

Inauguraldissertation
zur Erlangung
des philosophischen Doctorgrades
an der Universität Leipzig.



Die
Bildung der Erdkruste.

Dargestellt

von

Heinrich Otto Lang.

(Separatabdruck aus der Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch.
Jahrgang 1873, Januar.)

Halle,
Gebauer-Schwetschke'sche Buchdruckerei.
1873.

Die Theorie von dem einstigen feurigflüssigen Zustande unseres Erdballs hat seit *Kant* und *Laplace* viele Heroen der Wissenschaft zu ihren Begründern und Förderern gehabt und sich allgemeine und verdiente Geltung erworben, nachdem schon ältere Naturforscher, wie *Buffon*, *Newton*, *Leibnitz*¹⁾: *von Justi*, *Lazaro Moro*, *von Sprengseisen*, *Silberschlag* u. A. ähnliche Gedanken ausgesprochen hatten. In Anbetracht dieses Umstandes ist es wohl gestattet, auf Grund dieses Theorem's oder Princip's, als welches man es nach dem Vorgange hochverdienter Forscher bezeichnen darf²⁾, weitere Folgerungen zu bilden. Die bis jetzt daraus gefolgerten und darauf begründeten Theorien sind die: dass der Rest des feurigflüssigen Erdballs im Innern der jetzigen Erde noch vorhanden sei, dass also die nach dem Erdinnern zu zunehmende Wärme dem feurigflüssig gebliebenen Erdkerne entstamme, und dann: dass die vulcanischen Erscheinungen Reactionen des flüssigen Erdinnern gegen die starre Erdkruste und Oberfläche seien³⁾.

Auf der *Kant-Laplace*'schen Theorie basirt aber auch noch eine dritte, nicht so allgemein, wie die angeführten, anerkannte Hypothese, die die äussere Krustenbildung der Erde in Betracht zieht und die geschichteten krystallinischen Silicatgesteine

für die Erstarrungskruste der Erde erklärt. Auf die Betrachtung dieser Hypothese näher einzugehen und an Stelle ihrer bisherigen Fassung derselben eine andere zu geben, die in ihrer Verallgemeinerung doch präziser sei und der Wahrheit vielleicht näher komme, soll die Aufgabe dieser Arbeit sein.

Da die oben angeführten Theorien von dem feurigflüssigen Erdinnern und dem Vulcanismus mit der letzterwähnten Hypothese gemeinsamen Ausgangspunkt haben, nämlich das *Kant-Laplace'sche* Theorem, so ist es durch diesen Umstand selbst gegeben, bei Begründung der von mir aufzustellenden Hypothese immer Rückblicke zu thun auf jene Schwestertheorien, um aus den zur Beweisführung für dieselben beobachteten Thatsachen, aus Analogien etc. Beweismaterial für meine Hypothese zu sammeln; dabei betrachte ich den Umstand, der mir von anderer Seite vielleicht zum Vorwurf gemacht werden könnte, dass von mir selbst durch Experimente kein Beweismaterial für diese Hypothese beigebracht wird, als einen Vortheil für die von mir vertheidigte Sache, indem für dieselbe die Thatsachen, die allbekannt oder durch Meister der Wissenschaft constatirt sind, jedenfalls grössere Beweiskraft besitzen, als von mir selbst angestellte und möglicher Weise durch subjective Anschauung und Voreingenommenheit beeinträchtigte Experimente.

Eine Besprechung der Erdkrustenbildung schreibt sich selbst ihren Ausgangspunkt vor, nämlich den Anfangszustand der Erde, wie er nach geologischer Speculation und auf Grund des *Kant-Laplace'schen* Theorems, das für diese Arbeit als Axiom⁴⁾ gelten soll, gewesen sein muss. Von diesem Zustande der Erde aus wollen wir die Entwicklung und Ausbildung der Erdkruste verfolgen.

I.

Wie beschaffen war das Erdmagma zu jener Zeit, bis zu welcher wir mit geologischen Schlüssen zurückgehen können? zu der Zeit, wo die Erde in das Bereich, wenn auch nicht der geologischen Forschung, doch der geologischen Speculation eintrat? — Dieser Zustand der Erde ist, da sich die Erdbildung durch Schlüsse aus geologischen Beobachtungen

der gegenwärtigen Zustände nicht bis zu einem ersten Anfange sondern nur bis zu einem gewissen Stadium zurückverfolgen lässt, der feurigflüssige.¹⁾)

Am Anfang, wollen wir willkürlich annehmen, haben alle Atome oder Theilchen, welche die Erde zusammensetzten, dieselbe Temperatur besessen. Eine solche Behauptung der Einheit wie für die Temperatur, auf die im V. Abschnitte eingehender zurückgekommen wird, scheint a priori ausgeschlossen zu sein für die chemischen Eigenschaften der Erdtheilchen und zwar im Hinblick auf die grosse Zahl von gegenseitig indifferenten Elementen und elementaren Verbindungen, die wir kennen; es erscheint vielmehr geboten, die Behauptung voranzustellen, dass concentrische heterogene, in sich selbst aber möglichst gleichartige (homogene) Magmaschalen von minimaler Dicke sich nach ihrem specifischen Gewicht gruppirtten. Dass man unendlich viel solcher Magmaschalen annehmen kann, ergiebt die Erwägung, dass, wenn wir in der Chemie bis jetzt auch nur 63 Elemente kennen, durch Combinationsrechnung eine colossale Ziffer von chemischen Verbindungs-Möglichkeiten erhalten.

Die Voraussetzung der gleichen Temperatur für alle Theilchen des flüssigen Erdkörpers ist aber, wie oben schon angegeben, nur eine willkürliche; wenn man bedenkt, dass die Erde sich im kalten Weltraum befindet, ist die Voraussetzung des Wärmeverlustes nach Aussen von Anfang an gegeben. Mit dem eingetretenen Wärmeverluste, der zuerst nur Theile der Erde, die peripherischen Theilchen, und nicht das Ganze treffen kann, wird für die betreffenden Theile auch eine Aenderung des specifischen Gewichts erfolgen, ihr specifisches Gewicht wird sich dabei, in Rücksicht auf ihre (verschiedene) chemische Constitution und ihr Wärmeleitungsvermögen mit grösseren oder geringeren Werthen verändern. Damit wird nun eine Ortsveränderung verbunden sein (nach dem Gesetz, dass mit abnehmender Wärme das specifische Gewicht zunimmt), die doch bei allseitig gleichem Wärmeverluste der Erde nur radial sein kann, und es wird schliesslich, wenn der Temperaturverlust nach Aussen permanent ist, eine mässige Fluctuation resultiren, wie wir sie beim Wasser (vorausgesetzt eine Temperatur von mehr als + 4° C.) beobachten,

das von oben herein erkaltet. Da nun bei einer solchen Fluctuation Trägheit, Wärmeleitungsvermögen, Cohäsion und Adhäsion auf die verschiedenartigen Theilchen verschieden einwirken werden, so wird das Resultat sein, dass die Theilchen der aufeinanderfolgenden Magmaschalen sich mengen und diese Magmaschalen selbst sich der Gleichartigkeit nähern, dass die Differenzen in Bezug auf chemische Zusammensetzung und specifisches Gewicht zwischen den einzelnen übereinanderlagernden Schichten von geringer Stärke geringere Werthe erhalten. Eine Bildung von ganz homogenen Schalen ist damit nicht behauptet; einer solchen Annahme widersprechen die in der Natur gemachten Beobachtungen. Doch zeigen eben dieselben Beobachtungen (von *Bunsen*, *J. Roth*, *Scheerer* u. A.), dass die Differenzen in der chemischen Constitution der Magmaschichten nicht so gross sind und dass sich eine materielle Verwandtschaft des dem Erdinnern entstammten Magmas nachweisen lässt²); und so erscheint die Annahme nicht verwerflich, dass das Erdmagma eine derartige Homogenität besessen habe und noch besitze, wie das Meer, das im Grossen und Ganzen als gleichartig und doch im Einzelnen, nach Schichten, Strömungen etc. als ungleichartig zu betrachten ist.

Wenn wir uns nun auch durch Schlüsse kein ganz genaues Bild von der Beschaffenheit des Erdmagmas betreffs Homogenität und Heterogenität, chemischer Verbindung oder Mischung machen können³), so bleibt doch sicherlich die Behauptung unanfechtbar, dass die Schwere die Ordnerin aller Theile gewesen und sich die Gruppierung derselben nach ihrem specifischen Gewichte vollzogen haben muss, indem bei Annahme eines homogenen Magmas nur die Compression und Compressibilität zur Differenzirung beitragen.⁴)

III.

Die Betrachtung der Erdkrustenbildung, durch die bei der Erde ein neuer Aggregatzustand eingeführt wird, verlangt die Erwägung der gegenseitigen Verhältnisse des flüssigen und des festen Aggregatzustandes. (Von dem gasförmig-flüssigem Zustande sei hier ganz abgesehen.)

Was „flüssig“ ist, ist überhaupt feurigflüssig, d. h. durch gebundene Wärme aus dem festen in den flüssigen Zustand übergegangen; dass Flüssigkeiten in Folge der leichten Verschiebbarkeit ihrer Theile lösen und andere Stoffe in sich aufnehmen können, ist von selbst gegeben: auch ist aus dem Hochofenprozess, sowie aus der Theorie der Kältemischungen bekannt, dass eine Flüssigkeit das Flüssigwerden anderer fester Körper befördert. Der Zusatz „feurig“ zum Prädicat „flüssig“ ist ein Pleonasmus und daher überflüssig; das Wasser ist auch „feurigflüssig“. In dem bis jetzt durchforschten Reiche der Natur ist aber wohl kein Körper so sehr in seinem flüssigen Aggregatzustande verbreitet und durchforscht wie das Wasser oder Eis. Wenn man nun den flüssigen Zustand der Körper im Allgemeinen betrachtet, soweit sie die Geologie angehen, sollte man doch zuerst von den allgemeiner verbreiteten Körpern ausgehen und nach deren Verhalten Normen aufstellen, als nach dem weniger verbreiteter und für die Geologie und speciell Petrographie weniger wichtiger Körper. Zu solchen in der Natur allgemeiner verbreiteten und für die erwähnten Wissenschaften wichtigeren Körpern gehören aber jedenfalls das Eis und das Eisen¹⁾ und werden die Beobachtungen, die an diesen beiden Körpern²⁾ angestellt worden sind, für die Geologie von grösserer Bedeutung sein als die an Phosphor, Schwefel, Wachs und Stearin, alles Körper, die nicht in das Bereich der Petrographie gehören. Die Beobachtung aber, die an den zwei oben erwähnten Körpern gemacht worden ist, ist die, dass sich das specifische Gewicht nach dem Uebergang aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand (bedeutend) geringer erweist. Eis schwimmt auf Wasser, selbst auf zur Siedehitze erwärmten Wasser, festes Eisen schwimmt auf flüssigem, wie allgemein bekannt. Ob man nun das für diese Körper gefundene Gesetz verallgemeinern darf, das ist die Frage, die aber auch *Bischof*³⁾ zu bejahen geneigt ist.

Zur Beleuchtung dieser Frage wird jedenfalls folgende Betrachtung beitragen: Mit Eintritt des Wärmeverlustes nach Aussen wird für diejenigen Theile des flüssigen Erdballes, die dieser Wärmeverlust zuerst traf, für die peripherischen Theile, eine Aenderung des specifischen Gewichtes eingetreten sein, denn die Wärme ist ja ein Hauptfactor desselben;

schliesslich aber musste als Folge des Wärmeverlustes die Erstarrung der peripherischen Magmaschicht eintreten. Indem wir nun erwägen, von welcher Art und an welchem Orte die Producte dieser Erstarrung sich zeigen und stellen mussten, wird sich uns von selbst auf die aufgestellte Frage eine Antwort ergeben.

Die grösste Wahrscheinlichkeit wird wohl die Annahme für sich haben, dass sich bei der eingetretenen Erkaltung zuerst Schlackenschollen gebildet haben, etwa in der Weise, wie nach *Zöllner's* Theorie sich in der Sonnen-Peripherie die als Sonnenflecken erscheinenden Schlackeninseln bilden. Diese Annahme ist wahrscheinlich, sowohl bei Annahme keiner Atmosphäre als auch bei Annahme einer solchen von mässigem Drucke, weil in beiden Fällen die in dem Magma absorbirten Gase durch den Druck nicht gezwungen wurden, im erstarrten Gestein comprimirt zu verharren und durch ihre Ausdehnung das Gestein erleichterten. Wenn diese Schlackenschollen oder Schlackeninseln sich an der Peripherie schwimmend erhielten und sogar dabei an ihrer Unterseite einen Theil nicht schlackig erstarrten Materials mit sich trugen, so ist die Erklärung dafür schon in der cavernosen Schlackennatur gegeben. Diese schlackige Erstarrung kann aber nicht über die peripherischen Schichten hinab angenommen werden, sie muss ihre Grenze nach Unten da gefunden haben, wo der Druck die freie Ausdehnung der im Magma eingeschlossenen Gase verhinderte; sie ist a priori ausgeschlossen bei Annahme einer Gasatmosphäre von so grossem Drucke, dass eine freie Entfaltung der in der Flüssigkeit absorbirten Gase ausgeschlossen ist; in diesen Fällen kann nur eine krystallinisch compacte Erstarrungsart angenommen werden. Da bleibt nun zu erwägen, welchen Platz derartige feste Erdtheilchen von der Schwerkraft angewiesen bekommen haben werden.

Angenommen nun, derartige feste Erdtheilchen hätten nach dem physikalischen Gesetze über Ausdehnung durch Wärme ein grösseres specifisches Gewicht gehabt als das flüssige Magma, so hätten sie das Bestreben gehabt, sich um den Erdmittelpunkt zu gruppiren; um dies zu bewerkstelligen, mussten sie untertauchen; im Untertauchen hätten sie den dem äussern Wärmeverlust weniger ausgesetzten

Schichten Wärme entzogen und wären selbst wieder flüssig geworden; schliesslich wäre aber die Abkühlung soweit vorgeschritten, dass sich ein fester Erdkern hätte bilden können; um diesen festen Erdkern hätte sich dann in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit das Erdganze krystallisiren müssen, da sich ja auf diese Art die Abkühlung fast gleichmässig durch das Erdganze erstreckte. Der Annahme dieser Theorie aber stehen die Erscheinungen des Vulcanismus entgegen, die für einen Wärmeheerd im Erdinnern, ein flüssiges Erdinnere sprechen.⁴⁾

Wer nun von diesen Erscheinungen geleitet und durch die geistvollen Deductionen eines *Humboldt* und Anderer überzeugt, einen Wärmeheerd im Erdinnern annimmt, der kann zur Erklärung dieses Phänomens noch unter mehreren Annahmen wählen.

Man könnte nämlich, ohne die obige Erklärung für die Art und Weise der Erderstarrung fallen zu lassen, die Ansicht hegen, dass zwar ein relativ wärmeres aber doch nicht flüssiges, sondern festes Erdinnere vorhanden und dass die jetzt nach dem Erdinnern zu vorgefundene Wärmescala erst das Product des Wärmeverlustes des festen Erdkörpers sei. Dabei muss noch die Annahme hinzutreten, dass die vulkanischen Erscheinungen nur localen Ursachen zuzuschreiben sind, etwa in Schlackenkrusten, also in Krusten von schlechten Wärmeleitern eingeschlossenen und übrig gebliebenen Tropfen oder Theilen des flüssigen primordialen Magmas; dem widerspricht aber die Thatsache, dass die Tiefen-Wärmescalen allgemein über die ganze Erdoberfläche hin und ziemlich gleichwerthig beobachtet worden sind und überall und nicht nur an den Orten, wo Vulcane sind (denn nach einer solchen Theorie müssten sich derartige Orte durch verhältnissmässig ungeheuer schnelle Wärmezunahme nach dem Erdinnern auszeichnen), eine schnelle Wärmezunahme nach Innen angeben, so dass die Annahme eines centralen Heerdes der Glühhitze gefordert erscheint. Und wenn zur Erklärung des fast gleichwerthigen Befundes der festgestellten Tiefen-Wärmescalen auch eine allgemeinere Verbreitung und ein zahlreiches Vorkommen solcher Magmaeinschlüsse behauptet werden sollte, so würde damit dem Erdkörper gewissermassen ein Magma-

Arteriensystem beigelegt, das den Erdkörper gleichmässig temperiren sollte; einer solchen complicirten und unbeweisbaren Hypothese gegenüber, die dabei auch die Bildung solcher Magmaeinschlüsse und einer so grossen Zahl derselben unerklärt lässt, die Vortheile der Annahme eines centralen Wärmeherdes erst darzulegen, ist wohl überflüssig.⁵⁾

Unter Geltendlassung der oben angeführten Hypothese für die Erstarrungart der Erde könnte ein Anderer behaupten, dass der Wärmeherd im Erdinnern jüngeren Ursprungs sei als die Erd feste und dass durch den Druck der Erd feste, nachdem schon das Erdganze fest war, das Innere den Aggregatzustand gewechselt, indem sich der Druck in Wärme umgesetzt habe; diese Hypothese erscheint ganz unaltbar, wenn man erwägt, dass die Erdmasse sich nicht verändert und vergrössert hat (abgesehen von den verhältnissmässig geringen Meteorzuführungen) und sich demnach der Druck auf die centralen Erdtheilchen gar nicht vermehrt haben kann; es hätte sich nach dieser Hypothese gar nicht der Erdkern „fest“ bilden können, wenn der in Wärme umgesetzte Druck der Urheber des flüssigen Erdinnern sein soll.

Derjenige, der nun den Wärmeherd im Erdinnern als den flüssig gebliebenen Ueberrest des Erdmagma ansieht und demnach die Erstarrung der Erde von der Peripherie aus gelten lässt, der aber doch an der Geltung des Gesetzes über die Ausdehnung durch Wärme: dass mit verminderter Temperatur das specifische Gewicht sich erhöhe, festhalten will, kann zur Erklärung der Erscheinung, dass zuerst die Erdkruste sich consolidirte und nicht das Centrum, von der Annahme ausgehen, dass die Wölbung der Erdkugel diess bedingt habe, dass nämlich die äussere Schlackenkruste mit ihrem Balast an krystallinischem Gestein sich zur Erdkruste vereinigt und so erhalten habe, in Folge der gewölbten Kugelform sich gegenseitig stützend und quasi in der Luft schwebend, während das flüssige Erdinnere darunter in Folge der Abkühlung zurückgewichen sei und noch zurückweiche; es hätte dann bei fortdauernder Abkühlung wieder eine Schlackenbildung gegeben und so müsste das Resultat sein, dass die Erd feste aus lauter concentrischen Schlackenkrusten bestehe. Dieser Hypo-

these widersprechen wiederum die in der Natur gemachten Beobachtungen.

Zur Erklärung der Erdkrusten-Bildung kann man noch einen Versuch, ohne das oben erwähnte physikalische Gesetz anzuzweifeln, mit Hilfe der Annahme bedeutender Compressibilität machen; wenn man nämlich annimmt, dass der wachsenden Temperatur proportional die Compressibilität wächst und umgekehrt, ferner für das Erdmagma die Einheit, sei es der chemischen Constitution, sei es des Gemenges annimmt (um diese Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht erst durch die Annahme verschiedener Ausdehnungsquotienten complicirter zu machen), so resultirt Folgendes: Ist durch den Wärmeverlust nach Aussen eine Temperatur-Tiefen-Scala eingetreten und besitzen dann die peripherischen Theilchen geringere Temperatur, so wird das dadurch herbeigeführte Wachstum ihres specifischen Gewichtes compensirt durch den Verlust an Compressibilität und sie werden sich an ihrem Platze behaupten. Da fehlt nun aber der Beweis, dass die Compressibilität mindestens in gleichem Masse abnimmt als das specifische Gewicht dem physikalischen Wärme-Ausdehnungsgesetze zufolge wächst und ferner ist zu bedenken, dass der Satz vom proportionellen Wachstum der Temperatur und Compressibilität bei Gasen und Flüssigkeiten nur zwischen bestimmten Grenzen Geltung hat; es müsste also da wiederum eine Annahme hinzutreten, nämlich die, dass diese Grenzen für das Erdmagma nicht überschritten würden; diese Annahme besitzt aber wenig Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, dass die Erstarrung des Erdmagmas mit innerhalb der Grenzen des oben erwähnten proportionellen Wachstums liegen soll. So steht bei dieser Erklärung Hypothese auf Hypothese und wenn eine wegfällt, fällt das ganze Kartenhaus zusammen, welches das dem flüssigen Erdkerne gegenüber geringere specifische Gewicht der festen Erdkruste erklären soll.

Nach dem Vorstehenden genügt also zu der Erklärung der Thatsache, dass sich die erstarrten Theile des Erdmagmas nicht um das Centrum, sondern als Erdkruste an der Peripherie gruppirt haben, keine der angeführten Hypothesen, und bleibt denn nur die Annahme übrig, dass die festgewordenen,

krystallinisch compact erstarrten Theile des Erdmagmas ebenso wie die schlackig erstarrten Theile durch die Schwerkraft ihre Stelle an der Peripherie angewiesen erhalten haben, dass sie also, obwohl compact erstarrt, specifisch leichter als das flüssige Magma⁶⁾ gewesen sind. Mithin ist auch das für Eis und Eisen erkannte Gesetz in geologischen Betrachtungen als für den flüssigen Erdball im Allgemeinen und grossen Ganzen gültig anzusehen:

Mit der Erstarrung des Magmas tritt zugleich eine bedeutende Ausdehnung (Volumenvergrösserung) ein, das specifische Gewicht tritt in einen Minimalpunkt und das Gestein ist dahernach der Erstarrung leichter als sein Magma.⁷⁾

Für diese Annahme spricht auch die Erwägung, dass man nach allen angestellten Beobachtungen das Magma des Erdinnern von bedeutend grösserem specifischen Gewicht annehmen muss, als man es etwa durch Compression erklären könnte; denn die Dichtigkeit der Erde⁸⁾ zu 5,62 nach *Baily* und *Reich* giebt vielmehr als die des dichtesten feinkörnigen Basaltes (nach *Leonhard* = 2,95 — 3,67) und auch mehr als die des Magneteisenerzes (4,9—5,2) und ist um Weniges geringer als die des gediegenen Arsens von Marienberg oder Joachimsthal. *Humboldt* rechnet nun die Sedimentärformationen zum specifischen Gewicht von 2,4—2,6, nimmt ferner das Verhältniss der Feste zur flüssigen oceanischen Fläche wie 10 : 27 an und meint, dass letztere 26,000' Par. Wasserdicke erreiche; daraus resultirt ihm die ganze Dichtigkeit der oberen Schichten unseres Planeten unter der trocknen und oceanischen Oberfläche zu 1,5. — *Plana* nimmt diese zu 1,83 an und erhält so für das Centrum der Erde die Dichtigkeit von 10,047. — Wenn nun die Gesteine fest einen geringern Raum einnehmen sollten, als flüssig, so müssten nothwendig im Erdinnern leere oder wenigstens nur mit Gasen gefüllte Hohlräume entstehen; dass ein Nachsinken der Erdkruste erfolge, lässt sich bei der Kugelform wenigstens nicht im entsprechenden Masse erwarten; ausserdem ist aber noch in Rechnung zu bringen das Vacuum, was durch die vulkanischen Eruptionen im Erdinnern entstehen würde: die Folge würde die sein, dass man dann, da die Hohlräume in Abzug vom Ganzen

gebracht werden müssten, das specifische Gewicht der Bestandtheile des Erdcentrums noch höher als nach *Plana* annehmen müsste und somit eine bei dieser Hypothese noch unerklärlichere Zahl resultiren würde.

Ferner spricht für obige Annahme die in der Natur gemachte Beobachtung, dass die von eruptiven Gesteinsmagmen fortgeführten Fragmente krystallinisch compacte Gesteine diesen Magmen meist oberflächlich eingebettet sind. So berichtet *Naumann*⁹⁾: „Die sehr grossen Bruchstücke, welche hunderte und tausende von Fussen im Durchmesser haben, erscheinen auch bisweilen dem Granite nur oberflächlich aufgesetzt oder doch nur theilweise eingesenkt, so dass sie nach oben gleichsam wie Inseln aus dem Granitlande hervorragten.“¹⁰⁾

III.

Eine Consequenz der im Vorhergehenden aufgestellten Hypothese muss die Annahme sein, dass die nach vollständiger Oberflächenbildung der Erdkruste erstarrenden Magma-theilchen, indem sie bei der Erstarrung grösseres Volumen einzunehmen strebten, sich gegenseitig hinderten und einen gegenseitigen Druck ausübten, der sich, je weiter von der Oberfläche entfernt, desto stärker zeigen musste, und dass sich dieser Druck noch jetzt in der Erscheinung des Gesteins, in seinen Texturverhältnissen manifestire. Nachzuweisen ist also jetzt, dass dem in der Natur auch so ist, d. h. dass mit zunehmender Entfernung von der atmosphärischen Erstarrungsfläche die Erscheinungen am erstarrten Gesteine für eine grössere Druckwirkung bei der Erstarrung selbst sprechen; nachdem die Erklärung für solche Erscheinungen schon im vorigen Kapitel vorliegt, wird sich, wenn der erwähnte Versuch gelingt, die Beweiskraft dieses Nachweises auch auf jene Hypothese zurückerstrecken.

Der Nachweis dieser Druckverhältnisse lässt sich am Besten bei denjenigen Gesteinen führen, die unzweifelhaft eruptiver Natur sind, d. h. deren Magma erst an der Erdoberfläche erstarrte. Bei ihnen lässt sich am deutlichsten die Wirkung des Drucks in den verschiedenen Niveaus erkennen; die äusserste der Atmosphäre zugekehrte Schicht entspricht dabei in ihren Verhältnissen der ersten Erstarrungskruste der

Erde und von ihr aus abwärts können die Schichten als entogä gebildet, d. h. im Innern der abgeschlossenen Erdkruste erstarrt betrachtet werden.

Die erwähnten verschiedenen Druckverhältnisse werden nun ihren Ausdruck in der verschiedenen Textur des Gesteines gefunden haben, nach Analogie der Verhältnisse des Wärmeverlustes, dessen Verschiedenheit das Magma zu einem Glase oder zu einem aphanitischen oder zu einem körnigen Gesteine erstarren lässt.

Bei den an der Erdoberfläche erkalteten eruptiven Massen beobachten wir nun an der peripherischen Schicht, abgesehen von der jedenfalls oder wenigstens wahrscheinlicher Weise durch jähe Temperaturdifferenzen hervorgerufenen glasigen Textur, die schlackige Textur; dass dieselbe eine Wirkung des geringen atmosphärischen Druckes ($= p$) sei, wird wohl allgemein angenommen; es ist dies ja die allbekannte Erstarungsweise aller Gesteine in unserer Atmosphäre¹). Unter dieser peripherischen Schicht beobachtet man den Uebergang der schlackigen zur blasigen (cavernosen, amygdaloidischen) Textur. Welchem Umstande nun soll man die Ausbildung einer neuen, der blasigen Textur zuschreiben? Das flüssige Magma muss doch für beide Texturen als von gleicher Constitution angenommen werden. Wenn es nur die Wirkung der langsameren Abkühlung²), also der verlangsamten Gesteinsbildung war, so müsste sich dieselbe doch nach der in Laboratorien gemachten Erfahrung vor Allem durch vollkommene Ausbildung der Krystalle documentiren, die dann, da die Abkühlung und Erstarrung von Aussen nach Innen fortschritt, freien Spielraum hatten, sich nach Innen drusenförmig gruppirt zu gestalten. Und wenn wir nun, noch entfernter von der Oberfläche die krystallinisch compacte³) Textur erkennen, deren Gesteinsbildung doch noch mehr verlangsamt sein musste, so finden wir auch hier die Krystalle nicht vollkommen, sondern deutlich gegenseitige Hinderung und Drückung zeigend⁴). Daraus geht hervor, dass der Zeitdauer der Abkühlung allein derartige Erscheinungen nicht zugeschrieben werden können; sie müssen vielmehr als Resultate eines verschiedenen Druckes angesehen werden, der bei der blasigen (cavernosen und amygdaloidischen) Textur ($= p$),

grösser war als bei der schlackigen und bei der krystallinisch compacten ($= p_{,,}$) grösser als bei der blasigen⁵⁾ Textur ($p_{,,} > p, > p$); durch welchen Umstand aber wurde dieser verschiedene Druck hervorgerufen?

Durch die Centripetalkraft? Dem widerspricht die Analogie: andere Gesteine zeigen in ihren Bildungen oder Umbildungen bei grösserem Niveauunterschiede als hier noch keine so grosse Texturverschiedenheit. Es hätte dann auch jedenfalls eine Schichtung stattfinden müssen senkrecht zum Erdradius, sowie auch eine Trennung der Bestandtheile und Zusammenlagerung nach dem specifischen Gewichte, wie bei klastischen Gesteinsmassen. Auch bezeichnet der ganze Habitus der Gesteine eine nicht einseitig wirkende Kraft als Motor; nicht einseitig ist der Druck erfolgt.

Und wenn auch die Druckerscheinungen von der Oberfläche als Erstarrungsfläche aus vorherrschen sollten, so fehlen doch die aller anderen Richtungen nicht; hätte nur einseitig eine Kraft gewirkt, so hätten sich alle Bestandtheile analog den Sedimentärgesteinen, möglichst rechtwinklig zu der Druckrichtung lagern müssen und es wäre nach *Sorby's* Versuche⁶⁾ ein schiefriges Gestein resultirt.

Diese allseitigen Druckerscheinungen zu erklären möchte jeder andere Versuch scheitern, wenn man sie nicht als Resultat der Gesteinsbildung selbst ansehen will:

Dadurch dass die Theilchen des Magmas zu erstarren strebten, hinderten sie einander in ihrer vollkommen krystallinischen Ausbildung.

G. Rischof äussert sich diesbezüglich⁷⁾: „Druck befördert die Anziehung der Massentheile und erzeugt dadurch Fossilien (i. e. Gesteine), die, der Oberfläche näher, nicht hervorgebracht werden können. Durch Druck werden flüssige Substanzen (Wasser und Kohlensäure) erhalten und gezwungen, in die Zusammensetzung der Fossilien einzugehen und dadurch der Grund der Porosität aufgehoben. Druck hält in den Mandelsteinen die Dämpfe in den Blasen zurück und füllt sie später mit Zeolitharten und Kieselhydraten. Daher wird Lava, tiefer an den Seiten des Vulcans hervorbrechend, wegen des im Innern erlittenen Druckes, oder in engen Spalten kräftig zusammengedrückt, vollkommen dicht.“

Bei der blasigen Textur vermochten noch die in dem flüssigen Magma absorbirten Gase sich zu grösseren Blasen zu vereinigen, wenn sie auch nicht, wie bei der schlackigen Textur, die volle Freiheit erringen konnten; bei der krystallinisch compacten Textur dagegen verhinderte dies der grössere Druck; er zwang sie, separirt zu bleiben in mikroskopisch kleinen Bläschen⁸⁾.

Der Behauptung, dass eben diese Gase die Motoren des Druckes gewesen seien und nicht der Umstand der Gesteins-erstarrung, widerspricht die Erwägung, dass eben diese Gase erst durch die Gesteinsbildung frei werden, vorher aber Bestandtheile, wenn auch vielleicht nicht wesentliche, des Magmas gewesen sind. Und wenn sie allein diesen Druck ausgeübt hätten, warum blieben sie da im krystallinisch compacten Gesteine in unzählige Theilchen zersprengt und gleichsam mit in die Krystallbildung eingehend, während sie bei den Amygdaloiden sich vereinigen konnten? Jedenfalls werden einmal die von *Davy*⁹⁾ und *Sorby*¹⁰⁾ angebahnten und von *Zirkel* u. A. eifrig betriebenen Studien der mikroskopischen Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in Krystallen und krystallinischen Gesteinen nähere Aufschlüsse über diese Verhältnisse geben und spricht schon jetzt die bei den mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüssen der Granite beobachtbare Libelle in ihren Verhältnissen nicht dafür, dass die Einschlüsse selbst die einzigen Motoren des Druckes gewesen seien.

Das Resultat ist also, dass der allseitige Druck, der sich in der Textur der krystallinischen Massengesteine documentirt, die Folge der eintretenden Gesteinsbildung selbst gewesen ist, bei der das Gesetz wieder zur Wirkung kommt: das Gestein strebt bei seiner Erstarrung nach grösserem Volumen.

Die Modificationen aber des Druckes¹¹⁾ rühren daher, dass die einen Theile des Magmas, die der Atmosphäre näher liegen, als die andern, auch eher dem Drucke ausweichen konnten und können als die anderen. Die unteren, krystallinisch compacten Gesteinspartien sind daher als im Erdinnern gebildet zu betrachten, trotzdem dass sie demselben Magmaerguss, derselben Eruption angehörten, wie die äusseren schlackig erstarrten Partien; aber eben diese äusseren Partien repräsentirten und vertraten in diesem Falle sogleich die Erdkruste.

Zum Schluss noch ein Wort über die Texturverschiedenheiten der verschiedenartigen Eruptivgesteine, wie wir sie in der Natur finden. Wenn wir die vulkanischen Producte der Jetztzeit betrachten, so zeigen dieselben einen total verschiedenen Habitus von dem der Porphyre, Granite etc., die doch auch allgemein als im flüssigen Zustande ejicirte Producte des Erdinnern angenommen werden; diese Verschiedenheit zu erklären muss man bedenken, dass derartige schlackige Producte und Trappgesteine, als welche die jetzigen vulcanischen Producte erscheinen, den Einwirkungen der Atmosphärien nicht grossen und keinen langdauernden Widerstand leisten können, und dass also, wenn derartige vulcanische Producte auch früheren Perioden in der Erdentwicklung angehört haben sollten, diese auch längst wieder zerstört sein werden; ferner ist zu bedenken, dass jetzt allem Anscheine nach ein anderes vulcanisches Material verarbeitet wird als früher, dass früher die Ejectionsanäle noch nicht die Länge gehabt haben wie in Folge der fortgeschrittenen Abkühlung jetzt und in Folge dessen grössere Massen von Laven zu der Erdoberfläche gelangten, sodass in Folge dieser Massenhaftigkeit beim Abkühlen und Festwerden die Gesteinsmasse in sich einen grösseren gegenseitigen Druck der Theilchen ausüben liess und dass ferner in Folge der Massenhaftigkeit die Abkühlung langsamer stattfinden konnte und sich so ein deutlich, sogar grobkrySTALLINISCHES Gestein bilden konnte: dabei ist es immer noch erlaubt, anzunehmen, dass die älteren Eruptivgesteine dieselbe Erscheinung gezeigt haben, die man bei Laven¹²⁾ und auch bei Basalt¹³⁾ beobachtet, nämlich dass diese Gesteine beim Erstarren an der Oberfläche da, wo nur der Druck der Atmosphäre darauf lastete, eine schlackige und blasige Beschaffenheit zeigen; derartige Partien an älteren Eruptivgesteinen sind aber der Verwitterung unterlegen und es fehlen in der Natur meist schon die derartigen Schichten des Basaltes. Es ist aber somit gar nicht nöthig, mit *Cotta* für die älteren Eruptivgesteine eine von der Atmosphäre abgeschlossene, im Innern der vorhervorhandenen Erdkruste stattfindende Erstarrung als wesentlich anzunehmen (derselbe basirt darauf seine Classificirung¹⁴⁾ der Eruptivgesteine in plutonische und vulcanische). Von der Atmosphäre konnte sich

das erstarrende Magma ebensowohl durch schlackig erstarrte Theile seiner selbst abgeschlossen haben, wie es, allerdings ist die Möglichkeit ja gar nicht auszuschliessen, in einem prä-existirenden Hohlraume der Erdkruste dem Einfluss der Atmosphäre entzogen erstarren konnte.

IV.

Zur Ergänzung des für die obige Hypothese der Gesteins-erstarrung im Vorstehenden beigebrachten Beweismaterials diene noch eine Betrachtung derjenigen Structurerscheinung bei compacten Eruptivgesteinen, die in ihrer jetzigen Auffassung jener widerstreitet: der Absonderung, die durch „innere Contraction“ erklärt wird, indem „bei einer weichen, plastischen Masse, welche allmählich in den festen Zustand übergeht, eine Verminderung des Volumens, ein Schwinden der Masse eintrete“⁽¹⁾.

Bei dieser Betrachtung gelte die Basaltsäule als Typus der Absonderungsformen und die an anderen als Eruptivgesteinen beobachtbaren Absonderungserscheinungen als erst in zweiter Linie stehend.

Diejenigen, welche die Absonderung durch die innere Contraction erklären, gehen gewöhnlich dabei aus von den als Septarien bezeichneten Mergelconcretionen, bei denen erwiesener Massen die Säulenbildung durch Eintrocknen der Masse entsteht. Es ist nun sehr schwierig, zwei Gesteine in ihrer Bildung mit einander zu vergleichen, von denen das eine von Unten nach Oben zu aufgebaut, durch die Schwerkraft aufgeschüttet wird, das andere aber von der Peripherie aus, aus allen Dimensionen, gewisser Massen als Secretionsmasse, in Folge des Wärmeverlustes erstarrt ist. Die Analogie des Mergels zum Basalt soll nun darin beruhen, dass in Folge des Wärmeverlustes bei diesem auch eine Verminderung des Volumens eintrete wie in Folge des Wasserverlustes bei jenem. Nun kann man da annehmen, dass diese Verminderung des Volumens beim Basalt entweder schon beim Uebergang in den festen Zustand oder erst darnach, bei der Abkühlung vom Erstarrungspunkt bis zur Temperatur der Atmosphäre eintrete. Wenn man streng in der Analogie bleiben will, so muss die letztere Annahme gelten, denn der Mergel, der in Folge der Austrocknung in Säulen zerspaltet, ist ja

schon gebildet und seine jüngste Schicht wird sich zuerst spalten. Bei dem Basalt, der in Folge der von Aussen auf ihn wirkenden Abkühlung erstarrt, würde das umgekehrte Verhältniss eintreten: die älteste Schicht desselben muss sich zuerst „absondern“. Und wenn man mit *G. Bischof* die Erstarrungstemperatur des Basaltes²⁾ zu 1118° R. annimmt, so braucht es in der That für den festen Basalt nicht der Annahme eines übergrossen Ausdehnungscoefficienten³⁾, wenn man erwägt, dass am frischen Gestein die Absonderungsspalten nicht weiter erscheinen als bei geschichteten Sedimentärgesteinen die Schichtungsfugen. Und dass innerhalb gewisser Temperaturgrenzen und innerhalb desselben Aggregatzustandes das Gesetz von der mit zunehmender Temperatur wachsenden Ausdehnung der Körper allgemeine Gültigkeit hat, ist nicht zu bezweifeln. Damit ist aber nicht die Absonderung, wie sie am Basalt in ihrer Regelmässigkeit auftritt, erklärt, damit ist nur erklärt, dass überhaupt Spalten im Basalt-Gesteine vorkommen oder, wie in diesem Falle, dass uns präexistirende oder prädisponirte Spalten sichtbar werden. Denn warum spaltete der Basalt bei der Absonderung nicht regellos mit rauhen Flächen oder doch in vielfach gezackten langhinlaufenden Spalten, wie er es sonst thut⁴⁾, und warum spaltete er da nicht mit Benutzung der in ihm enthaltenen amygdaloidischen Hohlräume⁵⁾?

Wer die Absonderung, wie sie am Basalt vorliegt, durch die Abkühlung⁶⁾ des erstarrten Gesteines erklären will, wird immer auf geheimnissvolle und unerklärliche Eigenschaften des gerade vorliegenden Gesteines hinweisen müssen. Wer dies möglichst vermeiden will und zugleich die glatten, wie mit dem Meissel bearbeiteten Absonderungsflächen betrachtet gegenüber der rauhen, unregelmässigen Ausbildung der Septarien, gelangt zu der Annahme, dass diese Absonderungsflächen des Basaltes prädisponirt sind und zwar bei der Gesteinsbildung selbst prädisponirt. Der Ursache der Absonderung muss also an dem sich bildenden, erstarrenden Gesteine nachgeforscht werden und liegen ja schon verschiedene Versuche vor, die Absonderung durch die dabei waltenden Verhältnisse zu erklären⁷⁾.

Zurückzuweisen ist nun hier der Erklärungs-Versuch, der die Absonderung durch Contraction bei der Bildung des Gesteines selbst resultiren lässt; um die Widersinnigkeit dieser Erklärungs-

weise nachzuweisen, dürfte eine Betrachtung der **Structur** und architectonischen Anordnung des Basaltes genügen. Nach dieser Hypothese, zu Folge welcher also mit der Erstarrung eine Verringerung des Volumens und demnach ein grösseres spezifisches Gewicht für den Basalt eintritt, müsste z. B. eine Kuppe von Basalt, die sich also von den Abkühlungsflächen her festigt, die Structur eines grossen Gewölbes oder mehrerer in einander geschachtelter Gewölb-Höhlen zeigen. Ferner müsste der Umstand, dass das erstarrte Gestein ein grösseres spezifisches Gewicht hat, bei Basaltdecken bewirken, dass die bloss an der Oberfläche erstarrten Theile zu Boden sanken und es müsste daraus ein wirres Durcheinander von zusammengebacknen Schollen resultiren. Zur Beschreibung eines solchen Durcheinanders seien **G. Bischof's** eigene Worte⁶⁾ angeführt: „Denken wir uns aus einer Spalte hervorgequollene dickflüssige Masse, die sich über das Grund-Gebirge ausbreitet und eine kuppelförmige Decke bildet. — Sollte sich oben die erstarrte Kruste wie ein Gewölbe um den noch flüssigen innern Kern spannen und nicht nachsinken, während die Erstarrung und Contraction im Innern fortschreitet, so müssten unter dieser Kruste Höhlen-Räume entstehen. Es würde sich unter diesen Höhlen-Räumen eine zweite gewölb-artige Kruste bilden und so ein beständiger Wechsel zwischen solchen gewölbartigen Krusten und Höhlen-Räumen stattfinden. Nicht ein einziger im Innern entblösster Basalt-Berg zeigt aber etwas dieser Art; nur kleine Höhlen-Räume sieht man hier und da, die im Verhältnisse zu der bedeutenden Contraction, welche bei der krystallinischen Erstarrung des Basaltes stattgefunden hat, verschwinden.“ **Bischof** versucht nun folgenden Ausweg: „Entweder folgte die äussere zuerst erstarrte Kruste der fort-dauernden inneren Zusammenziehung oder sie senkte sich, da sie eine grössere Dichtigkeit als die flüssige Masse besass, theilweise in die letztere ein. Im ersten Falle konnte die äussere Kruste nicht gleichmässig der inneren sich zusammenziehenden flüssigen Masse folgen, da die letztere in Folge ihrer krystallinischen Erstarrung sich in einem viel grösseren Verhältnisse zusammenzog als die erste, welche nur noch gemäss ihrer allmählichen Erkaltung ihr Volumen verminderte. Die äussere Kruste musste daher hier und da bersten oder sich runzeln. Im zweiten Falle, in welchem die zerborstene

Kruste sich einsenkte, quoll die dadurch verdrängte flüssige Masse hervor, erstarrte ebenfalls und sank auf gleiche Weise ein.“ Dieses Durcheinander von gerünzelten und eingesunkenen und dann wieder mit einander durch Magma verkitteten Basaltschollen, welches nach *Bischof's* Theorie jeder Aufschluss einer Basaldecke aufweisen müsste, existirt aber in Wirklichkeit eben gar nicht und ist daher von dieser Theorie vollständig abzusehen.

Das Charakteristische der Absonderung liegt nicht darin, dass überhaupt Spalten vorhanden sind, sondern vielmehr in der Glätte und Ebenflächigkeit der Spaltungs- oder Absonderungsflächen, so wie in der regelmässigen Anordnung der Absonderungskörper (Architectur) sowohl als der der Absonderungsflächen, so dass, was die letzteren betrifft, fast stets alle Seiten ein und derselben Säule als Tangenten desselben Kreises erscheinen⁹⁾. Die Glätte und Ebenflächigkeit eliminirt schon die Septarien, bei denen dies nicht in dem Masse zu beobachten ist, aus der Reihe der mit echter Absonderung versehenen Gesteine.

Auf diese Erscheinung der Absonderungsflächen hat auch schon *Naumann* hingewiesen¹⁰⁾, indem er sagt: „Merkwürdig bleibt die oft sehr ebenflächige Ausdehnung und glatte Beschaffenheit dieser Absonderungsflächen, sowie die zuweilen äusserst regelmässige gegenseitige Stellung oder Lage derselben.“

Die Eigenschaft der Absonderungsflächen stellt dieselben am Besten in Parallele mit Schieferungsflächen; dass dabei die senkrecht verlaufenden Absonderungsflächen in der Natur mehr hervortreten, erklärt sich leicht durch die Erwägung, dass eindringende Tagewasser vor Allen diesen Flächen folgen werden. Und wenn wir Schichtungs- respective Schieferungsflächen mit Recht als Product eines Druckes, des der Centripetalkraft ansehen, warum sollen wir diese Absonderungsfugen durchaus als Klüfte anreden? Schon *Mohs*¹¹⁾ und *Roth*¹²⁾ haben sie für Fugen erklärt. Eben so hat *Leopold von Buch* die Meinung ausgesprochen, dass Druck nothwendig sei, um die Absonderung hervorzubringen¹³⁾. Deshalb sei es gewagt, zur Erklärung dieses Druckes die Behauptung aufzustellen:

Die allgemeine Ursache der Absonderungserscheinungen ist die gegenseitige Compression; mit der Erstarrung selbst tritt für die Magmatheile das Bedürfniss eines grösseren Volumens ein und diese Expansion prädisponirt die Absonderungsformen.

Dass eruptive Gesteine, und denen ist ja die Erscheinung der Absonderung besonders eigenthümlich, bei der Erstarrung aus dem flüssigen Zustande zugleich ihr Volumen vergrössern, dieser Nachweis ist in den vorhergehenden Abschnitten versucht worden.

Was nun die Möglichkeit der Bildung der Absonderungsflächen betrifft, so bedarf es nur des Hinweises auf die Arbeiten von *Mohs*, *Roth* und *Wilh. Fuchs*, sowie auf *Naumann's* Worte¹⁴⁾: „Es ist allerdings nicht zu bezweifeln, denn die zusammengesetzten Varietäten einiger Mineralspezies liefern den Beweis dafür, dass durch die Aggregation der Individuen, wenn solche von vielen Mittelpunkten aus innerhalb gewisser Bildungssphären fortschritt, bis endlich diese Bildungssphären zur gegenseitigen Berührung gelangten, sich in ihrer weiteren Entwicklung hemmten, sich gleichsam stämmten und drängten; wir sagen, es ist nicht zu bezweifeln, dass durch eine derartige Aggregation ebenflächige Gestalten zum Vorschein kommen können, welche theils mit rauhen, theils mit glatten Begrenzungsflächen versehen sind.“

Behufs des Nachweises, dass wirklich die Expansion und die dadurch verursachte Compression die Ursache des Absonderungsdruckes sei und nicht die Contraction, bietet sich zuerst ein Beispiel von Absonderung, das gerade gewöhnlich für die gegentheilige Ansicht angeführt wird: die Gestellsteine der Hochöfen, die beim Erkalten durch Risse in Säulen zerspalten werden, ebenso alle durch den Contact mit flüssigen Eruptivmassen oder in Brand gerathenen Kohlenflötzen verursachten Absonderungserscheinungen an Sedimentärgesteinen, „wo durch eingetretene Erhitzung und nachfolgende Erkaltung“ wie die Worte¹⁵⁾ *Zirkel's* sind „eine Zerklüftung in Säulen hervorgerufen worden ist¹⁶⁾.“ *Zirkel* lässt somit in seiner Erklärung gleich die Wahl zwischen zwei Ursachen für diese Absonderung, einmal die eingetretene Erhitzung und dann die nachfolgende Erkaltung, also die Wahl zwischen

Expansion und Contraction; unter diesen Umständen ist auch die Behauptung erlaubt, dass einzig der Expansion, nämlich hier in Folge der einseitig eingetretenen Erhitzung des Gesteines, die Absonderung zuzuschreiben sei; die Gestellsteine strebten in Folge der Erwärmung sich auszudehnen und drückten sich gegenseitig. Die nachfolgende Erkaltung dürfte nur als diejenige Ursache anzusehen sein, welche die bereits disponirte Absonderung sichtbar werden lässt. — Wer nun durch die Erwägung dieses Falles unbeirrt nach wie vor die Contraction als Ursache der Absonderung ansieht, der sei auf ein Beispiel primitiver Absonderung aufmerksam gemacht, das sich durch die aufgestellte Hypothese gewiss sehr leicht erklären lässt. **J. Roth** berichtet¹⁷⁾: „Während im plutonischen Gebirge Abkühlung und im neptunischen Austrocknung die Contraction bewirken, so ist beim Eis Wärme der Grund der Contraction, denn nach den Untersuchungen von **Petzholdt**¹⁸⁾ dehnt sich das Eis bei der Erkaltung aus und zieht sich bei Erwärmung zusammen. Dass bei der Contraction gerade bei dieser Beschaffenheit des Materials nur Prismen entstehen können, braucht wohl keine Erläuterung, ebensowenig als der Umstand, dass die Prismen senkrecht auf die erwärmende Fläche stehen.“ Wenn nun **Roth** darüber sich¹⁹⁾ äussert: „Wir gestehen, dass es uns immer als ein wesentlicher Mangel der bisherigen geognostischen Formlehre erschien, wenn man für die Entstehung einer bestimmten Absonderungsgestalt in dem einen Gebirge die Abkühlung zu Hilfe nahm, während man für dieselbe Absonderungsgestalt in einem andern Gebirge die Austrocknung oder in wieder einem andern die Erwärmung als Ursache ihrer Entstehung angab,“ so ist diesem Uebelstande abgeholfen, wenn man die einzige Ursache für die (echte) Absonderung in dem durch die Expansion des Gesteines hervorgerufenem Drucke erkennt und diese Expansion bei Eruptiv-Gesteinen sowie beim Eise durch die Erstarrung resultiren lässt, indem das erstarrende Gestein sein Volumen zu vergrössern strebte. Dass ein solches Streben die Absonderung zur Folge habe, dafür kann auch eine Analogie aus dem Gebiete der metamorphischen und zwar homogenen Gesteine angeführt werden. Dass Gyps aus Anhydrit unter Vergrösserung des Volumens entsteht, ist ein jetzt wohl allgemein anerkanntes Theorem. Die Tagewasser,

die den Spalten und Fugen nachgehen, bewirken diese Umwandlung; wie der Basalt von den Contactflächen aus, so bildet sich auch der Gyps in den von Thonen eingeschlossenen Trümmern und Gängen von den Contact- und Spaltenflächen aus, also von Aussen nach Innen mit dem Streben, dabei sein Volumen zu vergrössern. Der Gyps zeigt nun in dünnen, plattenförmigen Lagen und Trümmern (in Thonen und Mergeln) die feinste säulenförmige Absonderung, den sogenannten Faser-gyps; die Fasern stehen fast senkrecht auf die Längserstreckung der Platten, also auf die Druckrichtung. Dass sich diese Erscheinung des Fasergypses demnach und schon ihrer Genesis nach viel eher mit der Absonderungserscheinung des Basaltes vergleichen lässt als die Septarien des Mergels, zumal wenn man die Massenverhältnisse mit in Erwägung zieht, diese Behauptung dürfte wohl auf keinen Widerspruch stossen.

In ähnlicher Weise wie der Fasergyps erscheint der Basalt da, wo er Gangspalten ausfüllt und ist vor Allem auf seine derartige Erscheinung am Werregotsch bei Aussig hinzuweisen: gerade in der Mitte des Ganges, wo nach der Theorie, welche die Absonderung durch Contraction resultiren lässt, sich die weiteste Kluft hinziehen würde²⁰), zeigt der ganze Habitus des Gesteins die grösste Compression; es mangelte den noch nicht erstarrten Magmalheilen an Raum zur Erstarrung und indem die erstarrenden Theile dem Drucke in der Richtung auswichen, in der sie schliesslich nur ausweichen konnten, nämlich nach Oben, wurden die fertigen Säulen bogenförmig ausgebildet, so dass schliesslich die centralen Säulen ziemlich vertical standen und so resultirte jene federfahnenähnliche Anordnung der Säulen, wie wir sie oft auch beim Fasergyps beobachten.

Ebenso erklärt sich am Leichtesten durch die aufgestellte Behauptung die bekannte Thatsache, dass der Basalt da, wo er kugelförmig oder in Decken erstarrte, mit einem Mantel von tafelförmigen Absonderungsstücken bedeckt ist; die eben erstarrende Schicht nämlich verschaffte sich Platz, indem sie bereits erstarrte Schichten in die Höhe hob, über die Massen ausdehnte und dadurch die Absonderungsspalten klaffen liess.

Im Allgemeinen muss man zur Erklärung der architectonischen Verhältnisse dieser Gesteins-Vorkommen jedenfalls daran festhalten, dass die Erstarrung von der Peripherie ihren Anfang

genommen hat und dass dann ein Ringen um den Platz stattgefunden hat; die erstarrten und erstarrenden Massen haben sich also nicht nur gegenseitig gedrückt (Dimensionen der Nebenachsen in den Säulen) sondern auch auf das noch flüssige Magma (Dimension der Hauptaxe). In derjenigen Richtung aber, in welcher der geringste Druck wirkte, konnte sich natürlich die erstarrende Masse ausbilden und so können wir z. B. bei Kuppeln die nach der Axe convergirenden Säulen entstanden denken. Inwieweit bei der Säulenbildung noch die von *J. Roth* betonte Kugelform mitgewirkt habe, bleibe hier ganz dahingestellt. Dafür aber dass in der Richtung der Längsaxe der geringste Druck gewirkt habe, spricht die gar nicht selten beobachtete Thatsache²¹), dass in den amygdaloidischen Gesteinen, wenn sie zugleich eine säulenförmige Absonderung besitzen, die Blasenräume genau in der Richtung der Hauptachsen der Säulen gestreckt sind.

Unerklärt bleibt allerdings auch bei dieser Hypothese die Erscheinung von den auseinandergerissenen Krystallen. Nach *J. Bischof* sind die Magneteiseneinschlüsse des Unkeler Basaltes (bei Oberwinter a. Rhein) manchmal durch die Säulenbildung zerspalten, sodass in zwei benachbarten, durch eine Kluft getrennten Säulen die beiden Bruchstücke einander noch entsprechen²²); und ist dabei diese Erscheinung nicht vereinzelt²³). Diese Erscheinung gehört eben in das überhaupt noch unaufgeklärte Capitel von den zerbrochenen Krystallen in derselben Grundmasse; noch eher als durch eine andere Hypothese wird sich vielleicht diese Erscheinung dadurch erklären lassen, dass die Säulen, indem sie sich gegenseitig drückten und rieben, den ihnen beiden gemeinsamen Krystall zerbrachen, *Nöggerath* hat allerdings betreffs solcher zerbrochener Feldspath-Krystalle vom Drachenfelse eine andere Erklärung versucht, nämlich durch die Contraction bei ihrer eigenen Krystallisation²⁴); er basirt diese Erklärung auf die Beobachtung, dass die Bruchflächen der erwähnten Krystalle innerlich mit kleinen Bergkrystallen besetzt waren; wahrscheinlicher aber ist, dass die letzterwähnte Erscheinung nur als ein secundäres Product der einsickernden Tagewasser anzusehen ist.

Die Absonderungsfugen sind überhaupt für Sickerwasser ausgezeichnete Wege und oft kommt erst durch Einwirkung

derselben die Absonderung zur Erscheinung; der Einwirkung der Sickerwasser dürfen wir ebenso die Wirkung zuschreiben, dass die Kerne und Centra der kugel- und säulenförmigen Absonderungen fester sind und ein grösseres spezifisches Gewicht besitzen als die mehr der Peripherie genäherten Theile, sowie dass die Gesteinssäulen an ihrer Peripherie wasserhaltiger sind, als im Centrum²⁵).

Nachdem wir bis jetzt diese Verhältnisse am Basalt betrachtet haben, erübrigt noch ein Blick auf diese Erscheinung bei den anderen eruptiven Gesteinen. Wenn auch die anderen Eruptivgesteine hin und wieder Absonderung zeigen, so vor Allen der Granit²⁶), so ist doch nur beim Basalt und den ihm nahestehenden Gesteinen die Absonderung zur grössten Allgemeinheit und Vollkommenheit gelangt. Diese Thatsache zu erklären, vermag abgesehen von der Möglichkeit, dass solche abgesonderte ältere Gesteine durch die Verwitterung verschwunden das Material zu neptunisch-sedimentären Gesteinen geliefert haben, jedenfalls am Besten die Annahme, dass keine andere Magmaschicht, als diejenige, die den Basalt geliefert hat, für diese Erscheinung so günstig prädisponirt gewesen sei.

Und somit sind hoffentlich die Einwände zurückgewiesen, die auf Grund der Absonderungserscheinungen gegen die in den vorhergehenden Abschnitten aufgestellte Hypothese: dass das erstarrende Gestein an Volumen zunehmen, erhoben werden könnten.

V.

Nach dem Abschweife der vorhergehenden Abschnitte wollen wir jetzt zu der Betrachtung der ersten Erdkrustenbildung zurückkehren, soweit wir sie im zweiten Abschnitte verfolgt haben, wo versucht worden war, darzulegen, wie sich in Folge des Wärmeverlustes eine Erdkruste bildete und welche Kräfte bei Bildung derselben in Kraft getreten sind. Es bleibt jetzt zu untersuchen, ob der Wärmeverlust fort dauerte, ob und in welcher Art und Weise er noch fort dauert und nach eingehender Erwägung dieser Fragen wollen wir fortschreiten zur Betrachtung der Folgen des fortgesetzten Wärmeverlustes, nämlich der fort dauernden Gesteinsbildung oder Erstarrung in ihrer Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit. — Vorgreifend dürfen wir aber schon bei Betrachtung des Wärmeverlustes des

Erdinnern immer Gesteinsbildung als Folge desselben annehmen, da die Ursache, welche die primitive Kruste bewirkte, in derselben Richtung weiter wirken musste.

Bei Betrachtung des Wärmeverlustes der Erde stellt sich zuerst die Aufgabe, die im ersten Abschnitte aufgestellte Behauptung, dass ursprünglich das Erdganze gleiche Temperatur besessen habe, näher zu beleuchten. Dies geschieht aber am Besten, wenn wir zuerst die Verhältnisse des Ueberrestes des einst ganz flüssigen Erdballes, des centralen Wärmeheerdes betrachten, denn dieser muss in seinen Verhältnissen, mit Ausnahme der Dimension, doch vollständig dem einst ganz später flüssigen Erdballe entsprechen.

Angenommen also, die in unserer jetzigen Erdkruste beobachtete Wärmezunahme nach dem Inneren zu hätte ihren gleichmässigen oder wenigstens regelmässigen¹⁾ Fortgang bis zum Erdcentrum; nehmen wir²⁾ die mittlere Temperatur der Oberfläche in unseren Breiten = 8° und nimmt die Temperatur bis zum Mittelpunkte der Erde in demselben Verhältniss zu, wie wir in zugänglichen Tiefen gefunden haben, nämlich in 150 Fuss um 1° : so würde die Temperatur im Mittelpunkte der Erde 170421° sein. Diese Temperatur übertrifft die Schmelzhitze der Lava um mehr als das 170fache. „Wenn zwar die Möglichkeit einer so hohen Temperatur im Mittelpunkte der Erde nicht geradezu geleugnet werden kann und die wahrscheinliche Folge, dass bei dieser Temperatur selbst die feuerbeständigsten Massen unserer Erde in dem Gaszustande sich befinden müssen, durch die Bemerkung beseitigt wird, dass sie unter ihrem eignen Drucke dennoch im flüssigen Zustande vorhanden sein könnten: so hat gleichwohl die Annahme einer solchen Temperatur weniger Wahrscheinlichkeit,“ als die Annahme einer nahezu gleichen Temperatur für das flüssige Erdinnere. *Naumann* sagt darüber³⁾: „Nur bis zu der Schmelztemperatur seines Materiales, welche dem in der Tiefe vorhandenen Drucke entspricht, können und dürfen wir für das Erdinnere eine Zunahme der Wärme gelten lassen, weil durchaus kein Grund vorliegt, einen noch weiteren Fortschritt der Temperatur bis auf ganz ungläubliche und geradezu fabelhafte Grade vorzusetzen. Wenn man also, wie so oft geschehen ist, die durch nichts begründete Fiction einführt, dass die an-

geblich arithmetische Progression der Wärmezunahme bis zu dem Mittelpunkte der Erde fortschreitet, und wenn man demgemäss für diesen Punkt eine Temperatur von mehr als 250000 Graden herausrechnet, so giebt man nur den Gegnern ein Mittel in die Hand, die ganze Theorie ad absurdum zu führen. Nein, durch die Annahme eines feurigflüssigen Zustandes des Erdinnern wird jene Ausgeburth der Phantasie erstickt, dass die Temperatur bis nach dem Mittelpunkte hin zu so ganz überschwenglichen Gluthen fortwachse. Denn, ist das Innere wirklich flüssig, so braucht auch die Temperatur jenseits der Grenze des flüssigen Kernes nicht viel höher zu steigen, während sie innerhalb desselben ziemlich constant sein kann, weil dort nothwendig Strömungen Statt finden müssen, durch welche sich die etwaigen Differenzen mehr oder weniger ausgleichen.“ Gegen jene Hypothese von der gleichmässigen Wärmezunahme nach dem Innern selbst durch den flüssigen Erdkern durch spricht auch folgende Erwägung: nach dem Gesetz von der proportional zur Wärme wachsenden Ausdehnung, also abnehmendem spezifischen Gewicht würde die wärmste Schicht des flüssigen Erdkernes als die zugleich leichteste an der Peripherie zu suchen sein, da doch die Schwerkraft den Theilen ihre Stellung im Ganzen anweist. Nun wurde allerdings in Abschnitt II. versucht, diesem Gesetz seine allgemeine Gültigkeit von einem Aggregatzustand zum andern zu bestreiten, aber seine Gültigkeit in gewissen Grenzen innerhalb ein und desselben Aggregatzustandes wurde nicht bezweifelt; wenn aber der erwähnte Versuch dort gelungen ist, so geschah dies gewiss am meisten durch den Hinweis auf die Verhältnisse, die wir am Wasser beobachten; aber eben durch diese Analogie werden wir darauf hingewiesen, dem flüssigen Erdinnern eine solche Manichfaltigkeit der Temperatur und so kurze Wärme-Tiefenstufen, wie wir sie an der uns zugänglichen Erdkruste beobachten, abzusprechen; denn beim Wasser finden wir, dass dasselbe sein Dichtigkeitsmaximum bei 4° vom Schmelzpunkt entfernt besitzt und was hindert uns da, anzunehmen, dass bei dem flüssigen Magma des Erdinnern ähnliche Verhältnisse walten? Die grosse Beweglichkeit, die flüssigen Massen eigen ist, wird ausserdem auch als Mittel gedacht werden können, um Temperatur-Differenzen im

flüssigen Erdkerne schnell auszugleichen und so können wir wohl die Temperatur des Erdinnern als für das Ganze gleich und constant betrachten und wollen dieselbe mit $+t$ bezeichnen. Wie aber schon oben erwähnt, können wir die Temperatur des flüssigen Erdinnern als die des einst ganz flüssigen Erdballes ansehen und können sagen: alle Theile der Erde besaßen einst zu gleicher Zeit die Temperatur $+t$.

Der flüssigen Erde und dem Wärmeschätze des flüssigen Erdinnern gegenüber ist nun dasjenige in seinen Temperaturverhältnissen zu betrachten, was der Erde die Wärme entzieht; nämlich der Weltraum. Für diese Betrachtung ist es gleichgültig, ob man dem Weltenraume die Wärme-Fähigkeit absprechen will oder nicht; denn dann tritt an Stelle der Wärmeleitung die Strahlung durch dieses diathermane Medium; der Einfachheit halber sei aber hier die erste Möglichkeit, nämlich die Wärme-Fähigkeit für den Weltenraum in Rechnung gezogen. Da steht nun jedenfalls der Annahme kein Beweismittel gegenüber, dass der Weltenraum als von gleicher Temperatur anzusehen ist. Die niedrigste in den Polar-Regionen beobachtete Temperatur ist nach *Bark*⁴⁾ = $-45,3^{\circ}$ R. Die Temperatur des Weltraums dürfen wir noch niedriger annehmen und wir können sie bei der Unendlichkeit des Weltraums, auch als Constante betrachten und sie mit $-T$ bezeichnen. Von $+t$ zu $-T$ erfolgt nun der Temperaturexaustausch.

Zu der Prämisse der gleichen Temperatur des flüssigen Erdkörpers und der des Weltenraumes sei noch die Prämisse des an Anfang allseitig gleichmässigen Wärmeverlustes hinzugefügt. Der Wärme empfangende Weltenraum umgab ja allseitig die Wärme spendende Erde ohne durch Medien von verschiedenem Wärme-Leitungsvermögen von ihr getrennt zu sein und ist eine erhebliche Störung dieses Wärmeaustausches etwa durch Insolation sehr zweifelhaft.

Mit der Erdkruste ist nun im Laufe der Zeit ein wärmeleitendes Medium zwischen die Wärmequelle und den Wärmeempfänger eingeschaltet worden, das in sich Körper von allen drei Aggregatzuständen vereinigt; auf der festen Erdschicht ruht eine Gasschicht und in beiden vertheilt findet sich der Hauptvertreter des flüssigen Aggregatzustandes, das Wasser. — Von Aussen her verlangt noch allseitig, wie vor der Krusten-

bildung der Weltenraum nach Wärme; es ist nun zu erwägen, ob seinem allseitigen Verlangen auch noch allseitig gleichmässig nachgegeben wird, d. h. ob der Wärmeverlust des flüssigen Erdkerns allseitig ein gleichmässiger ist oder nicht.

Zum Behufe dieser Untersuchung wird vor Allem eine Erwägung derjenigen Ursachen dienen, die einen verschiedenen Wärmeverlust bedingen.

Dieselben sind von zweierlei Art:

- 1) momentane und intermittirende;
- 2) permanente.

Eine andere Eintheilung kann die sein in a) den Wärmeverlust beschleunigende, und b) den Wärmeverlust verlangsamende. Dabei ist aber zu bedenken, dass der Unterschied zwischen diesen beiden Arten immer nur relativ ist und dass der Erdkern auf jeden vermehrten Wärmeverlust nach irgend einer Seite hin mit vermehrter Gesteinsbildung nach dieser Seite hin antworten wird, also einen verhältnissmässig grossen Wärmeschatz einschieben wird.

Bei Betrachtung der verschiedenen Ursachen, die an unserer Erde eine Verschiedenheit des Wärmeverlustes verursachen können, wollen wir von den momentanen und intermittirenden zuerst die den Wärmeverlust verlangsamenden betrachten und von ihnen zuerst die Insolation.

Wie gross die Störung des Erdwärme-Verlustes durch die Sonnenstrahlen und die Licht- und Wärmestrahlen der unzählbaren Gestirne, zwischen welchen das Sonnensystem gelagert ist, auch sein mag, genügenden Ersatz geben diese Wärmequellen noch nicht für den Verlust der Erdwärme. Darauf hat auch *Fourier* hingewiesen⁵⁾. *G. Bischof* dagegen hat ausführlich die Ansicht entwickelt⁶⁾, dass die Insolation in den gemässigten und kalten Zonen den Wärmeverlust im Sommer mindestens compensire, dass dort ein Wärmeverlust nur im Winter statthaben könne. Es ist hier nicht der Ort, auf diese Ansicht näher einzugehen und ihre Entwicklung Punkt für Punkt zu verfolgen. Aber in Kurzem ist Folgendes zu erwägen. Unter Wärmeverlust oder Wärmeausgleich durch Leitung, die durch die Erdkruste stattfindet, versteht man doch (da der Begriff „Wärme“ selbst noch keine befriedigende Definition gefunden hat, ist es schwierig, eine

genügende Definition der Wärmeleitung zu formuliren): Das Bestreben zweier oder mehrerer Körper von ungleicher Temperatur, sich gegenseitig zu temperiren und die Temperaturdifferenz auszugleichen. — Und wenn nun auch in Folge der Insolation die oberste Schicht der Erdkruste in diesen Zonen so erwärmt wird, dass sie nicht allein den Wärmeverlust an den Weltraum für eine Zeit lang deckt, sondern auch ein plus bleibt, sodass mit zunehmender Tiefe die Temperatur nicht zu- sondern abnimmt, so befinden sich doch zwischen dieser obersten Schicht und dem flüssigen Erdkerne noch sehr viele Schichten, die durch Insolation keine Wärme empfangen und die fortfahren werden, dem Erdkerne Wärme zu entziehen. Dass durch Insolation eine grosse Verlangsamung des Wärmeverlustes gerade in diesen Breiten eintrete, erscheint allerdings unzweifelhaft; unrichtig aber, dass der Wärmeverlust durch Insolation ganz compensirt werde.

Zu den intermittirenden Ursachen der Verschiedenheit des Wärmeverlustes gehören noch die meteorischen Erscheinungen, wie Wolkenbildungen, Regen und Schnee, intermittirende Strömungen in den Meeren der Luft wie des Wassers. Grösstentheils möchten dieselben zu den verlangsamenden Ursachen zu rechnen sein. Zu den beschleunigenden Ursachen dieser Kategorie gehören die vulcanischen Eruptionen und die Thermen, soweit solche unter die intermittirenden zu rechnen sind. Ein ausführlicherer Nachweis erscheint unnöthig.

Bei Betrachtung der permanent wirkenden Ursachen, die für den betreffenden Ort auf dem Erdballe einen grösseren oder geringeren Wärmeaustausch bewirken, darf die Permanenz nicht in des Wortes verwegenster Bedeutung gedeutet werden, sondern nur relativ; das ergiebt schon die Erwägung, dass der Erdkern nach der Seite hin, von wo er grösseren Wärmeverlust zu erleiden hat, sich durch grössere und häufigere Gesteinsbildung schützen wird, durch die ein beschleunigter Wärmeverlust mit der Zeit lahm gelegt wird. Im Gegensatze aber zu den obenerwähnten sei solchen Ursachen, die auf verhältnissmässig lange Zeit hin ziemlich gleichmässig wirken, das Prädicat „permanent“ beigelegt.

Hier ist nun anzuführen: die verschiedene Anordnung

der Wärmeleiter. Zwischen Erdkern und Weltraum dient nicht nur eine feste Erdkruste als Wärmeleiter, sondern auf und in derselben befinden sich auch Körper im flüssigen und gasförmigen Zustande. Besitzen nun zwar feste Körper an und für sich ein besseres Wärmeleitungsvermögen als flüssige und gasförmige, so wird von Seiten der Letzteren dieser Nachtheil mehr als compensirt durch die grosse Beweglichkeit und leichte Verschiebbarkeit ihrer Theile. Aufsteigende Quellen, aufsteigende Ströme im Wasser und in der Luft beschleunigen den Wärmeverlust der Erde ungemein und es wird eine Leitungskette zwischen Erdkern und Weltraum, je nach der Zusammensetzung aus diesen verschiedenen Leitern verschiedene Wärmesummen entführen. Dazu tritt noch der Umstand, dass die feste Erdkruste wiederum aus einer Kette von Wärmeleitern von sehr verschiedener Wärmeleitfähigkeit zusammengesetzt ist, ferner dass diese wärmeleitenden Gesteine, dem Gesetze der Schwere folgend in horizontale Schichten abgelagert hier noch ungestört ruhen, während dort ihre Schichten fast unter rechtem Winkel einfallen.

Diese verschiedene Anordnung der verschiedenen Wärmeleiter, für den betreffenden Ort als permanent angesehen, steht aber wieder mit den intermittirenden und momentanen Ursachen des verschiedenen Wärmeverlustes in Causalnexus und ist mehr oder weniger ein Product derselben. Abgesehen von den durch vulcanische Eruptionen und durch ermattende Strömungen abgelagerten Gesteinsschichten, von der durch meteorische Erscheinungen bedingten Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche sei nur darauf hingewiesen, wie in Folge der verringerten Insolation sich vom Aequator den Polen zu die festen Leiter in der Leitungskette immer mehr mehren, sodass die Oberflächenschicht am Aequator ihre Isotherme am Pole tief in der Erdkruste zu suchen hat. Umgekehrt werden aber auch wieder die permanent wirkenden Ursachen die intermittirenden und momentan wirkenden Ursachen bedingen und wird z. B. eine dem beschleunigten Wärmeverlust günstig zusammengesetzte Wärmeleitungskette einen für die vulcanischen Erscheinungen günstigen Boden abgeben.

Mit der Erwägung der verschiedenen Länge der verschiedenartigen Leiter innerhalb der Leitungskette steht in engem

Zusammenhänge die Frage nach der Länge der ganzen Leitungskette und möchte auch diese Frage, ob der Zwischenraum zwischen den Isothermen $+t$ und $-T$ überall gleich sei, im Hinblick auf die so manichfaltigen Ursachen, die eine locale Ungleichheit herbeiführen können und die im Vorhergehenden angeführt sind, zu verneinen sein. Dabei kann man aber sowohl dem Erdkerne⁷⁾ als auch der Isotherme $-T$ eine grössere Abplattung zuschreiben, als sie die Erdkruste besitzt.

Betreffs der Wirkung, welche die verschiedenartigen Wärmeleiter innerhalb der Wärmeleitungskette sowohl als auch die verschiedenen Längen der ganzen Kette für den Wärmeverlust des Erdkerns haben werden, ist ein Gesetz von Wichtigkeit, das *G. Bischof* auf Grund von Erhaltungsexperimenten an Wasser⁸⁾ aufstellt. Wenn auch diese Versuche noch sehr viele Punkte zweifelhaft lassen und als nicht völlig entscheidend angesehen werden müssen, so hat doch das auf Grund derselben aufgestellte Gesetz sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich. Ich glaube dasselbe richtig so auszudrücken: Wenn man zwischen zwei Körper von verschiedener Temperatur einen (schlechten) Wärmeleiter einschaltet, so nimmt das Wärmeleitungsvermögen in einer geometrischen Reihe ab, wenn die Dicke des Leiters in einer arithmetischen zunimmt. Wenn man dieses Gesetz nun für die verschieden zusammengesetzten Wärmeleitungsketten in Anwendung bringt, so resultirt eine grosse Manichfaltigkeit für die Werthe des Wärmeverlustes des Erdinnern.

Nun liegt aber bei der so grossen Manichfaltigkeit von Ursachen, die entweder eine Verlangsamung oder eine Beschleunigung des Wärmeverlustes bewirken, die Frage nahe, ob sich dieselben nicht gegenseitig compensiren. Die Möglichkeit einer Compensation dürfte schon zuzugeben sein, wie z. B. auf die Art, dass die Langsamkeit der Leitung bei einer grösseren Länge der Leitungskette dadurch eliminirt sein kann, dass sie aus besseren Leitern zusammengesetzt ist, als eine andere kürzere. Dass aber auf diese Weise die locale Ungleichmässigkeit des Wärmeverlustes beseitigt werde, bleibt trotzdem ganz unwahrscheinlich.

Auf Grund des Entwickelten können wir also sagen: Der

Wärmeverlust des Erdkerns erfolgt seit Bildung der Erdkruste nicht mehr allseitig gleichmässig.

Ebenso ergibt sich auf die Frage: Verliert die Erde in gleichen Zeiten gleiche Wärmesummen? eine Verneinung und zwar nicht nur im Rückblick auf das Vorige, sowohl auf die Kategorie der intermittirend und momentan wirkenden Ursachen eines verschiedenen Wärmeverlustes, als besonders *Bischof's* Gesetz mit der Erwägung, dass jeder Wärmeverlust von der Neu-Einschaltung eines schlechten Leiters begleitet wird, sondern auch auf das von *Dulong* und *Petit* im Allgemeinen formulirte und anerkannte Gesetz, dass „die Abkühlung sich in gleicher Weise verlangsamt mit abnehmender Temperaturdifferenz“, d. h. dass ein bis zu hohem Grade erhitzter Körper anfangs sehr rasch, später immer langsamer und langsamer abkühlen wird.

Es erübrigt schliesslich noch die Frage: wann der Wärmeverlust des Erdinnern aufhören wird, eine Frage, die zugleich die in sich einschliesst: ob jetzt noch der Wärmeverlust des Erdinnern fort dauert. — *Fourier* und *G. Bischof* neigen zu der Ansicht hin, dass der Wärmeverlust des Erdkerns seit langer Zeit schon soviel wie Null sei.⁹⁾ Jedenfalls ist betreffs der Fortdauer des Wärmeverlustes daran festzuhalten, dass nur in drei Fällen zu denken sei, dass einmal der Wärmeverlust des Erdkerns ganz aufhören werde:

1) wenn der Wärmeverlust des Erdinnern an die Erdkruste und durch dieselbe an den Weltenraum durch irgend eine andere Wärmequelle gedeckt wird;

2) wenn der Erdkern und der Weltenraum durch einen Nichtleiter der Wärme (adiathermanes Medium) getrennt werden;

3) wenn der Wärmeausgleich zwischen Weltenraum und Erdkörper vollendet ist, beide also gleiche Temperatur besitzen.

Keiner von diesen drei Fällen hat bis jetzt Statt, also dauert, der Wärmeverlust des Erdinnern noch immer fort.

VI.

In Consequenz des *Leibnitz-Kant-Laplace's*chen Theorems, das die Erdkrustenbildung in Folge des Wärmeverlustes des

flüssigen Erdballs behauptet, muss man eine dem fort dauernden Wärmeverluste entsprechende fort dauernde Gesteinsbildung an der Innenfläche der Erdkruste annehmen, der nach ihrem Orte die Bezeichnung „entogäee Gesteinsbildung“ hier beigelegt sein soll.

Es ist aber nicht gestattet, mit dem Hinweis auf die angeführte Consequenz, diese Behauptung als wahr beruhen zu lassen und so aus der logischen Nothwendigkeit einer entogäen Gesteinsbildung ihre Wahrheit abzuleiten, es benöthigt, auch die Möglichkeit einer solchen Gesteinsgenesis zu beleuchten. Diese Möglichkeit aber dürfte wohl einzig in Rücksicht auf die Druckverhältnisse angezweifelt werden. Hier ist die Frage die: Kann Gesteinsbildung unter jedwedem Drucke vor sich gehen? — Diese Frage resultirt aus der Erwägung, dass die Theile des Erdinnern an und für sich, ihrer Lage wegen, einem grösseren Drucke ausgesetzt sind als die nach der Peripherie zu, so dass mehrere Forscher aus diesem grösseren Drucke und indem sie diesen flüssigen Theilen des Erdcentrums ein grösseres Compressibilitäts-Vermögen zuschreiben, das grössere spezifische Gewicht des Erdinnern, sowie die Volumenzunahme der Magmatheilchen bei der Erstarrung zu erklären versuchen. Aber abgesehen von dieser Compressibilitätstheorie, die schon im II. Abschnitte besprochen ist, wird mit dem geringsten Theilchen, das in Folge des Wärmeverlustes erstarrt und so sein Volumen vergrössert, der Druck auf die flüssig gebliebenen Theile vermehrt und deshalb erscheint eine eingehendere Betrachtung dieser Verhältnisse geboten.

Dass unter verschiedenem Drucke eine, allerdings unter sich verschiedene Gesteinsbildung überhaupt vor sich geht, resultirt schon aus dem III. Abschnitt. In diesem Falle handelt es sich also nur um die Frage: ist eine Gesteinsbildung möglich auch bei Einwirkung eines höheren Druckes als unter dem nach Abschn. III. sich die compacten Gesteine gebildet haben. Diese Möglichkeit dürfte allerdings zu verneinen sein, wenn man, wie hier geschehen, die Festigung des Wassers und des Eisens als Norm für jede Gesteinsbildung ansieht; nach der aufgestellten Behauptung verlangt jedes erkaltende Magma zu seiner Festigung ein grösseres Volumen. Verwehren ihm nun die obwaltenden

Druckverhältnisse dieses Volumen, so kann es sich auch nicht festigen. Von Bedeutung ist in dieser Beziehung folgender von *Boussingault* angestellter Versuch. Er füllte Wasser zugleich mit einer Stahlkugel in einen Gussstahlcylinder und verschloss denselben mit einer Schraube. „Wasser und Gussstahl hatten 4° C., also die Temperatur, bei welcher Wasser am dichtesten ist, so dass es sich beim Erwärmen und Erkalten ausdehnt. Die Beweglichkeit der Stahlkugel, nämlich der Klang beim Aufschlagen derselben, wenn man den Stahlcylinder umdrehte, gab Zeugniß von dem Aggregatzustand des Wassers. Und nun fand sich, dass selbst bei — 24° das Wasser flüssig blieb, aber bei dieser und bei höherer Temperatur augenblicklich gefror, sobald man die Schraube lüftete, also die Ausdehnung gestattete¹⁾.“

Trotz dem hier Angeführten ist dennoch an der Möglichkeit einer entogäen Gesteinsbildung festzuhalten, mit dem Hinweis, dass die Erdkruste das Erdinnere nicht so fest und dauerhaft umschliesst, wie jener Gussstahlcylinder das Wasser, dass die Erdkruste mit ihren vielen schwachen und schadhafte Stellen einer Expansion nicht langen Widerstand leisten kann und dass auch dem flüssigen Erdinnern immer Sicherheitsventile in den Vulcanen zu Gebote stehen: kurz, da das bedeutende Uebermass des Druckes nicht nachgewiesen ist, ist auch die Möglichkeit einer entogäen Gesteinsbildung unleugbar.

Für die Wahrscheinlichkeit dieses Vorgangs spricht auch die Erwägung, dass man in Consequenz des Leugnens einer entogäen Gesteinsbildung annehmen müsste, dass auf einer Erstarrungskruste von verschwindender Mächtigkeit die nach *Hopkins* auf 172—215 geogr. Meilen Durchmesser angenommene²⁾ jetzige Erd feste, nur aus eruptiven und regenerirten (sedimentären) Gesteinsmassen bestehend, ruhe.

Um uns nun, nachdem sowohl die Nothwendigkeit als auch die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit einer entogäen Gesteinsbildung dargelegt ist, ein Bild von dieser zu machen, wollen wir die bis jetzt darüber aufgestellten Hypothesen und darauf bezüglichen Ansichten mustern. Verschiedene Forscher nehmen an, zwischen der Erdkruste und dem flüssigen Erdinnern befinde sich eine dickflüssige Schicht. *Naumann* sagt³⁾

also: „Es ist wohl gewiss anzunehmen, dass zwischen der starren Schale und dem flüssigen Kerne eine neutrale Zone enthalten ist, wo die beiden extremen Zustände durch den Zustand der Erweichung und Zähflüssigkeit ganz allmählich in einander übergehen.“ — Was heisst da „zäh- oder dickflüssig?“ Wahrscheinlich haben die erwähnten Forscher damit einen dem Schmier-Eis des Wassers, der Rothgluth des Eisens analoge Erscheinung gemeint. Was ist aber Weissgluth und Rothgluth? Weissgluth ist der wahre flüssige Aggregatzustand, Rothgluth aber der Flüssigkeitszustand, in dem die Flüssigkeit schon viele erstarrte Theilchen trägt und mit sich führt, also eine Mischung der starren und flüssigen Körpertheilchen. Ist diese Auslegung der Worte richtig, so sind dieselben auch im Einklang mit dem, was auf der vorhergehenden Seite bei Betrachtung der Möglichkeit der entogäen Gesteinsbildung bezüglich des hohen Druckes als eine Wahrscheinlichkeit hingestellt wurde: nämlich, dass wir bei dem anerkannt vorhandenen Drucke, falls ein solcher die Gesteinsbildung verhindern sollte, ein Ueberkälten der obersten Schicht weit unter den Erstarrungspunkt wohl annehmen können, analog dem Wasser, das unter Einwirkung des Druckes sich auch unter seinen Erstarrungspunkt erkälten lässt. Es ist aber geboten, nur die Möglichkeit einer solchen Ueberkältung auszusprechen und liegen nicht genügende Gründe vor, diesen Zustand für alle Fälle zu behaupten. Die Ueberkältung der äusseren Schicht wird dabei nur so lange andauern, als die Schicht den auf ihr lastenden Druck nicht überwinden kann; es kann die Analogie der Grund- und Meereisbildung wohl hier zur Veranschaulichung herangezogen werden; wenn aber dann diese Abkühlung die Grenze ihrer Möglichkeit erreicht hat so wird der Expansionsdruck des erkalteten Magmas Platz zur Erstarrung schaffen, es wird derjenige Theil des Magmas, der im Erdinnern zur Erstarrung keinen Raum findet, durch die Erdkruste der Oberfläche zugeschoben werden, die übrige Masse aber wird an der von ihr innegehabten Stelle als innerste feste Schicht der Erde, also entogäe sich ablagern. Dabei werden aber, und Nichts spricht gegen diese Wahrscheinlichkeit, auch Magmatheile mit fest werden, die vorher nicht überkaltet, also nicht zähflüssig waren.

Das Vorstehende berührt aber nur den der Erstarrung vorausgehenden Zustand des flüssigen Magmas; und ist damit die Frage nach der Art und Weise der Erstarrung selbst nicht erschöpft. Dazu ist es nöthig, zuerst den Begriff einer Gesteinsbildung überhaupt festzustellen.

Primitive Gesteinsbildung bewirken in der Natur überhaupt zwei Ursachen, die sind die Anziehungskraft und der Wärmeverlust. Ein primitives Gestein ist somit, abgesehen von der Materie, das Product mechanischer oder thermischer Kräfte oder beider vereinigt. Die Anziehungskraft in ihrer Modalität als Schwere wirkt überall und bei jeder Gesteins-Ablagerung; dass sich aber ein Gestein bilde, das bewirkt sie nur bei den klastischen Gesteinen. Der Wärmeverlust dagegen bewirkt, dass entweder das flüssige Magma in seiner Totalität erstarret (abgesehen von den mikroskopischen Einschlüssen von Gasen und Flüssigkeiten) z. B. bei dem Wasser und Eisen, oder dass sich das Magma zerlegt und sich so ein Gestein aus der Flüssigkeit abscheidet, wie z. B. aus wässrigen Lösungen. Es mangelt in diesem Falle die nöthige Wärme, um den Körper gelöst zu erhalten. Diese Gesteinsbildung ist diejenige, die *G. Bischof*, ohne die dabei wirkenden Kräfte zu bestimmen, so⁴⁾ beschreibt: „Der Act der krystallinischen Bildungen besteht darin, dass die Bestandtheile der flüssigen Masse sich nach bestimmten Mischungs-Verhältnissen ordnen und selbständige Verbindungen darstellen.“ Den Theilen aber des Magmas, die in Folge der Abkühlung erstarren, wird dann von der Schwerkraft ihr Platz angewiesen, soweit nicht Adhäsion und Cohäsion dieselbe alteriren, und je nach ihrem specifischen Gewicht werden sie sich zu Schichten oder Decken ablagern entweder nach dem Centrum oder nach der Peripherie des Erdballs zu.

Im III. Abschnitt haben wir gesehen, dass die eruptiven krystallinischen Gesteinsmassen unserer Erdoberfläche, deren Gesteinsbildung die Bezeichnung „empetrae“ hier beigelegt sei⁵⁾, in ihrem erstarrten Zustande die Wirkung eines allseitig wirkenden Druckes zeigen oder, wie wir es auch ausdrücken können, die Wirkung einer Summe von nach allen Richtungen wirkenden Kräften. Höchstens erscheint die Richtung der Schwerkraft in der Structur dieser krystallinischen

Massengesteine etwas mehr gekennzeichnet. Wie aber die bei jenen erwähnten empeträen Gesteinsbildungen obwaltenden Verhältnisse ihren Stempel dem fertigen Gesteine aufgedrückt haben, so wird sich auch die an der Innenfläche der Erdkruste stattfindende Gesteinsbildung im Gesteine selbst kennzeichnen; und in diesem Falle sei die Behauptung gleich vorangestellt:

Bei den entogae gebildeten Gesteinen ist dasselbe Magma, was in den eruptiven Massengesteinen vorliegt, [erstarrt unter vorzüglicher Einwirkung eines einseitigen Druckes. Die Anziehungs- oder Schwerkraft hat die erstarrenden Theilchen angeordnet, senkrecht zu ihrer Richtungslinie, und hat so eine ebene Paralleltexur zu Stande gebracht. Da ist nun die Frage: Wie gross soll dieser Druck sein, den die Schwerkraft ausübt? Er braucht nur relativ gross zu sein und zwar so gross, dass er die Krystallblättchen zwingen kann, sich ihm anzubequemen und sich rechtwinklich zu seiner Richtung zu legen. Kommt nun noch eine zweite untergeordnete Druckrichtung zu grösserer Geltung vor den andern Nebenrichtungen, so resultirt dann eine lineare Paralleltexur.

Dass dem möglicher Weise so ist, wird Jedermann einräumen, dass dem auch so sein muss, dass da wirklich eine Druckrichtung mehr zur Geltung kommen muss als die andern bleibt noch nachzuweisen. Bei dieser Betrachtung können wir von der sogenannten sedimentären Gesteinsbildung ausgehen; es wird Niemand bezweifeln, dass die dabei resultierende reguläre Schieferung, sowie die Schichtung überhaupt in ihrer Paralleltexur, Wirkung der Schwerkraft ist, ebenso wie die transversale Schieferung das Resultat eines seitlich wirkenden Druckes ist. Da nun die Schwerkraft überall und unausgesetzt wirkt, so bleibt zu untersuchen, warum sie bei den krystallinischen Massengesteinen nicht in dem Masse wie bei Bildung der Sedimentärgesteine wirkt und dann darzulegen, dass die Ursachen, welche die eigenartige Ausbildung der krystallinischen Massengesteine bewirken, bei der entogäen Gesteinsbildung nicht mit in Rechnung zu bringen sind.

Wie ein Gebirgsfluss, der seine Entstehung und seinen Lauf doch ursprünglich nur der Schwerkraft verdankt, von Seiten der Trägheit die Beigabe der Strömung erhält und in

dieser seiner Strömung Steine und andere Körper von grösserem specifischen Gewichte als das Wasser, trotz der Schwerkraft von Ort zu Ort führt, so ist auch das dem Erdinnern entstammende Magma für einen Strom anzusehen, auf dessen Ganzes wohl die Schwerkraft ihre Wirkung behält, dessen Theilchen aber nicht die Ruhe finden, um der Schwerkraft durchaus zu gehorchen. Kommt nun dieser Strom zur Ruhe, so wird in Folge der wahrscheinlicher Weise stattgehabten Ueberkaltung bei den dazu jetzt günstigen Umständen zuvörderst und sehr schnell die Erstarrung erfolgen, die Theilchen des Magmas werden ihre leichte Verschiebbarkeit und Beweglichkeit noch in der Anordnung, d. h. in dem Durcheinander, verlieren, die ihnen von der Strömung gegeben worden war und die gegenseitige Raumbehinderung und Verdrückung beim Erstarren wird noch allseitig verschoben, was noch irgendwie verschiebbar ist.

Diese Verhältnisse liegen nicht so bei der entogäen Gesteinsbildung. Die Theilchen erstarren in der ihnen von der Schwerkraft angewiesenen Stellung und Lage und selbst wenn nach der Oeffnung des Eruptionskanals zu (oder angenommen, es sei das eingeschlossene Erdinnere Bewegungen in seiner Masse unterworfen, in Folge siderischer Constellationen) eine Strömung stattfindet, so treten die Erscheinungen in Folge dieser doch erst in zweiter Linie auf; dabei darf man noch annehmen, dass die Centripetalkraft mit unterstützt wird durch die andere Modification der Anziehungskraft, durch die Adhäsion, deren Richtungslinie ja in diesem Falle mit der der Centripetalkraft zusammenfallen wird, und die, da doch anzunehmen ist, dass die entogäe Gesteinsbildung auf ein Mal nur in wenig mächtigen Schichten vor sich geht, hier jedenfalls mit einwirkt.

Und so sei der Begriff: „entogäe Gesteinsbildung“ also defnirt:

Entogäe Gesteinsbildung ist eine in Folge des Wärmeverlustes des Erdinnern an der Innenfläche der Erdkruste vor sich gehende Erstarrung des Erdmagmas, die sich dadurch kennzeichnet, dass bei ihr die Druckerscheinungen der Anziehungskraft vor allen andern Druckerscheinungen am erstarrten Gesteine vorwiegen.

VII.

Im vorigen Abschnitte ist schon darauf hingewiesen, dass für eine nothwendige Folge des mit der entogäen Gesteinsbildung verknüpften Raumbedürfnisses die vulcanischen Erscheinungen anzusehen sind. Damit sich der eine Theil des erkaltenden Magmas an der Innenseite der Erdkruste ablagern könne, muss der andere Theil ihm Platz machen und wird an die Erdoberfläche getrieben, um dort in seinen verschiedenen Structurverhältnissen (siehe Abschnitt III) zu erstarren.

Dieses Volumenbedürfniss des entogä erstarrenden Gesteins genügt schon allein zur Erklärung der vulcanischen Erscheinungen im Allgemeinen und sind diejenigen, die ausserdem noch andere Erklärungsweisen hinzuziehen, auf die von *Naumann* angeführte¹⁾ Regel hinzuweisen: „dass man zur Erklärung einer Erscheinung nicht mehr Ursachen einführen müsse, als gerade hinreichend sind.“ Allerdings ist wohl anzuerkennen, dass im besonderen Falle, bei der ungeheuren Manichfaltigkeit von Mitteln und Kräften, über welche die Natur verfügt, eine combinirte Erklärungsweise die wahrscheinlichere sein kann: aber es ist die Aufgabe der Naturforschung, für eine Reihe von Erscheinungen in ihrer Allgemeinheit eine möglichst einfache Erklärungsweise zu suchen.

Der weiteren Beweisführung gehe eine Betrachtung der geltenden Hypothesen voraus. Seitdem *Humboldt* das grosse Wort ausgesprochen, die vulcanischen Erscheinungen sind Reactionen des flüssigen Erdinnern gegen die Erdkruste und die Vulcane sind die Sicherheitsventile der Erde, haben sich auf Grund dieses verschiedene Hypothesen aufgebaut. Von Bedeutung ist vor Allen *G. Bischof's* Theorie, die er in seiner „Wärmelehre des Innern unsres Planeten“ zu begründen sucht. Es ist hier nicht der Ort, alle einzelnen Punkte dieser Begründung zu beleuchten und möglichst zu widerlegen; dies ist ja auch schon von Meistern der Wissenschaft geschehen. Nur auf einige Hauptpunkte sei hier hingewiesen. *Bischof* sagt²⁾: „Da die Gesteine eine sehr verschiedene Schmelzbarkeit besitzen, so werden die schmelzbarsten unter ihnen in Tiefen flüssig sein, in welchen die strengflüssigen

noch fest sind. Es werden daher in gewissen Tiefen geschmolzene Steinmassen im festen Gesteine sich befinden, gleichwie die geschmolzenen und reduzierten Eisenerze in den strengflüssigen Gesteinen der Eisenhochöfen oder der Schmelztiegel.“ *Naumann* hat³⁾ dies so trefflich widerlegt, dass ein Wort weiter darüber zu sagen überflüssig ist. Nur das Eine sei besonders noch hervorgehoben. *Bischof* vergleicht sowohl an dieser Stelle wie an vielen anderen⁴⁾ die vulcanischen Heerde mit Schmelztiegeln, in welche das Material (die Lava) hineingethan wird⁵⁾; woher und von wem dieses Material hineingethan wird, sagt er nicht. Ausserdem möchte man fast glauben, dass der Vergleich auch bis zum Anfeuern unter dem Tiegel geht⁶⁾. Dem gegenüber wollen wir uns erinnern, dass die Erde, um in dem Vergleiche zu bleiben, nicht ein im Betrieb befindlicher noch weniger ein frisch angefeuerter, sondern ein im Erlöschen begriffener Hochofen ist⁷⁾; es kann da also gar nicht die Rede davon sein, dass ein bereits erstarrtes Material wieder zum Schmelzen gebracht werde⁸⁾. Zu diesen vulcanischen Heerden lässt nun *Bischof* von der Erdoberfläche her Wasser treten und zwar in seiner „Wärmelehre“ noch auf Klüften und Spalten, nach späterer Ansicht⁹⁾ aber in Folge der Porosität und Capillarität der Gesteine. Bezüglich der ersteren Möglichkeit bedarf es hier, da *Bischof* ja selbst diese Möglichkeit später scheint bezweifelt zu haben, keines Wortes weiter. Gegen den zweiten Weg, den er angiebt, spricht die Eigenschaft der krystallinischen Silicate, für Wasser fast undurchdringlich zu sein¹⁰⁾. Und selbst wenn das Wasser möglicher Weise bis zu diesen Heerden gelangte, kann das doch keine andere Folge nach sich ziehen, als einen beschleunigten Wärmeverlust des Magmas¹¹⁾. Dass Wasser, welches, schon erwärmt durch die warmen Gesteine seines Weges (geotherme Tiefenscala) unter einem ungeheuren Drucke bis zum Wärmeheerd getrieben wird, auf einmal und plötzlich seine ungeheure Expansion entwickeln könne, die ihm vorher nicht gestattet war zu entwickeln, und so nicht allein für sich selbst sondern auch noch für eine mitgeführte Lavamasse den Druck, der vorher auf dasselbe wirkte, aufsteigend überwinde, diese Möglichkeit sich vorzustellen, erscheint mehr als schwierig. Dabei muss *Bischof* selbst einräumen,

dass nie grosse Quantitäten von Lava und auch nicht aus zu grosser Tiefe durch die Expansion des Wasserdampfes gehoben werden können. Dass Wasser überhaupt in den eruptiven Gesteinen vorhanden ist, ist anerkannt¹²⁾; aber bei seiner mikroskopischen Vertheilung ist doch die Annahme viel wahrscheinlicher, dass es im Magma absorbirt oder chemisch gebunden bei der Erstarrung zum Ausscheiden kam. Diese angeführten Punkte mögen genügen, um die absprechende Ansicht über *Bischof's* Hypothese zu motiviren.

Betreffs der Theorien von *Hopkins*, *Elie de Beaumont* und *Cordier* ist nur auf *Naumann's* Ansicht darüber zu verweisen. Eingehender aber ist *Naumann's* eigene Ansicht zu erwägen. Nachdem nämlich *Naumann* auf die Nothwendigkeit der hier im II. Abschnitte entwickelten Annahme hingewiesen hat, dass das an der Innenseite der Erdkruste erstarrende Magma einer Vergrösserung seines Volumens unterliege, eine Annahme, die *Naumann* einzig durch die grosse Differenz der Compressibilität beider Aggregatzustände, des flüssigen und festen, erklären will, geht er auch zur Betrachtung der daraus entstehenden Folgen über und sei die Stelle¹³⁾, soweit der Wahrheit ihres Inhaltes vollkommen gehuldigt wird, deshalb hier angeführt, weil *Naumann's* Worte dem Gedanken jedenfalls besseren Ausdruck geben, als es meine je vermöchten. „Die unausleibliche Folge von der Vergrösserung des Volumens bei der Erstarrung“, sagt *Naumann*, „kann keine andere sein, als dass während des langsam fortgehenden Erstarrungsprozesses eine Capacitäts-Vermin- derung der festen Erdkruste eintritt, dass also der von ihr umschlossene und mit dem feurigflüssigen Materiale erfüllte Raum verkleinert wird. Dadurch wird aber nothwendig ihr flüssiger Inhalt eine Verstärkung des Druckes erleiden, welche wiederum eine Reaction gegen die Erdveste selbst zur Folge hat. Der Gleichgewichtszustand, wie solcher in einer der Wirkung der Schwerkraft und Rotation angemessenen Weise hergestellt war, wird also gestört werden, und wäre die Erdveste völlig geschlossen, überall gleich dick, homogen und gleich nachgiebig in ihren einzelnen Theilen, so würde dies zunächst ein Streben zur Verminderung der Abplattung verursachen müssen, um dadurch eine Vergrösse-

rung des Volumens herbeizuführen. Allein die Erdveste hat eine sehr verschiedene Dicke und verschiedene Grade der Widerstandsfähigkeit und durch die Eruptionscanäle der Vulcane ist sie stellenweise nach aussen geöffnet. Der nächste Erfolg wird also der sein, dass ein Theil des feurigflüssigen Materials als Lava bald in diesem bald in jenem Eruptionscanäle gegen die Oberfläche hinaufgepresst wird, bis der Druck der Lavasäule dem innern Drucke das Gleichgewicht hält, wodurch zugleich die erste Bedingung für die Möglichkeit vulcanischer Eruptionen geliefert wird. Ausserdem aber wird die Verschiedenheit der geotektonischen Verhältnisse eine eben so grosse Verschiedenheit in der Art und Weise herbeiführen, wie die verschiedenen Regionen der Erdveste gegen den auf sie ausgeübten Druck reagieren; und während daher einzelne Regionen des geringsten Widerstandes, diesem Drucke unmittelbar nachgebend, nach aussen (also aufwärts) steigen, werden andere (besonders in der Nähe des Aequators liegende Regionen) sich senken, wodurch die säcularen Hebungen und Senkungen grosser Regionen des Landes und Meeresgrundes einigermassen erklärt sein dürften.“ Schon diese letztere Behauptung *Naumann's* von säcularen Senkungen erscheint nicht ganz gerechtfertigt und wird darauf weiter unten und ausführlicher noch hoffentlich an anderer Stelle zurückgekommen werden; noch weniger kann man den weiteren Ausführungen *Naumann's* über Erdbeben etc. zustimmen; er lässt da die Wahl zwischen zwei Erklärungsweisen, nämlich der älteren von *Angelot*¹⁴⁾, „dass nämlich das feurigflüssige Material des Erdinnern eine grosse Menge von Gasen und Dämpfen im gebundenen Zustande enthält, welche bei der Erstarrung ausgeschieden werden, sich stellenweise an gewissen Punkten und längs gewisser Striche anhäufen und theils durch ihre Spannkraft, theils durch wiederholte Veränderungen ihrer Stelle so lange gewaltsame Fluctuationen des Pyriphleton verursachen, bis es ihnen endlich gelingt, irgendwo durch Spalten der Erdkruste zu entweichen“,¹⁵⁾ — und der schon angeführten von *Bischof* und *Angelot*¹⁶⁾.

Wie oben erwähnt ist es aber gar nicht nöthig, noch irgend welche andere Ursachen zur Erklärung der vulcanischen Erscheinungen anzuführen und genügt das in Abschnitt II ent-

wickelte Gesetz. Die vorhin angeführten Worte *Naumann's* aber mögen dazu gedient haben, den Vorgang zu veranschaulichen. Zu dieser Ansicht führt vor Allem die Erwägung, dass eine Reihe so verschiedenartiger Kraftäusserungen, wie die vulcanischen Erscheinungen sind, in einem Punkte sich verbinden, nämlich in der Production von etwas Stoffartigem¹⁷⁾. In der Production des Stoffartigen und zwar in der Gesteinsbildung ist das Wesentliche des Vulcanismus zu erkennen, und nach dieser kommen erst die dynamischen Erscheinungen in Betracht. So kann man die säcularen Hebungen dadurch erklären, dass in Regionen, wo die auflagernde Erdkruste fest und dicht ist und keine Gangspalten und Höhlungen enthält, sich der Expansionsdruck des Innern gegen die ganze Region wenden und sie langsam heben wird, damit sich eine Gesteinsschicht entogä ablagern kann; die andern Regionen werden im Verhältniss zu dieser als gesunken erscheinen. In Regionen aber, wo die einzelnen Theile, weil Höhlungen und Gangspalten enthaltend, dem Expansions-Drucke ungleichen Widerstand leisten, wird der Expansionsdruck an den Stellen des geringsten Widerstands Spalten durchreissen, durch welche das Magma hindurchquellen wird. Dass das Erdinnere durch die Eruptionscanäle der Atmosphäre offen stehe, wie aus *Naumann's* vorhin angeführten Worten hervorzugehen scheint, erscheint mehr als zweifelhaft; der Wärmeverlust an solcher Stelle wird zu sofortiger Verstopfung des Canals nach der Eruption mittels vermehrter Gesteinsbildung geführt haben. Bei der ungeheuren Dicke der Erdkruste¹⁸⁾ ist nicht anzunehmen, dass dergleichen Spalten und Hohlräume in der Erdkruste direct bis zur Oberfläche reichen; es wird also mit Ausfüllung des ersten Hohlraums nur eine vorübergehende Verminderung des Druckes erfolgen; das in den Hohlraum durch den Expansionsdruck hineingepresste Magma aber wird eben von diesem Drucke eine Strömung erhalten haben und der durch die Wände des Hohlraums aufgestaute Strom wird seine Kraft als Stoss durch die Wände fortpflanzen, und diesen Stoss, dessen Fortpflanzung innerhalb der festen Erdkruste in den physikalischen (mechanischen) Theil des Seismologie gehört, erkennen wir als Erdbeben¹⁹⁾.

Wie in den ersten Hohlraum, so wird dem geringsten

Widerstand folgend das Magma von einer Spalte in die andere gedrängt werden und so fort, um schliesslich als Strom oder Decke auf der Erdoberfläche sich abzulagern, oder, wenn der Widerstand an jener Stelle nicht überwunden werden kann, als Stock oder Gang noch unter Tag zu erstarren.

Die Form der Eruptions-Canäle kann dabei gerade so wie wir es an ausgefüllten Gängen sehen, sehr variiren, und dürfte auch bei einem Canal, der die Oberfläche mit dem Erdinnern senkrecht verbände, wohl anzunehmen sein, dass er durch erstarrte Massen stellenweis verstopft sei und so aus einzelnen Hohlräumen bestehe.

Die Paroxysmen der Eruptionen, wie Aschenregen u. A. dürfen unbedingt erst für secundäre Erscheinungen des Vulcanismus angesehen werden, deren Ursachen theilweise auf der Erdoberfläche zu suchen sein werden. Es sei in Bezug auf diese den darin geltenden Ansichten, vom Zutritt der Tagewasser zu den Magmen, beigepflichtet; aber es dürfen diese Paroxysmen nicht in gleichen Rang gestellt werden mit den wirklichen vulcanischen Erscheinungen, die ihren Ursprung aus der Tiefe haben und als Folgen der entogäen Gesteinsbildung zu betrachten sind.

Dem möglicher Weise gegen diese Theorie zu machenden Einwurfe: dass, wenn das flüssige Erdinnere in Folge der entogäen Gesteinsbildung unter einem so grossen Drucke gehalten werde, in den Fällen, wo sich ein Ventil öffne, d. h. bei der Eruption eines Vulcans, ein grosser Strahl mit ungeheurer Ausflussgeschwindigkeit austreten müsse, ungefähr in der Weise, wie bei dem Oeffnen des Ventils eines Dampfkessels, ein Dampfstrahl austritt; dem ist entgegen zu halten, dass der Ausfluss des Magmas durch eine Röhre (Canal) geschieht, deren Dimensionen an Capillarröhren erinnern, d. h. bei der im Verhältniss zur Länge der Querschnitt von verschwindender Dimension erscheint, und dann, dass dieser Canal wahrscheinlicher Weise ein sehr zusammengesetzter sein wird, wo die Kraft der Strömung durch Reibung u. a. m. sehr abnehmen wird. Und noch ist dabei zu erwägen, dass der Oberfläche zu der Expansionsdruck immer schwächer werden wird, weni-

ger der Reibung wegen, als weil sich mit jeder Höhlung mehr von dem geforderten und zur Erstarrung nöthigen Raume darbietet. Ausserdem ist dabei zu bedenken, dass dieser Einwand einer jeden Theorie des Vulcanismus gemacht werden kann, denn nach jeder wird das Magma durch irgend einen Druck gehoben.

Die Höhlungen und Gangspalten aber die hier zur Erklärung der Erdbeben als präexistirend angenommen werden, sind kein bedenkliches Erforderniss. Einerseits wird auch sonst jede Gangspalte als präexistirend vor der Ausfüllung angenommen und lässt sich auch nach anderen Theorien nicht annehmen, dass die Lava sich ihren Canal selbst gebohrt habe, andererseits ist in der Natur selbst, z. B. für die Cordilleren von *Boussingault*, das Vorhandensein von zahlreichen Höhlungen erkannt worden. Das häufige Vorkommen von Spalten, leeren sowohl wie Gangspalten, spricht sogar für die hier vertretene Hypothese, welche die gewölbte Erdkruste durch von Innen wirkende Kräfte bedrohen lässt; es ist ja eine bekannte Eigenschaft aller Gewölbe, von Innen leichter zerstörbar zu sein als von Aussen; würde dagegen das Erdmagma kein Bedürfniss nach Volumenvergrösserung haben, so wäre es wunderbar, warum die feste gewölbte Erdkruste, anstatt in sich selber sicher zu ruhen, springen und in Stücke gerathen dem Erdinnern aufliegen sollte.

Die hier vertretene Hypothese verlangt aber, auch die Vertheilung der vulcanischen Erscheinungen nach Ort und Zeit zu betrachten. Denn nach derselben ist ja der Wärmeverlust des Erdinnern die Grundursache der vulcanischen Erscheinungen und müssen demnach die localen und temporären Verschiedenheiten auch in den vulcanischen Erscheinungen ihren Ausdruck finden. Da ist denn nur darauf hinzuweisen, dass die Vulcane alle in der Nähe der besten Wärmeleitungs-ketten gelegen sind, die zusammengesetzt sind aus möglichst viel Luft (bis zum Meeresspiegel) und aus Wasser bis zu grosser Meerestiefe, beides in Folge der leichten Beweglichkeit ihrer Theile die besten Wärmeleiter. Solche Erdstriche aber, wo klimatische Verhältnisse aufsteigende und so Wärme entführende Luftströmungen gestatten, werden vor allen Andern ein dem Vulcanismus günstiges Terrain sein; derartige

Erdstriche sind nun nach den Lehren der Meteorologie die tropischen, über deren Reichthum an Vulcanen wir uns somit gar nicht zu wundern brauchen. Daraus geht hervor, dass die Vulcane an den Punkten gelegen sind, wo sie nach der aufgestellten Hypothese auch nothwendig sind²⁰⁾. Die temporären Verschiedenheiten im Erdwärmeverlust, die ja wieder Folgen der verschiedenen meteorischen Erscheinungen, vor Allem der Insolation sind, zeigen auch ihre Wirkung bei Betrachtung der Reihe der vulcanischen Erscheinungen. Selbst *Naumann*, der diese Erscheinung siderischen Verhältnissen zugeschrieben wissen will, giebt zu²¹⁾, dass in Europa und den nächstliegenden Ländern der Herbst und Winter als Saison des Vulcanismus anzusehen sind, also diejenigen Jahreszeiten, welche für diese Länder die kältesten sind. Dass die Natur der Leiter Verzögerung im Wärmeverlust mit sich bringen kann, das ist schon im Abschnitt V betont worden und der Verschiedenheit dieser ist auch die zeitliche Verschiedenheit der vulcanischen Erscheinungen zuzuschreiben. Dabei spricht aber die Beobachtung, dass auf der Erde im Ganzen betrachtet, die meisten Erdbeben zu den Aequinoctial-Zeiten eintreten²²⁾ jedenfalls für die Behauptung, dass der Wärmeverlust des Erdinnern die Grundursache der vulcanischen Erscheinungen sei.

VIII.

Nach den Ausführungen des ersten Theiles dieser Arbeit, in dem theoretisch der Begriff der entogäen Gesteinsbildung festzustellen versucht wurde, ist jetzt die Aufgabe, auch eine Probe der entogäen Gesteinsbildung vorzuzeigen, auf ein Gestein hinzuweisen, dessen Erscheinung am Besten durch entogäe Gesteinsbildung zu erklären ist.

Es ist nun durch den Begriff der entogäen Gesteinsbildung selbst gegeben, dieses Gestein unter der ersten Erstarungskruste zu suchen. Demnach ist hier die Frage, wie wir denken, dass die erste Ertarrungskruste beschaffen gewesen sei, ob wir an der Erdoberfläche noch dieselbe antreffen können oder nicht und in welchem Gesteine wir sie erkennen möchten.

Die erstere Frage ist schon im Eingang des Abschnittes

II berührt und darauf hingewiesen worden, dass, je nachdem man eine Atmosphäre von mehr oder weniger Gewicht über dem flüssigen Erdballe annehmen will, dann die erste Kruste als von compacterer oder schlackigerer Structur resultirt. Nimmt man den Druck so gross an, dass ein krystallinisches, ganz compactes Gestein resultirt, so hat man eben gleich die erste Erstarrungskruste als entogä erstarrt anzusehen und zwar als die oberste der entogä gebildeten Schichten; es muss dann eine Unterscheidung zwischen primitiver Erstarrungskruste und entogä gebildeten Schichten wegfallen. Geht man aber von dieser Annahme ab, so ist es doch sicher, dass man eine mehr oder weniger poröse und schlackige Erstarrungskruste annehmen muss. Für die jetzige Betrachtung gebietet es sich daher, von der Annahme¹⁾ auszugehen, dass die Erdkruste sich unter einem geringeren Drucke gebildet habe, als die entogä erstarrten Schichten und dass sie daher von nicht mehr compacter sondern mehr oder weniger schlackiger Structur gewesen sei. Diese schlackige Schicht nun war die Unterlage für alle eruptiven und sedimentären Gesteinsablagerungen. Die cavernose Structur des Gesteins wird es da, wo es zu Tage lag, allen Atmosphärlilien leicht angreifbar und zerstörbar gemacht haben und wird es in diesem Falle nur zu Material für Sedimentärbildungen gedient haben. Dort aber, wo es unter dem Drucke aufliegender Gesteinsmassen begraben war, darf man wohl annehmen, dass wiederum seine poröse und cavernose Natur es zu Umbildungen unter Einwirkung von Wasser und Druck geeignet gemacht habe und wenn sonst der Metamorphismus für Gesteinsbildungen über die Gebühr in Anspruch genommen wird, in diesem Falle ist man auf ihn hingewiesen und erscheint seine Annahme berechtigt. Als metamorphisches Gestein ist also bei dieser Annahme die erste Erstarrungskruste der Erde, wenn auch nur stückweis, uns conservirt und müsste man nun endgültig entscheiden, in welchem jetzigen Gesteine, unter denen, die für metamorphische Bildungen angesehen werden könnten, dieselbe zu erkennen wäre. Ein Beweis dafür möchte aber schwer zu führen sein und dabei immer nur von mehr oder weniger wahrscheinlichen Hypothesen ausgegangen werden können. Aber auch ohne an dieser Stelle eine derartige Beweisführung

zu versuchen und sich für ein bestimmtes Gestein zu entscheiden, genügt es für diese Zwecke, auf die Nothwendigkeit einer Metamorphose²⁾ für die Ueberreste der ersten Erstarungskruste, im Falle sie porös und cavernos gewesen ist, hingewiesen zu haben.

Die ursprüngliche Aufgabe, eine Probe entogäer Gesteinsbildung in der Natur nachzuweisen, gestaltet sich, da nach dem Obigen ein Beweis für das Nochvorhandensein primitiver Erdkrustentheile kein sicheres Resultat geben würde, nun so: Unterhalb der ältesten Sedimentärgesteine ein Gestein zu zeigen als entogäe erstarrt. Es ist, mit anderen Worten nachzuweisen, dass ein gewisses Gestein seiner ganzen Erscheinung nach als entogä erstarrt anzusehen ist; nicht deshalb soll dasselbe als entogä erstarrt anzusprechen sein, weil das über ihm lagernde Gestein als Ueberrest der primitiven Erdkruste anzusehen ist, sondern das über ihm lagernde Gestein ist möglicher Weise als primitive Erdkruste deshalb anzusprechen, weil das betreffende Liegende entogä gebildetes Gestein ist.

Zur Auffindung des ältesten entogä gebildeten Gesteines bleibt ausser dem des Ortes noch ein Wegweiser übrig, nämlich die Materie. Nach der Definition der entogäen Gesteinsbildung müssen ja die entogä gebildeten Schichten in ihrer chemischen Constitution correspondiren mit den eruptiven Massengesteinen. Dabei geht aus der Hypothese selbst hervor, dass die den jüngeren Eruptivgesteinen entsprechenden entogäen Schichten die den älteren entsprechenden unterteufen und dass das dem ältesten Eruptivgestein, also dem Granit, entsprechende entogä erstarrte Gestein der Oberfläche zunächst liege.

Bei Betrachtung dieser Verhältnisse ist es übrigens gleichgültig, welchen Wärmegrad man der flüssig emporgedrückten Masse der Eruptivgesteine zuschreiben will. Eine weitere Auslassung, sowohl über die Genesis der Eruptivgesteine selbst als auch über die Zusammengehörigkeit³⁾ der Eruptivmassen ist hier unnöthig. Die eruptive Natur des Granites wollen wir hier gleich als Voraussetzung annehmen und ihn, mit Hinweis auf den Naturbefund, für das älteste Eruptivgestein ansehen.

Das diesem ältesten Eruptivgesteine entsprechende entogä erstarrte wird nun nicht allein von derartigen Gesteinen das oberste sein, sondern auch, bei der Massenhaftigkeit des Granites und dem Umstande, dass uns ja nur die äussere Erdkruste, die Oberfläche, durch den Augenschein bekannt ist, das einzige uns erkennbare entogä gebildete Gestein. Dieses Gestein ist nun der Gneiss.

Bevor wir die Gründe für diese Ansicht erwägen, wollen wir im Kurzen die bis jetzt aufgestellten Hypothesen über die Gneissgenesis mustern.

Schon die grosse Anzahl der Hypothesen über Gneissgenesis lässt erkennen, dass keine einzige davon allseitig befriedigend anerkannt wurde und den an sie zu stellenden Anforderungen genügte. Dies mag nun einerseits daher kommen, dass der Begriff des Gesteins Gneiss zu vag auftrat⁴⁾, andererseits daher, dass die Ansichten über die Genesis des Granit und der eruptiven Gesteine überhaupt gewechselt und sich erst mit der Zeit sicherer ausgebildet haben und dass auf jede derartige Hypothese auch jede die Gneissbildung betreffende Rücksicht nehmen musste. Mit der Zeit hat sich zumal die Zahl der Hypothesen, die für den Gneiss einen Metamorphismus annehmen, sehr vermehrt. Aber gerade der Annahme eines Metamorphismus widerspricht einestheils der Naturbefund, anderntheils, selbst wenn man die Möglichkeit zugiebt, die Wahrscheinlichkeit⁵⁾ eines solchen Vorgangs. Das Erstere möchte für die anogene Hypothese gelten, wie das schon *Naumann* sehr überzeugend nachgewiesen hat⁶⁾; gegen diejenigen Hypothesen, die auf wässrigem Wege mit höherer oder nicht höherer Temperatur Thonschiefer und Grauwackenschiefer in Gneiss umwandeln lassen, spricht entschieden die durch *Sorby's* Versuche⁷⁾ erkannte Thatsache, dass das in den krystallinischen Gesteinen mikroskopisch enthaltene Wasser hermetisch in diese Hohlräume eingeschlossen ist, dass dasselbe also dem Gesteinsmagma selbst entstamme und dass die Annahme daher sehr unstatthaft erscheint, eine krystallinische Gesteinsmasse besitze grosse Fähigkeit von Wasser durchdrungen zu werden. Wasser wird doch nur auf Haarspalten und Canälen in die Gesteine eindringen können und nach dem Befund an solchen krystallinischen Gesteinen, wo dies gesche-

hen ist, erscheint es viel statthafter, bei einem Uebergange von Thonschiefer in Gneiss zu behaupten, dass sich das sonst ältere Gestein, der Gneiss, in Thonschiefer metamorphisirt habe (verwittert sei), als wie dass das jüngere Gestein zu Gneiss geworden sei.⁸⁾ Die Theorie des Metamorphismus und der metamorphischen Entstehung der krystallinischen Schiefer aus den ältesten sedimentären Ablagerungen, zumal ihre weitere Consequenz, die Theorie vom Aggregatwechsel der Gesteine⁹⁾ ist allerdings für viele Beweisführungen sehr bequem; bei so vielem Geheimnissvollen, das dieselbe schon in sich enthält, kann es dann nicht darauf ankommen, noch manche andere unerklärte Frage in der Wissenschaft damit abzuspelsen; so ist sie von Anhängern *Darwins* dazu benutzt worden um den Mangel der Anfangsglieder der Entwicklungsreihe des organischen Lebens zu erklären¹⁰⁾. Und doch lassen dieselben das Eozoon Canadense, dessen zoogene Natur mit dieser Erwähnung nicht behauptet sein soll, den metamorphischen Prozess glücklich überstehen, der die anderen zerstört hat.

Zuletzt bleibt die Theorie zu besprechen, die in dem Gneiss die Erstarrungskruste unserer Erde sieht; dieselbe hat für ihre Verbreitung vor Allem Nutzen gezogen aus der Nothwendigkeit, einen Untergrund für die Ablagerungen der Sedimentärmassen und einen Boden zu schaffen, den die Eruptivmassen zu durchbrechen haben. Deutlich sagt¹¹⁾ dies *Geinitz*: „So viele metamorphische Gneisse es auch geben möge, ohne einen plutonischen Urgneiss, wozu der alte graue Gneiss in Sachsen gehört, entbehrt die Geognosie alten Boden.“ Diese Ansicht, auf die schon in der Einleitung hingewiesen wurde, erscheint aber in ihrer Formulirung mangelhaft. Mit den Worten: „Unter erhöhtem Drucke und unter Einwirkung von Wasser und Wasserdampf hat sich bei der Erstarrung die Erdkruste als Gneiss ausgebildet“ wird wohl die Ansicht der Anhänger dieser Theorie richtig wiedergegeben sein¹²⁾. Damit stützt sich diese Theorie aber auf zwei ganz willkürliche Voraussetzungen und ausserdem will sie damit ja nur die Genesis eines ganz geringen Theiles aller Gneisse erklären, nämlich derjenigen, welche die erste Erstarrungskruste bildeten. Wie hoch ist jener Atmosphären-Druck gewesen? Wie tief rechnet man die primitive Erdkruste und die Zusammenwirkung dieses

erhöhten Atmosphärendruckes mit überhitztem Wasser? Das sind Fragen, die unbeantwortet gelassen werden bei Annahme einer kurz vorübergehenden Gesteinsbildung, der ersten Krustenbildung. Und dann fragt man sich, warum muss man eine Einwirkung von Wasser und Wasserdämpfen aus der Atmosphäre annehmen, denn, dass das Wasser dieser entnommen wird, lassen die Worte *Naumann's* und *Scheerer's* ahnen, wo durch die mikroskopischen Untersuchungen der Eruptivgesteine Wasser in Menge nachgewiesen worden ist, das jedenfalls ein Bestandtheil des Magmas gewesen ist oder dasselbe innig durchdrungen hat. Und wenn man noch den Druck der Atmosphäre weglässt und einfach einen Druck annimmt, der, einerlei wo er herkommt, genügt, um die Glimmerblättchen zu zwingen sich rechtwinklig zur Druckrichtung zu legen, so resultirt daraus ein allgemeinerer Begriff von Gneiss-Genesis, der, mit dem Worte „entogä“ bezeichnet, jedenfalls nicht so viel Dunkles und Unaufgeklärtes im ganzen Vorgange lässt wie jener.

IX.

Ist es überhaupt für jedes Gestein schwierig, eine Bildungstheorie genügend zu begründen, weil der Begriff jeder Gesteins-Art schwankend ist¹⁾, so wird doch dieses Unternehmen beim Gneiss durch mancherlei Umstände noch mehr erschwert²⁾ als bei anderen Gesteinen. Es soll daher hier auch die Behauptung einer entogäen Bildung für den Gneiss nicht eine exclusive Bedeutung haben, sondern es soll dem Geologen eine Theorie an die Hand gegeben sein, um nach den Lagerungsverhältnissen des betreffenden Gneisses zu bestimmen, ob derselbe entogä erstarrt sei oder nicht. Für den grössten Theil der sogen. primitiven Gneisse wird jedenfalls die Möglichkeit einer entogäen Bildung leicht nachzuweisen sein und sollen vor Allen die Verhältnisse dieser hier im Auge behalten werden.

Eines besondern Nachweises der Identität der Gneiss- und Granitbestandtheile und damit ihres Magmas wird es hier nicht bedürfen³⁾; dass Gneiss und Granit aber auch geognostisch zusammengehören, dafür zeugt sowohl ihre Wechsellagerung⁴⁾, die nach *Beudant*, bezüglich des Ungari-

schen Vorkommens⁶⁾, beide als *une seule et même masse* erscheinen lässt, als auch die häufigen wechselseitigen Uebergänge⁶⁾. Der ganze Unterschied zwischen Gneiss und Granit beruht demnach in den Structur- und Lagerungsverhältnissen.

Die eine Art der beiderseitigen Uebergänge nun liefert eben den Beweis, dass ihre Structurverschiedenheit nur eine Wirkung der Schwerkraft⁷⁾ oder, um derselben Kraft die für diesen Fall passendere Bezeichnung zu geben, der Anziehungskraft sei. Nur als eine Modification der Anziehungskraft ist doch sicherlich die Adhaesionskraft zu betrachten, indem auch hier zwei Körper mit eigenem Gewicht sich gegenseitig anzuziehen suchen. Folglich müssen die Wirkungen dieser Kraft dieselben sein, wie die der Schwerkraft im Allgemeinen.

Auf die äusserste Schicht von Granitmagmen, die nicht bis zur Erdoberfläche durchgedrungen sind, sondern noch innerhalb der Erdkruste, auf Hohlräumen und Gangspalten (plutonisch nach *Cotta*) erstarrten, deren Eruption aber so heftig war, dass sie nicht als Gneiss, sondern als Granit erstarrten, musste, so lange sie noch flüssig waren, an den Contactflächen mit den Nachbargesteinen die Anziehungskraft, die Adhaesion wirken und parallel zu den Flächen, welche die Anziehung ausübten, lagerten sich die Glimmerblättchen: es entstand so eine Umhüllung von Gneiss um den Granit, wie wir sie in der Natur gar nicht selten finden (Contact-Gneiss)⁸⁾. Und wenn die von den Aussenflächen her stattfindende Erstarrung langsamer vor sich geht, so kann man ja wohl die tiefergehende Parallelstructur nicht allein als eine Adhäsions-Wirkung, sondern auch als eine Wirkung der Expansion und als eine Druckwirkung des von den Erstarrungsflächen her zusammengedrückten Magmas ansehen. Es wird somit für immer grössere Partien des Granites eine Ausbildung als Gneiss resultiren.

Bei einer entogäen Gesteinsbildung nun, wo das Magma dem Einflusse der Strömung entzogen an der Innenseite der Erdkruste erstarrt, wird als beeinflussende Kraft der Gesteinsbildung diejenige Modification der Anziehungskraft angesehen werden müssen, die über die ganze Erde hinwegwirkt, die Centripetalkraft, und wir werden ein weitverbreitetes Gestein als

das Resultat derselben suchen müssen, ein Gestein, das mit dem Granit nicht bloss die chemische Constitution gemein hat, sondern auch das verbreitetste und tiefste Vorkommen besitzt und das ist der Gneiss.

Die Schichtung des Gneiss ist eher ein Beweis für als gegen seine entogäe Bildung; im Gegensatz zu *Rivière*, der ihn nur für pseudostratificirt hält⁹⁾ hat schon *Naumann* darauf hingewiesen¹⁰⁾, dass er in Wirklichkeit geschichtet sei und dass seinen Parallelmassen keines der Merkmale fehle, durch welche die Schichtung überhaupt charakterisirt werde. Wie bei Bildung des Eises durch vergrösserten oder verringerten Wärmeverlust Schichten entstehen, so auch hier beim Gneiss und dürften, in Erwägung, dass hier eventuell auch die Compression, indem sie möglicher Weise¹¹⁾ die Gesteinsbildung beeinträchtigt, mit in Rechnung zu bringen ist, die zeitweiligen Eruptionen als die Befreier vom Druck, als Vorbedingungen, die selbst aber erst vom Wärmeverlust abhängen, zur Neubildung entogäer Schichten anzusehen sein, indem mit zunehmendem Drucke, denn dem Expansionsverlangen proportionell müsste ja die Compression wachsen, die Unterbrechung, der Stillstand eintrat¹²⁾; dabei mag sich die verschiedene Dauer der Freiheit vom Druck manifestiren in der lagenweise Gliederung, die den Gneiss, in Folge des Wechsels der vorwaltenden Bestandtheile, als aus lauter zoll- bis fussbreiten Schichten zusammengesetzt erscheinen lässt¹³⁾. In erster Linie aber muss man ebenso wie beim Eis den grösseren oder geringeren Wärmeverlust als Schichtenbildner ansehen.

Betreffs der planen Parallelstructur¹⁴⁾ des Gneisses ist schon in der Theorie darauf hingewiesen, dass sie der Anziehungskraft zuzuschreiben sei; allerdings kann man zu ihrer Erklärung in manchen Fällen auch die Compression mit zur Hilfe nehmen, aber nothwendig ist sie zur Erklärung nicht. Es ist ja sehr leicht begreiflich, dass die Centripetalkraft dieselben ebenso wie die des Eises, des Wassers und die der Sedimentärgesteine hervorbringt. Zu dieser Erscheinung der planen Paralleltexur tritt aber beim Gneiss noch eine Erscheinung, die als demselben eigenthümlich anzusehen sein dürfte, nämlich die der Streckung, und das ist eine Erscheinung,

welche zu ihrer Erklärung unbedingt die entogäee Bildung fordert und erst hiermit tritt die Compression in den Vordergrund. Ist die lineare Parallelstructur der Hohlräume in Laven, Mandelsteinen u. A. eine Analogie, die zur Erklärung der Streckung überhaupt dient, so fordert der Umstand, dass hier das gesammte Gestein diese Structur zeigt, die Voraussetzung, dass die Bildung jener und dieser Gesteine doch noch unter verschiedenen Umständen erfolgt sein muss. Das gleichzeitige Vorhandensein der planen und linearen Parallelstructur weist eben darauf hin, dass zwei Kräfte gleichzeitig wenn auch nicht gleichmässig bei Bildung des Gesteins als Former desselben gewirkt haben müssen, dass also ausser der Centripetalkraft, die, wie oben nachzuweisen versucht ist, das formende Element der Schichtungsflächen ist, noch eine andere Kraft gewirkt haben muss und zwar in rechtwinkliger Richtung zu jener. Dass nun die Bestandtheile des Gneisses unter diesen Verhältnissen sich nicht dem Gesetze vom Parallelogramm der Kräfte gefügt haben, sondern beiden in ihrem Sinne gefolgt sind, das erfordert nothwendig die Annahme der Compression¹⁵). Die Compression aber schliesst in sich die Forderung der entogäen Bildung. Die Hauptkraft, nämlich die Anziehungskraft, wies den Theilchen eine Lage senkrecht zu ihrer Richtung an; nun strebte aber die zweite mitwirkende Kraft die Theilchen mit sich fort zu reissen; wären nun die Theilchen frei beweglich gewesen, so müsste man sie in der Richtung der Diagonale beider Kräfte gelagert finden; da aber nun der Naturbefund dies nicht ergiebt, so müssen die Theilchen in ihrer freien Bewegung gehindert gewesen sein und diese Hinderung war die Compression im Erdinnern¹⁶).

Was nun die bei Bildung des Gneisses secundär wirkende Kraft selbst anbetrifft, so ist die Frage, ob dieselbe für alle derartigen Gneissbildungen als dieselbe, constante anzunehmen sei oder ob bei der Bildung des einen Gneisses diese Componente eine andere als bei der des anderen gewesen sei. Vielleicht dürfte man die Frage auch so formuliren: ob diese Kraft eine allgemein herrschende, vielleicht den tellurischen Bewegungsverhältnissen entstammende sei oder ob die dadurch hervorgerufene Bewegung des Magmas nur eine locale, dem jeweiligen Eruptionspunkt zu concentrische gewesen sei. Die bis

jetzt bekannten Streckungs-Richtungen des Gneiss lassen fast das erstere glauben, indem nach *Rivière* die bekannten Gneisse fast dasselbe Streichen haben¹⁷⁾. Gewissheit über diesen Punkt können natürlich erst die Resultate von Forschungen, die über die ganze Erde zu erstrecken sind, bringen.

Möchte schon die Zusammenfassung der Umstände, nämlich, dass Gneiss und Granit dieselbe chemische Zusammensetzung haben, dann die Schichtungs- und vor Allen die Strukturverhältnisse des Gneisses, die Behauptung von der entogäischen Bildung desselben gerechtfertigt erscheinen lassen, so giebt es doch noch zwei Momente, die ihre grosse Bedeutung für diese Ansicht einlegen. Das eine sind die allgemeinen architectonischen Verhältnisse des Gneisses, nämlich sein Unterteufen aller anderen Formationen¹⁸⁾ und die Bildung „ungeheurer kuppelartiger Gewölbe, die in der Mitte ihres Bereiches eine mehr oder weniger horizontale, an ihren Grenzen gegen das Nebengestein zu eine nach aussen abwärts geneigte Lage besitzen¹⁹⁾.“ Das andere Moment ist die weite Verbreitung des Gneisses über die Erde und dabei die Gleichartigkeit der Gneisse aus allen Theilen der Erde, eine Erscheinung, die nur noch die eruptiven Gesteine zeigen²⁰⁾. Es sei gestattet, zum Schluss *Naumann's* diesbezügliche Worte²¹⁾ anzuführen: „Sollte es eine Formation geben, welche ebenso wie die eruptiven Formationen unter allen Zonen auftritt und überall dieselbe oder doch eine sehr ähnliche Beschaffenheit der Gesteine zeigt, welche da, wo sie hinreichend entblösst ist, in der Grösse ihrer Verbreitungsgebiete mit den sedimentären Formationen wetteifert, während doch nicht nur dieser Umstand, sondern auch ihre geotektonischen Verhältnisse den Gedanken an eine eruptive Entstehungsweise verbieten, so würden wir wenigstens zu der Vermuthung berechtigt sein, dass eine solche Formation zu einer Zeit entstand, wo auf der ganzen Oberfläche des Planeten, von einem Pole bis zum andern, noch völlig gleiche Umstände und Bedingungen walteten und dass sie aus ähnlichen Materialien durch einen gleichartigen Bildungsprozess hervorgegangen sei. Es giebt nun in der That eine Formation von so universalem Charakter; eine Formation, welche überall, wo sie unter den jüngeren Formationen hervortaucht, eine

überraschende allgemeine Aehnlichkeit ihrer petrographischen und geotektonischen Eigenschaften erkennen lässt, während sie sich zugleich als eine ganz allgemein verbreitete Formation dadurch beurlundet, dass sie wirklich überall hervortritt, wo nur die Erdoberfläche auf gehörige Tiefe blosgelegt ist. Es ist dies die primitive Formation, von welcher man daher wohl behaupten kann, dass ihr Bildungsraum die ganze Erdoberfläche umfasste und dass sie die älteste für uns erreichbare Gesteinsschale unseres Planeten repräsentirt, welche durch eigenthümliche, bis jetzt noch ganz räthselhafte Bildungsprozesse entstanden ist.“

X.

Unter denjenigen Verhältnissen und Umständen, die einer entogäen Bildung des Gneisses zu widersprechen scheinen, stehen derartige oben an, die soeben erst, am Schluss des vorigen Abschnitts, zur Unterstützung dieser Hypothese herangezogen wurden, nämlich die architectonischen Verhältnisse des Gneisses. Von der Regel, dass die Schichten der Gneissformation innerhalb eines jeden Gebietes derselben eine durchaus concordante Lagerung zeigen, giebt es einzelne Ausnahmen, die jedoch allerseits als solche¹⁾ anerkannt sind. Trägt schon dieser Umstand, dass sie nur als Ausnahmen anerkannt sind, dazu bei, um ihre Beweiskraft gegen diese Hypothese zu schwächen, so kommt noch der Umstand dazu, dass wahrscheinlich nur der Mangel genauer Untersuchung sie in ihrer problematischen Stellung lässt. Auch *Naumann* sagt, „dass in Betreff derselben erst künftige Untersuchungen entscheiden müssen, ob sie durch spätere oder vielleicht durch solche Dislocationen zu erklären sind, welche schon während der Bildungsperiode der Gneissformation Statt fanden.“ *Naumann* beschreibt nun diese Architectur so²⁾: „Eine zweite Lagerungsform ist diejenige, da sie in sehr mächtigen und weit fortsetzenden Zonen auftritt, innerhalb deren eine sehr steile, bald parallele, bald antikline oder synkline Schichtenstellung und gewöhnlich auch ein häufiger Wechsel der Gesteine waltet, welcher letztere theils in der Richtung des Streichens, theils in einer darauf rechtwinkligen Richtung Statt findet und im ersteren Falle entweder durch Gesteinsübergänge oder durch

die Einschaltung neuer Schichten vermittelt wird. Diese Architectur gehört unstreitig zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Gebirgswelt; sie ist aber nicht nur auf die eigentliche Urigneissformation beschränkt, sondern setzt sich auch bisweilen noch in das angrenzende Gebiet der Urschieferformation fort, so dass Schichtensysteme von 10, 20 und mehren geographischen Meilen Breite und einer angemessenen Längenausdehnung auf eine solche Weise zusammengesetzt sind, dass ihre Schichten nicht über und unter, sondern neben einander, gleichsam wie dicht an einander schliessende Mauern, immer nach derselben Weltgegend fortstreichen.“ Dass derartige Lagerungsweisen, die im Grossen vor Allem von Norwegen, den Alpen und aus Brasilien bekannt sind, nur Abnormitäten sind, wird von allen Forschern anerkannt. Es fragt sich nur, ob dieselben bei der ursprünglichen Gesteinsbildung mitwirkenden Ursachen oder späteren Störungen ihre Lagerung verdanken. *Vom Rath* meint³⁾, dass der Gneiss der Alpen ursprünglich so abgelagert worden sei; von dem Norwegischen Systeme behauptete ebenso die ursprüngliche Bildung mit Hilfe electro-magnetischer Ströme *Th. Scheerer*⁴⁾. Trotzdem sind diese Urtheile noch nicht überzeugend und ist erst späteren und eingehenderen Untersuchungen die Entscheidung anheimzustellen; diese Untersuchungen werden sicherlich schon durch den Umstand erschwert, dass von den beiden genannten Gneissystemen ja nur noch der Grundstock vorhanden sein kann, indem beide, vor Allem das Norwegische System, das Material zur Bildung ungeheurer Sedimentärschichten hergeben mussten. Dass man sich den oben angeführten Autoritäten nicht alsobald füge, dazu wird man vor Allem dadurch ermunthigt, dass eine noch grössere Abnormität in der Lagerung der Gneissformation durch neuere Untersuchungen, wenigstens bei einem Vorkommen, eine Erklärung gefunden hat, die der Gneissbildung wenigstens nicht widerspricht. Diese Abnormität ist nämlich die in beträchtlicher Ausdehnung stattfindende Auflagerung von Gneiss auf Sedimentärschichten, wie solches bekannt von Mühlbach bei Chemnitz, Münchberg am Fichtelgebirge, aus Sutherland und aus West-Finnmarken nach *Keilhau*⁵⁾ Betreffs der bei der Stadt Münchberg am Fichtelgebirge vorkommenden ellipsen-

förmigen Einlagerung von Gneiss in jüngerem Thonschiefer und Culmgrauwacke⁶⁾ hat nun *Gümbel* nachgewiesen, dass dieses Vorkommen nicht als eine ursprüngliche Einlagerung anzusehen sei; auch hat er nachgewiesen, dass die den Gneiss unterlagernden verschiedenartigen Thonschiefer und Grauwackengebilde in umgekehrter Alters-Ordnung aufeinander liegen und dass in Folge dessen diese Lagerungsweise als Folge einer Schichten-Ueberkippung angesehen werden müsse, welche durch bedeutende Hebungen hervorgebracht worden sei, bei denen die Gneissmassen gesprengt, auseinander getrieben und an ihren Rändern übergebogen worden seien⁷⁾. Wenn nun auch diese Auffassung, selbst bei diesem Vorkommen, nicht allgemeine Annahme gefunden hat⁸⁾, so ist doch damit erwiesen, dass die Acten über derartige Abnormitäten noch gar nicht als abgeschlossen zu betrachten sind und dass denselben sehr wenig oder gar keine Beweiskraft für die eine oder die andere Hypothese beizulegen ist. Diese Gesteinsvorkommen verdienen bis jetzt noch die *Naumann'sche* Bezeichnung: „kryptogen“.

Ebenso wie von genaueren, die localen Vorkommnisse behandelnden Arbeiten zu hoffen ist, dass dieselben neues Licht über die discordant gelagerten Gneisse bringen und derartige Vorkommen als von secundären Ursachen bedingt darlegen werden, werden derartige Arbeiten eine andere Erscheinung aufklären, die durch keine der bisherigen Hypothesen, über die Genesis des Gneisses, ausser durch Annahme einer eruptiven, eine natürliche Erklärung gefunden hat: das Vorkommen fragmentähnlicher Einschlüsse, sei es einer andern Gneissvarietät, sei es eines anderen, gewöhnlich des Nachbar-Gesteines, im Gneisse⁹⁾. Der Umstand, dass derartige fragmentale Einschlüsse, ganz abgesehen von ihrer Form, ihre eigene Parallelstructur derjenigen des einschliessenden Gneisses gewöhnlich angepasst haben, spricht noch mehr für die eruptive Natur des einschliessenden Gesteines. Es ist nun wahrscheinlich, dass eingehendere Untersuchungen der natürlichen Vorkommnisse das einschliessende Gestein als Contact-Gneiss¹⁰⁾ bestimmen werden, nämlich als einen, zwar nicht unter Einwirkung der Centripetalkraft, aber unter der der Adhäsion aus dem empordrängenden oder emporgedrängten Granitmagma

gebildeten Gneiss. In diesem Glauben wird man durch die Wahrnehmung bestärkt, dass die meisten Forscher solchem, Gesteins-Fragmente beherbergenden Gneisse das Prädicat „granitähnlich“ beigelegt haben¹¹⁾.

Einen Haupteinwand gegen diejenigen Theorien, die den Gneiss durch Erstarrung des flüssigen Magmas entstehen lassen, hat man stets aus der Natur der in der primitiven Formation eingeschlossenen accessorischen Gesteinsmassen gebildet¹²⁾. Es erscheint daher nöthig, noch einen Blick auf diese zu werfen und den Nachweis zu versuchen, den *Naumann* verlangt, nämlich „dass die Bildungsweise aller Gesteine dieser Formation in demselben Medio, unter ähnlichen Umständen, durch gleichartige Prozesse bewirkt worden sei.“

Das Zusammen-Vorkommen von Granit mit Gneiss wird nach allem bis jetzt Gesagten nicht nur als natürlich, sondern auch gewissermassen als nothwendig erscheinen. Was den Granulit betrifft, „dieses“ wie *Naumann* sagt „dem Gneisse so nahestehende und durch petrographische Uebergänge verbundene Gestein,“ so kann dessen Antheil an der Formation nur als natürlich erscheinen¹³⁾; auch hat *von Hochstotter* für den Granulit des Böhmerwaldes die gleichzeitige Bildung mit dem umgebenden Gneisse nachgewiesen¹⁴⁾. Auch der Glimmerschiefer hat noch so nahe Verwandtschaft zum Gneiss, dass in ihrem Zusammenvorkommen nichts Unnatürliches gesehen werden könnte, zumal da er nach *Rivière* stets nur die oberste Schicht des Gneisses bildet und nie mit demselben wechsellagert¹⁵⁾. Dem Glimmerschiefer schliessen sich nun alle anderen Schiefer der primitiven Formation an, als da sind: Hornblendeschiefer, Strahlsteinschiefer, Chloritschiefer und Thonschiefer. In diesen einander nahe verwandten Schiefer-Gesteinen oder in einem derselben dürften vielleicht die umgewandelten Ueberreste der primitiven Schlackenkruste der Erde zu erkennen sein und dürfte überhaupt für einige derselben die Annahme einer Metamorphose nicht unstatthaft erscheinen. Das Vorkommen von Quarzit als Ausscheidung und die stockartigen Vorkommnisse von Eklogit, Eulysit, Smirgel und Serpentin, sowie die gangartigen Vorkommnisse von Erzen können jedenfalls, zumal da für Quarzit, Serpentin und für die

Erze ihre mit dem Gneisse gleichzeitige und primäre Bildung keine nothwendige, ja sogar eine unwahrscheinliche Forderung sein würde, nicht gegen die Annahme der entogäen Erstarrung des Gneisses sprechen; mehr Aufmerksamkeit aber erfordern die im Gneiss vorkommenden Lager von Urkalk, Dolomit und Graphit.

Was nun den in jeder Beziehung so interessanten Urkalkstein¹⁶⁾ betrifft, so ist sein Vorkommen in dieser Formation gewiss sehr räthselhaft; aber alle seine Verhältnisse sprechen dafür, dass derselbe eine ursprüngliche Bildung ist, wie schon *Naumann* betont¹⁷⁾ indem er sagt: „Jedenfalls ist es unmöglich, die dem Gneisse untergeordneten Kalksteine für blosse Zersetzungsproducte kalkhaltiger Silicate zu erklären.“ Was aber vom Urkalksteine gilt, dürfte auch für seinen Verwandten, den Dolomit, Geltung haben, wenn man nicht für diesen eine Metamorphose aus Urkalk annehmen will.

Der Graphit endlich zeigt durch sein Zusammenvorkommen mit Glimmer in den pyrenäischen Graniten¹⁸⁾, dass auch für ihn die Annahme einer feurigflüssigen Genesis nicht ausgeschlossen werden darf; und wiederum sei es gestattet, dafür *Naumann* zu citiren¹⁹⁾: „Viele Geologen sind geneigt, auch den Graphit der Urgneissformation für Kohlenstoff organischen und insbesondere pflanzlichen Ursprungs zu erklären. Da nun aber der Kohlenstoff an und für sich doch nicht erst durch organische Prozesse hervorgebracht worden ist, da er, so gut wie alle übrigen Elemente schon vor dem Dasein einer Pflanzenwelt existirt haben muss, so kann er ja wohl auch in diesen ältesten prozoischen Formationen ursprünglich in der Form von Graphit krystallisirt haben und als solcher stellenweise angehäuft worden sein. Wenigstens dürfte die Ansicht dass aller Graphit von organischer Abkunft sei, bis jetzt noch keineswegs als hinreichend erwiesen gelten.“

Die Möglichkeit aber einer ursprünglichen Bildung²⁰⁾ für diese drei Gesteine ist ja selbst von Anhängern des Metamorphismus nicht bestritten worden; wenn auch diese Bildung räthselhaft bleibt, so kann doch, da ihre Möglichkeit gegeben ist, von dieser untergeordneten Frage aus nicht die Theorie für die Bildung der ganzen Formation umgestossen werden.

Wenn also auch die aufgestellte Hypothese für die Bil-

dung des Gneisses nicht vermag alle noch dunklen Punkte in den Verhältnissen dieses Gesteines aufzuklären und alle, besonders abnorme Vorkommnisse desselben betreffende Fragen einer befriedigenden Lösung entgegen zu führen, so erscheint sie doch im Allgemeinen befriedigender und haften die an dieser auszusetzenden Mängel allen anderen die Gneissgenesis betreffenden Hypothesen noch viel mehr an.

Wie nun nach dieser Hypothese der Gneiss das Product der entogäen Erstarrung des Granitmagmas ist, so dürfen wir annehmen, dass sich an der Innenseite der Erdkruste auch dem Gneiss analoge Producte der späteren Eruptivmassen abgelagert haben. Der Wahrscheinlichkeit dieser Annahme widerspricht nicht absolut das Fehlen von in Structur und Textur dem Contact-Gneiss analogen Ausbildungen der späteren Eruptivgesteine, da die Contactwirkungen dieser und des Granites auch sonst so differiren, dass man für die Eruptionen beider wohl eine Verschiedenheit in den dabei waltenden Verhältnissen annehmen darf; für die Wahrscheinlichkeit der obigen Annahme spricht dagegen die auch sonst erwägenswerthe Thatsache, dass die dem Granite im Alter nabestehenden amphibolischen Grünsteine eine dem Contactgneiss analoge Erscheinung zeigen²¹⁾, indem die Gänge und Stöcke dieser Gesteine in der Mitte körnige, an ihren Saalbändern und Contactflächen aber schieferrige Structur zeigen.

Indem ich hiermit versucht habe, zu zeigen, welche Verhältnisse dem Naturbefunde zu Folge bei der Bildung unserer Erdkruste gewaltet haben müssen und dass aus denselben Verhältnissen heraus sich auch manche Structur-Erscheinung an den Gesteinen einfacher und befriedigender erklären lässt, als durch andere Hypothesen: darf ich jedoch bei meinen schwachen Kräften nicht hoffen, dass mir dies vollständig gelungen sei. Hoffentlich wird die von mir vertretene Sache selbst für sich Interesse erwecken, und tüchtigere Kräfte zu ihrer Erforschung und Darlegung aufmuntern.

Gera-Untermhaus, den 15. November 1872.

Heinr. Otto Lang.

Citate und Bemerkungen.

1) Lyell, principles of geology, 1. Aufl. I. Bd. S. 40. — Leibnitz stellte schon in seiner Protogaea 1680 die Theorien von dem feurigflüssigen Zustande der Erde und der Bildung der Erdkruste durch allmähliche Erkaltung auf und vor Allem wurde die letztere Hypothese von Anderen, wie namentlich Buffon und De Luc, in ihre Systeme aufgenommen.

2) Frapolli sagt (Bull. de la soc. géol., 2. série t. IV. p. 611: l'hypothèse de la chaleur centrale est désormais le lieu de réunion de tous les faits observés; c'est là, on peut le dire, un véritable principe; principe sublime, sans lequel la géologie ne serait plus qu'un amas de faits incohérents et inexplicables. Vgl. Naumann, Geognosie. 1850. I. 69.

3) Kosmos, I. 209.

4) Geltung und Bedeutung desselben für die Geologie weist Bischof nach in seiner Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers.

I.

1) Cotta: Geologie der Gegenwart. 1866. S. 178.

2) Sartorius von Waltershausen und viele Andere (Zirkel: Petrographie, 1866. I. 453 und 459—63) weisen nach, dass in jüngeren Eruptivmassen specifisch schwerere chemische Verbindungen an die Stelle von leichteren solchen in ältere Eruptivmassen treten. Dagegen sagt Cotta (Geologie der Gegenwart, 1866. S. 11): Es ist wohl denkbar, dass die Erdoberfläche von Anfang an kiesel- und thonreicher, das Centrum eisenreicher war als die Gesamtmasse. Eine solche Sonderung würde sich aber doch erst bei grossem Tiefenunterschied deutlich wahrnehmbar machen. Für den Niveauunterschied, auf welchen uns alte und neue Eruptionen zu schliessen berechtigen, scheint sie kaum nachweisbar, denn unter den neuesten, also vermuthlich aus grösster Tiefe kommenden Eruptivgesteinen (den Laven) finden sich eben so viel kieselreiche als unter den ältesten und unter den ältesten finden sich schon einige ziemlich basische oder eisenreiche.

3) Cotta: Geologie der Gegenwart. 1866. S. 177.: Jede Betrachtung über die Bildung unseres Planeten führt uns auf einen Zeitpunkt zurück, in welchem alle Grundstoffe der Erde noch zu einem gleichmässigen Stoffgemenge (Chaos) mit einander verbunden waren. Ob die Vereinigung aller Stoffe eine chemische Verbindung oder ein Gemenge war, wollen wir hier nicht untersuchen, wir können uns dasselbe aber nur als gleichmässig und ohne bestimmte Gestaltung denken.

4) Die Frage, ob der feurigflüssige Erdball auch eine Atmosphäre und von welcher Beschaffenheit besessen habe, ist hier verhältnissmässig nicht von so grosser Wichtigkeit. Wenn der Umstand, dass dieselben Verhältnisse, die jetzt dem kalten und, wollen wir annehmen, leeren Weltraume gegenüber eine Atmosphäre erfordern, damals schon und theilweis in erlöheter Masse vorhanden gewesen sein müssen, die Annahme einer Atmosphäre verlangt, so mag doch derjenige, der daraufhin fussend

dem damaligen Erdballe eine dichtere und grössere Atmosphäre zuschreibt, wiederum bedenken, dass der flüssige Erdball eben wie alle Flüssigkeiten ein grosses Absorptionsvermögen für Gase besessen haben wird. — Doch hat diese Frage für die Betrachtung der weiteren Entwicklung des Erdballes, wenn man dieselbe in Beziehung auf die Temperaturverhältnisse weiter verfolgt, desshalb keine so grosse Wichtigkeit, weil eine Gas-Atmosphäre, mag sie noch so dicht und gross sein, vermöge der leichten Beweglichkeit ihrer Theile ein geringer Wärmeschutz ist. Desshalb erlaube ich mir die Frage ganz zu übergehen, von welcher Beschaffenheit die damalige Atmosphäre gewesen sei. Ueber die Druckwirkungen einer Atmosphäre von grösserer oder geringerer Dichte bei der Erstarrung der ersten Kruste werde ich an anderer Stelle (Absch. VIII.) meine Ansicht darlegen.

II.

1) Von mehreren Seiten ist der Versuch, das Schwimmen des festen Eisens auf flüssigem durch die Verhältnisse des specifischen Gewichts zu erklären, als unrichtig bestritten worden. Desshalb ist es mit Dank anzuerkennen, dass der „Verein deutscher Ingenieure“, indem er sein besonderes Augenmerk dieser Frage zuwendete, theils sehr werthvolles Beweismaterial schon zusammengetragen (Grashof, Zeitschrift d. Ver. Deutsch. Ing. Bd. VII. 1863. S. 505, ff. — VIII. 1864. S. 209, ff. — IX. 1865. S. ? (v. Löben), theils zu weiteren Forschungen in dieser Beziehung angeregt hat, die eine baldige endgültige Lösung hoffen lassen. (Vor Allen wäre dazu wünschenswerth, dass die Centner'schen Experimente mehrfach wiederholt und revidirt würden). Bis jetzt lässt sich an der Behauptung, dass das geringere specifische Gewicht das Schwimmen des festen Eisens auf flüssigem veranlasse, aus folgenden Gründen festhalten:

a. Alle anderen Erklärungsversuche (z. B. Centner: durch aufsteigende Strömungen im flüssigen Eisen und grosse Cohärenz desselben; Seyffert: am festen Eisen adhärirende Gasschicht) sind nach a. a. O. angeführten Experimenten als widerlegt und nicht stichhaltig zu betrachten.

b. Es handelt sich bei dieser Frage (wie auch Weber, Berlin, a. a. O. betonte) nicht um das Verhältniss des specifischen Gewichtes des flüssigen Eisens und das des festen bei gewöhnlicher Temperatur, sondern die Frage ist die, ob wie beim Wasser auch beim Eisen mit der Erstarrung zugleich eine mehr oder minder bedeutende Ausdehnung stattfindet. Dass innerhalb ein und desselben Aggregatzustandes das physikalische Gesetz vom mit der abnehmenden Wärme zunehmenden specif. Gewicht in Geltung trete, das wage ich gar nicht zu bestreiten; bei dem bedeutenden Ausdehnungscoefficienten des Eisens und seinem verhältnissmässig hohem Schmelzpunkte ist es wohl erklärlich, dass es, bis zu gewöhnlicher Temperatur abgekühlt, nur noch $\frac{27}{30}$ der Form füllt. Könnten wir das Eis auch innerhalb einer Wärmescala von über 1000° Cels. beobachten, so würden wir vielleicht ganz analoge Erscheinungen an ihm finden.

Dafür nun, dass das Eisen mit der Erstarrung zugleich an Volumen zunimmt, dafür habe ich folgende, wie mir scheint entscheidende Beweismittel: A. a. O. beschreibt Hütteninspector Schott einen Guss, bei dem sich genau beobachten liess, wie das erstarrende Eisen sich ausdehnt, indem es die Formschlitzte sperrt und den Anguss hebt, während nach erfolgter Erstarrung sich die entgegengesetzten Erscheinungen zeigten. Ferner spricht für meine Behauptung die Thatsache, dass Eisen in Eisen (eiserner Form) erstarrend die Form zersprengt; deshalb müssen auch an Sandformen, die von eisernen Ringen und Reifen umgeben sind, die Ringe während der Erstarrung des Gusses geöffnet werden, um sie vor dem Zerplatzen zu sichern. (Für diese eben angeführten Thatsachen habe ich die Bürgschaft eines in der Eisen-Industrie erfahrenen Mannes, des Eisengiesserei- u. Masch.-Fabrik-Besitzers Herrn Moritz Jahr in Gera, der auch so freundlich war, mir die auf diese Frage bezügliche Literatur aus seiner Bibliothek zur Verfügung zu stellen.)

2) Zu diesen allgemeiner verbreiteten Körpern kann man noch einen dritten weniger verbreiteten, das Wismuth, hinzurechnen, wenn man auf sein seltenes und geringes Vorkommen kein Gewicht legen will. Vielleicht dürften diesen Körpern auch noch das Kupfer und die Lava hinzuzuzählen sein; den Einwurf der beiden letzteren, zumal in Betreff der Lava, dass die derartige Erscheinung nur von der bedeutend porösen Ausbildung des erstarrten Körpers herrühre, vermag ich allerdings, bei dem Mangel darauf bezüglicher genauer Untersuchungen, nicht zu entkräften.

3) Bischof: Wärmelehre des Innern etc. S. 368.

4) G. Bischof: Wärmelehre etc. Cap. 22. — Vergl. David Forbes in Chemical News of Oct. 23. 1868. p. 1—4.

5) Conf.: David Forbes in Chemical News of Oct. 23. 1868. p. 5.

6) Das von G. Bischof in der Saynerhütte angestellte Experiment scheint meiner Behauptung zu widersprechen, aber es ist diesem Experimente überhaupt keine so grosse Wichtigkeit beizulegen aus folgenden von Bischof selbst (N. Jahrb. f. Min. 1843) zugegebenen Gründen: 1) sagt er S. 7: „Die Contraction, welche man auf dem angegebenen Wege findet, stimmt nicht überein mit derjenigen, welche die geschmolzenen Massen einstens erlitten hatten, als sie zu krystallinischen Massen erstarrten; denn eine schnelle Erstarrung, wie sie bei meinen Versuchen erfolgte, liefert nur glasige Massen.“ Ich aber bespreche hier vor Allem die Verhältnisse der krystallinischen Massengesteine; 2) hat Bischof bei seinen Schmelzversuchen stets einen Gewichtsverlust des Gesteines nach dem Schmelzen gehabt, beim Basalte ungefähr 0,025 und Bischof sagt selbst S. 15: „Der geschmolzene und wieder erstarrte Basalt enthielt nicht dieselben Bestandtheile wie der natürliche.“ 3) giebt Bischof selbst S. 38 zu, dass sehr wahrscheinlich die als Form verwendete Hohlkugel nicht vollständig mit flüssigem Basalte gefüllt gewesen sei, indem eine Verstopfung im Anguss stattfand. G. Bischof hat dann noch weitere Experimente angestellt, betreffs deren ich auf Anmerk. 11, zu Abschn. III, verweise.

7) Es erscheint mir hier nöthig, darauf hinzuweisen, dass der Geolog bei Aufstellung von Normen für einen Körper, sei er fest oder flüssig, nicht wie der Physiker abstrahiren darf von seinen Einschlüssen und Verunreinigungen, da in der Natur ein absolut reines, d. h. absolut homogenes Gestein nicht zu beobachten sein dürfte.

8) Humboldt: Kosmos IV. 32.

9) Naumann: Geognosie. 1854. II. 228.

10) Darauf hingewiesen sei hier, dass auch Naumann in seiner Geognosie (1850, I. 288 ff.) die Wahrscheinlichkeit behauptet für die Vergrößerung des Volumens der Gesteine bei ihrer Erstarrung aus dem flüssigen Magma. Nur kommt er zu diesem Resultate auf einem anderen Gedankengange, indem er nämlich von dem grösseren Compressibilitätsvermögen der Flüssigkeiten ausgeht; die Richtigkeit aller Prämissen dieses Gedankenganges möchte ich unter Hinweis auf das S. 9 über Compressibilität Gesagte nicht verfechten, wenn ich auch das Resultat gern acceptire.

III.

1) Ausserdem s. Zirkel: Petrographie 1866. I. S. 69, sowie II, S. 411 über die Ansicht von Poulett Scrope (in Considerations on volcanos) betreffend die physikal. Beschaffenheit der Laven.

2) G. Bischof: N. Jahrb. f. Min. 1843. S. 8. ff. Dagegen sagt Cotta (Geologie der Gegenwart 1866. S. 354) bei Widerlegung der Bischof'schen Hypothesen: „Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass es nicht gleichgültig ist, ob eine heissflüssige Gesteinsmasse an der Erdoberfläche oder in grosser Tiefe — im Erdinnern — also unter höherem Drucke, unter anderen „Temperaturverhältnissen und abgeschlossen von der Atmosphäre erstarrt.“

3) Vergl. Naumann: Elem. der Mineralogie. 1871. S. 81.

4) Zirkel: Petrographie. 1866. II. S. 364. Gerade charakteristisch ist in der That für die Granittextur der Zustand der gegenseitigen Hinderung bei den einzelnen Gemengtheilen, die sich zu drücken und zu stossen scheinen, von denen keiner in vollkommenen, allseitig scharf begrenzten Krystallen auftritt.

5) Allerdings ist G. Bischof anderer Ansicht, indem er meint (N. Jahrbuch f. Mineral. 1843. S. 3.), die Höhlenräume in der innern Masse seien das Resultat der Zusammenziehung derselben von ihrem flüssigen bis zum festen Zustande und nur in gewissen Fällen die Bildung derselben durch Gaseinschlüsse zulässt. Man muss sich da fragen, warum dann diese Hohlräume solchen Gesteinen nicht durch die ganze Masse hindurch eigenthümlich, sondern blos auf die peripherischen Schichten beschränkt sind (Naumann, Geognosie 1854. II. S. 60: „Die mandelsteinartigen Varietäten gewisser eruptiver Gesteine finden sich oft nur in den oberen oder äusseren Theilen ihrer Ablagerungen, gerade so wie die schlackigen Varietäten der Lava nur an der Oberfläche und Unterfläche der Lavaströme vorzukommen pflegen“). Weitere Einwände dagegen anzuführen, glaube ich mir ersparen zu dürfen; dass der Druck derlei verschiedene Gesteinstexturen bewirke, geht vor Allem aus Bischof's

eigenen Versuchen hervor. S. Wärmelehre des Innern S. 443 ff und S. 449 ff. *Bischof's Geologie* 1866. III. S. 421 ff.

6) *Zirkel: Petrographie*. 1866. I. S. 118.

7) *G. Bischof: Wärmelehre etc.* S. 313.

8) Ebensoviele gasige Bestandtheile, wie das schlackige und blasige (cavernöse und amygdaloidische) Gestein enthält, darf man dem compacten Gesteine zusprechen, nur dass bei diesem die Gase durch einen grösseren Druck soweit comprimirt sind, dass ihr Vorhandensein dem unbewaffneten Auge unerkennbar wird. Wird dieser Druck bei einer neuen Schmelzung verringert, so entweichen die Gase oder dehnen sich wenigstens innerhalb des Gesteines aus. Dafür sprechen die von *Bischof* bei seinen Schmelzversuchen des Basaltes (Siehe unten Anm. 11) beobachteten Erscheinungen: dass er stets einen Gewichtsverlust des Gesteines nach dem Schmelzen gehabt hat und dass sein durch verlangsamte Abkühlung hergestellter steiniger Basalt noch poröser war als der bei schneller Abkühlung resultirende glasige.

9) *Bischof: Wärmelehre* S. 349.

10) *Zirkel, Petrographie* 1866. II. 367. ff.

11) Für meine Behauptung spricht auch noch die von *G. Bischof* bei dem Versuche in der *Saynerhütte* nachgewiesene Thatsache, dass diejenigen Magmatheilchen, die schnell aber nicht porös erstarrt sind, nämlich die glasigen, die bei ihrer jähen Erstarrung sich genügenden Platz nehmen konnten und folglich nicht unter Druck erstarrt sind, niedrigeres specifisches Gewicht haben als die krystallinisch erstarrten, nämlich (nach *N. Jahrb. f. Min.* 1843):

Specifisches Gewicht des Basaltes: Stück von steiniger Beschaffenheit	2,8495	} Produkte der Saynerhütte.
ziemlich gleichförmig von steiniger und glasiger, ganz glasig	2,7774	
unveränderter natürlicher Basalt ,	2,5645	
	2,9418	

Bischof behauptet, dass die Schnelligkeit der Erkaltung allein und die daraus resultirende glasige oder krystallinische Beschaffenheit die Verschiedenheit des specifischen Gewichts bedinge und führt viele Beispiele an, wo durch Zerstörung der krystallinischen Beschaffenheit sich das Volumen des Gesteins vergrösserte. S. 10 ebendasselbe muss er aber doch zugeben: „Diese Zunahme des Volumens kommt indess nicht bloss auf Rechnung der zerstörten krystallinischen Beschaffenheit, sondern rührt zum Theil auch davon her, dass die Masse im Innern etwas porös geworden war.“ — Zu *leugaen* ist gewiss nach allen Thatsachen nicht, dass krystallinische Gesteine specifisch schwerer sind als glasige, aber das ist jedenfalls zuerst dem verschiedenen Drucke bei der Erstarrung zuzuschreiben. Dies zeigt auch ein anderer Versuch *Bischof's*, durch Verlangsamung der Abkühlung ohne Druck glasigen Basalt wieder steinig zu machen; derselbe wurde dabei so porös, dass sein specifisches Gewicht am ganzen Stück (2,536) noch geringer war als das des glasigen (2,629). —

G. Bischof hat auch vergleichende Beobachtungen angestellt über

das Volumen von Basalt, Trachyt und Granit im krystallinischen, glasi-
gen und geschmolzenen Zustande. Nach ihm verhält sich das Volumen

	im geschmolzenen-	im glasi-	im krystallin. Zustande:
beim Basalt	1000	: 963	: 896
„ Trachyt	1000	: 888	: 818
„ Granit	1000	: 888	: 748.

Dem gegenüber hat David Forbes (Chemical News of Oct. 23. 1868, p. 6—11) nachgewiesen, dass diese Differenzen unbedingt zu hoch angenommen seien (the actual contraction experienced by silicates is much less than generally estimated). Für die in dieser Arbeit berührten Fragen wäre es sehr erwünscht, wenn genaue Versuche ausgeführt würden und ausführbar wären, die sowohl die hier und in Anmerk. 6 zu Absch. II angeführten Mängel vermieden als auch das Verhältniss des specifischen Gewichts für verschiedene Gesteine im flüssigen Zustande und im krystallinischen, aber unmittelbar nach der Erstarrung, bestimmten.

¹²⁾ Naumann, Geognosie. 1850. I. S. 733: „Die Laven erscheinen zwar an der Oberfläche der Lavaströme als schlackenartige, im Innern aber als krystallinisch-körnige oder porphyrtartige Gesteine, so dass sie in dieser Hinsicht den Porphyren, Grünsteinen und selbst gewässen Graniten nicht nachstehen.“

¹³⁾ G. Bischof. Wärmelehre S. 315 u. 316.

¹⁴⁾ Cotta. Gesteinslehre. 1855. S. 233.

IV.

¹⁾ Zirkel: Petrographie 1866. I. S. 98.

²⁾ G. Bischof: Anhang zur Wärmelehre des Innern etc. Versuch in der Saynerhütte.

³⁾ G. Bischof berechnet (N. Jahrb. f. Min. 1843. S. 23) die innere Contraction vom Erstarrungspunkte bis zur Abkühlung des Basaltes (12^o R.) auf 0,0156 der Dimensionen des Basaltes bei seiner Erstarrung.

⁴⁾ z. B. bei Gangspalten, wie sich eine solche von Phonolith ausgefüllt am Gipfel des Wesselschen Berges bei Aussig (Böhmen) 2 m. mächtig und senkrecht einfallend in der Richtung OW durch den Basalt lang hinzieht.

⁵⁾ J. Roth: Kugelformen im Mineralreiche. 1844. S. 22. Von regelmässigen Absonderungsgestalten kann natürlich dabei (bei glasiger Erstarrung) in keinem Falle die Rede sein, im Gegentheil erzeugt die selbst nach der Erstarrung noch fortwirkende Attraction (nach Roth oft = Contraction) durch Zerklüftung der ganzen Masse unregelmässige Formen.

⁶⁾ Die Annahme, dass die Verzögerung des Wärmeverlustes und Verlangsamung der Erstarrung der Grund der Absonderung sei, halte ich für unstatthaft; denn es ist dann unerklärlich, warum dasselbe Gestein mit derselben krystallinischen Textur oder Structur hier mit

und dort ohne Absonderung oder in verschiedenen Absonderungsformen vorkommt.

7) Uebergehen kann ich hier jedenfalls ohne eingehende Besprechung die schon von kompetenter Seite widerlegte Ansicht einiger Geologen, dass die Absonderungsformen mit der Spaltbarkeit des vorwaltenden Bestandtheiles in Zusammenhang stehen.

8) N. Jahrb. f. Mineral. 1843. S. 43 ff.

9) Nach J. Roth: Kugelformen etc. S. 26. sind Absonderungstafeln am regelmässigsten sechseitig.

10) Naumann: Geognosie 1850. I. S. 519.

11) Mohs: Die ersten Begriffe der Mineralogie und Geognosie II. S. 105—120.

12) J. Roth: Kugelformen etc. S. 20 Anmerkung.

13) G. Bischof: Wärmelehre etc. S. 313.

14) Naumann: Geognosie 1854. II. S. 529.

15) Zirkel: Petrographie 1866. I. S. 102.

16) Diese Erscheinungen sind allerdings nicht völlig in Parallele zu bringen mit denen der Eruptivgesteine, weil bei diesen die Absonderung primitiv, mit Bildung des Gesteines selbst eingetreten sein muss; bei jenen aber ist die Absonderung secundär eingetreten, am festen Gesteine durch Erhitzung, Verhältnisse die bei der Massenhaftigkeit der Eruptivgesteine und in Erwägung des Umstandes, dass die Erde eine erlöschende Wärmequelle ist, nicht im Entferntesten für die Eruptivgesteine angenommen werden dürfen.

17) J. Roth: Kugelformen im Mineralreiche 1844. S. 33.

18) Petzholdt: Beiträge zur Geognosie v. Tyrol S. 285 ff.

19) J. Roth: Kugelformen etc. S. 36.

20) Nur als Abnormitäten sind diejenigen Vorkommnisse anzusehen, wo in der Mitte des Ganges sich eine Kluft zeigt. So berichtet C. Krug von Nidda von den Trapp-Gängen Islands (Karsten's Archiv VII. 1834. S. 517): „Jeder Gang ist in zwei Reihen von Säulen getheilt, welche von beiden Saalbündern nach dem Inneren zu laufen, sich in der Mitte endigen, so dass sie dort mit ihren Köpfen zusammenstossen. Wo die Verwitterung das Gestein angegriffen hat, da tritt dies Verhältnisse am deutlichsten hervor; gewöhnlich befindet sich dann zwischen den beiden Reihen der Säulenköpfe eine leere Spalte. Die Stellung der Säulen ist in der Regel so, dass der Säulenkopf der einen Seite in die Vertiefung zwischen je 3 Säulenköpfe der andern Seite passt.“ Es schreibt mithin Krug von Nidda diese Erscheinung nur der vorgeschrittenen Verwitterung zu. In anderen Fällen darf man derartige Erscheinungen wohl einer noch während der Erstarrung eingetretenen Magma-Entziehung zuschreiben, denn dass einem erstarrenden Basaltgange das noch flüssige Magma, wenigstens zum Theil, durch geeignetes Zusammentreffen der Umstände, entzogen werde, und so der Druck bei der Gesteinsbildung aufgehoben werde, das erscheint mir nicht als unmöglich. Dies war wahrscheinlicher Weise der Fall bei den von Naumann (Geogn. 1854. II. S. 1133) erwähnten und von A. L. Bron-

gniarth beschriebenen Vorkommen im Val Nera bei Vicenza, wo ein Basaltgang zu beiden Seiten aus prismatisch abgesondertem Basalt, in der Mitte aber aus porösem Mandelstein besteht.

²¹⁾ Naumann: Geognosie 1850. I. S. 956.

²²⁾ N. Jahrb. f. Min. 1843. S. 25.

²³⁾ Dasselbe berichtet Poulett Scrope von den Olivineinschlüssen im Säulenbasalt bei Burzet im Vivarais (Considerations on volcanos, 1825, 136.), Faujas de St. Fond bei den im Basalt von Bridon eingeschlossenen Granitbruchstücken.

²⁴⁾ N. Jahrb. f. Min. 1843 (Bischofs Aufsatz) S. 31.

²⁵⁾ Zirkel: Petrographie 1866. I. S. 108 und 422. — G. Bischof sagt (im N. Jahrb. f. Min. 1843. S. 48): Jede selbst aus dem Innern eines Basalt-Berges genommene Säule zeigt wenigstens auf der Oberfläche Verwitterung und bei manchen ist sie tief in das Innere fortgeschritten.

²⁶⁾ Naumann Geognosie. 1854. II. 208 ff. — Leopold von Buch berichtet in den: Geognostisch. Beobachtungen auf Reisen I. S. 16, über des Vorkommen kugeliger Absonderung des Granit am Kynast bei Warmbrunn i. Schl.; da habe ich zu bemerken, dass es mir trotz mehrmaligem Nachsuchen an Ort und Stelle, im September 1872, nicht geglückt ist, derartige Granitkugeln zu finden; auch in der zu der Warmbrunner Bibliothek gehörigen geologischen Sammlung befanden sich keine und mit keinem grösseren Glücke suchte ich am dortigen Scholzberge, wohin mich der Bibliothekar, Herr Dr. Burghart, freundlichst gewiesen hatte, nach solchen; derselbe hatte mir allerdings in der Sammlung einige Granitkugeln gezeigt, die aber, zumal da sie nicht aufgeschlagen waren, sich in Nichts von den kugeligen Geröllstücken des Granites unterschieden, wie sie zu Tausenden in dortiger Gegend in den Bächen, Rinnsalen und auf den Wegen liegen; Absonderung habe ich, trotzdem ich viele solcher Kugeln aufgeschlagen habe, niemals bemerken können, und eine concentrische Anordnung der Bestandtheile nur insofern, als die verschiedenen Stadien der Verwitterung sich, der Kugelgestalt entsprechend, in einer äusseren Schalenbildung documentirten, die aber auch gewöhnlich an der Unterfläche als der feuchtesten Fläche grössere Dicke erlangt hatte; abgesondert aber war diese äussere Schale oder Kruste ganz und gar nicht. — J. Roth sagt in: Kugelformen im Mineralreiche 1844. S. 22. „Wir dürfen im grobkrySTALLINISCHEN Gebirge die Kugelform nur in äusserst seltenen Fällen oder gar nicht erwarten, im Gegentheil kann es gar nicht Wunder nehmen, wenn sich in ihren sogenannten Absonderungsformen die grösste Uuregelmässigkeit bemerkbar macht.“

V.

¹⁾ Naumann; Geognosie 1850. I. S. 64: „Die Temperatur-Zunahme nach dem Innern lässt sich zwar in den oberen und erreichbaren Tiefen fast als gleichmässig betrachten, findet aber in grösseren Tiefen in geringerem Masse Statt, so dass die geothermischen Tiefenstufen weiter hinein immer grössere Werthe erhalten.“

*) Nach **Bischof**, Wärmelehre etc. S. 382: es folgen dann **G. Bischofs** eigene Worte.

*) **Naumann**: Geognosie 1850. I. S. 68.

*) **Poggend. Ann. B. 38. S. 235.** Nach **J. Payer** in **Petermann's** Mittheilungen 17. Bd. 1871. S. 185 variirt die niedrigste Temperatur Ost-Grönlands (zwischen 76 und 77° Br.) zwischen — 30° und — 40° C.

*) **Théorie analytique de la chaleur, Paris 1824.** — **Ann. de chim. et de phys. . XIII. 448 und XXVII. 136. ff.**

*) **G. Bischof**: Wärmelehre etc. S. 368—391.

*) Dies thut **Naumann**: Geognosie 1850. I. S. 289. Anmerkung.

*) **G. Bischof** im Nachtrage zum Cap. XI. seiner „Wärmelehre etc.“

*) Ueber **Fourier's** Ansicht spricht sich **Naumann** folgendermassen (**Geogn. 1850. I. S. 289, Anmerk.**) aus: „Der Wärmeverlust ist doch fortwährend im Gange und die Polargegenden sind offenbar diejenigen Regionen, wo er am wenigsten gehemmt wird; daher wohl auch der Fortgang des Erstarrungsprocesses dort am bedeutendsten sein und die Erdveste dort eine grössere Dicke erlangt haben dürfte, als zwischen den Tropen. Während diese Verstärkung der Erdkruste in den kalten Zonen einer Verminderung ebenso wie einer Vergrösserung ihrer Abplattung entgegenwirkt, wird dagegen für den flüssigen Erdkern eine Verstärkung der Abplattung herbeigeführt worden sein.“ — **Bischofs** Meinung ist die (**Wärmelehre etc. S. 379**) dass, so lange der Erdkern noch wärmer bleibt als die äussere Erdkruste, die Wirkung der innern Wärme auf dieselbe nie ganz Null werden könne. Er fügt aber noch hinzu: „Die bis auf ein Minimum herabgesunkene Wirkung der innern Wärme wird aber für einen langen Zeitraum stationär bleiben; denn so lange als die innere Temperatur sich nicht merklich ändert und auch die der äusseren Erdkruste, weil sie fast nur von der solaren Irradiation abhängt, stationär bleibt; erfolgt die Wärmeleitung von Innen nach Aussen in stetiger Gleichförmigkeit“. **Bischof** schliesst nun aus der seit historischen Zeiten unveränderlich gebliebenen Temperatur der Erdoberfläche, dass dieses Minimum bereits eingetreten sei und dass von nun an bis in die allerentferntesten Zeiten nur eine, innerhalb ausserordentlich enger Grenzen liegende weitere Erkaltung der Erdoberfläche stattfinden könne. — **Bischof** gründet (**S. 365**) seine Behauptung hauptsächlich mit auf eine Berechnung von **Laplace**, dass eine Verminderung der mittleren Erd-Wärme von nur 1° C. eine Verminderung der Rotation von 2 Centesimalsecunden als Folge der Verminderung des Volumens der Erde herbeiführen würde; da nun seit **Hipparch's** Zeiten die Rotation noch um keine 0,01 Sec. sich verändert habe, sagt **Bischof**, so könne die mittlere Erdwärme gleichfalls keine Veränderung erlitten haben. Betreffs dieser Berechnung, deren Genauigkeit und Richtigkeit [**Dr. C. Neumann** (**Galilei-Newton'sche Theorie, 1870, S. 17**) sagt darüber: „Einige Astronomen unsrer Zeit sind zu dem Resultate gelangt, dass die Rotationsbewegung der Erdkugel allmählig langsamer und langsamer werde, dass also die sogenannten Sterntage nicht durchweg von gleicher Länge sind, sondern allmählig grösser und grösser wer-

den. — Allerdings soll es zweifelhaft sein, ob die Rechnungen, durch welche jene Astronomen zu diesem Resultate gelangt sind, die hinreichende Sicherheit besitzen, andererseits auch, ob die den Rechnungen zu Grunde gelegten empirischen Data die für so difficile Dinge erforderliche Zuverlässigkeit darbieten.“] ich gar nicht anzweifeln will, habe ich nur zu bemerken, dass nach der aufgestellten Hypothese von der Volumenvergrößerung des Erdmagnas bei der Erstarrung es gar nicht wahrscheinlich ist, dass der jetzt fortdauernde Wärmeverlust des Erdinnern eine Verminderung des Erd-Volumens zur Folge habe; allerdings gebe ich die Gültigkeit des Gesetzes von mit der Wärme abnehmenden Volumen zu, aber nur innerhalb ein und desselben Aggregatzustandes; was also die feste Erdkruste durch den Wärmeverlust an Volumen einbüßen mag, das kann nach der von mir vertheidigten Hypothese hinreichend durch neue Magma-Erstarrung compensirt werden.

VI.

1) Dammer: Meyers Deutsch. Jahrb. 1872. S. 521. — Vielleicht dürften sich auf diese Weise, wenn man die Adhäsions- (Druck-) Verhältnisse in Rechnung bringt, auch die in Capillarröhren beobachteten Erscheinungen am Besten erklären, sowie die von Sorby gemachten Beobachtungen, dass flüssige Krystalleinschlüsse noch flüssig blieben weit unter derjenigen Temperatur, bei dem die eingeschlossenen Flüssigkeiten sich unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke festigen.

2) Naumann, Geognosie, 1850. I. S. 74.

3) Ebendasselbst.

4) N. Jahrb. f. Min. 1843. S. 27.

5) $\epsilon\nu$ und δ πέτρος = ἡ πέτρα; πετραῖος.

VII.

1) Naumann: Geognosie, 1850. I. S. 71.

2) G. Bischof: Wärmelehre etc. Cap. 22.

3) Naumann: Geogn. 1850. I. S. 116 ff.

4) G. Bischof: Wärmelehre S. 277 ff.

5) So sagt er z. B. S. 277: „Wird der Vorrath von Lava im Heerde durch wiederholte Entleerung endlich ganz erschöpft, so kommt der Vulcan entweder völlig oder doch so lange zur Ruhe, bis neue Lava aus den entfernten Gegenden beigetreten ist.“

6) Ebendasselbst S. 278 sagt er: „Ist die späterhin der Verarbeitung des Vulcans unterworfenen Gebirgsart strengflüssiger als die frühere: so wird, sofern die Verarbeitung derselben in gleicher Tiefe und also auch in gleicher Temperatur, in welcher die frühere leichtflüssigere Gebirgsart verarbeitet worden, statthat, ein längerer Zeitraum zum Flüssigwerden der Lava nöthig sein.“

7) Dass die Erde eine erlöschende Wärmequelle ist, geht, abgesehen von der Kant-Laplace'schen Theorie hervor aus dem durch Beobachtungen von Reich und Anderen (Naumann: Geogn. 1850. I. S. 53 und ebenda 2. Anmerkung) festgestelltem Resultat: dass das Gestein der unterirdischen Räume im Laufe der Zeiten durch die Grubenluft allmählig etwas abgekühlt wird und dass überhaupt die erkaltenden Einflüsse die erwärmenden überwiegen.

8) Vgl. Abschnitt VIII. über Cotta's Ansicht über plutonische Metamorphose.

9) G. Bischof: Lehrbuch der chem. und physik. Geologie, 2. Aufl. I. S. 336.

10) Bischof beruft sich dabei hauptsächlich auf Daubrée's Experiment. Daubrée's Experiment kann meiner Ansicht nach gar nicht in dieser Frage entscheiden, denn Daubrée hat dieses Experiment mit Vogesen-Sandstein (le grès bigarré à grain fin et serré, que l'on emploie à Strasbourg pour les constructions) angestellt, also mit einem klastischen Gesteine; hier aber wird von krystallinisch compacten Gesteinen dies behauptet; ausserdem ist der ganze Apparat weiter nichts als ein calorischer Maschinenkessel gewesen, dessen eine Wand durch die Scheibe von Sandstein gebildet wurde; wenn nun darauf Wasser war, so hatte dies, zumal durch seine Dampfentwicklung nur einen abkühlenden Effect. Ob die Spannung, die im Innern des Apparates beobachtet wurde, durch Wasserdämpfe oder nur durch die erwärmte Luft hervorgerufen wurde, hat Daubrée gar nicht nachgewiesen und doch kommt darauf das Meiste an; er hat nur gesagt, dass das in den Recepten gegossene Wasser (also auf dem Dampfessel, ausserhalb befindliche) verschwand, aber: il faut remarquer que l'eau du récipient ne tarde pas à entrer en ébullition, und wird das Wasser jedenfalls als Dampf in die Stubenluft übergegangen sein. Sogar gegen die Annahme der günstigen Porosität des Gesteins spricht das Experiment, das er mit seinem Apparate anstellte, indem er denselben wie einen Wasser-Dampf-Kessel behandelte: (Bull. de la soc. géol. de France, 2. série, XVIII. S. 197. 1. Anmerkung) Un fait à remarquer, c'est que si l'on fait l'expérience inverse, que l'on mette de l'eau dans la chambre inférieure, laissant la capacité supérieure à sec, et que l'on chauffe l'appareil, la vapeur douée d'une pression de plusieurs atmosphères, qui se produit alors, ne paraît pas s'échapper dans l'atmosphère à travers le disque.

11) Das geht auch aus seinen eignen Worten hervor: Bischof: Geologie, 1866. III. S. 210, wo er sagt: „Ich habe gezeigt (Wärmelchre S. 434 ff. und Geologie, II. S. 42) wie schnell Wassertheilchen in einer Wassersäule aufsteigen, wenn der untersten Wasserschicht noch so wenig Wärme zugeführt wird.“

12) Nach Daubrée's Versuchen kann man unter hohem Druck Wasser mit Silikaten zusammenschmelzen. Nach Scheerer bildet dasselbe einen chemischen Bestandtheil mehrerer Mineralien, indem es die Stelle anderer Elemente einnimmt. Ueber den Wassergehalt der Eruptivgesteine conf. Zirkel, Petrogr. 1866. II. S. 303 u. S. 371.

¹³⁾ Naumann: Geogn. 1850. I. S. 288 ff.

¹⁴⁾ Bull. de la soc. géol. de France. t. 11, p. 136; t. 13, p. 178; t. 14, p. 43 ff.; und 2. série, t. 1, p. 23 ff.

¹⁵⁾ Was die erstere Erklärungsweise betrifft, so correspondiren mit ihr die Ansichten Humboldt's (Kosmos IV. S. 19.), der von Unregelmässigkeit der Massenvertheilung im Innern der Erde spricht und annimmt, dass die Theile des Innern trotz des Drucks, den sie erleiden, leicht bewegt werden; sowie ferner die neuerdings von Falb aufgestellte Theorie einer entogäen Fluthwelle. Trotzdem aber, dass Heroen der Wissenschaft wie Humboldt sich der ersteren Theorie günstig gezeigt haben, kann ich mich leider ihrem Winke nicht fügen. Ich meine, dass jene Behauptung von der Unregelmässigkeit der Massenvertheilung im Erdinnern etc. eine sich nicht auf sichere Beobachtungen stützende ist, der überdiess die Gleichartigkeit der Eruptivgesteine über die ganze Erde und durch alle Breitengrade widerspricht.

¹⁶⁾ Bull. de la soc. géol. t. 13, p. 186 ff.

¹⁷⁾ Humboldt: Kosmos IV. S. 213.

¹⁸⁾ Nach Cordier 14 geogr. Meilen, nach Hopkin's Theorie zwischen 172 und 215 geogr. Meilen.

¹⁹⁾ Was G. Bischof in seiner Geologie 1866, III. Bd. IV. Abschn., Cap. LXVII (besonders S. 548) von Erdbeben behauptet, nämlich dass dieselben einzig Folgen der Erosion und so analog den Bergschlipfen seien, damit steht er wohl ganz vereinzelt da. Dass ein Erdstoss je nach den localen Verhältnissen grössere oder geringere Wirkungen nach sich zieht, folgt einfach aus den Lehren der Dynamik; dass ferner lokale Senkungen und Bergschlipfe in Folge von Erosion vorkommen, ist allgemein anerkannt; aber die Erscheinung der Erdbeben darauf hin stets und nur localen Einflüssen zuzuschreiben, vermag nur derjenige der mit dem Wasser als Universalmittel Alles erklären will.

²⁰⁾ Müller, kosmische Physik 2. Aufl. S. 379: Wenn auch bedeutende Erdbeben in nicht vulkanischen Gegenden vorkommen, so sind solche Länder, in welchen sich gewaltige Vulcane vorfinden, wie Unteritalien und Süd-Amerika vorzugsweise von Erdbeben heimgesucht und die allgemeine Meinung des Volkes geht dahin, dass die vulcanischen Kamine gleichsam als Sicherheitsventile für die im Innern der Erde wirksamen explosiven Gewalten zu betrachten seien. — Vgh. S. 40. Abschn. V.

²¹⁾ Naumann: Geogn. I. S. 213.

²²⁾ Bischof: Wärmelehre S. 311. Unter 57 zu Palermo während einer 40jährigen Periode beobachteten Erdbeben fiel fast der vierte Theil auf den Monat März. Nach Hoffmann sollen auch in andern Ländern und vorzugsweise in Chili und auf den Molucken die Aequinoctial-Perioden für die von Erdbeben am Meisten heimgesuchten gehalten werden.

VIII.

¹⁾ Vergl. Naumann: Geogn. 1854. II. S. 18.

²⁾ Wenn ich in dem eben angegebenen Falle den Metamorphismus unter Einwirkung von Wasser und Druck einführe, so erkläre ich mich

jedoch dadurch noch nicht einverstanden mit seiner Verallgemeinerung für alle irgendwie kryptogenen Gesteine; auch spreche ich nur von dem Metamorphismus durch Einwirkung von Wasser und Druck und erkläre mich nicht einverstanden mit der von vielen und sehr bedeutenden Geologen (Zirkel, Petrographie 1866. II. S. 496.) aufgestellten und vertretenen Theorie von einem Metamorphismus auf plutonischem Wege, eine Theorie, die in der Lehre Cotta's (Gesteinslehre 1855. S. 243. — Geologie der Gegenwart 1866. S. 10. 56 u. 57) von dem Kreislaufe im Aggregatzustande der Gesteine gipfelt; derselbe meint, dass der grösste Theil der Erdkruste wieder eingeschmolzen sei, begraben unter übergelagerten Schichten und versenkt in die Tiefe. Gegen das Bedecktwerden der primitiven Erdkruste durch sedimentäre und eruptive Gesteinsmassen hat gewiss Niemand etwas einzuwenden; was aber das Versenken in die Tiefe, die säcularen Senkungen betrifft, so hoffe ich noch an anderem Orte ihre grosse Unwahrscheinlichkeit nachweisen zu können. Betreffs des Einschmelzens vergleicht aber Cotta damit, ebenso wie Bischof (in seiner Wärmelehre) über Vulcanismus, die Erde einem Schmelztiegel und lässt dabei vollständig ausser Acht, dass die Erde eine erlöschende Wärmequelle ist, dass, nach Reich's Beobachtungen die erkaltenden Einflüsse die erwärmenden überwiegen. Wenn auch die Erdkruste als Leitungskette zwischen dem Centralherde der Erde und dem Weltenraume durch Meteorite, also von Aussen, vermehrt worden sein mag, so ist sie doch sicher grösstentheils von der Erde selbst, aus Erdmagma und von Innen als Wärmeschutz des Erdinnern aufgebaut worden, gewissermassen aus dem Erdkerne heraus „gefroren“. Dass nun der centrale Wärmeherd vermögen sollte, das ihm durch den Wärmeverlust verloren gegangene Material wieder einzuschmelzen, widerspricht vollständig der Kant-Laplace'schen Theorie. — Dass eine Gesteinsschicht, die vorher als äusserste der schlechten Wärme-Leitungskette den verhältnissmässig grössten Wärmeverlust an die ihr aufruhende Wasser- oder Luftschicht zu erleiden hatte, durch spätere Bedeckung durch andere Gesteinsschichten an diesen späteren Schichten selbst einen Wärmeschutz haben und daher wärmer erscheinen wird als vorher, erscheint nach dem in Abschnitt V. Gesagten ganz natürlich. Denn innerhalb einer Kette schlechter Wärmeleiter temperiren sich die einzelnen Glieder der Kette gegenseitig sehr langsam und kann der Wärmeverlust des äussersten Gliedes nicht sofort von den andern compensirt werden; andererseits wachsen aber auch durch Verlängerung der ganzen Kette die geothermen Tiefenstufen.

³⁾ Vergl. Zirkel: Petrographie 1866. I. S. 467—71.

⁴⁾ Vergl. G ü m b e l, Geogn. Beschrbng. Bayerns. II. S. 155; ferner Zirkel: Petrographie 1866. II. S. 508.

⁵⁾ Vergl. N a u m a n n, Geogn. II. 165 über Hofmann's und Rivière's Ansicht. Zirkel, Petrographie II. S. 491 sagt: „Scheerer äussert, dass der Chemiker, welcher die chemische Constitution der grauen und rothen Gneisse von einer ebenso strengen Gesetzmässigkeit beherrscht findet, wie die chemische Constitution einer Mineralspezies, sich auf das Ent-

schiedenste dagegen sträuben wird, derartige Gesteine aus einem ursprünglich mechanisch zusammengehäuften Material hervorgehen zu lassen und dass die erzgebirgischen Gneisse wohl unmöglich zusammengeschlämmte Schuttmassen zerstörter Gebirgsarten sein können, welche erst später durch Metamorphismus das jetzige krystallinische Gepräge erhalten haben. Nach ihm bildete jeder dieser Gneisse ursprünglich eine ungetheilte chemische Verbindung mit vollkommen homogener plutonisch-flüssiger Masse (*Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. XIV. 1862. S. 119.*)“.

9) Vergl. Naumann: *Geogn. 1854. II. S. 70 und S. 165 ff.* Ferner Zirkel, *Petrogr. 1866. II. S. 495, 496 und 499. S. 503* sagt er: „Es ist eines der unzähligen Verdienste G. Bischof's, dass er sich mit grosser Entschiedenheit gegen die plutonische Metamorphose der sedimentären Schiefer in Gneiss, Glimmerschiefer und andere krystallinische Schiefer ausgesprochen hat. Die gestreckte Structur der Gemengtheile des Gneiss, welche eine ganz andere ist, als die der ursprünglichen Schiefer, lasse auf bedeutende Ortsveränderungen schliessen, welche in einem, wenn auch noch so sehr erhitzten, doch immer noch starren Gestein kaum denkbar seien.“ — Zirkel, *Petrogr. 1866. II. S. 169—171.*

7) Zirkel: *Petrogr. II. S. 367 ff.*

9) Cotta: *Geologie der Gegenwart. S. 359*: „Der bei Bischof mehrfach wiederholte Satz, dass die Bestandtheile des Thonschiefers zugleich die des Gneisses sind, ist auch für uns sehr wichtig, nur den Vorgang der Umwandlung in ein krystallinisches Gestein erklären wir ganz anders.“ — G. Bischof: *Geologie 1866. III. S. 118*: „Da die Quarzausscheidungen im Thonschiefer nur von einer theilweisen Zersetzung seiner Silicate herühren: so muss er vor dieser Ausscheidung reicher an Kieselsäure gewesen sein als nach derselben.“ — Ebenda *S. 119*: „Da in der Regel der Thonschiefer sehr geringe Quantitäten von Kalksilicaten enthält, so gehört er zu den wenig zersetzbaren Gesteinen. Je mehr nämlich diese Silicate betragen, desto zersetzbarer sind sie.“

9) Cotta: *Geologie der Gegenwart. S. XXX.* „Je tiefer eine Ablagerung versank und je stärker sie in Folge davon bedeckt wurde, um so vollständiger wurde sie verändert. — Es liegt nahe, dass solche Umwandlungen durch Einwirkung erhöhter Temperatur im Erdinnern selbst das äusserste Extrem erreichen können, d. h. dass die einst abgelagerten Massen, deren Material ursprünglich aus der Zerstörung von Erstarrungsgesteinen hervorging, aufs Neue heissflüssig werden und dann als Eruptivgesteine erstarren.“ Vergl. Anmerk. 2) oben.

10) Cotta: *Geologie der Gegenwart S. 219.*

11) *N. Jahrb. f. Min. 1865. S. 497.* — Vergl. Naumann: *Geogn. 1854. II. S. 7 ff. und 2 Aufl. 1860. II. S. 154* und Humboldt: *Kosmos I. 299.*

12) Naumann vermuthet (*Geogn. 1860. 2. Aufl. I. 157*), dass die Aussenseite unseres Planeten, während und nach ihrer Erstarrung, einen langwierigen und tief eindringenden Conflict mit heissem Wasser und Wasserdampfausgesetzt war. Ein solcher langwieriger und tief eindringender Conflict mit heissem Wasser (nach Scheerer „glühendem“, also jedenfalls

überhitztem) Wasser und Wasserdampf kann jedenfalls nur unter hohem Drucke als möglich angesehen werden; deshalb habe ich mir erlaubt, diese Forderung mit in die Formulirung der Idee aufzunehmen. Vgl. übrigens Naumann, Geogn. 2. Aufl. II. S. 156. — Zirkel, Petrogr. 1866. II. S. 490. — Humphry Davy und Mitscherlich sprachen die Ansicht aus, dass die geschmolzenen Stoffe unserer Erdrinde unter dem Drucke einer gewaltigen Dampfatosphäre und einer glühenden Wasserschicht erstarrten (Abhandlung der Berliner Akademie der Wiss. 1822 und 1823. S. 38.)

IX.

1) Gumbel: Geogn. Beschreib. Bayerns. Bd. II. S. 155: „Der Begriff einer bestimmten Gesteinsart schwankt immer zwischen gewissen Grenzen, innerhalb deren eine grössere oder geringere Annäherung an den Typus stattfindet. Eine Gesteinsart entspricht nicht dem Begriffe einer Art, wie sie bei Thieren und Pflanzen festgehalten werden kann, selbst nicht der konstanten oder gesetzmässigen Zusammensetzung einer chemischen Verbindung in einem Minerale, weil weder die einzelnen Theile organisch unter sich verbunden sind, noch die Gemengtheile als solche durch chemische Affinitätsgesetze beherrscht werden. Es lassen sich daher unter Gesteinsarten nur gewisse Typen verstehen, welche als ein Gemenge bestimmter Mineralien nur durch ihr häufigeres Vorkommen und ihre grössere Verbreitung eine grössere Wichtigkeit gewinnen und durch besondere Namen hervorgehoben zu werden verdienen. Es giebt daher in der That in petrographischem Sinne Uebergänge der Gesteinsarten und einen solchen Uebergang bildet die Reihe, die uns im Urgebirgestein vom Gneiss zum hornblendhaltigen Gneiss zum Diorit und endlich zum Amphibolit hinüberführt.“

2) Leonard Horner sagt in seiner Präsidenten-Adresse 1861 an die londoner geologische Gesellschaft: „On the other hand the assertion, that all gneiss has had same origin, appears to me erroneous.“

3) Vergl. Zirkel: Petrogr. 1866. II. S. 413 und Naumann: Geogn. 1860. II. S. 154.

4) Naumann: Geogn. 1854. II. S. 83—85. „Granit ist wirklich ein Gestein, welches in manchen Gegenden als ein Glied der Urformation auftritt und mit dem primitiven Gneisse durch petrographische Uebergänge und durch Wechsellagerung so innig verbunden erscheint, dass eine Trennung beider Gesteine ganz unmöglich sein würde. Der Gneiss verliert nämlich seine Parallelstruktur, indem die Glimmerblättchen eine ganz regellose Lage annehmen oder auch die lagenweise Sonderung der Gemengtheile verschwindet und so entsteht ein mehr oder weniger ausgezeichneter Granit, welcher, ohne gerade innerhalb seiner selbst geschichtet zu sein, doch in schichtenähnlichen zum Theil sehr mächtigen Parallelmassen zwischen dem Gneisse eingelagert ist, mit welchem er beständig zu alterniren pflegt. So bildet denn dieser dem Gneisse untergeordnete Granit mit ihm selbst ein Ganzes, ein einziges, ungetheiltes und untheilbares Formationsglied. — S. 84. Besonders sind es die tieferen

Etagen mancher Gneissdistricte, in welchen häufige Uebergänge in granitische Gesteine und beständige Oscillationen zwischen Gneiss und Granit vorkommen, so nach Coquand in den Pyrenäen, nach Gruner etc. — S. 85. Es kann demnach gar kein Zweifel darüber obwalten, dass es ausser den eruptiven Graniten, welche so häufig im Gebiete der primitiven Gneissformation auftreten, auch gleichzeitig gebildete primitive Granite giebt, welche in der Form von Lagern und Lagerstöcken dem Gneisse regelmässig eingeschaltet sind, mit ihm wechsellagern und durch Gesteins-Uebergänge in ihn verlaufen.“ Meiner Meinung nach dürften dieselben doch als Lagergänge anzusprechen sein, nämlich auf dem Gange zwischen Erdkruste und flüssigem Erdinnern, aber als Granit, d. h. nicht unter genügender Einwirkung der Centripetalkraft, gebildet.

5) Voy. min. et géol. en Hongrie, III. p. 19. En Hongrie ces deux roches se montrent toujours ensemble et uniquement ensemble; elles ne forment pas seulement des couches alternatives, mais une seule et même masse.

6) Zirkel: Petrogr. 1866. II. S. 429: „Von den Uebergängen, welche der Gneiss aufweist, ist der in Granit der häufigste und jedenfalls in genetischer Hinsicht wichtigste. Bei diesen so unverkennbar und so reichlich auftretenden Uebergängen können beide Gesteine kaum von einander getrennt werden, sondern müssen als gleichzeitig und gleichartig entstanden erachtet werden.

7) Dass eine dynamische Verschiedenheit gewaltet habe bei der Ausbildung des Granites und des Gneisses, das scheint auch die Thatsache anzudeuten, dass beiden eigenthümliche accessonische Bestandtheile in beiden in verschiednen Krystallformen auftreten, so nach Zirkel der Granat als 202 (Leucitoeder) im Granit, aber als $\infty 0$ in Gneiss, Chloritschiefer, Glimmerschiefer.

8) Zirkel: Petrogr. II. S. 492: „Manche Gneisse sind in der That gar nichts anderes als eine zugehörige Umbüllung, eine Grenz- oder Contactmodification von eruptiven Granitmassen. Es ist bekanntlich eine öfters vorkommende Erscheinung, dass die Centra von Eruptivgesteinen ein körniges, die Peripherien ein schieferiges Gefüge darbieten und dass solche abweichende Texturausbildungen an den Grenzen einer grösseren Eruptivmasse gewissermassen mit Nothwendigkeit vor sich gehen müssen, darauf hat Poulett Scrope mit höchst beachtenswerthen Worten (Qu. Journ. of the geol. soc. XV. 1858. p. 84) hingewiesen.“ P. Scrope betrachtet dort die Verhältnisse „in the lateral and higher portions of a subterranean mass of granite, directly exposed to the resistance and pressure of the overlying rocks. Scrope supposed the foliation or lamination of gneiss and mica-schist to have been produced through the „squeeze and jam“ of the lateral and superficial portions of a granitic mass“ (expanding by increase of temperature). Trotz dieser Ansicht eines Scrope von „Druck und Spannung“ also Compression und Expansion, erlaube ich mir bei meiner Ansicht zu bleiben, dass die Anregung zu solch einer Contactgneissbildung durch die Anziehungskraft auf das noch flüssige Magma gegeben worden ist; erst später konnte dann der Druck

und die Spannung der Expansion zur Wirkung kommen. Was das *expanding by increase of temperature* betrifft, so habe ich wohl bei Besprechung des Cottaschen plutonischen Metamorphismus mich genügend darüber ausgelassen.

⁹⁾ Comptes rendus, t. 25. 1847. p. 898.

¹⁰⁾ Naumann: Geogn. II. S. 80 u. I. S. 496.

¹¹⁾ Vgl. Abschnitt VI. S. 44. u. 46 ff.

¹²⁾ Mohs, die ersten Begriffe der Min. u. Geogn. II. S. 123.

¹³⁾ Naumann hat (Geogn. 1850. I. S. 498.) eine ähnliche Erklärungswiese für die Bildung derartigen Schichten gegeben und benennt sie Compressionsschichten; erlässt dabei die Parallelstructur nach P. Scrope's Weise bilden und die Schichten durch Intermittenz in der Compression resultiren. Kann ich mich nun dabei mit Naumann's Erklärung im Uebrigen einverstanden erklären, so doch nicht mit seiner Bezeichnung derselben; die Compression ist als das von Aussen Wirkende doch erst die Folge der Expansion der Theilchen bei der Erstarrung. Mir erscheint es daher richtiger, indem ich den Druck, der ebenso hier wie bei Bildung der Sedimentärgesteine nothwendiger Weise den Theilchen ihre Stellung und Lage zwies, also die Structur bedingte, der Anziehungskraft in ihren verschiedenen Modificationen zuschreibe, die Schichtung, deren Charakter nach Mohs überhaupt in der Intermittenz der Bildung liegt, resultiren zu lassen aus dem gegenseitigen Verhältnisse zwischen Wärmeverlust, Volumenbedürfniss in Folge dessen (Expansion) und den demselben entgegenwirkendem Drucke (Compression).

¹⁴⁾ Zirkel: Petrogr. II. S. 486. Paralleltextur des Phonoliths.

¹⁵⁾ Naumann hat, wie oben erwähnt, diese Schichtenbildung überhaupt durch Compression erklärt und beschreibt dabei die Bildung der linearen Paralleltextur ungefähr so: Bei einer feurigflüssigen und während ihrer langen Erstarrung krystallisirenden Masse, die zwischen zwei parallelen, zugleich Druck und Widerstand ausübenden Flächen eingeschlossen ist, wird, wenn während des Fortgangs der Erstarrung die ganze Masse sich in regelmässiger (nach Naum. „auf- und niedersteigender“) Bewegung befindet, sich zugleich mit der planen Parallelstructur innerhalb jeder Schicht eine mehr oder weniger lineare ausbilden.

¹⁶⁾ Zirkel: Petrogr. 1866. II. S. 486 führt Poulett Scrope's Ansicht, der ich vollkommen beipflichte, über die Streckung an: „Das Phänomen der Streckung gewisser Mineralien bietet sich auch in einzelnen eruptiven Gesteinen dar. In seinem vortrefflichen Werke „Considerations on volcanos“ und in seiner Abhandlung über die Pouza-Inseln (Transact. of the geol. soc. II. 201. 228) hat Poulett Scrope schon in den Jahren 1825 und 1827 die Gneisse und Glimmerschiefer mit den schieferigen Felsitporphyren, deren Gemengtheile gleichfalls Streckung zeigen, verglichen; bei den letzteren Gesteinen leitet er diese Erscheinung von einem starken Drucke und einer nach einer bestimmten Richtung erfolgten Bewegung her, denen die plastische Gesteinsmasse unterworfen war; es bilden sich so platte Mineralkörper, welche ihre breiten Seiten rechtwinkelig auf die Druckrichtung und ihre

Längsaxen parallel mit der Bewegungsrichtung stellen. Auch noch neuerdings hat er diese, wie es scheint, hohe Beachtung verdienende Ansicht geltend gemacht (Quat. Journ. of the geol. soc. XII. 1856. p. 346) welcher sich zwei ausgezeichnete Forscher, Darwin und Sorby, angeschlossen haben.“

¹⁷⁾ (Rivière): Comptes rendus, t. 25. 1847. p. 900: Au moyen des feuillets-strates et des bandes, j'ai indiqué plus de cinquante directions élémentaires pour la détermination des allures des gneiss. Les directions élémentaires varient entre le nord-ouest et le nord; mais les plus fréquentes ont lieu du nord-ouest un peu nord au sud-est un peu sud. — Vergl. Naumann: Geogn. 2. Aufl. I. S. 549; er giebt daselbst die Streichungslinie des Freiburger Gneiss an zu h. 8, 4—9.

¹⁸⁾ Naumann: Geogn. II. 106, ferner II. S. 83: „Es ist nicht zu leugnen, dass die Oberfläche der meisten Gneissregionen mehr durch sanfte und wellige, als durch schroffe und zackige Configuration ausgezeichnet ist.“

¹⁹⁾ Zirkel: Petrogr. 1866 II. S. 431.

²⁰⁾ Naumann: Geogn. 1854. II. S. 58: „Eine Eigenschaft, durch welche sich die eruptiven Formationen in sehr auffallender Weise von den sedimentären Formationen unterscheiden, ist die grosse Gleichartigkeit ihrer Gesteine. — Diese allgemeine Gleichartigkeit des Gesteins schliesst jedoch keineswegs das Vorkommen einer grossen Mannichfaltigkeit der Varietäten aus.“ Ebenda S. 9: „Die primitive Formation scheint eine ganz ausserordentliche Mächtigkeit zu besitzen und sehr weit in die Tiefen der Erde hinabzureichen; dabei zeigt sie merkwürdiger Weise in allen Regionen, wo sie unbedeckt zu Tage austritt, eine solche allgemeine Uebereinstimmung ihrer Gesteine, ihrer Structur und Lagerungsform, dass man schon hieraus auf die Anerkennung eines grossartigen, über die ganze Erdoberfläche in gleicher Weise Statt gefundenen Bildungsprocesses geführt wird, welchem sie ihr Dasein verdanken muss. Und wenn sie auch über unermessliche Landstriche durch neuere Formationen so völlig verdeckt sein kann, dass sie dort nirgends sichtbar hervortritt, so dürfen wir doch mit vollem Rechte eine ununterbrochene Ausdehnung derselben unter allen uns bekannten sedimentären und eruptiven Formationen voraussetzen.“

²¹⁾ Naumann: Geogn. 1854. II. S. 23. — Naumann nennt dann noch die Deutung dieser Formationsschichten als metamorphische Bildungen eine leichtfertige Abfertigung.

X.

¹⁾ Naumann: Geogn. II. S. 112.

²⁾ Ebenda. S. 109.

³⁾ Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. XIV. 1862. S. 524.

⁴⁾ Scheerer: Ueber d. Bildungsgesetze des Gneusses. Karstens und v. Dechens Archiv XVI. S. 109.

⁵⁾ Gaea norvegica, I. 277. 284 und 382.

⁶⁾ Zirkel, Petrogr. 1866. II. S. 436. Naumann: Geogn. II. S. 171.

7) N. Jahrb. f. Min. 1861 S. 257 und 1863 S. 318.

8) Ebenda. 1863, S. 1 ff. und S. 531.

9) Naumann: Geogn. II. S. 113 ff.

10) Vergl. S. 52.

11) Bøthlink über den Gneiss von Helsingfors in Finnland: N. Jahrb. f. Min. 1840 S. 614. — Darwin über die Gneisse von Bahia und der Botafogo-Bay: Geol. Observations on South Amerika p. 141 ff.

12) Vergl. Naumann: Geogn. B. II. S. 69 und S. 14.

13) Ebenda S. 85 und 192-

14) Zirkel: Petrogr. II. S. 512. — „Paton erachtet den Granulit wie den Gneiss für die erste Kruste unserer Erde, welche sich durch wässerige Thätigkeit, begleitet von sehr starker Hitze gebildet habe“ (Bull. de la soc. géol. (2.) IV. 1847 S. 1395).

15) Comptes rendus t. 25. 1847 sagt p. 899 Rivière: Le gneiss est souvent reconvert par d'autres roches, notamment par le micaschiste, mais il n'alterne jamais avec ces roches, contrairement à l'opinion écrite dans la plupart des ouvrages. Quand il y a des apparences d'alternance, une étude approfondie fait reconnaître qu'elles sont dues tantôt à des plissements, à des mouvements postérieurs à la formation des roches, tantôt à des accidents de composition et de texture de la roche fondamentale“.

16) Vgl. Naumann: Geogn. 1854. II. S. 89—93.

17) Ebenda S. 94.

18) Zirkel: Petrogr. I. S. 479: Graphit gesellt sich zum Glimmer in den pyrenäischen Graniten der Berge von Labourd in den Umgebungen von Mendionde, namentlich nordwestlich von Lekhurrun und südlich von Maccaye beim Berge Ursovia; auch bei Seidenbach im Odenwald.

19) Naumann: Geognosie 1854. II. S. 96.

20) Vergl. Zirkel: Petrographie 1866. I. S. 224 ff.

21) Naumann: Geognosie, 1854. II. S. 403.

Lebenslauf.

HEinrich Otto Lang, geboren den 10. September 1846 zu Gera-Untermhaus, frequentirte die Bürgerschule zu Gera und dann das Fürstl. Gymnasium daselbst. und bezog nach bestandnem Maturitäts-Examen Ostern 1867 die Universität Leipzig, um Philosophie und Mathematik zu studiren. Daselbst trat ich, um meiner Militärpflicht zu genügen, im November 1867 in das 52. Infanterie-Regiment ein und wegen Garnison-Wechsels desselben Weihnachten 1867 erbat und erhielt ich die Versetzung zum 94. Regiment nach Jena. Nach vollendetem Dienstjahre kehrte ich nach Leipzig zurück. Meine Studien wandten sich dann mit der Zeit mehr und mehr von Philosophie und Mathematik ab und den Naturwissenschaften zu, von denen mich besonders Geologie und Mineralogie, zumal durch Prof. Naumann's Vorträge, fesselten. Der Ausbruch des Deutsch-Französischen Krieges verhinderte den formellen Abschluss meiner Studien. In den Reihen des 67. Infanterie-Regiments, dem ich zugetheilt worden war, erhielt ich in der Schlacht bei Gravelotte am 18. August 1870 mehrere Verwundungen, die mich auf ein fünfmonatliches Siechbett warfen; erst mit Anfang Februar 1871 konnte ich zu meinem Regimente vor Belfort zurückkehren, um noch 14 Tage an der Belagerung dieser Festung Theil

zu nehmen. Im Juli 1871 erhielt ich auf mein Ansuchen durch Kaiserl. Kabinets-Befehl meine Entlassung aus dem activen Militärdienste wegen Invalidität. Die Zeit nach dem Feldzuge habe ich leider mehr zur Pflege und Wiederherstellung meiner vollständig zerrütteten Gesundheit benutzen müssen als zu wissenschaftlichen Studien und war mein Aufenthalt in Leipzig und dann hier.

Gera-Untermhaus, den 21. November 1872.

Lang

Second-Lieutenant a. D.
