

Über
die ausdehnende Wirkung der Krystallisations-
Kraft,

nebst einem Versuche die Gestalt der Erd-Rinde, besonders
die Erhebung der Gebirge, hieraus zu erklären,

von

Herrn Dr. G. DUVERNOY,

Stadt-Arzt in *Stuttgart*.

Wenn ich in der nachstehenden Abhandlung der ziemlich allgemein geltenden Ansicht von der verdichtenden Wirkung der Krystallisation entgegenzutreten wage und vielmehr das Gegentheil zu erweisen suche, so konnte mich hiezu nur das Vertrauen auf die Richtigkeit der Versuche ermuthigen, welche ich mehre Jahre mit möglicher Sorgfalt verfolgte.

Ich glaube durch dieselben dargethan zu haben, dass eine grössere Anzahl von Körpern, welche einer krystallinischen Struktur fähig sind, bei sehr langsamem Übergange aus dem geschmolzenen in den festen Zustand sich, mit Beibehaltung ihrer flüssigen Form, bis zu einem Grade zusammenziehen und eine Dichtigkeit erreichen können, welche die des krystallinisch-festen Zustandes übersteigt, daher sie sich während ihres Überganges in diesen letzten ausdehnen.

Sind auch meine Versuche noch etwas roh und beschränken sie sich hauptsächlich auf die Beobachtung, dass verschiedene Körper unter den angegebenen Umständen die sie enthaltenden Gefässe zersprengen, so scheint doch diese Thatsache an sich schon beweisend genug.

Übrigens habe ich meine Ansicht auch noch durch andere Beobachtungen unterstützt. Ich habe bei mehren Metallen und Metall-Verbindungen aufs Bestimmteste nachgewiesen, dass dieselben unmittelbar vor ihrem gänzlichen Schmelzen einen grösseren Raum einnehmen als im Augenblicke der völligen Verflüssigung; ich habe gezeigt, dass mehre Salze, indem sie durch Anziehen von Wasser aus dem Wasser-freien formlosen Zustande in den krystallinischen übergehen, sich wenigstens nach gewissen Richtungen ausdehnen; ich habe den Beobachtungen

über Vermehrung des spezifischen Gewichtes durch die Krystallisation, theils andere entgegengesetzte gegenüber gestellt, theils die abweichenden Resultate durch die Verschiedenheit der Umstände, unter welchen der Übergang der Körper aus dem flüssigen in den festen Zustand vor sich ging, zu erklären gesucht.

Dass endlich die angenommene grössere Verdichtung des Stoffes, als Folge seiner krystallinischen Struktur, keine ganz allgemeine Erscheinung sey, sondern mehre auffallende Ausnahmen erleide, ist eine ausgemachte Thatsache. Woher rühren aber diese sonderbaren Ausnahmen? Wie erklären und reimen sie sich mit der sonst so bewundernswürdigen Einfachheit der Natur in ihren Grund-Erscheinungen? — Wäre es doch nicht das erste Mal in der Geschichte der Wissenschaften, dass die scheinbaren Ausnahmen gerade zur Regel würden und zur Auffindung der wahren Gesetze führten!

Doch ich überlasse meine Arbeit der eigenen Prüfung und nachsichtigen Beurtheilung der sachkundigen Leser.

Die längst bekannte Eigenschaft des Wassers sich beim Gefrieren auszudehnen stand lang als eine sonderbare in ihrer Art einzige Erscheinung, und als eine merkwürdige Ausnahme des allgemeinen Gesetzes da, wonach die Körper durch die Wärme sich ausdehnen und beim Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand sich wiederum zusammenziehen.

Erst in neueren Zeiten beobachtete man eine ähnliche Eigenschaft an einigen andern Körpern, wie besonders am Wismuth und seinen Verbindungen mit dem Schwefel und einigen Metallen. Allein auch diese Erscheinungen wurden als seltene Ausnahmen von der Regel betrachtet und denselben keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt. Und doch scheint eine so sonderbare Abweichung von der Regel wohl geeignet, dem Gegenstande eine nähere Betrachtung zuzuwenden.

Was ist die Ursache dieser Erscheinung? Warum hat die Natur dieselbe auf so wenige einander überdiess sonst so unähnliche Körper beschränkt? Welchen Zweck mochte sie wohl dabei gehabt haben?

Diese und ähnliche Fragen drängen sich von selbst unserem Nachdenken auf.

Allgemein bekannt ist der wichtige Einfluss, welchen jene anscheinend so unbedeutende Eigenschaft des Wassers im grossen Haushalte der Natur ausübt, indem ohne sie ein bedeutender Theil der kälteren und gemässigten Erdstriche für Pflanzen und Thiere unbewohnbar wäre, die Flüsse und See'n im Winter von Grund aus einfrieren und im Sommer — gleich wie der Boden in den kälteren Zonen — wohl nur an ihrer Oberfläche aufthauen würden, wodurch nicht allein die Gewässer dieser Gegenden den Fischen und anderen lebenden Geschöpfen keinen Aufenthalt gewähren könnten, sondern auch dem Boden eine Menge Wärme und Wasser entzogen würde, was jene Erdtheile zu einer todten starren Einöde machen müsste.

Sollte nun nicht vielleicht die an einigen andern Körpern entdeckte Eigenschaft, sich wie das Wasser beim Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand auszudehnen, keine blosser Ausnahme von der Regel, sondern eine allgemeine Eigenschaft der unorganischen Körper seyn, welche für die Bildung und Einrichtung des festen Theils der Erd-Rinde einen eben so wichtigen Zweck haben könnte, als Diess bei ihrem flüssigen Elemente der Fall ist?

Diese Vermuthung zu prüfen stellte ich eine Reihe von Versuchen an, deren Ergebniss ich hier mittheile. Wenn dieselben nicht alle den Grad von Feinheit und Schärfe haben, welchen man vielleicht verlangen möchte, so mag zu meiner Entschuldigung dienen, dass es mir hiezu theils an hinreichender Muse, theils an den nöthigen Apparaten und Einrichtungen fehlte. Versichern kann ich jedoch, dass ich diese Untersuchungen mit möglichster Sorgfalt und Aufmerksamkeit verfolgt habe, und nicht nur da, wo das Ergebniss zweifelhaft blieb, es mich nicht habe verdriessen lassen, denselben Versuch so oft zu wiederholen, bis ich zu einem sicheren Resultate gelangte, sondern überhaupt die meisten derselben mehrmals angestellt habe. Da jedoch einige derselben leichter, andere schwerer gelingen, so möchte ich Diejenigen, welche sie zu prüfen und zu wiederholen geneigt wären, ersuchen, sich durch einen oder ein paar misslungene Versuche von einer weiteren Prüfung nicht abhalten zu lassen, durch welche sie, wie ich hoffe, sich von der Richtigkeit meiner Angaben überzeugen werden.

Indem ich nach dieser Vorerinnerung zur Sache selbst übergehe, habe ich vorerst zu bemerken, dass die Eigenschaft der Körper, beim Übergange aus dem geschmolzenen flüssigen Zustand in den festen sich auszudehnen, in genauem Zusammenhange steht mit ihrer Fähigkeit krystallinische Struktur anzunehmen, und dass daher die erste Eigenschaft denjenigen Körpern in höherem und auffallenderem Grade zukommt, welche sich auch durch die letzte besonders auszeichnen.

Doch ist es nicht genug, dass ein Körper fähig sey krystallinische Struktur anzunehmen, damit die Eigenschaft, sich beim Erstarren auszudehnen, immer an ihm merkbar werde. Bei den meisten gehört als wesentliche Bedingung dazu, dass der Übergang aus dem geschmolzenen in den festen Zustand möglichst langsam und allmählich erfolge, damit nicht nur ihre kleinsten Theilchen Zeit haben, diejenige Lage gegen einander anzunehmen, welche der regelmässigen Krystallisation am meisten förderlich ist, sondern auch der geschmolzene Körper den höchst möglichen Grad der Dichtigkeit erreiche, dessen er im flüssigen Zustande fähig ist. Ja es scheint eben hierin der Grund zu liegen, warum die Eigenschaft vieler Körper, sich während der Krystallisation auszudehnen, bisher übersehen worden ist; indem es nur wenige gibt, bei welchen sie, wie beim Wasser, unter allen Umständen sich äussert, sondern dieselbe bei der Mehrzahl der Körper nur unter besondern begünstigenden Verhältnissen wahrgenommen wird.

Zu diesen begünstigenden Umständen gehört hauptsächlich eine

möglichst langsame Erkaltung der mittelst der Wärme verflüssigten Körper, welche ihren Theilchen gestattet, sich vor dem Erstarren nach den Gesetzen der Krystallisation aneinander zu reihen. So habe ich häufig beobachtet, dass derselbe Körper, welcher bei schnellerem Erkalten eine Zusammenziehung oder wenigstens keine Ausdehnung zeigte, bei künstlich erlangsamtem Erkalten die umgekehrte Erscheinung darbot. Dieses langsame Erkalten wurde gewöhnlich dadurch bewirkt, dass das Gläschen, welches den zu schmelzenden Stoff enthielt, in einen irdenen Tiegel oder in ein grösseres zylindrisches Gefäss aus Eisenblech gesetzt, und der Zwischenraum mit feinem Sand, Asche u. dgl. die Wärme schlecht leitenden Dingen ausgefüllt wurde.

War nun der betreffende Stoff durch Einsetzen des Gefässes in ein Kohlen-Feuer zum Schmelzen gekommen oder, besser noch, über den Schmelz-Punkt erhitzt worden, so wurde das Ganze mit einer mässigen Lage von Asche bedeckt, unter welcher die Kohlen langsam verglimmten und die Erkaltung des geschmolzen Körpers ganz langsam und allmählich vor sich ging.

Die eben aufgestellte Behauptung, dass die Ausdehnung der Körper bei ihrem Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand durch die regelmässig krystallinische Anordnung ihrer Theilchen bedingt werde, steht nun zwar in geradem Widerspruche mit der ziemlich allgemein herrschenden Ansicht, wonach die krystallinische Struktur eine grössere Verdichtung des Stoffes als der amorphe Zustand begründen soll.

Aber abgesehen davon, dass nicht allein die von mir erhaltenen Resultate und mehre andere Thatsachen dieser Ansicht entgegenstehen, so weisen schon theoretische Gründe darauf hin, dass die krystallinische Anordnung der Atome den Körpern einen grösseren Umfang, wenigstens nach gewissen Richtungen zu geben geeignet sey, als sie im sogenannten dichten gestaltlosen Zustande einnehmen würden.

Bekanntlich streben nämlich alle Körper im tropfbarflüssigen Zustande die Kugel-Gestalt anzunehmen, als diejenige, welche durch die gleichförmige Anziehung ihrer Theilchen bedingt ist, und bei welcher sie, da alle Punkte des Umkreises gleichweit von dem Mittelpunkte entfernt sind, den verhältnissmässig kleinsten Raum einnehmen.

Bei ihrem Übergang in den krystallinischen Zustand wird nun aber jene gleichförmige Anziehung der Theilchen gestört; es entwickeln sich wie es scheint, polare Gegensätze an ihnen, vermöge welcher sie sich nach gewissen Richtungen anziehen, nach andern abstossen, und so entsteht aus der Kugel-förmigen Gestalt eine durch ebene Flächen und Winkel begrenzte Form, bei welcher gewisse Theile des Umkreises mehr als andere von dem Mittelpunkte entfernt sind. Hieraus folgt denn, dass die Körper bei gleicher Zusammenziehung oder Verdichtung des Stoffes, während seines Überganges aus dem flüssigen in den festen Zustand, einen grösseren Raum wenigstens nach gewissen Richtungen einnehmen werden, wenn sie dabei krystallinische Form annehmen, als wenn sie ihre Kugel-förmige Gestalt beibehalten.

Einen zweiten Grund für unsere Behauptung liefert die leichtere Trennbarkeit oder Spaltbarkeit der Krystalle nach gewissen Richtungen, die sogenannten Fügungs-Klüfte oder Blätter-Durchgänge. Diese Erscheinung beweist augenscheinlich, dass in jenen Richtungen der Zusammenhang der Theile ein weniger genauer und inniger ist, dass dieselben hier vielmehr nur lose aneinander liegen, und sich wahrscheinlich grössere leere Räume zwischen den angränzenden Krystall-Flächen befinden. Bedenkt man aber, dass sich diese Trennung der Krystalle in kleinere krystallinische Theile bis ins Unendliche fortsetzen lässt, so muss man es höchst wahrscheinlich finden, dass die krystallinische Struktur einen grösseren Umfang der Körper bedinge, als die formlose Aggregation ihrer Theilchen.

Die Eigenschaft der meisten aus wässriger Auflösung anschliessenden Krystalle, Wasser einzuschliessen, ist ein weiterer Beweis für das Bestehen freier Zwischenräume in ihrem Innern, deren Daseyn sich auch dadurch zu erkennen gibt, dass diese Krystalle, wenn sie getrocknet in grösseren Stücken gewogen werden, ein geringeres spezifisches Gewicht zeigen, als wenn sie zu feinem Pulver zerrieben worden, wie ich Dieses namentlich an dem Salpeter, Alaun, Weinstein, blausauren Eisenkali u. a. beobachtet habe.

Hiczu kommt endlich die Eigenschaft mancher sonst undurchsichtiger Körper, die Lichtstrahlen im krystallisirten Zustande durchzulassen, eine Eigenschaft, welche denselben in um so höherem Grade zukommt, je vollkommener ihre Krystallisation ist, und welche gleichfalls darauf hinweist, dass die Atome in diesem Zustande durch grössere Zwischenräume von einander getrennt sind.

Diesen theoretischen Gründen scheint nun zwar die Erfahrung entgegenzustehen, dass mehre Mineralien im krystallinischen Zustande ein grösseres spezifisches Gewicht zeigen als nach ihrer Schmelzung und Umwandlung in eine formlose glasartige Masse. Allein dieser Gegenbeweis ist darum unzureichend, weil, wie später gezeigt werden wird, die Umstände sehr verschieden waren, unter welchen in beiden Fällen der Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand erfolgte, was auf die Dichtigkeit der beiderseitigen Produkte von wesentlichem Einflusse seyn musste, daher der Unterschied in ihrem relativen Gewichte hauptsächlich hierin zu suchen seyn möchte.

Überdiess fehlt es nicht an anderen Thatsachen, welche den eben erwähnten Erfahrungen entgegenstehen, indem sie zeigen, dass mehre Körper im krystallisirten Zustande ein geringeres spezifisches Gewicht haben als im formlosen.

So hat nach GUIBOURT (BERZELIUS Lehrbuch der Chemie, neueste Ausgabe, Bd. II, S. 254) die Glas-ähnliche arsenige Säure ein grösseres spezifisches Gewicht als die in Oktaedern krystallisirte. Auch haben eben derselbe und TAYLOR beobachtet, dass die arsenige Säure, indem sie

allmählich aus dem glasigen Zustande in den krystallinischen übergeht, an eigenthümlichem Gewichte verliert.

So hat ferner nach MILLER (BERZELIUS a. a. O. S. 588) das regelmässig krystallisirte Zinn ein geringeres spezifisches Gewicht, als das nach dem Schmelzen erstarrte. Dasselbe Verhältniss fand ich zwischen dem regelmässig krystallisirten und dem nach dem Schmelzen schnell erstarrten Wismuth, zwischen dem langsam erkalteten blätterig-krystallinischen und dem schnell erstarrten dichten Zinke, zwischen dem durch Eingiessen in Wasser schnell erstarrten und dem langsam erkalteten Arsenik-Blei, Arsenik-Zinn und mehren anderen Metall-Legirungen. Auch ist es sehr leicht, sich durch den blossen Anblick zu überzeugen, dass die Metalle bei schnellem Erkalten sich auf einen kleineren Raum zusammenziehen, als bei langsamerer, die krystallinische Anordnung ihrer Theilchen mehr begünstigender Abkühlung.

Als eine weitere hieher gehörige Thatsache glaube ich auch die von G. ROSE gemachte, obwohl von ihm anders gedeutete Beobachtung anführen zu können, wonach das spezifische Gewicht der Körper höher ausfällt, wenn dieselben in Form eines chemischen Niedersehlags in fein zertheiltem Zustande, als wenn sie in grösseren Krystallen gewogen werden, und dass mit der grösseren Feinheit des Niederschlags auch das spezifische Gewicht steigt.

Bestimmter und augenscheinlicher erhellt jedoch die Wirkung der krystallinischen Anordnung der Atome auf die Ausdehnung der Körper aus den Versuchen, auf deren Darstellung ich hiemit übergehe.

Metalle. Die meisten Metalle zeigen bekanntlich beim langsamen Übergange aus dem geschmolzenen in den festen Zustand eine mehr oder weniger ausgesprochene Neigung krystallinische Form und Textur anzunehmen; bei keinem aber ist diese Neigung so entschieden als beim Wismuth, welches durch sein grossblättriges Gefüge ausgezeichnet ist und leicht in regelmässigen Krystallen erhalten werden kann. Das Wismuth besitzt aber auch die Eigenschaft, sich beim Erstarren auszudehnen, im ausgezeichnetsten Grade, und sie ist daher auch bei ihm zuerst unter den Metallen wahrgenommen worden.

Es ist bekannt, dass Wismuth in einer gläsernen Röhre geschmolzen, auch wenn es ohne besondere Vorsicht an freier Luft erkalten gelassen wird, die Röhre beim Erkalten zersprengt. Dabei zeigt aber das Wismuth noch eine besondere sehr merkwürdige Eigenschaft. Nachdem nämlich die äussere Rinde des geschmolzenen Metalls bereits erstarrt ist, wird diese durch die innere noch flüssige Masse durchbrochen, und es quillt ein Theil von dieser hervor, um auf der Oberfläche zu erstarren. Die Menge des im Erstarrungs-Momente ausgepressten Metalls wird von MARX auf $\frac{1}{53}$ des Ganzen geschätzt (s. BERZ. Lehrb. d. Chemie 1844, Art. Wismuth). Diese Erscheinung kann offenbar auf keinem anderen Grunde beruhen als darauf, dass das Wismuth, indem es vom geschmolzenen in den festen Zustand übergeht, vermöge des Bestrebens seiner Atome, sich nach den Gesetzen der Krystallisation zu ordnen

und nach bestimmten Richtungen anzureihen, sich ausdehnt und in Folge dessen ein Theil der noch flüssigen Masse im Innern einen Ausweg sucht.

Diese Eigenschaft, sich bei der Erstarrung auszudehnen, welche dem Wismuth in so ausgezeichnetem Grade zukommt, zeigt dasselbe nicht allein im reinen Zustande, sondern auch in seinen Verbindungen mit Schwefel und andern Metallen.

Wismuth-Schwefel (Sesquisulfuret) soll sich nach MARX im Erstarrungs-Momente sogar um $\frac{1}{4}$ seines Volumens ausdehnen (BERZ. a. a. O. S. 582). Auch hier hängt die starke Ausdehnung offenbar mit der krystallinischen Struktur zusammen, indem das geschmolzene Schwefel-Wismuth einen blätterigen Bruch zeigt.

Wismuth-Spiessglanz (1 Antimon und $\frac{1}{2}$ oder mehr Wismuth) dehnt sich nach BERZELIUS (a. a. O. S. 583) im Augenblicke des Erstarrens ebenfalls aus.

Dieselbe Erscheinung habe ich ferner bei den Verbindungen des Wismuths mit Zinn und Blei beobachtet.

Die Verbindung von 6 Theilen Wismuth mit 4 Theilen Zinn zeigt so ziemlich dieselbe Erscheinung wie reines Wismuth, indem kurz nach dem Erstarren der Legirung an ihrer Oberfläche ein oder mehre Tropfen der noch flüssigen innern Masse hervorbrechen und hier erstarren.

Wenn das nach NEWTON benannte leicht flüssige Metall (eine Verbindung von 8 Theilen Wismuth, 5 Th. Blei und 3 Th. Zinn) in einem Gläschen * geschmolzen wird, so sieht man bei genauerer Betrachtung während des Erkaltsens ganz kleine Tröpfchen der flüssigen Masse sowohl an den Seiten als auf der oberen Fläche des erstarrenden Metalls herausickern. Nachdem diese Erscheinung vorübergegangen und die Masse äusserlich erstarrt und schon ziemlich abgekühlt ist, fängt sie wieder an sich zu erwärmen und zugleich springt das Gläschen mit Gewalt auseinander. Diese Wärme-Entwickelung und Ausdehnung hat

* Zu diesen und ähnlichen Versuchen bediente ich mich zylindrischer Gläschen oder Röhren aus dünnem Glase, welche an dem einen Ende zugeschmolzen sind, dergleichen hier unter dem Namen Reagenz-Gläschen bekannt sind. Für schwerer schmelzbare Stoffe liess ich mir dergleichen aus hartem schwer-schmelzbarem Glase verfertigen. Die Versuche wurden wo möglich über der Weingeist-Lampe (nach BERZELIUS'scher Einrichtung) angestellt, um die Erscheinungen genauer beobachten zu können. Durch allmähliche Mässigung der Flamme oder langsame Entfernung von derselben, suchte ich die Abkühlung der geschmolzenen Stoffe zu erlangsamen, was jedoch nur bei solchen Körpern zureichend ist, welche die Eigenschaft, krystallinische Struktur anzunehmen und sich dabei auszudehnen, in ausgezeichnetem Grade besitzen, bei den übrigen aber nicht ausreicht, da es bei diesem Verfahren nicht möglich ist, die Erkaltung und Erstarrung in dem Maasse zu erlangsamen, als nöthig wäre, um die ruhige und regelmässige Anlage der Atome zu gestatten, und die hievon abhängige Ausdehnung sichtbar werden zu lassen. Bei diesen letzten Körpern, welche die Mehrzahl bilden, bediente ich mich daher des oben erwähnten Verfahrens.

ohne Zweifel ihren Grund in der Krystallisation der innern Theile, und die Legirung zeigt auch wirklich auf dem Bruche ein mehr oder weniger deutlich krystallinisches Gefüge. Ebenso bewirkte die leicht flüssige Verbindung von 2 Theilen Wismuth, 1 Th. Zinn und 1 Th. Blei, nachdem sie an der Oberfläche längst erstarrt und Leinathe erkaltet war, plötzlich ein Stern-förmiges Springen des Gläschens. Ein Heraus-sickern der noch flüssigen Theile beim Erstarren konnte ich dabei nicht bemerken.

Nächst dem Wismuth und seinen Verbindungen ist es das Antimon, welchem die Eigenschaft, krystallinische Struktur anzunehmen und sich dabei auszudehnen, in auffallenderem Grade zukommt. Wird metallischer Spiessglanz in einer Röhre aus etwas dünnem Glase über der Weingeist-Lampe geschmolzen, so bemerkt man gewöhnlich nach dem Erstarren des Metalls mehre kleine Risse in der Glas-Röhre. Noch deutlicher aber zeigt sich die Ausdehnung während des Erstarrens und das dadurch bewirkte Zerspringen der Röhre, wenn diese nach der oben angegebenen Weise in ein mit Sand gefülltes Gefäß eingesenkt, der zum Schmelzen des Metalls nöthigen Hitze ausgesetzt, und hierauf einer möglichst langsamen Abkühlung überlassen wurde. Ganz dasselbe Verhalten wie der metallische Spiessglanz zeigt auch der Schwefel-Spiessglanz (Antimon-Sulfuret) und das Spiessglanz-Oxyd.

Das Zink zeigt zwar nach langsamem Erkalten eine blätterig-krystallinische Struktur; doch ist seine Neigung zum Krystallisiren nicht so ausgesprochen wie bei den beiden vorhergehenden Metallen, und daher die Ausdehnung desselben beim Erstarren weniger auffallend als bei jenen. Wenn kleinere Mengen Zink (von einem oder einigen Lothen, wie ich sie gewöhnlich zu diesen Versuchen verwendete) in einer Glas-Röhre geschmolzen und ohne besondere Vorsicht an freier Luft erkalten gelassen werden, so zeigt das Metall kein merklich krystallinisches Gefüge, und es findet auch keine Ausdehnung beim Erstarren statt, indem die Gläschen mit Ausnahme eines einzigen Versuches immer ganz blieben. Bei langsamem Erkalten des geschmolzenen Metalles, nach der oben angegebenen Methode, habe ich jedoch zu wiederholten Malen eine deutliche Ausdehnung desselben während des Erstarrens wahrgenommen, indem sich die Gläschen zersprungen fanden und das Metall zugleich ein blätterig-krystallinisches Gefüge zeigte. Zum Gelingen dieser Versuche ist es jedoch von Wichtigkeit, dass das Metall möglichst frei von Oxyd sey, indem dieses, wenn es sich nicht gehörig an der Oberfläche absondert, der Krystallisation hinderlich ist.

Das Zinn zeigt in Beziehung auf die Ausdehnung beim Erstarren ein ähnliches Verhalten wie das Zink. Bei gewöhnlichem Erkalten an freier Luft findet nämlich keine Ausdehnung statt, indem die Gläschen hiebei niemals sprangen, und sich hie und da Höhlungen zwischen der Oberfläche des Metalls und den Wandungen der Glas-Röhre fanden, welche von einer ungleichförmigen Zusammenziehung der erstarrenden Masse herzurühren schienen. Dagegen ist es mir bei langsamem Er-

kalten mittelst des mehrmals angegebenen Verfahrens zu verschiedenen Malen gelungen, auch bei diesem Metalle eine Ausdehnung während des Erstarrens nachzuweisen: indem sich die Glas-Röhren nach dem Erkalten gesprungen fanden. Eine krystallinische Struktur konnte ich, dendritische Zeichnungen an der Oberfläche abgerechnet, zwar auch an dem langsam erkalteten Zinne nicht wahrnehmen, sondern es erschien auf den Theilungs-Flächen von eben so gleichförmig dichtem Ansehen als das schnell erkaltete; dagegen unterschied es sich von letztem dadurch, dass es die Höhlung der Glas-Röhre viel vollkommener und gleichmässiger ausfüllte und keine leere Räume zwischen seiner Oberfläche und den Wänden des Glases sichtbar waren.

Eine Ausdehnung beim Erstarren habe ich ferner an folgenden durch krystallinische Struktur ausgezeichneten Verbindungen des Zinnes beobachtet, wenn sie nach der Schmelzung einer langsamen Abkühlung unterworfen wurden, nämlich an dem Schwefel-Zinn im Minimum (Zinn-Sulfuret), dem Phosphor-Zinn und Arsenik-Zinn. Zum Schmelzen der beiden ersten bedarf es Röhren aus hartem, schwer schmelzbarem Glase.

Blei. Unter allen Metallen, welche sich durch ihre leichtere Schmelzbarkeit zu diesen Versuchen eignen, ist es mir beim Blei am schwersten gelungen, die Ausdehnung beim Erstarren wahrzunehmen, was wahrscheinlich mit seiner geringeren Neigung, krystallinische Struktur anzunehmen, zusammenhängt.

Wenn ich mir auch alle Mühe gab, die Erkaltung des geschmolzenen Bleies noch so sehr zu erlangsamen, so fand ich doch, mit Ausnahme von ein paar weiter unten zu erwähnenden Versuchen, die Gläschen nach dem Erstarren unversehrt. Eben so wenig konnte ich an dem langsam erkalteten Metalle irgend eine Spur von krystallinischer Struktur entdecken. Mit dieser geringen Neigung des Bleis, krystallinische Bildung anzunehmen, scheint auch die Beobachtung CRIGHTON'S (BERZ. a. a. O. II, S. 609) in Zusammenhang zu stehen, wonach die Temperatur des geschmolzenen Bleies im Augenblicke des Erstarrens nicht steigt, wie es bei Wismuth, Zinn und einigen andern Metallen der Fall ist.

Indessen ist es mir beim Schmelzen grösserer Mengen Bleies (von 1-Pfund und darüber) in dünnwandigen gläsernen Fläschchen und bei möglichst vorsichtiger Erkaltung in ein paar Versuchen dennoch gelungen mich zu überzeugen, dass auch dieses Metall keine Ausnahme von der für die übrigen geltenden Regel mache. In allen Fällen habe ich überdiess beobachtet, dass, je langsamer die Erkaltung des geschmolzenen Bleies vor sich geht, desto vollkommener und gleichförmiger es den Raum der Gefässe ausfüllt, und desto genauer es an ihren Wandungen anliegt. Sollten aber meine Wahrnehmungen über die Ausdehnung des Bleies beim langsamen Erstarren auch noch einige Zweifel zulassen, so gibt sich doch diese Eigenschaft bei denjenigen seiner

Verbindungen, welche mehr Neigung zu krystallinischer Struktur haben, deutlich zu erkennen.

So namentlich bei seiner Verbindung mit Arsenik, indem diese, auch wenn keine besondere Vorsicht angewendet wird die Erkaltung zu erlangsamen, beim Erstarren die Gläschen gewöhnlich zersprengt. Dasselbe ist der Fall bei der zum Schriftgiessen gebräuchlichen Mischung aus $\frac{3}{4}$ Blei und $\frac{1}{4}$ Antimon, wenn dieselbe einer langsamen Erkaltung überlassen wird.

Mit den übrigen Metallen konnte ich keine Versuche in der fraglichen Beziehung anstellen, da ihre schwerere Schmelzbarkeit nicht gestattet, gläserne Gefässe hiezu anzuwenden. Es ist aber, wie aus LEOP. GMELIN's Handb. der Chemie (4. Aufl. I, S. 227) zu ersehen, die Eigenschaft, sich während des Erstarrens auszudehnen, auch beim Gusseisen von RÉAUMUR, beim Kupfer von KARSTEN und beim Silber von PERSOZ beobachtet worden, daher es wohl gerechtfertigt seyn dürfte, dieselbe der Analogie nach auch bei den übrigen Metallen anzunehmen.

Ehe ich die Metalle verlasse, habe ich noch einiger anderer Erscheinungen zu erwähnen, welche gleichfalls darauf hinweisen, dass diese beim Übergang aus dem geschmolzenen in den festen und besonders krystallinischen Zustand und sich auszudehnen streben. Es wurde schon beim Wismuth angeführt, dass während seines Erstarrens ein Theil der noch flüssigen Masse im Innern die bereits erhärtete Rinde durchbricht und aus derselben hervorquillt. Diese Erscheinung beruht offenbar darauf, dass das Wismuth wie das Wasser einen Punkt der höchsten Dichtigkeit hat, welcher einige Grade über demjenigen liegt, wobei die Krystallisation beginnt, und unter welchem es sich daher auch wieder ausdehnt, indem die Atome diejenige Lage zu einander annehmen, welche die Krystallisation vorbereitet.

Diese Erscheinung des Wismuths wird begünstigt theils durch seine ausgezeichnete Neigung zum Krystallisiren und die hiemit gleichen Schritt haltende Ausdehnung beim Erstarren, theils durch die Langsamkeit, womit dieses Letzte vor sich geht, was den Durchbruch der noch dünnen Rinde durch die flüssigen Theile des Innern leichter möglich macht. Obwohl beim Wismuth am auffallendsten, kommt jedoch diese Erscheinung demselben nicht ausschliesslich zu, sondern ich habe sie, wenn schon in ungleich schwächerem Grade, auch bei einigen andern Metall-Legirungen beobachtet. So namentlich an der schon oben angeführten Verbindung von Wismuth und Zinn, bei welcher sie nicht viel weniger auffallend ist als bei dem reinen Wismuth. So ferner an NEWTON's leicht schmelzbarem Metall-Gemische, bei welchem man, wenn man sein Erstarren in einer Glas-Röhre genauer beobachtet, kleine Tröpfchen der flüssigen Masse sowohl auf der oberen Fläche als an den Seiten aussickern sieht. Dasselbe bemerkte ich an dem Arsenik-Blei. Wird dieses nämlich in einer Glas-Röhre über seinen Schmelzpunkt hinaus erhitzt, so sieht man Blasen (vielleicht von der Verflüch-

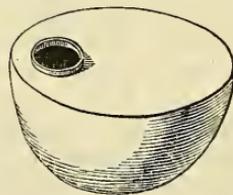
tigung der Arsenik-Theilchen) an den Seiten aufsteigen, welche Vertiefungen in der Oberfläche des Metalls hinterlassen. Betrachtet man diese Vertiefungen oder Blasen-förmigen Räume zwischen dem Metalle und den Glas-Wandungen genau während des Erstarrens, so sieht man, wenigstens aus einzelnen derselben ein ganz kleines Tröpfchen flüssigen Metalls hervordringen und hier erstarren. An der obern der Luft zu-gekehrten Fläche findet kein solches Ausschwitzen Statt, wahrscheinlich weil hier die Erstarrung schneller vor sich geht und die festere dickere Rinde dem Drucke der noch flüssigen inneren Theile einen zu grossen Widerstand entgegensetzt.

Eben dieses schnellere Erstarren neben geringerer Ausdehnung während desselben mag vielleicht Ursache seyn, warum jene Erscheinung an den übrigen Metallen nicht wahrgenommen wird.

Dagegen habe ich bei mehren von diesen eine andere Erscheinung beobachtet, welche ohne Zweifel auf demselben Grunde beruht wie jene, d. h. auf der Eigenschaft dieser Metalle in demjenigen Zustande, welcher ihrer völligen Verflüssigung unmittelbar vorangeht, einen grösseren Raum einzunehmen, als im Zeitpunkte der völligen Verflüssigung. Hat man nämlich Zink, Blei oder Zinn in einer Glas-Röhre geschmolzen und erstarren lassen, so bemerkt man, wenn sie über der Weingeist-Lampe langsam wieder geschmolzen werden, kleine Tröpfchen des schmelzenden Metalls aus der noch festen übrigen Masse hervordringen, zwischen dieser und den Wandungen des Glases emporsteigen und sich zu einem oder zu ein paar Tropfen vereinigt, über die obere Fläche des Metalls erheben. Hier erhalten sie sich bis die ganze Masse flüssig geworden, worauf sie schnell zusammensinken.

Hiebei könnte jedoch der Zweifel entstehen, ob nicht im Augenblicke der Verflüssigung der ganzen Masse eine allgemeine Erhöhung ihres Niveau's eintrete, wodurch die theilweise Erniedrigung desselben durch das Zurücksinken jener Metall-Kügelchen vielleicht mehr als ausgeglichen würde.

Dieses liess sich indessen bei dem angegebenen Verfahren nicht mit der gehörigen Genauigkeit bestimmen, daher es nöthig war, auf andere Mittel zu sinnen, um hierüber Gewissheit zu erhalten, was mir endlich nach manchem vergeblichem Versuche mittelst folgender Vorrichtung gelang. Ich liess mir aus starkem, etwa 1^{'''} dickem Eisenblech eine Art Schaale oder Tiegel verfertigen, wie die nebenstehende Figur zeigt, welche ungefähr 1 Pfund Blei fasste und oben durch eine aufgelöthete Platte desselben Bleches gut verschlossen war. In dieser Deckel-Platte wurde hart an ihrem einen Rande ein Loch von 2^{'''} im Durchmesser gebohrt und von einem erhabenen $\frac{1}{2}$ ^{'''} hohen und ungefähr eben so breiten Rande umgeben, um das Ausfliessen des schmelzenden Metalls etwas zu verhindern. Nachdem nun das geschmolzene Metall durch die Öffnung im Deckel eingegossen und das Gefäss



genau gefüllt ist, lässt man dasselbe erkalten. Hierauf wird es über einer Weingeist-Lampe erhitzt, wobei man das Feuer hauptsächlich auf diejenige Seite wirken lässt, welche der im Deckel befindlichen Öffnung entspricht, um das Metall hier zuerst in Fluss zu bringen. Ist dieser Wärme-Grad erreicht, so tritt das schmelzende Metall aus der Öffnung im Deckel hervor, indem es ein Kugel-Segment bildet, welches sich allmählich vergrößert, bis auf Einmal, während das Feuer unter dem Gefässe gleichmässig fortbrennt, die Kugel-förmige Wölbung des hervorgetretenen Metalles anfängt sich abzuplatten und mehr oder weniger zusammenzusinken. Erst wenn die Erwärmung weiter fortgesetzt wird, fängt die Oberfläche wieder an sich zu wölben und wieder stärker aus dem Gefässe hervorzutreten.

Diese Erscheinung kann wohl keinen andern Grund haben als den, dass das Metall, kurz ehe es in vollständigen Fluss kommt, einen grösseren Raum einnimmt als im Momente seiner gänzlichen Verflüssigung, mit welcher daher das Niveau einen Augenblick sinkt, um sich erst bei fortgesetzter Erwärmung wieder zu erheben.

Ogleich ich mich übrigens durch öftere Wiederholung dieses Versuches mit mehren Metallen und Metall-Verbindungen von der Richtigkeit desselben genau überzeugt habe, so muss ich doch bemerken, dass derselbe nicht immer gleich gut und deutlich gelingt, indem es besonders darauf anzukommen scheint, dass die Verflüssigung des Metalles nicht zu schnell und nicht gleichmässig durch die ganze Masse erfolge, da sonst, wegen der gleich nach der völligen Schmelzung wieder beginnenden Ausdehnung, die augenblickliche Senkung des Niveau's leicht unbemerkt bleibt und das schmelzende Metall sich daher ununterbrochen auszudehnen scheint.

Zu bemerken ist ferner, dass die erwähnte Erscheinung sich nicht bei allen Metallen gleich deutlich zeigt. Am auffallendsten erscheint sie bei einigen Metall-Verbindungen, welche sich zugleich durch grössere Neigung zum Krystallisiren auszeichnen, und bei welchen daher auch die Ausdehnung im Übergangs-Stadium vom flüssigen zum festen Zustande bedeutender ist. Diess ist namentlich der Fall bei dem Arsenik-Blei und Arsenik-Zinn, bei welchen beiden jene Erscheinung schon an geringeren Mengen (mittelst eines dem oben beschriebenen ähnlichen nur kleineren Gefässes) leicht wahrzunehmen ist. Aber auch beim Blei und der zum Schriftgiessen gebräuchlichen Mischung von Blei und Spiessglanz habe ich sie doch nur bei Anwendung grösserer Quantitäten, von etwa 1 Pfund, zu wiederholten Malen deutlich beobachtet. Weniger deutlich ist sie dagegen bei dem Zinne wahrzunehmen, weil wahrscheinlich die Ausdehnung dieses Metalles nach dem Eintritte seiner vollständigen Verflüssigung zu schnell vor sich geht, als dass sich die Übergangs-Periode so genau beobachten liesse. Doch ist es mir auch bei diesem Metalle ein paar Mal gelungen, die erwähnte Erscheinung wahrzunehmen.

Statt aller umständlicheren Versuche über diesen Gegenstand

könnte übrigens schon die einfache Thatsache dienen, dass ein Stück festen Metalls in geschmolzenem Metalle gleicher Art nicht untersinkt, sondern sich an der Oberfläche schwimmend erhält, bis es selbst geschmolzen ist*. Da aber die meisten Metalle, wie namentlich Blei, Zinn oder Zink beim schnellen Erstarren sich offenbar zusammenziehen, so müssen sie auch in letztem Zustande ein grösseres spezifisches Gewicht haben als im geschmolzenen. Der Grund, warum sie nun dennoch in diesem nicht untersinken, kann daher wohl kein anderer seyn, als dass sie bei ihrer alsbald erfolgenden Schmelzung durch einen Mittel-Zustand hindurchgehen, in welchem sie ein leichteres spezifisches Gewicht haben als im vollkommen flüssigen, in Folge dessen sich das schwerere feste Metall in dem leichteren flüssigen schwimmend erhält.

Von den Metallen gehen wir zu einigen weiteren Körpern über.

Schwefel. Wenn man geschmolzenen Schwefel ohne besondere Vorsicht erkalten lässt, so zieht er sich beim Erstarren zusammen. Wird dagegen die Abkühlung so viel möglich erlangsamt, so erhält er sich mehre Grade unter seinem Schmelz-Punkte noch flüssig und kann sich bis zu einem Punkte verdichten, bei welchem er sich während des Erstarrens ausdehnt, wie folgender Versuch beweist. Einige Loth Schwefel wurden in einem Kölbchen aus dünnem Glase geschmolzen, indem man dieses in ein grösseres Gefäss mit siedendem Öle setzte. Nachdem der Schwefel geschmolzen war, wurde das Gefäss mit dem Öle oben mit Papier umbunden, in einen grossen irdenen Topf gestellt, wurden die Zwischenräume mit Sägmehl ausgefüllt und oben gleichfalls mit einer dünnen Lage Sägmehl bedeckt. Nachdem man den Topf 24 Stunden an einem mässig warmen Orte hatte stehen lassen, wurde das Kölbchen herausgenommen. Das Öl, in welchem es stand, war noch wärmer als die umgebende Luft, das Glas war zersprungen, der Schwefel bildete eine gleichförmige, hart an den Wänden des Kölbchens anliegende Masse; an seiner Oberfläche befanden sich einige Sprünge, welche wahrscheinlich durch den Druck entstanden waren, welchen die später erstarrenden inneren Theile gegen die bereits festgewordene Rinde ausgeübt hatten**.

Dass ferner der Schwefel in seiner Verbindung mit mehren Metallen die Eigenschaft besitzt, sich beim Erstarren auszudehnen, ist bereits angeführt worden.

* Schon RÉAUMUR hat beobachtet, dass das Eisen beim Übergange aus dem geschmolzenen Zustand in den festen an Dichtigkeit abnimmt, und das feste Gusseisen leichter ist als das geschmolzene, und daher auf diesem schwimmt. Letzte Erscheinung habe ich am Blei, Zinn, Zink, Wismuth, Spiessglanz und mehren ihrer Legirungen beobachtet.

** Bemerkenswerth ist, dass dieser langsam erkaltete Schwefel ein grösseres spezifisches Gewicht zeigte als der schnell erkaltete, ungeachtet bei jenem eine Ausdehnung, bei diesem hingegen eine Zusammenziehung beim Erstarren stattfand.

Salze.

Kochsalz, salzsaures Kali, geglühtes phosphorsaures und schwefelsaures Natron in Röhren, aus hartem schwer schmelzbarem Glase geschmolzen, sprengen beim Erstarren die Gläser.

Dasselbe beobachtete ich beim Zusammenschmelzen von gleichen Theilen kohlsauren Kali's und Natrons, welche Verbindung leichter schmelzbar ist, als jedes der beiden Salze für sich.

Da jedoch die meisten dieser Salze zum Schmelzen eine ziemlich hohe Temperatur erfordern, bei welcher selbst das harte Glas mehr oder weniger erweicht wird, so entsteht der Zweifel, ob dieses hiebei nicht eine Verbindung mit jenen Salzen eingeht, in Folge deren es sich beim Erkalten ungleichförmig zusammenzöge und dadurch Risse oder Sprünge bekäme.

Allein die nachfolgenden Versuche beweisen, dass diese Erscheinung auch bei andern Salzen vorkommt, welche bei einer viel niedrigeren Temperatur schmelzen, bei welcher sie keine chemische Einwirkung auf das Glas äussern können; daher es wahrscheinlich ist, dass auch bei jenen schwer schmelzbaren das Zerspringen der Glas-Gefässe nicht in dem angeführten Umstande, sondern in der Ausdehnung durch die Krystallisation begründet sey. Dass Dieses wenigstens bei den gleich zu erwähnenden Salzen der Fall sey, geht besonders auch daraus hervor, dass sie die Gläser, in welchen sie geschmolzen wurden, nur bei langsamen, nicht aber bei schnellem Erstarren zersprengen.

Jod-Kalium schmilzt schon unter der Glühhitze bei einer Temperatur, bei welcher nicht einmal leichtflüssiges Glas erweicht. Lässt man dasselbe an freier Luft erstarren, so zieht es sich zusammen, indem sich in der Mitte eine Vertiefung oder ein hohler Raum bildet. Zugleich bekommt es an der Oberfläche vielfältige Sprünge, wodurch es in würfelige Theile abgesondert wird. Nach langsamem Erkalten des geschmolzenen Salzes fand ich dagegen die Glas-Röhren bei wiederholten Versuchen gesprungen.

Brom-Kalium zeigte dasselbe Verhalten.

Auf ähnliche Weise verhält es sich auch beim Salpeter. Wenn man diesen in einem gläsernen Gefässe schmilzt und ohne besondere Vorsicht an der Luft erkalten lässt, so findet hiebei eine Zusammenziehung des erstarrenden Salzes Statt, und man sieht seine Oberfläche zahlreiche Risse bekommen und sich von den Wandungen des Glases ablösen. Anders aber fand ich es bei mehren Versuchen, bei welchen die Erkaltung des geschmolzenen Salzes, nach der öfters erwähnten Methode, so viel möglich erlangsamt wurde. Hier fanden sich die gläsernen Gefässe nach dem Erstarren des Salzes jedesmal in mehre Stücke gesprungen. Das langsam erkaltete Salz unterschied sich auch dadurch von dem schneller erstarrten, dass es den Wandungen des Glases genau anhing, ihm die Sprünge an der Oberfläche fehlten und es ein mehr bläulich-weisses und etwas durchscheinendes Aussehen hatte. Zugleich

zeigte dasselbe die merkwürdige Erscheinung, dass sein spezifisches Gewicht grösser war, als dasjenige des schnell erstarrten, während doch dieses beim Erstarren sich zusammengezogen, jenes sich ausgedehnt hatte. Diese Erscheinung lässt sich nicht wohl anders erklären, als durch die Annahme, dass das langsam erkaltete Salz aus einer dichteren Flüssigkeit sich gebildet hat, als das schnell erstarrte, indem nämlich der geschmolzene Salpeter, wenn er langsam erkaltet, seine flüssige Form bis auf einen niedrigeren Wärme-Grad beizubehalten scheint, als bei welchem er gewöhnlich bei schnellem Erkalten erstarrt. Diese Annahme findet eine Bestätigung in der bekannten Erfahrung, dass verschiedene geschmolzene Körper, wie auch mehre wässrige Salz-Lösungen, bei völliger Ruhe und sehr langsamem Erkalten zu einem niedrigeren Temperatur-Grade herabsinken und demnach wohl auch eine grössere Annäherung ihrer Atome, eine grössere Dichtigkeit erlangen, ehe sie zu krystallisiren beginnen, als Dieses unter entgegengesetzten Umständen geschieht. Dass aber die verschiedene Dichtigkeit der Auflösung auf die Dichtigkeit oder das spezifische Gewicht der aus ihr sich bildenden festen Körper selbst von Einfluss seyn werde, ist an sich nicht nur nicht unwahrscheinlich, sondern wird auch durch das eben angeführte Beispiel des Salpeters erwiesen. Vielleicht hat auch der Druck der äusseren erstarrten Schichten auf die inneren noch flüssigen Antheil an dieser Erscheinung, indem ich fand, dass der geschmolzene Salpeter, auch wenn man ihn ohne besondere Vorsicht in seinem Gefässe erkalten liess, ein grösseres spezifisches Gewicht zeigte, als wenn er durch Ausgiessen auf eine Platte in dünnen Scheiben erstarrte.

Ein ähnliches Verhalten wie der Salpeter zeigte auch das salpetersaure Natron, nur dass bei diesem die Ausdehnung während des Krystallisirens nach langsamer Abkühlung geringer ist, daher es mir nur bei Anwendung grösserer Quantitäten (etwa $\frac{1}{2}$ Pfund) gelang, dieselbe nachzuweisen. Auch hier zeigte das nach langsamer Abkühlung erstarrte Salz ein grösseres spezifisches Gewicht, als das schnell durch Ausgiesen erstarrte.

Zweifach chromsaures Kali verhält sich in den angegebenen Beziehungen wie die zuletzt erwähnten Salze, indem die Ausdehnung beim Krystallisiren nur bei sehr allmählicher Abkühlung des geschmolzenen Salzes stattfindet.

Überbasisches Chlorblei (sogenanntes Cassler-Gelb) in einer Röhre aus hartem Glase geschmolzen sprengte diese bei langsamem Erkalten.

Die bisher erwähnten Salze sind insgesamt solche, welche kein Krystall-Wasser enthalten. Unter denjenigen, welche Krystall-Wasser enthalten, gibt es nur wenige, welche mittelst der Wärme vollkommen in ihrem Krystall-Wasser schmelzen, und bei welchen sich die Ausdehnung während des Erstarrens nach dem bisher beschriebenen Verfahren nachweisen lässt.

Die Mehrzahl derselben schmilzt nämlich nicht vollständig in ihrem

Krystall-Wasser, sondern es geht hiebei eine Art von Zerlegung vor, vermöge welcher ein Theil des Salzes sein Krystall-Wasser ganz oder theilweise an den andern Theil abgibt, wodurch dieser sich auflöst, während jener ungelöst bleibt. Krystallisirt nun ein solches Salz durch's Erkalten, so geht gewöhnlich nicht die ganze Masse in festen Zustand über, sondern ein Theil bleibt in dem von dem andern abgegebenen Wasser aufgelöst, gerade so, wie wenn das Salz beim Erkalten aus einer heissen Auflösung krystallisirt.

Unter denjenigen Salzen, welche vollkommen in ihrem Krystall-Wasser schmelzen und daher beim Erkalten auch wieder vollständig erstarren, ist die Eigenschaft, sich hiebei auszudehnen, am leichtesten bei dem Alaun wahrzunehmen. Wird krystallisirter Alaun in einer Glas-Röhre geschmolzen, so springt, selbst wenn man die Flüssigkeit ohne besondere Vorsicht an der Luft erkalten lässt, die Röhre fast immer kurze Zeit nach dem Erstarren des Salzes. Die krystallinische Anordnung seiner Theilchen und die hiedurch bewirkte Ausdehnung scheint bei diesem Salze wesentlich dadurch begünstigt zu werden, dass es verhältnissmässig langsam aus dem geschmolzenen Zustande in den festen zurückkehrt und seine flüssige Form noch bei einem weit niedrigeren Wärme-Grade beibehält, als bei welchem es schmilzt. Während es nämlich erst bei der Siedhitze des Wassers schmilzt, lässt es sich bei sehr langsamer Abkühlung, und mit einer Öl-Schichte bedeckt bis auf nahe an $+ 30^{\circ}$ bringen, ohne seine flüssige Form zu verlieren. Die Flüssigkeit ist alsdann so dicht geworden, dass ein Alaun-Krystall darin nicht untersinkt, sondern sich an der Oberfläche erhält.

Kaustisches Kali und Natron bewirken, wenn sie nach dem Schmelzen an freier Luft erkalten, kein Zerspringen der gläsernen Gefässe, während sie diese, wenn die Erkaltung nach der öfters angegebenen Weise erlangsamt wurde, bei mehren Versuchen zersprengten.

Phosphorsaures Natron schmilzt bekanntlich in seinem Krystall-Wasser bei einer Temperatur, welche die des siedenden Wassers bei Weitem nicht erreicht. Lässt man es ohne besondere Vorsicht an der Luft erkalten, so zieht es sich beim Erstarren zusammen. Als dagegen ein paar Unzen des genannten Salzes in einem dünnen Glas-Kölbchen durch Einsenken in ein grösseres Gefäss mit siedendem Wasser geschmolzen, hierauf mit einer Schichte Öl bedeckt und das Ganze mit Papier überdeckt in Sägmehl eingesenkt worden war, so dass die Erkaltung nur sehr langsam vor sich ging, fand sich das Kölbchen durch das erstarrte Salz zersprengt.

Das essigsaure Blei und weinsaure Kali-Natron zeigen in den angegebenen Beziehungen dasselbe Verhalten wie das phosphorsaure Natron, und der auf dieselbe Weise wie bei diesem angestellte Versuch, die Erkaltung des geschmolzenen Salzes möglichst zu erlangsamen, führte auch zu dem gleichen Ergebnisse, indem die Kölbchen durch das krystallisirende Salz zersprengt wurden. Zum sicheren Ge-

lingen dieser Versuche ist es jedoch nöthig, etwas grössere Mengen Salzes, etwa 3—4 Unzen anzuwenden*.

Die meisten übrigen Salze schmelzen nicht vollständig in ihrem Krystall-Wasser und eignen sich daher, wie gesagt, nicht zu solchen Versuchen. Dagegen beobachtete ich bei mehren derselben eine andere Erscheinung ähnlicher Art, die Eigenschaft nämlich, sich auszu dehnen, indem sie durch Anziehung von Wasser aus dem Wasser-freien formlosen Zustand in den krystallinischen übergehen. Wenn gebrannter pulverisirter Gyps in ein Gläschen etwas fest eingedrückt und hierauf Wasser zugegossen wird, so findet man das Gläschen nach einigen Stunden zersprungen, wie ich Diess bei mehren Versuchen beobachtet habe. Dasselbe geschah, wenn das Gyps-Pulver mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt und in diesem Zustande in das Gläschen eingedrückt wurde. Es ist also nicht die chemische Anziehung des Wassers an sich, welche die Ausdehnung bewirkte, sondern die krystallinische Anordnung der Salz-Theilchen, was schon daraus hervorgeht, dass die Gläschen nicht sogleich springen, wenn das Wasser zugegossen und angeschluckt wird, sondern erst längere Zeit darauf.

Dasselbe geschieht mit dem phosphorsauren Natron, wenn es durch Erhitzen seines Krystall-Wassers beraubt worden und auf die beim Gypse angegebene Weise behandelt wird. Ein gleiches Ergebniss lieferte auch der folgende Versuch: Einige Drachmen phosphorsauren Natrons wurden in ihrem Krystall-Wasser geschmolzen und hierauf etwa der vierte Theil zerfallenen Wasser-freien Salzes beigemischt. Einige Zeit nach dem Erstarren der Masse sprang das Gläschen, indem ohne Zweifel der Wasser-freie Theil des Salzes von dem andern Wasser angezogen hatte und dadurch in krystallinischen Zustand übergegangen war.

Wenn Alaun oder weinsaures Kali-Natron in ihrem Krystall-Wasser geschmolzen und bis zum Entweichen eines Theiles ihres Wasser-Gehaltes fort erhitzt werden und man hierauf der erkalteten Salz-Masse etwas Wasser zugiesst, so wird dieses allmählich angesogen und das Gefäss zersprengt. Der auf diese Weise behandelte Alaun zersprengte selbst starke thönerne Töpfe.

Dieselbe Erscheinung, wie die eben erwähnten Salze, zeigen auch das schwefelsaure und kohlen-saure Natron, indem sie durch Anziehung von Wasser aus dem zerfallenen formlosen Zustande in den krystallinischen übergehen, nur dass bei ihnen diese Versuche nicht so leicht und sicher gelingen wie bei jenen. Wie nämlich das schwefelsaure und kohlen-saure Natron ihr Krystall-Wasser sehr leicht und schnell an die umgebende Luft abgeben, so ziehen sie dasselbe auch

* Bei einem dieser Versuche habe ich gefunden, dass das essig-saure Blei, welches einer Temperatur von nahe an $+60^{\circ}$ bedarf, um in seinem Krystall-Wasser zu schmelzen, bei sehr langsamer Abkühlung sich noch bei $+25^{\circ}$ und darunter flüssig erhält.

in verwittertem Zustande nur langsam wieder an, wenigstens in derjenigen Menge, deren es bedarf, um sie in vollkommen krystallinischen Zustand zurückzuführen. Wenn daher das verwitterte Pulver dieser Salze, zumal wenn es etwas fest zusammengedrückt ist (wie es das Gelingen obiger Versuche erfordert) mit derjenigen Menge Wassers übergossen wird, welche es durch die Verwitterung oder Erhitzung verloren hat, so wird anfangs nur ein Theil dieses Wassers eingesogen, und das Salz backt zwar zu einer festen Masse zusammen, welche jedoch kein deutlich krystallinisches Gefüge zeigt und auch nicht durchscheinend ist wie das krystallisirte Salz. Erst langsam, zuweilen erst nach Wochen oder Monaten wird der überstehende Theil der Flüssigkeit eingesogen und werden die Glas-Gefäße durch den Übergang der Salz-Masse in einen vollkommener krystallinischen Zustand zersprengt. In anderen Fällen geschieht Dieses jedoch viel schneller, schon nach einem oder einigen Tagen, ohne dass es mir bis jetzt gelungen ist, den Grund dieses verschiedenen Verhaltens zu erforschen; wahrscheinlich hängt es von zufälligen äusseren Umständen ab. So schien mir das Salz, welches durch stärkere Erhitzung seines Krystall-Wassers beraubt wurde, dieses langsamer wieder anzuziehen, als wenn es dasselbe durch allmähliche Verwitterung bei niederer Temperatur verloren hatte. Ferner schien es dabei von Einfluss zu seyn, ob das Pulver des verwitterten Salzes mehr oder weniger fest in das Gläschen eingedrückt wurde. Denn war es zu locker, so hatten die Salz-Theilchen Raum genug, um durch Anziehung von Wasser zu krystallisiren, ohne durch ihren Druck gegen die Wandungen des Glases dieses zu zersprengen; war es aber sehr fest eingedrückt, so bildete sich durch Zusatz von Wasser alsbald eine so dichte Kruste an der Oberfläche, dass sie das Eindringen des Wassers in die tieferen Schichten verhinderte, welche daher oft nach Wochen noch trocken gefunden wurden.

Wenn schwefelsaures oder kohlen-saures Natron in ihrem Krystall-Wasser schmelzen, so findet eine Zerlegung des Salzes in der Art statt, dass ein Theil desselben sein Wasser an den andern abgibt, wodurch dieser aufgelöst wird, erster aber sich Pulver-förmig absetzt. Während des langsamen Erkaltens der Auflösung scheint nun letzter das abgegebene Wasser wieder theilweise an sich zu ziehen, wodurch er in einen mehr oder weniger deutlich krystallinischen Zustand zurückkehrt, wobei die Gläschen häufig zersprengt werden. Doch findet Letztes, obwohl zu öfteren Malen von mir beobachtet, nicht immer statt und ereignet sich zuweilen erst nach Verfluss mehrerer Tage.

Die schwefelsaure Magnesia zeigt beim Schmelzen in ihrem Krystall-Wasser ein ähnliches Verhalten wie die beiden eben genannten Salze, und bei einigen Versuchen fanden sich die Gläschen eine Zeit lang nach dem Erstarren des geschmolzenen Salzes zersprungen; doch ist diese Erscheinung wie bei den beiden obigen Salzen nicht beständig. Wie diese zieht auch die schwefelsaure Magnesia, wenn sie ihres Krystall-Wasser durch Erhitzen beraubt worden, dasselbe nur langsam

wieder an; daher die Gläschen gewöhnlich erst nach einigen Tagen sprangen, wiewohl der Versuch wie beim kohlen- und schwefel-sauren Natron öfters misslingt.

Borax, in seinem Krystall-Wasser geschmolzen, erleidet eine ähnliche Zerlegung, wie die drei zuletzt angeführten Salze, indem ein Theil desselben sein Wasser ganz oder theilweise an den anderen abgibt und sich Pulver-förmig niederschlägt, während jener schmilzt. Mit dem Erkalten der Auflösung zieht jedoch der erste sein abgegebenes Wasser wieder an und kehrt in den krystallinischen Zustand zurück, daher bei diesem Salze das Zerspringen der Gläschen einige Stunden nach dem Erkalten ziemlich beständig beobachtet wurde.

Sehr deutlich zeigt endlich noch das schwefelsaure Kupfer die Eigenschaft sich auszudehnen, indem es durch Anziehung von Krystall-Wasser aus dem formlosen in den krystallinischen Zustand übergeht, wie folgende Versuche beweisen. Ein paar Drachmen dieses Salzes, durch Erhitzen ihres Krystall-Wassers beraubt und zu einem weissen Pulver zerfallen, wurden in ein Zylinder-Gläschen fest zusammengedrückt und hierauf etwas Wasser zugegossen. Dieses wurde unter starker Wärme-Entwickelung schnell eingesogen, und das Pulver färbte sich zugleich blau. Kurze Zeit nachdem das zugesetzte Wasser bis auf einen kleinen Rest eingesogen worden und die Masse sich merklich abgekühlt hatte, sprang das Gläschen. — Ferner: Wenn man eine in der Siedhitze gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Kupfer zu erhitzen fortführt, so schlägt sich ein Theil des Salzes in Gestalt eines hellblauen Pulvers nieder, welches weniger Wasser zu enthalten scheint als das krystallisirte Salz. Lässt man das Gläschen hierauf, wie mehre Versuche zeigten, ruhig stehen, so springt dasselbe nach kurzer Zeit, indem das Pulver-artige Salz ohne Zweifel sein Krystall-Wasser aus der überstehenden Flüssigkeit wieder anzieht und in den krystallinischen Zustand zurückkehrt.

Die ausdehnende Wirkung der Krystallisation bei den aus wässriger Auflösung krystallisirenden Salzen zu erweisen ist mir bis jetzt nicht gelungen. Die Schwierigkeit liegt einmal darin, dass es kaum möglich ist, diese Salze in einem anderen als dem krystallinischen Zustande zu erhalten, daher also eine Vergleichung zwischen diesem und dem formlosen Zustande bei ihnen nicht wohl angestellt werden kann. Denn dass es hiebei nicht auf die Grösse und Regelmässigkeit der Krystalle, sondern auf die krystallinische Struktur überhaupt, dem formlosen Zustande gegenüber, ankommt, bedarf kaum bemerkt zu werden. Ein weiteres Hinderniss aber liegt in dem Einflusse der chemischen Affinität zwischen dem Salze und dem Wasser, welches den Vorgang der Auflösung und Krystallisation komplizirt.

In dieser letzten Beziehung schien es mir nicht unangemessen, das Ergebniss einiger Versuche über die Volumens-Veränderung bei der Auflösung der Salze im Wasser hier anzuführen.

Nach der gewöhnlichen Ansicht ist diese Auflösung kein eigent-

lich chemischer Prozess, sondern mehr ein mechanischer Vorgang, eine einfache Trennung der Atome des festen Körpers durch die zwischen sie eindringende Flüssigkeit, ohne dass beide eine nähere auf gegenseitiger Verwandtschaft beruhende Verbindung miteinander eingingen. „Die Art von Vereinigungs-Kraft,“ sagt BERZELIUS (Lehrb. d. Chemie, I, S. 427), „worauf die Auflösung eines festen Körpers in einer Flüssigkeit beruht, ist nicht identisch mit der Kraft, von welcher die chemische Verbindung abhängt, und darf mit dieser nicht verwechselt werden. Da wo die letzte wirkt, entsteht Wärme, während dagegen bei der Wirkung der Lösungs-Kraft Wärme absorbiert und die Temperatur erniedrigt wird. — Hierin erkennen wir also einen bestimmten Unterschied zwischen der chemischen Vereinigung mit Wasser und der Art von Vereinigung mit demselben, durch welche ein Körper sich darin auflöst. Diese letzte ist eher der Kraft ähnlich, welche wir Haarröhrchen-Kraft oder Flächen-Anziehung nennen. Durch die Auflösung wird auch nichts an den chemischen Eigenschaften der aufgelösten Körper verändert, sie gehen nur aus der festen Form in eine flüssige über. — Das Volumen der Lösung wird durch das des Körpers, der darin aufgelöst, d. h. geschmolzen wird, vermehrt, gleichwie sich das Volumen eines Gases durch das Volumen eines anderen Gases, welches sich ihm einmengt, vermehrt, und wenn davon einmal eine Ausnahme stattzufinden scheint, so beruht diese auf der Wirkung einer eingegangenen chemischen Vereinigung.“

Wenn in dem so eben angeführten Satze nur behauptet werden soll, dass das Volumen der Lösung durch dasjenige des aufgelösten Körpers überhaupt vermehrt werde, so ist Dieses vollkommen richtig. Das von BERZELIUS angeführte Beispiel zweier Gase, welche sich miteinander vermengen ohne gegenseitige chemische Einwirkung, scheint jedoch anzudeuten, dass er annimmt, die Lösung werde genau um das Volumen des aufgelösten Körpers vermehrt, und so genommen ist seine Behauptung nicht richtig, indem die von mir angestellten Versuche zeigten, dass bei der Auflösung der meisten Salze eine, wenn auch öfters unbedeutende, Verminderung des Volumens stattfindet, so nämlich, dass das Volumen der Lösung geringer ist, als das beider Körper vor der Lösung.

Anfänglich glaubte ich in diesem Umstande einen weiteren Beweis dafür zu finden, dass die Körper im krystallinischen Zustande einen größeren Raum einnehmen, als im formlosen, eine Folgerung, welche wohl auch richtig wäre, wenn man annehmen dürfte, dass bei der Auflösung der Salze in Wasser eine einfache Veränderung des Aggregat-Zustandes und keine chemische Einwirkung zwischen beiden stattfindet.

Diese letzte Annahme unterliegt jedoch mehren Zweifeln.

Wenn nämlich die Auflösung der Salze im Wasser nur in einem mechanischen Eindringen des Auflösungs-Mittels in ihre Poren oder die Zwischenräume der Atome bestünde, ohne dass eine gewisse chemische Verwandtschaft dabei mitwirkte, so sieht man nicht ein, warum das

eine Salz sich mehr, das andre weniger, ein drittes gar nicht vom Wasser sollte durchdringen lassen; warum das eine in warmem Wasser ungleich löslicher ist als in kaltem, während die Auflöslichkeit eines anderen durch die Temperatur des Auflösungs-Mittels wenig oder gar nicht verändert wird; warum von zwei im Wasser ungefähr gleich löslichen Salzen, das eine sich auch im Weingeist löst, das andere nicht; warum andere Salze von Säuren aufgelöst werden, nicht aber von Wasser, u. s. w.

Ferner habe ich gefunden, dass bei der Auflösung gewisser Salze in Wasser eine Verminderung, bei andern dagegen eine Vermehrung des Volumens stattfindet, was gleichfalls auf ein verschiedenes chemisches Verhalten derselben zu dem Auflösungs-Mittel hinweist.

Endlich zeigen mehre andere Körper, wie z. B. einige Säuren, der Weingeist, bei ihrer Vermischung mit Wasser, je nach ihrem gegenseitigen Verhältnisse, Veränderungen des Volumens, welche sich nicht anders als durch die Voraussetzung erklären lassen, dass hiebei eine chemische Affinität im Spiele sey. So ist es bekannt, dass die Essigsäure bei ihrer Verbindung mit Wasser bis zu einem gewissen Verhältnisse an Dichtigkeit zunimmt, über dasselbe hinaus aber das entgegengesetzte Verhalten zeigt. Nach BERZELIUS ist nämlich das Gewicht der mit 2 Atomen Wasser verbundenen Essigsäure grösser als derjenigen, welche nur 1 Atom Wasser enthält, und die mit 3 Atomen Wasser verbundene Säure ist noch spezifisch schwerer als diejenige, welche 2 Atome enthält. Das spezifische Gewicht der Essigsäure nimmt also mit dem zweiten und dritten hinzugefügten Wasser-Atome zu, während dagegen das Wasser, was darüber hinzukommt, die Säure nur verdünnt und das spezifische Gewicht vermindert, so dass wenn 1 Atom Essigsäure mit 8 Atomen Wasser vereinigt ist, das Gemenge dasselbe spezifische Gewicht besitzt, wie die Säure mit 1 Atom Wasser.

So findet ferner bei der Vermischung von Weingeist mit Wasser je nach den gegenseitigen Verhältnissen beider bald eine Verminderung, bald eine Vermehrung des Volumens Statt.

Besteht nun aber, wie es aus den eben angeführten Gründen wahrscheinlich ist, die Auflösung der Salze und anderer krystallinischer Körper in Wasser nicht in einem einfach mechanischen Eindringen des Auflösungs-Mittels zwischen die Atome des festen Körpers, sondern ist eine gewisse chemische Verwandtschaft dabei wirksam, so folgt, dass die Volumens-Veränderung, welche beide Körper durch die Auflösung erleiden, nicht allein auf Rechnung des veränderten Aggregat-Zustandes zu schreiben sey, und dass die hierüber angestellten Versuche daher nicht, wie ich anfangs glaubte, zur Entscheidung der Frage dienen können, ob die Körper unter sonst gleichen Verhältnissen im krystallinischen oder formlosen Zustande einen grösseren Raum einnehmen.

Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir zur Darstellung der Versuche selbst über. Die Art und Weise, wie dieselben angestellt wurden, ist folgende.

Die Vorrichtung, deren ich mich bediente, bestand entweder in einer gläsernen Kugel mit verhältnissmässig enger Röhre oder in einer bauchigen Flasche mit langem engem Halse, oder in einem Kölbchen aus dickem Glase, in dessen Hals eine Glas-Röhre eingeschliffen wurde, so dass dieselbe genau passte und gleich einem eingeriebenen Stöpsel eingesetzt oder abgenommen werden konnte, oder endlich in einem beliebigen Fläschchen, welches mittelst eines durchbohrten Korkes mit genau eingefügter Glas-Röhre wohl verschlossen wurde.

Das aufzulösende Salz wurde in das eine oder andere dieser Gefässe gebracht, darauf so viel Wasser von einer zuvor bestimmten Temperatur zugegossen, als nöthig war, um das Gefäss und einen Theil der Röhre auszufüllen, und sodann der Stand der Flüssigkeit in der Röhre (am einfachsten an einem angeklebten Papier-Streifen) bezeichnet.

Wenn sich nun das Salz gelöst hatte, so ergab der veränderte Stand der Flüssigkeit in der Röhre die durch die Auflösung entstandene Ab- oder Zu-nahme des Volumens.

Da jedoch während der Auflösung des Salzes gewöhnlich eine Veränderung in der Temperatur der Flüssigkeit eintritt, so versteht es sich von selbst, dass hierauf Rücksicht genommen und der veränderte Stand der Flüssigkeit in der Röhre erst dann bezeichnet wurde, wenn dieselbe zu ihrer ursprünglichen Temperatur zurückgekehrt war. Diese wurde entweder mittelst eines kleinen, in dem Kölbchen selbst enthaltenen Thermometers, oder dadurch gemessen, dass man das Kölbchen eine Zeit lang in ein grösseres Gefäss mit Wasser von der ursprünglichen Temperatur der Flüssigkeit einsenkte.

Hiebei ist nun vorerst zu bemerken, dass alle Salze, wenn ihre Krystalle eine Zeit lang mit der atmosphärischen Luft in Berührung waren, bei der Auflösung mehr oder weniger zahlreiche Luft-Bläschen entwickeln, welche jene Versuche trüben und zu einem unrichtigen Ergebniss führen würden, wenn nicht für Beseitigung dieses Umstandes gesorgt würde.

Die bei der Auflösung sich entwickelnde Luft rührt aber nicht allein von Luft-Bläschen her, welche den gröberem Salz-Theilen äusserlich anhängen, sondern sie ist dem grösseren Theile nach im Innern derselben enthalten und füllt ihre kleinsten Zwischenräume aus. Wenn daher auch das Salz als gröberes oder feineres Pulver zuvor erwärmt wurde, um die anhängende Luft zu verjagen, so bleibt darum die Entwicklung von Luft-Bläschen bei seiner Auflösung doch nicht aus. Noch bestimmter lässt sich Diess erweisen, wenn man die Salz-Krystalle in grösseren Stückchen oder gepulvert mit einer gesättigten Auflösung desselben Salzes übergiesst. In diesem Falle lässt sich nämlich durch einiges Schütteln zwar die den Krystallen äusserlich anhängende Luft entfernen, aber die in ihrem Innern enthaltene bleibt zurück und entweicht erst dann, wenn man dieselben durch Erwärmung oder durch zugegossenes Wasser zur Auflösung bringt. Diese Fähigkeit der Salze, Luft in nicht unbeträchtlicher Menge in ihre Krystalle aufzunehmen,

zeigt an, dass ihre kleinsten Theilchen grössere Zwischenräume zwischen sich lassen, und dient somit zur weiteren Bestätigung der oben ausgesprochenen Ansicht, dass die krystallinische Struktur geeignet sey, den Körpern eine grössere Ausdehnung zu geben, als sie im formlosen Zustande einnehmen würden.

Um den Luft-Gehalt der Salze bei meinen Versuchen zu entfernen, verfuhr ich folgendermaassen: ich löste das Salz in einer Flasche mit langem engem Halse oder in einem Glas-Kölbchen mit aufgesetzter Röhre durch Erhitzung des Wassers auf, goss sodann etwas Öl in die Röhre, um den Luft-Zutritt abzuhalten, und erhielt nun das durch die Erkaltung des Lösungs-Mittels sich absetzende Salz in Luft-freiem Zustande. Wurde nun der flüssige Theil abgegossen und mit reinem Wasser ersetzt, so liess sich die Volumens-Veränderung bei der Auflösung des Salzes ungestört beobachten.

Bei dem Kochsalze, welches sich in der Siedhitze kaum in grösserer Menge auflöst, als in kaltem Wasser, wurde dieses Verfahren dahin abgeändert, dass eine gesättigte Lösung desselben bei abgehaltenem Luft-Zutritte einer Kälte von -12° eine Zeit lang ausgesetzt wurde, wobei ein Theil des Salzes sich krystallinisch absetzte.

Das Ergebniss meiner Versuche ist nun folgendes:

Wenn Salpeter in Wasser von $+15^{\circ}$ aufgelöst wird, so findet ein deutliches Sinken der Wasser-Säule in der Glas-Röhre Statt, und dieselbe bleibt unter ihrem früheren Stande, auch nachdem die durch die Auflösung des Salzes bewirkte Erniedrigung der Temperatur sich wieder ausgeglichen hat. Eine bei $+15^{\circ}$ gesättigte Salpeter-Lösung wurde allmählich bis zu $+2^{\circ}$ abgekühlt, bei welchem Punkte das Salz zu krystallisiren begann. Nachdem nun der Stand der Flüssigkeit in der Röhre bezeichnet worden, wurde die Krystallisation durch leichte Erschütterung des Gefässes beschleunigt, wobei die Flüssigkeit in der Röhre schnell stieg, was nur einem kleinen Theile nach der Wärme-Entwickelung durch die Krystallisation zugeschrieben werden kann, da der Stand der Flüssigkeit sich nicht merklich veränderte, nachdem das Gefäss noch längere Zeit in Wasser von $+2^{\circ}$ gestanden hatte.

Dieselben Versuche wurden mit verschiedenen anderen Salzen, mit kleinen Abänderungen in Beziehung auf die Temperatur des Lösungs-Mittels, den Grad der Erkaltung desselben u. s. w. je nach den verschiedenen Löslichkeits-Verhältnissen der einzelnen Salze angestellt und ergaben bei den meisten derselben ein ähnliches Verhalten wie beim Salpeter, d. h. eine mehr oder weniger auffallende Verminderung des Volumens bei der Auflösung und eine entsprechende Vermehrung desselben bei der Krystallisation.

Diess beobachtete ich namentlich bei dem salzsauren und schwefelsauren Kali, dem Kochsalze, dem schwefelsauren Natron, dem Borax, Alaun u. a. m.

Gerade das entgegengesetzte Verhalten fand ich dagegen bei einigen Ammoniak-Salzen, wie namentlich dem salzsauren und salpe-

tersauren Ammoniak*, indem hier bei der Auflösung des Salzes eine Zunahme und bei der Krystallisation desselben eine Abnahme des Volumens stattfindet.

Endlich zeigen noch andere Salze eine dritte, zwischen den beiden vorhergehenden mitten innestehende Art des Verhaltens, indem bei ihnen, je nach der Temperatur des Auflösungs-Mittels, bald eine Verminderung und bald eine Vermehrung des Volumens stattfindet.

Wenn z. B. kohlen-saures Natron in Wasser von $+ 12^{\circ}$ aufgelöst wird, so findet eine Volumens-Verminderung Statt, während bei der Auflösung desselben in kochendem Wasser (versteht sich bis zur Sättigung des Wassers) eine Volumens-Vermehrung beobachtet wird, wie folgender Versuch zeigt. Eine in der Siedhitze gesättigte Auflösung des genannten Salzes wurde, nachdem sie bis zu $+ 15^{\circ}$ erkaltet war, durch Einbringen eines kleinen Krystalls zum Krystallisiren gebracht und hierauf der Stand der Flüssigkeit in der Röhre bezeichnet. Nun wurde das abgesehene Salz durch Erwärmung abermals aufgelöst und die Lösung langsam wieder bis zu $+ 15^{\circ}$ erkaltet, ohne dass sich noch Krystalle aus derselben bildeten. Bei der Messung des Standes der Flüssigkeit fand sich nun, dass diese jetzt höher stand, als sie bei der gleichen Temperatur zuvor gestanden war, da ein Theil des Salzes sich in festem Zustande abgesetzt hatte.

Ein ähnliches Verhalten, d. h. bald Verminderung und bald Vermehrung des Volumens, beobachtet man bei diesem Salze je nach der verschiedenen Temperatur, bei welcher eine in der Siedhitze gesättigte** Auflösung desselben krystallisirt. Eine solche Auflösung lässt sich nämlich bei abgehaltenem Zutritte der Luft (wie es in dem oben beschriebenen Apparate leicht zu bewerkstelligen ist, indem man die in der Röhre stehende Flüssigkeit mit einer dünnen Öl-Schichte bedeckt) und möglichst langsamer Abkühlung bis auf den Gefrierpunkt des Wassers und selbst noch darunter erkalten, ohne zu krystallisiren. Wird sie aber nun durch leichte Erschütterung oder durch Einbringen eines kleinen Salz-Stückchens zum Krystallisiren gebracht, so bemerkt man ein deutliches Steigen der Flüssigkeit in der Röhre, und dieselbe bleibt auch dann noch über ihrem früheren Standpunkte stehen, nachdem die augenblickliche Wärme-Erzeugung durch die Krystallisation längst aufgehört hat Einfluss hierauf auszuüben.

Wird hingegen eine in der Siedhitze gesättigte Auflösung von kohlen-saurem Natron bei einer Temperatur von $+ 15^{\circ}$ oder darüber

* Das kohlen-saure Ammoniak weicht, wie später gezeigt werden wird, in seinem Verhalten zum Wasser von dem der beiden eben genannten Salze ab.

** Es ist besser zu diesem Versuche eine bei der Siedhitze nicht vollkommen gesättigte Auflösung anzuwenden, indem alsdann nach der Krystallisation etwas Flüssigkeit über dem abgesetzten Salze stehen bleibt, welche zu genauerer Bestimmung des Niveau's dient, während im anderen Falle die ganze Masse erstarrt.

zum Krystallisiren gebracht, so zeigt sich die umgekehrte Erscheinung, indem alsdann die Flüssigkeit in der Röhre sinkt.

Auf gleiche Weise ungefähr wie das kohlen saure, verhält sich auch das phosphorsaure Natron. Wird dieses Salz in Wasser von $+ 10$ bis $+ 20^{\circ}$ aufgelöst, so findet eine, wiewohl nicht bedeutende Verminderung des Volumens Statt, wogegen bei der Auflösung desselben in heissem Wasser eine Ausdehnung beobachtet wird. Diesem entsprechend zeigt sich, wenn eine bei $+ 20^{\circ}$ gesättigte Lösung durch Erkalten krystallisirt, eine Volumens-Vermehrung, während bei der Krystallisation einer in der Siedhitze gesättigten Lösung, eine Volumens-Verminderung stattfindet.

Ein ähnliches Verhalten wie die beiden zuletzt erwähnten Salze zeigen ferner das weinsaure Kali-Natron, das kohlen saure Ammoniak, das essigsaure Blei, wobei jedoch zu bemerken ist, dass bei diesen verschiedenen Salzen eine Verschiedenheit hinsichtlich des Wärme-Grades stattfindet, bei welchem die Volumens-Verminderung oder -Vermehrung durch die Auflösung oder Krystallisation erfolgt. So beginnt z. B. bei dem Seignett-Salze die Ausdehnung schon bei $+ 20^{\circ}$, während dieselbe bei andern erst bei einem höheren Wärme-Grade eintritt.

Aus den angeführten Versuchen ergibt sich also, dass die Salze bei ihrer Auflösung in Wasser eine dreifache Verschiedenheit zeigen:

Bei einem Theil derselben, und wie es scheint dem grösseren, findet eine Volumens-Verminderung Statt, unabhängig von der Temperatur des Auflösungs-Mittels.

Bei einem andern kleinen Theile dagegen, welcher, soweit meine Versuche reichen, nur einige Ammoniak-Salze begreift, findet eine von der Temperatur des Lösungs-Mittels unabhängige Vermehrung des Volumens Statt.

Bei einer dritten Abtheilung endlich hängt die Zu- oder Abnahme des Volumens ab von der Temperatur des Lösungsmittels, so dass nach dem verschiedenen Wärme-Grade dieses letzten bald die eine und bald die andere Erscheinung beobachtet wird.

Dieses verschiedene Verhalten der Salze lässt sich nicht wohl aus einem blossen mechanischen Durchdringen und Zertheilen derselben durch das Wasser erklären, sondern setzt eine besondere Affinitäts-Äusserung zwischen beiden voraus. Während nämlich bei den einen durch die Lösung eine innigere Verbindung beider Körper und damit eine Verdichtung entsteht, so scheint bei den anderen die gegenseitige Durchdringung von einer Entfernung, einer Art Abstossung der Atome begleitet zu seyn, vermöge welcher beide Körper nach der Auflösung einen grösseren Raum einnehmen als zuvor. In diesem letzten Verhalten ist wahrscheinlich die merkwürdige Erscheinung begründet, dass mehre Salz-Lösungen bei sehr allmählicher Abkühlung, Ruhe und Abschluss der Luft sich bei einem Temperatur-Grade flüssig erhalten, bei welchem

das Salz seinen gewöhnlichen Löslichkeits-Verhältnissen nach nicht mehr aufgelöst sollte bleiben können.

Bei dem schwefelsauren Natron ist diese Erscheinung längst bekannt; sie zeigt sich aber auch bei mehreren andern Salzen mehr oder weniger auffallend, wie namentlich bei dem Alaun, dem phosphorsauren und kohlelsauren Natron, dem Seignett-Salze, dem essigsauren Blei, u. m. a.

So lässt sich z. B. eine bei der Siedhitze des Wassers gesättigte Auflösung von kohlelsaurem Natron, unter Beobachtung der angegebenen Bedingungen, bis unterhalb den Gefrierpunkt abkühlen, ohne zu krystallisiren. Dasselbe ist der Fall bei dem Seignett-Salze. Die Auflösung desselben lässt sich durch allmähliche Abkühlung bei verhindertem Luft-Zutritt bis zu einem Grade verdichten, dass sie einem dicken Schleime von arabischem Gummi ganz ähnlich sich in lange Fäden ziehen lässt und die Fähigkeit zu krystallisiren fast ganz verloren hat.

Es scheint also, als seyen unter diesen Umständen die Atome des aufgelösten Salzes in eine ihre Attraktions-Sphäre überschreitende Entfernung von einander gebracht worden, daher es eines äusseren Anstosses durch mechanische Erschütterung, Zutritt der Luft u. dgl. bedarf, um ihre gleichsam schlummernde Anziehungskraft zu erwecken und dadurch die Krystallisation in Gang zu bringen*.

* Den Einfluss des abgehaltenen Luft-Zutrittes auf Hemmung oder Verzögerung der Krystallisation habe ich nicht allein bei mehreren Salzlösungen, sondern auch bei derjenigen Verbindung von Schwefelsäure mit Wasser beobachtet, welche ein spezifisches Gewicht von 1,78 zeigt. Diese Verbindung krystallisirt unter gewöhnlichen Umständen bei einer Temperatur von einigen Graden über dem Gefrier-Punkte des Wassers. Als ich dieselbe jedoch in einem mit langem engem Halse versehenen Glas-Fläschchen bis nahe zum Sieden erhitzt und, während die durch die Hitze ausgedehnte Flüssigkeit hoch oben in dem Halse stand, das Fläschchen gut verschlossen hatte, wurde sie eine ganze Nacht hindurch einer Temperatur von -16° ausgesetzt, ohne zu krystallisiren: man konnte das Fläschchen bewegen und schütteln, wie man wollte: die Säure blieb flüssig. Ja, selbst als sie einige Stunden hindurch durch Einsetzung des Fläschchens in eine Kälte-erzeugende Mischung einer Temperatur von -22° ausgesetzt worden, erfolgte keine Krystallisation; so wie jedoch die Flasche geöffnet wurde, trat diese alsbald ein. Dabei wurde ein Sinken des Standes der Flüssigkeit in dem Halse der Flasche beobachtet, welches jedoch weniger bedeutend war, als wenn die Säure bei $+2^{\circ}$ oder $+3^{\circ}$ krystallisirte, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass, wenn es gelänge durch eine stärkere Kälte die Säure vor ihrem Erstarren noch mehr zu verdichten, bei der Krystallisation zuletzt eine Vermehrung des Volumens, statt einer Verminderung desselben eintreten würde, wie ich Diess bei mehreren Salzlösungen beobachtet habe, welche je nach dem Grade der Temperatur, bei welchem die Krystallisation erfolgte, bald eine Vergrößerung und bald eine Verminderung des Volumens darboten.

Ein ganz ähnliches Verhalten wie das Vitriolöl zeigt auch der Eisessig, indem derselbe nach Lowirz sich in verschlossenen Gefässen auf

Die Wirkung dieser äusseren Einflüsse auf Erregung der Krystallisation beruht wahrscheinlich darauf, dass durch dieselben elektrische Anziehungen und Abstossungen zwischen den so zu sagen im Gleichgewicht schwebenden Atomen rege gemacht werden, wie denn der Einfluss der Elektrizität auf die Krystallisation auch daraus hervorgeht, dass bekanntlich diejenigen Krystalle, deren beiden Enden nicht symmetrisch gebildet sind, elektrisch polare Eigenschaften besitzen, als hätte sich gleichsam der elektrische Gegensatz bei der gehemmten Ausbildung der Krystalle nicht ausgeglichen.

Noch eine Erscheinung endlich, welche Beachtung verdient, ist die die Auflösung und Krystallisation der Salze begleitende Bindung und Entwicklung von Wärme. Bei der Auflösung verschiedener Salze im Wasser findet bekanntlich (abgesehen von der die Anziehung und Bindung des Krystall-Wassers begleitenden Wärme-Entwicklung) eine mehr oder weniger bedeutende Kälte-Erzeugung Statt, wie umgekehrt bei ihrer Krystallisation Wärme frei wird. Diese Erscheinung ist darum besonders bemerkenswerth, weil sie mit dem sonst geltenden Gesetze, wonach bei Ausdehnung der Körper Wärme gebunden und bei ihrer Zusammenziehung wiederum frei wird, einigermassen im Widerspruche steht. Es ist nämlich oben gezeigt worden, dass bei der Auflösung der meisten Salze in Wasser (von $+ 15^{\circ}$ und darunter) eine Volumensverminderung und wiederum bei ihrer Krystallisation eine Volumensvermehrung stattfindet, während doch in erstem Falle Kälte und im anderen Wärme erzeugt wird. Dieselbe Erscheinung zeigt sich bei dem Gefrieren und Schmelzen des Wassers in sehr auffallendem Grade, indem beim Schmelzen des Eises, welches doch einen grösseren Raum einnimmt als flüssiges Wasser bei 0 , eine bedeutende Menge Wärme gebunden wird, und umgekehrt. So gibt es ferner nach BERZELIUS (I, S. 477, Art. Schwefelsäure) Flüssigkeiten, die beim Zusammenmischen Wärme entwickeln, ungeachtet das Gemisch nachher bei gehöriger Abkühlung ein grösseres Volumen besitzt, als die gemischten Flüssigkeiten vor der Vermischung einnahmen, wie z. B. Weingeist und Wasser, wenn sie in gewissen Verhältnissen gemischt werden.

Diese Thatsachen sind mit der früheren Annahme eines Wärme-Stoffes, welcher die Zwischenräume der Körper ausfüllte, durch ihre Ausdehnung eingesogen und gebunden, durch ihre Zusammenziehung aber wieder ausgetrieben und frei werde, kaum zu vereinigen und scheinen einen weiteren Beweis für die Ansicht abzugeben, dass die Wärme durch schwingende Bewegungen der Atome oder des ihre Zwischenräume ausfüllenden, vielleicht (nach Art der Gase in dem Platina-Schwamm u. a. fein-porösen Körpern) verdichteten Äthers hervorgebracht werde. Es scheint daraus ferner hervorzugehen, dass die Bin-

— 12° abkühlen und schütteln lässt, ohne zu gestehen, während er in offenen Gefässen schon bei $+ 15^{\circ}$ C. erstarrt (LEOP. GMELIN's Handb. d. Chem. 4te Aufl. I, S. 11).

dung oder Entwicklung von Wärme bei Veränderung des Aggregat-Zustandes der Körper nicht sowohl von der Veränderung ihres absoluten Volumens abhängig ist, als vielmehr von der besonderen Art der Lage und Verbindung der Atome unter einander. So ist kaum zu bezweifeln, dass bei dem gefrorenen Wasser die Atome, wenn schon nach gewissen Lagen und Richtungen durch viel grössere Zwischenräume getrennt als bei dem flüssigen Wasser, doch nach anderen Richtungen enger verbunden sind als bei diesem, bei welchem sie alle eine gewisse mitte und gleichförmige, obgleich im Ganzen genommen geringere Entfernung unter einander einhalten, als in jenem. Denken wir uns nun aber, dass die Fähigkeit eines Körpers, Wärme zu entwickeln, auf der Leichtigkeit und Kraft beruht, womit seine Atome schwingen, dass die Kraft und Mittheilbarkeit dieser Bewegung durch die grössere Annäherung der Atome vielleicht begünstigt wird, so lässt sich einigermaassen begreifen, wie durch die Trennung und gleichmässige Vertheilung der Atome beim Schmelzen des Eises, trotz der Verkleinerung des Volumens im Ganzen, die Wärme-Entwicklung vermindert oder, mit anderen Worten, den umgebenden Körpern Wärme entzogen und gebunden werden kann, und umgekehrt. Dass aber die grössere Annäherung der Atome, sey es an sich selbst oder durch Verdichtung des ihre Zwischenräume ausfüllenden Äthers, wirklich geeignet sey, die Wärme-erzeugenden Schwingungen zu steigern und zu begünstigen, erhält dadurch einige Wahrscheinlichkeit, dass gerade die dichtesten Körper, wie namentlich die Metalle es sind, in welchen die Wärme-Entwicklung am leichtesten erregt und fortgeleitet wird, und dass dieses Vermögen mit der zunehmenden Verdünnung und Porosität der Körper abnimmt.

Doch kehren wir von dieser Abschweifung zurück zu dem eigentlichen Gegenstande unserer Abhandlung.

Wir glauben in Vorstehendem durch hinlängliche Beispiele erwiesen zu haben, dass die bisher nur als Ausnahme betrachtete Eigenschaft einzelner Körper, während ihres Überganges aus dem flüssigen in den krystallinisch-festen Zustand sich auszudehnen, einer weit grösseren Anzahl von Körpern zukommt, wenn dieser Übergang sehr allmählich, unter möglich langsamer Abkühlung vor sich geht, und dass die ausdehnende Wirkung der Krystallisation, wenigstens nach gewissen Richtungen, wahrscheinlich als allgemeines Natur-Gesetz betrachtet werden darf.

Versuchen wir es nun in dem Folgenden, eine Anwendung dieses Gesetzes auf die Gestaltung unserer Erd-Rinde zu machen, wobei wir übrigens kaum zu bemerken brauchen, dass dieser Versuch keinen weiteren Anspruch machen soll und kann, als den einer nicht ganz unwahrscheinlichen Hypothese.

Dass unsere Erde sich einstens in einem Zustande feuerflüssiger Auflösung befunden und sich durch allmähliches Erkalten mit einer Rinde überzogen habe, deren frühere gleichförmige Ebene durch spätere Vorgänge manchfaltig verändert und umgestaltet wurde, und dass es besonders Hebungen von Unten waren, bewirkt durch das Emporstei-

gen geschmolzener, sogenannter plutonischer und vulkanischer Gesteine, welche die Unebenheiten hervorbrachten, die sie heut zu Tage auszeichnen, können wir als nahezu erwiesene Thatsachen annehmen.

Dagegen ist man in Betreff der Ursachen, welche das Emporsteigen der geschmolzenen Gesteine und dadurch eben jene Hebungen bewirkten, noch sehr im Dunkeln, und die Erklärungen, welche man inzwischen davon gegeben hat, sind wenig befriedigend.

Bald liess man in der erstarrenden Erd-Rinde sich Spalten bilden, aus welchen die noch flüssigen-Massen des Innern hervordrangen; bald sollte durch Zusammenziehung dieser Rinde bei ihrem Erkalten und Festwerden der noch flüssige Kern der Erde zusammengedrückt werden, bis er endlich die Rinde stellenweise zersprengte und einen Theil seines Inhaltes hervortrieb; bald waren es Senkungen einzelner Theile der erhärteten Kruste, welche durch ihren Druck auf die innere flüssige Masse diese an anderen Orten empordrängten; bald waren es elastische Flüssigkeiten und Dämpfe, durch das Eindringen von Wasser in die Tiefen der Erde oder durch andere chemische Prozesse in ihrem Innern erzeugt, welche einen Durchbruch suchend die Erd-Rinde sprengten und den glühend-flüssigen Massen in der Tiefe einen Ausweg bahnten, u. dgl. m.

Alle diese und ähnliche Annahmen bieten jedoch grosse, nicht leicht zu beseitigende Schwierigkeiten dar.

Wenn die Erd-Rinde beim Erkalten Risse und Spalten bekam, so lässt sich etwa denken, dass ein Theil des flüssigen Innern aus demselben hervordrang; allein die Kraft, welche diese geschmolzenen Gesteine zu so erstaunlicher Höhe emportrieb und sie in derselben verharren machte, bleibt dabei gänzlich unerklärt; denn jene flüssigen Massen konnten ja ruhig aus den vorhandenen Öffnungen der Erd-Rinde hervordringen und mussten gleich den Lava-Strömen weit eher nach den Seiten abfliessen und sich über die Oberfläche verbreiten, als sich himmelhoch emporthürmen. Ferner lässt sich bei dieser Annahme nicht wohl begreifen, wie es kam, dass mehre sogar von den höchsten und gewaltigsten Gebirgs-Massen, wie die *Alpen* und *Anden*, sich allem Anscheine nach erst in einer verhältnissmässig sehr neuen Periode erhoben, nachdem schon unzählige Schichten von Flötz-Gebirgen sich auf der Oberfläche der Erde abgelagert hatten, und diese wahrscheinlich schon Jahrtausende lang von organischen Geschöpfen bewohnt war. Damals mussten doch wohl jene Risse längst ausgefüllt und von den Flötz-Schichten, welche durch den Ausbruch der Eruptions-Gesteine durchbrochen und emporgehoben wurden, überdeckt gewesen seyn. — Waren es aber etwa gespannte eingeschlossene Dämpfe, welche jene Hebungen hervorbrachten, so sieht man nicht ein, was die aufgeworfenen mächtigen Gebirgs-Massen in ihrer Höhe erhielt; warum sie nicht zurücksanken, nachdem die Dämpfe, welche sie gehoben, einen Ausweg gefunden; was ihnen zur Unterlage diente, oder womit die entstandenen unterirdischen Höhlungen sich ausfüllten. Die Gebirge stellen überdiess nur die her-

vorragendsten Spitzen und Gräte des Festlandes dar, welches wir uns selbst als aus der Tiefe gehoben denken müssen. Welche unglaubliche Spannkraft und Verbreitung der unterirdischen Dämpfe setzt es aber nicht voraus, wenn man annehmen will, dass ganze grosse Erd-Theile, das ganze jetzige Festland, durch dieselben gehoben worden seyen! Die gewaltigsten seit den geschichtlichen Zeiten erlebten vulkanischen Ausbrüche und Erschütterungen erscheinen gegen eine solche Gewalt nur als kleinliche Spielereien. Das ganze Festland der Erde müsste nach dieser Annahme unterhöhlt, ohne feste Unterlage, von eingeschlossener Luft oder Dämpfen getragen seyn!

Zu dem vielen Unbegreiflichen und Unwahrscheinlichen dieser Annahmen kommt aber noch ferner der gewichtige Einwurf, dass dieselben die planmässige Ordnung, welche sich in der Bildung der Erd-Oberfläche so unverkennbar ausspricht, ganz unberücksichtigt und unerklärt lassen. Das Verhältniss des Festlandes zum Umfang des Meeres, der Grad der Erhöhung des ersten über die Fläche des letzten, der Zug der Gebirge und der davon abhängige Lauf der Flüsse, sowie verschiedene andere ähnliche Umstände sind in der That von zu grossem Einflusse auf die Bewohnbarkeit unseres Planeten durch lebende Geschöpfe, als dass wir uns dieselben aus zufälligen, ohne bestimmten Plan, ohne Gesetzmässigkeit wirkenden Ursachen, wie z. B. aus einem unregelmässigen Bersten oder Runzeln der Erd-Rinde bei ihrem Erstarren, oder der blinden Gewalt eingeschlossener, einen Ausweg suchender Dämpfe auf befriedigende Weise erklären könnten.

So unregelmässig nämlich die Gestalt des Festlandes auf den ersten Anblick auch erscheinen mag, so ist doch bei genauerer Betrachtung eine gewisse Symmetrie oder planmässige Ordnung in seiner Vertheilung, Form, Gliederung, Erhebung, kurz in seiner ganzen äusseren Bildung nicht zu verkennen. Schon ein flüchtiger Blick auf die Erd-Karte erkennt an den grossen Landfesten eine bemerkenswerthe Übereinstimmung in ihrer Zusammensetzung, in der Form ihrer Umrisse, den räumlichen Beziehungen zwischen gegenüberliegenden Küsten, der Vertheilung der sie begleitenden Inseln, und in andern Verhältnissen, auf welche die Geographen längst aufmerksam gemacht haben. Ähnliches gilt von den Unebenheiten des Festlandes, dem Relief seiner Oberfläche. Wir erinnern in dieser Hinsicht nur an das genaue Verhältniss zwischen der Ausdehnung der grossen Landfesten und dem Zuge ihrer Gebirge; an die in neuerer Zeit erkannte Beziehung zwischen der Richtung der Gebirge und ihrem relativen Alter; an den allmählichen Übergang von der Tiefe zur Höhe, wie er sich theils in dem Stufen- oder Terrassen-förmigen Ansteigen des Landes von der Meeres-Fläche gegen das Innere der Kontinente, theils in der zunehmenden Höhe der Berge von den Polen gegen den Äquator offenbart; endlich an die Bildung der Gebirge selbst, welche bei aller Verschiedenheit in der Grösse, Höhe und Form, und bei aller scheinbaren Verworrenheit ihrer Verästung doch auch wieder eine gewisse Ähnlichkeit und Regelmässigkeit der Bildung zeigen, indem

sie bald Strahlen-förmig von gewissen Mittelpunkten ausgehend, bald in parallelen Ketten verlaufend und sich nach beiden Seiten in immer niedriger werdende Äste und Zweige theilend ein wohl geordnetes und gegliedertes Ganzes bilden.

Diese und ähnliche Verhältnisse zeigen daher, wie schon BUFFON bemerkt, offenbar, „dass die Berge ihre Lage nicht dem Zufalle verdanken, und dass sie auch nicht durch Erdbeben oder andere zufällige Ursachen entstanden, sondern aus der allgemeinen Anordnung der Natur hervorgegangen sind, eben so, wie ihre eigenthümliche innere Bildung und die Lagerung der Gesteine, welche sie zusammensetzen.“ Und es erscheint Diess auch nicht anders möglich, wenn man den wichtigen Einfluss der Gebirge auf die klimatischen Verhältnisse der Erde, auf ihre Bewässerung u. dgl. und eben damit auf die ganze Entwicklung, Beschaffenheit und Verbreitung der organischen Schöpfung bedenkt.

Es mag genügen, auf diese Erscheinungen hingewiesen zu haben, um zu zeigen, dass in der Gestalt der Erd-Rinde eine Ordnung und Gesetzmässigkeit herrscht, welche unmöglich aus einem blossen Spiele des Zufalls oder aus dem blinden regellosen Wirken roher Natur-Kräfte hervorgegangen seyn kann, sondern sich nur aus dem Walten einer nach Zweckmässigkeit und nach dem Plane der göttlichen Weisheit wirkenden Kraft erklären lässt.

Diese in der Bildung der grossen Massen, in der Vertiefung der Meeres-Becken, wie in der Erhebung und Gestaltung der Erdfesten sammt ihren Gebirgen thätige Kraft ist aber unseres Dafürhaltens keine andere, als die der Materie überhaupt inwohnende bildende Kraft, welche die kleinsten Theile derselben nach gesetzmässiger Ordnung, nach bestimmten Linien und Winkeln aneinander reiht, und ihr dadurch eine von der Kugel- oder Grund-Gestalt der Materie abweichende, je nach der Eigenthümlichkeit der Stoffe verschiedene Form ertheilt, nämlich die Krystallisations-Kraft. Dass diese Kraft wirklich einen thätigen Antheil an der Bildung der Erd-Rinde nahm, ist schon darum wahrscheinlich, weil die meisten Körper der unorganischen Natur eine mehr oder weniger ausgesprochene Neigung haben, beim ruhigen ungestörten Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand krystallinische Gestalt anzunehmen. Es wird Diess aber noch bestimmter dadurch erwiesen, dass diejenigen Gesteine, welche sich zuerst durch Erstarrung der feuerflüssigen Erd-Masse bildeten, die sogenannten Urgesteine, sich insgesamt durch ihre krystallinische Struktur auszeichnen.

Es lässt sich daher mit gutem Grunde annehmen, dass dieselbe Kraft, welche in der ganzen unorganischen Natur eine so wichtige Rolle spielt und das eigentlich bildende, gestaltende Prinzip der Körper ist, auch auf die Bildung der Erd-Rinde ihren Einfluss äusserte und, wie in den einzelnen Bestandtheilen der Gesteine, so auch in den grossen Massen, welche sie zusammensetzen, thätig war. Ist ja doch jeder Krystall nur eine Zusammensetzung unzähliger kleiner, und berechtigter

uns nichts, der extensiven Wirksamkeit des bildenden Prinzips eine Grenze zu setzen.

Wirklich zeigen auch mehre Gebirgsarten, wie z. B. die Basalte, in der Gestaltung ihrer Massen eine unverkennbare Neigung zu Annahme Krystall-ähnlicher Formen: ja es ist Diess von meinem verehrten Freunde, Ober-Medizinal-Rath v. JÄGER* als eine, wenn auch nicht allen, doch den meisten Gebirgsarten gemeinschaftliche Erscheinung durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen worden.

Aus den eben angeführten Gründen glauben wir daher die Kraft, welche die Gestalt der Erd-Rinde bestimmte und dieselbe nach den Gesetzen einer, wenn auch nur in ihren allgemeinen Zügen erkannten Symmetrie formte, am schicklichsten mit der Krystallisations-Kraft vergleichen oder gar als identisch mit derselben betrachten zu dürfen.

Ungefähr denselben Gedanken drückt H. HAUFF in seinen geologischen Briefen sehr schön und treffend aus, indem er sich über den von E. DE BEAUMONT erkannten Zusammenhang zwischen den Richtungen der Gebirge und ihrem relativen Alter also äussert: „Wenn sich diese Idee'n bestätigen, so wäre Diess ein höchst bedeutsamer Wink aus den uns völlig unbekanntem und unzugänglichen Tiefen der Erde. Er liesse uns ahnen, dass auch in den grossartigsten Gebilden der Erde, wie in ihren kleinsten, im Auftreiben der Gebirge, wie in den Durchgängen der Krystalle, das Gesetz der Symmetrie, der bestimmten Richtungen und Winkel herrscht . . . So wäre es denn gar nicht unmöglich, dass einst die ganze, scheinbar so willkürliche und regellose Höcker-Bildung des Globus aus den Gesetzen des Erd-Lebens selbst entwickelt und die wirren Linien der Gebirge als Glieder einer grossen symmetrischen Ausstrahlung aufgefasst würden.“

Suchen wir nun den Einfluss der Krystallisation auf die Gestaltung der Erd-Oberfläche etwas näher zu ergründen.

Vorerst äussert sich derselbe, wie schon erwähnt, darin, dass diejenigen Gebirgsarten, welche die Grundlage aller übrigen und den Kern der meisten Gebirge bilden, und in welchen wir theils die ersten Gebilde der erstarrenden Erd-Rinde, theils die Ursache späterer Hebungen derselben erkennen, sich insgesamt durch krystallinische Struktur auszeichnen.

Welche jedoch von den verschiedenen vormalis als Urgebirge bezeichneten Gestein-Arten diesen Namen wirklich verdienen und als die ersten oder eigentlichen Urgesteine zu betrachten seyen, die sich durch Erstarrung der glühenden Erd-Masse bildeten, darüber sind bekanntlich die Geologen nicht einig. Die Mehrzahl derselben betrachtet nämlich die schiefrigen Urgebirge, wie Gneiss, Glimmerschiefer u. s. w. als späteren Ursprungs, als Wasser-Bildungen, welche durch die Einwirkung der plutonischen Gesteine eine Umwandlung erlitten haben. Zu der

* Beobachtungen und Untersuchungen über die regelmässigen Formen der Gebirgsarten von Dr. G. F. JÄGER (Stuttgart 1846).

Annahme eines neptunischen Ursprungs dieser Gesteine scheint hauptsächlich ihre blätterige oder schieferige Struktur Anlass gegeben zu haben, indem man sich eine solche aus dem Erstarren einer feurig-flüssigen Masse nicht glaubte erklären zu können, sondern in derselben eine Ähnlichkeit mit den geschichteten, aus wässriger Auflösung abgesetzten Gesteinen erblickte. Berücksichtigt man jedoch die nahe Verwandtschaft zwischen mehren dieser schieferigen Gesteine und den massigen, wie z. B. zwischen Gneiss und Granit, den häufigen Übergang des einen in den andern, so erscheint es nicht wahrscheinlich, dass beide einen so verschiedenen Ursprung sollten gehabt, das eine aus wässriger, das andere aus feuriger Auflösung sollte entstanden seyn.

Hiezu kommt, dass diese schieferigen Grundgesteine durchaus nicht die deutliche regelmässige ebene Schichtung zeigen, wie sie sich von wässrigen Niederschlägen erwarten liesse, und wie sie den Sediment-Gesteinen auch wirklich zukommt; vielmehr ist ihre Schieferung niemals auf grössere Strecken gleichförmig, sondern die Blätter-Lagen sind häufig gebogen, verschiedenartig gekrümmt und gewunden.

Bedenkt man endlich noch, dass diese schieferigen Gesteine hin und wieder neptunischen Schichten aufgelagert sind oder in einer solchen Verbindung mit denselben stehen, dass sie nur durch späteres Eindringen zwischen dieselben in ihre jetzige Lage gekommen seyn können, so sollte es wohl natürlicher scheinen, ihnen denselben Ursprung wie den sogenannten plutonischen oder massigen Gesteinen, nämlich die krystallinische Bildung aus einem glühend-flüssigen Zustande zuzuschreiben, wie Diess besonders BREISLACK zu erweisen gesucht hat. Auch sieht man durchaus nicht ein, warum das schieferige, blätterige Gefüge dieser Gesteine mit einer solchen Entstehungs-Weise sich nicht reimen sollte; sind uns ja doch verschiedene Stoffe bekannt, wie das Wismuth, das Spiessglanz, das Arsenik-Zinn u. a., welche bei langsamem Übergange aus dem geschmolzenen in den festen Zustand ein sehr deutliches, zum Theil gross-blätteriges Gefüge annehmen.

Wir glauben daher die meisten der früher als Urgebirge bezeichneten Gesteine auch wirklich als diejenigen betrachten zu dürfen, welche die ersten Schichten der erstarrenden Erde bildeten, wofern die äussersten zuerst erhärteten Schichten sich überhaupt noch erhalten haben, und nicht durch die Einwirkung des Wassers aufgelöst oder zertrümmert worden sind. Warum dabei an der einen Stelle oder zu der einen Zeit dieses, an einer andern jenes Gestein entstand, liesse sich vielleicht aus der Verschiedenheit der inneren und äusseren Umstände erklären, unter welchen dieselben sich bildeten.

„Es ging“, wie FUCHS (über die Theorie'n der Erde), obwohl von anderen Gesicht's-Punkten über die Bildung der Erd-Rinde ausgehend, sich ausdrückt, „auf allen Punkten des Erd-Kreises nicht gleichzeitig immer Gleiches vor. Wir dürfen daher in den Gebirgen nicht eine bestimmte Reihen-Folge der verschiedenen Gebirgsarten suchen, wie wir sie denn auch nicht finden. Während sich auf einem Punkte Granit bil-

dete, entstand auf einem anderen Syenit, Porphyr, Glimmerschiefer, Grünstein, Quarzfels u. s. w. Überhaupt sind die beständig in einander sich verlaufenden Glieder der Kiesel-Reihe, besonders die älteren und gemengten, nur wie Varietäten Einer Formation zu betrachten und nicht so streng wie die Mineral-Spezien zu unterscheiden.“

Wie wir ein und dasselbe Salz unter verschiedenen Verhältnissen bald unter dieser, bald unter jener Form anschliessen sehen, so liesse sich auch annehmen, dass die erstarrende Rinde des Erd-Körpers je nach dem Wechsel der äusseren Bedingungen, an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche eine verschiedene Struktur könne angenommen haben.

Zu diesen äusseren Einflüssen rechnen wir z. B. die langsamere oder schnellere Erkaltung der Erd-Rinde an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche; die Strömungen, welche wir in der damaligen feurigen Flüssigkeit so gut, wie in unseren jetzigen Meerren voraussetzen dürfen, indem das schnellere oder langsamere Erstarren, wie die Ruhe oder Bewegung der Flüssigkeit im Augenblicke ihres Festwerdens von nothwendigem Einflusse auf die Form und Regelmässigkeit der Krystallisation seyn musste. Insbesondere mochte die Strömung, welche wir uns durch die Schwung-Kraft der rotirenden Erde in ihren oberflächlicheren und darum beweglicheren Schichten erregt denken, durch ihre Wellen-förmige Bewegung, d. h. durch die Aufeinanderfolge und das Übergreifen der in horizontaler Richtung bewegten Schichten, die Krystallisation nach dieser Richtung begünstigt haben, wodurch die blätterige oder schiefrige Struktur und eben damit eine oberflächliche Ähnlichkeit mit den geschichteten Flötz-Gesteinen entstand. Daher sind vielleicht die schiefrigen Urgesteine die zuerst gebildeten, und die körnigen, wie namentlich der Granit, haben sich erst nach und unter diesen aus einer ruhigeren Flüssigkeit gebildet, wobei die Krystallisation der Gemengtheile gleichförmiger nach allen drei Richtungen, nach der Breite, Dicke und Höhe vor sich gehen konnte.

Ein weiterer innerer Grund für die ungleichartige Bildung der Urgesteine mag vielleicht darin liegen, dass die flüssige Masse des Erd-Körpers nicht überall die gleiche Zusammensetzung hatte, dass Anziehungen und Abstossungen unter ihren verschiedenartigen Bestandtheilen stattfanden, in Folge deren die gleichartigen sich von den ungleichartigeren absonderten, ungefähr so wie aus einer anscheinend homogenen Auflösung mehrer Salze diese beim Krystallisiren sich wieder von einander trennen und jedes für sich absetzen. Wie dem aber auch sey, so scheint es jedenfalls als ziemlich ausgemacht betrachtet werden zu dürfen, dass durch die Abkühlung und das Erstarren der äussersten Schichten sich um den glühend-flüssigen Erdball eine feste Rinde bildete, welche jedoch im Vergleiche mit dem Durchmesser der Erde nur ein äusserst dünnes Häutchen darstellte, weit dünner noch als die Schaale eines Eies im Verhältniss zu seinem Inhalte. Unter dem Schutze dieser Rinde musste die Erkaltung der tieferen Schichten noch langsamer und stetiger vor sich gehen als bisher, und die krystallinische

Anordnung ihrer Gemengtheile noch mehr begünstigt werden, bis endlich durch die allmählich tiefer eindringende Erkaltung die zunächst unter der festen Rinde gelegenen Schichten zu krystallisiren begannen. Da nun aber, wie in dem ersten Theile dieser Abhandlung gezeigt worden, die meisten Körper beim langsamen Übergange aus dem flüssigen in den festen krystallinischen Zustand sich ausdehnen und einen grösseren Raum einnehmen, so lässt sich mit zureichendem Grunde annehmen, dass durch das Erstarren der tieferen Schichten ein Druck auf die noch sehr dünne äussere Rinde ausgeübt und diese an verschiedenen Stellen gehoben oder durchbrochen werden musste.

Hiermit war der erste Anstoss zur Unterbrechung der bisher gleichförmigen Ebene der Erd-Kugel gegeben, es entstanden Erhöhungen und Vertiefungen auf derselben, als die ersten Vorläufer nachmaliger noch grösserer Veränderungen. Die Erkaltung drang nämlich immer tiefer in das Innere der Erde ein, und so wiederholte sich derselbe Vorgang mehrmals, theils an verschiedenen Orten, theils zu verschiedenen durch mehr oder weniger lange Zwischenräume getrennten Zeiten.

Die ersten bedeutenderen Unebenheiten der Erde scheinen sich übrigens erst längere Zeit nach dem Erstarren ihrer Rinde gebildet zu haben, nachdem bereits die Gewässer aus der Atmosphäre sich niedergeschlagen hatten, indem die beobachteten Thatsachen es wahrscheinlich machen, dass einstens eine allverbreitete Wasser-Bedeckung der Oberfläche stattfand, aus welcher das feste Land zuerst stückweise oder Insel-artig emporstieg und erst allmählich zu grösseren Landfesten verwuchs.

Je dicker die Erd-Rinde wurde, desto langsamer und gleichförmiger drang ohne Zweifel die Erkaltung in die Tiefe, desto längere Zwischenräume trennten daher auch wohl die einzelnen Erstarrungs- oder Krystallisations-Epochen, desto grösser war aber auch, wie es scheint, die Gewalt, womit die erstarrenden inneren Schichten die bereits erhärtete Rinde durchbrachen, bis endlich die zunehmende Dicke dieser letzten dem weiteren Durchbrechen ein Ziel setzen mochte. Für diese Annahme scheint wenigstens zu sprechen, dass die ältesten Gebirge im Allgemeinen nicht die mächtigsten sind, sondern mehr der gewaltigsten und höchsten, wie die *Alpen* und *Anden*, gerade den jüngsten Hebungen ihre Entstehung verdanken, wobei übrigens die grössere Dicke der Erd-Rinde selbst dazu beitrug, durch die Aufrichtung ihrer Schichten den jüngeren Gebirgen mehr Masse und Höhe zu geben.

Dieser unserer eben entwickelten Ansicht von der Erhebung des Festlandes sammt seinen Gebirgen, durch den Akt der Krystallisation, steht nun aber nicht allein die allgemeine Meinung von der verdichtenden Wirkung dieser Kraft entgegen, sondern es scheint auch dieselbe durch die Beobachtungen von BISCHOF, MAGNUS, DEVILLE, DELESSE u. A. geradezu widerlegt zu werden, sofern nach diesen die meisten krystallinischen Gesteine, wie Granit, Syenit, Porphyr u. s. w. durch Schmelzen in einen glasartigen Zustand übergehen und zugleich an spe-

zifischem Gewichte abnehmen, woraus man auf eine Zusammenziehung der Erd-Masse, eine Verkürzung ihres Durchmessers durch die krystalinische Bildung ihrer Rinde schloss.

Wir haben jedoch diesen Einwurf zum Theil schon in dem ersten Abschnitte dieser Abhandlung wiederlegt, indem wir im Allgemeinen zu zeigen suchten, dass die Meinung, als bewirke die krystalinische Bildung, vergleichungsweise zu dem dichten gestaltlosen Zustande, eine grössere Verdichtung des Stoffes, irrig sey, und es bleibt uns daher nur in Betreff der zuletzt erwähnten Beobachtungen noch Einiges zu bemerken übrig. Wenn wir schon in die Richtigkeit dieser Versuche nicht den mindesten Zweifel setzen und auch annehmen wollen, dass die durch Schmelzung der genannten Gesteine erhaltenen Glas-artigen Massen von gleichförmiger Beschaffenheit und frei von Blasen gewesen seyen, welche zu Irrungen hätten führen können, so erscheint doch jedenfalls die aus jenen Versuchen gefolgerte Verdichtung durch die Krystallisation in so fern nicht gehörig begründet, als dabei auf die Ungleichheit der Verhältnisse, unter welchen in beiden Fällen der Übergang von dem flüssigen in den festen Zustand vor sich ging, keine Rücksicht genommen ist und so der verschiedenartigen Struktur zugeschrieben wurde, was eigentlich nur von der Verschiedenheit der äusseren Umstände herrührte.

Es ist nämlich bekannt (und sind auch in dem ersten Abschnitte dieser Abhandlung Beispiele davon angeführt worden), dass der Übergang der Körper aus dem flüssigen in den festen Zustand, je nach den besonderen äusseren Verhältnissen, bei sehr verschiedenen Temperaturen vor sich gehen kann, und dass manche derselben weit unter ihrem gewöhnlichen Schmelz- oder Erstarrungs-Punkte noch flüssig erhalten werden können. Ja wir haben sogar oben gezeigt, dass die Eigenschaft mehrer Körper, sich während des Erstarrens auszudehnen, an die Bedingung gebunden ist, dass dieselben durch sehr langsame Abkühlung den höchst möglichen Grad der Dichtigkeit erreichen, deren sie im flüssigen Zustande fähig sind.

Es lässt sich aber nicht allein im Voraus annehmen, dass der Grad der Temperatur, bei welcher eine Flüssigkeit erstarrt, auf ihre Dichtigkeit und dass diese wiederum auf das spezifische Gewicht des aus derselben sich bildenden festen Körpers Einfluss haben werde, sondern es scheint Dieses auch durch das oben angeführte Beispiel des salpetersauren Kalis oder Natrons wirklich bestätigt zu werden. Es wurde nämlich erwähnt, dass geschmolzener Salpeter, welchen man durch Ausgiessen schnell zum Erstarren gebracht hat, ein geringeres spezifisches Gewicht hat als derjenige, welchen man auf die möglich langsamste Weise hat erkalten lassen. Und doch findet, wie gezeigt wurde, im letzten Falle eine Ausdehnung bei der Krystallisation des Salzes Statt, während das schnell erkaltende sich vielmehr zusammenzieht. Die grössere Dichtigkeit des langsam erkalteten Salzes rührt also, wie es scheint, nicht von der vollkommeneren Krystallisation desselben, sondern von dem Umstande her, dass es aus einer dichteren Flüssigkeit erstarrte; und wollte man aus

dem grösseren spezifischen Gewichte des langsam erkalteten Salzes schliessen, dass bei demselben eine stärkere Verdichtung oder Zusammenziehung während des Erstarrens stattgefunden habe, so würde Diess offenbar eine unrichtige, der Erfahrung widersprechende Folgerung seyn *. Das grössere oder geringere spezifische Gewicht eines Körpers beweist daher für sich allein noch nicht, dass er bei seinem Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand in dem einen Falle eine stärkere Zusammenziehung und folglich eine bedeutendere Verminderung seines Volumens erfahren habe als in dem andern, sondern es kommt dabei wesentlich auf den Grad der Dichtigkeit an, welchen die Flüssigkeit im Augenblicke ihres Erstarrens hatte **.

Nicht also in der krystallinischen Struktur an sich liegt wahrscheinlich der Grund, dass der Granit und andere Gesteine im natürlichen Zustande eine grössere Dichtheit besitzen als nach ihrer Umschmelzung und Verwandlung in eine Glas-artige Masse, sondern darin, dass beide Bildungen unter sehr verschiedenen Umständen vor sich gingen und aus einer Flüssigkeit von sehr verschiedener Dichtigkeit sich erzeugten; denn nicht allein musste die äusserst langsame Erkaltung, sondern auch und vielleicht noch mehr der grosse Druck, unter welchem sich jene Gesteine im Schoosse der Erde bildeten, dazu beitragen, denselben eine grössere Dichtheit zu geben, als wenn sie nach künstlicher Schmelzung schnell zu einer glasigen Masse erstarren.

Mit dieser Annahme stimmen auch die Beobachtungen von DELESSE (FRORIEP's Notizen 1848, Janv., S. 104) überein, wonach bei der Umwandlung in den glasigen Zustand mittelst künstlicher Schmelzung die ältesten Formationen am meisten an Dichtheit verlieren, während die jüngeren weniger abnehmen, sowie die Vermuthung HUMBOLDT's, „dass das Erstarren des Zähen oder des Beweglich-flüssigen unter grösserem oder geringerem Drucke hauptsächlich den Unterschied der Bildung plutonischer und vulkanischer Gebirgsarten bestimmt habe.“

Nach Analogie des Wassers, des Wismuths und mehrerer anderer Metalle und Metall-Verbindungen (s. den ersten Abschnitt dieser Abhandlung) dürfen wir annehmen, dass die Ausdehnung der krystallisirenden Körper nicht erst im Augenblicke ihres Erstarrens erfolgt, sondern diese schon früher beginnt, indem die Atome der Flüssigkeit ihre gegenseitige Lage allmählich verändern und sich nach besonderen Ge-

* Dieselbe Erscheinung, d. h. Ausdehnung beim Erstarren, zugleich mit Zunahme des spezifischen Gewichtes habe ich noch bei einigen andern Salzen, wie auch bei dem Schwefel beobachtet, wenn durch sehr allmähliche Abkühlung der Übergang aus dem geschmolzenen in den festen Zustand möglichst erlangsamt wurde.

** Eben hierin mag wohl auch der Grund liegen, dass natürlicher, metallischer oder mit Schwefel verbundener Spiessglanz nach meinen Beobachtungen ein grösseres spezifisches Gewicht zeigt, als wenn er auf künstlichem Wege zum Krystallisiren gebracht wurde.

setzen zusammenreihen, wodurch sie die künftige Krystallisation vorbereiten. Mit dieser veränderten Lagerung der kleinsten Theile, ihrer Anziehung und Abstossung nach bestimmten Richtungen findet aber eine Ausdehnung der Flüssigkeit Statt, welche bekanntlich beim Wasser schon mehre Grade über dem Gefrierpunkt anfängt merkbar zu werden.

Denken wir uns also die unter der erhärteten Erd-Rinde befindlichen glühend-flüssigen Massen durch allmähliche Erkaltung bis zu dem Grade verdichtet, wo die Krystallisations-Kraft anfängt, ihren Einfluss auf dieselben auszuüben und die Theilchen ihren Gesetzen gemäss zu ordnen, so müssten jene Massen sich eben damit ausdehnen, gegen die sie umschliessende feste Rinde drücken, dieselbe endlich heben, durchbrechen und sich in flüssigem oder teigigem Zustande über ihre Oberfläche ergiessen, oder sich zwischen die gehobenen Schichten einschieben und erstarren, wie es auch die beobachteten Thatsachen erweisen.

Ein augenscheinliches Bild dieses Vorgangs im Kleinen bietet der erstarrende Wismuth dar, dessen innere noch flüssige Masse sich kurz vor dem Erstarren dermassen ausdehnt, dass sie die bereits festgewordene Rinde durchbricht, auf die Oberfläche hervortritt und hier erhärtet. In der That ist es nicht möglich sich eine ansehnlichere Vorstellung von dem Durchbruche des Granites und anderer geschmolzener Gesteine aus dem Erd-Innern zu machen.

Wer es aber unwahrscheinlich finden möchte, dass die Ausdehnung der krystallisirenden Gebirgs-Massen mächtig genug hätte seyn sollen, Schichten von der Dicke der Erd-Rinde zu erheben, zu durchbrechen und zu hohen Gebirgen aufzuwerfen, der bedenke einmal die äusserst geringe Dicke der Erd-Rinde im Verhältniss zu ihrem flüssigen Kern, was in früheren Zeiten noch mehr der Fall gewesen seyn muss, als jetzt, und zweitens die verschwindende Grösse der Gebirge vergleichungsweise mit dem Erd-Durchmesser, und er wird jene Annahme nicht so unwahrscheinlich finden. Wie gewaltige Wirkungen aber die Ausdehnung der Körper bei der Krystallisation hervorzubringen vermöge, haben die bekannten Versuche mit gefrierendem Wasser gezeigt, wonach dieses metallene Röhren und Kugeln von so beträchtlicher Dicke zu sprengen vermag, dass nach MUSCHEMBROECK's Berechnungen die hiezu erforderliche Gewalt einem Drucke von 27,720 Pfund gleichkam. Wir haben somit in dem Krystallisations-Vermögen eine Kraft kennen gelernt, welche mit den stärksten mechanischen Gewalten und namentlich mit der des Dampfes wetteifert oder sie noch übertrifft; und wenn diese Kraft schon in wenigen Pfunden Wasser so grosse Wirkungen hervorzubringen vermag, wie ungeheuer mussten diese erst gewesen seyn, als sie sich in Millionen und aber Millionen Zentner schweren Massen äusserte!

Die Ausdehnung der Körper beim Krystallisiren und die damit zusammenhängende Abnahme ihres spezifischen Gewichtes beseitigt aber endlich auch noch den Einwurf, welchen man gegen die Annahme von der Erstarrung der Erd-Rinde aus feuerflüssigem Zustande gemacht hat,

dass nämlich die erhärteten Massen sich nicht an der Oberfläche hätten erhalten und zu einer zusammenhängenden Lage verbinden können, sondern in die Tiefe hätten sinken müssen. Es geschah hiebei ganz dasselbe und aus dem gleichen Grunde wie beim gefrierenden Wasser, welches sich zuerst an der Oberfläche mit einer Eis-Decke belegt, die sich allmählich nach unten zu verdickt.

Ob mit ihrer jetzigen Gestaltung die Erd-Rinde ihre letzte Entwicklung erreicht habe, ob ihr innerer, wahrscheinlich noch jetzt in glühendem Flusse befindlicher Kern in seinem gegenwärtigen Zustande beharren werde, oder ob er den Keim zu weiteren künftigen Entwicklungen in sich trage, ob das fortschreitende Erstarren der tieferen Schichten spätere grosse Umwälzungen der Oberfläche und damit vielleicht den Untergang der jetzigen Schöpfung und die Entstehung einer neuen vollkommeneren mit sich bringen werde, liegt im Schoosse der Zukunft verborgen. Vielleicht rühren die noch in unseren Zeiten fortdauernden Hebungen gewisser Strecken des Continents, vielleicht einige sehr weit verbreitete oder fern von vulkanischen Gegenden vorgekommene Erdbeben von der noch jetzt zeitenweise eintretenden Erstarrung der tieferen Schichten des Erd-Körpers und dem dadurch bewirkten Druck oder Stoss gegen die feste Rinde her, in welcher sie jedoch wegen ihrer grösseren Dicke keine so gewaltigen Veränderungen, wie früher, mehr zu bewirken vermögen. Wirklich ist der Umkreis, auf welchen sich manche Erdbeben erstrecken, zu gross, als dass sich dieselben aus den gewöhnlichen, doch immer mehr lokalen vulkanischen Erscheinungen begreifen liessen. „Man hat berechnet“, sagt A. v. HUMBOLDT, „dass bei dem grossen Erdbeben, welches am 1. Nov. 1755 *Lisabon* zerstörte, ein Erd-Raum gleichzeitig erbebte, welcher an Grösse viermal die Oberfläche von Europa übertraf.“ Sollten wohl Höhlungen von solch unermesslicher Ausdehnung im Innern der Erde sich befinden? und welche ungeheure Gewalt der gespannten Dämpfe gehörte dazu, derartige Wirkungen hervorzubringen? Wie erklärt sich überdiess bei dieser Annahme die Gleichzeitigkeit der Erschütterung auf so weite Entfernungen? Lässt sich annehmen, dass die Bewegung elastischer Flüssigkeiten mit solcher Schnelligkeit sich fortpflanzen könne, da die heftigsten Stürme in einer Stunde nicht über 7—8 Meilen zurücklegen sollen? Woher rührt ferner die nicht seltene Erscheinung von Erd-Stössen in Binnen-Ländern, weit von vulkanischen Herden und ohne Zusammenhang mit vulkanischen Ausbrüchen? Bemerkenswerth erscheint endlich auch noch der Umstand, dass die Erschütterungs-Linien häufig dem Streichen der Gebirge folgen, was auf einen ursächlichen Zusammenhang beider Erscheinungen hinzuweisen scheint.

Ob jedoch die Erstarrung des glühenden Erd-Kernes viel tiefer dringen werde, und ob die Ausdehnung der krystallisirenden Massen mächtig genug seyn werde, den Druck der dickeren Erd-Rinde zu überwinden und grössere Veränderungen auf ihrer Oberfläche zu bewirken, muss dahin gestellt bleiben. Jedenfalls scheint das Erkalten des Erd-

Kerns seit den historischen Zeiten nur äusserst langsam vor sich gegangen zu seyn, und die hierüber angestellten Berechnungen machen es wahrscheinlich, dass die fernere Erkaltung im Laufe eines unermesslichen Zeitraumes nicht über einen kleinen Bruch-Theil eines Centesimal-Grades betragen werde.

Doch wir brechen hiemit unsere Betrachtungen ab, indem das Bisherige genügen mag, um zu zeigen, in wie fern aus dem oben erwiesenen Gesetze von der Ausdehnung der Körper durch die Krystallisation die jetzige Gestalt der Erd-Rinde und besonders die Erhebung des Festlandes mit seinen Bergen sich erklären lassen. Mag auch diese Erklärung noch Eins oder das Andere zu wünschen übrig lassen, und kann sie auch keinen weiteren Anspruch machen, als den einer nicht ganz unwahrscheinlichen Vermuthung, so scheint sie uns doch befriedigender als irgend eine der bisher aufgestellten; denn sie stützt sich einmal auf ein an vielen Beispielen nachgewiesenes Natur-Gesetz, sie steht im vollkommenen Einklange mit den beobachteten geologischen Thatsachen, und sie führt endlich die Erscheinungen planmässiger Ordaung in der Bildung der Erd-Oberfläche auf die Gesetze einer allgemeinen bildenden Kraft zurück.

Nichts scheint aber natürlicher, als dass dieselbe Kraft, welche die kleinsten Theilchen der Materie nach bestimmten Gesetzen ordnet und das formende Prinzip der ganzen unorganischen Natur ausmacht, ihren Einfluss auch im Grossen äusserte, indem sie ordnend und bildend auf die Gestaltung unseres Planeten wirkte. Die genauere Ermittlung dieser Gestalt erscheint daher sozusagen als die Aufgabe einer nach grossartigem Maassstabe angelegten Krystallographie, wozu hinsichtlich der Richtung der Gebirgs-Systeme ÉLIE DE BEAUMONT'S Untersuchungen bereits den Anfang gemacht haben. Die Berge bildeten nach dieser Vorstellung gleichsam kolossale, über die Erd-Fläche hervorragende Krystalloide, deren Formen freilich roh und theils durch die gehobenen und zerrissenen Flötz-Gesteine mehr oder weniger verhüllt, theils wohl durch die atmosphärischen Einflüsse im Laufe der Zeiten verwischt und abgeschliffen worden sind; wiewohl manche Gebirgs-Massen in ihren glatten Wänden, ihren scharfen Kanten, Ecken, nadel-förmigen Spitzen und dergleichen noch jetzt eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den Krystall-Formen zeigen. Die Gebirgs-Stöcke liessen sich mit den Krystallisations-Kernen vergleichen, von welchen die Ausstrahlung nach verschiedenen Seiten ausging; die Gebirgs-Ketten endlich mit ihren Verästelungen stellten im Grossen das Bild dendritisch anschliessender Krystalle dar, und in der That, wenn man die Abrisse der Gebirgs-Züge auf einer Landkarte betrachtet, so lassen sich diese mit Nichts passender vergleichen, als mit einer Baum-artig verzweigten Krystall-Gruppe.

Sollte nun die in dem Bisherigen entwickelte Ansicht wirklich begründet seyn, so lieferte sie einen neuen Beweis von der bewundernswürdigen Einfachheit der Mittel, durch welche die göttliche Allmacht so Grosses und Erhabenes hervorgebracht hat. Gleichwie es nämlich eine

und dieselbe Kraft ist, welche den Apfel zur Erde fallen macht und das zahllose Heer der Gestirne in unermesslichen Entfernungen aneinander gekettet hält und sie zwingt ihre Bahnen in harmonischer Einigkeit zu wandeln, so wäre es die anscheinend so geringfügige Eigenschaft der Körper, vermöge der das gefrierende Wasser sein Gefäß zersprengt, welche himmelanstrebende Berge aufgethürmt, Meeren und Flüssen ihr Bett gegraben, und der Oberfläche der Erde nicht nur Schönheit und Abwechslung verlichen, sondern sie auch zum Aufenthalte einer reichen und manchfaltigen organischen Schöpfung und zum würdigen Wohnsitze des Menschen bereitet hat.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1852

Band/Volume: [1852](#)

Autor(en)/Author(s): Duvernoy Georges Louis

Artikel/Article: [Über die ausdehnende Wirkung der Krystallisations-Kraft 781-821](#)