Über Gesteine und deren Entstehung,

von

Herrn Professor **B. v. Cotta.**

Die Bearbeitung einer neuen Auflage meiner Gesteinslehre, welche ich jetzt drucken lasse, hat mich zu manchen Bemerkungen und Resultaten geführt, welche ich einer allgemeineren Beachtung vorzulegen wünsche, als sie ein Lehrbuch zu finden pflegt. Ich versuche desshalb hier einige dieser Bemerkungen und Resultate in entsprechend veränderter Form mitzutheilen, natürlich ohne im entferntesten darauf Anspruch zu machen, dass sie alle neu seyen. Jeder Einzelne kann zu dem Bekannten immer nur Einiges neue hinzufügen, oder es von einer neuen Seite betrachten. Zum Verständniss des Neuen muss aber das Alte damit verschmolzen werden.

Alle Versuche die verschiedenen Mineral-Aggregate, welche man Gesteine nennt, scharf von einander zu unterscheiden und in ein konsequentes System zu bringen, sind bisher misslungen und werden auch nie gelingen. Es ist das nothwendig begründet in der Natur der Gesteine, die keinen übereinstimmenden Ursprung haben, und nicht ganz konstante Verbindungen von Stoffen oder Mineral-Theilen darstellen. Sie bilden nicht abgeschlossene Spezies wie die Mineralien, sondern durch alle Übergangs-Formen mit einander verbundene Aggregate von Mineralien, die man theils nach ihrer ungleichen Zusammensetzung, theils nach ihrer ungleichen Textur zu unterscheiden und zu benennen pflegt.

Ihre Unterscheidung und Trennung in Arten (wenn dieser Ausdruck hier überhaupt erlaubt ist), erfolgt somit nach zwei sehr ungleichen Prinzipien, der Art dass zuweilen ungleich zusammengesetzte Gesteine gleiche, gleich zusammengesetzte dagegen verschiedene Benennungen erhalten haben. Ich brauche als Beispiel dafür hier nur an den Basalt und Aphanit zu erinnern, die beide aus verschiedenen Mineral-Theilen zusammengesetzt seyn können (Labrador- und Nephelin-Basalt, Pyroxen- und Amphibol-Aphanit), und an den Gneiss und Granit, die wesentlich gleich zusammengesetzt sind, sich nur durch ihre Textur unterscheiden.

Die Anwendung zweier so heterogenen Prinzipien für die Unterscheidung ist offenbar logisch fehlerhaft, in Praxi aber unvermeidlich, und überdiess meist geologisch begründet.

A priori erscheint es am richtigsten die Gesteine nur nach der Verschiedenheit der sie zusammensetzenden Mineral-Theile zu unterscheiden und die Textur nur zu Abtrennung von Varietäten zu benutzen. Will man aber dieses Prinzip durchführen, so stösst man bald genug auf die, wenigstens vorläufig noch unüberwindliche Schwierigkeit, dass es viele dichte Mineral-Aggregate gibt, deren mineralogische Zusammensetzung sich nicht ganz sicher bestimmen lässt. Dazu kommt aber noch, dass unter sehr ungleichen Lagerungs-Verhältnissen auftretende und wahrscheinlich auch auf ungleiche Weise entstandene Gesteine, zuweilen eine gleiche mineralogische Zusammensetzung haben und nur ungleiche Textur zeigen wie eben Granit und Gneiss. Es stellt sich daher vom geologischen Standpunkte das Bedürfniss heraus in vielen Fällen die Textur für eben so wichtig zu halten, als die Zusammensetzung.

Da nun in der Natur der Gesteine an sich ein Anhalten für systematische Anordnung mangelt, gleichwohl aber das Bedürfniss eines Systemes zur Erleichterung der Übersicht dringend geboten ist, so erscheint es am zweckmässigsten dabei ein geologisches Prinzip zu verfolgen, und die Gesteine nach Art ihrer Entstehung zu gruppiren und zu ordnen, wobei freilich wieder der Übelstand eintritt, dass die Entstehungsweise nicht in allen Fällen fest steht und man

daher für die systematische Anordnung zuweilen auf blosse Hypothesen verwiesen ist. Indessen lässt sich auf diese Weise denn doch ein fester Rahmen für das System gewinnen, dessen ganze Bedeutung ich eben nur in der Erleichterung der Übersicht durch dasselbe erblicke.

Mag in diesen Rahmen Einzelnes falsch eingeordnet werden, das lässt sich mit der Zeit berichtigen, der Rahmen bleibt.

Es steht fest, dass viele Gesteine, wie die Laven, in einem durch Wärme flüssigen Zustande aus dem Erdinnern empor gepresst wurden und noch werden; es steht eben so fest, dass viele Gesteine durch Wasser abgelagert wurden und noch werden; es steht endlich auch fest, dass einige Gesteine, welche ursprünglich durch Wasser abgelagert wurden, sich gegenwärtig in einem so veränderten Zustande befinden, dass man ihren Ursprung schwer zu erkennen vermag. Dadurch erhalten wir also zunächst drei Hauptgruppen, die ich als eruptive, sedimentäre und metamorphische bezeichne.

Die eruptiven Gesteine dürften alle Erstarrungsgesteine seyn, ich ziehe aber den Ausdruck Eruptivgesteine vor, weil er nur das Empordringen im weichen Zustande bestimmt, und die Art des Zustandes zunächst unentschieden lässt.

Die sedimentären Gesteine sind grösstentheils durch Wasser abgelagert, doch werden die durch die Luft abgelagerten davon nicht ausgeschlossen.

Für die metamorphischen Gesteine ist die Abgrenzung am schwierigsten, weil die Anwendung dieser Bezeichnung von dem Grad der erfolgten Umwandlung abhängig ist und weil bei manchen die mineralogische Zusammensetzung ganz mit der gewisser Eruptivgesteine übereinstimmt, die selbst zum Theil etwas schiefrig seyn können. Ich rechne hierher überhaupt nur die dadurch gebildeten schiefrigen Silikatgesteine, und bezeichne das durch den Zusatz metamorphische krystallinische Schiefergesteine, weil die umgewandelten Kalksteine, Kohlengesteine u. s. w., sich besser an die nicht so stark umgewandelten anreihen lassen.

Solche Schwierigkeiten und kleine Inkonsequenzen sind

nun einmal unvermeidlich, im Ganzen wird aber dadurch die Gruppirung wenig beeinträchtigt, wenn auch manches Einzelne zweifelhaft bleiben mag.

In diesen drei grossen Gruppen lassen sich nun kleinere nach dem chemischen und mineralogischen Bestand und der Lagerungsweise bilden, bis man endlich durch Trennung nach der speziellen mineralogischen Entwickelung und nach der Textur zu den einzelnen Gesteinen und ihren Varietäten gelangt.

Es bleibt indessen ein Rest von Gesteinen, deren Entstehung sehr zweifelhaft ist, oder die im Allgemeinen sehr untergeordnet auftreten und desshalb nicht als vorherrschende Bestands-Massen der festen Erdkruste angesehen werden können. Sie sind zum Theil durch lokale Vorgänge bedingt, und ich vereinige sie unter der Bezeichnung besondere Gesteine und Lagerstätten, ohne auf die spezielle Anordnung innerhalb dieser letzten Abtheilung einen weitern Werth zu legen.

Das Schema der Anordnung gestaltet sich demnach wie folgt:

I. Eruptiv-Gesteine.

A. Kieselsäure-arme oder basische.

a) vulkanische, in der Nähe der Oberfläche erstarrte; hierher gehören die Basalte und die Leuzitgesteine mit ihren zahlreichen Variationen, wie Dolerit, Nephelindolerit u. s. w.

b) plutonische, in der Tiefe erstarrte; hierher gehören die Grünsteine, Melaphyre, Porphyrite, Glimmertrappe und ächten Syenite mit ihren zahlreichen Variationen wie Diabas, Gabbro, Hypersthenit, Diorit, Aphanit, Hornblendeporphyrit, Minette, Kersantit, Miaszit u. s. w.

B. Kieselsäure-reiche Eruptivgesteine.

a) vulkanische, in der Nähe der Oberfläche erstarrte, hierher gehören die Trachyte mit ihren zahlreichen Variationen wie Trachyt, Trachytporphyr, Obsidian, Andesit, Trachydolerit, Phonolith u. s. w.

b) plutonische, in der Tiefe erstarrte; hierher ge-

hören die Granite, Granitporphyre, Quarzporphyre und Pechsteine mit ihren zahlreichen Variationen.

II. Metamorphische krystallinische Schiefergesteine.

Wegen ihrer Lagerung und petrographischen Beschaffenheit zwischen die eruptiven und sedimentären gestellt. Sie zerfallen in Granulite, Gneisse, Glimmerschiefer, Thonglimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer und Hornblendeschiefer mit ihren zahlreichen Variationen.

III. Sedimentäre Gesteine.

Durch Wasser oder Luft abgelagert, als mechanische, chemische oder durch Organismen bedingte Niederschläge.

Ich trenne sie in:

a) Thon-reiche, wie Thonschiefer, Schieferthon, Lehm, Mergel u. s. w.

b) Kalk-reiche, wie Kalkstein, Dolomit, Gyps u. s. w.

c) Kiesel-reiche, Sandsteine und Konglomerate.

d) Tuff-Bildungen, durch vulkanische Ausschleuderungen veranlasst.

Dass zwischen den kleinen Abtheilungen ebenso wie zwischen den grossen scharfe Abgrenzungen fehlen, versteht sich von selbst, da sie auch für die einzelnen Gesteine nicht existiren. Das verhindert aber nicht, dass die charakteristischen Entwickelungs-Stufen der Gruppen wie der einzelnen Gesteine sehr bestimmt von einander verschieden sind.

Die letzte Hauptabtheilung:

IV. Besondere Gesteine und Lagerstätten

enthält, ohne dass auf die Reihenfolge Werth gelegt wird: Serpentine, Granatgesteine, Greisen, Schörlgesteine, Kohlen, Eisensteine, allerlei Mineralien als Gesteine etc. Sie ist zwar die zahlreichste Abtheilung, aber die einzelnen Aggregate bilden verhältnissmässig nur untergeordnete, zum Theil sogar sehr untergeordnete Massen.

Nach dieser Bemerkung über die gewählte Eintheilung der Gesteine oder das System ihrer Gruppirung, wenn dieser Ausdruck hier erlaubt ist, sey es mir gestattet etwas aus-

führlicher über ihre Entstehung zu sprechen. Ich gehe dabei von dem Grundsatz aus, dass man nur aus beobachtbaren Gesteins-Bildungen oder aus bekannten Natur-Vorgängen auf unbeobachtbare und noch unbekannte schliessen dürfe. Geologische Folgerungen über Gesteins-Entstehung können überhaupt nur auf die Beobachtung folgender Thatsachen gegründet werden: Die Form und Lagerung der Massen, ihre erkennbare Einwirkung auf das Umgebende, die Art des Mineralverbandes und der Mineral-Entwicklung, den chemischen Bestand des Gesteins, und die etwa darin enthaltenen organischen Reste. Besonders wichtig ist für alle Fälle die Analogie beobachtbarer Bildungs-Vorgänge.

Jene Beobachtungen werden aber oft sehr gestört durch ihre Unvollkommenheit, und durch nach der Entstehung eingetretene Veränderungen, und die Schlüsse werden oft unsicher durch die Mehrzahl von Möglichkeiten oder Analogien.

Absolut beweisen lässt sich in den Naturwissenschaften so weit sie nicht immer ganz mathematischer Behandlung fähig sind, überhaupt fast nichts, das meiste lässt sich vielmehr nur relativ beweisen, so dass in der Regel für den Gegner noch ein Ausweg oder Hinterpförtchen übrig bleibt.

Entstehung der Gesteine.

Beobachtbare Gesteins-Bildungen.

Durch Beobachtung sind folgende Arten der Gesteins-Bildung bekannt:

1) Durch Erstarrung aus einem heissflüssigen Zustande. So entstehen alle Laven, und so sind wahrscheinlich alle Eruptivgesteine entstanden. Es ist anzunehmen, dass auch eine erste Erstarrungs-Kruste der Erde sich auf diese Weise gebildet hat. Dafür liegen indessen keine sicheren und direkten Beweise vor.

2) Durch Ablagerung aus Wasser, in beschränkter Weise auch aus der Luft. Die allgemeinste Bezeichnung für diese abgelagerten Gesteine ist Sedimentär-Bildungen, wobei die Bedeutung des Wortes sedimentär nicht streng eingehalten zu werden pflegt, indem man alle Arten von Ablagerung zusammenfasst.

Sie lassen sich trennen in:

a) Mechanische Ablagerungen (eigentliche Sedimente), dahin gehören Ablagerungen von Schlamm, Sand und Geröllen aller Art, aus denen durch Verdichtung und Verkittung Schieferthon, Thonschiefer, Thonstein, Mergel, Kalkstein, Sandstein, Konglomerat, Breccie u. s. w. werden können. Auch die Luft lagert Staub- und Sand-Theilchen mechanisch ab, und die Vulkane schleudern lockere Materialien aus, aus welchen oft unter Mitwirkung des Wassers allerhand vulkanische Tuff Bildungen hervorgehen.

b) Chemische Niederschläge aus Wasser. Dadurch entstehen Kalktuff, Kieseltuff, Raseneisenstein, Salzkrusten und vielerlei Mineral-Bildungen in Spalten und Hohlräumen. Aus der Luft erfolgen krystallinische Niederschläge von Eis als Schnee, der zu Firn und Gletschereis wird.

c) Zoogene Ablagerungen, d. h. solche, welche durch die Lebensthätigkeit von Thieren vermittelt werden, ihre lokale Anhäufung ist z. Th. ein mechanischer Vorgang. Dadurch entstehen kieselige Infusoriengesteine, Kreide, Muschelbänke, Korallenriffe, Guano- und Koprolithen-Lager u. s. w., aus deren Verdichtung wahrscheinlich auch Hornstein, Kieselschiefer, dichter Kalkstein u. s. w. hervorgehen können.

d) Phytogene Ablagerungen, d. h. solche welche vorherrschend aus Pflanzentheilen bestehen, mögen diese nun an Ort und Stelle gewachsen oder lokal zusammengeschwemmt seyn. Durch ihre Verdichtung und Umänderung entstanden die Kohlenlager der verschiedenen Art.

Das sind die direkt beobachtbaren Arten der Gesteins-Bildung. Dazu kommen nun aber noch die nicht direkt beobachtbaren, sondern nur aus ihren Resultaten erkennbaren.

e) Gesteins-Umwandelungen. Sie beginnen schon bei den noch deutlich sedimentären Gesteinen und wir finden diese grösstentheils in einem etwas anderen Zustande als der war, in welchem sie abgelagert wurden. Aus Thonschlamm ist Schieferthon oder Thonschiefer geworden; aus Sand Sandstein; aus Geröllen Konglomerat; aus Kalkschlamm

oder erdigem Kalkstein dichter; aus Torf Braunkohle oder Steinkohle u. s. w. So lange als der erste Zustand noch deutlich nachweisbar ist, pflegt man aber dergleichen Gesteine nicht metamorphische zu nennen. Diese Bezeichnung wendet man vielmehr erst dann an, wenn die Veränderung so gross geworden ist, dass sich der frühere Zustand daraus nicht so ohne Weiteres erkennen lässt, wie z. B. beim Glimmerschiefer, Gneiss u. s. w.

Wenden wir nun diese Erfahrungen auf die einzelnen Gesteins-Abtheilungen an.

Eruptivgesteine.

Dass die Gesteine, welche im Vorstehenden als eruptive zusammen gefasst wurden, wirklich im weichen Zustande zwischen schon vorhandene Gesteine eingedrungen, oder über dieselben übergeflossen, und dann erst fest geworden sind, daran kann Niemand zweifeln, der sich unbefangen mit der geologischen Untersuchung derselben beschäftigt hat. Unwiderlegbare Beweise dafür liefern ihre Lagerungs-Verhältnisse, die Störungen, welche sie zuweilen, aber keineswegs immer, in der Lagerung der durchbrochenen Gesteine hervorgebracht haben, die Bruchstücke, welche sie von denselben einschliessen, und die Gang-förmigen Verzweigungen (Ramifikationen) welche sie in dieselben bilden. Damit ist jedoch die Art ihres Entstehungs-Zustandes noch nicht erwiesen.

Die grosse chemische und mineralische Verwandtschaft aller dieser Gesteine unter einander spricht indessen zugleich dafür, dass die Art ihrer Entstehung für alle eine im Wesentlichen übereinstimmende gewesen sey, d. h. dass sie alle, wie die Laven der thätigen Vulkane, die entschieden zu ihnen gehören, im heiss-flüssigen Zustande aus dem Erdinnern gegen die Oberfläche emporgedrungen sind. So übereinstimmend nun aber auch die Natur und Lagerungs-Weise aller dieser Gesteine im Allgemeinen ist, so ergibt sich doch aus den besonderen Lagerungs-Verhältnissen, dass keineswegs alle jetzt beobachtbaren auch wirklich ursprünglich die Erdoberfläche erreicht haben und als ächte Laven übergeflossen sind; vielmehr ergibt sich daraus, dass viele derselben in

der Tiefe, im Erdinnern, zwischen andern Gesteinen erstarrten, und erst später durch Abschwemmung frei gelegt wurden. Dieser Umstand hat zu der Unterscheidung von vulkanischen und plutonischen Eruptivgesteinen Veranlassung gegeben, ohne dass sich für beide eine scharfe Grenze ziehen liesse. Man nennt vulkanisch diejenigen, von denen man weiss oder vermuthet, dass sie an der Oberfläche, oder doch ganz in deren Nähe erstarrten, plutonisch dagegen diejenigen, von denen man vermuthet, dass sie in beträchtlicher Tiefe fest wurden. Nach Masseinheiten lässt sich da freilich keine bestimmte Tiefengrenze feststellen, die Entscheidung bleibt vielmehr Gegenstand allgemeiner Beurtheilung. Mit dem Alter hat diese Spaltung in vulkanisch und plutonisch an und für sich gar nichts zu thun, obwohl sie in den meisten Fällen thatsächlich mit gewissen Alters-Verhältnissen zusammentrifft, weil die älteren vulkanischen Bildungen in der Regel wieder zerstört, die neueren plutonischen aber noch nicht frei gelegt, der Beobachtung also unzugänglich sind. Je tiefer im Erdinnern irgend ein Gestein entstand, um so mehr Zeit war unter übrigens gleichen Umständen nöthig, um seine Bedeckung zu zerstören und abzuschwemmen, um so älter werden desshalb solche Gesteine, wo man sie beobachten kann, in der Regel seyn.

Wenn man alle neueren chemischen Analysen von Eruptivgesteinen mit einander vergleicht, so ergibt sich eine sehr grosse Übereinstimmung ihrer elementaren Zusammensetzung. Sie bestehen alle wesentlich aus Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd oder Eisenoxydul, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron, oft mit etwas Wasser. Ihre übrigen Bestandtheile sind durchaus nur als accessorische, hie und da in kleinen Mengen auftretende anzusehen, so z. B. Manganoxydul, Titansäure, Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chromoxyd, Kupferoxyd, Baryt, Lithion, Schwefel u. s. w.

Die quantitativen Verhältnisse jener wesentlichen Bestandtheile schwanken zwar zwischen ziemlich weiten Grenzen, das ist aber beinahe eben so der Fall innerhalb der einzelnen Gesteine wie innerhalb ihrer Gesammtheit, für kein einziges der eruptiven Gesteine, welche man mit besonderem Namen

zu belegen pflegt, sind sie so konstant, dass man es dadurch sicher von anderen unterscheiden könnte. Sie lassen sich für die Gesammtheit ungefähr durch folgende Zahlenwerthe ausdrücken:

		Ideales Mittel
Kieselsäure	50—80	45
Thonerde	10—25	15
Eisenoxyd- und Oxydul	1—25	10
Kalkerde	0—15	6
Talkerde	0—12	5
Kali	1—10	4
Natron	1— 7	4
Wasser	0— 5	2

Wo diese Grenzwerthe nach der einen oder nach der anderen Richtung überschritten sind, da scheint das immer die Folge einer späteren Veränderung, Zersetzung oder dergleichen zu seyn, also nicht den ursprünglichen Zustand auszudrücken.

Wenn die gegenwärtig über die Erd-Bildung herrschenden Ansichten richtig sind, so haben wir die Eruptivgesteine überhaupt als die ursprünglichsten, ja als die allein ursprünglichen Gesteins-Bildungen anzusehen, in so fern nicht etwa auch noch Theile einer ersten Erstarrungs-Kruste vorhanden sind. Sie stellen das Produkt der Erstarrung desjenigen Theiles unserer Erde dar, welcher sich vorher im heissflüssigen Zustande befand, und grossentheils wahrscheinlich noch befindet, und sie stellen dieses Erstarrungs-Produkt aus allen Perioden dar, in welchen überhaupt Eruptionen erfolgten. Ihre Zusammensetzung muss uns daher über die wesentliche Zusammensetzung desjenigen Theiles unserer Erde belehren, der überhaupt unseren Beobachtungen oder direkten Schlüssen zugänglich ist. Der Kern der Erde könnte möglicherweise eine davon abweichende Zusammensetzung haben, wir besitzen aber kein Mittel ihn zu untersuchen.

Vergleichen wir nun damit die Zusammensetzung der Gesammtheit aller derjenigen Gesteine, welche im Verlaufe der geologischen Perioden aus der Zerstörung, Wiederablagerung und Umwandlung von ursprünglichen Erstarrungsgesteinen, eruptiven und anderen, hervorgegangen sind, so

dürfen wir erwarten, in ihnen dieselben Bestandtheile unter ähnlichen Verhältnissen wieder zu finden, also vorherrschend Kieselsäure, in geringeren Mengen Thonerde, Eisenoxyde, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron. Das ist nun auch wirklich der Fall, in der Summe der Ablagerungen sind diese Verbindungen als vorherrschend vorhanden, nur sind sie anders gruppirt und es sind noch einige neue hinzugekommen, welche vorher der Luft- und Wasser-Hülle des Erdballes angehört zu haben scheinen, so z. B. Verbindungen von Kohlenstoff und Chlor. Ob auch die quantitativen Verhältnisse der erstgenannten Verbindungen in ihrer Gesammtheit ungefähr dieselben seyen, das ist allerdings sehr schwer zu beurtheilen, da sie sich z. Th. in ganz anderer Weise zu sedimentären Gesteinen vereinigt haben, Kalk- und Talk-Erde mit Kohlensäure zu Kalksteinen und Dolomiten oder mit Schwefelsäure zu Gyps und Anhydrit; Kieselsäure zu Quarziten und Sandsteinen; Thonerde mit viel Kieselsäure zu Thongesteinen; Eisenoxyde zu Eisensteinen und auch vertheilt; Kali und Natron sehr vertheilt und letztes mit Chlor zu Steinsalz; der durch den Vegetations-Prozess konzentrirte Kohlenstoff zu Kohlenlagern.

Bei einem flüchtigen Überblick kann es scheinen als enthielten die sedimentären Gesteine in ihrer Gesammtheit mehr Kalkerde und weniger Kali als die eruptiven. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass etwas Kalkerde beinah in allen Eruptivgesteinen, am meisten in den basischen, vorhanden ist, dagegen durchaus nicht in allen sedimentären, dass an dem Volumen der Kalksteine, Dolomite und Gypse die Kohlensäure, die Schwefelsäure und das Wasser einen sehr wesentlichen Antheil nehmen, und dass man überdiess dieses Volumen leicht überschätzt, weil die Kalksteine, Dolomite und Gypse zwischen den anderen Sedimentärgesteinen als besondere und oft festere Massen sehr auffallend hervortreten. Berücksichtigt man alle diese Umstände so ergibt sich als wahrscheinlich, dass das Verhältniss der Kalkerde in der Summe der Ablagerungen kein wesentlich anderes ist als in der Summe der Eruptivgesteine. Anlangend das Kali, so müssen wir bedenken, dass seine Quantität in den

Eruptivgesteinen als ideales Mittel nur etwa 4—5 Proz. beträgt, dass die meisten Sedimentärgesteine wenigstens Spuren von Kali enthalten, einige aber ziemlich beträchtliche Mengen.

Wenn man alle diese Umstände gehörig berücksichtigt, so ergibt sich, dass kein hinreichender Grund vorhanden ist, an dem Gleichgewicht der gemeinsamen Bestandtheile in den eruptiven und sedimentären Gesteinen zu zweifeln.

Die Eruptivgesteine zerfallen, wie wir gesehen haben, nach ihrer chemischen Zusammensetzung in zwei Hauptgruppen, die sich am meisten durch die Ungleichheit ihres Kieselsäure-Gehaltes von einander unterscheiden, und die man desshalb:

1) Kiesel-arme oder basische und

2) Kiesel-reiche oder saure

Eruptivgesteine genannt hat. Da diese Gruppen auch mineralogisch und geologisch einigermassen von einander abweichen, wie ich bereits im Jahr *1849* (in meinem Leitfaden der Geognosie) nachwies, so verdient diese Zweitheilung jedenfalls grosse Beachtung, obwohl auch für sie keine scharfe Abgrenzung besteht, vielmehr die Resultate der Analysen einzelner Fälle in einander übergreifen. Als mittles Ergebniss aus sehr vielen Untersuchungen ergeben sich ungefähr folgende quantitative Verhältnisse für die beiden Gruppen.

	Basisch	Sauer
Kieselsäure	45 60	55—80
Thonerde	10—25	10—15
Eisen (Oxyd oder Oxydul)	1—25	1—15
Kalkerde	1—15	0— 8
Talkerde	1—12	0— 4
Kali	1— 9	1—11
Natron	1— 7	2— 8
Wasser	0— 4	0— 6

Bunsen hat (*1851*) für beide Gruppen ideale oder normale Werthe berechnet, denen sich die einzelnen Gesteine mehr oder weniger nähern. Bezeichnend ist jedenfalls die basische Gruppe bei geringerem Kieselsäure-Gehalt, viel Thonerde, Eisen, Kalkerde und Talkerde mit wenig Alkalien,

für die saure Gruppe dagegen viel Kieselsäure mit wenig Thonerde, Eisen, Kalkerde und Talkerde aber etwas mehr Alkalien. Innerhalb jeder dieser Gruppen finden wir keine konstanten Unterschiede der Zusammensetzung; die einzelnen Gesteine unterscheiden sich da nur noch durch die zur Entwickelung gelangten Mineralspezies, durch ihre Textur und durch die Art ihres Vorkommens.

Wir erkennen somit in der Hauptsache nur zwei verschiedene Stoffgemenge als Extreme und dazwischen einige Mittelstufen, aus denen alle Eruptivgesteine bestehen. Jedes derselben hat aber mancherlei Modifikationen von Gesteinen gebildet, die verschiedene Benennungen erhalten haben. Die Modifikationen sind theils solche der Textur, theils auch solche der speziellen mineralischen Zusammensetzung. Die ersten lassen sich meist auf sehr einfache Weise erklären, durch die besonderen Umstände der Erkaltung. Je schneller diese erfolgte, um so dichter oder selbst Glas-artiger wurde das Produkt, je langsamer sie stattfand, um so krystallinischer und grobkörniger wurde es. Dabei bedingte ungleiche Krystallisations-Fähigkeit Porphyr-artige; parallele Anordnung gewisser Bestandtheile schiefrige; Entwickelung von Gas-Arten während der Abkühlung blasige oder schlackige Textur.

Die geringen Verschiedenheiten der mineralogischen Zusammensetzung bestehen einestheils darin, dass durch noch nicht hinreichend bekannte Ursachen aus denselben Grundstoffen, bei fast unwesentlich erscheinenden Mengen-Verschiedenheiten, diese oder jene Feldspath-Spezies, diese oder jene Amphibol- oder Pyroxen-Spezies, diese oder jene Glimmer-Spezies hervorging, oder auch diese Mineralien durch ihnen sehr verwandte wie Nephelin, Leuzit, Talk, Chlorit u. s. w. gleichsam ersetzt sind. Diese Verschiedenheiten scheinen indessen nicht einmal alle ursprüngliche, manche vielmehr erst in Folge späterer Umwandlungs-Prozesse eingetreten zu seyn. Nur einige derselben stehen in erkennbarer Beziehung zu den quantitativen Verhältnissen der chemischen Zusammensetzung des ganzen Gesteins. Damit verbunden scheint auch noch das Hervortreten gewisser

accessorischer Gemengtheile zu seyn, welche gleichsam einen Überschuss von Stoffen darstellen, der in den wesentlichen Gemengtheilen keine Aufnahme finden konnte. Doch sind auch viele accessorische Gemengtheile offenbar erst durch spätere Umwandlungs-Prozesse entstanden.

Sieht man ab von den geringen spezifischen Verschiedenheiten jener verwandten Mineralien, welche gewissermassen als Stellvertreter für einander in den Gesteinen auftreten, so bleiben hauptsächlich zwei wenn auch nur in ihrer normalen Entwickelung verschiedene Mineral-Aggregate als Gesteine, ein basisches und ein saures, diese zerfallen dann nach der Textur und nach erkennbarer mineralischer Verschiedenheit in folgende Benennungen.

	Körnig	Porphyr-artig	Dicht	Glasig, blasig, Mandelstein-artig	Schiefrig (meist metamorphisch)
Saure Gesteine	Granit, Syenitgranit, Protogyn, Trachyt (Greisen.)	Granitporphyr, Quarzporphyr, Trachyt-porphyr.	Felsitfels oder Petrosilex.	Pechstein, Perlstein, Obsidian, Bimsstein.	Granulit, Gneiss, Protogyngneiss, Syenitgneiss, Felsitschiefer (Glimmerschiefer).
Basische Gesteine	Syenit, Diorit, Diabas, Timazit, Dolerit, Nephelindolerit, Gabbro, Miaszit, Glimmertrapp	Hornblende-porphyr, Glimmer-porphyr, Porphyrit, Aphanit-porphyr, Melaphyr.	Melaphyr, Aphanit. Basalt.	Blasige Gesteine und Mandelsteine.	Hornblende-schiefer, Chloritschiefer), Talkschiefer).

In diese Tabelle habe ich auch einige Gesteine aufgenommen, welche z. Th. wenigstens zu den metamorphischen, also ursprünglich sedimentären gehören dürften, aber eine mineralogisch analoge Zusammensetzung wie Eruptivgesteine zeigen.

Die mineralogischen Verschiedenheiten der Eruptivgesteine scheinen aber wie gesagt nicht einmal alle ursprüngliche, sondern z. Th. erst aus Umwandlungs-Prozessen her-

vorgegangen zu seyn. Für einzelne Fälle ist das durch G. Bischof und G. Rose sehr gut nachgewiesen worden, wenn auch beide in ihren Vermuthungen zu weit gehen sollten. Eine wie grosse Ausdehnung aber diesen Vorgängen überhaupt einzuräumen sey, ist noch nicht festgestellt, und sicher darf die Erklärung der Unterschiede durch dieselben stets nur mit der grössten Vorsicht angewendet werden, wenn man sich nicht blossen bequemen Hypothesen überlassen will.

Ich sagte oben die Ursachen seyen noch nicht hinreichend bekannt, warum aus chemisch höchst ähnlichen Stoff-Verbindungen in dem einen Gestein Orthoklas, in dem anderen Sanidin, Oligoklas, Labrador, Anorthit u. s. w., in dem einen ein Amphibol, in dem anderen ein Pyroxen sich gebildet habe. Die Gründe dafür lassen sich allerdings noch nicht speziell angeben, eine Ursache der ungleichen Entwickelung lässt sich indessen doch vermuthen, das ist die ungleiche Tiefe, in welcher die Erstarrung erfolgte. Sicher sind die Bedingungen der Mineral-Bildung durch Stoff-Verbindung in der Tiefe von 10000′ unter der Oberfläche etwas andere als in der Tiefe von 10 oder 100′. Dort befinden sich die Massen unter viel höherem Druck, abgeschlossen von der Atmosphäre, wahrscheinlich sogar unter Einwirkung von Wasser, und ihre Erkaltung wird bei gleichem Volumen durchschnittlich eine viel langsamere seyn, als nahe an der Oberfläche. Da ist also doch eine Ursache überhaupt bekannt, es fehlt nur noch der bestimmte Nachweis ihrer speziellen Wirkungen unter den verschiedenen Bedingungen.

Ein grosses Problem bleibt noch die Spaltung aller Eruptivgesteine in Kiesel-arme und Kiesel-reiche, da man nach der Erstarrungs-Theorie zunächst nur einerlei Zusammensetzung zu erwarten hätte. Bunsens Annahme von zweierlei getrennten vulkanischen Herden im Erdinnern ist nichts als eine sinnreiche Hypothese, welche allenfalls jenen Unterschied erklären kann, an sich ist sie aber sehr unwahrscheinlich. Solche Herde müssten in allen geologischen Perioden und fast überall, neben oder über einander vorhanden gewesen, und auch von einander getrennt geblieben seyn. Ausser der faktischen Ungleichheit der Gesteine, welche da-

durch erklärt werden soll, spricht kein anderer Umstand für eine solche Annahme. Selbst wenn die Erstarrung der flüssigen Erdmasse gleichzeitig vom Zentrum und von der Oberfläche nach einer mittleren Region vorschritt, wie Bunsen vermuthet, so dass zuletzt nur eine flüssige Zwischenschicht übrig blieb, so wird dadurch die Annahme getrennter basischer und saurer Lava-Becken nicht wahrscheinlicher. Diese Spaltung der Eruptivgesteine in zwei Reihen, eine saure und eine basische, bleibt demnach vorläufig unerklärt.

Man hat diesen Unterschied recht sinnreich durch die ungleiche spezifische Schwere der Gesteinsmassen zu erklären gesucht, indem man von der Voraussetzung vorausging, in der heiss-flüssigen Masse der Erde müssten sich die Bestandtheile einigermassen nach ihrer spezifischen Schwere geordnet haben, der Art dass die schweren Substanzen mehr gegen die Mitte, die leichteren mehr gegen die Oberfläche hin angehäuft wurden. Schritt nun die Erkaltung von Aussen nach Innen vor, so mussten zuerst die spezifisch leichteren Massen zur Erstarrung gelangen, und das sind zugleich die Kieselsäure-reicheren, dann erst die schwereren, welche zugleich die basischeren sind. Dieses Gesetz, meinte man, müsse sich ebenso wie in einer ruhig gebildeten Erstarrungskruste, auch in den nothwendig aus immer grösseren Tiefen kommenden Eruptivgesteinen erkennen lassen, der Art dass die ältesten die leichtesten und sauersten, die neuesten die schwersten und basischsten sind. Diese von Petzoldt in seiner Geologie *1840* bis zur äussersten Konsequenz, d. h. bis zu den Erzgängen durchgeführte Hypothese, wurde neuerlich wieder von Frhr. v. Richthofen in beschränkterer Ausdehnung versucht. Sie hat offenbar den Anschein grosser theoretischer Wahrscheinlichkeit für sich. Sobald man aber die Summen der beobachteten Thatsachen berücksichtigt, ergibt sich ihre theilweise Unhaltbarkeit, oder wenigstens die Unmöglichkeit, durch sie jene Thatsachen befriedigend zu erklären. Zu allen Zeiten sind sauere und basische, leichte und schwere Eruptivgesteine entstanden, beide Reihen gehen also chronologisch parallel neben einander fort. Wo Syenit und Granit zusammen vorkommen, pflegt sogar der basische

Syenit älter zu seyn als der saure Granit. Die basischen Quarz-freien Porphyrite sind im *Thüringer Walde* und im *Erzgebirge* durchschnittlich älter als die sauren Quarzporphyre, welche derselben grossen Periode angehören. Die Trachytporphyre gehören zu den sauersten, und doch oft zu den neuesten Eruptivgesteinen, nach v. Richthofens eigenen Untersuchungen sind sie in *Ungarn* durchschnittlich neuerer Entstehung, als die Kieselsäure-ärmeren und auch etwas schwereren Trachyte. Desshalb hat sich denn auch v. Richthofen schon genöthigt gesehen, seine Zuflucht zu allerlei Hülfs-Hypothesen zu nehmen, wie Umschmelzung und dadurch neuere Eruption eigentlich älterer Eruptiv-Massen u. s. w., die aber an sich weder wahrscheinlich, noch zur Erklärung sämmtlicher Widersprüche genügend sind. Es bleiben hier jedenfalls noch grosse Probleme zu lösen. Doch bin ich nicht der Meinung, dass man die Anordnung nach den spezifischen Gewichten als ganz Einfluss-los und nicht mehr berücksichtigenswerth anzusehen habe, einigen Einfluss mag sie immerhin gehabt haben, der vielleicht nur durch andere Umstände, die wir noch nicht kennen, sehr verwischt ist. Eine erste Erstarrungs-Kruste und die aus ihrer Zerstörung hervorgegangenen ersten Ablagerungen könnten allerdings leicht vorzugsweise Kiesel-reich gewesen seyn, letzte zumal dann, wenn nicht sogleich auch thierisches Leben die massenhafte Wiederablagerung der aufgelösten Kalkerde vermittelte. Wurde dieser Theil der Erdkruste später unter sehr starker Bedeckung durch Umschmelzung z. Th. eruptiv, so kann er sehr Kieselsäure-reiche Eruptivgesteine von chemisch sehr übereinstimmender Zusammensetzung geliefert haben. Die Gesammtmasse der Erde mag man nach Analogie der Meteorsteine, welche kleine Himmels-Körper unseres Sonnen-Systemes darstellen, in der That für weit basischer halten als den Theil derselben, welcher der Beobachtung zugänglich ist.

Durch die ungleiche Zusammensetzung einerseits und durch das ungleiche geologische Vorkommen anderérseits sind wir zur Unterscheidung von 4 grossen Gruppen von Eruptivgesteinen gelangt, die aber durchaus nicht scharf gegen

einander abgegrenzt gewesen sind. Jede wird durch irgend ein typisches Gestein charakterisirt und durch andere Gesteine mit den übrigen Gruppen verbunden, es lässt sich das etwa so darstellen:

Basisch	vulkanisch. — Basalt. plutonisch. — Diorit.	Diabas, Porphyrit, Melaphyr.
Sauer	vulkanisch. — Trachyt. plutonisch. — Granit.	Trachytporphyr. Quarzporpher.
	oder	
Vulkanisch	basisch. — Basalt. sauer. — Trachyt.	Trachydolerit. Andesit. Porphyrit.
Plutonisch	basisch. — Diorit. sauer. — Granit.	Syenit.

Ich darf hier ferner nicht unerwähnt lassen, dass gegen Entstehung gewisser Eruptivgesteine durch Erstarrung aus einem heiss-flüssigen Zustande einige beachtenswerthe Bedenken erhoben worden sind. Dieselben betreffen vorzugsweise die Quarz-haltigen.

Der Granit ist Hauptrepräsentant derselben. In Beziehung auf dieses so ungemein verbreitete Eruptivgestein ist nun eingewendet worden, dass seine wesentlichen Gemengtheile: Feldspath, Quarz und Glimmer, wie aus der Art ihrer Verbindung hervorgeht, nicht in der Reihenfolge nach einander gebildet worden seyn können, die ihrem Erstarrungspunkt entspricht, d. h. dass nicht zuerst der Quarz, dann der Feldspath und zuletzt der Glimmer erstarrt ist, sondern vielmehr sehr oft deutlich erkennbar der am schwersten schmelzbare Quarz zuletzt. Ferner ist eingewendet worden, dass im Granit und in vielen anderen, ja selbst in einigen basischen Eruptivgesteinen zuweilen gewisse Mineralien accessorisch auftreten, deren Entstehung aus einem heiss-flüssigen Zustande überhaupt nicht wohl denkbar ist, wenigstens allen bisherigen Erfahrungen widerspricht. Dahin gehören Schwefelkies, Apatit, Pyrochlor, kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Talk, kohlensaures Eisenoxydul u. s. w. neben Silikaten und doch ohne chemische Verbindungen mit denselben zu bilden; endlich hat man auch noch eingewendet, dass viele Eruptiv-

gesteine etwas Wasser und nach den Untersuchungen von Delesse sogar kleine Mengen von Stickstoff enthalten.

Was nun den ersten Einwand, das Festwerden des Quarzes nach dem Feldspath anbelangt, so hat schon längst Durocher gezeigt*, dass in dem chemisch oft ganz wie Granit zusammengesetzten dichten Gemenge des Petrosilex der darin enthaltene Quarz mit den anderen Bestandtheilen gemeinsam eben so leicht schmelzbar ist als Feldspath, folglich auch aus dem geschmolzenen Zustande des Gemenges nicht früher erstarren wird als der Feldspath. In diesem Falle kommt es dann nur noch darauf an, welches von beiden Mineralien seine Krystallisation schneller vollendete, dieses wird nothwendig für das andere die Form bestimmen. Das scheint nun eben der Feldspath gewesen zu seyn. Bunsen hat diesen Fall mehr im Allgemeinen beleuchtet, indem er nachwies, dass der Schmelz- oder Erstarrungs-Punkt des einzelnen Minerals durchaus nicht denjenigen einer innigen Verbindung oder Legirung mit anderen Mineralien bestimme**. In einem Briefe an Streng welcher im Berggeist (*1862*, S. 1) veröffentlicht wurde, führt Bunsen dafür noch einige Beispiele wässriger Solutionen an, die doch ebenfalls nur durch Wärme flüssig sind. Auf einer ganz ähnlichen Erfahrung beruht auch der Hütten-Prozess des sogenannten Pattinsonires, bei welchem das reine Blei früher krystallisirt als das Silberhaltige, welches gleichsam als Mutterlauge flüssig bleibt. Ich lasse dabei den modifizirenden Einfluss ganz unberücksichtigt, welchen möglicherweise hoher Druck und chemisch gebundener Wassergehalt ausznüben vermögen.

Der zweite Einwand, die Anwesenheit gewisser Mineralien als accessorische Bestandtheile in Eruptivgesteinen, welche sich nicht mit deren heiss-flüssigem Ursprung zu vertragen scheint, verliert schon dadurch sehr an Bedeutung, dass man einige derselben auch in ächten Laven findet, an deren Erstarrung aus einem heiss-flüssigen Zustand gar nicht gezweifelt werden kann. Dabei könnte es zunächst noch

---

* *Compt. rend. 1845*, p. 1275.

** Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. *1861*, S. 61.

zweifelhaft bleiben, ob diese Mineralien oder Substanzen ursprünglich und bei deren Bildung schon in den Gesteinen vorhanden waren, oder ob sie erst nachträglich darin entstanden oder hineingekommen sind. Für den Wassergehalt hat Scheerer sehr gut nachgewiesen, dass er in derselben Weise wie andere Stoffe einen basischen Bestandtheil mehrer Mineralien z. B. vielen Glimmers bildet, und unter hohem Druck sehr wohl eine solche heiss-flüssige Verbindung eingehen und darin bestehen konnte. Durch Daubrée's Versuche ist das durchaus bestätigt worden. Ob der sehr geringe Stickstoff-Gehalt mancher Eruptivgesteine ursprünglich oder später eingedrungen sey, mag vorläufig unentschieden bleiben. Solche Bedenken lösen sich mit der Zeit. Was dagegen den Gehalt an kohlensaurem Kalk, Talk und Eisenoxydul betrifft, so scheint dieser in den Eruptivgesteinen stets erst das Resultat einer nachträglichen Veränderung oder Umbildung zu seyn, wesshalb man ihn denn auch niemals in ganz neueren Laven findet, sondern immer nur in solchen Eruptivgesteinen, welche längere Zeit hindurch entsprechenden Einwirkungen ausgesetzt waren, am häufigsten darum in den plutonischen. Schwefelkies, Magnetkies, Chlorit und Talk scheinen ebenfalls die Resultate solcher Umwandlungen zu seyn, wenn es auch noch nicht möglich ist alle einzelnen Fälle des Vorkommens besonderer Mineralien befriedigend zu erklären.

Die Unterschiede zwischen den vulkanischen und plutonischen Gesteinen beider Hauptgruppen, der basischen und der sauren, sind zwar geringer und noch mehr durch Übergänge vermittelt, als die zwischen den beiden Gruppen, dieselben verdienen aber immerhin unsere volle Beachtung und bedürfen der Erklärung. Im Allgemeinen habe ich eine solche schon mehrfach angedeutet, als Folge ungleicher Erstarrungs-Bedingungen unter einfachem oder vielfachem Atmosphären-Druck, an der Oberfläche oder im abgeschlossenen Raume, wahrscheinlich sogar unter Zutritt von Wasser. Zu diesen ursprünglichen Ursachen der Ungleichheit kamen aber noch die mancherlei Änderungen, welche erst nachträglich in dem Zustand und der Zusammensetzung der Ge-

steine eingetreten zu seyn scheinen, meist wohl unter Einwirkung dieselben durchdringenden Wassers oder durchströmender Gasarten. Die Resultate dieser verschiedenen Ursachen alle und überall von einander zu isoliren und zu spezifiziren, ist vor der Hand noch nicht möglich, doch will ich versuchen durch nachstehende Gegenüberstellung einige allgemeine Andeutungen darüber zu geben.

Als ursprüngliche Verschiedenheiten sind anzusehen:

Bei den vulkanischen Gesteinen.	Bei den plutonischen Gesteinen.
Vorherrschend dichte, Porphyr-artige, blasige oder Glas-artige Zustände; fast nie schiefrige Textur.	Vorherrschend krystallinisch-körnige oder Porphyr-artige, zuweilen auch schiefrige Textur, selten Glas-artige oder blasige.
Geringer Wasser-Gehalt; selten ausgeschiedener Quarz. Häufige Tuff-Bildungen.	Grösserer Wasser-Gehalt. Öfter ausgeschiedener Quarz. Selten Tuff-Bildungen.

Durch allmälige Umwandlung dürften dagegen folgende Unterschiede bedingt seyn.

Bei den vulkanischen Gesteinen.	Bei den plutonischen Gesteinen.
Wenig oder nicht veränderter Zustand.	Mandelstein-Bildung durch Ausfüllung vorhandener Blasenräume mit neugebildeten Mineralien.
	Neubildung oder Umbildung gewisser Mineralien im Innern der Masse, z. B. Schwefelkies, Karbonate, Zeolithe, Apatit, Chlorit, Talk, Serpentin u. s. w. Aufnahme von mehr Wasser. Zersetzungs- und Wacken-Zustände. Möglicherweise selbst manche Quarz-Bildung.

Als Resultat aller dieser Betrachtungen ergibt sich, dass man nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft alle Eruptivgesteine als im heiss-flüssigen Zustande emporgedrungene Theile des Erdinnern anzusehen hat, ohne bis jetzt eine ausreichende Erklärung der Spaltung in zwei Gruppen, eine basische und eine saure, zu kennen, während die Unterschiede innerhalb dieser Gruppen sich auf die Verschiedenartigkeit der Umstände zurückführen lassen dürften, unter denen die Erstarrung erfolgte, oder auf später eingetretene Umwandlungen.

Nachdem dieser Abschnitt bereits niedergeschrieben war, erschien Scheerer's sehr wichtige Abhandlung über die Gneisse des *Erzgebirges* *, worin diese sämmtlich zu den Eruptivgesteinen gerechnet werden. Ich selbst habe zuerst *1844* deutliche Gänge von rothem Gneiss im *Freiberger* grauen Gneiss beschrieben**, wenn ich auch damals nicht die Benennungen rother und graner Gneiss dafür anwendete, so brachte ich sie doch schon in Verbindung mit den zwei Jahre vorher von mir beobachteten Thonschiefer-Bruchstücken im Gneiss vom *Goldberg* bei *Goldkronach****, und erkannte demnach die eruptive Entstehung gewisser Gneisse vollständig an. Für den bei *Freiberg* herrschenden grauen Gneiss, sowie für vielen anderen, erschien mir aber die eruptive Entstehung unwahrscheinlich, nicht wegen ihrer Schieferung und mindestens anscheinenden Schichtung, sondern wegen der parallellen Einlagerung sehr ungleicher Varietäten und sogar ganz abweichender Gesteine. In der Nähe von *Freiberg* kann man allerdings nur den Quarzschiefer als ein sehr abweichendes Gestein parallel zwischen dem grauen Gneiss beobachten. Im Gebiet des *Erzgebirges* wechseln aber nicht nur zuweilen vielerlei Varietäten parallel mit einander ab, sondern das Gestein geht in den Gegenden von *Lengefeld*, *Zschopau* und *Wolkenstein* auch so unmerklich in Glimmerschiefer mit Kalkstein-Einlagerungen über, enthält sogar (als rother Gneiss) bei *Kallich* selbst Kalkstein, dass mir für die Mehrzahl der *Erzgebirgischen* Gneiss-Varietäten und namentlich für die grauen, eine Entstehung durch Umwandlung viel wahrscheinlicher blieb. In der durch Scheerer gefundenen, allerdings sehr auffallenden Übereinstimmung der chemischen Zusammensetzung gewisser Gneisse kann ich noch keinen unumstösslichen Einwand gegen diese Annahme erblicken, denn die angestellten Analysen beziehen sich doch wahrscheinlich grösstentheils auf einigermassen übereinstimmende und charakteristische Varietäten, nicht auf die beson-

---

* Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. *1862*.

** N. Jahrb. *1844*, 681.

*** N. Jahrb. *1843*, 175.

ders abweichenden und abnormen, die hie und da ebenfalls parallel eingelagert sind. Wollte man unter sich ähnliche Thonschiefer-Varietäten einer Gegend mit Weglassung aller besonderen Einlagerungen genau analytisch vergleichen, so dürfte sich ein ganz ähnliches Resultat der Übereinstimmung herausstellen. Um so mehr würde das der Fall seyn, wenn man nicht blos die Resultate des grauen, sondern zugleich die des mittlen und rothen Gneisses (die mit jenen wechsellagern) in die Vergleichung herein ziehen wollte, denn nicht aller Kieselsäure-reiche (rothe) Gneiss muss desshalb nothwendig eruptiv seyn, weil es einiger sicher ist, und ebenso kann wohl auch einiger graner eruptiv seyn. Man darf nicht vergessen, dass wenn diese jedenfalls zu den ältesten gehörenden Gesteine meist metamorphische sind, ihr ursprüngliches Material nur aus der Zerstörung einer sehr einförmig zusammengesetzten Erstarrungs-Kruste hervorgegangen seyn kann. Gelangten deren Zerstörungs-Produkte ohne grosse Aufbereitung zur Wiederablagerung, so wird sich ihr chemischer Gehalt auch nicht wesentlich davon und unter sich unterscheiden.

Nun tritt aber hier noch ein anderer sehr beachtenswerther Umstand ein, vom chemischen Standpunkte, nach ihrer Silizirungsstufe lassen sich nach Scheerer sehr bestimmt drei verschiedene Gneiss-Arten von einander unterscheiden, welche vorläufig die Benennungen grauer, mittler und rother Gneiss erhalten haben, diese sollen so konstant verschieden seyn, wie drei Mineralien. Wenn sich das wirklich bestätigt, so ist es allerdings höchst wichtig und fast ebenso auffallend und überraschend für eruptive Gesteine verschiedener Lokalitäten als für metamorphische oder sedimentäre gleichen Charakters. Aber wegen der grossen Tragweite der Sache ist es denn doch wünschenswerth, dass zunächst noch recht viele Gneiss-Varietäten so sorgfältig untersucht oder wenigstens in Beziehung auf ihren Kieselsäure-Gehalt bestimmt werden. Unter den bis jetzt untersuchten sind noch manche der von Müller und Vogelgesang in den Gangstudien beschriebenen Varietäten zu vermissen. Es wäre denn doch denkbar, dass dadurch die ohnehin sehr

kleinen Lücken sich ausfüllten, welche jetzt zwischen jenen drei Gneiss-Arten zu bestehen scheinen. Diese Lücken sind kaum grösser als die Schwankungen der Werthe innerhalb der einzelnen Arten, was um so bedenklicher erscheinen muss, als der früher weit grösser erscheinende Sprung zwischen grauem und rothem Gneiss auch erst im Verlaufe der Untersuchung durch die gefundene Zwischenstufe des Mittelgneisses sehr vermindert worden ist. Man könnte wohl auch noch Mittelgneisse zwischen grauem und mittlem, mittlem und rothem finden.

Als wesentlich unterscheidend wird vorzugsweise der ungleiche Kieselsäure-Gehalt bezeichnet. Die Extreme desselben schwanken nach 16 besonders genauen Analysen *Freiberger* Gneisse und dazu gerechneter Granite wie folgt, und ergeben daher nachstehende Differenzen und Lücken.

	Grauer	Mittler	Rother
Extreme	64,17—66,42 .	68,89—71,42 .	74,87—76,26
Grösse der Schwankungen	2,26 .	2,53 .	1,39
Grösse der Lücken . .	2,47	3,45	

Unter den Resultaten der *Freiberger* Schmelz-Proben finden sich bei *Erzgebirgischen* rothen Gneissen noch Kieselsäure-Gehalte von 73,0—73,2—73,5—73,8 u. s. w., durch diese nicht vereinzelte Thatsache wird aber die Lücke zwischen mittlem und rothem Gneiss wieder wesentlich geringer und die vorstehende Tabelle gestaltet sich dadurch wie folgt:

	Grauer	Mittler	Rother
Extreme	64,17—66,42 .	68,89—71,42 .	73,0—76,26
Grösse der Schwankungen	2,25 .	2,53 .	3,26
Grösse der Lücken . . .	2,47	1,58	

Da sind also die Lücken z. Th. schon kleiner als die Schwankungen, und wenn auch die Resultate der Schmelz-Proben nur als annähernd richtig zu bezeichnen sind, so fragt es sich in Folge von 4 nahe übereinstimmenden doch, ob man berechtigt ist überhaupt noch einen grossen Werth auf diese Lücken zu legen, welche durch neue Analysen leicht noch mehr ausgefüllt werden könnten.

Auch Roth's Tabellen, aus denen Scheerer nur einige Analysen angeführt hat, enthalten noch einige Zwischenglieder,

z. B. einen Gneiss mit 67,32 und zwei Granite mit 72,08 und 72,11 Kieselsäure-Gehalt, doch will ich darauf hier gar keinen Werth legen, weil diese Analysen vielleicht nicht mit gleicher Sorgfalt ausgeführt sind und auch nicht *Erzgebirgische* Gneisse betreffen.

Allerdings habe ich hier nur den Kieselsäure-Gehalt berücksichtigt, nicht die Titansäure, welche in sehr geringen Mengen vorhanden ist, und nicht die basischen Bestandtheile, auf deren Verhältnisse Scheerer ebenfalls Werth legt, dergestalt, dass nicht ganz einfach die Mengen-Verhältnisse der Kieselsäure entscheiden. Vergleicht man nur die dafür gefundenen Zahlenwerthe, so ergeben sich bei ihnen ähnliche Schwankungen und Lücken wie für die Kieselsäure, die daraus berechnete Silizirungs Stufe hat aber etwas grössere Übereinstimmung gezeigt.

Diese überaus sorgfältigen Gneiss-Untersuchungen, welche über die Ursachen der Gang-Veredlung, über den ursprünglichen Wasser-Gehalt und über die Silizirungs-Stufe des Glimmers ein ganz neues Licht verbreitet haben, scheinen mir in Beziehung auf den Gneiss als Gestein als sicher begründet, zunächst doch nur zu zeigen, dass dessen Kieselsäure-Gehalt überhaupt zwischen 64 und 76 Prozent schwankt, und dass allerdings die meisten Varietäten entweder vorzugsweise arm oder vorzugsweise reich an Kieselsäure sind, während Zwischenstufen seltener auftreten.

Das ist jedenfalls schon ein interessantes Resultat, dasselbe steht aber an sich nicht in Widerspruch mit der Annahme, dass auch die *Erzgebirgischen* Gneisse theils durch Umwandlung entstanden, theils eruptiv sind.

Es gibt ohne Zweifel entschiedene Eruptivgesteine, und ebenso entschiedene metamorphische, von sehr ungleichem Kieselsäure-Gehalt, nur die Form des Auftretens kann über die Art der Entstehung im einzelnen Falle sicher entscheiden. Die *Erzgebirgischen* Gneisse stecken jedoch theils parallel, theils nicht parallel mit so verschiedenen Formen in und zwischen einander, dass es bei unvollkommenem Aufschluss oft sehr schwer wird, von ihrer wahren Lagerungs-Weise eine hinreichend deutliche Vorstellung zu gewinnen. Die

bisherigen Beobachtungen lassen desshalb noch nicht darauf schliessen, dass Varietäten von ungleicher Silizirungs-Stufe räumlich bestimmt von einander abgetrennt seyen und gleichsam in sich abgeschlossene Gebiete bildeten.

Haben sich wirklich, chemischen Verwandtschaften folgend, etwa wie die Bestandtheile der Mineralien, während sehr langsamer Erstarrung grosser Eruptiv-Massen, darin bestimmte konstante Stoff-Verbindungen räumlich abgesondert, dann ist es gewiss recht auffallend, dass das nach chemischen Gesetzen vereinigte nicht als einfache Mineral-Masse erstarrte, sondern nachher doch wieder in drei verschiedene Mineralien sich spaltete, deren Gesammtheit gleichsam ein Mineral darstellt. Das Auffallende einer Thatsache ist indessen noch kein Grund gegen ihre Richtigkeit, nur scheint es mir, so auffallende und unerwartete Resultate mahnen zu besonderer Vorsicht, wesshalb ich dann auch glaubte, dass es gut sey einige Bedenken auszusprechen, deren weitere Erörterung wünschenswerth erscheint.

In Folge der Zurechnung fast aller *Erzgebirgischen* und jedenfalls auch vieler anderer Gneisse zu den eruptiven granitischen Gesteinen, sowie der analogen chemischen Verhältnisse bei zahlreichen anderen Eruptivgesteinen schlägt Scheerer schliesslich dafür als allgemeine Bezeichnung die Benennung Plutonite vor, die er zunächst in untre, mittle und obre unterscheiden möchte, während für die „neueren plutonischen“ (eigentlich vulkanischen) Gebilde die Benennung Vulkanite angewendet werden könnte. Der Vorschlag ist für die eruptiven Gesteine sehr annehmbar. Man muss dann aber auch die basischen (Basalte, Grünsteine u. s. w.) darin unterbringen. Die Andesite und Liparite (Rhyolithe) würde ich jedenfalls zu den Vulkaniten rechnen, nicht zu den Plutoniten.

Sedimentäre Gesteine.

Über die Entstehung der sedimentären Gesteine durch Ablagerung von oben, meist aus Wasser, zum kleineren Theile aus der Atmosphäre, besteht kein Zweifel. Ihre Zusammensetzung, Schichtung und Lagerung, sowie die darin enthal-

tenen Versteinerungen beweisen das auf das Bestimmteste. Nur darüber was Alles man zu den sedimentären Gesteinen rechnen? — in welchem Falle man dafür den Ausdruck metamorphisch anwenden soll? — und unter welchen besonderen Umständen die einzelnen hieher gehörigen Gesteins-Arten abgelagert worden sind? — bleibt noch mancherlei zu untersuchen und fest zu stellen übrig.

Ich werde diese 3 Fragen getrennt besprechen.

1) Für alle Sandsteine, geschichteten Konglomerate, Tuffe, dichten und schiefrigen Thongesteine, sowie für den grössten Theil der Mergel, Kalksteine, Dolomite und Kohlen liegt der sedimentäre Ursprung so deutlich vor, dass Niemand daran zweifeln wird. Etwas schwieriger ist die Entscheidung schon bei manchen körnigen Kalksteinen oder Dolomiten, sowie bei den massenhaften Anhäufungen von Gyps und Steinsalz, obwohl auch an ihrem sedimentären Ursprung durchaus nicht mehr zu zweifeln ist. Die Schwierigkeit der Unterscheidung wird da am grössten, wo undeutlich gemengte, oder gar etwas zersetzte Eruptivgesteine parallel zwischen sedimentären liegen.

2) Den Ausdruck metamorphisch wird man am zweckmässigsten immer erst dann anwenden, wenn eine der Voraussetzung nach ursprünglich sedimentäre Gesteins-Bildung in ihren mineralogischen Charakteren so wesentlich verändert ist, dass man aus dem gegenwärtigen Zustande den ursprünglichen nicht mehr ohne Weiteres erkennen kann. Eine feste Grenze ist da natürlich nicht zu ziehen, es finden vielmehr allmälige Übergänge statt und nur die Extreme sind deutlich verschieden.

3) Die Beantwortung der dritten Frage lässt sich fast gar nicht allgemein behandeln, sondern immer nur für jedes besondere Gestein mit Berücksichtigung seiner Lagerungs-Verhältnisse und organischen Einschlüsse. Allgemein kann man höchstens sagen: viele Gesteine sind durch das Meer abgelagert, an Küsten oder weit entfernt von Küsten; einige in Landseen, durch Flüsse oder Quellen. Die meisten bestehen aus Abschwemmungs-Produkten, einige aus vulkanischen Auswurfs-Produkten, einige aus krystallinischen Nie-

derschlägen oder aus Produkten des vegetabilischen, oder animalischen Lebens-Prozesses.

Die Art der mechanischen Aufbereitung und Vereinigung des Materials, die Sonderung oder Vereinigung der chemischen Bestandtheile, die Natur der etwa erst später eingedrungenen oder veränderten Substanzen, die Veränderungen des Ablagerungs-Bodens durch Senkungen, Hebungen u. s. w., das sind alles sehr wichtige Momente für die Beurtheilung, die sich aber immer nur für den besonderen Fall ermitteln lassen.

Da in vielen Gegenden die ältesten noch deutlich sedimentären Ablagerungen der Grauwacken-Periode schon ziemlich viel organische Reste enthalten, nach der Erstarrungs-Theorie aber der Entwickelung des organischen Lebens auf der Erde nothwendig ein langer Zeitraum vorausgegangen seyn muss, in welchem zwar schon Ablagerungen erfolgten, aber noch keine Organismen vorhanden waren, so ist es wahrscheinlich, dass ganz vorzugsweise diese ältesten (untersten) Ablagerungen in metamorphische Schiefer umgewandelt worden sind, welche keine oder sehr wenig Versteinerungen enthielten. Will man eine Vermuthung über ihre wahrscheinliche Beschaffenheit wagen, so kann es allenfalls die seyn, dass ihre Zusammensetzung eine vorzugsweise einförmige war, weil viele Bedingungen der Ungleichheit erst später eintreten konnten, so z. B. die Ablagerung von Kalksteinen und Kohlen-haltigen Schichten durch Vermittelung des organischen Lebens. Vielleicht desshalb findet man in sehr alten krystallinischen Schiefer-Gebieten nur ausnahmsweise Einlagerungen von Kalkstein und Graphit. Ihr Material bestand vorherrschend nur aus den Zerstörungs-Produkten der ersten Erstarrungs-Gesteine und konnte desshalb leicht durch spätre Umwandlung ihnen sehr ähnliche krystallinische Schiefer liefern. Mit solchen Schlüssen geräth man indessen nur allzuleicht auf das Gebiet kaum erlaubter Hypothesen.

Metamorphische krystallinische Schiefergesteine.

Obwohl die deutlich sedimentären thonigen Schiefergesteine ganz allmählig in Thonglimmerschiefer, Glimmerschiefer

und Gneiss übergehen, und obwohl auch bei den vorherrschend kalkigen, kieseligen und den Kohlengesteinen ganz unverkennbare Übergänge in entsprechende Einlagerungen zwischen den entschiedenen krystallinischen Schiefergesteinen häufig genug beobachtet werden, so bildet die richtige Deutung dieser letzten doch immer noch den schwierigsten Theil der Gesteinslehre, da für ihre Bildung keine direkten Beobachtungen, sondern nur Schluss-Folgerungen möglich sind.

Man hat sie nach einander für ursprüngliche Ablagerungs-Produkte in einer sogenannten Urzeit, für die ersten Erstarrungs-Produkte der Erde, zum Theil für Eruptivgesteine, und endlich für stark veränderte Sedimentärgesteine gehalten. Diese verschiedenen Ansichten sind nach und nach aufgetaucht, haben sich mehr oder weniger geltend gemacht, sind aber mit Ausnahme der letzten so ziemlich wieder als aufgegeben anzusehen. Für ursprünglich in ihrem gegenwärtigen Zustande abgelagert hält die krystallinischen Schiefer Niemand mehr. Durch erste Erstarrung kann höchstens ein kleiner Theil derselben entstanden seyn, etwa einige Gneissgebiete, welche frei von untergeordneten Einlagerungen sind; das wirklich nachzuweisen dürfte aber jedenfalls sehr schwer seyn, es bleibt zunächst eine für gewisse Fälle mögliche Annahme. Eruptiver Entstehung scheinen einige Gneisse allerdings zu seyn, für eine grosse Zahl von Gneiss-Bildungen und für die anderen krystallinischen Schiefergesteine passt aber eine solche Erklärung durchaus nicht, und vom geologischen Standpunkte wird man daher wohl thun, die nachweisbar eruptiven Gneisse als schiefrige Varietäten zum Granit zu rechnen, alle übrigen aber zu den metamorphischen Schiefern. Somit bleibt es dem gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft entsprechend, für den überwiegenden Theil der krystallinischen Schiefergesteine nur die Erklärung durch Umwandlung aus sedimentären Bildungen übrig.

Als Gründe, welche ganz entschieden für eine solche Umwandlung überhaupt sprechen, ohne dabei sicher über die Art des Vorganges zu belehren, sind besonders folgende hervorzuheben.

1) Die zahlreichen Umwandlungs-Reihen, welche man

schon bei den noch deutlich sedimentären Gesteinen beobachtet, und welche grösstentheils Übergänge in krystallinische Schiefer oder deren gewöhnliche untergeordnete Einlagerungen vermitteln. Ich will diese Umwandlungs-Reihen hier nur an wenigen Beispielen zeigen.

a) Thonschlamm geht über in (oder wird zu) Schieferthon, Thonschiefer, Thonglimmerschiefer und Glimmerschiefer. Ungleicher Gehalt an Sand, Kalk, Talk, Kali oder Natron hatte dabei natürlich einen grossen Einfluss auf die besondere Natur der Umwandlungs-Resultate, dadurch entstanden nicht nur die zahlreichen Varietäten des Glimmerschiefers, sondern auch Gneiss, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer oder Talkschiefer, welch letzte allerdings noch den Zutritt von Talkerde-Solutionen vermuthen lassen.

b) Sand geht über in (oder wurde zu) Sandstein, Quarzit, Quarzschiefer oder Itakolumit, je nach der Beschaffenheit der ursprüglichen Beimengungen, oder der später hinzugekommenen Substanzen. Aus Sandsteinen mit viel Bindemittel konnte wohl auch Glimmerschiefer oder Gneiss werden.

c) Aus mikroskopisch kleinen Thier-Schaalen bestehender Kalkschlamm geht über in (oder wurde zu) Kreide, diese wahrscheinlich durch Druck zu dichtem Kalkstein, aus beiden konnte unter Druck durch hohe Temperatur körniger Kalkstein werden, welcher so oft untergeordnete Einlagerungen zwischen krystallinischen Schiefern bildet.

d) Aus Torf oder anderen Pflanzen-Anhäufungen wurden unzweifelhaft Braunkohle, Schwarzkohle, Anthrazit und Graphit. Letzten finden wir wieder als untergeordnete Einlagerung zwischen krystallinischen Schiefergesteinen.

e) Eisenoxydhydrat lagert sich als Rasen- oder Braun-Eisenstein ab, unter starker Bedeckung scheint durch Entweichen des Wassers Rotheisenstein und durch Absorbtion eines Theiles Sauerstoff Magneteisen daraus hervorgegangen zu seyn. Letztes finden wir als untergeordnete Einlagerungen zwischen den krystallinischen Schiefern. Doch haben in diesen Fällen auch Rückbildungen und andere Vorgänge stattgefunden, wodurch die Thatsachen etwas verwickelter geworden sind.

2) Einen zweiten höchst wichtigen Grund für die Erklärung durch Umwandlung bilden die zahlreichen parallelen Wechsellagerungen der Gesteine oder Varietäten, welche zu den krystallinischen Schiefern gehören. Dazwischen liegen dann auch noch jene untergeordnete Einlagerungen von körnigem Kalkstein, Dolomit, Quarzit, Eisenstein, Graphit u. s. w. Alles zusammen parallel geschichtet. Diese Wechsellagerungen und Einlagerungen entsprechen aber vollständig den Wechsellagerungen und Einlagerungen der sedimentären Gesteine nur in verändertem, meist krystallinischem Zustande. Sie sind auf eine andere Weise überhaupt nicht erklärbar.

3) Schon die gewöhnliche oder normale Lage der krystallinischen Schiefer unter allen Sedimentärgesteinen, mit oft vollständigen allmäligen Übergängen in dieselben, entspricht durchaus einer solchen Entstehung durch Umwandlung.

4) Es lassen sich endlich auch noch gewisse seltenere Erscheinungen oder Ausnahmen zu Gunsten der Umwandlungs-Theorie anführen, so z. B. das Vorkommen einzelner, noch erkennbare Versteinerungen enthaltender Schichten zwischen krystallinischen Schiefern, wie z. B. der kalkigen Schiefer mit Belemniten-Resten zwischen dem Glimmerschiefer und Gneiss der *Alpen* an der *Furca.* Hier sind ausnahmsweise auch jüngere Ablagerungen sehr stark, aber nicht vollständig verändert worden.

Die Gesammtheit dieser Thatsachen liefert wie mir scheint einen so bündigen indirekten Beweis für die erfolgte Umwandlung eines sehr grossen Theiles der krystallinischen Schiefer, als man ihn nur von blosen Schlussfolgerungen, ohne die Möglichkeit direkter Beobachtung des Vorganges erwarten kann.

Eine ganz andre Frage ist nun aber die nach der Ursache und Art der Umwandlung.

Die erste Vermuthung der Geologen über diesen Gegenstand war die, dass man meinte die krystallinischen Schiefer seyen durch Einwirkung massenhaft empor gedrungener Eruptivgesteine über und neben denselben aus sedimentären Gesteinen gebildet worden; also durch eine Art von Kontakt-Wirkung, wobei man zugleich annahm, der Feldspath des

Gneisses sey erst von granitischen Gemengen aus in die Schiefer eingedrungen. Das sehr häufige Zusammen-Vorkommen von Granit und Gneiss, die Umgebung von Granit-Gebieten durch Gneiss-Hüllen, die nach aussen in Glimmerschiefer übergehen, wie z. B. mehrfach im *Erzgebirge* — dergleichen Erscheinungen konnten allerdings zu Gunsten einer solchen Hypothese angeführt werden. Eine irgend annehmbare Erklärung über die Möglichkeit der gleichmässigen Vertheilung des Feldspathes im Gneiss vermochte man aber nicht zu geben, ebenso wenig über die Grösse der Ausdehnung, welche dergleichen Kontakt-Wirkungen zuweilen erlangt haben müssten, ohne dass sie eine konstante Abnahme ihrer Energie mit der Entfernung von der Ursache erkennen lassen. Sehr häufig steht die Masse der beobachtbaren Eruptivgesteine (als Ursache) in gar keinem entsprechenden Verhältniss zu der Ausdehnung der krystallinischen Schiefer als Wirkung. Manche ausgedehnte krystallinische Schiefer-Gebiete sind sogar völlig frei von granitischen oder anderen eruptiven Durchsetzungen, und es würde da mindestens sehr gewagt seyn, wenn man in solchen Fällen allemal eine nirgends zu Tage getretene Unterlage von Granit voraussetzen wollte. Dazu kommt aber noch, dass sehr grosse Granitmassivs oft gar nicht von Gneiss oder anderen krystallinischen Schiefern umgeben sind, sondern vielmehr unmittelbar von deutlich sedimentären Gesteinen, welche fast gar nicht oder doch in ganz anderer Art verändert sind, aus deren Lagerung man aber deutlich erkennt, dass sie wirklich vom Granit durchsetzt wurden. Der *Harz* und das *Sächsische Voigtland* liefern sehr wichtige Beispiele der Art. Hier sind Thonschiefer verschieden alter Formationen von sehr grossen Granitmassivs durchbrochen, an deren Rändern zeigt sich aber keine Spur von Gneiss- oder Glimmerschiefer-Bildung, sondern es ist nur der gewöhnliche Thonschiefer bis zu einem verhältnissmässig geringen Abstand in Hornfels, Knotenschiefer oder Chiastolithschiefer umgewandelt, die sich zwar deutlich als Folgen einer Kontakt-Wirkung zu erkennen geben, aber durchaus nicht an Gneiss-Bildung erinnern, und die sehr wahrscheinlich mehr die Folgen einer hydroplutoni-

schen Wirkung als der hohen Temperatur des Granites an sich sind.

Allerdings beschrieb Credner* ein Vorkommen bei *Glasbach* an der *Schwarza* im *Thüringer Walde*, wo es wirklich ganz den Anschein hat, als sey neben einem mächtigen Granit-Gang, der den Thonschiefer durchsetzt, durch Einwirkung des Granites der Thonschiefer auf eine sehr geringe Entfernung hin in Gneiss umgewandelt worden. Ein solcher Fall würde aber unter besonderen Umständen, wenn der Thonschiefer die Elemente des Gneisses enthielt, recht gut möglich seyn, ohne dass man dadurch berechtigt wird, die Entstehung allen Gneisses aus gleichen oder analogen Umwandlungs-Ursachen abzuleiten. Mir scheint nach dem Allen, dass irgend eine Kontakt-Wirkung von empordringenden Eruptiv-Gesteinen jedenfalls nicht ausreicht die Entstehung der krystallinischen Schiefergesteine überhaupt zu erklären, dass dieselben vielmehr in der Hauptsache das Resultat einer viel allgemeiner wirkenden Ursache seyn müssen. Diese Ursache ist sehr wahrscheinlich wesentlich nichts anderes als Druck und Wärme. Ich halte dafür: die krystallinischen Schiefer mit den dazu gehörigen untergeordneten Einlagerungen, aber mit Ausschluss manchen Gneisses (schiefrigen Granites), sind nichts weiter als das letzte Resultat jenes sehr allgemeinen Umwandlungs-Prozesses, welcher alle diejenigen sedimentären Ablagerungen betroffen hat, und noch fortwährend betrifft, welche durch neuere Ablagerungen mehr oder weniger stark bedeckt wurden.

Dass eine sehr starke Bedeckung durch neuere Ablagerungen immer nur in Folge einer vorhergehenden Boden-Senkung eintreten konnte, versteht sich von selbst. Dadurch wurden aber dann die bedeckten Schichten nicht nur einem erhöhten Druck, sondern auch einer erhöhten Temperatur ausgesetzt. Zu dem Druck durch überlagernde Schichten kam in früheren Erd-Entwickelungs-Perioden wahrscheinlich auch noch der höhere Druck einer Stoff-reicheren, dichteren und dickeren Atmosphäre; zu der Wärme-Steigerung mit der

* Jahrbuch *1849*, S. 8.

Tiefe aber, die überhaupt höhere Temperatur des Erd-Körpers in seiner Totalität, die aus so vielen Thatsachen geschlossen werden kann. Das gilt als Einfluss-reich freilich nur für sehr frühe geologische Zeiträume, für diese ist es aber ganz einfach eine Consequenz der Erstarrungs-Theorie und muss nothwendig auch einen Einfluss auf die, wenn auch geringen allgemeinen Verschiedenheiten älterer und neuerer Eruptivgesteine ausgeübt haben, indem es für jene Zeiten den Unterschied zwischen vulkanisch und plutonisch mehr verwischte, alles vulkanische etwas plutonischer gestaltete.

Also Druck und Wärme, beide gemeinsam und vielleicht auch noch in Verbindung mit Wasser, welches die Erdkruste bis zu grosser Tiefe durchdringt, oder ursprünglich chemisch gebunden vorhanden war, scheinen im Verlaufe sehr grosser Zeiträume als Endresultat die Umwandlung in krystallinische Schiefer hervorgebracht zu haben, die, wo man sie an der Erdoberfläche beobachtet, dann allemal erst wieder gehoben und ihrer Bedeckung beraubt worden seyn müssen. Da aber sowohl die Bedeckung und Umwandlung als die spätere Erhebung und Freilegung jedenfalls sehr grosse Zeiträume in Anspruch nahmen, so ist es ganz natürlich, dass alle beobachtbaren krystallinischen Schiefer-Gesteine sehr alt sind. In der Regel werden sie die ältesten Ablagerungen im veränderten Zustande darstellen. Ausnahmen davon können nur unter ganz besonderen Umständen eingetreten seyn. In den *Alpen* scheint das der Fall gewesen zu seyn, die neueren Ablagerungen der Jura-, Kreide- und Tertiär-Periode zeigen hier eine ganz ungewöhnliche Mächtigkeit, in Folge davon scheinen Belemniten-haltige Schichten (die ältesten Ablagerungen der Jura-Periode) zeitweise so stark bedeckt worden zu seyn, dass sie z. Th. zu krystallinischen Schiefern wurden und sehr energische Hebungen haben dieselben später auch wieder frei gelegt.

Es erscheint in den *Alpen* überhaupt die Skala der Umwandlungen gleichsam etwas höher heraufgerückt zu seyn, die eocänen Ablagerungen enthalten zum Dachdecken brauchbare, feste Thonschiefer, die miocänen Braunkohlen der Mollasse gleichen schon beinahe Steinkohlen u. s. w. Ganz

im Gegensatz dazu findet man in den Niederungen des *Europäischen Russlands* die ältesten Silur-Bildungen, z. Th. noch im Zustande von plastischem Thon und mürbem Sandstein, wahrscheinlich weil sie nie stark bedeckt wurden.

Bei sehr starker Bedeckung kann die Temperatur in den untersten Ablagerungen sogar eine solche Höhe erreicht haben, dass dadurch einige oder alle Gesteins-Glieder erweicht, selbst theilweise geschmolzen wurden. Dadurch würden sich die sonderbaren Erscheinungen erklären lassen, die man zuweilen an den Einlagerungen von körnigem Kalkstein zwischen krystallinischen Schiefern beobachtet, ja es könnten dadurch wohl selbst Silikat-Gesteine erweicht und theilweise in gewissem Grade eruptiv geworden seyn, ohne nothwendig ihre schiefrige Textur vollständig zu verlieren.

Auf diesem Wege kann man sich allerdings nur allzu leicht auf das Gebiet ganz unerweisbarer Hypothesen verleiten lassen, aber die Möglichkeit liegt vor, dadurch manche Lagerungs-Verhältnisse von Granulit oder Gneiss zu erklären, die sich nicht mit der blossen Umwandlung einer Sendimentär-Bildung vertragen.

Wenn sich durch solche allgemeine plutonische Einwirkungen, wie Druck und Wärme, der besondere Zustand der krystallinischen Schiefer erklären lässt, so entsteht nun freilich noch die sehr wichtige Frage, ob denn auch ihre chemische Zusammensetzung damit übereinstimmt? d. h. ob aus dem durch Ablagerungen gegebenem Material krystallinische Schiefer-Gesteine, wie Glimmer-Schiefer, Gneiss u. s. w. werden konnten. Für die Mehrzahl derselben ist das allerdings der Fall. Man braucht nur die Bestandtheile der krystallinischen und der noch nicht krystallinischen Schiefer mit einander zu vergleichen, um daraus zu erkennen, dass recht wohl ohne Zutritt neuer, oder Beseitigung vorhandener Bestandtheile, aus manchem Thon-Schiefer ein Glimmer-Schiefer, aus anderem ein Gneiss werden kann, wenn diese Bestandtheile fähig sind sich zu krystallinischer Mineralaggregation zu verbinden. Der Stoff dazu ist vorhanden, es muss nur die Möglichkeit gegeben seyn, in die neue Form einzutreten. Durch die Variation der Bestandtheile verschiedener Thon-

schiefer, die z. Th. auch etwas Kalkerde und Talkerde enthalten, ist das Material für sehr verschiedene Gneiss-, Glimmerschiefer- und auch Hornblendeschiefer-Varietäten gegeben. Zur Bildung von Chlorit- und Talkschiefer wird allerdings noch der Zutritt von mehr Talkerde in irgend einer Solutions-Form nöthig, es ist aber bekannt, dass zahlreiche Pseudomorphosen einzelner Mineralien, deren Entstehung ganz unzweifelhaft ist, die Möglichkeit eines solchen Zutrittes beweisen. Es scheint nur eben, dass für die Bildung dieser Talkerde-reichen Gesteine, zu denen auch der Serpentin gehört, noch besondere Bedingungen nöthig waren, ausser den allgemeinen für die Entstehung der krystallinischen Schiefer überhaupt. Unsere Hypothese (die ich mit dieser Bezeichnung keineswegs als eine persönliche in Anspruch nehmen will) schliesst durchaus nicht die Mitwirkung des Wassers bei dergleichen Umwandlungen aus. Daubrée hat erst kürzlich durch Versuche gezeigt, dass das Wasser unter hohem Atmosphären-Druck selbst bei Weissglühhitze mit anderen Substanzen, z. B. mit Silikaten, chemisch verbunden bleiben kann, und dass es dann sogar den Schmelzpunkt der Stoffe nicht unwesentlich verändert. Überdiess mag denn auch durch seine Vermittlung manche Stoff-Translocirung im Erd-Innern bewirkt worden seyn, die sich noch nicht speciell nachweisen lässt.

Wie stark die Bedeckung gewesen seyn müsse, um solche Umwandlungen zu veranlassen, das lässt sich um so weniger angeben, da nach der Erstarrungs-Theorie früher auch die Gesammt-Temperatur des Erdkörpers bis zur Oberfläche eine höhere, die Atmosphäre aber eine dichtere schwerere war, also den Druck vermehrte. Überdiess ersetzt auch noch in allen Fällen die Zeitdauer der Einwirkungen einigermassen ihre Energie, die Zeit aber ist für alle geologischen Vorgänge eine durchaus unermessliche.

Die krystallinischen Schiefer nähern sich in ihren vorherrschenden Repräsentanten, Gneiss und Glimmer-Schiefer, mehr den sauren als den basischen Eruptiv-Gesteinen. Der Grund dafür ist wohl leicht einzusehen. Kalkerde und Talkerde, durch deren grösseren Gehalt sich die basischen

Eruptiv-Gesteine ganz besonders von den sauren unterscheiden, sind, nachdem sie durch Zerstörung jener in Auflösung gelangt waren, meist als kohlensaure Verbindungen, als Kalksteine und Dolomite, für sich allein zur Ablagerung gelangt und bildeten somit einigermassen selbstständige Einlagerungen zwischen den mehr mechanischen thonigen oder sandigen Ablagerungen ohne Kalkerde-Gehalt, aus denen die Mehrzahl der krystallinischen Schiefer hervorgegangen zu seyn scheint. Diese Kalk- und Dolomit-Lager fehlen aber auch zwischen den Kiesel-reichen krystallinischen Schiefern nicht, und dürften den Kalk- und Talkerde-Gehalt darstellen, welcher der Gesammtheit der krystallinischen Schiefer im Vergleich mit der Gesammtheit der Eruptiv-Gesteine fehlt. Das könnte also der Grund seyn, warum wir in den krystallinischen Schiefern überhaupt seltener Verbindungen von Amphibol, Pyroxen und Labrador finden als in den Eruptiv-Gesteinen.

Da die krystallinischen Schiefer durchschnittlich die ältesten Gesteine sind, die man kennt — überlagert von allen Sedimentären und durchbrochen von allen Eruptiven — so müssen sie hienach vorzugsweise durch Umwandlung der ältesten oder alleruntersten Ablagerungen entstanden seyn. Worauf hätten aber diese sich ablagern können, wenn vorher kein anderes Gestein vorhanden war? Allerdings muss vorher schon ein fester Ablagerungs-Boden als Scheidewand zwischen dem heiss-flüssigen Erd-Innern und der Wasser- und Luft-Hülle vorhanden gewesen seyn, aus welcher allein Ablagerungen erfolgen konnten. Das führt uns, wenn wir überhaupt den heiss-flüssigen Zustand der Gesammterde als ältesten geologisch erschliessbaren anerkennen, zu der nothwendigen Annahme einer mächtigen ersten Erstarrungs-Kruste, bevor es möglich war, dass irgend ein sedimentäres oder eruptives Gestein entstehen konnte. Wo ist nun diese erste Erstarrungskruste hingekommen, wenn sie nicht durch die krystallinischen Schiefer dargestellt wird? — Es ist allerdings nicht leicht, eine solche Frage, die sich auf längst vergangene Zeiten und Zustände bezieht, bestimmt zu beantworten; dass aber Gneiss, Glimmer-Schiefer oder Thon-Glimmer-

schiefer mit parallelen untergeordneten Einlagerungen von Kalkstein, Dolomit, Hornblendeschiefer, Quarzschiefer, Eisenstein oder Graphit und dergleichen nicht durch erste Erstarrung der Erdmasse gebildet worden seyn können, so viel ist sicher. Wo dergleichen Einlagerungen, z. B. im Gneiss, ganz fehlen, da wäre es allerdings möglich, dass solche Gneiss-Gebiete Überreste einer ersten Erstarrungs-Kruste seyen, und ebenso braucht nicht nothwendig aller Granit eruptiv zu seyn, weil vieler deutliche Beweise dafür zeigt. Da hätten wir also schon Einiges, was möglicherweise von der ersten Erstarrung herrühren könnte.

Gleichmässige Gneiss-Gebiete, ohne alle fremdartige untergeordnete Einlagerungen, und Granit-Gebiete, die keine Spuren eruptiver Entstehung erkennen lassen, sind aber nach den bisherigen geologischen Erfahrungen so seltene Erscheinungen, dass sie offenbar nicht genügen, um eine mächtige erste Erstarrungs-Kruste zu repräsentiren. Unter diesen Umständen bleibt vorläufig kaum etwas anderes übrig als anzunehmen, dass ein grosser Theil jener ersten Erstarrungs-Kruste unter sehr starker Bedeckung durch Ablagerungen allmählig wieder eingeschmolzen und z. B. als Granit eruptiv geworden ist. Es steht sogar nichts entgegen, dass dieser Vorgang zuweilen auch die ersten, untersten Ablagerungs-Gesteine betroffen haben könne, und dass hierdurch der chronologische Anfangspunkt für alle geologischen Entwickelungen oft sehr verwischt und unsicher geworden ist.

Ich habe im Vorstehenden die plutonische Erklärung der krystallinischen Schiefer-Gesteine zu entwickeln versucht. In neuester Zeit sind nun aber, nicht sowohl von Geologen als vielmehr von Chemikern, andere Erklärungen ihrer Entstehung durch Umwandlung aus Ablagerungs-Gesteinen versucht worden, welche sich hauptsächlich dadurch von jener unterscheiden, dass sie alle plutonischen Einwirkungen negiren und nur die unter den Zuständen an der Erd-Oberfläche wirkenden chemischen Vorgänge als massgebend anerkennen.

Dass plutonische Vorgänge die Mitwirkung oder Anwesenheit von Wasser nicht ausschliessen, und in so fern

allenfalls hydroplutonisch genannt werden könnten, habe ich bereits mehrfach erwähnt, nach den neueren Ansichten einiger Chemiker soll aber das Wasser allein schon unter gewöhnlichen Druck- und Temperatur-Verhältnissen genügen, um im Laufe der Zeit jene Umwandlungen hervor zu bringen.

Ich vermag nicht, diese Erklärungen vom chemischen Standpunkte zu beurtheilen. Vom geologischen Standpunkte aber genügen sie mir nicht: weil sie principiell den Einfluss starker Bedeckung, also hohen Druckes und erhöhter Temperatur unberücksichtigt lassen; weil sie nicht erklären, warum z. B. in den Alpen sehr neue Ablagerungen stark verändert sind, während in anderen Gegenden, wo Bedeckungen fehlten, bei sehr alten Ablagerungen kaum eine Veränderung eingetreten ist, wie z. B. im nördlichen *Russland*; und endlich weil sie die gleichzeitig eingetretenen mechanischen Änderungen, wie Verdichtung, Schieferung u. s. w., ganz unerklärt lassen. Vorausgesetzt, dass es wirklich richtig sey, durch Wasserwirkung könne unter gewöhnlichen Druck- und Temperatur-Verhältnissen aus Thon (Schieferthon, Thonschiefer, Thonglimmerschiefer) Glimmerschiefer oder Gneiss, Hornblendeschiefer u. s. w. werden, so bleibt es doch schwer denkbar, dass solche von der Oberfläche ausgehende Einwirkungen ganze Schichten-Complexe, nicht lokal sehr ungleich, sondern über viele Quadratmeilen überall fast ganz gleichmässig betroffen und verändert haben sollten. Sehr auffallend würde es dann ferner seyn, wenn man nicht auch gewisse Modifikationen dieser Veränderungen auffände, die durch erhöhten Druck und erhöhte Temperatur bedingt sind, da sich die Nothwendigkeit solcher Zustände im Erd-Innern nun einmal nicht ablegnen lässt, und zahlreiche geologische Thatsachen hinreichend beweisen, dass einst stark bedeckte Gesteine durch spätere Erhebung und Abschwemmung jetzt frei gelegt sind.

Der rein chemischen Hypothese folgend, lässt sich überhaupt gar keine Beziehung zwischen Lagerung und Umwandlung erkennen, wie sie aus der plutonischen Hypothese so konstant hervorgeht. Einiges Bedenken muss es übrigens

auch erwecken, dass von den Vertretern derselben — um die plutonische unwahrscheinlich zu machen — die Wirkungen des Druckes und der erhöhten Temperatur im Erd-Innern beinah vollständig in Abrede gestellt werden, die doch für jeden vorurtheilsfreien Physiker nur eine nothwendige Folge der Verhältnisse sind, und dass ferner von denselben auch die eruptive Natur der meisten Eruptivgesteine in Abrede gestellt zu werden pflegt, was mindestens eine geringe Bekanntschaft mit den geologischen Thatsachen durch eigene Beobachtung voraussetzen lässt. Ich brauchte hier absichtlich nur den Ausdruck eruptiv, ohne den Zustand der Erweichung zu bezeichnen, denn das Eruptive der Form steht für jeden unbefangenen Beobachter fest, wenn auch über den Zustand der Substanz noch Zweifel möglich sind. Mit anderen Worten, ich halte diese Chemiker für nicht sehr kompetent in rein geologischen Fragen, so lange sie nicht auch die formalen Erscheinungen gehörig berücksichtigen.

Sehr belehrend bleiben nichts desto weniger die sorgfältigen Untersuchungen über Mineral-Bildungen und Mineral-Umbildungen durch Wasser-Wirkung, welche wir z. B. G. Bischof verdanken. Sie klären höchst wissenschaftlich auf über die schon längst vermuthete Entstehungs-Weise von Mineral-Ablagerungen in Blasenräumen und in Spalten vieler Gesteine, sowie über die besonderen Mineral-Bildungen oder Umbildungen im Innern von anderen, wodurch z. B. lokal Serpentin, Chloritschiefer, Talkschiefer u. s. w. entstanden seyn mögen.

Im Verlaufe dieser Erörterungen war bereits von Umwandlungen durch Kontakt die Rede, d. h. von solchen, welche sich an den Rändern oder in der Nachbarschaft von Eruptivgesteinen finden, welche sedimentäre Ablagerungen durchsetzt haben. Dass dergleichen häufig beobachtet werden unterliegt gar keinem Zweifel. In der Regel erstrecken sie sich aber nur auf sehr beschränkte Abstände von den Eruptivgesteinen, und es lassen sich dabei wieder plutonische oder vulkanische Einwirkungen unterscheiden. Zu den ersten gehören die Bildungen von Hornfels, Knotenschiefer und Chiastolithschiefer an den Kontakt-Rändern von Granit oder

Grünstein; zu den letzten die besondere Härtung, Verschlackung oder Verglasung, die Verkoaksung oder Säulenförmige Absonderung der thonigen, sandigen oder Kohlengesteine an den Grenzen von Basalt, Trachyt oder auch Porphyr. Während die ersten eine Mitwirkung des Wassers voraussetzen lassen, scheinen die letzten einfach Folgen sehr erhöhter Temperatur und darauf folgender schneller Abkühlung zu seyn.

Die hier berührten Gesteins-Umwandlungen sind, höchstens mit Ausnahme der letzten, lauter solche, welche in der Tiefe unter Abschluss der Atmosphäre erfolgen, wofür Haidinger die Bezeichnung katogen vorgeschlagen hat, im Gegensatz zu den anogenen Umwandlungen, welche unter Einwirkung der Luft und Wasserhülle von Aussen nach Innen vorrücken. Diese letzten fallen z. Th. zusammen mit dem sehr allgemeinen Verwitterungs-Prozess der Gesteine, bestehen aber nicht alle in einer Zersetzung oder Auflockerung der Massen, z. Th. vielmehr auch in Hydrat-Bildungen. Dahin gehören: die Kaolinisirung der Feldspath-haltigen Gesteine, die Wacken-Bildung der Augit- oder Hornblende-haltigen Gemenge, die Gyps-Bildung aus Anhydrit u. s. w. Im Kreislauf aller Stoffe spielen auch sie eine sehr wichtige Rolle.

Die wichtigsten Gegensätze der katogenen und anogenen Umwandlungen dürften etwa so zu bezeichnen seyn:

Katogen.	Anogen.
Verdichtung und Härtung. Krystallisation. Desoxydation. Entwässerung (bis zu gewissem Grade). Schiefer-Textur.	Auflockerung. Oft Zerstörung des krystallinischen Zustandes. Oxydation. Hydrat-Bildung.

Mineral- und Erz-Gänge.

Diese bilden beinah eine besondere Gruppe von Gesteinen und würden in der That den drei anderen Gruppen ebenbürtig zur Seite zu stellen seyn, wenn nicht ihre räumliche Ausdehnung eine sehr geringe wäre. Sie füllen nur verhältnissmässig enge Spalten in anderen Gesteinen aus, und ihre Entstehung scheint fast allgemein eine hydroplutonische zu seyn. Es sind grösstentheils chemische Niederschläge

aus wässrigen Solutionen, welche im Erdinnern, meist unter anderen Verhältnissen von Druck und Wärme erfolgten als diejenigen sind, die an der Erd-Oberfläche herrschen.

Da ich mich über diese räumlich untergeordneten Bildungen kürzlich in der 2. Auflage meines Buches über Erz-Lagerstätten sehr ausführlich ausgesprochen habe, so gehe ich hier nicht weiter darauf ein.

Rückblick.

Blicken wir nach dem Allem noch einmal auf die verschieden-artigen Gesteins-Bildungen und Umbildungen zurück, so ergibt sich für deren Gesammtheil eine Art von Kreislauf der Stoffe (vielleicht besser der Materie) und ihrer Zustände. Die Stoffe bleiben, aber die Formen ihres Auftretens und die Arten ihrer Verbindung wechseln.

Von den nicht sicher nachweisbaren ersten Erstarrungs-Produkten absehend, können wir in den Kreislauf des Formenwechsels am besten bei den eruptiven Erstarrungsgesteinen, als den am meisten ursprünglichen Bildungen eintreten. Durch chemische und mechanische Thätigkeit werden sie von ihrer Oberfläche herein, und von ihren inneren Zerspaltungen aus beständig angegriffen und zerstört. Die Produkte dieser Zerstörung lagern sich als chemische Niederschläge oder als mechanische Aggregate wieder ab. Durch den ersten Vorgang entstehen Ausfüllungen von Blasen und Spalten (Mandeln und Gänge); Quellen-Ablagerungen wie Kalktuff, Kieseltuff, Raseneisenstein oder auch andere krystallinische Gesteine wie Gyps, Steinsalz u. s. w. Durch den letzten Vorgang werden dagegen die weit mächtigeren und ausgedehnteren Ablagerungen von Thon, Sand, Geröllen, Mergel, Kalkstein und Dolomit, z. Th. unter Vermittelung des organischen Lebens, veranlasst. Kohlenstoff als Kohlensäure in der Atmosphäre, Wasser, Chlor und einige andere Substanzen treten neu hinzu.

Alles abgelagerte Material wird aber, ebenso wie das eruptive, von Aussen herein auch wieder theilweise zerstört und abgeschwemmt, im Innern dagegen wird es durch Druck und Wärme im Verlaufe grosser Zeiträume beständig ver-

ändert. Anfangs nur mechanisch vereinigte Theile gehen dadurch aufs neue chemische Verbindungen ein, und nehmen krystallinische Zustände an, die mehr oder weniger den krystallinischen Mineral-Aggregaten der eruptiven Gesteine entsprechen. Ja es ist sogar wahrscheinlich, dass ihr Material z. Th. selbst wieder eruptiv geworden ist.

Da aber zu keiner Zeit, die wenn auch sehr langsame, und desshalb oft kaum beobachtbare Zerstörung und Neubildung von Gesteinen ganz unterbrochen war und ist, so sind auch alle die verschiedenen Produkte der Erstarrung, Ablagerung und Umwandlung immer aufs neue wieder von denselben Vorgängen betroffen worden und werden noch davon betroffen. Das ist der ewige Kreislauf der Stoffe im Steinreich.

Bei so vielfach wiederholter Verarbeitung und Umbildung desselben Materials, zu dem überdiess die Atmosphäre und das Wasser neue Bestandtheile lieferten, ist es nicht zu verwundern, dass die Manchfaltigkeit seiner Gruppirung sich stets einigermassen vermehrt hat, denn wenn auch gewisse Vorgänge in diesem Kreislauf ganz allgemeiner Natur sind, sich überall und zu allen Zeiten gleichmässig wiederholend, so sind doch in Folge der allgemeinen Vermanchfaltigung der Zustände und Umstände und der Summirung ihrer Resultate, oft auch besondere Kombinationen derselben eingetreten, wodurch dann besondere Gesteins-Bildungen veranlasst wurden, die nicht zu allen Zeiten vorhanden waren, oder nicht zu den normalen Erscheinungen gehören. Eine weit grössere Zunahme der Manchfaltigkeit durch die Veränderung und Vermehrung der Existenz Bedingungen zeigt sich ja auch im geologischen Entwickelungs-Prozess des organischen Lebens, dessen Kreislauf ein weit schnellerer ist, und ebenso in der äusseren Oberflächen-Gestaltung des Erdkörpers.

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: 1862

Band/Volume: 1862

Autor(en)/Author(s): Cotta Bernhard von

Artikel/Article: Über Gesteine und deren Entstehung 641-683