er die Aufmerksamkeit

auf die in Sibirien gefundenen fossilen Knochen von größern Arten der Säugethiere hinlenkte. Auch fand er in dem gefrornen Boden Sibiriens ein ganzes Rhinozeros mit Haut und Fleisch, wodurch die Räthsel der Geologie noch um ein neues vermehrt wurden. Er stellte zwar ein geologisches System auf, das aber vorzüglich nur dienen sollte, um seine Beobachtungen gleichsam in einen Rahmen zu fassen. Saussure bekümmerte sich noch weniger um geologische Systeme.

Im Jahre 1775 wurde Werner als Professor der Mineralogie bei der Berg-Academie in Freyberg angestellt. In wenigen Jahren erlangte Freyberg durch Werner Ruf in ganz Europa, und selbst ältere Gelehrte des Auslandes lernten die deutsche Sprache, und gingen nach Freyberg, um dort zu den Füßen des großen Meisters zu sitzen. Durch Werner erst wurden Mineralogie und Geognosie zum Range von Wissenschaften erhoben. Er lehrte die verschiedenen festen Massen der Erdrinde erstens nach ihren räumlichen Verhältnissen, und zweitens nach ihrer innern Beschaffenheit auffassen, und brachte dadurch Licht und systematische Anordnung in die geognostischen Beobachtungen und Erfahrungen. Allerdings waren ihm in der Classifikation der Felsarten die Italiener zuvor gekommen. Schon Arduino hatte im Jahre 1759 in seiner Abhandlung über die Gebirge von Padua, Vicenza und Verona die Felsarten in primäre, secundäre und tertiäre unterschieden. Der preußische Bergrath Lehmann hatte schon drei Jahre früher denselben Unterschied nachgewiesen. Fortis, Desmarest und Odoardi hatten schon vor Werner diesen Unterschied durch vervielfältigte Beobachtungen zu belegen gesucht, und besonders machte Letzterer auf das verschiedene Alter der apenninischen und subapenninischen Formationen aufmerksam. Aber Werner erst bildete die Geognosie wissenschaftlich aus. Nachdem er dieser Disciplin Leben und Geist eingehaucht, wurde sie für jede Academie ein unentbehrlicher Gegenstand des Studiums und der Lehre, für jeden höheren Bergbeamten Berufswissenschaft. So hatte er die Geologie aus der phantastischen Schwebe zwischen Himmel und Erde, dem festen Boden der Erde zugeführt, sie unter den Menschen eingebürgert, und mit ihren Bestrebungen enge verflochten. Die Geologie wurde durch Werner zu einer selbstständigen Wissenschaft erhoben, die es sich nicht mehr zur alleinigen Aufgabe machte, über die allmählige Ausbildung der Erdrinde Hypothesen aufzustellen, und noch weniger die Geheimnisse der Schöpfung zu enträthseln. Werner war zugleich ein ausgezeichneter Lehrer; seine Schüler hingen mit großer Verehrung an ihm, und waren alle voll Begeisterung für ihre Wissenschaft. Die Namen Alexander von Humboldt, von Buch, Weiß, d'Aubuisson, die dem langen Verzeichnisse seiner Schüler angehören, werden genannt werden, so lange naturwissenschaftliche Forschungen Werth behalten. Doch auch Werner bezahlte den Tribut der Beschränkung menschlicher Natur; er verfiel in einen Irrthum, und zwar in einen wesentlichen. Er hatte seine Forschungen nicht über die Ge-

birge Sachsens hinaus ausgedehnt. Was er selbst gesehen, hatte er gut gesehen; aber er verstand es nicht, mit den Augen Anderer zu sehen. Auf die Lagerungs-Verhältnisse Sachsens baute er sein System, und konnte nicht begreifen, daß anderwärts andere und durchgreifendere Verhältnisse vorhanden sein könnten. Namentlich ging ihm jede genaue Kenntniß vulcanischer Thätigkeiten und ihrer Formationen ab. Die Basalte in Sachsen und Hessen, auf welche sich seine Beobachtungen beschränkten, bestehen aus plattenförmigen Ueberdeckungen von Bergen und Hügeln, wie sie anderwärts sehr selten vorkommen. Darum hielt er den Basalt und die ganze Trapp-Formation von neptunischem Ursprung, und um so weniger konnte er bei den ältern Gebirgsarten die Wirkungen des Feuers anerkennen. Schon im Jahre 1763 hatte der Hannoveraner Raspe die Basalte in Hessen, als vulcanische Formation, sehr getreu geschildert. Arduino hatte schon einige Jahre früher nachgewiesen, daß die Trappgebilde im Vicentinischen von untermeerischen, vulcanischen Eruptionen herstammten. Fortis und Desmarest untersuchten etwas später das Vicentinische, und bestätigten Arduino's Ansichten. Banks, Solander und Troil stellten vergleichende Untersuchungen über den Säulen-Basalt des Hekla und der Hebriden an, und bewiesen ihre Identität. Collini erklärte im Jahr 1774 die Gebirge zwischen Andernach und Bonn für vulcanisch. Im Jahre 1779 machte Faujas St. Fond seine Beschreibung der erloschenen Vulcane in Vivarais und Velay bekannt, und zeigte, wie die Basaltströme von Kratern, die noch vollkommen bestehen, ausgeflossen seien. In demselben Jahre erschienen die De Luc'schen Nachrichten über die erloschenen Vulcane der Eifel. Alle diese Beobachtungen Anderer vermochten nichts bei Werner gegen das, was er selbst gesehen und untersucht hatte. Aber sein System war auf so richtige Grund-Principien basirt, daß es das Heilmittel gegen seine Gebrechen in sich selbst trug, und seine Schüler würden eben so bald durch eigene Forschungen die Irrungen ihres Lehrers eingesehen haben, wenn das neptunische System auch nicht von seinem Ursprunge an, von Seiten der Vulcanisten, wäre bekämpft worden.

Diese Gegner des Werner'schen neptunischen Systems verehrten in dem trefflichen Hutton mit vollem Recht ihren Herrn und Meister. Was Leibnitz prophetisch verkündet hatte, daß das Grundgestein der Erde im geschmolzenen Zustande müsse gewesen sein, das bewies Hutton als der Erste durch unwiderlegliche Thatsachen. Er war Arzt, gab aber seine Praxis auf, und lebte in Edinburg unabhängig, von dem mäßigen väterlichen Erbe, seinen Forschungen. Und diese Forschungen trieb er mit einem Eifer und einer Unabhängigkeit des Geistes, die besonders in seiner Wissenschaft und seinem Vaterlande eine neue Erscheinung war. Nachdem er in Schottland und England recht viel gesehen und untersucht hatte, gab er im Jahre 1788 seine »Theorie der Erde« heraus. Lyell sagt von diesem geologischen Lehrbuche: Es war das Erste, worin erklärt wurde, daß es sich nicht um Fragen, die den Ursprung der

Dinge betreffen, bekümmere; und in welchem der Versuch gemacht wurde, die frühern Veränderungen der Erdrinde ohne alle hypothetische Ursachen und lediglich durch natürliche Wirkungen zu erklären. Die vulcanische Thätigkeit war sein Haupt-Agens, durch welche er die Erdrinde sich bilden ließ. Der vulcanische Ursprung der Trapp-Gebirge und der Basalte war freilich schon vor Hutton bündig erwiesen. Hutton ging einen Schritt weiter. Der Mangel der Schichtung des Granits und seine mineralogische Aehnlichkeit mit Felsarten, die augenscheinlich früher eine Schmelzung erlitten hatten, veranlaßten ihn zu der Folgerung, daß auch der Granit früher müsse geschmolzen gewesen sein. Es kam ihm nun alles darauf an, seine Theorie durch Thatsachen bestätigt oder widerlegt zu sehen. Er untersuchte darum im Grampian-Gebirge die Uebergangspunkte zwischen dem Granit und den geschichteten Gebirgsarten. Und zu seiner großen Freude fand er am Glen Tilt im Jahre 1785 die sprechendsten Beweise von der Richtigkeit seiner Ansichten. Er äußerte über diese Entdeckung so unverholen seine Freude, daß seine Begleiter meinten, er müsse ein Lager von Silber oder Gold entdeckt haben. Er fand nämlich Gänge von Granit, die von der Hauptmasse aus, den Glimmerschiefer und Kalkstein durchsetzten, und an den Grenzflächen auf den Kalk ganz dem analog, wie dies von Trappgängen geschieht, eingewirkt hatten. Die Festsetzung der Thatsache, daß der Granit sich in einem geschmolzenen Zustande befunden, welche später durch die zahlreichsten und unwiderleglichsten Beweise, selbst unter Mitwirkung der eifrigsten Schüler Werner's, zur völligsten Evidenz erhoben worden ist, bildet eine neue Epoche in der Geologie, und hat dieser Wissenschaft erst ein sicheres Fundament gegeben.

So war nun mit Anfang des laufenden Jahrhunderts durch die Bemühungen Werner's und Hutton's ein unermeßliches Feld für geognostische Forschungen eröffnet, welches auch mit einer Hingebung, einer Ausdauer und einem so glänzenden Erfolge bearbeitet worden ist, wie irgend eins in der unendlichen Domäne der Naturwissenschaften. Werner's Schüler haben an diesen Arbeiten den thätigsten und erfolgreichsten Antheil genommen. Fast die ganze bekannte und zugängliche Erdfläche ist mehr oder weniger genau geognostisch untersucht worden. Die riesenhaften Arbeiten Alexander von Humboldt's umfassen die großen Gebirgsketten der neuen Welt, die nord-asiatischen Gebirge, mehrere Gebirgszweige in Europa, besonders auch die americanischen und süd-europäischen Vulcane. v. Buch lieferte genaue Beschreibungen der scandinavischen Gebirge, der Alpen, der kanarischen Inseln, und sammelte vielfältige Erfahrungen in dem ganzen Bereiche von Europa, über das Gehobenwerden einzelner Gebirgsmassen und ganzer Landstriche aus der Tiefe. Hoffmann untersuchte das jüngere Gebirge im nördlichen Deutschland und in Italien. Die preußischen, sächsischen und hannoverschen Bergbeamten lieferten genaue Untersuchungen aus dem Bereiche ihrer amtlichen Wirksamkeit. v. Deynhausen, v. Dechen und v.

Laroche durchforschten die westphälischen, die belgischen, die elsaß-lothringischen, die badisch-würtembergischen Gebirge. Hausmann machte geognostische Reisen in Scandinavien und Spanien. Conybeare und Phillips gaben eine vortreffliche geognostische Beschreibung von England und Wales heraus. Die Becken von London und Paris wurden mit einer erstaunenswürdigen Genauigkeit durchforscht. Boué lehrte uns die Gebirge von Ungarn, und Pusch die geognostischen Verhältnisse Polens und Gallizien's kennen. Ueber die meisten thätigen Vulcane und ihre Wirkungen, so wie über sehr viele Gruppen erloschener Vulcane, sind genaue Untersuchungen angestellt worden. Die Natur der Gänge und ihrer Ausfüllung, die Verwerfungen in den jüngern Flötzen, hat man vielfach und genau studirt. Eben so aufmerksam hat man die Veränderungen beachtet, welche durch vulcanische Wirkungen, durch Erdbeben, durch die Wirksamkeit des Meeres, der Flüsse und der meteorischen Wasser unter unsern Augen hervorgebracht werden, und v. Hoff hat mit großer Belesenheit und Genauigkeit die Veränderungen auf dem Erdboden beschrieben, welche sich geschichtlich nachweisen lassen. Der kenntnißreiche und viel gewanderte Lyell, Secretair der geologischen Gesellschaft in London, hat in seinem Lehrbuche der Geologie (London 1831) den Versuch gemacht, die frühern Veränderungen der Erde durch Ursachen zu erklären, welche noch jetzt wirksam sind; und wenn dieser Versuch auch als ein völlig verunglückter betrachtet werden muß, so hat er doch eine so große Masse eigner und fremder Beobachtungen geordnet zusammen getragen, daß sein Werk als eine Bereicherung der Wissenschaft muß anerkannt werden. Die geologischen Institutionen des Italieners Scipion Breislack (Mailand 1822) sammeln die vorhandenen Beobachtungen, worunter sich vorzugsweise die über die noch thätigen und erloschenen Vulcane auszeichnen, zu einem systematischen Ganzen, und haben in soweit vielen Werth, nicht aber seines vulcanischen Systems wegen, das vielfache Irrthümer einschließt. Elie de Beaumont lieferte im Jahre 1829 eine Epoche machende Arbeit, in seinen Untersuchungen über einige Revolutionen auf der Erdfläche, worin er für die bekanntern europäischen Gebirge 12 verschiedene Umwälzungen, so wie die Formationen nachweiset, welche sich zwischen denselben bildeten.

Werner und Hutton hatten die bis zu ihrer Zeit gewonnene Kenntniß der Petrefacten unbeachtet gelassen. Man sah aber bald ein, wie nothwendig die Petrefactenkunde für eine genaue Kenntniß der geognostischen Verhältnisse der Gebirge, und welch ein wesentliches Glied sie in der Kette naturhistorischer Kenntnisse sei. Zum Glück wendeten sich große Talente derselben zu, und so hat sie in kurzer Zeit eine bedeutende Ausbildung gewonnen. Lamark brachte zuerst die bekannten fossilen Conchylien in ein System. Cuvier bestimmte mit seiner umfassenden anatomischen Kenntniß die Geschlechter der fossilen Gerippe der höhern Thierklassen. v. Schlotheim und der Graf v. Sternberg lieferten werthvolle Kupferwerke über die Petrefactenkunde. Eine sehr berühmt gewordene Mineral-Con-

chyliologie Englands gab Sowerby heraus. Der treffliche Dr. Buckland schrieb seine Reliquiae diluvianae, worin besonders über die in Höhlen gefundenen fossilen Knochen, über ihren Zustand und Lagerungsverhältnisse sehr werthvolle Aufschlüsse ertheilt werden. Deshayes in Paris verglich 3036 Species fossiler Conchylien genau unter sich und mit den ihm bekannt gewordenen 4780 Species noch lebender Schalthiere. Agassiz gibt ein sehr umfassendes Werk über die fossilen Fische, Brongniart über fossile Pflanzen heraus; und das große Kupferwerk unseres trefflichen Goldfuß wird das ganze Gebiet der Petrefacten umfassen.

Die Fortschritte, welche in der vergleichenden Anatomie, so wie in der Zoologie überhaupt und in der Botanik in neuerer Zeit gemacht worden sind, haben erlaubt, genau die Stelle zu bezeichnen, welche die Petrefacten in der organischen Schöpfung einnehmen. Mit derselben Sorgfalt hat man die verschiedenen Straten und deren relatives Alter zu bestimmen gesucht, welchen gewisse Klassen von Petrefacten angehören. Und Ehrenberg ist sogar in unsern Tagen so weit gegangen, die Infusorien der Vorwelt in den Gesteinen aufzusuchen, und er fand, was er suchte.

Die Geologie muß von der Physik und Chemie Beistand entlehnen. Auch diese beiden Wissenschaften haben in neuerer Zeit die wesentlichsten Bereicherungen erhalten. Besonders war die Lehre von der Wärme im vorigen Jahrhundert noch so wenig ausgebildet, daß die gröbsten Irrthümer in den geologischen Systemen von dieser Seite unentdeckt blieben. Der treffliche Gehler konnte im Jahr 1798 noch nicht einsehen, wie die Erde habe erkalten können, da sie im leeren Weltraum schwebe, also kein Körper vorhanden sei, an welchen sie den Wärmestoff abgeben könne. Ueber die Gesetze der Wärmeverbreitung und der Abkühlung war man früher noch ganz im Dunkeln, während nunmehr die tief eindringenden Untersuchungen von Fourier, Poisson, Melloni und Andern über dieses schwierige Kapitel der Physik volles Licht verbreitet haben.

Und somit scheint jetzt der Zeitpunkt da zu sein, wo es möglich ist, eine in ihren Hauptzügen völlig verbürgte Theorie über die Bildung der Erdrinde aufzustellen. Diese Theorie ist ein nothwendiges Ergebniß unserer gesammten Naturkenntniß, und umfaßt alle ihre Theile, so daß sie in ihrer ganzen Vollendung den Inbegriff der gesammten Naturkenntniß ausmachen würde. Wir sind allerdings noch weit davon entfernt, ein so vollendetes Lehrgebäude der Geologie aufstellen zu können. Einstweilen müssen wir uns damit begnügen, von diesen Gebäuden die Umrisse zu entwerfen. Aber es ruht auf einem sichern Fundamente. Wir können es darum getrost der Folgezeit anheim geben, den Ausbau vor und nach zu vollenden.

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 Oerstedt'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 Voraltern 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 allgemeinere 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 Einzelnheiten 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 Systems 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 Systems aufzustellen.

Der ganze Erdkörper ist in seinen untern Lagern mit Steinmassen bedeckt, die man Urgebirge nennt. An den höchsten Punkten der Erde, in vielen ausgebreiteten Gebirgsstöcken, 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 Erdfläche, 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 Trappformation, 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, anzunehem, 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 Prozesses 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 widerstreitet keineswegs die Thatsache, daß manche schwere metallische Massen sich der Oberfläche zugedrängt 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 Meerestiefe zu 8000′ an, und rechnet man die Meeresfläche zu drei Viertel der ganzen Erdfläche; 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 Coëfficienten 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 Kohlensäure in der Atmosphäre enthalten sein. Nur der kohlensaure 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 Kohlensäure 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 Einzelnheiten 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 ebben und fluthen mußten, wie jetzt das Weltmeer. Die Höhe der Seefluth hängt mit von der Meerestiefe 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 unbekannten Ursachen entstehen. Da die Atmosphäre auch damals von der sehr niedrigen Temperatur des Weltraums begrenzt wurde; so mußten die Temperatur-Unterschiede und ihre Veränderungen um so größer sein, je höher die Temperatur der Erdfläche 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 Urwelt 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 manchfachste Weise durchbrochen und zusammengethürmt werden. Nur auf ruhigem Wasser bildet sich eine glatte Eisrinde. 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 nadelförmigen, 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 characteristisches Kennzeichen der Urfelsen ansieht, daß sie versteinerungsleer 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 $1^2/_3$ 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 Lavastrome gelagert. Nach dem merkwürdigen Ausbruche des Jorullo, 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 $^1/_{2000}$ 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 gnügende Erklärung in der Annahme, daß die geschmolzenen Erdmassen bei ihrer Erstarrung eine Ausdehnung erleiden. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren um $^1/_{10}$ 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 manchfachste 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 2½′ betragen mag; so beträgt sie zwischen den Wendekreisen, wo die mittlere Temperatur vielleicht 20° C. höher steht, schon das vierfache. Dort stürzen 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, Kieselschiefer, 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 manchfachste 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 auftritt. 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 auflöset, 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 aufgelöset 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 zerstörenden 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 zertheilten 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 kohlensäurehaltig angenommen, und ihr eine Temperatur von mehreren hundert Graden zugeschrieben werden darf; so mußte sie zugleich sehr viele feste Theile aufgelöset enthalten, die erst dann niedergeschlagen wurden, als sich die Temperatur erniedrigte und die Kohlensäure durch verminderten atmosphärischen Druck entwich. 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 Island 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 ꝛc. 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 Erdfläche 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-

gebirge haben sich unzweifelhaft in der Tiefe der Meere gebildet. Die geschmolzenen Massen erstarrten also sehr rasch, aber unter einem starken hydrostatischen Druck. Die neuern vulcanischen Producte, so weit wir sie kennen, erstarren wiederum an der Atmosphäre, aber bei niedriger Temperatur der Umgebungen, also rascher, und unter einem schwachen atmosphärischen Drucke. Daß nicht noch manche andere Einwirkungen auf die Bildung des einen oder andern dieser vulcanischen Producte von Einfluß gewesen sein sollten, will ich gar nicht in Abrede stellen. Man sieht nach dieser Hypothese ein, daß sich noch Granite bilden konnten, als sich schon versteinerungführende Lager gebildet hatten; daß aber granitische Bildungen in unserer Periode nicht mehr möglich sind; dann auch, daß noch immer in der Tiefe der Meere Basalte entstehen können, die sich aber nur dann der Beobachtung darbieten, wenn der vulcanische Meeresboden durch unterirdische Kräfte über die Oberfläche des Wassers emporgehoben wird. Diese Erklärung findet in den mehrfachen Erfahrungen eine anderweitige Bestätigung, daß die vulcanischen Massen der mittlern und neuern Periode den Granit durchbrochen haben, also der Heerd der vulcanischen Thätigkeit jedenfalls unter den Urgebirgen aufzusuchen ist, woran jetzt kein Geognost mehr zweifelt.

* *

Der Anfang der dritten Periode der Erdbildung ist durch das Auftreten organischer Gebilde scharf bezeichnet. Während ihrer Dauer bildete sich die Grauwackengruppe. Was aber zur Grauwackengruppe, oder zu dem Uebergangsgebirge, zu rechnen sei, darin stimmen nicht alle Geognosten mit einander überein. Und wirklich verläuft sich die Grauwackengruppe in so unmerklichen Abstufungen in die jüngern Gebirgsformationen, und es tritt bei den letztern so wenig eine neue Erscheinung von durchgreifender Wichtigkeit hervor, daß bei der Endbegrenzung der dritten Periode wohl nimmer einige Willkührlichkeit zu vermeiden sein wird. Dagegen unterscheidet sich die dritte Periode von der vierten im Allgemeinen in so wesentlichen Stücken, daß eine Zusammenfassung der beiden Perioden zu einer einzigen nicht anräthlich erscheint.

Zunächst möchte nun zu untersuchen sein, welches die Temperatur und welches überhaupt der Zustand auf der Erden zu der Zeit war, als die ersten Organismen auftraten. So viel ist gewiß, daß sich die Temperatur bis unter den Siedepunkt mußte erniedrigt haben, bevor Pflanzen und Thiere bestehen konnten. Denn so wesentlich verschieden von der heutigen Pflanzen- und Thierwelt waren die organischen Gebilde der Vorwelt nicht, daß angenommen werden dürfte, dieselben hätten bei Temperaturen bestehen können, bei welcher jetzt alles organische Leben ertödtet würde. Es finden sich sogar in den ältesten geschichteten Felsarten Versteinerungen aus den niedrigern Thierklassen von Geschlechtern, die noch immer fortbestehen. Es mag die Temperatur der Erdoberfläche beim ersten Auftreten der Organismen etwa noch 80 bis 90 Grad C. betragen haben.

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 Aufthaupunkt 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 verhältnißmäßig 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 Aehnlichkeit 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 Erdfläche. Diejenigen Gebirge und Hochebenen, in welchen die Urgebirgsarten zu Tage anstehen, ragten schon damals über den Meeresspiegel 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 aufgelöset, 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 aufgefundene 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 zertheilten 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 Seethieren 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 seine 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 Flötzgebirge, 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 Crinoideen 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 Fucoideen, Calamiten und Stigmarien 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 bemeistert, 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 Kohlensäure vorhanden. Die Niederschlagung desselben kann nicht anders als durch Vegetation geschehen. Alle Kohlenflötze 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 vertilgt. Aber in dem härtern Schieferthon, der mit den Kohlenflötzen 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 Haupt-Lagerstätte der Metalle und Erze. Diese Gänge werden im ältern Flötzgebirge schon sehr selten, und verschwinden im jüngern Gebirge fast gänzlich. Das ältere Flötzgebirge 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 Flötze 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 Gebinge ist. Im Kohlengebirge treten die ersten eigentlichen Flötze 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 Flötzgebirge kommen Neigungen der Straten vor, die sich der senkrechten sehr nähern. Je jünger aber die Gebirgsformation ist, desto flacher liegen die Flötze. 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 Flötzbildungen sind die bedeutendsten Kohlenmassen abgelagert worden. Die hohe Erdwärme, die mit vielem Wasserdampf und großen Quantitäten von Kohlensäure 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 Kohlenflötze 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 Gesammtmasse eine Mächtigkeit von mehreren hundert Fuß erreicht. Der Schieferthon und Sandstein kann sich nur im Meere gebildet haben, weil beide Straten Ueberreste von Seegeschöpfen 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 Kohlenflötzen 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 Erdleben 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 aufgelöset, 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, Crocodille, 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 mehlhaltigen 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 Erd- 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 Manchfaltigkeit 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 allmählige 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 aufstaueten, 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 Aufdämmungen. 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 abliefen. 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 feinern 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 erhöhen. Rascher geht solche Anschwemmung bei entfesseltem Laufe der Flüsse von statten. So bilden die großen Flüsse an ihrem unteren Laufe die fruchtbaren Thalebenen und Deltas. Man hat es versucht, aus dem Fortschreiten der Alluvionen und der vorhandenen Masse derselben die Zeitdauer ihrer Bildung zu berechnen. Nach Girards Untersuchungen erhöhete 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 Kalkflötze 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 Rothenfelder 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 steinige 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 Jahresringe 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 Gebirgs-Höhlen, 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 Katzengeschlecht, 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 Clima dieser Länder noch ein sehr gemäßigtes sein mußte. Auch diese Erscheinung weiset wieder auf eine Vorzeit von vielen tausend Jahren zurück. Denn eine plötzliche Veränderung in der Erdwärme ist nicht denkbar, und eine Austauschung der Climata, 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 Clima 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 Wechseln zwischen trocknem Lande und Meer mußten viele Thiergeschlechter untergehen. Vielleicht wirkten auch andere uns noch unbekannte Ursachen 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 vorgerückt 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 Jorullo 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 Schiffern 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 Oxidation 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 Erdfläche 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 Plaifair 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 bottnischen 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 Meeresspiegel. — 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 Meeresspiegel in einer drei Fuß breiten Zone von Pholaden durchbohrt worden sind. Der treffliche Hoffmann hat aus den Verhältnissen der Oertlichkeit 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-

hunderts 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 vermittelst 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 Gletscher 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 unbemerkt 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 Calcül 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 Hipparchs Zeiten die Tageslänge nicht um $^1/_{100}$ Decimal-Secunde abgenommen, woraus folgt, daß die mittlere Erdwärme seit jenen Zeiten nicht im $^1/_{200}$° 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 $^1/_{550}$ Secunde hat abnehmen können, welches einer Wärme-Abnahme von $^1/_{940}$° 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 vorgetragen 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 Einzelnheiten 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. E.

Zusätze.

Ich finde mich veranlaßt, die folgenden Zusätze noch anzuschließen.

Zusatz 1 (zu S. 10).

Wenn man alle diejenigen Quellen, deren Temperatur etwa um 2° R. die mittlere Temperatur des Orts übersteigt, Thermen nennen will; so finden sich die Thermen über alle Gegenden der Erde verbreitet.

Die reichhaltigern Soolquellen in Westphalen sind nach dieser Begriffsbestimmung insgesammt Thermen. Denn es beträgt, nach eigenen Beobachtungen, ihre Temperatur zu Sassendorf 10°,6, zu Westernkotten 11°,1, zu Königsborn 11°,5, zu Werl 12°,2, zu Rehme 12°,6, zu Salzkotten 14°,4, zu Rothenfelde 14°,6 R.

In der Eifel und deren Umgegend gibt es viele warme Quellen, namentlich zeigen die Quellen zu Bertrich = 26°, zu Aachen und Burtscheid = 62° R. Wärme.

Im Westerwalde und im Taunus sind ebenfalls die warmen Quellen häufig. Nach den Beobachtungen von Wille haben die Quellen zu Salzhausen und zu Theodorshall = 12°, zu Münster am Stein = 11 bis 22°, zu Nauheim = 16,5 bis 24°, zu Sooden bei Höchst = 19°, zu Wiesbaden = 51°,5 Wärme.

In Baiern, Würtemberg und Baden fehlt es nicht ganz an Thermen. Die Soolquellen zu Reichenhall und Kissingen haben eine Temperatur von 11 bis 16°,5, die Quellen zu Canstadt von 14 bis 16°, zu Liebenzell von 19°,7, zu Wildbad von 25 bis 29°, zu Baden-Baden von 43 bis 54° R.

Im Erz- und Riesengebirge kommen warme Quelle bei Annaberg mit 17°, bei Wolkenstein mit 23°, bei Landeck mit 15°,5 bis 25°,25, zu Warmbrunn mit 28 bis 30°, zu Töplitz mit 21 bis 38°, zu Carlsbad mit 59° R. Wärme vor.

Die Alpen sind reich an Thermen. In der Schweiz finden sich die warmen Quellen zu St. Gervaise am Montblanc mit 27 bis 29°, Pfäffers mit 30°,5, Aix les bains mit 36 bis 37°, Leuk mit 29 bis 41° Wärme. In Tyrol finden sich nach Ennemoser 26 Thermen, deren Temperatur bis auf 18° ansteigt. In Steyermark haben die Bäder zu Tyffer und Neuhaus eine Wärme von 27 bis 30°. In Kärnthen hat das Villacher Bad 21° Wärme; in Krain kommen die Bäder von Töplitza mit 29°,5 und von Montefalcone mit 30°,5 Wärme vor.

Mähren, besonders aber Ungarn, Siebenbürgen, Slavonien und Croatien sind sehr reich an warmen Quellen, deren Temperatur bis auf 50° R. ansteigt.

Ich habe die warmen Quellen in den Ländern deutscher Zunge ziemlich vollständig aufstellen wollen, um einen Maaßstab zu geben, wie häufig die Thermen vorkommen. Denn in andern Ländern sind sie durchschnittlich eben so zahlreich, als in Deutschland verbreitet. Die geringere oder größere geographische Breite scheint auf ihr Vorkommen wenig Einfluß zu haben. Die warmen Quellen auf Island sind jedermann bekannt, und auch in den Eisfeldern von Grönland fehlt es nicht an Thermen.

Zusatz 2 (zu S. 10).

Unter den ältern Schriftstellern scheint Kircher der erste gewesen zu sein, welcher der höhern Temperatur im Innern der Erde Erwähnung thut. Er theilt in seinem Mundus subterraneus, 1664, die Erfahrungen mit, auf welche ihn Bergleute in Ungarn aufmerksam gemacht hatten, daß die Gruben, besonders wenn sie trocken seien, um so wärmer sich zeigten, in je größere Tiefe sie eindringen. Boerhave und Mairan stellten im Anfange des 18. Jahrhunderts dieselbe Behauptung auf, ohne jedoch bestimmte Zahlen mitzutheilen. Die ersten eigentlichen Beobachtungen über die Temperatur im Innern der Erde wurden gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts angestellt.

Auf Veranlassung von Mairan wurde gegen 1740 von Gensane die Temperatur einer Grube bei Giromagny im Elsaß beobachtet, und für eine Tiefe von 1335′ par. eine Temperaturzunahme von 13°,0 C., also für jede 129′ par. = 1° R. Temperaturzunahme gefunden.

Etwas später beobachtete Saussure die Temperaturzunahme einer 680′ tiefen Grube bei Ber in der Schweiz, und fand die Wärmezunahme = 7°,9 C., also für jede 108′ par. = 1° R.

Sehr umfassende Beobachtungen wurden in verschiedenen Perioden seit dem Jahre 1790 in den Gruben bei Freiberg angestellt, nämlich in dem Jahre 1791 von Freiesleben und von von Humboldt, im Jahre 1802 von d'Aubuisson, in den Jahren 1805, 1806, 1807 und 1815 von von Trebra, endlich in den Jahren 1820 bis 1832 von Reich. Diese letztern Beobachtungen

sind bei weitem die zuverlässigsten, weil die meisten störenden Umstände dabei möglichste Berücksichtigung gefunden haben. Das wahrscheinlichste Mittel aus allen Beobachtungen gibt für 144′ par. Tiefe eine Temperaturzunahme von 1° R.

Seit dem Jahre 1815 sind in England sehr viele Beobachtungen angestellt worden. Dr. Forbes beobachtete in sechs Gruben in Cornwallis, deren Tiefe von 550′ bis 1400′ engl. in die Erde hinab reichte. Das Mittel aus seinen Beobachtungen gibt eine Tiefe von 132′ par. für jeden Grad R. Wärmezunahme. (Hiernach ist die Angabe in der Tabelle S. 10 zu verbessern.) — Fast gleichzeitig wurden in den Gruben von Cornwallis vielfache Beobachtungen von R. W. Fox angestellt, welche zu demselben Endresultate führten. — Robert Bald beobachtete die Temperatur in sieben Kohlengruben in Durham, Northumberland und Staffordshire, die von 450 bis 1200′ engl. Tiefe riechten. Er fand im Mittel für 107′ par. Tiefe eine Wärmezunahme von 1° R. — Phillips fand später bei seinen Beobachtungen in den Kohlengruben von Newcastle für 120′ par. eine Temperaturerhöhung von 1° R.

Im Jahre 1806 stellte d'Aubuisson Temperaturbeobachtungen in den beiden Gruben Poullaouen und Huelgoat in der Bretagne, die bis zu 734′ par. in die Tiefe reichen, an, und fand für 146′ par. eine Wärmezunahme von 1° R.

Die Beobachtungen preußischer Bergbeamten wurden in den Jahren 1828 bis 1831 mit großer Vorsicht und Umsicht in eilf Gruben in Schlesien, Brandenburg, in Sachsen, in Westphalen und in der Rheinprovinz angestellt. Die Beobachtungen reichen im Mittel nur bis zu einer Tiefe von 350′ par., welche geringe Tiefe die Ursache sein mag, daß die Wärmezunahme von 200′ Tiefe auf jeden Grad R. hier verhältnißmäßig sich so gering ergab.

Nach den Beobachtungen von von Humboldt nimmt die Wärme in mehreren Gruben von Mexico schon bei 70′ par. Tiefe um 1° R. zu. In einer Grube von Peru fand derselbe ebenfalls eine sehr hohe Temperatur.

In den letztern Jahren hat sich Gelegenheit ergeben, die Temperatur von tiefen Bohrlöchern zu untersuchen. Die Temperatur des 655′ tiefen Bohrlochs zu Rüdersdorf bei Berlin fand Magnus zu 15°,9 R., so daß dasselbe, die mittlere Temperatur der Luft zu 7°,6 R. angenommen, eine Wärmezunahme für jede 80′ Tiefe von 1° R. nachweiset. — Das Bohrloch zu Neusalzwerk bei Minden hatte Ende September 1839 eine Tiefe von 1435′ par. erreicht, und die ausfließende Soole zeigte eine Temperatur von 18°,5 R. Die mittlere Temperatur der Gegend kann höchstens zu 8°,5 R. angenommen werden, so daß diese Wasser eine Temperaturzunahme von 1° R. für 144′ Fuß Tiefe andeuten. — Das Bohrloch zu Grenelle bei Paris hatte Anfangs Juni 1839 eine Tiefe von 1436′ par. erreicht. Als dasselbe die Tiefe von 920′ erreicht hatte, bestimmte Arago die Temperatur zu 22°,2 C., während die mittlere Temperatur in Paris 10°,6 C. beträgt. Die

Wärmezunahme beträgt also für 96′ par. = 1° R. — Die Soole aus dem Bohrloche von Artern, welche aus einer Tiefe von 1000′ emporgehoben wird, zeigt eine Temperatur von 15° R. — Die Bohrlöcher bei Basel-Augst zeigten in einer Tiefe von 414′, nach Merian's Beobachtungen, eine Wärmezunahme von 1° R. für jede 119 par. Fuß.

Die Reihe dieser Beobachtungen könnte noch ansehnlich vermehrt werden. Dies scheint aber unnöthig, da die mitgetheilten Beobachtungen die Thatsache der mit der Tiefe zunehmenden Wärme sicher nachweisen.

Wenn es aber darauf ankäme, die Temperaturzunahme in genauen Zahlen auszudrücken; so hätten freilich möchlichst viele Beobachtungen in ihren Resultaten zusammen gestellt werden müssen. Dazu scheint es jedoch noch nicht an der Zeit zu sein. Die vorhandenen Beobachtungen reichen zu solchem Zwecke nicht tief genug, und es sind, trotz der sehr verdienstlichen Bemühungen von Bischof und Reich, dieselben noch immer nicht von störenden Einflüssen frei genug erhalten, und alle Nebenumstände umfassend genug berücksichtigt worden, um den Anfoderungen einer größern Genauigkeit zu genügen. Eben so wenig haben die bisherigen Beobachtungen den Punkt zur Entscheidung gebracht, ob unter dem Aequator, wie nach theoretischen Gründen zu erwarten steht, im Innern der Erde eine raschere Temperaturzunahme statt findet, als in hohen geographischen Breiten.

Zusatz 3 (zu S. 21).

Wenn sich ein Verzeichniß aller fossilen Ueberreste des urweltlichen Pflanzen- und Thierreichs auf beschränktem Raume mittheilen ließe, so würde ich dasselbe hier folgen lassen. Da dies aber nicht möglich ist, so gebe ich hier nur ein Verzeichniß der fossilen höhern Thier-Species. Wer aber weitere Belehrung über diesen interessanten Gegenstand wünscht, ohne denselben wissenschaftlich durchdringen zu wollen, den darf ich auf die vortreffliche Geologie, oder die Urwelt und ihre Wunder, von Buckland, verweisen, wovon zwei deutsche Uebersetzungen, freilich von ungleichem Werthe, vorhanden sind.

Beim ersten Auftreten des Thierreichs in der Grauwackengruppe treten gleichzeitig die vier Haupt-Verzweigungen des Thierreichs: Strahlenthiere, Weichthiere, Gliederthiere und Wirbelthiere ins Dasein. Von Wirbelthieren kommen aus dieser Prriode nur Fische vor, und diese stehen in der Uebergangszeit obenan in der Reihe lebendiger Wesen. Nach Agassiz findet sich unter den Fischen dieser Zeit kein solcher durchgreifender Unterschied, wie in spätern Zeiten und jetzt zwischen Meer- und Süßwasser-Fischen. Wenn aber auch die Thierwelt in den ersten Zeiten der Erdbildung von der jetzigen sehr verschieden war; so repräsentirte sie doch schon alle spätern Formen, so daß es bei der

Erweiterung unserer Kenntnisse der Versteinerungen nie nöthig geworden ist, neue Thier-Classen aufzustellen.

In der Periode der Flötzgebirge stieg das Thierreich zu den Reptilien aufwärts, und dieselben stehen in diesen Zeiten an der Spitze der Thiergeschlechter. In der Gruppe des rothen Sandsteins kommen die folgenden Reptilien vor:

1) Phytosaurus cylindricodon.
2) Mastodonsaurus Jaegeri.
3) Ichthyosaurus Lunevillensis.
4) Plesiosaurus.
5) Ein dem Crocodill ähnl. Thier.
6) Eine riesenhafte Chelonia.

In der Oolithengruppe sind folgende Reptilien gefunden worden:

1) Gavial brevirostris.
2) Plesiosaurus recentior, carinatus, pentagonus, trigonus, macrocephalus.
3) Ichthyosaurus communis, platyodon, tenuirostris, intermedius, coniformis.
4) Megalosaurus Bucklandi.
5) Teleosaurus Cadomensis.
6) Crocodilus priscus, cylindrirostris, brevirostris.
7) Pterodactylus longirostris, brevirostris, grandis, crassirostris, medius, Münsteri, macronix.
8) Chelonia.
9) Mosasaurus bavaricus.
10) Racheosaurus gracilis.
11) Pleurosaurus Goldfussii.
12) Lacerta neptunia, gigantea.
13) Euristernum.
14) Macrospondilus Bollensis.

Merkwürdig sind noch die Fußstapfen von mehreren unbekannten Vierfüßern und Vögeln auf Platten von rothem Sandstein, welche man bei Hildburghausen, Dumfries und im Connecticut-Thale aufgefunden hat.

Außerdem haben sich in der Oolithengruppe Ueberreste gefunden von einer Art Beutelthier (Didelphis Bucklandi) und von Insekten aus den Familien Libellula, Aeschna, Agrion.

Die Kreidegruppe verwahrt die Skelette der folgenden Reptilien:

1) Mosasaurus Hoffmanni.
2) Crocodilus Meudoniensis, priscus.
3) Leptorynchus.
4) Iguanodon anglicum.
5) Megalosaurus Bucklandi.
6) Trionix, Emys, Chelonia, Plesiosaurus, Pterodactylus.

Das Tertiär-Gebirge, also die Gebirgsgruppen über der Kreide, theilen Lyell und Deshayes, auf Grund des Verhältnisses ihrer fossilen Muscheln, in vier Formationen ein. Die erste Formation nennen sie die eocenische, weil in ihr gleichsam die Morgenröthe der jetzigen Schöpfung anbricht. Die zweite Formation heißt die miocenische, weil die Minderzahl der in ihr begrabenen Thierschöpfung mit der heutigen übereinstimmt. Die dritte und vierte Formation heißt die ältere und neuere pliocenische, weil in diesen Schichten die Mehrzahl der fossilen Muscheln der jetzigen Thierwelt noch angehört. Nach Deshayes enthält das Tertiär-Gebirge 3036 Arten fossiler Moluskeu, wovon 1238 der eocenischen, 1021 der miocenischen und 777 der pliocenischen Formation angehören. Und unter 100 fossilen Moluskeu-Arten, kommen in der eocenischen Periode $3\frac{1}{2}$ Art, in der miocenischen Periode 18 Arten, in der ältern plio-

cenischen Periode gegen 50 Arten, in der jüngern pliocenischen Periode gegen 95 Arten noch jetzt lebender Thiere vor.

In der Periode, worin sich das Tertiär-Gebirge ablagerte, bildete sich das Thierreich bis zu den Säugethieren und Vögeln aus, die also in dieser Periode an der Spitze der Thierschöpfung stehen.

Von Säugethieren und Vögeln kommen in diesen Ablagerungen vor:

1) Zwei Arten Phocae.
2) Trichecus.
3) Eine Art Delphin.
4) Mehrere Arten Cetaceen.
5) Mastodon angustidens, minutus, arvernensis.
6) Palaeotherium magnum, crassum, latum, curtum, medium, minus, minimum, aurelianense.
7) Hippopotamus major, minutus.
8) Rhinoceros minutus, pygmaeus, incisivus, leptorhinus.
9) Tapirus giganteus, avernensis.
10) Elephas primigenius.
11) Anoplotherium commune, secundarium, gracile, murinum, obliquum, magnum.
12) Chaeropotamus Soemmeringii, parisiensis.
13) Anthracoterium.
14) Lophiodon.
15) Chirotherium.
16) Dinotherium.
17) Hippotherium.
18) Pugmeodon.
19) Arctomys.
20) Spermophilus.
21) Dorcatherium.
22) Machoirodus.
23) Gulo.
24) Agnotherium.
25) Chalicotherium.
26) Acerotherium.
27) Hyaena spelaea.
28) Ursus spelaeus.
29) Tigris spelaea.
30) Canis vulpes, parisiensis.
31) Bos urus, velaunus.
32) Equus caballus.
33) Cervus solilhacus, dama polignacus, nebst noch fünf andern Species.
34) Sus.
35) Genetta.
36) Antilope.
37) Myoxus.
38) Coati.
39) Didelphis parisiensis.
40) Sciurus.
41) Mus rattus.
42) Lepus.
43) Von Vögeln mehrere ausgestorbene Arten der Gattungen Bussard, Eule, Wachtel, Schnepfe, Meerlerche, Brachvogel, Pelikan.

Es ist eine sehr bemerkenswerthe Thatsache, daß zu den Zeiten der Bildungen des Tertiär-Gebirges die vier Classen der Wirbelthiere schon vorhanden waren, und überhaupt das Thierreich damals denselben Gesetzen unterworfen war, wie heute. Die Gattung der Dickhäuter war damals viel mehr verbreitet, als in unsern Tagen.

In Höhlen und im Gerölle sind bis jetzt die Reste von folgenden Säugethieren und Vögeln aufgefunden worden:

Säugethiere.

1) Megatherium australe, boreale.
2) Ursus spelaeus, arctoideus, priscus, Pittorii.
3) Nasua nicaeensis.
4) Meles vulgaris.
5) Gulo spelaeus.
6) Felis spelaea, antiqua; Onza spelaea; Tigris spelaea; Felis Catus.
7) Canis spelaeus, aureus, minor, familiaris, parisiensis.
8) Hyaena spelaea, striata fossilis, prisca, intermedia, gigantea.

9) Mustela spelaea, vulgaris, Martes.
10) Talpa europaea.
11) Vespertilio.
12) Sorex.
13) Lepus timidus?, cuniculus.
14) Arvicola.
15) Lagomys sardus, corsicanus.
16) Hypudaeus amphibius, arvalis, oecenomus.
17) Mus musculus, sylvaticus, rattus, terrestris.
18) Dasyurus.
19) Hypsipymnus.
20) Phascolomys.
21) Halmaturus.
22) Equus caballus; noch eine kleinere Art.
23) Cervus elaphus fossilis, giganteus, Tarandus priscus, dama, capreolus, Reboulii; ferner noch vier andere Arten.
24) Antilope.
25) Merycotherium.
26) Capra ovis, Ammon.
27) Bos urus priscus, noch eine zweite Art.
28) Elephas primigenius.
29) Rhinoceros tichorhinus, asiaticus, minutus.
30) Palaeotherium.
31) Chaeropotamus parisiensis.
32) Hippopotamus.
33) Sus priscus.

Vögel.

34) Gryphus antiquitatis.
35) Motacilla.
36) Corvus.
37) Alauda.
38) Phasianus gallus.
39) Gallinacea.
40) Columba.
41) Anser sponsor; ferner noch mehrere nicht bestimmte Arten.

Dies Verzeichniß ist jedoch keineswegs vollständig.

Es scheint, als ob das riesenhafte Elennthier, (Cervus giganteus) noch in der geschichtlichen Zeit gelebt habe. Dann wäre diese Thierart die einzige, welche seit der Zeit, wo Menschen die Erde bewohnen, nachweislich ausgestorben ist Ob nicht auch der Dodo (didus ineptus) noch in der geschichtlichen Zeit gelebt habe, und jetzt ausgestorben sei, scheint zweifelhafter zu sein.

Zusatz 4 (zu S. 39).

Die Protogaea von Leibnitz ist für die Geschichte der Geologie eine so wichtige Schrift, daß ich es mir glaube erlauben zu dürfen, über die in ihr niedergelegten Ansichten noch einige Mittheilungen zu machen.

Leibnitz stand zu dem Bergwerksbetriebe im Harze in viel genauerer Beziehung, als viele dem gelehrten Manne zutrauen mögen. Er kannte das Practische des Bergbaues in seinen Einzelnheiten, auch war er mit den fossilen Ueberresten der untergegangenen Thierwelt, nach Maßgabe der damaligen Zeit, genau bekannt. Diese Vertrautheit mochte ihm Veranlassung sein, seine Protogaea zu schreiben, worin er sich bei Darlegung seiner Ansichten über die Ausbildung der Erdrinde, vorzugsweise auf seine Kenntnisse über das Innere der Erde stützte. Der zweite §. enthält die Haupt-Umrisse seines ganzen geologischen Systems, weßwegen ich denselben hier mittheile. „Globum terrae, ut omnia nascentia, regulari forma e naturae manibus exiisse sapientibus placet: Deus enim incondita non molitur; et quicquid per se formatur, insensibi-

liter aut concrescit per particulas, aut pro sese disponentium delectu conflictuque tornatur. Itaque asperitas montium, quibus horret facies orbis, postea supervenit. Et certe si liquidus initio fuit, etiam aequabilis fuerit necesse est: generalibus autem corporum legibus consentit, firma ex liquidis induruisse. Quod et solida intra solidum clausa testantur, stratis quibusdam nucleisque in suos angulos limitesque persaepe decircinatis, venae in rupibus, gemmae in saxis. Sed et rerum veterum spolia passim extant, plantarum, et animalium, et arte factorum, sub novo et lapideo involucro. Itaque ambiens quod nunc durum cernimus, postea natum est, tunc vero adhuc fluidum fuissi oportet. Porro ipsa fluiditas ab intestino est motu, et tanquam gradu caloris; quod indicant experimenta: nam imminuto calore etiam aqua in glaciem consistit; dum contra corrodentes liquores, et ab occulto motu fortes, difficulter congelantur. Calor autem motusve intestinus ab igne est, seu luce, id est tenuissimo spiritu permeante. Atque ita ad motricem causam perventum est, unde sacra quoque historia Cosmogeniae initium capit." Im folgendem §. führt er seine Ansicht über die Bildung der Erdfläche weiter aus. Die Gebirge und Gesteine sind ihm aus dem Flüssigen, theils durch Abkühlung und theils durch Niederschlag, entstanden. „Itaque incendiis et inundationibus varie transformata sunt corpora." Wir bewohnen einen Vulkan. „Sane plerisque creditum, et a sacris etiam scriptoribus insinuatum est, conditos in abdito telluris ignis thesauros." Die Oberfläche der Erde ist der Schlacke gleich, welche das flüssige Metall aus einem Schmelzofen bedeckt, und vor ihm erhärtet. „Postremo credibile est, contrahentem se refrigeratione crustam, ut it metallis, et aliis, quae fusione porosiora fiunt, bullas reliquisse, ingentes pro rei magnitudine, id est, sub vastis fornicibus cavitates, quibus inclusus fuit aër humorve; tum etiam in folia quaedam discessisse, et varietate materiae calorisque inaequaliter subsedisse massas, quin et dissiluisse passim, fragminibus in declivia vallium inclinatis, cum partes firmiores, et velut columnae, supremum locum tuerentur; unde jam tum montes superfuere. Accessit pondus aquarum, ad alveum sibi parandum in molli adhuc fundo. Denique vel pondere materiae, vel erumpente spiritu, fracti fornices, maximaeque, humore cavitatibus per ruinas expulso, aut sponte montibus effluente, secutae inundationes, quae cum deinde rursus sedimenta per intervalla deponerent, atque his indurescentibus, redeunte mox simili causa, strata subinde diversa alia aliis imponerentur, facies teneri adhuc orbis saepius novata est. Donec quiescentibus causis etque aequilibratis, consistentior emergeret status rerum. Unde jam duplex origo intelligitur firmorum corporum; una, cum ab ignis fusione refrigescerent, altera cum reconcrescerent ex solutione aquarum. Neque igitur putandum est lapides ex sola esse fusione. Id enim potissimum de prima tan-

tum massa ac terrae basi accipio; nec dubito, postea materiam liquidam in superficie telluris procurrentem, quiete mox reddita, ex ramentis subactis ingentem materiae vim deposuisse, quorum alia varias terrae species formarunt, alia in saxa induruere, e quibus strata diversa sibi super imposita diversas praecipitationum vices atque intervalla testantur." Diese Behauptungen werden nun weiterhin durch Thatsachen erläutert und unterstützt.

Zusatz 5 (zu S. 40).

Buffon hatte an mehreren Stellen seiner Théorie de la terre nachzuweisen gesucht, wie sein System sich den Lehren der Kirche näher anschließe, als andere. Dennoch wurden ihm von der Sorbonne 14 Sätze seiner Naturgeschichte, die den Grundsätzen der Kirche entgegen seien, bemerklich gemacht. Die einzige auf Geologie sich beziehende für verwerflich erachtete Stelle bildet den Schlußsatz seiner Theorie der Erde, und worin er das Hauptresultat derselben zusammen faßt. Sie heißt: „Ce sont donc les eaux rassemblées dans la vaste étendue des mers qui, par le mouvement continuel du flux et du reflux, ont produit les montagnes, les vallées, et les autres inégalités de la terre; ce sont les courans de la mer qui ont creusé les vallons et élevé les collines en leur donnant des directions correspondantes; ce sont ces mêmes eaux de la mer qui, en transportant les terres, les ont disposées les unes sur les autres par lits horizontaux; et ce sont les eaux du ciel qui peu à peu détruissent l'ouvrage de la mer, qui rabaissent continuellement la hauteur des montagnes, qui comblent les valées, les bouches des fleuves et les golfes, et qui, ramenant tout au niveau, rendront un jour cette terre à la mer, qui s'en emparera successivement, en laissant à découvert de nouveaux continens entrecoupés de vallons et de montagnes et tout semblables à ceux que nous habitons aujourd'hui." Buffon wurde zu folgender Erklärung veranlaßt: »Ich erkläre, daß ich nicht den Vorsatz gehabt habe, dem Text der heiligen Schrift zu widersprechen, daß ich fest das glaube, was darin über die Schöpfung gesagt ist; sowohl was die Ordnung der Zeit, als auch, was die Materie betrifft; und ich sage mich von allem dem los in meinem Buche, was die Bildung der Erde angeht, und im Allgemeinen von dem, was der Erzählung des Moses zuwider ist.« Diese Erklärung ist nunmehr lange aus den Ausgaben Buffon's verschwunden, während jene angegriffene Stelle nie verdrängt worden ist.

Zusatz 6 (zu S. 51).

Die angeführte Formel, welche sich der Gesammtheit aller bisher bekannt gewordenen Versuche über die Expansivkraft des Was-

ferdampfs bei verschiedenen Temperaturen genauer anschließt, als die übrigen bisher aufgestellten Formeln, ist:
$t = 100 + 64{,}295 \log. e + 13{,}895 \log.^2 e + 2{,}9098 \log.^3 e + 0{,}1743 \log.^4 e$,
in welcher t die Temperatur nach Graden der hunderttheiligen Scala, und e die Expansivkraft in Atmosphären bezeichnet.

Zusatz 7 (zu S. 54).

Ich habe in der bezeichneten Stelle nicht näher auf die von Fourier und Andern ermittelten Zahlen über die Dauer der Abkühlung der Erde eingehen mögen, weil die angestellten Berechnungen auf gar zu unsichern Elementen beruhen. Es ist wohl zu berücksichtigen, daß die Abkühlung der Erde durch Ausstrahlung durch das Medium der Luft vor sich geht, und daß dabei alle die Erscheinungen in Betracht zu ziehen sind, welche erst in den letztern Jahren durch die Versuche von Melloni bekannt wurden. Die Abhandlung von Pouillet: „Mémoire sur la chaleur solaire, sur les pouvoirs royonnants et absorbants de l'air atmosphérique, et sur la temperature de l'espace, Paris 1838", kann die Fehler bemerklich machen, die man begeht, wenn die obige Rücksicht nicht beachtet wird. Andere Fehlerquellen bei den bis jetzt aufgestellten Berechnungen muß ich, des beschränkten Raumes wegen, übergehen. Um aber doch einen beiläufigen Begriff von den Zeiträumen zu geben, welche ein Körper von der Größe der Erde bei seiner Abkühlung gebraucht, theile ich hier einige Resultate der sehr verdienstlichen Untersuchungen mit, welche Bischof in den letztern Jahren über diesen Gegenstand angestellt hat. Er ließ auf der Sayner-Hütte drei Basaltkugeln von 24", 27" und 9" Durchmesser gießen. Bei der ersten Kugel beobachtete er während der Abkühlung die Temperaturen an der Oberfläche des 2" dicken Lehmmantels, an der Oberfläche der Kugel und 2" tief unter derselben. Werden die Ueberschüsse derselben über der Lufttemperatur von zwölf zu zwölf Stunden zusammen gestellt; so bilden sie eine geometrische Reihe mit dem genäherten Exponenten $2^1/_6$. Hieraus folgt, daß die Verhältnißzahlen zwischen den Temperatur-Ueberschüssen an zwei Stellen von ungleichem Abstande vom Mittelpunkte wiederum eine geometrische Reihe bilden müssen, deren Exponent $= \frac{e}{E}$ ist, wenn die Erkältungs-Exponenten für die beiden Stellen e und E sind. Die Abkühlung der Kugel von der Schmelzhitze bis zu einem Ueberschusse von 0°,1 R. fand statt für die Oberfläche in 7 Tagen, 7 Stunden, für eine Tiefe von 2" in 7 Tagen, 9 Stunden. — Die Beobachtung der Abkühlung an den beiden letzten Kugeln wiesen die Richtigkeit der theoretischen Gesetze nach, daß sich die Abkühlungszeiten für gleiche Temperatur-Ueberschüsse wie die Durchmesser der Kugeln verhalten, und daß die Temperaturen nach dem Mittelpunkte zu in geometrischer Progression zunehmen, wenn die Tiefen eine arithmetische Progression bilden. Nimmt man nun an,

daß sich die Erdwärme an der Oberfläche und unter dem Aequator seit 2000 Jahren nur um 0°,1 R. vermindert habe, wie dies wahrscheinlich sein mag; nimmt man ferner die Temperatur des Weltraums zu — 40° R. an: so beträgt der Erkaltungs-Exponent der Erde für 2000 Jahre $= \frac{62,1}{62,0} = 1,00161$. Damit also die Erde um 1 Grad erkalte, ist eine Zeitdauer von $2000 \cdot \frac{\log. 63 - \log. 62}{\log. 1,00161}$ = 20000 Jahren nöthig. Die Erkaltung von der Siedhitze, also einer Temperatur von 80° R., bis zu unsern Zeiten würde nach diesen Rechnungen eine Zeitdauer von $2000 \cdot \frac{\log. 120 - \log. 62}{\log. 1,00161}$ = 800000 Jahren erfordern. — Wird die Zeitdauer der Erd-Abkühlung nach Verhältniß der Durchmesser der Erde zu dem der Basaltkugel berechnet; so ergeben sich für die Erd-Abkühlung weit geringere Zeiträume, die jedoch durch den Einfluß, den die Atmosphäre auf die Ausstrahlung, und die Sonne durch ihre Erwärmung ausübten, sehr bedeutend vergrößert werden.

Zusatz 8 (zu S. 58).

Ueber die hohen Temperaturen, in welchen Pflanzen und Thiere noch leben können, theilt Bischof die folgenden von mehreren Naturforschern gesammelten Thatsachen mit: »Sonnerat und Prevost sahen in Ostindien den Vitex Agnus castus L. bei einer Quelle von 76° C., und auf der Insel Luzon an einem Bache von 86° C. Wärme wachsen. In dem Bache lebten mehrere Arten von Fischen, die Ufer waren mit grünem Rasen bekleidet, die Pflanzen reichten mit ihren Wurzeln bis ins Wasser. G. R. Forster fand den Vitex am Fuße eines Vulkans der Insel Tanna, in einem Boden von 100° Temperatur. Thymus serpyllum soll am Rande des Geisers auf Island gedeihen. In den 75° warmen Quellen des Baikal gedeihen ebenfalls Pflanzen. Desfontaines fand mehrere Pflanzen in der Nähe der heißen Quellen von Bona von 96° Wärme. Nach Adanson wachsen am Senegal verschiedene Pflanzen und bleiben grün, obgleich der Sandboden oft eine Wärme von 76° annimmt. Die Oscillatorien leben in heißen Quellen von 60 bis 75° Wärme. Conferven finden sich in siedend heißen Quellen. In dem Wasser der 45° warmen Bäder zu Aix in Savoyen entwickeln sich und leben Insekten. Dunbar und Hunter fanden an der Grenze der vereinigten Staaten einige, 50 bis 60° warme, Quellen, in denen nicht nur Conferven, Kräuter, Gebüsche und Bäume wuchsen, sondern auch Muscheln lebten. Der Turbo thermalis, ein Bewohner des adriatischen Meeres, findet sich auch in den 50° warmen Quellen von Albano. In den warmen Bädern auf Manilla sollen Fische in einer Temperatur von 60°, ja sogar von 85° leben. In den Carlsbader Thermen, die eine Wärme von 74° C. haben, befinden sich Infusorien.«

Zusatz 9 (zu S. 63).

Die Kohlenfelder im Flötzgebirge kommen sehr häufig vor; kaum gibt es ein Land von einiger Ausdehnung, das nicht, wenn es mit Flötzgebirgen bedeckt ist, auch in ihnen Kohlen-Ablagerungen enthielte. Da man jedoch in den meisten Ländern erst vor noch nicht langer Zeit angefangen hat, die Kohlen zu gewinnen und zu benutzen; so müssen noch sehr viele Kohlenfelder, selbst in cultivirten Landstrichen, unentdeckt geblieben sein. Dieses häufige Vorkommen der Kohlen-Ablagerungen scheint mir die Entstehungsweise, welche Buckland andeutet, und welche er mit der Art vergleicht, wie das Treibholz sich aus den gegenwärtigen Wäldern Amerika's in den Meerbusen der großen Ströme dieses Continents, besonders in dem Meerbusen des Mississippi und des Mackenzieflusses aufhäuft, auszuschließen. Meine eigene Ansicht habe ich schon oben mitgetheilt. — Die Kohlen-Ablagerungen im Tertiär-Gebirge nehmen den Character der Braunkohle an. In ihr sind die Pflanzentheile weniger mineralisirt worden, und zeigen oft noch sehr deutlich ihre ganze frühere Structur. Auch die Braunkohlenlager sind sehr weit verbreitet. In unsern Gegenden ziehen sich Lager von Braunkohlen aus den Gegenden von Aachen bis nach Bonn am Rheine hin, wo sie in Schichten von 100′ Mächtigkeit vorkommen. Auf dem rechten Rheinufer erstrecken sich die Braunkohlenlager vom Siebengebirge und von Linz aus bis tief in die Wetterau und den Westerwald hinein. Weiter östlich treten sie wieder im Habichtswalde und am Meisner auf. In dem thüringischen Becken kommen sie bei Artern, und in den Saalgegenden bei Dörrenberg und Halle in mächtigen Lagern vor. Am Rhein und in den Gegenden von Cassel sind sie an vielen Stellen von Basalt und Trachyt durchbrochen und überdeckt worden. Sie liegen gewöhnlich auf Schichten von zähem Thon und werden von mächtigen Sandmassen überdeckt. Sie schließen eine ungeheure Menge von Pflanzenstoffen ein. Große Holzstämme kommen sehr häufig in ihnen vor. — Zu den Bildungen der historischen Zeit gehören die Pflanzenlager in den Urwäldern der heißen Zone, die sogenannten untermeerischen Wälder und die Torflager.

Ein zweites Mineral, welches ebenfalls wegen seines häufigen Vorkommens, und weil es alle Formationen der gesammten Erdbildung begleitet, Merkwürdigkeit hat, ist das Eisenerz. Auf den Höhen des mährischen Gebirges wird verwitterter Grünstein in Hochöfen verhüttet. Die Gänge in den Ur- und Uebergangsgebirgen enthalten unermeßliche Ablagerungen von Eisenerzen, die oft ganze Berge bilden. In der Kohlengruppe kommen Eisenerze in Flötzen als Thoneisenstein vor. Im Tertiär-Gebirge sind die meisten Thonlager stark eisenhaltig. In Torfmooren finden sich kohlensaure Eisen-Oxidule und phosphorsaure Eisen-Oxyde sehr häufig. Und in Sumpfgegenden bildet sich der Raseneisenstein noch unter unsern Augen.

Zusatz 10 (zu S. 65).

So sinnreich die von Elie de Beaumont aufgestellten Ansichten auch sein mögen, und so geschickt er sie mit guten Beobachtungen in Verbindung zu bringen gewußt hat; so dürften sie doch bei gründlicherer Erörterung bedeutender Modificationen fähig erscheinen. Es kann hier der Ort nicht sein, auf diesen Gegenstand näher einzugehen.

Zusatz 11 (zu S. 70).

Unzweifelhaft gehört die Emporhebung des Jorullo zu einem der großartigsten vulcanischen Ereignisse der geschichtlichen Zeit. Bei der folgenden kurzen Beschreibung dieses Ereignisses bin ich der Darstellung von v. Humboldt, der den Vulcan und die Umgegend desselben bereiset und genau untersucht hat, gefolgt.

v. Humboldt macht auf die merkwürdige Thatsache aufmerksam, daß alle Spitzen der Cordilleren von Anahuac, die sich über die Schneelinie erheben, in einer schmalen Zone zwischen 18° 59′ und 19° 12′ nördlicher Breite liegen, und daß die Richtung dieser Zone fast senkrecht auf der Richtung des Haupt-Gebirgszuges steht. In dieser Zone liegen von Westen nach Osten die großen Vulcane von Orizaba (Citlaltepetl), die beiden von Puebla (Popocatepetl und Nevado de Toluca), der Pic von Tancitaro, der Vulcan von Colima. Zwischen den wirklichen Vulcanen dieser Linie stehen andere Bergspitzen, deren Form und die Natur ihrer Gesteine den vulcanischen Ursprung nicht verkennen läßt. In der westlichen Verlängerung dieser vulcanischen Linie tauchen die kleinen Inseln von Nevillagigedo aus dem Meere, in deren Gewässern man Bimsteine auf der See schwimmend gefunden hat. Aus diesen Verhältnissen folgert v. Humboldt die Wahrscheinlichkeit, daß sich in der Tiefe der Erdrinde in der Linie der genannten Vulcane eine Spalte befinde, die sich in einer Länge von 150 Meilen quer durch den Continent bis zu der genannten Inselgruppe erstrecke.

Auf dieser vulcanischen Linie liegt nun auch, 36 Meilen von der Meeresküste und 42 Meilen von andern Vulcanen abstehend, fast in der Mitte zwischen der Stadt Mexico und dem stillen Ocean, die große Ebene von Aguasarco, 2400 bis 2500 par. Fuß über dem Meere, die durch ihren Baumwollenbau berühmt ist. Die Haupt-Gebirgsschichten bestehen hier aus Porphyr und Grünstein, auf welchen sich hohe, fruchtbare Basaltkegel erheben. Trotz dieser sichern Anzeichen einer frühern vulcanischen Thätigkeit, war die Gegend frei von neuern Eruptionen geblieben. Im Juni 1759 hörte man das erste unterirdische Geräusch, das sich bald zu dem schrecklichsten, mit Erdstößen begleiteten, Gebrülle steigerte, und zwei Monate lang andauerte. In der Nacht vom 28. zum 29. September wurde dieses Getöse so furchtbar stark, daß die Bewohner vor Schrecken auf die Gebirge von Aguasarco flüchteten. In

dieser Schreckensnacht erhob sich ein Landstrich von 4 Quadratmeilen Fläche blasenartig empor. An den Rändern gewahrt man den Durchbruch der Steinschichten; sie sind gegen 40′ emporgetrieben, und von hier bis gegen der Mitte ist die Fläche gegen 500′ hoch gehoben worden. Augenzeugen dieser furchtbaren Catastrophe versichern, daß auf einem Bereich von einer halben Quadratmeile überall Flammen hervorbrachen; Felsentrümmer wurden auf eine ungeheuere Höhe emporgeschleudert. Die beiden Flüsse Cuitimba und San Pedro ergossen ihre Wasser in die feurigen Schluchten. Tausende von kleinen Kegeln, von 6′ bis 10′ Höhe, stiegen als Fumarolen aus dem Boden empor. Als v. Humboldt im Jahre 1803 die Gegend besuchte, zeigten die aus diesen Fumarolen aufsteigenden Dämpfe noch immer eine Temperatur von 95° C., und im Innern hörte man ein Geräusch, wie von siedendem Wasser. In der Mitte dieser Oefen (hornitos) sind mehrere hohe Erdhaufen aufgeworfen, und unter diesen hebt sich der eigentliche Vulcan 1600′ hoch über die umliegende Ebene empor. Die großen Eruptionen desselben dauerten bis gegen die Mitte des Februars 1760, und wurden in den folgenden Jahren allmählig seltener. Während der Haupt-Ausbrüche fiel in Entfernungen von 48 Meilen noch viele Asche nieder. Die Quellen der beiden genannten Flüsse sind versiegt; dagegen sind westlicher in dem aufgetriebenen Boden zwei neue Quellen entstanden, deren Wasser eine Temperatur von 52°,7 C. zeigte. v. Humboldt fand die Luft-Temperatur auf der empor gehobenen Ebene, entfernt vom Boden, noch = 43° C., in der Tiefe des Kraters = 50 bis 60° C. Die Hitze stieg in manchen Rissen bis auf 85° C. Der Vulcan hat ungeheuere Massen von schlackichter und basaltischer Lava, welche Trümmer von primitiven Felsarten enthalten, ausgeworfen. Die Gestalt der ganzen Gegend ist durch seinen Ausbruch meilenweit vollkommen geändert.

Zusatz 12 (zu S. 74).

Es ist keine Thatsache bekannt, wodurch eine merkliche Abkühlung des Erdkörpers im Verlaufe der geschichtlichen Zeit in sicherer Weise constatirt würde.

Die ältesten Nachrichten über die Vegetation hat uns die Bibel überliefert, und beziehen sich also auf Unter-Aegypten und Palästina. Diesen Nachrichten zufolge wurde in Palästina zu den Zeiten Mosis Weinbau im Großen getrieben, und Jericho hieß die Palmenstadt. Nun bildet aber der Weinstock auf der einen, und die Dattelpalme auf der andern Seite eine ziemlich scharf abgeschnittene Vegetationsgrenze, die eine mittlere Jahrestemperatur von $17\frac{1}{2}$° R. voraussetzt. Diese Vegetationsgrenze ist, wie es scheint, heute noch dieselbe, die sie vor 3500 Jahren war; Aegypten ist auch heute kein eigentliches Weinland, und über die nördliche Grenze von Palästina hinaus wachsen keine Palmen. Daß sich also die mittlere Temperatur jener Gegenden um keinen gan-

zen Grad könne vermindert haben, läßt sich mit ziemlicher Sicherheit behaupten. — Aus Kleinasien und dem alten Griechenland, der Wiege der europäischen Menschen-Cultur, lassen sich mehrere andere Thatsachen den vorstehenden anreihen. Leider aber fehlen so alte Nachrichten aus nördlichen Regionen, wo grade in unsern Zeiten die Erderkaltung am raschesten vor sich gehen muß. Die Nachrichten über Island und Grönland, die nur wenige Jahrhunderte rückwärts reichen, lassen eine Erniedrigung der Temperatur gar nicht verkennen, die aber freilich die größere Annäherung des beweglichen Polareises, also nicht die allgemeine Abkühlung der Erde, zur Ursache haben könnte. Wir kennen die nördlichern Gegenden seit zu kurzer Zeit, und noch immer nicht genau und umfassend genug, um auf die Erscheinungen in dem einen Landstriche allgemeine Schlüsse zu bauen. Eben so möchte die starke Vorrückung der beiden magnetischen Nordpole, die nachweislich in den letztern drei Jahrhunderten statt gefunden hat, auf eine allgemeine Verrückung des Polareises zurückgeführt werden können, obgleich es mir allerdings nicht wahrscheinlich vorkommt, daß die Stetigkeit der magnetischen Polar-Aenderung von Veränderungen in der Lage der Eismassen, die doch wohl mehr sprungweise und nicht immer in derselben Richtung vor sich gehen mögen, abhängen könne.

Die Ermittelung der Sterntagslänge in den verschiedenen Jahrhunderten würde für die Abkühlung der Erde einen unwiderleglichen Beweis liefern, wenn angenommen werden dürfte, daß die Temperatur-Abnahme eine Verkürzung des Erdradius zur nothwendigen Folge habe. Es gibt aber wichtige Gründe, diese Folge zu bezweifeln. Es ist wohl zu erwägen, daß im Innern der Erde bei einer Abkühlung ein Uebergang aus dem geschmolzenen Zustande in den festen vor sich geht, wobei, wie oben nachgewiesen ist, wahrscheinlich eine Ausdehnung statt findet. Daß diese Ausdehnung die allgemeine Zusammenziehung durch Abkühlung überwiegt, möchte aus dem sich in allen Zeiten bemerklich gemachten Drange von innen nach außen hervorgehen. Es ist aber durch Hervordrängung der Massen aus dem Innern der Erde seit der geschichtlichen Zeit, im Verhältniß der ganzen Erde, doch nur eine so geringe Masse empor gehoben werden, daß schwerlich dadurch der Schwingungs-Mittelpunkt der Erde kann merklich gehoben worden sein. Wenn aber auch nur das Sinken desselben durch die allgemeine Abkühlung compensirt wurde; so mußte wenigstens eine Abnahme der Tageslänge dadurch verhindert werden.

Die Unveränderlichkeit der Tageslänge bei einer fortschreitenden Abkühlung der Erde läßt auch noch eine andere Erklärung zu. Wenn die Erde in der Nähe des Aequators, wie alle Erfahrungen andeuten, dem Punkte einer constanten Temperatur schon sehr nahe gekommen ist, so daß sie in der heißen Zone eben so viel Wärme durch die Sonnenstrahlen wieder erhält, als sie auf verschiedenen Wegen verliert; wenn aber zugleich die Polargegenden, wie dies ebenfalls durch Beobachtungen wahrscheinlich erscheint, von dem

Punkte der constanten Temperatur weiter abstehend, stärker erkalten, als die heißern Himmelsstriche: so muß durch die stärkere Zusammenziehung des Polardurchmessers im Vergleich zum Aequatorial-Durchmesser die flüssige Erdmasse nach dem Aequator zu nach außen gedrängt werden, wodurch nothwendig eine Hebung des Schwingungspunkts erfolgen muß, so daß die Senkung desselben durch Abkühlung dadurch aufgehoben werden könnte.

Aus diesen physikalischen Gründen scheint mir die Nachweisung der Unveränderlichkeit der Tageslänge, wenn dieselbe auch mit aller Sicherheit astronomisch constatirt sein sollte, wogegen ebenfalls Zweifel möchten erhoben werden dürfen, noch immer nicht die Berechtigung zu begründen, auf eine bloß unmerkliche Verminderung der Erdwärme den Schluß zu machen.

Die thermometrischen Beobachtungen sind noch zu jung, als daß aus ihnen die Abnahme der Erdwärme nachgewiesen werden könnte. Die Lufttemperatur ist so großen Schwankungen unterworfen, daß sie nie zu solchen Zwecken benutzt werden kann. Man darf allein durch vielfältige Beobachtungen solcher Quellen, deren Temperatur zwischen möglichst engen Grenzen schwankt, ein genügendes und sicheres Resultat zu erlangen hoffen. Diese Beobachtungen müssen aber sehr viele Quellen, und welche über möglichst große Erdstrecken verbreitet sind, umfassen. Sie müssen mit Thermometern angestellt werden, deren Genauigkeit bis auf ein Hundertstel Grad sich verbürgen läßt. Leider stellen nur noch sehr wenige Beobachter eine so strenge Forderung an ihre Thermometer, und in Frankreich und England ist man sogar noch über die Bedingungen einer größern Genauigkeit in völligster Unwissenheit. — Fast in jeder Gegend gibt es Quellen, deren Temperaturen in den verschiedenen Monaten des Jahres nur ein paar Zehntel eines Grades variiren; es gibt sogar in nicht zu geringer Anzahl Quellen, deren Temperatur nur in den Hundertsteln eines Grades veränderlich ist. Solche Quellen müssen mehrere Jahre lang beobachtet werden, wodurch ihre mittlere Temperatur sich bis auf ein paar Hundertstel Grad genau bestimmen läßt. Freilich können bei einzelnen Quellen im Laufe mehrerer Jahrhunderte Veränderungen eintreten, die unabhängig von der Veränderung der Erdwärme sind, und doch auf die Quellen-Temperatur Einfluß haben. Die dadurch herbeigeführten Irrungen können nur durch Beobachtungen vieler Quellen umgangen werden.

Ich habe mit genauen Thermometern einige Jahre hindurch die Temperatur mehrerer Quellen in der Umgegend von Soest und von Elberfeld mit aller Sorgfalt beobachtet. Diese Beobachtungen sollen an einem andern Orte, als ein geringer Beitrag für eine künftige Bestimmung der Veränderungen in der Temperatur der Erde, bekannt gemacht werden.