

bisweilen Reihen bilden, spricht für ihren plötzlichen Durchbruch und für die momentane Bildung von linearen Spalten; denn überall berstet die Erdrinde in dieser Weise, wenn sie bricht, und ebendaher giebt sie zu reihenweis geordneten Eruptionspunkten Veranlassung.

8.

Temperatur des Erdkörpers in der Tiefe. — Spezifisches Gewicht desselben. — Resultate, die daraus folgen.

Der erste Theil unserer Untersuchung, welcher Auskunft über den Zusammenhang der vulkanischen Phänomene geben sollte, ist durch die fast allgemeine Vertheilung von Erhebungskegeln und gehobenen Eruptionstoffen über die Erdoberfläche ziemlich bejahend für die Annahme eines Zusammenhanges zwischen allen vulkanischen Herden ausgefallen; wir haben nun noch den zweiten Theil, die Temperatur des Erdkörpers in seiner Tiefe betreffend, in Betracht zu ziehen.

Die Mannigfaltigkeit der Temperaturunterschiede in der Atmosphäre, welche den Erdball umgiebt, beweist schon hinlänglich, ohne genauere Beobachtungen, eine Unabhängigkeit ihrer Temperaturgrade von der eigenthümlichen Temperatur des Erdkörpers; denn wären sie Resultate einer solchen, so müßten sich dieselben Unterschiede in der Erde, wie über ihrer Oberfläche in der Atmosphäre zeigen. Nun weiß aber Jedermann, daß es in verschlossenen Kellern im Winter nicht friert, und daß eben diese Räume im Sommer kühl bleiben, während die Atmosphäre im Laufe beider Jahreszeiten durch die verschiedenen Temperaturgrade von -20 bis $+20$ und darüber hindurch geht. Und wie sich in dieser Beziehung bei uns der Erdkörper verhält, so finden wir ihn auch unter dem Aequator, wie am Nordpol, so weit wir letzterem nahe gekommen sind; an beiden Orten ist die Wärme oder Kälte der Luft allein eigen und nicht dem Erdkörper, denn es friert so wenig in Kellern am Nordcap, wie bei uns, und alle hohen Sitzgrade der Tropenzone sind auf die Atmosphäre und einige Zoll der Erdoberfläche beschränkt¹⁾, in welche sie eindringen können. Daher auch

1) Nach Boussingault herrscht schon in einer Tiefe von 8—10 Zoll unter der Oberfläche eine constante Temperatur zwischen den Tropen.

in ihr der gewaltige Unterschied von Tag- und Nacht-Temperatur; ein Wechsel, der eben so unbegreiflich sein würde, wie der Unterschied zwischen der Sommer- und Winter-Temperatur in der gemäßigten Zone, wenn man die Temperatur der Atmosphäre überhaupt von der Erdboden-Temperatur ableiten wollte.

Schon aus dieser kurzen Betrachtung folgern wir mit allem Recht eine eigenthümliche Temperatur des Erdkörpers, die von der Temperatur in der Atmosphäre unabhängig ist. Auf die Beschaffenheit dieser seiner Temperatur näher eingehend finden wir zunächst, daß sie in Tiefen, bis zu welchen die Unterschiede der Luft-Temperatur nicht mehr hinabbringen, entschieden über 0° sein muß, denn wäre sie unter 0° , so müßte alles Wasser in der Erde gefroren sein, und das ist nur in sehr hohen Breiten an Orten der Fall, deren mittlere Temperatur unter 0° fällt²⁾. Da nun das Wasser sehr leicht und schnell die Temperatur seiner Umgebung annimmt, so dürfte uns die Temperatur der an den verschiedensten Orten hervorrieselnden Quellen zunächst einige Aufschlüsse über die Temperatur der Erde selbst ertheilen können. Wir werden hierdurch veranlaßt, uns um die Quellentemperatur etwas näher zu bekümmern.

Die darüber angestellten Untersuchungen haben zu verschiedenen Zeiten zwar von einander abweichende Resultate herbeigeführt, scheinen aber nach den neueren umfassenden Forschungen von *Bischof*³⁾ zu ihrem nunmehrigen definitiven Endergebnis gelangt zu sein. Dieser sorgfältige Gelehrte hat besonders darauf hingewiesen, daß man die Quellen nicht von einem Gesichtspunkte aus beurtheilen dürfe, sondern sowohl den Ursprung ihrer Gewässer, als auch die Tiefe, aus welcher sie hervorströmen, genau beachten müsse, um über ihre Temperatur ein allgemeines Gesetz angeben zu können. Nach seinen Erfahrungen wechseln alle Quellen, welche aus den oberen Schichten der Erdrinde ihren Ursprung nehmen, oder als die unmittelbaren Ableiter superfieller Gewässer: benachbarter Flüsse, Bäche, Seen u. s. w. anzusehen sind, ihre Temperatur in derselben Weise, wie

2) *A. Erman* hat dies Gesetz allgemein nachgewiesen (Monatsbericht der Berliner geogr. Gesellsch. I. 26). Es folgt daraus von selbst, daß Gegenden mit gefrorenem Boden keine fließenden Quellen oder Brunnen haben können, wie es die Bohrversuche bei *Sakutsf* bestätigen. Die Stärke des gefrorenen Bodens kennt man noch nicht; bei *Sakutsf* thaut die Erdoberfläche im Sommer durchschnittlich 3—4 Fuß tief auf.

3) *G. Bischof*, Die Wärmelehre im Innern der Erde. Leipzig 1837. 8. — Dessen: Chemische Geologie. Bonn 1846. 8.

die Atmosphäre und die äußere Kruste der Erde; allein ihre Verschiedenheiten werden erst später empfunden, weil die jedesmalige Luft-Temperatur eine gewisse Zeit braucht, um die Erdschichten zu durchdringen. *Bischof* bestimmt die Schnelligkeit dieser Bewegung in unsern Gegenden auf 6 Fuß für den Monat, und folgert daraus für 36—40 Fuß Tiefe eine halbjährige Dauer des Fortschrittes. Quellen, die nicht unter der genannten Tiefe entspringen, werden also im Sommer kälter sein, als die Luft, im Winter wärmer, und die jedesmalige Differenz der Temperatur wird um so stärker ausfallen, je tiefer die Wasserschicht liegt, aus welcher sie hervorkommen. Zur Bestimmung einer eigenthümlichen Temperatur des Erdkörpers lassen sich aber die Quellen mit veränderlicher Temperatur gewiß nicht in Anwendung bringen; denn ihre Veränderlichkeit würde das Gegentheil beweisen. Wissen wir aber, daß dieselbe mit der Luft-Temperatur in Harmonie steht, so folgt, daß ihre Temperatur aus der Atmosphäre sich herschreibt, mithin für eine Bestimmung der eignen Temperatur des Erdkörpers sich nicht eignet. —

Allein es giebt nicht bloß Quellen mit veränderlicher Temperatur, sondern auch andere vielleicht zahlreichere Quellen mit konstanter, keinem jährlichen Wechsel unterworfenen; und auf solche Quellen richtete sich von jeher die besondere Aufmerksamkeit der Beobachter. Einige konstante Quellen haben ziemlich genau die mittlere Temperatur⁴⁾ des Ortes, an welchem sie entspringen, andere sind kälter, noch andere wärmer; die letzteren nennt man *Thermen*. Früher glaubte man zu dem Resultate gelangt zu sein, daß die Quellen mit konstanter Temperatur in den kalten und gemäßigten Zonen wärmer seien als die mittlere Temperatur des Ortes, in den warmen und heißen Gegenden aber kälter, und leitete diese angebliche Thatsache ebenfalls von den Einwirkungen der Atmosphären-Temperatur auf den Erdboden ab. Man meinte, im Winter, wo eine dicke Schneeschicht die Oberfläche kalter Zonen bedeckte, dringe weniger Kälte in die Erde ein, als die Luft besitze, weil der Schnee eine schützende Decke gegen den Frost abgebe, und das Eindringen niedriger Temperaturen verlangsame. Daher erhalte der Boden im Winter weniger Kälte, als die Luft. Im Sommer aber gelange dieselbe Wärme in ihn, die in der Luft anwesend sei; es

4) Unter der mittleren Temperatur eines Ortes versteht man bekanntlich die Zahl der Grade, welche man erhält, wenn man die Temperaturen aller Tage eines Jahres addirt und durch 365 dividirt. Die Temperatur eines Tages bestimmt man ähnlich durch Summiren der angestellten Tag- und Nachtbeobachtungen und ihre Division mit der Zahl der Beobachtungen.

komme also verhältnißmäßig mehr Wärme in die Tiefe als Kälte, und daher müsse die mittlere Temperatur des Bodens geringer sein, als die der Luft. Stehen nun in dieser Tiefe Wasser, so werden sie die Temperatur ihrer Umgebung annehmen, und die Quellen, welche von den Wassern gespeist werden, eben die Temperatur dieser Wasser besitzen. Umgekehrt sei es in der Tropenzone. Hier verlangsame die in der trocknen und kalten Jahreszeit sehr fest gewordene oberste Schicht des Bodens das Eindringen der tropischen Hitze, während die darauf folgenden heftigen Regengüsse jene Kruste nur langsam erweichen und die dann herrschende höhere Temperatur der Luft an sich tragend mit ihr bloß in die obersten Erdschichten eindringen. Es erhalte also der tropische Boden im Ganzen weniger Wärme, als die Atmosphäre über ihm habe; folglich müsse das Mittel aus beiden Temperaturen im Boden geringer sein, als in der Luft, und die Quellen, welche aus der Tiefe der konstanten Temperatur herauskommen, müßten kälter sein, als die mittlere Luft-Temperatur. Bischof leugnet diesen Prozeß, er behauptet, daß in allen Fällen, wo Beobachter Resultate wie die angedeuteten fanden, lokale Ursachen die Schuld tragen, und daß Quellen mit konstanter Temperatur, welche von der Mittel-Temperatur ihres Ortes abweichen, nicht aus der Region der mittleren Temperatur in der Tiefe ihren Ursprung nehmen, sondern aus einem ganz andern Niveau ihren Wasservorrath entlehnen. Zunächst die kalten Quellen mit konstanter Temperatur rühren von Gewässern her, welche lange Zeit in höheren Regionen der Erdoberfläche verweilten und von der dort herrschenden kältern Temperatur abgekühlt wurden. Sie finden sich darum nur in gebirgigen Gegenden, ganz besonders in tiefen Gebirgsthälern, und erhalten ihr Wasser von den Höhen der Berge, größtentheils aus hochgelegenen Gebirgssseen, oder geradezu aus Gletschern, deren unterirdisch abfließende Gewässer sie zu Tage fördern. Anders verhalten sich die Thermen; ihre höhere Temperatur zeigt auf einen tiefern Ursprung hin, weil die eigentlichen Wasservorräthe aller warmen Quellen, deren Lage sich bestimmen läßt, in größeren Tiefen angetroffen werden. Dies gilt zumal von den künstlich erbohrten Quellen oder Artesischen Brunnen, welche aus einer genau bekannten Tiefe sich erheben; immer ist ihre Temperatur größer, als die mittlere Temperatur ihres Ortes, und zwar um so bedeutender, je tiefer sie entspringen. Die vielfach besprochene, künstliche Quelle von Grenelle bei Paris, deren Wasser in 1800 Fuß Tiefe erbohrt wurde, hat eine Temperatur von 22° Reaum., neben der mittleren Ortstemperatur von 8° Reaumur. Das erst kürzlich bei Neuffen in Schwaben bis zu

1186 Fuß niedergetriebene Bohrloch ergab die überraschende Höhe von 36° Reaum., wiewohl die daselbst herrschende mittlere Temperatur jene von Paris schwerlich übertreffen wird. Auch bei Artern in Thüringen, wo man vor einigen Jahren das Steinsalzlager in einer Tiefe von 986 Fuß durch Bohrversuche auffand, besitzt die Soole eine Temperatur von 15° Reaum., und bei Dürrenberge, wo die Bohrversuche noch fortgesetzt werden, obgleich man schon bis auf 1065 Fuß Tiefe hinabgedrungen ist, hat die aus 660' Tiefe hervorquellende Soole ebenfalls eine Temperatur von 15° Reaum. gezeigt; während die mittlere Temperatur in hiesiger Gegend 6° Reaum. nur wenig überschreitet. Auf ähnliche vielfach wiederholte Erfahrungen gestützt, erklärt es Bischof für ein allgemeines und völlig außer Zweifel gestelltes Gesetz, daß die Quellen um so wärmer sind, je tiefer ihr Ursprung liegt, und umgekehrt um so kälter, je höher ihre Wasser im Erdboden anstehen. Hieraus folgt aber, daß der Erdkörper in einer gewissen Tiefe erwärmend auf die in ihm enthaltenen Wasser einwirke, selbst also eine gewisse höhere Temperatur haben müsse; wenn man nicht jene Wärme von lokalen zufälligen Umständen herleiten könnte, was freilich in manchen Fällen wohl möglich sein möchte.

Eine solche Annahme scheint nämlich für sehr warme oder heiße Quellen zulässig, und wird für sie auch gern zugegeben. Denn betrachten wir die Ursprungsorte heißer Quellen ⁵⁾ genauer, so ergibt sich in den meisten Fällen sehr bald eine Beziehung derselben zu noch thätigen oder erloschenen Vulkanen, und da wir die hohe Hitze derselben bereits kennen, so dürfen wir uns über die gesteigerte Temperatur des Wassers in ihrer Nähe nicht wundern. Wir können daher aus heißen Quellen nicht mehr über die Temperatur des Erdkörpers folgern, als was wir schon aus den Vulkanen erfahren; höchstens ließe sich aus der Anwesenheit der meisten heißen Quellen in der Nähe erloschener Vulkane beweisen, daß in der Tiefe dieser ausgebrannten Regel noch ein hoher Hitze grad herrschen müsse; mithin ein Vulkan, der keine Eruptionen mehr macht, noch nicht die gänzliche Abnahme der Temperatur auf seinem alten Herde oder in seiner Nähe bezeuge.

⁵⁾ Die beobachteten Temperaturen warmer Quellen sind sehr verschieden und schwanken selbst an nahe gelegenen Orten sehr stark. Von den Tepalizer Quellen haben einige 21° , andere 38° . Bieulich eben so warm sind die Quellen am Montd'or. Die Aachener Quellen haben 46° , die Burtseider bis 62° , der Karlsbader Sprudel 39° ; eine Quelle zu Trincheria bei Valencia in Süd-Amerika 72° , die Springquelle des Geijer sogar 80° .

Die Untersuchungen der Quellen führen also zu einem nur annäherungsmäßig befriedigenden Resultate über die eigene Temperatur des Erdkörpers, sie zeigen entweder eine Schwankung der Temperatur in den obersten Schichten der Erdrinde, je nach der Verschiedenheit des Orts, und eine Abhängigkeit derselben, ganz wie in der Atmosphäre, von der Einwirkung der Sonne; oder bei konstanter Temperatur einen Ursprung aus Tiefen, welche zwar erwärmend wirken, aber hohe Hitzegrade noch nicht zu besitzen scheinen. Wir müssen daher zu beträchtlicheren Tiefen uns wenden, wenn wir die dem Erdkörper eigenthümliche hohe Temperatur erkennen wollen.

Man hat jetzt ziemlich genügende Erfahrungen über diesen Punkt, und ist besonders durch die vielfachen neueren Bohrversuche zu dem allgemeinen Resultate gekommen, daß die Temperatur im Innern der Erde um so mehr zunimmt, je tiefer man in dieselbe eindringt⁶⁾. Ein solches Resultat, wenn es als ein allgemeines angenommen werden darf, ist gerade für uns ein höchst wichtiges und willkommenes, weshalb wir bei seiner näheren Begründung noch einige Zeit verweilen wollen. Erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden die Physiker auf diesen Punkt aufmerksam; man überzeugte sich, daß unter einer Tiefe von 50—60' die mittlere Bodentemperatur der gemäßigten Zone nicht mehr konstant bleibe, sondern dafür nach und nach eine höhere sich einstelle, je tiefer man vordringt. Eine so merkwürdige Thatsache erregte die Wissbegierde vieler Naturforscher, und veranlaßte d'Aubuisson, Saussure, v. Trebra, For, Alex. v. Humboldt, Cordier u. m. a., Beobachtungen anzustellen, um Resultate daraus abzuleiten. Bei allen war das Ergebnis dasselbe, wenn auch die Gradation dieser Zunahme an verschiedenen Orten als verschieden sich auswies und zwischen 75—110 Fuß für 1° Wärmesteigerung schwankte. Da es scheint, nach den neuesten und höchst sorgfältigen Beobachtungen, welche an mehreren Orten der preussischen Monarchie angestellt wurden, die letztgenannte Zahl der Fuße für unsere Gegenden die wahrscheinlichste zu sein, und nach vielfach wiederholten Beobachtungen an verschiedenen Punkten gleicher Breite bald eine etwas größere, bald eine geringere Wärmezunahme stattzufinden. Zugleich scheinen, in Folge dieser Beobachtungen, nicht alle Gesteine eine gleiche Steigerung oder gleiche Temperaturgrade überhaupt zu besitzen, sondern die einen wärmer zu sein als die andern. Noch interessanter ist die von For beobachtete Erscheinung, daß die metallhaltigen Gänge

6) Ausführliche Mittheilungen über diesen Gegenstand geben die bereits erwähnten (S. 122) Werke von Bischof.

wärmer sein sollen, als die sie umgebenden Gesteine; sie bedarf indeß einer erneuten Untersuchung, um für allgemeine Thatsache gelten zu können, so willkommen sie auch, bei der bekannten größeren Wärmeleitfähigkeit der Metalle, denen sein mag, die eine Centralgluth aus dieser Wärmezunahme nach innen herleiten. —

Die Nothwendigkeit einer solchen Annahme versteht sich wohl von selbst, wenn das auf den Beobachtungen der Erdrinde bis zu einer Tiefe von nahe an 2000 Fuß beruhende Gesetz einer stetigen Wärmezunahme nach unten ein allgemeines ist, und auch für größere Tiefen in ähnlicher Weise gilt. Denn nehmen wir bei einer Tiefe von 40 Fuß 8° Reaum. als mittlere Bodentemperatur unserer Gegenden an, und lassen von da die Wärme mit je 110 Fuß um 1° wachsen, so erhalten wir schon bei 9000 Fuß Tiefe die Siedhize des Wassers. Hierbei ist nun bloß eine gleichmäßige arithmetische Zunahme vorausgesetzt, die nicht einmal wahrscheinlich ist, wenn die innere Wärme von einer Centralgluth herrührt; sie müßte vielmehr in diesem Fall nach unten schneller, nämlich in geometrischer Progression, steigen, mithin schon bei einer geringeren Tiefe bis auf den Siedpunkt des Wassers gekommen sein. Eine Tiefe von 9000 Fuß ist aber für die Masse des Erdkörpers eine sehr geringe; auch müßten, wenn die glühenden Massen, welche von den Vulkanen ausgeworfen werden, von einer Centralgluth herrühren sollen, dieselben begreiflicherweise noch viel tiefer liegen. Die Frage, eine wie große Tiefe zu ihrem Flusse erforderlich sei, ist übrigens nicht so schwierig, wenn man weiß, wie hoch der Hitzgrad ist, mit welchem die geschmolzenen glühenden Laven hervorbrechen. Sichere Angaben sind freilich darüber nicht vorhanden, denn *Barrot* setzt sie z. B. auf den Schmelzpunkt des Silbers (978° R.), *Hoffmann* dagegen auf den des Eisens (1540° R.); und *Bischof* fand geschmolzenen Basalt in einer Temperatur, welche den Schmelzpunkt des Kupfers (1118° R.) übertraf⁷⁾. Wollen wir demnach diese directe Beobachtung als Maasstab annehmen, und die Temperatur der vulkanischen Herde etwa auf 1200° Reaum. setzen, so würde bei gleichmäßiger Zunahme der Wärme in der oben angegebenen Weise eine Tiefe von 6 geogr. Meilen erforderlich sein, um jenen Hitzgrad hervorzubringen⁸⁾. Selbst diese Tiefe, so bedeu-

7) Die Zahlenwerthe beruhen auf Messungen mit *Daniell's* Pyrometer; die mit dem *Wedgwood's*chen ergeben, namentlich für das Eisen, eine weit höhere Temperatur.

8) Auch diese Angabe ist vielleicht noch zu groß; *Mitscherlich* glaubt annehmen

tend sie uns auch erscheinen mag, ist in der That gering gegen den Halbmesser unserer Erdkugel von $859\frac{3}{10}$ Meilen; sie würde uns, wenn wir sie als den muthmaßlichen Durchmesser der festen Rinde annehmen wollten, doch einen Kern von 140mal größerem Durchmesser ergeben, mithin kaum tiefer in die Erdmasse hinein sich erstrecken, wie am Apfel etwa die lederartige Rinde sich verbreitet, welche wir behufs des Genusses von der ganzen Frucht abschälen.

Der Annahme eines stetigen Fortschrittes der Temperatur gegen den Mittelpunkt der Erde in derselben Weise, wie wir ihn bei geringen Tiefen nahe der Oberfläche entschieden wahrnehmen, kann aber kein in der Natur unseres Erdkörpers, so weit wir ihn kennen, begründeter Einwurf entgegen gesetzt werden; vielmehr dürfte sich dazu aus den beobachteten Thatsachen eine hinreichende Veranlassung ergeben, und somit die vorgetragene Schlussfolge als eine gerechtfertigte erscheinen.

Dieses wichtige Resultat giebt uns, in Verbindung mit der fast allgemeinen Verbreitung thätiger Vulkane an den Rändern der großen Continentalmassen, gleichwie das Vorhandensein vulkanischer Eruptionsstoffe oder Kegelberge in der Nähe vieler, wenn nicht aller, größeren Gebirgssysteme, ein bedeutungsvolles Mittel an die Hand, von den früheren Zuständen unseres Erdkörpers eine Vorstellung zu gewinnen; es läßt zunächst der Annahme völlige Berechtigung, daß jene beiden Erscheinungen in einem innigen Zusammenhange stehen, daß in bedeutenden Tiefen geschmolzene Materien überall im Erdkörper vorhanden sein werden, und daß diese geschmolzenen innersten Bestandtheile der Erde, von sich entwickelnden Dämpfen und großen Druckkräften anderer Art getrieben, nach oben durchbrachen, wo sie den geringsten Widerstand gefunden haben.

Ehe wir aus einer so bedeutungsvollen und allem Anschein nach entschiedenen Thatsache von der Beschaffenheit des Erdkörpers in Tiefen, bis zu denen wir nicht mehr vordringen können, Schlüsse über die frühere Beschaffenheit desselben und seine ersten jugendlichen Zustände herleiten, scheint es passend zu sein, von den Schichten unter jenen geschmolzenen Materien und ihrer wahrscheinlichen Dualität einige Ansichten zu entwickeln, die auf ähnlichen Grundlagen beruhen, wie die Behauptung eines feurig-flüssigen Stratum's unter der festen Rinde.

zu dürfen, daß schon in einer Tiefe von 5 Meilen die Schmelzhitze des Granits herrsche, wenn letztere, wie Versuche ihm lehrten, auf 1300 Cels. (1040 Reaum.) gesetzt wird.

Man hat nämlich, von demselben Interesse geleitet, welches uns anspornt, die frühere Geschichte des Erdkörpers aus seinen gegenwärtigen Erscheinungen zu erklären, auch mancherlei Ansichten über die innerste Beschaffenheit, über den Kern der Erde aufgestellt, und ihn bald für hohl erklärt, bald mit einem gasförmigen Stoffe als erfüllt betrachtet. Diese letztere Ansicht könnte sogar mit einiger Wahrscheinlichkeit aus der schnellen, in geometrischer Progression steigenden Wärmezunahme nach innen gefolgert werden; allein der Druck, den die peripherischen Massen auf die centralen ausüben, und von jeher ausgeübt haben müssen, scheint ihre Annahme zu verbieten. — So unsicheren Muthmaßungen wollen wir indeß keine weitere Folge geben, sondern lieber auf Thatfachen hinweisen, die der unmittelbaren Beobachtung zugänglich und durch sie bereits ermittelt worden sind. Solcher Art ist die Lehre von der Dichtigkeit der Erde, welche uns den Erdkörper mit allen seinen Bestandtheilen wiegen läßt, und darnach ihm die mehr als fünfmalige Schwere einer eben so großen Wasserkugel beilegt. Man nennt das Gewichtsverhältniß, welches auf Vergleichung der Schwere eines anderen Körpers mit der Schwere einer eben so großen Wassermasse beruht, bekanntlich sein spezifisches Gewicht, und findet dasselbe für die Erdmasse als Ganzes genau 5,44 mal schwerer⁹⁾ als das des Wassers allein. Dieses Resultat ist höchst überraschend, weil wir aus den spezifischen Gewichten aller festen Rindenbestandtheile des Erdkörpers höchstens ein Mittelgewicht von 2,78 erhalten. Da nun das Meerwasser noch einen sehr großen Antheil an der Rinde hat, mithin durchaus in Anschlag gebracht werden muß, wenn es sich um das spezifische Gewicht der ganzen Rinde handelt, so würde nach Berücksichtigung seines Antheils das Gewicht der Rinde nur zu 1,52 angenommen werden können. Bestände also die Erde in der Tiefe aus denselben Materien, welche ihre Rinde bilden, so könnte auch ihr spezifisches Gewicht im Ganzen nicht größer sein, als das der Rinde; es müßte vielmehr noch geringer ausfallen, weil das Wasser keineswegs bloß auf der Oberfläche steht, sondern überall bis in beträchtliche Tiefen, ja, wie früher wahrscheinlich gemacht wurde, selbst bis zu den vulkanischen Herden hinabdringt. Ist also das spezifische Gewicht der Erde wirklich 5,44, woran nach den ziemlich übereinstimmenden Untersuchungen der Astronomen und Physiker nicht gut ge-

9) Die jetzige Angabe statt der früheren, auf 4,93 bestimmten, ist aus den genaueren Untersuchungen von F. Reich gezogen; vergl. dessen Schrift: Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde mittelst der Drehwage. Freiberg 1838. 8.

zweifelt werden kann, so müssen die Schichten der Erde unter der Rinde, welche wir kennen, eine beträchtlich größere Schwere besitzen, da sie mit ihr vereint als Masse abgewogen ein so bedeutendes spezifisches Gewicht des Erdganzen ergeben. Diese Betrachtungsreihe ist eine unzweifelbare, durchaus in der Natur der beobachteten Thatsachen¹⁰⁾ begründete, und führt uns unmittelbar zu dem neuen, wichtigen Resultate, daß Metalle im Innern der Erde an Masse zunehmen müssen, weil sie die einzigen Materien sind, welche an Schwere die Bestandtheile der Erdrinde bedeutend übertreffen. Eine solche Behauptung ist in jeder Beziehung zulässig und gerechtfertigt; gewagter aber würde die Angabe sein, wie und in welchem Zustande sich die Metalle hier finden, und welches von den verschiedenen Metallen das vorherrschende sei. Beide Fragen lassen sich nur mit Wahrscheinlichkeiten, oder geradezu mit Muthmaßungen beantworten, daher es nicht viel ausmachen kann, wenn wir solche Antworten zu geben suchen, oder sie ganz übergehen. Doch ist es vielleicht manchem Leser nicht uninteressant, auch bloße Muthmaßungen zu hören, weshalb wir der Hypothese beitreten, welche im Innern der Erde große Quantitäten von Eisen annimmt. Wir stützen diese Behauptung besonders darauf, daß Eisen von allen Metallen auch am häufigsten in der Rinde sich befindet, daß alle Vulkanlaven Eisen enthalten, und manche von ihnen in hinreichender Menge, um selbst auf den Magnet wirken zu können. Auch die Aerolithen oder Meteorsteine, welche von Zeit zu Zeit auf unsern Planeten herabfallen, und bei näherer Untersuchung, wenigstens häufig¹¹⁾, fast ganz aus Eisen bestehen, können dieser Ansicht als Stütze dienen; da man sie jetzt ziemlich allgemein für eigenthümliche, im Weltraum entstandene Gebilde zu halten geneigt ist, welche auf ihren Bahnen um einen Centrkörper, der von den meisten Astronomen

10) Die Methode, wie man zu den angeführten Thatsachen gelangt, kann hier nicht weiter verfolgt werden, da ihr Verständniß genaue physikalische und mathematische Kenntnisse voraussetzt. Diejenigen Leser, welche sich beider im genügenden Umfange erfreuen, um den darauf beruhenden Untersuchungen folgen zu können, verweise ich noch auf G. Schmid's Lehrbuch der mathematischen Geographie. I. 387. S. 418. und besonders II. 469—487. S. 337—332.

11) Man unterscheidet den chemischen Bestandtheilen nach zwei Arten von Meteorsteinen; die eine viel häufigere Art besteht vorzugsweise aus Eisen (70—96 Proc.) und Nickel, die andere seltenere ist ein Gemenge von krystallinischen Silikaten ohne Eisen, worunter Augit, Labrador, Albit und Hornblende die Hauptmasse bilden. Vergl. Berzelius in Leonhard's und Bronn's neuem Jahrb. 1836. S. 599. und Nammelsberg, Wörterb. der chem. Mineral. I. 422. und I. Suppl. 98. Jene nennt man jetzt lieber Meteorisen und nur diese noch Meteorsteine.

für die Sonne, von einigen für die Erde selbst erklärt wird, in den Bereich der Attraction unseres Planeten gelangten und von ihm völlig angezogen wurden. Die Art und Weise, wie das Eisen in den Meteorsteinen enthalten ist, kann ferner neue Fingerzeige über die Beschaffenheit desselben im Innern der Erde ertheilen; und weil dies Metall im Ganzen eine sehr große Neigung äußert, mit anderen Stoffen chemische Verbindungen einzugehen, so wird sich sein Vorkommen wohl nicht auf den regulinischen Zustand beschränken, sondern wir werden es mannigfach gemischt in der Tiefe des Erdkörpers vermuthen dürfen.

Durch diese Betrachtung, wie viel Wahrscheinlichkeit auch in ihr enthalten sein mag, kann indeß immer nichts Sicheres bewiesen werden; dagegen möchte eine andere verwandte Untersuchung noch etwas mehr Licht über den fraglichen Gegenstand verbreiten. Die allermeisten und gerade die edelsten Metalle befinden sich ganz besonders in den untersten Schichten der Erdrinde; theils in den krystallinischen Straten, deren feurig-flüssiger Ursprung keinem Zweifel mehr unterliegt, theils in den ältesten neptunischen Lagen. In diesen Gesteinen sind die Metalle aber nicht als gleichmäßige Gemengtheile enthalten, sondern an besonderen eigenthümlichen Ablagerungsorten niedergelegt, welche man je nach ihrer Form Gänge oder Lager nennt. Beide sind ganz entschieden Spalten, die Gänge meistens senkrecht oder geneigt aufsteigende, die Lager wagrecht fortgehende, in welche sich eine von dem gespaltenen Gestein verschiedene Masse später eingedrängt hat. Diese Masse ist entweder reines Metall, oder ein krystallisirter erdiger Stoff, oder noch öfter ein Gemisch von beiden. Eine nähere Untersuchung dieser Spalten hat ferner gelehrt, daß sie sich nach oben verschmälern, zulaufen und im Gestein enden, nach unten dagegen häufig weiter werden und immer tiefer und tiefer hinabreichen, indem ihr Ursprung oft unergründlich bleibt, oder wie der Bergmann sich ausdrückt, in die ewige Tiefe hinabsteigt. Dabei zeigen die in ihnen enthaltenen Ausfüllungsmittel in vielen Fällen deutlich das Verhalten von unten emporgequollener Massen; in manchen lückenhaften Gängen scheinen die Stoffe sogar in Dunstform aufgestiegen zu sein, und hier langsam erkaltend als Krystalle an den Wänden sich abgesetzt zu haben; ja es ist oft ganz deutlich, daß die eine Gangmaterie schon da war, als die zweite später in ähnlicher Weise ihr nachfolgte, und dann ist die metallische gewöhnlich die spätere, auf die erdige aufgehäufte¹²⁾.

12) Werner erklärte die Ausfüllung der Gänge, gemäß seiner neptunischen Ansicht,

Alle diese Thatsachen lassen nur die eine Erklärung zu, daß jene ganghaltigen Gebirgsgesteine geraume Zeit nach ihrer Bildung durch neue Kräfte von unten her zerrissen wurden, daß in diese Lücken Materien in flüssiger oder gasförmiger Gestalt hineindrangen und hier krystallinisch oder derb sich absetzten, je nachdem der Ausscheidungsproceß langsam oder schnell, ohne oder mit Störungen von außen verbunden vor sich ging. Dabei versteht es sich von selbst, daß Stoffe, welche von untenher in Lücken anderer eingebrungen sind, unter ihnen liegen müssen; weshalb es bloß einer sorgfältigen Betrachtung der metallischen Ablagerungsorte in der Erdrinde bedarf, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, daß auch diese Metalle vormals unter den Stoffen lagen, in deren Spalten und Rissen oder Lücken sie nunmehr enthalten sind. Auf einem ganz andern, von dem frühern völlig verschiedenen Wege sind wir also wieder zu demselben Resultat gelangt und haben die unter der erforschten Erdrinde gelagerten Schichten als metallische Stoffe erkannt, welche sich wahrscheinlich noch jetzt in einem feurigen Flusse befinden mögen.

Zugleich zeigt uns die nähere Untersuchung des Inhaltes der Gänge, daß der metallische Erdkern keineswegs bloß aus Eisen bestehen könne, denn nicht nur Eisen, auch alle anderen Metalle, werden in ihnen und in den verschiedensten Verbindungen angetroffen. Alle unsere edlen Metalle haben wir aus solchen Gängen, und diejenigen, welche wir nicht daher haben, welche wie das Gold im Sande der Flüsse gefunden werden, stammen doch ohne Zweifel aus Gängen her, und sind von dem im Gange emporsteigenden Wassern bloß mechanisch mit fortgeführt, oder durch Verwitterung des Muttergesteins über die Oberfläche zerstreut worden.

Wir fassen jetzt, zu so bedeutungsvollen Resultaten gelangt, dieselben

durch Abzug aus Gewässern, welche von oben her in die Spalten eingedrungen sein. G. V i s c h o f sucht jetzt die Richtigkeit dieser Ansicht insoweit darzuthun, als er den wässrigen Ursprung der Erz- und Quarzgänge für durchaus nöthig erklärt, und bloß den Gängen, die mit plutonischen und vulkanischen Massen erfüllt sind, eine feurig-flüssige Ausfüllung gestattet (Leonhard's und Bronn's neues Jahrbuch etc. 1844. S. 257). Indes räumt er ein, daß die Ausfüllungsmasse auch auf nassem Wege theils durch heiße Dämpfe, theils durch Infiltration des Wassers von unten herauf geführt oder aus den Muttergesteinen des Ganges ausgelaugt sei. Die Metalle erlitten dabei große Veränderungen und wurden aus kohlen-sauren, schwefel-sauren und andern im Wasser löslichen Verbindungen theils niedergeschlagen, theils als solche abgeschieden und durch Entfernung der Säuren oder des Sauerstoffs in Dryde oder Schwefelmetalle umgesetzt. Vergl. dessen Chemische Geologie. I. u. II. Bonn 1847—1853.

übersichtlich zusammen, ehe wir neue Untersuchungen beginnen, und sprechen in Folge der früheren nachstehende allgemeine Gesetze aus.

1. Der Erdball besteht auf seiner festen Oberfläche aus zweierlei Arten von Bestandtheilen; die einen, welche geschichtet sind, in unabänderlicher Reihe auf einander folgen und Versteinerungen enthalten, sind Niederschläge aus dem Wasser; die anderen von krystallinischem oder derbem Gefüge, stets ohne konstante Reihenfolge und ohne Versteinerungen, befanden sich ursprünglich in einem feurig-flüssigen Zustande.

2. Alle Gebilde der letzteren Art sind von unten emporgehoben, und lagen anfangs als feuriger Fluß, der erst später erkaltete, unter den geschichteten.

3. Unter ihnen finden sich noch jetzt geschmolzene Massen von ähnlicher Beschaffenheit.

4. Der Kern der Erde, und überhaupt das Innere in ihrer Tiefe, ist metallisch, wahrscheinlich sehr stark eisenhaltig.

5. Auch diese metallischen Bestandtheile scheinen im geschmolzenen, vielleicht selbst an einzelnen Stellen im gasförmigen Zustande sich zu befinden.

Von den fünf hier aufgestellten Annahmen ist keine eine bloß hypothetische, die erste vielmehr ein reiner Erfahrungssatz, der lediglich auf Beobachtungen beruht. Läßt sich dies auch nicht von den vier anderen behaupten, so lassen sich doch die Erfahrungen nicht zurückweisen, aus denen wir die in ihnen ausgesprochenen Ansichten folgerten, und da in ihrer Schlußfolge keine Uebereilung, kein vorschneller Ausspruch enthalten ist, so dürfen sie in Berücksichtigung dessen, daß ihnen eine Begründung durch unmittelbare Beobachtung nicht gegeben werden kann, wohl ebenfalls für Thatsachen gelten. Wir benutzen sie als solche, um aus ihnen unsere Theorie der Erdbildung abzuleiten.