

Ueber den Einfluss der Abkühlung unsres Planeten auf die Gebirgsbildung,

ein Beitrag zur geologischen Dynamik,

von G. Wepfer, Hüttenassistent in Wasseraifingen.

Das Problem von der Entstehung der Gebirge hat seit jeh-her das Interesse der Geologen auf sich gezogen. Anfangs der 30er Jahre fanden zwei entgegengesetzte geologische Lehren, welche auch zwei wesentlich verschiedene Hypothesen über die Gebirgsbildung zu Tage förderten, in Frankreich und England zwei geistreiche Vertreter in den beiden Geologen Elie de Beaumont und Karl Lyell, so dass es ihren Fachgenossen in der That schwer fallen musste, sich für die eine oder die andere Lehre zu entscheiden; der französische Gelehrte E. d. Beaumont vertheidigte die Lehre von den geologischen Katastrophen, während der Engländer K. Lyell für die Lehre von der gleichförmigen Entwicklung der Erde eintrat. Im Jahre 1832 schrieb E. d. Beaumont an Alex. v. Humboldt seinen zweiten berühmten geologischen Brief, über das relative Alter der Gebirgszüge*), in welchem er Seite 5 die Ansicht ausspricht, dass das Phänomen der Aufrichtung der Gebirge nicht unausgesetzt und allmählig geschah, sondern plötzlich eintrat und von kurzer Dauer war und fährt Seite 6 wörtlich fort:

„Vergebens hat man versucht, die Gesammtheit der in hohen

*) Poggendorffs Annalen, Bd. XXV. S. 1.

Gebirgen beobachteten Thatsachen durch die Wirkung der langsamen und continuirlichen Ursachen zu erklären, welche wir jetzt auf der Erdoberfläche in Thätigkeit sehen.“

In diesem Ausspruche ist die Lehre von den geologischen Katastrophen manifestirt. Ueber die allgemeine Ursache, welche die Aufrichtung der Gebirge bewirkt hat, ist er in vollkommener Uebereinstimmung mit Alex. v. Humboldt und schreibt sie trefend dem Einflusse zu, den das noch geschmolzene Innere unseres Planeten in den verschiedenen Stadien seiner Erkaltung auf seine äussere Hülle ausübt. Dieser allgemeinen Fassung der hypothetischen Ursache der Gebirgsbildung werden auch die meisten Geologen der Gegenwart beistimmen, dagegen gibt uns E. d. Beaumont noch eine specielle Erklärungsweise des Vorgangs der Hebung der Gebirge, welche heute mehr oder weniger verlassen ist. E. d. Beaumont überträgt die in seinen Augen „ungemein glückliche“ Weise, auf welche Leopold von Buch aus der Annahme einer Wölbung des Bodens die Bildung der Spaltungsthäler herleitet, auf die Bildung der Bergketten. Er geht davon aus, dass die Säkular-Erkaltung unseres Planeten ein Element darbietet, auf welches sich die ausserordentlichen Vorgänge der Gebirgsbildung beziehen lassen. „In einer gegebenen Zeit“, schreibt er in dem oben erwähnten Briefe Seite 55, „vermindert sich die Temperatur des Inneren unseres Planeten weit beträchtlicher, als die seiner Oberfläche, deren Erkaltung gegenwärtig fast unmerklich ist. Die natürlichsten Analogien führen auf den Gedanken, dass die Hülle dieses Weltkörpers, ungeachtet der fast vollkommenen Beständigkeit seiner Temperatur durch die Ungleichheit der in Rede stehenden Erkaltung in die Nothwendigkeit versetzt werden muss, unaufhörlich ihre Capacität zu verringern, damit sie nicht aufhöre, sich genau an die inneren Massen anzuschliessen, deren Temperatur merklich abnimmt.“ Diese Verringerung der Capacität der starren Kruste, indem letztere mit den sich zusammenziehenden innern Massen in steter Berührung bleibt, liefert nach E. d. Beaumont eine vollständige Erklärung von der plötzlichen Bildung der Runzeln und verschiedenartigen Knorren, welche auf der äussern Erdkruste von

Zeit zu Zeit entstanden sind und welche unsere Gebirge vorstellen sollen.

Unwillkürlich kommt mir bei dieser Darlegungsweise das Bild vor Augen, das unter Umständen ein stark getrockneter Apfel darbietet; in der That ist hier durch verhältnissmässig starken Verlust an Feuchtigkeit der innern Massen die lederartige weniger Saft enthaltende Haut in die Nothwendigkeit versetzt worden, ihre Capacität zu verringern, wobei sie in steter Berührung mit ihrer Unterlage blieb, und woraus die bekannten Runzeln und Falten entstehen mussten. Dieser Vorgang wird aber, wie ich weiter unten ausführlicher darzulegen versuchen werde, auf unsern Planeten nicht anzuwenden sein, da die Wirkungen der Erkaltung unserer Erde ganz anderer Art sind und theilweise in gerade entgegengesetztem Sinne sich äussern werden.

Setze ich vorerst voraus, was ich aber ausdrücklich für nicht zutreffend halte, dass sich in einer gegebenen Zeit die Temperatur des Innern unseres Planeten weit beträchtlicher vermindert, als die seiner Oberfläche, so würde meiner Ansicht nach in Folge der stärkern Zusammenziehung des innern noch flüssigen Theils, eine theilweise Trennung der starren Hülle von der flüssigen Unterlage und damit die Bildung von Hohlräumen unter der festen Erdrinde eintreten, dagegen scheint mir höchst unwahrscheinlich, dass die Tendenz der Hülle „sich genau an die innern Massen anzuschliessen“ so gross sein sollte, dass sie die enorme Zusammenpressung der starren Rinde hervorrufen könnte, welche zu jener Runzelbildung nothwendig wäre. Selbst unter der Voraussetzung, dass die Erde im Innern nicht mehr flüssig, sondern schon erstarrt wäre, dürften in Folge der hypothetisch angenommenen stärkeren Abkühlung des Innern eher schalenförmige Loslösungen der inneren Parthien von den weiter nach aussen gelegenen stattfinden, als dass die Contraction des Innern eine Faltung und Runzelung des Äussern hervorrufen könnte.

Abgesehen von dem Umstande, dass ich die stärkere Abkühlung des Erdinnern im Verhältniss zu derjenigen seiner Kruste

gar nicht für zutreffend halte, worauf ich später zu sprechen komme, so scheint auch unter Voraussetzung der Richtigkeit jener Abkühlungsverhältnisse die Ansicht E. d. Beaumonts nicht haltbar zu sein; da sich anstatt jener Runzeln und Knorren, welche unsere Gebirge vorstellen sollen, viel eher Loslösungen der äussern Parthien von den innern und damit hohle Räume unter der Erdkruste bilden würden.

Die andere geologische Lehre, welche derjenigen von plötzlich eingetretenen Katastrophen gerade entgegengesetzt ist und insbesondere von K. Lyell dem englischen Zeitgenossen von E. d. Beaumont, aufs eifrigste vertreten wurde, ist die Lehre von der gleichförmigen Entwicklung der Erde. Im Jahre 1830 erschien der erste Band von Lyells, „Principien der Geologie“, oder Versuch zur Erklärung der frühern Aenderungen der Erdoberfläche durch „jetzt noch wirkende Kräfte.“ Lyell betrachtet es als ein Verdienst jeder geologischen Untersuchung, wenn sie jeden Unterschied zwischen der Intensität der früheren und der jetzt noch wirkenden Kräfte ohne Weiteres verwirft.

W. Whewell characterisirt in seiner Geschichte der inductiven Wissenschaften *) S. 693 die Folgen der Lyell'schen Epoche mit folgenden Worten:

„Man gieng von der Voraussetzung aus, dass Erdbeben, wie sie auch jetzt noch bestehen, im Laufe der Zeit und bei fortgesetzten Wiederholungen, Wirksamkeit genug besitzen, um jene der Vorzeit zugeschriebenen grossen Umwälzungen hervorzubringen, und man zog daraus den Schluss, dass alle bisher aufgestellten Hypothesen über bedeutende Aenderungen in der Energie der Kräfte, die zu verschiedenen Zeiten auf der Erde gewirkt haben sollen, unerwiesen und irrig sind.“

Obleich Whewell von den Lyell'schen Ideen nicht vollständig überzeugt ist, so gesteht er doch zu, dass wir uns von einer Hinneigung zu Gunsten von solchen Kräften, die von den gegenwärtig wirkenden in ihrer Art oder in ihrer Stärke ver-

*) Geschichte der inductiven Wissenschaften, deutsch von J. J. v. Littrow. Stuttgart 1841. III. Theil. Geschichte der Geologie.

schieden sind, fernhalten sollen, und erblickt die wichtigsten Mittel zu jedem weitem Fortschritte der Geologie in der eifrigen Ausbildung der zwei untergeordneten Doctrinen dieser Wissenschaft, nämlich der Kenntniss geologischer Thatsachen und der geologischen Dynamik.

In die soeben dargelegten zwei entgegengesetzten geologischen Ansichten theilten sich die Fachmänner in den 30er Jahren. Wie steht es nun heute nach einer mehr als 40 Jahre langen intensiven und extensiven Forschung. Im Allgemeinen hat man sich in der Gegenwart mehr den Lyell'schen Ideen hingeneigt, dagegen die Hypothese von plötzlich eingetretenen grossartigen Katastrophen verworfen. Speciell in der Lehre von der Gebirgsbildung ist es aber bis heute noch nicht gelungen, über die Ursachen klar zu werden, welche gewaltig genug wären, um die Gebirgszüge unseres Planeten so hoch über den Meeresspiegel aufzurichten zu können.

Man sieht sich genöthigt, sich über die wirksamen Ursachen in möglichst allgemeinen, nicht genau bestimmenden Ausdrücken auszulassen.

B. von Cotta spricht sich in seiner Kritik der Geologie *) Seite 11 über diesen Gegenstand folgendermassen aus: „Die Mehrzahl der Geologen ist der Ansicht, dass die Gebirgsketten zwar das Resultat von Hebungen sind, dass aber diese Erhebungen ganzer Gebirgsketten niemals plötzlich, sondern vielmehr stets sehr allmählig eintraten.“ In Bezug auf die Ursache jener Hebungen schreibt er Seite 10: „Nachdem man erkannt hatte, dass die vulkanische Thätigkeit ein höchst wichtiges und allgemeines Agens für die innere wie für die äussere Gestaltung des Erdkörpers sei, indem dieselbe von jeher Eruptionen heissflüssiger Gesteinsmassen, sowie mehr oder weniger locale Hebungen und Senkungen veranlasst habe, schritt man in dieser Richtung über alles Mass hinaus. Man gieng soweit, dass man für jede Störung der Lagerungsverhältnisse irgend eine Eruptionsmasse als Ursache

*) Die Geologie der Gegenwart von Bernh. v. Cotta. IV. Auflage. Leipzig 1874.

suchte.“ Die Irrigkeit solcher Ansichten hat B. v. Cotta treffend dargelegt durch die „Geologie der Alpen als belehrendes Beispiel.“ Er fasst seine Ansicht hierüber Seite 130 des angeführten Buches mit folgenden Worten zusammen: „Die That- sachen lehren, dass die häufigsten und grossartigsten Störungen der ursprünglichen Lagerung keineswegs von dem Aufdringen eruptiver Gesteine herrühren, sondern vielmehr von der auf- oder absteigenden Bewegung ganzer Erdkrustentheile ohne Auswege für die heissflüssige Innenmasse. Ihre Ursachen waren allerdings innere vulkanische Reaktionen, nicht aber vulkanische Durchbrüche.“ Die Hauptursache aller geologischen Aenderungen schreibt er, und damit stimmen wohl die meisten Geologen mit ihm überein, in letzter Instanz der Abkühlung unseres einst heissflüssigen Planeten zu.

Ich will nun den Versuch wagen, diejenigen Kräfte näher zu bestimmen, welche jenen vulkanischen Reaktionen des Erdinnern gegen die feste Kruste ursächlich zu Grunde liegen, oder mit andern Worten; versuchen, die Hebung der Gebirge auf eine unser Causalitätsbedürfniss befriedigende Weise mit Hülfe der geologischen Dynamik zu erklären.

Bei diesen Untersuchungen gehe ich von der Annahme aus, für welche allbekannte Thatsachen sprechen, dass unsere Erde zu einer gewissen längst entschwundenen Zeit sich in einem heissflüssigen Zustande befunden, und sich in Folge eines bedeutenden Temperaturunterschiedes ihrer Masse gegenüber dem sie umgebenden Weltraume durch Wärmeausstrahlung allmählig abgekühlt habe, bis Erstarrung der Oberfläche eingetreten sei. Die Art und Weise wie diese Erkältung des Planeten nach bekannten physikalischen Gesetzen vor sich gegangen sein wird, soll zunächst der Gegenstand folgender Betrachtung bilden. Da wir uns über denjenigen Aggregatzustand, welcher dem feuerflüssigen Zustande unsres Planeten vorausgegangen sein wird, sowie über die Vertheilung der Temperatur während desselben keine exakte Vorstellung machen können, so nehme ich zum Zwecke meiner Untersuchungen an, dass der heissflüssige Erdball zu einer gewissen Zeit eine gleichmässige Temperatur durch den

ganzen Körper besessen habe. Dieser Zustand hat vielleicht niemals genau stattgefunden, dagegen wird durch diese Annahme die Richtigkeit der Endresultate nicht erheblich beeinträchtigt werden. In Folge des Umstands, dass die Temperatur des Weltraumes sehr bedeutend niedriger als diejenige des Erdballs war, musste durch Wärmeabgabe an der Oberfläche und durch Leitung im Innern der flüssigen Kugel eine Erkältung eintreten, welche mit der Tiefe unter der Oberfläche abnahm, da die oberflächlich entweichende Wärme in Folge mangelhafter Leitung durch Nachströmen aus dem Innern nicht entsprechend ersetzt wurde. Die Wärmeverhältnisse an verschiedenen Stellen lassen sich durch eine genaue mathematische Formel nicht darstellen. Nach Grundsätzen der Physik über Leitung der Wärme kann aber die jeweilige Temperatur an irgend einem Punkt unter der Oberfläche vorgestellt werden als eine Funktion:

- von der Tiefe unter der Oberfläche,
- von der specifischen Wärme der flüssigen Masse,
- von dem äussern Leitungsvermögen derselben Masse gegen den umgebenden Weltraum,
- von dem Temperaturüberschuss der flüssigen Masse über den äussern Raum, endlich
- von der Zeitdauer der Abkühlung.

Hiebei wächst die Temperatur an irgend einem Punkte unter der Oberfläche mit der Tiefe unter der Oberfläche, mit der specifischen Wärme der Masse und nimmt ab mit der Zunahme der inneren Leitung, und es ist klar, dass nach Verfluss eines bestimmten Zeitraumes, die Temperatur in den äussern Parthien um mehr Grade abnehmen musste als in den weiter nach innen gelegenen.

Lassen wir nun die Oberfläche sich nach und nach erkalten, bis die Erstarrungstemperatur der Masse erreicht ist, so wird lich zunächst eine dünne auf der flüssigen Masse direct auf-sagernde starre Kruste bilden. Hiebei müssen wir aber voraussetzen, dass während der Erstarrung der oberflächlichen Flüssigkeitsmassen keine wesentliche Volumveränderung eingetreten sei. Beim Uebergange vom flüssigen in den festen Aggregatzustand

zeigen einige Körper wie Wasser, Phosphor, Gusseisen, schwefelsaures Natron, schwefelsaure Magnesia und Wismuth kleine Volumvermehrungen, andere wie Blei, Zinn, Antimon, Schwefelantimon, Schwefel, Vitriolöl und Essigsäure kleine Volumvermindernungen. Bei allen diesen Körpern ist aber die Volumänderung eine sehr unbedeutende und noch nicht genau ermittelt. Ganz fehlt es aber an Resultaten über das Verhalten erstarrender Granit- und ähnlicher Gesteinsmassen, aus welchen die zuerst gebildete Erdkruste bestanden haben soll. Von letztgenannten Massen kann mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass etwaige Volumveränderungen jedenfalls sehr unbedeutend gewesen sein werden. Nur wenn während der Erstarrung der ersten Erdkruste bedeutende Volumvergrößerungen eingetreten wären, dann hätten sich möglicher Weise Hohlräume unter der starren Kruste bilden können. Dies ist aber nach dem Angeführten höchst unwahrscheinlich. Verfolgen wir das Verhalten der mit einer dünnen Kruste versehenen flüssigen Kugel bei fortwährender Wärmeabgabe nach aussen weiter, so wird nichts der Annahme entgegen stehen, dass sich die Kruste nach innen zu allmählig verstärkte. Die Vertheilung der Wärme wird im festen Theile eine etwas andere sein als im flüssigen Kerne; da die specifische Wärme und das Leitungsvermögen des erstarrten Körpers und der flüssigen Masse nicht genau gleich sein werden. Dennoch werden nach physikalischen Grundsätzen für beide Theile die Temperaturen mit der Tiefe unter der Oberfläche und mit der specifischen Wärme wachsen und mit der Zunahme der innern Leitungsfähigkeit und der Zeit abnehmen; und wird die äusserste Schichte des flüssigen Kernes stets etwas wärmer sein als die innerste Schichte der festen Kruste. Unter allen Umständen werden wir, von der Oberfläche gegen das Centrum eindringend, eine Zunahme der Temperatur antreffen und nach Verfluss eines bestimmten Zeitraumes wird die Temperatur in äussern Parthien um mehr Grade abgenommen haben als in weiter nach innen gelegenen. Diess wird auch klar durch folgende Betrachtung. Hätte die flüssige Kugel sammt der starren Kruste die denkbar grösstmögliche Leitungsfähigkeit,

so würde sich die innere Temperatur während des steten Verlustes nach aussen immer wieder ausgleichen und die Temperatur wäre zu irgend einer Zeit in der ganzen Kugel die nämliche, da aber die feste Erdkruste zu den schlechten Wärmeleitern gehört, und die alleinige Ursache der Abkühlung, nämlich der kalte umgebende Weltraum, stets ihrer ganzen Wirkung nach dieselbe bleibt, so wird nach Verfluss irgend eines Zeitraumes die Temperatur in den innern Theilen um weniger Grade abgenommen haben als in den äussern. Für die Richtigkeit dieser Ansicht spricht auch die Beobachtung der grossen Hitze, welche man nach Jahren im Innern von einst flüssig gewesenen Lavamassen findet, deren Oberfläche bereits mit der Hand berührt werden kann.

Ueber das Erkalten einer heissen Kugel schreibt Dr. A. Mousson *) in seiner Physik Seite 153:

„Bei einer grossen und schlecht leitenden der Abkühlung ausgesetzten Kugel wird die oberflächlich entweichende Wärme durch Nachströmen aus dem Innern nicht gehörig ersetzt. Es entwickelt sich eine Zunahme der Temperatur von aussen nach innen.

Bei einer ungemein grossen und schlecht leitenden Kugel kann die oberflächliche Temperatur soweit sinken, dass der äussere Wärmeabfluss sehr schwach wird, zum Ersatze braucht nur wenig nachzufliessen, und der Körper stellt einen grossen Wärmeverrath dar mit nahezu unveränderlicher Temperatur des Innern, der seine Wärme sehr lange bewahrt.“

Dieser letzt angeführte Zustand wird sich annähernd auf unsere Erde anwenden lassen. Mir scheint aus diesen Betrachtungen hervorzugehen, dass die von E. d. Beaumont aufgestellte Ansicht: dass in einer gegebenen Zeit die Temperatur des Innern unsres Planeten sich weit beträchtlicher vermindert habe, als die seiner Oberfläche, nicht mehr haltbar ist, sondern dass im Gegentheile in dieser Zeit die Oberfläche sich um mehr Grade abgekühlt haben wird als das Innere. Ist meine Behauptung richtig, so

*) Die Physik auf Grundlage der Erfahrung von Dr. Alb. Mousson, II. Theil, die Lehre von der Wärme, Zürich 1860.

würde die von E. d. Beaumont geistreich ausgedachte Theorie der Gebirgsbildung als auf einer unrichtigen Voraussetzung beruhend in ihren Grundlagen erschüttert sein.

Betrachten wir nun die Wirkung der Erkältung fester und flüssiger Massen, so lehrt die Physik, dass die Zusammenziehung einer starren Kugelschale in Folge einer gleichmässigen Temperaturerniedrigung sich derart vollzieht, als wäre der hohle Raum mit der gleichen Substanz der Schale ausgefüllt oder mit andern Worten als wäre sie massiv. Die mit einer starren Kruste versehene innen noch heissflüssige Erdkugel wird sich in Folge der Abkühlung gegen aussen zusammenziehen, und da die Temperaturerniedrigung in inneren Schichten nach einem gewissen Zeitraume kleiner sein wird als in äussern, so wird sich die kontrahirende starre Kruste in grösserem Maasse zusammenziehen, als der flüssige Kern und dadurch eine nicht unbedeutende Pression auf denselben ausüben. Hiedurch wird zwar „die Hülle in die Nothwendigkeit versetzt, ihre Capacität unaufhörlich zu verringern,“ aber nicht aus dem Grunde, „damit sie nicht aufhöre, sich genau an die inneren Massen anzuschliessen,“ sondern weil sie sich in Folge ihrer stärkern Abkühlung mehr zusammenziehen wird als die flüssige Unterlage, die sich in derselben Zeit weniger abgekühlt haben wird.

An Stelle einer Tendenz zur Bildung von hohlen Räumen zwischen Festem und Flüssigem wird daher eine Pressung der Hülle gegen das flüssige Erdinnere treten. Ich nehme keinen Anstand zu behaupten, dass ein Theil jener die Flötzformationen durchbrechenden Gesteinsmassen von Grünstein, Porphyr und Basalt ihre Existenz auf der Oberfläche der Erde eben dieser Pression der starren Kruste gegen die innere flüssige Masse verdankt, indem die gepressten flüssigen Gesteinsmassen sich dadurch Luft machten, dass sie aus Spalten und Ritzen der festen Rinde empordrangen.

Nachdem ich meine Ansichten über die Art der Wärmevertheilung in dem sich abkühlenden Erdkörper ausgesprochen habe, will ich versuchen, die Gebirgsbildung auf eine neue Art zu erklären und die dabei wirksamen Kräfte näher bestimmen.

Betrachten wir die Erde in dem Zustande, in welchem sich die erste noch dünne feste Kruste gebildet hat und denken uns eine weitere Wärmeabgabe an den sie umgebenden kältern Raum, so wird die Folge sein, dass die Kruste nach innen sich verstärkt. Dieses Dickerwerden der Kruste erfolgt einfach durch Anlagerung von erstarrenden Gesteinsmassen an die innere Seite der zuerst gebildeten dünnen Wandung. Beim Uebergang von dem heissflüssigen Zustande eines Körpers an den starren können in Bezug auf die Structur des sich bildenden festen Körpers zweierlei Formen auftreten: die amorphe und die krystallinische Form. Die allgemeinen Gesetze der Physik nehmen an, dass sich amorphe Körper dann bilden, wenn grössere Mengen beweglicher Theilchen gleichsam zu schnell fest werden, als dass das enge Spiel der Cohäsionskräfte einen bestimmenden Einfluss auf die Gesamtform ausüben könnte, so dass also die Kräfte der einzelnen Substanzen nicht zur Geltung kommen können. Bedingung für die amorphe Form ist somit das rasche Erkalten flüssiger Massen. Krystalle oder wenigstens feste Körper mit krystallinischem Korne dagegen entstehen, wenn chemisch gleichartige Theile ungestört und nach einander sich vereinigen, wobei Theil um Theil von den Cohäsionskräften ergriffen, in stabilste Stellung gebracht und dem schon gebildeten festen Kerne angeschlossen wird. Bedingung für die krystallinische Form ist die langsame Erkaltung der flüssigen Massen.

Aus zweierlei Gründen sehen wir uns veranlasst anzunehmen, dass die zweite Art, nämlich die Bildung von Krystallen oder wenigstens von Körpern mit krystallinischem Korne bei dem Dickerwerden der festen Erdkruste nach innen erfolgt sein wird, einerseits weil wir vermuthen müssen, dass eben diese Erstarrung sehr langsam und ungestört vor sich gieng und wir andererseits auf der Oberfläche der Erde unter den ältesten Gesteinen solche mit ganz ausgezeichnete krystallinischer Structur und sogar leicht unterscheidbaren Krystallindividuen vorfinden, wie namentlich den Granit.

Fragen wir nun, auf welche Weise die Anlagerung der erstarrenden krystallinischen Gesteinsmassen an die feste Kruste

vor sich gegangen sein wird, so kann uns hierüber das Verhalten einer Reihe bekannter Stoffe wie Schwefel, Wismuth, Blei, Zinn, Antimon, einige Anhaltspunkte geben. Schmilzt man einen dieser Stoffe in einem Tiegel, und setzt ihn dann so lange der Erkaltung aus, bis sich an seiner Oberfläche eine starre Kruste gebildet hat, durchstosst man hierauf diese Kruste und lässt das noch Flüssige auslaufen, so entsteht eine Höhlung, welche mit Krystallanhäufungen ausgekleidet ist, die unregelmässig nach innen hervortreten.

Hiernach sind wir berechtigt anzunehmen, dass auch bei der langsamen und ungestörten Erstarrung von flüssigen Gesteinsmassen unter der zuerst gebildeten festen Rinde unserer Erde die Anlagerung krystallinischer Massen ganz unregelmässig, entsprechend dem Spiele der Cohäsionskräfte, derart vor sich ging, dass verhältnissmässig grosse krystallinische Anhäufungen fester Massen in den noch flüssigen Theil hineinragten. Die erstarrte Erdkruste wäre somit nicht als überall gleich dick vorzustellen, sondern als eine feste Schale, an welche sich nach innen durch einen lang andauernden Krystallisationsprozess grosse krystallinische Massen unregelmässig an- und festgelagert haben, welche in den noch heissflüssigen Theil des Erdkörpers frei hineinragen, mit der Kruste aber fest verwachsen sind. Hervorgerufen wurde dieser innere Erstarrungs- und Krystallisationsprozess lediglich durch Wärmeabgabe der Erde an den äussern kalten Weltraum, wodurch nothwendig entsprechende Quantitäten flüssiger Massen in den starren Aggregatzustand übergeführt werden mussten. Hiebei kann noch hervorgehoben werden, dass diese Ausscheidung fester krystallinischer Massen im Erdinnern an denjenigen Stellen bedeutender und umfangreicher gewesen sein wird, wo die Abkühlung nach aussen auch eine grössere war, während an den Stellen, welche gegen Abkühlung mehr geschützt waren, auch kleinere Parthien erstarrter Massen sich an den innern Theil der Kruste angelagert haben werden. Diese ungleiche Wirkung des abkühlenden, umgebenden Weltraums an verschiedenen Stellen der Erde war jedenfalls von derjenigen Zeit an in bedeutendem Maasse vorhanden, zu welcher sich Meer und trockenes Land

gebildet hatten. Das trockene, damals noch mehr Erdwärme als gegenwärtig besitzende Land, war der Abkühlung gegen den kalten umgebenden Raum gewiss wirksamer ausgesetzt, als das von Wasser bedeckte. — Nach chemisch-physikalischen Grundsätzen scheiden sich aus einer heissflüssigen Masse, welche aus Stoffen mit verschiedenen Schmelzpunkten bestehen, bei dem Krystallisationsprozesse diejenigen Stoffe und chemischen Verbindungen zuerst aus, welche den höhern Schmelzpunkt haben, während in der noch flüssigen Masse diejenigen chemischen Verbindungen und Stoffe zurückbleiben, welche leichter schmelzbar sind. Analog ist das bekannte Verhalten einer flüssigen Legirung aus Blei, Zinn und Wismuth, welche dem Erkalten ausgesetzt wird. Hier scheiden sich der Reihe nach die schwer schmelzbaren Legirungen zuerst aus. Fragen wir nun nach denjenigen Gesteinen, aus welchen die uns bekannte Erdkruste, abgesehen von den sogenannten Sedimentärgesteinen, ihrer Hauptmasse nach besteht, so finden wir vorzugsweise: den Granit und Gneis, beide aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehend, bei jenem liegen die Bestandtheile verworren durch einander, bei diesem durch den Glimmer geschichtet. An diese zwei Hauptgesteine schliessen sich als weitere Urgesteine die krystallinischen Glimmerschiefer, der Urquarz und Urkalk an, und endlich manche Erzlager. Von letzteren übertreffen die Eisenerze besonders Eisenglanz und Magneteisen an Menge und Ausbreitung bei weitem alle übrigen Erzlager im Urgebirge. Diese aufgeführten Gesteinsarten werden ziemlich allgemein als diejenigen bezeichnet, aus denen zum grössten Theile das Urgebirge besteht, sie enthalten als wesentliche Bestandtheile die Mineralstoffe: Quarz, Feldspath, Glimmer, Kalk, Eisenglanz und Magneteisen. In Bezug auf die Schmelzbarkeit dieser Mineralien gehören Quarz, Feldspath und Glimmer zu den äusserst schwer schmelzbaren, während Eisenglanz und Magneteisen verhältnissmässig leichter schmelzbar sind. Denken wir uns eine Mischung von Quarz, Feldspath, Glimmer, Eisenglanz und Magneteisen in heissflüssigem Zustande der Erkaltung ausgesetzt, so hätten wir allen Grund den Quarz, Feldspath und Glimmer als diejenigen Stoffe zu bezeichnen, welche vermöge ihres hohen Schmelzpunktes die Ten-

denz zeigen würden, der Zeit nach vor dem Eisenglanz und Magneteisen zur Erstarrung zu gelangen, und es würde anzunehmen sein, dass zu einer gewissen Zeit jene schwer schmelzbaren Stoffe durch den Krystallisationsprozess zum grössten Theil aus der Mischung sich abgeschieden haben werden, zu welcher sich jene leicht schmelzbaren Eisenerze noch im flüssigen Zustande befunden haben.

Uebertragen wir diese Anschauungsweise auf den Vorgang bei der Abkühlung unserer einst heissflüssigen Erde, so dürfte es nicht zu gewagt erscheinen, wenn ich behaupte, dass die aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehenden Urgesteine in Folge der Abkühlung unsres Planeten durch eine Art von Krystallisationsprozess zuerst ausgeschieden wurden, und dass in den flüssig gebliebenen Massen, welche sich zunächst unter den erstarrten Ausscheidungen befinden, die leichter schmelzbaren Stoffe zurückgeblieben sein werden. Aus was für Stoffen haben wir uns aber jene flüssig gebliebenen, leichter schmelzbaren Massen bestehend zu denken?

Diese Frage führt uns auf eine wichtige Thatsache über das mittlere specifische Gewicht der Erde im Vergleiche mit dem mittleren Gewichte der bekannten Erdkruste.

Die mittlere Dichte unseres Planeten ist nach übereinstimmenden Berechnungen etwa 5,6 mal so gross als die Dichte des Wassers. Denken wir uns die feste Erdkruste aus Granit und Gneis bestehend, aus jenen Gesteinsarten, deren Bestandtheile Quarz, Feldspath und Glimmer sind, so haben wir für die mittlere Dichte der festen Kruste etwa 2,6 zu setzen. Da nach diesen Angaben die Dichte des ganzen Planeten mehr als zwei mal so gross ist, als die uns bekannte feste Erdkruste, so sind wir genöthigt anzunehmen, dass sich im Erdinnern noch Massen vorfinden, welche ein viel höheres Gewicht als Granit und Gneis besitzen. Wenn die Annahme als begründet erscheint, dass sich im Erdinnern specifisch schwerere Massen als Granit und Gneis vorfinden, so kann die weitere Frage aufgeworfen werden: wie haben wir uns die Vertheilung jener schwereren Massen in unserer Erde von der Oberfläche aus gegen den Mittelpunkt hin zu denken?

Die gewöhnliche Ansicht geht dahin, kugelförmige Schichten voraussetzen, welche mit der Annäherung gegen den Mittelpunkt der Erde an Dichte zunehmen. Wie ist aber hiebei die Thatsache zu erklären, dass eine Reihe schwerer, gediegener Metalle, wie z. B. Silber, Gold, Platin, deren Dichte im Naturzustande $10\frac{1}{2}$ bis 19 beträgt, sich in der äussern Kruste vorfinden? Gerade diese schweren Metalle sollten vermöge ihrer grossen Dichte nahe an den Mittelpunkt der Erde zu liegen kommen. Aus geologischen Gründen neige ich mich der Ansicht hin, dass der Tendenz zur Bildung von kugelförmigen Schichten mit zunehmender Dichte gegen das Centrum hin durch eine Bewegung in den noch flüssigen Massen entgegen gewirkt wurde, wodurch jene schweren Metalle mit an die Oberfläche geführt werden konnten. Jener Tendenz zur Schichtenbildung, die nicht in Abrede gestellt werden soll, stände somit eine Tendenz zur Bildung einer mehr gleichförmigen Mischung entgegen.

Stellt man sich aber auch die Massen im Erdinnern geordnet nach einer grössern Anzahl von Schichten vor mit zunehmender Dichte, oder bestehend aus nur wenigen Hauptschichten, so wird man doch unter allen Umständen sowohl durch die Eigenschaft der relativen Schwerschmelzbarkeit der die Hauptmasse des bekannten Urgebirges ausmachenden Mineralsubstanzen: Quarz, Feldspath und Glimmer, als auch durch die Thatsache ihrer geringen mittleren Dichte von etwa 2,6 im Verhältniss zur mittleren Dichte der Erde von etwa 5,6 mit Nothwendigkeit dahin geführt werden, unter den erstarrten Granit- und Gneissmassen bedeutend schwerere Mineralsubstanzen vorauszusetzen, welche ihrer leichtern Schmelzbarkeit wegen zu einer gewissen Zeit noch flüssig sein konnten, während welcher die darüber befindlichen leichteren Granit- und Gneissmassen schon erstarrt waren. In dieser Epoche werden, wie oben dargelegt wurde, die erstarrten leichteren Mineralstoffe, entsprechend dem Vorgange bei der Krystallabscheidung und in Folge der auf die Erdoberfläche wirkenden ungleichen Abkühlung, sich in unregelmässigen Massen angehäuft haben, welche sich an der festen Kruste angelagert und welche in die noch heissflüssigen schwereren Massen hineingeragt haben.

Die nothwendige Folge dieser Gestaltung der festen Erdkruste gegenüber der heissflüssigen Masse des Innern wird eine Art von Auftrieb sein, welchen die eingetauchten leichteren Massen durch die schwerere Flüssigkeit erleiden. Dieser Auftrieb wird stets radial vom Mittelpunkt gegen die Oberfläche wirken.

In diesem Auftrieb glaube ich eine dynamische Kraft entdeckt zu haben, deren Grösse immense Steigerungen erleiden kann und die eine wichtige Rolle bei der Hebung der Gebirge gespielt haben wird. Stets wird die Grösse des effectiven Auftriebs wesentlich abhängen von dem Volumen der eingetauchten starren Masse und von der Differenz der Dichten des festen Körpers und der Flüssigkeit. (Siehe Anmerkung am Schlusse.) Wäre die Dichte der heissflüssigen Massen bekannt, so würde sich der effective Auftrieb, den ein Cubicmeter eingetauchter Granitmasse erleidet, berechnen lassen. Nehme ich beispielsweise die Dichte der Flüssigkeit derjenigen von Eisenglanz und Magneteisen gleich, somit etwa 5,2; so würde ein Cubicmeter Granitmasse in dieser Flüssigkeit einen effectiven Auftrieb von circa 2600 Kilogramm erleiden.

Es sei hier die Bemerkung gestattet, dass es aus geologischen Gründen nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen dürfte, dem Eisenglanz und Magneteisen der Masse nach einen nicht unbedeutenden Antheil an der Bildung des Innern unseres Erdkörpers zuzuschreiben. Fr. A. Quenstedt schreibt in seinen *Epochen der Natur* *) Seite 276 und 286: „Die Massen von Eisenglanz auf Elba, in Missouri und am Obernsee, das Magneteisen im Norden des Staates New-York, das Magneteisen und der Eisenglanz von Skandinavien gleichen rundlichen Stücken, welche aus unbekannter Tiefe heraufdringen, aber höchst wahrscheinlich gleich bei der Bildung des Gneisgebirges in dieser nie zu erschöpfenden Menge erzeugt wurden.“ Allerdings reicht die mittlere Dichte dieser Eisenerze von etwa 5,2 noch nicht aus, um die mittlere Dichte der Erde von etwa 5,6 zu erhalten und

*) *Epochen der Natur* von Fr. A. Quenstedt, Tübingen 1861.

wäre man daher gezwungen, noch dichtere Massen als jene Eisen-erze näher am Mittelpunkte der Erde vorzusetzen.

Auf die Wirkung des effectiven Auftriebs zurückkommend, den eine Gesteinsmasse von der Dichte des Granits oder Gneises eingetaucht in eine schwerere heissflüssige Gesteinsmasse des Erdinnern erleidet, glaube ich in diese dynamische Kraft die Ursache verlegen zu dürfen zur Hervorbringung jener Unregelmässigkeiten in der Lagerung der Gesteinsmassen, welche wir Gebirge nennen, mit andern Worten: die Kraft, welche unsere Gebirgsketten gehoben hat, ist zu verlegen in den effectiven Auftrieb, welchen relativ leichte Gesteinsmassen erleiden, die sich an der inneren Seite der festen Erdkruste angelagert haben und in eine schwerere heissflüssige Masse des Erdinnern eintauchen.

Nach dieser Theorie wären wir umgekehrt genöthigt, an denjenigen Stellen, wo wir hohe Gebirge auf der Erdoberfläche vorfinden, an der Innenseite der festen Kruste enorme Anhäufungen von verhältnissmässig leichten Gesteinsmassen vorzusetzen. An Stellen unserer Erde dagegen, wo sich weite Tiefebenen ausdehnen, dürften jene inneren Anhäufungen leichter Gesteinsmassen fehlen. Als Bestätigung für diese Ansicht kann eine wichtige Thatsache betrachtet werden, welche schon öfters die Aufmerksamkeit der Physiker und Geologen auf sich gezogen hat. Ausgedehnte Pendelbeobachtungen am Fusse hoher Gebirge wie am Fusse der Pyrenäen, des Chimborazo und des Himalaya haben ergeben, dass die beobachtete Abweichung der Lothlinie von der Richtung nach dem Mittelpunkt der Erde in Folge der Anziehung jener Gebirge stets etwas zu klein gefunden wird im Verhältniss zur Masse jener Gebirge, woraus von verschiedenen Seiten *) der Schluss gezogen wurde, dass sich im Innern jener Gebirge oder unter denselben hohle Räume vorfinden möchten. Ich glaube diese Thatsache mit dem Umstande in ursächliche

*) Compt. rend. t. 29, p. 730,

Condamine: Voyage à l'Equateur, p. 68—70,

Pratt: »Treatise on attractions«, pag. 134.

Verbindung bringen zu können, dass nach meiner Theorie an Stellen unserer Erde, wo sich hohe Gebirge vorfinden, auch enorme Anhäufungen verhältnissmässig leichter Gesteinsmassen nach innen zu existiren, welche durch ihre geringere Massenanziehung jene kleine Abweichung der Lothlinie bedingen. Die dargelegte neue Theorie von der Hebung der Gebirge hat gegenüber von allen bisher aufgestellten jedenfalls den Vorzug grosser Einfachheit für sich. Zum Emporheben der höchsten Gebirge der Erde brauchen wir weder die ominösen Wirkungen der Gase und Dämpfe des Erdinnern, noch jene verwickelten Contractionswirkungen der Erdkruste zu Hilfe zu nehmen, welche E. de Beaumont auseinandergesetzt hat, sondern wir haben als Ursache der Hebung in dem effectiven Auftrieb eine dynamische Kraft gefunden, deren Wirkung wir täglich beobachten können und die in ihrer Allgemeinheit schon von Archimedes richtig erkannt worden ist.

Die Art und Weise wie jene Gebirgserhebungen nach vorliegender Theorie topographisch vor sich gehend gedacht werden können, soll im Folgenden in typischer Uebersicht skizzirt werden.

Als Bedingung für die Emporhebung eines Erdkrustentheils zu einem Gebirge muss nach der oben entwickelten Ansicht stets vorausgesetzt werden, dass sich an der Stelle wo die Hebung stattfinden soll, specifisch leichte krystallinische Massen in starker Anhäufung an der innern Seite der Erdkruste abgelagert haben und in die schwerere Flüssigkeit des Erdinnern eintauchen.

In den folgenden Figuren bedeute:

e ein Stück der erstarrten Erdkruste,

m die an demselben angelagerten specifisch leichten krystallinischen Massen,

f die specifisch schweren heissflüssigen Stoffe des Erdinnern,

G die Summe der Gewichte der Masse m und des Erdkrustentheils e,

A der absolute Auftrieb der eingetauchten Masse m, welcher gleich ist dem Gewichte der verdrängten schweren Flüssigkeit.

Es sei in Figur 1. der gemeinschaftliche Schwerpunkt g der Masse m und des Erdkrustentheils e nahezu in derselben Vertikalen

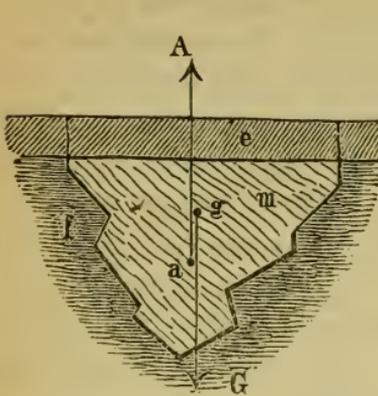


Fig. 1.

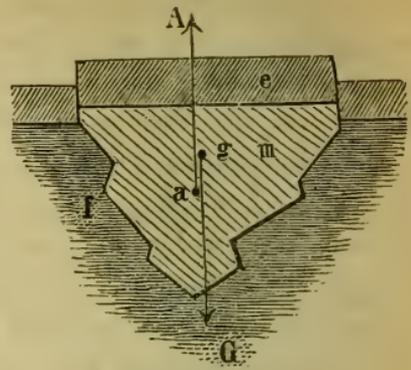


Fig. 2.

wie der Schwerpunkt a der verdrängten Flüssigkeit, so kann der effective Auftrieb, d. h. der Ueberschuss des absoluten Auftriebs A über das Gewicht G der Massen m und e eine gleichmässige Hebung des Erdkrustentheils bewirken, wie Figur 2 versinnlichen soll.

Ist dagegen der gemeinschaftliche Schwerpunkt g der Massen m und e wie in Figur 3 nicht in derselben Vertikalen wie

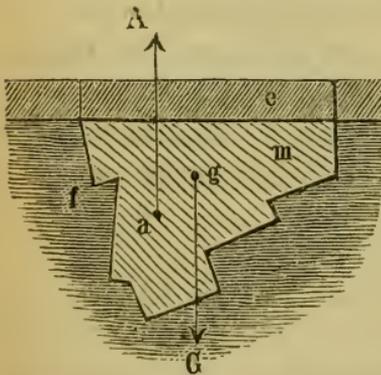


Fig. 3.

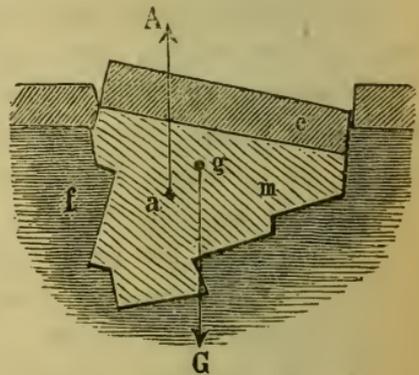


Fig. 4.

der Schwerpunkt a der verdrängten Flüssigkeit, so kann hieraus eine Drehung und damit eine gleichzeitige partielle Hebung verbunden mit einer partiellen Senkung des Erdkrustentheils resultiren, welcher Vorgang in Figur 4 dargestellt sein soll.

Findet die Losreissung des Erdkrustentheils e auf einer

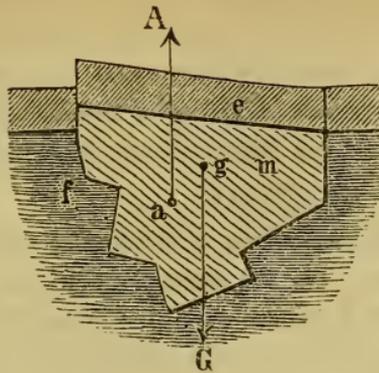


Fig. 5.

Seite ein bedeutendes Hinderniss, so kann hieraus eine einseitige Hebung eingeleitet werden, wie dies Figur 5 zeigen soll.

Eine typische Skizze von drei verschiedenen Dislocationen einzelner Erdkrustentheile in gegenseitiger Verbindung miteinander,

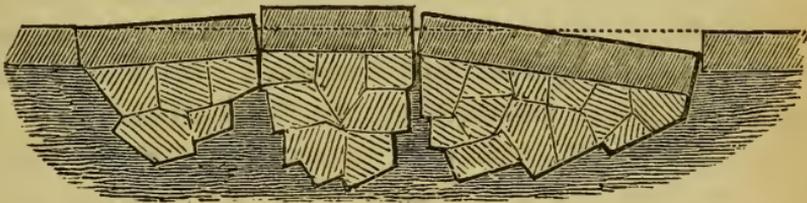


Fig. 6.

der, nämlich eine einseitige Hebung, eine Parallelhebung und eine Drehung soll Figur 6 vor Augen führen.

Die Hebungen respective Drehungen jener Erdkrustentheile werden stets dann ihr Ende erreicht haben, wenn ein Gleichgewichtszustand eingetreten sein wird, zwischen dem nach unten wirkenden Gewichte G der festen Massen m und e und dem nach oben wirkenden absoluten Auftriebe A der verdrängten Flüssigkeit.

Wenn B. v. Cotta aus geologischen Gründen zu dem Schlusse kommt, dass die grossartigsten Störungen der ursprünglichen Lagerung der Gesteine von der auf- oder absteigenden Bewegung ganzer Erdkrustentheile herrühre, so glaube ich die Ursache

dieser Bewegung nach meiner neuen Theorie in die dynamische Kraft des effectiven Auftriebs verlegen zu dürfen.

Schliesslich kann noch die Frage aufgeworfen werden, ob mit der Entstehung neuer Gebirgsketten auch nothwendig gewaltige Zerstörungen grosser Landstriche und stürmische Bewegungen des Meeres, wie dies von ältern Geologen vielfach ausgesprochen worden, in Verbindung stehen?

In der langsamen aber andauernden Hebung Schwedens über das Meer haben wir vor unsern Augen ein Beispiel, welches zeigt, dass mit Hebungen von Erdkrustentheilen nicht nothwendig gewaltsame Zerstörungen verbunden sein müssen. Mit solchen allmäligen Hebungen steht die neue Theorie keineswegs im Widerspruch.

Eine andere Frage ist, ob in gegenwärtigen Zeiten durch Hebungen einzelner Erdkrustentheile solch grossartige Störungen in der Lagerung der Gesteine hervorgerufen werden können, wie diess bei den grossen Gebirgsketten unserer Erde der Fall ist, oder mit andern Worten ob unsere Erde heute noch die Kraft besitze, neue Gebirgszüge emporzurichten? Die Beantwortung dieser Frage hängt wesentlich mit der Frage zusammen, ob die Abkühlung der Erde heute noch fort dauert und welche Dimensionen die Erstarrung des flüssigen Theils im Erdinnern angenommen hat.

Unsere heutigen Kenntnisse über die Temperaturverhältnisse an der Oberfläche und im Innern unseres Planeten sind aber viel zu mangelhaft um jetzt schon eine befriedigende Lösung der zuletzt aufgeworfenen Frage erwarten zu können.

Anmerkung. Die Grösse des effectiven Auftriebs, den ein in eine schwere Flüssigkeit eingetauchter Körper erleidet, lässt sich auf folgende Weise bestimmen.

Bezeichnet:

d die Dichte des festen Körpers, d. h. die Masse in Kilogrammen ausgedrückt in der Cubiceinheit,

D die Dichte der schweren Flüssigkeit,

V das Volumen des eingetauchten Körpers, ausgedrückt in derselben Cubiceinheit, so ist in einer horizontalen schweren Flüs-

sigkeit der nach oben wirkende absolute Auftrieb des eingetauchten Körpers, ausgedrückt in Kilogrammen, gleich dem Gewichte der verdrängten Flüssigkeit, somit:

= V. D Kilogramm.

Diesem absoluten Auftriebe entgegen wirkt nach unten das Gewicht des eingetauchten Körpers:

= V. d Kilogramm.

Der effective d. h. wirksame Auftrieb nach oben endlich ist gleich dem Ueberschusse des absoluten Auftriebs über das Gewicht des Körpers, somit:

= V. D — V. d = V. (D—d) Kilogramm.

Der effective Auftrieb den z. B. ein Cubicmeter Granitmasse von der Dichte 2,6 eingetaucht in eine heissflüssige Masse von Eisenglanz von der Dichte 5,2 nach oben erleidet, berechnet sich hienach zu:

$$1000. (5,2 - 2,6) = \\ = 2600 \text{ Kilogrammen.}$$

Für den Auftrieb eingetauchter Körper in einer Flüssigkeit von der Form einer grossen Kugel (flüssiger Theil des Erdinnern) finden ganz ähnliche Beziehungen statt, welche sich aber nicht so einfach wie die obigen durch Formeln ausdrücken lassen. In der Nähe der Oberfläche der flüssigen Kugel ist aber der effective Auftrieb eingetauchter Körper nahe demjenigen in einer horizontalen Flüssigkeit gleich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Wepfer G.

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss der Abkühlung unsres Planeten auf die Gebirgsbildung. Ein Beitrag zur geologischen Dynamik, 156-177](#)