

**Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien.**

Gesammelt und herausgegeben von **W. Haidinger.**

---

---

## **I. Spezielle Mittheilungen.**

### **Ueber die Metamorphose der Gebirgsarten.**

**Von W. Haidinger.**

Mitgetheilt am 25. Februar 1848.

Man hat so oft die Natur mit einem Buche verglichen, das uns ihre Wunder sichtbar verzeichnet entgegenhält, aus dem es uns gegeben ist, nach und nach die Gesetze zu entwickeln und zu verstehen, welche die einzelnen Erscheinungen aneinander reihen.

Auch bei einer mehr in das Einzelne gehenden Vergleichung hält das sinnreiche Bild. Um in einem Buche zu lesen, muss man die Sprache desselben verstehen. Das Vorkommen der Mineralien in der Natur eben so wie das der fossilen Reste organischer Individuen ist nicht regellos. Nur unter gewissen Verhältnissen dürfen wir sie anzutreffen erwarten. Aber da ist die Aufgabe schon weitumfassend. Entweder man muss eine ausgedehnte Kenntniss des Einzelnen zu erstreben suchen, und das ist schon an sich eine Masse von Erfahrungen oder man muss vorerst wenig bekümmert um die feineren Unterschiede, die Verhältnisse selbst in der Natur untersuchen, um nach und nach auf die nothwendigen Einzelstudien geleitet zu werden. Wenn wir das Erste mit der Kenntniss der Buchstaben\*), das Zweite mit den Blättern in einem Buche von fremder Sprache vergleichen, so

---

\*) Noch in einem Briefe vom 5. December 1847 an den Verfasser nennt L. v. Buch die organischen Reste „die Buchstaben, mit welchen die Natur ihre Documente in Gebirgen geschrieben hat.“

passt also auch dieses so ziemlich auf die Wege, welche Mineralogen und Geologen im Anfange ihrer Studien eingeschlagen haben, um, von verschiedenen Puncten ausgehend, ihre Resultate nach und nach zu vereinigen.

Wenn aber in früherer Periode, wo mineralogische Kenntniss selbst noch wenig ausgebildet war, auch die Schlüsse der Geologen jener Sicherheit entbehren mussten, die allein den Naturforscher befriedigen kann, so haben die neuen Arbeiten und Ansichten so mancher derselben, die von Mac Culloch, Boué, L. v. Buch, Elie de Beaumont und Dufréney, Lyell, Keilhan, Studer, Fournet, A. Escher, Hoffmann, Bischof, Forchhammer, Virlet, deBoucheport, Durocher, Bunsen u. a. in der langen Reihe von Jahren, in welchen die Frage schon offen liegt, doch die Beobachtungen selbst so sehr gehäuft, dass sich von dieser Seite schon bedeutende Fragmente der grossen Geschichte der Veränderung der Erdschichten entwickeln liessen. Viele derselben werden in einem spätern Abschnitte der hier zusammenzustellenden Betrachtungen die wichtigsten Beobachtungen und Bestätigungen von Ansichten liefern, die ihrerseits wieder durch die genauere Untersuchung der Pseudomorphosen begründet sind.

### 1. Mineralogische und geologische Studien.

Von dem mineralogischen Gesichtspuncte aus sind es insbesondere die Pseudomorphosen, die werthvolle Daten zu liefern im Stande waren. Jede Species für sich ist nur ein Wort in jenem grossen Buche. Aber man vergleicht mit archäologischem Scharfsinn zwei und mehrere Handstücke und ist oft im Stande, ein grösseres Fragment eines unläugbar sicheren Vorganges zu enträthseln. Häufig sind Untersuchungen dieser Art bei dem weit vorgeschrittenen Zustande chemischer und physikalischer Hilfswissenschaften keineswegs schwierig und doch sind ihre Resultate sicher.

Aber um sie zu grösseren historischen Abschnitten in der Bildung unseres Planeten zu gestalten, muss man die aus dem fliegenden Blatte gewonnenen Theorien an den grossen

Fragmenten prüfen, die noch in der Natur in dem Zusammenhange liegen, in welchem sie sich gegenseitig erklären.

Die hierher gehörigen mineralogischen Studien sind nicht vernachlässigt worden. Als Literaturwerk zugleich und als Resultat vieler eigenen Forschungen dürfen hier wohl Blum's Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart, 1843 vorzüglich erwähnt werden. Hier findet man die Resultate der Beobachtungen von Mitscherlich, Gustav Rose, Breithaupt, Marx, Zippe und Anderer mit denen vereinigt, welche ich früher (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh 1827*) zusammengestellt, und zum Theil neu an der Natur geprüft hatte. Landgrebe hatte bereits die Literatur (*Die Pseudomorphosen im Mineralreiche, Cassel 1841*) gesammelt und immerwährend wird Neues mitgetheilt. Ein wichtiger Nachtrag zu Blum's Pseudomorphosen enthält 1847 viele der neuesten Forschungen von Dana, Forchhammer und andern. Endlich gibt auch Suckow (*die Verwitterung im Mineralreiche, Leipzig 1848*) treffliche Zusammenstellungen und Bemerkungen.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandss kann ich jedoch hier den Wunsch nicht unterdrücken, dass man bei der Angabe einzelner Vorkommen und bei der Aufsammlung der Angaben ja recht sorgsam sein möge und der Natur den Vortritt vor der Autorität gönne. Nur Sicheres werde aufbewahrt. Lieber eine kleine Summe von Erfahrungen aber unumstössliche. Aeltere Angaben sind besonders oft zweifelhaft; aber es gibt auch so manche Neue, die schnell ausgesprochen, nicht auf gründlicher Untersuchung beruhen und daher oft mehr sonderbar als genau sind.

Von der geognostischen Seite musste der Ausdruck: Metamorphismus in einer weit ausgedehnteren und doch weniger sichern Bedeutung gebraucht werden. Gegen den allgemeinen Begriff liess sich wohl keine gründliche Einwendung machen. Dagegen entbehrt die Erklärung durch Metamorphismus, auf einzelne Beobachtungen bezogen, nur zu oft jener Evidenz, welche man billig verlangen kann, wenn der Gegenstand in den Bereich der Naturwissenschaften gehört. Wenn die Metamorphose von sedimentären Schichten kohlen-sauren Kalkes zu Dolomit noch jetzt von manchen Seiten angefochten wird, weil die Existenz

der als Vorgang bei der Veränderung angenommenen Talk-  
erdedämpfe nach chemischen Grundsätzen allerdings nicht  
wahrscheinlich ist, so bietet das unter den Pseudomor-  
phosen über allen Zweifel sicher gestellte Vorkommen von  
Dolomit in der Gestalt von Kalkspath eine ganz gleiche Er-  
scheinung, die Niemand umzustossen im Stande ist, was  
man immer auch für einen Vorgang als Erklärung derselben  
ersinnen möchte. Die Thatsache ist unwiderleglich und  
so fest begründet, dass man nach ähnlichen Vorkommen in den  
Gebirgsschichten hätte forschen können, wenn sie nicht dort  
unabhängig bereits entdeckt gewesen wären. Die Metamor-  
phose ist von den Geologen bei dem Felsdolomit vorausge-  
setzt, bei den Pseudomorphosen von den Mineralogen nach-  
gewiesen worden, das gleiche Ergebniss kann nicht anders  
als jedem Einzelnen zur Bestätigung dienen. Hr. v. Mor-  
lot's\*) neue Arbeiten haben dem Gang der Pseudomor-  
phose durch gegenseitige Zerlegung von Kalkstein und Bit-  
tersalz zu Dolomit und Gyps einen bedeutenden Grad von  
Wahrscheinlichkeit verliehen.

So wie aber in dem vorliegenden Falle die Wahrschein-  
lichkeit des Vorkommens metamorphischer Gesteine durch  
das unbezweifelbare Auftreten pseudomorpher Bildungen er-  
läutert und durch die That begreiflich gemacht wird, ebenso  
ist es auch wünschenswerth, für die Erscheinung der letzte-  
ren ein wahrscheinliches Bild von einem chemischen Vorgan-  
ge zu geben, der die ursprüngliche Species mit derjenigen  
verbindet, welche nun in fremdartiger Form beobachtet wird.

Endlich verlangt die Erläuterung der Metamorphose in  
den Gesteinen selbst die möglichste Klarheit in der Nachwei-  
sung der oben berührten Verhältnisse.

Die einzelnen vorkommenden Fälle hat man wohl öfters  
schon zu erklären versucht. Ist es doch dem menschlichen  
Geiste ein Bedürfniss, sich Rechenschaft über Beobachtetes  
zu geben; ja er geht nur zu leicht darin zu weit, wie die  
vielen Theorien der Entstehung der Erde beweisen, die weit

---

\*) Ueber Dolomit und seine künstliche Darstellung. Naturwissenschaft-  
liche Abhandlungen gesammelt und durch Subscription herausgege-  
ben von W. Haidinger.

aller Beobachtung über ihre Zusammensetzung vorausgeeilt sind. Aber es bleibt immer wünschenswerth die Beobachtungen, die bereits unzweifelhaft dastehen aus so vielen Gesichtspuncten als es nur immer möglich ist, durch Schlüsse mit einander im Zusammenhange, wenn auch nur als Skizze zu verbinden.

Die einzelnen Punkte, welche dabei zu berücksichtigen sind, lassen sich bei jedem vorkommenden Falle unter folgende Abtheilungen bringen :

1. Angabe eines dem Gegebenen entsprechenden Falles einer bekannten Krystall-Pseudomorphose.

2. Nebst der bisher gebräuchlichen Darstellung der in der Krystall-Pseudomorphose stattfindenden chemischen Unterschiede noch die Theorien des Vorganges bei dieser Veränderung durch ein genügendes chemisches Agens.

3. Beziehung des letzteren Vorganges auf die metamorphosirte Gebirgsart.

4. Erläuterung durch einen Versuch, wo es möglich ist.

Die Betrachtung einzelner Vorkommen ist der Zweck dieser Zusammenstellung. Einige allgemeine Resultate werden sich ungezwungen anreihen. Aber um den Standpunct zu bezeichnen, von dem ich gerne auszugehen wünschte, ist es doch auch erforderlich einige allgemeine Betrachtungen vorangehen zu lassen, wenn sie auch vielleicht zum Theil mehr als Beispiele behandelt sind.

## 2. Metamorphose. Anogen. Katogen. Exogen. Endogen. Hypogen.

Linné's Forschergeist drückte vorlängst den Gang der Bildung fester Gesteine in folgenden Worten aus: *Lithogenesis studiose in itinerebus quaesivi, didicique eam absolvi Praecipitatione et Crystallisatione, atque Terras prosterni, sed Quartzum, Spatum, Micamque exsurgere, etc. (Lithologia, Praefatio.)*

Der Ausdruck Metamorphose ist nun bereits so allgemein angenommen, dass es kaum noch erforderlich ist, ihn zu definiren.

Das fortgesetzte Studium der Pseudomorphosen ist es, welches die Frage immer mehr auf das Feld des Metamorphismus bringt. Die Ausdrücke, welche ich als allgemeine

Bezeichnung der Veränderungen bei den ersteren vorschlug, waren: katogen für diejenigen Vorkommen, bei welchen Reduction, ein Fortschritt in electropositiver Richtung, der Kathode oder dem Kupferpole einer galvanischen Säule entsprechend, stattfand; anogen für diejenigen, bei welchen das Gegentheil vorausgesetzt werden konnte, wo sich also Oxydation beweisen liess, ein Fortschritt in electronegativer Richtung, der Anode oder dem Zinkpole der galvanischen Säule entsprechend.

In dem Gegensatz der eruptiv und sedimentär gebildeten Gesteine kommen von Humboldt's Ausdrücke endogen und exogen den vorigen nahe, sowie auch Lyell's Ausdruck hypogen, der beinahe mit endogen übereinstimmt (Kosmos p. 457). Doch sind sie wesentlich verschieden, und mögen daher künftig zweckmässig verwendet werden, wo es gerade darauf ankommt, den Begriff genau auszudrücken, den das Wort andeutet.

„Plutonisches und vulkanisches Eruptionsgestein ist endogen, ein im Innern erzeugtes, Sediment- und Flötzgestein ist exogen, ein von Aussen an der Oberfläche der Erde erzeugtes.“ Der Gegensatz ist treffend ausgedrückt, und endet bei der ursprünglichen Ausfüllung des Raumes, den das Gestein einnimmt. Diese Ausdrücke beziehen sich auf diejenige Periode in der Gesteinbildung, von welcher an die Anogenie oder Katogenie beginnt. Lyell hat hypogen zuweilen in ausgedehnterem Sinne gebraucht als endogen, indem auch der metamorphische Zustand oft mit dabei inbegriffen wird.

Verschieden von diesem musste bei den Pseudomorphosen angedeutet werden, dass bei ihnen Veränderungen stattgefunden haben, allerdings dadurch bedingt, dass sich Krystalle innerhalb der Gebirgsgesteinschichten befanden, die einem oder dem andern jener Ausdrücke entsprechen. Aber vorzüglich mussten die vielen Erscheinungen classificirt werden, die sich auf Gängen finden, und diese setzen ja eben sowohl in endogenem als exogenem Gestein auf. Hier wurde es daher wünschenswerth, gerade diejenige Beziehung der ursprünglichen Bildung und der eingetretenen Veränderung auszudrücken, welche auf den elektrochemischen Gegensätzen beruht und bei diesen blieb wohl keine Wahl

als der Anschluss an die so höchst glücklich gewählten Ausdrücke Faraday's: Anode und Kathode.

Ein Paar Beispiele werden nicht am unrechten Orte sein. Es sei der Thonmergel des Alpenalzgebirges als ein ursprünglich *e x o g e n e s* Gestein, sedimentär gebildet angenommen. Wenn wir aber Salzwürfel in demselben antreffen, so sind diese doch gewiss nicht zugleich mit dem Schlamm abgesetzt, sondern in dem schon abgesetzten Schlamme krystallisirt.

Man könnte schon auf sie den Ausdruck *e n d o g e n* anwenden, wollte man diese beiden Begriffe nicht auf die ganzen Gesteinbildungen beschränken. Aber nun geht die Metamorphose weiter. Das Salz wird zusammengedrückt, die Würfel verlieren ihre Form, sie werden endlich ganz aufgelöst, während in den Räumen Gyps oder gar Anhydrit krystallisirt. Das ist fort und fort *E n d o g e n i e*. In den verschiedenen Abstufungen zeigt sich nun die Anwendbarkeit des für das Verhältniss der zuletzt übrig bleibenden Species gegen die früheren vorgeschlagenen Wortes *K a t o g e n i e*.

Es ist ein bestimmt in *e l e c t r o p o s i t i v e r* Richtung geschehener Fortschritt. Man findet nebst den genannten Species noch oft Schwefelkies oder selbst kleine Krystalle von Kupferkies zugleich mit denselben gebildet, als Repräsentanten der *R e d u c t i o n*.

Anhydritbruchstücke mit Salz in dem Haselgebirge eingeschlossen. erleiden eine eigenthümliche Veränderung, bedingt durch das Nachlassen des Druckes und die Gegenwart des Wassers. Das Chlornatrium und der schwefelsaure Kalk zersetzen sich gegenseitig, Chlorcalcium und Glaubersalz werden gebildet, das erstere, an der Luft zerfließlich, ist auch in dieser Beziehung im Gegensatze mit dem Glaubersalz, das an der Luft verwittert. Daher findet man noch den Kern von Anhydrit in einer Rinde von pulverigem schwefelsauren Natron. Das ist ein *a n o g e n e r* Vorgang, dem vorhergehenden gerade entgegengesetzt, und der *O x y d a t i o n* entsprechend.

Bei dem Verfolge der Veränderungen in den einzelnen Fällen werden später mehrere Beispiele nicht fehlen.

### 3. Vorgang bei der Bildung der Pseudomorphosen.

Für die Vergleichung des Vorganges bei der Metamorphose wird es nothwendig, vorher den bei der Bildung der Pseudomorphosen, insbesondere der Krystallpseudomorphosen ins Auge zu fassen.

Der Krystall ist das Gegebene, er bleibt unverändert, so lange er sich in Verhältnissen befindet, die seiner Erhaltung günstiger als seiner Zerstörung sind, ein Salzkry- stall in trockener Luft, ein Glaubersalzkry- stall in feuchter Luft bei einer Temperatur unter 33°. Ein Strom von Wasser über den ersteren geleitet, nimmt ihn ganz hinweg; ein Strom von trockener Luft, die nicht warm genug ist, ihn zu schmelzen, über den letzteren geleitet, nimmt bloss das Wasser mit fort und lässt eine Pseudomorphose zurück, die aus trockenem Salze, Thenardit besteht, aber im pul- verigen Zustande und bei der geringsten Berührung zer- fallend. Dieses ist eine Pseudomorphose von Thenardit, in der Gestalt von Glaubersalz. Die Chemiker haben das Verfahr- en in der Glühhitze eine Gasart über gepulverte Körper zu lei- ten, vielfältig angewendet, um neue Verbindungen zu Stan- de zu bringen. Ich verdanke meinem lieben Freunde W ö h l e r Pseudomorphosen von Schwefelmangan in den Gestalten des Manganits, welche durch diese Methode gebildet worden sind. Krystalle des letzteren wurden einem Strome von Schwefel- kohlenstoffgas ausgesetzt, durch und durch verändert und behielten doch die Form und den Glanz der Flächen bei.

Nicht anders kann man sich das Vorkommen der Pseu- domorphosen in der Natur denken. Die ursprünglichen Spe- cies wurde zerstört, die neuen gebildet, nur während sich ein Strom über dieselben hinbewegte, der das in den letz- teren Fehlende an Bestandtheilen hinwegnahm, das in den ersteren Fehlende neu hinzuführte. Nebst den wirksamen chemischen Bestandtheilen kommt es dabei auch auf die absolute höhere und niedrigere Temperatur, so- wie auch bei gleicher Temperatur darauf an, ob sie steigt oder fällt. Ferner ist es höchst wichtig, über die electro-



chemischen Gegensätze Rechenschaft zu geben, ob der Strom eine electropositive oder negative Veränderung verursache, ob er also reducire oder oxydire, die Pseudomorphose also eine katogene oder anogene sei.

#### 4. Gebirgsfeuchtigkeit.

Aber auch die Art und Bewegung des Stromes erfordert unsere Aufmerksamkeit. Man kann ihn sich nicht anders vorstellen als in den oben gegebenen Beispielen. Die Gebirgsschichten, welche die Krystalle enthalten, mit welchen die Veränderung geschieht, sind durch und durch porös; sie sind überall von Feuchtigkeit durchdrungen, die sich mit grösserer oder geringerer Leichtigkeit durch sie hindurch bewegt. Als ein Beispiel mögen auf einanderfolgende Lagen von Thon und Sand dienen. Noch ist in dem Thon viel Feuchtigkeit enthalten, die nach und nach aus demselben ausgepresst wird. Aber zugleich ist er weniger dem Zutritt von neuen Portionen Wassers zugänglich, weil sich nach Massgabe des Druckes die feinen Thontheilchen fester aneinanderschliessen, während das Wasser frei und ungehindert in die Sandschichten eintritt, in welchen die einzelnen Sandkörnchen sich mit ihren harten Kanten berühren und spannen, ohne nachzugeben. Alle Beobachtungen geben uns eine solche Gebirgsfeuchtigkeit als in den Schichten vorhanden, von den ersten Sedimentärformen, Schlamm und Sand, anzufangen, bis zu vollständig und rein auskrystallisirten Gesteinen, in welchen die Feuchtigkeit oft erst durch Anwendung von Hitze entdeckt werden kann. Selbst in vielen Krystallen ist noch Wasser als Bestandtheil enthalten. Andere Krystalle sind vollständig wasserfrei. Oft schliessen vollständig wasserfreie Krystalle, Wasser in Höhlungen ein.

Gänzlich wasserfrei sind manche geschmolzene Massen. Eine anfangende Schmelzung kann aber eben so gut wie die Gegenwart des Wassers die Bewegung der Materie in den Gebirgsschichten vermitteln. Die geschmolzenen Massen befinden sich ja bei gewissen höheren Temperaturgraden in dem Zustande der Flüssigkeit, der selbst noch dann, wenn auch ein dem

festen analoger Zustand eingetreten ist, für die Beweglichkeit der Theilchen als bestehend angenommen werden darf.

### 5. Infiltration.

Die Gebirgsfeuchtigkeit erfüllt, wie eben bemerkt wurde, die Gebirgsschichten zwar mehr und weniger, aber durch und durch. Finden sich nun in den letzteren Räume, die nicht mit fester Materie erfüllt sind, so wird begreiflich die Flüssigkeit, aus der die erste besteht, die Räume stetig ausfüllen. So sind die Blasenräume in geschmolzenen Massen, Klüfte, Spalten, Höhlungen aller Art mit Wasser erfüllt, wenn diese Gesteine sich in angemessener geognostischer Lage befinden. Das Wasser bewegt sich frei durch das Gestein hindurch, wenn auch langsam, und mit dem Wasser alle diejenigen Körper, welche dasselbe aufgelöst enthält.

Während aber die Pressung in den von Gestein erfüllten Räumen gross genug ist, um zu veranlassen, dass sich gewisse Bestandtheile desselben, etwa die durch vorherige Schmelzung in einem auflöselichen, sogenannten aufgeschlossenen Zustande befindlichen, leichter in dem Wasser auflösen, finden eben dieselben Bestandtheile in den dazwischen liegenden, von Gestein nicht erfüllten Räumen oft Gelegenheit sich abzusetzen, sei es in den oberflächlichen Lagen, sei es in Krystallen, die grosse Zeiträume von fortgesetzter Ruhe und viel nach und nach neu zugeführte Materie erfordern. Selbst die thonartigen Ausfüllungen gewisser Gangräume erscheinen zum Theil als Niederschläge aus der ins Freie tretenden Gebirgsfeuchtigkeit. Die Materie dringt durch die Wände der Räume und durch die anschliessenden Gesteinmassen wie durch ein Filtrum, daher man auch den Ausdruck Infiltration für diese Art der Ausfüllung von Hohlräumen in Gesteinen höchst zweckmässig angewendet hat. Freilich hat man auch wieder von einem Infiltrationspunct gesprochen, durch den z. B. die Kieselmaterie in die Blasenräume von Mandelsteinen gedrungen seyn soll, um die Oberfläche von allen Seiten gleichmässig auszukleiden. Man hat sogar ideale Abbildungen

von solchen Erscheinungen, in denen man wirklich noch den Kanal sieht. Aber diese Deutung widerspricht ja gänzlich dem Begriffe der Filtration überhaupt. Nicht die Aufeinanderfolge von Tropfen, wie sie in ein Hohlgefäß, in den chemischen Laboratorien hinabfallen ist es, sondern das langsame Durchschwitzen durch die Poren des Papiers, was man Filtriren nennt. Die Materie kommt nicht zu einem Punkte oder durch einen Kanal in den Hohlraum des Gesteins hinein, sei es Blasenraum, Gesteindruse oder Gang, sondern durch die Wände selbst und kann höchstens etwa einen Ausgangskanal aus demselben hervorbringen, den man indessen gewöhnlich auch gar nicht antreffen dürfte. Nimmt man die durch unpassende Zeichnungen verwirrte Erklärung hinweg, so bleibt auch die Infiltration nach ihrem wahren Begriffe die naturgemäseste Erläuterung für die Ausfüllung gewisser Gänge, namentlich der lagenförmigen, übereinstimmend mit der unter andern von L. v. Buch ausgesprochenen Analogie von Ausfüllung von Blasenräumen und Gängen. Bei den ersteren kommt die Materie deutlich aus dem naheliegenden Gesteine; bei den letzteren sind die Species oft höchst fremdartig, aber man hat da auch, wie Cotta sehr richtig bemerkt, „einen viel grösseren Spielraum für Translocationen.“ Dass aber solche in der grossen Werkstätte der Natur stattfinden, davon haben wir häufig bestätigte Beispiele selbst in den Wirkungen der galvanischen Säulen in unseren Laboratorien.

Die Natur der Gebirgsfeuchtigkeit bedingt die Absätze aus derselben. Es folgt aus der Verschiedenheit der letztern, dass man nicht erwarten dürfe jedesmal dieselben Mineralspecies in den Gangräumen und in dem Nebengesteine der Gänge anzutreffen, im Gegentheile muss sich die Natur der Gebirgsfeuchtigkeit während der unbezweifelbar sehr langen Periode des Absatzes der in den Gängen vorkommenden Species, ebenfalls bedeutend ändern, entsprechend der geologischen Stellung derselben.

Während die Gebirgsfeuchtigkeit die ganzen Steinmassen sammt ihren Hohlräumen aller Art durchdringt, oftmals selbst eine allgemeine Bewegung in die Höhe, Tiefe oder

seitwärts hat, je nach dem vorkommenden Druck von Gestein- oder Wassermassen. folgen vielleicht die in derselben aufgelösten Materien eben diesen Richtungen, vielleicht wird aber die Bewegung dieser durch mancherlei andere Verhältnisse als die blosse Schwere, besonders durch die chemische Verwandtschaft der darin enthaltenen Theile gegen einander und gegen das Gestein bedingt.

Die Gebirgsfeuchtigkeit berührt an einer Seite die Wasseransammlungen der Erdoberfläche, die atmosphärischen Niederschläge, die Meere, Seen, Ströme und dergleichen. An der Seite reicht sie bis an die unterirdischen Wasseransammlungen, in Gesteinklüften, welche das Wasser wieder an die Oberfläche bringen, um es daselbst in der Gestalt von Quellen zu Tage zu fördern. Die entgegengesetzteste Beschaffenheit von diesem Vorkommen haben die atmosphärischen Niederschläge und diese Quellen.

Der aus der Atmosphäre ausgeschiedene Schnee, Regen, Thau ist in der Regel sehr rein. Unmerkliche Mengen von Kohlensäuregas, kohlensaurem Ammoniak, Kochsalz, Salpetersäure und salpetersaure Salze finden sich im Regenwasser. Das kohlensaure Ammoniak von Liebig nachgewiesen, die Salpetersäure nach demselben nur im Gewitterregen vorhanden.

Schon das Vorkommen der Salpetersäure weist dem atmosphärischen Wasser eine electronegative Stellung in dem Reiche der Gewässer an. Gleichermassen absorbiert schmelzender Schnee mehr Sauerstoff als Stickstoff aus der umgebenden Atmosphäre. Die eingeschlossene Luft enthält nach Gay-Lussac und v. Humboldt bis 43.8 Procent Sauerstoff. Aller entbehrliche Sauerstoff wird in den Lebens- und Zerstörungsprocessen organischer und der Oxydation unorganischer Körper abgegeben, während die Wasser tiefer in die Erde eindringen. Nach Massgabe des Weges, den sie zurückgelegt haben, kommen sie mit mancherlei Stoffen beladen wieder zum Vorschein, die ihnen theils eine sichere elektropositive Stellung anweisen, theils es erlauben sie als in fortgesetzt electronegativem Zustande zu betrachten. Die Gewässer aller Art, die Quellen vornehmlich mit inbegriffen erscheinen daher in den beiden

entgegengesetzten Hauptklassen, der elektropositiven oder katogenen und der elektronegativen oder anogenen. Die Gebirgsgesteine, durch welche hindurch die Quellen ihren Weg nehmen, sind selbst noch in ihrem unvollendeten aufgeschlossenen Zustande, und von Gebirgsfeuchtigkeit durchzogen, geben daher leicht an diese, besonders wenn sie schon Kohlensäure aufgenommen haben, manche salzige Stoffe ab, die hinweggeführt werden. Mit Beziehung auf das Gestein selbst stellt die Feuchtigkeit stets ein elektronegatives Element vor, das mehr positive bleibt zurück, wenn auch die erscheinende Quelle mit Kohlensäure beladen, im Gegensatze zu atmosphärischen Wassern wieder elektropositiv oder katogen erscheint.

Diese katogenen Wasser absorbiren an der Oberfläche mehr Sauerstoff als Stickstoff. Dadurch werden einige Bestandtheile insbesondere Eisen oxydirt und abgesetzt, Kohlensäure selbst setzt sich in Perlen ab, so wie auch erdige Stoffe zurückbleiben.

Die Bäche, Flüsse, Ströme enthalten immer mehr neu in den anogenen Zustand getretenes Wasser. Nach v. Humboldt und Gay-Lussac enthält die im Flusswasser eingeschlossene Luft nicht über 32 Procent Sauerstoff; nach Morren von Rennes steigt dieser Gehalt im Meerwasser zu St. Malo zur Fluthzeit Morgens auf 33.3, zur Ebbzeit Mittags auf 36.2, zur Fluthzeit. Abends auf 33.4. Gleichzeitig wechselt auch die Kohlensäure mit 13.7 und 10 Procent (Institut. Dec. 1843). Der Gehalt an Sauerstoff ist am grössten, wenn der an Kohlensäure am kleinsten ist. Die Oberfläche des Ebbwassers ist am meisten elektronegativ oder anogen. Die Fluth wälzt das elektropositivere oder katogene Wasser der Tiefe mit dem ersten vermischt wieder herauf.

## 6. Amorphismus.

Die Gebirgsfeuchtigkeit, sei sie wässriger Natur, oder analog derselben ein beginnendes Weichwerden der Gesteine, ein Schmelzen der Species selbst, ist immer im amorphen Zustande. Nur aus diesem kann neue Bildung stattfinden, nur aus diesem können neue Sättigungspuncte erreicht werden. *Corporanon agunt, nisi sint amorphu*, kann man jetzt mit

grösserer Sicherheit sagen, als die alten Chemiker, welche statt *amorpha, fluida* setzten. Treffend sagt Fuchs\*): dem krystallinischen Zustande muss immer der amorphe vorausgehen. Aber das Amorphe ist in der That noch in einem dem flüssigen analogen Zustand. Die Bestandtheile eines Granates aus  $R^2 Si + R Si$  zusammengesetzt, sind uns in manchen Varietäten in dreierlei Zuständen bekannt, in Granatoiden krystallisirt als Granat, in Formen des pyramidalen Systems krystallisirt als Vesuvian, amorph, geschmolzen endlich als ein wahres Glas. Magnus, dem wir auf diese Körper bezügliche, schätzbare Untersuchungen verdanken, fand auch die specifischen Gewichte übereinstimmend. Geschmolzener Grossular, dessen specif. Gewicht = 3.615 ist, und geschmolzener Vesuvian, dessen specif. Gewicht = 3.3 . . . 3.4 ist, haben als glasartige amorphe Masse nur 2.95. Varrentrapp fand den Vesuvian von 3.346, geschmolzen zwischen 2.929 und 2.941.

Vesuvian ist häufig in schlackenartigen Erzeugnissen unserer Hochöfen. Mitscherlich hat sie vielfältig beobachtet. Kleine ganz wasserklare vierseitige Prismen von zwei Linien Länge und etwa halb so dick, in dem k. k. montanistischen Museum, fanden sich unter der Bodenplatte eines Eisenhochofens in der Hieflau in Steiermark gebildet. Da ist hohe Temperatur und wohl auch höherer Druck als bei der Erzeugung eines Glasschmelzes aus gleichen Bestandtheilen. Für Granat ist wohl eine noch höhere Pressung anzunehmen.

Das Verhältniss von Temperatur und Pressung ist es also, das unzweifelhaft den Amorphismus bedingt. Man nehme bei gleicher Temperatur die Pressung hinweg, und Granat und Idokras werden zu Glas schmelzen, oder sie erscheinen amorph.

Gleiche Erscheinungen sind vielfältig in neuerer Zeit Gegenstand von Forschungen gewesen. Ich erwähne hier aus zweien von C. Deville „über die Verringerung der Dichtigkeit in den Felsarten, wenn sie aus dem krystalli-

---

\*) Ueber die Theorien der Erde, den Amorphismus fester Körper u. s. w. pag. 8.

nischen in den glasigen Zustand übergehen\*),“ und von G. Rose, „über die Verminderung des spezifischen Gewichtes, welche dies Porcellanmasse beim Brennen, ungeachtet des Schwindens erleidet“\*\*), nur einige wenige Beispiele.

	Krystallisirt.	Geschmolzen.
Adular, St. Gotthard	2.561	2.351 Deville.
Adular, Ischia	2.597	2.400 Abich.
Feldspath, Hirschberg	2.595	2.284 G. Rose.
Labrador	2.689	2.525 Deville.
Augit, Guadeloupe	3.266	2.835 Deville
Chrysolith, Fayo	3.381	2.831 Deville.

G. Rose sieht das geringe specifische Gewicht in dem amorphen Zustande gegründet. Deville schliesst übereinstimmend aus seinen Arbeiten, dass die „Verdichtung der Materie in dem Phänomen der Krystallisation ihren Grund haben.“

Wenn aber dem krystallinischen Zustande der amorphe vorausgeht, so muss auch zwischen dem Bestehen zweier verschiedener krystallinischer Körper ein Moment des amorphen stattfinden, so wie er durch eine Veränderung in den Bedingungen des Bestehens der Mineralkörper herbeigeführt wird.

## 7. Bildung der Individuen.

Bei der Bildung neuer Verbindungen innerhalb der Gesteinschichten ist nebst der Temperatur und dem Drucke vor allem die chemische Verwandtschaft thätig, deren allgemeinstes Bild durch die Gegensätze von Oxydation und Reduction ausgedrückt werden kann. Die Pseudomorphosen insbesondere zerfallen nach ihrer Betrachtung unter diesem Gesichtspuncte in anogene und katogene, so wie es oben bemerkt worden ist. Bekanntlich ist der negative Endpunct der elektrochemischen Spannungsreihe das Oxygen, der

---

\*) *Comptes rendus Tome XX. p. 4453. Erdmann und Marchaud 1845. XXXVI. p. 295.*

\*\*) *Erdmann und Marchaud 1845. XXXVI. p. 168*

positive Endpunct ist das Kalium. An der Erdoberfläche ist das Oxygen der charakteristisch wirkende Stoff. Vieles wird da oxydirt, was entfernt davon wieder reducirt wird. Aber viele Beobachtungen haben bereits gezeigt, dass gerade das Kalium, wenn auch in seinem oxydirten Zustande als Kali, durch Pseudomorphose in gewissen tieferen Schichten neu aufgenommen erscheint, während andere Stoffe aus denselben verschwinden, wie in der Bildung des Kaliglimmers im Granit anstatt des Cordierits.

Jede Mineralspecies hat die zu ihrer Bildung günstigsten eigenthümlichen Verhältnisse, sei es für die Grösse, sei es für die vollkommene Gleichheit in allen ihren Theilen, die sich besonders bei durchsichtigen Mineralien in ihrer vollkommnen Klarheit zeigt. Ruhe ist für beide erforderlich, aber ohne Zweifel ist für das Letztere noch eine lange Dauer des Verharrens in dem gänzlich gleichen, in einer Richtung, der electropositiven fortschreitenden Zustande eine unausweichliche Bedingung. Die grossen klaren Doppelspathen von Island, die Bergkrystalle von Madagascar, aus den Schweizer Alpen, die klaren Bergkrystalle aus dem Dauphiné, die, wenn auch kleinen, doch höchst klaren Marmaroscher Bergkrystalle, die Glimmer aus Brasilien und Sibirien, die Schwerspathen, gross von Przibram und Felsöbánya, wasserklar von Duffton, die Cölestine vom Eriesee, die schönen Gypse von Bex und aus Sicilien, die grossen klaren Steinsalzwürfel von Vizakna in Siebenbürgen, die Flussspathen von Alstomoor, der Epidot, der Skapolith von Arendal, Silber und Glaserz von Kongsberg, die Cordierite von Haddam in Nordamerika und Tammela in Finland, nun zu Pinit und Gigantolith geworden, die Analcime aus dem Fassathal, der grosse Topas von Finbo, die schönen klaren Krystalle aus Brasilien und Sibirien, die Berylle von Limoges, die aus Sibirien, die norwegischen Idokrase von Egg, die Zinnsteine von Schlaggenwald, der Wolfram von Zinnwald, Magneteisenstein und Dolomit aus Piemont, die Schwefel von Sicilien und so manche andere Beispiele geben von dem günstigsten Zusammentreffen bei der Bildung Zeugnisse. Sie verdienen für sich genau studirt zu werden. Der Feldspath in seinen mannigfaltigen Spezies und Varietäten zeigt



oft grosse Krystalle, die aber keineswegs klar und gut gebildet sind, während oft die klarsten keine bedeutende Grösse besitzen. Nicht leicht dürfte ein Studium schwieriger seyn, als das der Feldspathe in dieser Beziehung, nach ursprünglicher Bildung, Metamorphose, chemischer Zusammensetzung; aber gewiss nicht ohne schätzbares Resultat.

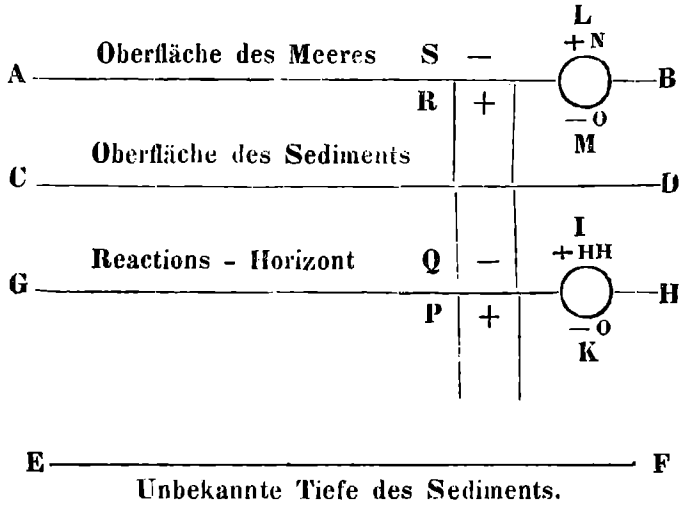
### 8. Reactionshorizont.

Gebirgsgesteine und ihre Metamorphosen sind in mancher Beziehung von den Vorgängen in den Pseudomorphosen aber dadurch unterschieden, dass jene oft nicht erkennbare Individuen zeigen, ja dass sie ihre ersten Anfänge stets ausserhalb des Bereiches mineralogisch-naturhistorischer Bestimmung haben. Eines ist beiden gemein und das ist es eben, worin die deutlich nachweisbaren Pseudomorphosen den Gesteinen zu Erläuterung dienen sollen, dass sie sich in gänzlich gleichen oder doch analogen geognostischen Stellungen finden. Diese sind es also, welche eine genaue Vergleichung erheischen.

„Wo alle Kenntniss chemischer und mineralogischer Naturbeschaffenheit im Inneren des Erdkörpers fehlt, sagt v. Humboldt (Kosmos p. 167), sind wir wieder, wie bei den fernsten, um die Sonne kreisenden Weltkörpern auf blosser Vermuthungen beschränkt. Wir können nichts mit Sicherheit bestimmen über die Tiefe, in welcher die Gebirgsschichten als zäherweicht oder geschmolzen flüssig betrachtet werden sollen, über die Höhlungen, welche elastische Dämpfe füllen, über den Zustand der Flüssigkeiten, wenn sie unter einem ungeheuern Druck erglühen; über das Gesetz der zunehmenden Dichtigkeiten von der Oberfläche der Erde bis zu ihrem Centrum hin.“

Der grösste Abstand von den höchsten Gipfeln des Himalaya bis zu der, von Hrn. von Dechen ermittelten Tiefe der Steinkohlenmulde bei Bettingen, nordöstlich von Saarlouis, in welcher die Erdwärme  $224^{\circ}$  betragen muss, beträgt nur etwa 45.000 Fuss oder  $\frac{1}{485}$  des Erdhalbmessers (Kosmos p. 419). Durch wirkliche Arbeit unter das Meeresniveau kennen wir kaum  $\frac{1}{2500}$  des Halbmessers unsers Planeten (Kosmos p. 166).

Es sei aber zur Vergleichung in der beifolgenden Figur



AB die Oberfläche des Meeres, CD die Oberfläche eines sich unter derselben bildenden Sediments, EF die Fortsetzung des letzteren bis in diese unbekannt Tiefe, die also, in wirklichem Masse ausgedrückt, selbst sehr unbedeutend ausfällt; doch sei diese unbekannt Tiefe schon so stark erhitzt, dass sie auf den chemischen Bestand der Masse des Sediments einzuwirken vermöge.

Diese Voraussetzung darf wohl unbedingt angenommen werden. Wir sehen ja immerwährend im grösseren oder geringeren Massstabe die Beweise von einem ganz verschiedenen Zustande daselbst und an der Oberfläche, in der Zunahme der Temperatur gegen das Erdinnere, in den Erdbeben, Gasausbrüchen, Thermen, Salzen oder Schlamvulkanen bis zu den Lavaströmen aus Eruptionskratern. Entgegengesetztes findet im Innern und an der Oberfläche statt.

Es wird aber ein Niveau geben, in welchem die Wirkung von der Oberfläche mit der aus dem Innern sich berührt.

Dieses Niveau ist gewiss sehr verschieden für alle die verschiedenen chemischen Veränderungen, welche dort eintreten können. In einer andern Tiefe wird der Schmelzpunkt des vorhandenen Chlornatriums, in einer andern der von etwa vorhandenen Schwefelmetallen, in einer andern endlich der Schmelzpunkt der ganzen Masse erreicht werden. Dass wenigstens stellenweise selbst dieser letzte stattfindet, beweisen die Lavaausbrüche. Nicht jedes Gestein ist zu Lava schmelzbar.

Um einige andere Veränderungen weiter verfolgen zu können, möge in der Figur in einem nicht, oder nicht vollständig schmelzbaren Gesteine eine Linie *GH* angenommen werden, in welcher die Einwirkungen von der Oberfläche und aus dem Erdinnern zusammentreffen. Die Linie *GH* stellt in dem Durchschnitte eine der Oberfläche mehr oder weniger parallele Ebene dar, welche man den *Reactionshorizont* nennen dürfte, sowie jene die *Reactionslinie*, um sie v. Humboldt's Ausdruck anzuschmiegen, der sämtliche „im Vorhergehenden aufgezählten Erscheinungen: Thermalquellen, Ausströmungen von Kohlensäure und Schwefeldämpfen, harmlose Salsen, Schlammausbrüche und die furchtbaren Verheerungen feuerspeiender Berge aneinandergereiht zusammenschmilzt, „in einem grossen Naturbilde,“ dem „Begriff der Reaction des Innern eines Planeten gegen seine Rinde und Oberfläche“ (Kosmos. p. 208).

### 9. Reactionshorizont für das Eisenoxyd.

Vielleicht kein Verhältniss gibt zugleich mannigfaltigere und deutlichere, in den Gesteinen nachweisbare Gegensätze, als das des Eisens in seinen Oxydations- und Schwefelungsstufen.

Alle an der Erdoberfläche unter dem überwiegenden Einflusse der Atmosphäre gebildeten eisenhaltigen Verbindungen enthalten dieses Metall im Zustande von Oxydhydrat, höchstens noch in Verbindung mit Säuren organischer Natur; niemals in niedrigeren Oxydationsgraden.

Aber die grossen sedimentären Massen führen zugleich auch die Elemente der in der Tiefe vor sich gehenden Reduction, zahlreiche Bruchstücke und Reste organischer Körper mit sich. Schwefelsaure Salze, in der Gebirgsfeuchtigkeit aufgelöst, veranlassen zugleich die Ausscheidung und Bildung neuer Verbindungen durch die ganze Masse des, etwa thonartigen, Sedimentes.

Unter diesem Einflusse von Wasser, Druck und Ausschluss der oxydirenden Atmosphäre hat man statt der ursprünglichen :

Eisenoxydhydrat	}	}	nachgebildet:
Organische Reste			Eisenoxydul
Schwefelsaure Salze			Kohlensaure Salze
			Schwefelkies.

Hr. Prof. Forchhammer\*) hat die Veränderungen in der Bildung des scandinavischen Alaunschiefers durch einen solchen Vorgang unzweifelhaft nachgewiesen, ja er hat sogar den Gehalt an schwefelsauren Alkalien in den fucusartigen Pflanzen der gegenwärtigen Meere dargethan.

Die quantitativen Verhältnisse der zufällig vorhandenen Bestandtheile bestimmen die Menge derjenigen Stoffe, welche in den Schichten übrig bleiben, oder hinweggeführt sind.

Vorwaltendes Eisen zeigt sich in den beiden Formen des Schwefelkieses und des Spatheisensteins, je nachdem schwefelsaure oder kohlensaure Salze in der Gebirgsfeuchtigkeit vorwalteten.

Ein Ueberschuss von Basen fällt das Eisen in dem Zustande von Oxydul, welches als Hydrat eine grünliche Färbung gibt, die bei späterer Einwirkung des Oxygens der Atmosphäre am leichtesten wieder von der Oberfläche der Stücke hinein in braunes Oxydhydrat übergeht.

Die Gegenwart von Schwefelkies, von Spatheisenstein, von Eisenoxydul- und Eisenoxydhydrat lassen sich auf diese Art von den neugebildeten Sedimenten an durch eine bedeutende Reihe von Veränderungen nachweisen. Alles innerhalb der Grenzen, die wir als den Verhältnissen angemess-

---

\*) *Report of the British Association for the Advancement of Science for 1811. Erdmann und Marchand's Journal. XXXVI. p. 385.*

sen betrachten können, die keine aus dem Erdinnern abgeleitete, plötzlich bedeutend erhöhte Temperatur zu ihrer Bildung erheischen, während sie doch schon recht wohl von der stufenweisen Erhöhung derselben erleichtert und unterstützt werden mögen.

Aber mit allem diesen Einflüsse treffen wir auf keine rothen Thonschichten, keinen rothen Schiefer, keinen rothen Sandstein, von rothen Porphyren oder Graniten nicht zu sprechen.

Erst das trockene oder wasserlose Eisenoxyd ist im Stande, diese Färbung hervorzubringen. Der Reaktionshorizont für das Eisenoxyd muss erreicht sein, um jenes Resultat zu erhalten, welches begreiflich selbst durch mancherlei Einflüsse modificirt seyn kann.

Wenn man nun von oben nieder mit den bereits mehr reducirten Schichten an den Horizont GH in Fig. 1. anlangt, so erleidet jede der früher erwähnten Verbindungen eine eigenthümliche Zerlegung.

1. Das Eisenoxydhydrat zerfällt in Wasser und Eisenoxyd. Alles Gestein, welches tiefer liegt als GH, ist wasserlos und von rother Farbe, das darüberliegende erhält noch Wasser zugeführt, das ihm entweder durch die Reaction eingepresst werden müsste, oder das sonst einen Ausweg auf Spalten oder durch Eruptionen finden muss.

2. Das Eisenoxydhydrat gibt eben auch sein Wasser ab, aber es muss zugleich auch oxydirt werden. Zwei Atome desselben  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  verlangen ein ferneres Atom Oxygen O, um ein Atom  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Eisenoxyd hervorzubringen. Dabei wird ein Doppelatom Hydrogen frei, wenn man jenes aus zerlegtem Wasser ableiten will, das wieder durch Bildung von neuem Wasser auf irgend einen, noch in dem über dem Reaktionshorizont befindlichen reducirbaren Körper einwirkt, oder etwa in Verbindung mit Schwefel oder Kohle, als Schwefelwasserstoff- oder Kohlenwasserstoffgas seinen Ausweg suchen muss.

In der Figur stellt IK einen zerlegten Wassertropfen als Wasseratom vor. Das elektronegative Element K verbindet sich mit dem nächstgelegenen Theilchen P des Gesteins, das man eben der Ausgleichung wegen als oxydirbar, posi-

tiv, dem Zinkpole, der Anode, analog betrachten darf. Das elektropositive Element I wird auf den benachbarten Theil Q zurückgeworfen und verbindet sich damit entweder sogleich oder in einem höheren Horizont, als dem reducirbaren, negativen, dem Kupferpole, der Kathode analogen Theile in der Anordnung der unter einander liegenden Schichten. Diess ist wahre Katogenie, während jenes Anogenie genannt werden muss, relativ verglichen mit der Erdoberfläche, absolut in dem Reactions-horizont.

An der Erdoberfläche AB, hier durch das Niveau des Meeres ausgedrückt, findet genau derselbe electrochemische Gegensatz in jeder Beziehung statt. Erdschichten werden oxydirt, das Wasser absorbirt mehr Sauerstoffgas aus der Atmosphäre als Stickgas. Ein zerlegter Theil Luft LM zerfällt daher in ein absorbirtes, elektronegatives M, wobei die benachbarte Oberfläche sich im entgegengesetzten Zustande befunden haben muss, und in ein elektropositives, zurückbleibendes L, welches sich entweder unbenutzt mit dem übrigen Luftkreis vermischen — oder, vorzüglich bei gestörtem elektrischen Gleichgewichte, bei Gewittern, Veranlassung zur Bildung von salpetersaurem Ammoniak geben kann.

Man wird die Aehnlichkeit nicht verkennen, welche zwischen einem Abschnitte der Schichtenfolgen in der Richtung von RS nach QP und einer galvanischen Säule besteht, zumal, wenn man sich vorstellt, dass die sich nach und nach consolidirende Masse von senkrechten Sprüngen, vielleicht zum Theil schon durch fremde Materie ausgefüllt, zerschnitten ist, welche die Schliessung der Kette vorstellen.

3. Wenn der Spatheisenstein  $\text{Fe } \ddot{\text{C}}$  zu Eisenoxyd  $\ddot{\text{Fe}}$  werden soll, so bleiben von 2 Atomen  $2 \text{ Fe } \ddot{\text{C}}$  noch 2 C und 3 O übrig; kaum darf man dieses durch  $\ddot{\text{C}}$ , die Formel der Oxalsäure, ausdrücken, aber auf jeden Fall bedarf das Ausgeschiedene durch fernere Reduction der über dem Reactions-horizont befindlichen Masse nur noch eines Atoms Oxygen, um ganz zu  $\ddot{\text{C}}$  umgewandelt zu werden. Kohlensäure

aber, zum Theil frei, zum Theil Basen, Kali, Natron, Talkerde, Kalkerde auflösend, geht im Wasser fort.

Höchst interessant und wichtig für ihre fernere Verwendung sind die Zerlegungsproducte des Schwefelkieses.

Wenn Eisenoxyd  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  gebildet werden soll, so bleibt von zwei Atomen Schwefelkies  $2\text{FeS}_2$  durch Zerlegung von  $3\text{H}_2\text{O}$  Wasser bloss Schwefel und Schwefelwasserstoff übrig, von welchen der erstere wieder dadurch neues Wasser in schweflige Säure und Schwefelwasserstoff verwandelt wird. Diese gleichzeitige Bildung von Schwefelwasserstoff und schwefligen Säure ist von Bunsen am Hekla sowohl in der Natur beobachtet als auch der Erklärung vieler Erscheinungen zum Grunde gelegt worden, dem Absatz von Schwefel, u. s. w. Man kann sie wohl auch in allen Tiefen vor sich gehend annehmen, wo sich die Veränderung des Zustandes der Gebirgsschichten durch sie erklären lässt. Neue Reductionsmittel für Oxyde in höhern Schichten sind dadurch gebildet, welche leicht in der Gebirgsfeuchtigkeit durch Austausch von Sauerstoff gegen Wasserstoff und Schwefel Schwefelsäure erzeugen können. Die Schwefelsäure geht nicht fort, ohne mit den Basen gesättigt zu seyn, und gibt dann schwefelsaures Kali, Glaubersalz, Bittersalz, Gyps; daher hat auch rother Sandstein und Mergel gern den eruptiven Gyps in seinem Gefolge.

Die so allgemein voranzusetzende Gegenwart von Chlornatrium erleichtert gewiss in manchen Fällen bedeutend diese Bildung, indem die gegenseitige Zerlegung zu Chloreisen und Glaubersalz eintreten kann, von welchen das erste wieder so leicht Eisenoxyd absetzt und Hydrochlorsäure bildet, die sich neuerdings der Basen bemächtigt. Deutungen dieser Art sind wohl äusserst schwierig, aber sie sind unentbehrlich. Auch möchte ich mehr die Schwierigkeit nur anerkennen, als in dem gegenwärtigen Zustande noch den Versuch fortsetzen, wahrscheinliche Constructionen für Vorgänge in diesen Horizonten aufzusuchen.

#### 10. Thon- und Sandschichten.

Der Reactionshorizont für die Bildung des Eisenoxyds, die untere Grenze des Bestehens von Eisenoxydhydrat ist zugleich so ziemlich auch die unterste Gränze der Wasserhal-

tigkeit der Gesteine, ein Reactionshorizont für das Minimum des Wassers. Da aber von oben nieder der Druck stetig zunimmt, so muss es über jenem auch einen Horizont für das Maximum des Wassers geben, eine Gegend, in welcher Wasser von oben nieder und von unten hinauf gleichförmig eingepresst wird.

In dem Reactionshorizont für das Maximum des Wassers hat dieses wohl die grösste Verwandtschaft zu gewissen andern Stoffen, und ist vielleicht namentlich im Stande zu drei Atomen ein Atom Talkerde in fester chemischer Verbindung zu ersetzen, wie diess Scheerer in so vielen Verbindungen findet. Das Wasser verdrängt hier andere Stoffe, die sodann von der Gebirgsfeuchtigkeit hinweggeführt werden. Sind diese im Wasser löslich, und treffen sich Gesteinspalten, so werden Quellen gebildet, die zu Tage austreten können. Aber es können auch wässerige Eruptionen und dergleichen vorbereitet werden.

Wenn die Bildung von schwefelsaurem Kalk, etwa bei der Dolomitisation gerade an der Grenze dieser Einflüsse vorgeht, so wird natürlich im unteren Theile Anhydrit, und im oberen Gyps die Folge der ungleichen Einwirkung seyn.

Die Farbe des mit Gyps vorkommenden Dolomites ist häufig gelblichweiss oder blassgelblichgrau, die färbende Materie Eisenoxyd, die Farbe des mit Anhydrit vorkommenden ist dagegen dunkler grau, angeschliffen zeigen sich häufige Schwefelkiespunkte darinnen, und dieser ist es auch, der fein zertheilt die dunkelgraue Farbe hervorbringt. Die in Hrn. v. Morlot's Abhandlung \*) abgedruckten Handstücke sind Fig. 1 blass aschgrau, mit weissem Gyps von Schottwien, Fig. 2 dunkelgrau mit blaulichem Anhydrit von Agordo, Fig. 3 und 4 blassgelblichweiss an der Seiseralpe und dem Fassathale, wo sich bekanntlich ebenfalls viele Gypse finden.

Ein solcher Reactionshorizont kann natürlich nicht als mathematische Ebene gedacht werden, ebensowenig als auch die Erdoberfläche eine solche Ebene ist, und die Reaction des Erdinnern selbst durch Verhältnisse bedingt wird, die uns vielleicht immer unbekannt bleiben werden.

---

\*) Ueber Dolomit u. s. w. Naturwissenschaftliche Abhandlungen u. s. w. I. Band S. 30 5.



Einige Regel kann sie in vollkommen geschichteten Gesteinen annehmen, wenn die einzelnen abwechselnden Lagen eine verschiedene Verwandtschaft zum Wasser, oder sonst durch ihre Eigenschaften verschiedene Einwirkung auf dasselbe zeigen.

Bei einer Abwechslung von Sand- und Thonschichten, die nach und nach in die erforderliche Tiefe kommen, hält bekanntlich das Wasser viel fester am Thon als am Sande. Es ist dagegen zwischen den einzelnen Körnern des letzteren beweglich und zieht sich in Ströme zusammen, wo immer sich Gelegenheit dazu bietet. Es ist daher der Natur der Sache auch vollkommen entsprechend, wenn man in höheren Sedimentschichten durch die Bewegung von der Oberfläche nieder sich Eisenoxydhydrat in den Sandsteinen ablagern und sie gelb und braun färben sieht, während die Reaction in grösserer Tiefe zwar ebenfalls die Färbung des Oxydes aber ohne Wasser, also roth, hervorbringt. Die Thonschichten, schon lange zu Mergel oder Schieferthon erhärtet, behalten oft noch immer ihre durch reductive Bewegung hervorgebrachte graue Färbung bei, während die begleitenden Sandsteine zeitig rothe Färbungen zeigen. Der Zustand der Oxydation wird ohne Zweifel durch den Umstand unterstützt, dass den Sandstein aus weit verwaltender Kieselsäure besteht, während der Einfluss der Basen in den Thonschichten charakteristisch auftritt. Aehnliche Gegensätze, obwohl wieder eigenthümlich modificirt, finden zwischen Kalk- und Thonsedimenten in ihrer Veränderung statt.

Es ist nicht überraschend, wenn in den Salzlösungen, welche in der Tiefe gebildet werden, auch dasjenige an Kieselsäure sich auflöst, was durch die Reaction des Innern in einen aufgeschlossenen, auflöselichen Zustand versetzt worden war, eben so wenig, dass diese Kieselsäure sehr bald auf dem Wege der ausgepressten Feuchtigkeit in den Räumen sich wieder absetzt, welche noch nicht von fester Materie erfüllt sind.

Die zahlreichen Quarzgänge, die Ausfüllungen von Blasenräumen gehören hierher. Aber auch die Festwerdung des Sandsteines selbst lässt sich durch die Annahme dieses Vorganges gewiss höchst begreiflich darstellen. Wäh-

rend die fortdauernde Veränderung die Basen hinwegführt, wird jedes Korn nach und nach durch abgelagerte gleichartige Kieselmaterie umgeben und fester verbunden und zwar allmählig, so dass gewisse Lagen, wie wir dieses so oft in Sandschichten treffen, schon fest, andere noch locker sind, sodann auch wieder zwischen den festen wenige lockere Schichten übrig bleiben, und am Ende das Ganze wie aus einem einzigen Stücke besteht.

Auch andere als kieselige, die thonigen, kalkigen sogenannten Bindemittel können leicht auf diese Art zugeführt werden.

### 11. Ursprüngliche Ablagerung der Schichten.

Die Geschichte der Gebirgsarten begreift die zwei Hauptabschnitte, ihre ursprüngliche Ablagerung, und ihre Veränderung oder Metamorphose zu demjenigen Zustande, in welchem sie uns gegenwärtig erscheinen.

Nach dem Lyellschen Princip des Zurückführens aller Erscheinungen in der Geologie auf die Anfänge und Verhältnisse, die uns bekannt und alltäglich sind, haben wir auch für die ursprüngliche Ablagerung aller Schichten und Massen, die wir irgendwo an der Oberfläche der Erde antreffen, die drei nachstehenden Quellen\*):

1. Aus dem flüssigen Zustande fest geworden oder ursprünglich geschmolzen.

2. Aus einem Gemenge mit Wasser abgesetzt, oder im eigentlichen Sinne des Wortes sedimentär.

3. Durch organische Processe gebildet, oder ursprünglich Reste des Pflanzen- und Thierreichs.

Eine jede von diesen Abtheilungen zeigt wieder mancherlei Modificationen.

Die geschmolzenen Massen sind ganz zu Glas abgeschlossen und erkalten schnell, wie Obsidian und Perlstein, oder sie erkalten langsam und es bilden sich daher theils durch das Ganze hindurch gleichförmig gemengt steinige Pulver, theils nimmt die ganze Masse ein gleichförmig steiniges Ansehen an, ohne deutliche individualisirte Körper von ansehnlicherer Grösse, Krystalle zu zeigen, wie

---

\*) Handbuch der bestimmenden Mineralogie 315.

viele Laven, Basalte, Phonolithe. Die einen wie die andern dieser starren Körper enthalten eingeschlossene Bruchstücke nicht geschmolzener Körper, oder sie enthalten durch Gasblasen hervorgebrachte sogenannte Blasenräume, die zuweilen selbst an eingeschlossenen Fragmenten angeheftet sind. Eis, von gefrorenem Wasser gehört in diese Abtheilung.

In den steinigen Massen der Laven und anderer Gesteine trifft man oft Krystalle „eingewachsen“ an, die schon in denselben gebildet worden sind. Das deutet auf ein längeres Verharren in dem gleichen Zustande, während dessen gleichartige Theilchen sich bilden und nähern konnten, um den Gesetzen der Krystallisationskraft zu folgen. Diess ist schon eine wahre Metamorphose.

Die eigentlich sedimentären, aus Wasser abgesetzten Massen werden durch die bewegende Kraft nach der Grösse der Bruchstücke aufbereitet. Sie verweilen kürzer und länger derselben ausgesetzt und die Scheidung ist daher nicht überall ganz gleichförmig, oder die Bruchstücke gleich eckig oder rund durch Abreiben. Tufe mit grossen und kleinen Bruchstücken und dem feinsten Reibmehl untermengt, mehr eckige Breccien und rundgeschiebige Conglomerate, im unverbundenen Zustande als Gesteinschütten oder Schutt und Geschiebe- oder Schotterbänke, bis zu den mehr gleichförmigen und gereinigten Sand- und Schlammablagerungen werden der Grösse der einzelnen Theile nach erhalten. Aber auch die Art der Bruchstücke und Mehle bedingt einen Unterschied von den deutlich gemengten Gesteinen an bis zu dem feinsten Kiesel-Thon- oder Kalkschlamm, die in Bezug auf die chemischen Bestandtheile auf die mannigfaltigste Art in einander übergehen.

Ehrenberg hat nachgewiesen, dass die Kreide zwar zahlreiche organische Reste umschliesst, aber selbst aus kohlsaurem Kalk in rundlichen Formen, zum Theil gegliederten Stäbchen ähnlich besteht, dass dieser also nicht fein zusammengeriebener Kalkstein ist, sondern ein chemischer Niederschlag aus kalkhaltigem Wasser durch

kohlensaure Verbindungen. Auch diese reihen sich also dem mechanisch aufbereiteten Kalkschlamme an.

Eben so wie aus Wasser erscheinen auch Sedimente unmittelbar aus der Atmosphäre, wie der Schnee unserer Winter oder Gebirgshöhen, oder die durch vulkanische Ausbrüche emporgeschleuderten Bomben, Schlacken- und Aschenregen.

Die Meteoriten gehören für unsern Planeten ebenfalls in diese Abtheilung, wenn auch der hochkrystallinische Zustand des Meteorisens eine lange Periode von Ruhe oder selbstständiger Entwicklung durch Kry stallmetamorphose beurkundet.

Gewaltige Massen organischer Materie erzeugen sich immerwährend in den Torfmoo ren, in den Treibholzablagerungen, in den Humusbildungen der Urwälder, zu denen das Pflanzenreich das Material geliefert hat. Sie geben die Anknüpfungspuncte für Entstehung von Schichten, wie wir sie zwischen älteren Ablagerungen antreffen. Seit den schönen Arbeiten Forchhammers\*) muss man auch die Ablagerungen von fucusartigen Pflanzen, sei es für sich, sei es im Gemenge mit Thon- oder Schlammse- dimenten, in diesem Zusammenhange betrachten.

Erst in der neuesten Zeit haben wir durch Ehrenberg die Einsicht in den Antheil erhalten, welchen kieselchalige Polygastrier, in der Kieselguhr, in mächtigen Infusorienlagern, und kalkschalige Polythalamier an der Bildung der Kreidegesteine nehmen. Bei ihren diminutiven Abmessungen reihen sie sich in geognostisch-metamorphischer Beziehung an die einfachen Kiesel- oder Kalkschlammsedimente an. Die Korallenriffe, durch Darwin in der neuesten Zeit mit dem allmählig sinkenden Meeresboden in Uebereinstimmung gebracht, treten aus dem Bau durch Individuen des Thierreichs bereits mit Gestein- festigkeit als Anfangspunct für Metamorphose in das Reich des Geologen ein.

---

\*) A. a. O.

Die aus Wasser abgesetzten Schichten werden zwar überhaupt im nähern Sinne sedimentär genannt. Aber auch die übrigen, sogenannten abnormen Massen folgen dem Gesetze der Schwere und nehmen diejenige Stellung an, welche ihnen nach dem Effect der gegenseitigen Anziehung mit dem Erdkörper zukommt, indem das Feste nicht ausweicht, wenn es auch sich ausdehnt oder zusammenzieht, schwimmt oder zu Boden geht, zerbricht oder schmilzt, das Flüssige aber sich immerwährend ins Gleichgewicht setzt.

### 1. Metamorphose.

Sind einmal die Schichten abgelagert, aus der Bewegung durch Feuer und Wasser, oder aus dem organischen Leben neuerdings dem Geologen anheim gefallen, der ferneren gegenseitigen Einwirkung der einzelnen Bestandtheile in dem grossen chemischen Laboratorio der Natur Preis gegeben, dann beginnt die Metamorphose. Die zufällig durch mechanische Einwirkung zunächst aneinanderliegenden Theilchen gehen neue Verbindungen ein, werden in Auflösungen hinweggeführt oder bleiben als Rückstand; oder sie schliessen endlich in unorganischen Individuen, denen des Mineralreichs, nämlich in Krystallen zusammen. Die Krystallisation ist der Charakter der Metamorphose.

Man kann unbedingt jedes krystallinische Gestein in dieser Beziehung als metamorphisch betrachten; denn es war nicht immer so und es hat einer langen Zeit allmäliger Bildung und günstiger Verhältnisse bedurft, bis es in den gegenwärtigen Zustand gelangte. Allerdings gibt es auch metamorphische Massen, die nicht krystallisiert sind, eben so wie nicht alle Pseudomorphosen aus krystallinischen Bildungen bestehen, auch können gewalthätig auf mechanischem Wege erzeugte Massen einst die schönsten Krystalle gewesen seyn; aber doch bleibt für die Bildung derselben stets der ruhige Fortgang unabweislich bedingt.

Hätten wir keine andere, als die vorhergehende Betrachtung, wir müssten den Granit, Syenit, Gneiss, Glimmerschiefer als metamorphische Gesteine betrachten, auch abgesehen von den nähern Veranlassungen, welche diese Art der Betrachtung begründet haben. Man hat von einer ursprünglichen **Erstarrungskruste**\*) der Erde gesprochen und dafür „vielleicht die krystallinischen Schiefergesteine“ hingestellt, von welchen dann die obere die ältern, die unteren die neuern wären. Wann geschah aber diese Erstarrung? Angenommen, dass sie geschmolzen war und keine Rinde hatte, war die Erde damals noch von einer glatten runden Fläche eingeschlossen, das Wasser wurde durch die Reaction des glühenden Innern entfernt gehalten, der Reactionshorizont für das Minimum des Wassers lag ausserhalb des festen Kerns. Es war ein Zustand in dieser Beziehung analog dem des **Leidenfrost'schen Tropfens**.

Die erste Erstarrung bei vorgeschrittener Abkühlung können wir nun allerdings nicht gleich als ein krystallinisches Gestein annehmen. Es konnte nur eintreten, was unter den Umständen geschieht, denen wir näher stehen. Die festen Massen der ersten Rinde, eine solche wirklich vorausgesetzt, mussten höchstens steinige Laven seyn, vielleicht selbst Obsidian, oder wenn etwa zugleich sich die Wasserdecke nähern konnte, Perlstein, durch die örtlich gewalthätige Wirkung aus Obsidiankörnern, in auf einanderfolgenden Glashäutchen bestehend. Erst nachdem Festes aus dem flüssigen Zustande herausgetreten war, ausgesetzt noch immer einer dem Schmelzpunkte nahen Cementations-Temperatur, also abwechselnder theilweiser Auflösung an der Oberfläche und Wiederabsatz krystallisirter Materie, konnten sich darin grössere Krystallindividuen bilden.

Wir verdanken dem scharfsinnigen Beobachter **Wollaston**\*\*) die Kenntniss der Thatsache, dass wenn Krystalle verschiedener Grösse, abwechselnden Temperaturen über

---

\*) Vergl. Cotta Grundriss der Geognosie und Geologie S. 386 u. s. w.

\*\*) Faraday Chemische Arbeiten

und unter dem Krystallisationspunct in der concentrirten Lösung ausgesetzt blieben, zuletzt die kleinen Krystalle gänzlich verschwanden und nur einige wenige der grösseren, aber weit vergrössert übrig blieben. Selbst also in dem Falle einer primitiven Erstarrungsrinde bleibt uns nichts zur Erklärung des gegenwärtigen Zustandes übrig, als die Metamorphose. Dabei muss aber zugleich angenommen werden, dass alle einzelnen Bestandtheile sich bereits in der unmittelbaren Nähe befanden, und wenn auch das Wasser noch durch die Reaction des Erdinnern entfernt blieb, doch das Kali, die Thonerde des Feldspaths und des Glimmers, auch das Fluor des letzteren, sowie die mannigfaltigen Bestandtheile die sich ausser denen der drei Species, Quarz, Adular und Glimmer finden, also die der Oligoklase, Schwefelkiese, Granate, Turmaline, Rutil, Apatite, Graphite; nämlich: Eisen, Schwefel, Phosphor, Calcium, Magnium, Mangan, Bor, Natron, Lithion, Titan, Kohle, Sauerstoff und andere schon in dem ersten Schmelze vorhanden waren. Wird aber ein so grosser Druck eine so langsame Abkühlung vorausgesetzt, dass alle diese Species langsam krystallisiren können, dann ist ja eben die Metamorphose schon in der ursprünglichen Bildung mit einbedungen, es fand also damals Nichts statt, als was an dem geeigneten Orte innerhalb des Reactionshorizontes für das Minimum des Wassers auch heute noch vorgehen kann und muss.

Die Theorie des Metamorphismus verdankt meinem verehrten Freunde Naumann eine treffliche Abhandlung, mit der Zusammenstellung der vielfältigen Beobachtungen der ausgezeichnetsten Geologen zum Beweise des Vorhandenseyns von Parallelstructur durch Plattung und Streckung je nach der Einwirkung von Druck oder Zug, dem die noch nicht vollständig unverschiebbaren Massen folgten, an unzweifelhaft ursprünglich eruptiv gebildeten Gesteinen. (Ueber die wahrscheinlich eruptive Natur mancher Gneisse- u. Gneiss-Granite. v. Leonard und Bronn. Neues Jahrbuch u. s. w. 1847. S. 297.) Mit dem Eis der Gletscher vergleicht Forbes die Laven in Bezug auf Structur (*Edinb. New. Phil. Journ. V. 37. 1844. S. 231.*). L. v. Buch, Beudant, Poulett Scrope, Abich, Hoffmann beschrieben die Schie-

ferung der Laven, Trachyte, Perlite; Heim, Elie de Beaumont, Gustav Leonhard, Bronn, v. Dechen die der Porphyre. Diesen werden die Gneisse nach den Beobachtungen von Naumann, Cotta, Studer, De-la Beche, Fournet, v. Humboldt, Darwin ange-reiht. Die ganze Mittheilung möchte ich hier wieder geben, aber nicht um eruptive und metamorphische Gneisse einander gegen-über zu stellen, sondern um im Zusammenhange mit dem letzten Abschnitte der gegenwärtigen Betrachtungen die sämtlichen dort verzeichneten Beobachtungen als Beweise für die Gebirgsmetamorphose zu benützen. Alles spricht dafür, dass jene Linear- und Flächen-Parallelstructur den Ge-steinen in einer frühern Zeit ertheilt wurde, als sie sich noch nicht in dem gegenwärtigen Zustande befanden. Sie beruht gerade wie die Sedimentärbildung aus Wasser, auf der Aeusserung der Schwerkraft, auf Druck, Schiebung, Senkung, ist also auch, wenn gleich im weitern Sinne, sedimentär. Aber die eigentlich sedimentären Schichten aus Wasser abgesetzt und durch Wasser feucht erhalten, und die eruptiven ursprünglich geschmolzenen Massen, welche durch den amorphen glasartigen Zustand selbst noch ver-schiebbar sind, müssen die einen wie die andern dem Vor-gange der Individualisirung, durch die langsame Bildung der Krystalle, also durch wahre Metamorphose dem Zu-stande entgegengehen, in welchem sie uns jetzt erschei-nen.

Die Metamorphose dieser geschmolzenen und erupti-ven, die der eigentlich sedimentären Massen, näher zu vergleichen, soll eine andere günstige Gelegenheit benützt werden.

---