

zu haben, um dieselben in Silicate umzuwandeln oder gegen andere auszu-  
tauschen, wobei Kiesel-erde und Metalloryde wesentlichen Antheil an den  
Gebilden nahmen, welche bei diesen Metamorphosen erzeugt wurden. Auch  
die Ausfüllungsmassen der Gangspalten können, wenn es nicht gleichzeitige  
Producte, sondern spätere Eindringlinge gewesen sind, nur auf nassem Wege  
hineingeführt worden sein, wie das namentlich von allen quarzhaltigen  
Gängen jetzt wohl unzweifelhaft ist (S. 132). Wenn heiße, mit Säuren  
und flüchtigen Salzen geschwängerte Wasserdämpfe in solchen Spalten von  
unten empordrangen, oder wenn auch nur die kalten, an Kohlensäure reichen  
Tagewasser in ihnen langsam herabrieselten, immer mußten sie die Mutter-  
gesteine der Spalten zersetzen, die Kiesel-säure zum Theil in der Auflösung  
erhalten, zum Theil rein abscheiden und die metallischen Bestandtheile der  
Basen zu neuen Verbindungen umwandeln, welche mit an den Aus-  
füllungsmassen der Gänge Theil nahmen. Demnach würden sehr viele,  
wenn nicht vielleicht gar die allermeisten Gangmassen ebenfalls als Pro-  
ducte sich betrachten lassen, deren Bildung durch metamorphische Proceffe  
zu erklären ist. —

## 12.

Lagerungsfolge und Zahl der neptunischen Schichten. — Versuche sie in größere  
Gruppen oder Formationen einzutheilen. — Primäre Flözgebilde.

Untersuchen wir nunmehr die Reihe der neptunischen oder nor-  
malen Schichten zunächst im Allgemeinen, unsere Betrachtung an die  
früher bereits erwähnten Eigenschaften (S. 4) derselben anreihend, so  
müssen wir bald die große Uebereinstimmung aller in ihren Formen und  
Bestandtheilen erkennen, welche zu den mannigfachen Verschiedenheiten der  
abnormen Gesteine einen sehr auffallenden Gegensatz bildet. Frühere Mit-  
theilungen haben uns schon die hauptsächlichsten Formunterschiede, die Be-  
ziehungen der Schichten zur Ebene, zu Gebirgszügen und zu einander, kurz  
alle diejenigen allgemeinen Verhältnisse kennen gelehrt, welche durch die  
Ausdrücke *Streichen* und *Fallen*, und die verschiedenen Benennungen  
der Lagerung angegeben werden (S. 169 ff.); wir haben uns damals  
schon überzeugt, daß später gebildete Schichten stets über den älteren sich

befinden müssen, und bei verworfenen gehobenen Straten die im Hangenden jünger sind, als die im Liegenden. Allein wir betrachteten noch nicht die Bestandtheile der Schichten selbst, und da gerade in ihnen die wesentlichsten Unterschiede auf einander folgender Straten bedingt zu sein pflegen, so wird eine allgemeine Erörterung dieser Bestandtheile und ihrer Abweichungen uns zunächst beschäftigen müssen.

Dreierlei Stoffe sind es vorzugsweise, welche die Schichten ihrer Materie nach bilden, Thonerde, kohlen-saurer Kalk und Quarzkörnchen oder Sand. Aber nur selten treten diese Bestandtheile rein und isolirt hervor, in der Regel sind sie gar innig unter einander oder mit einigen minder häufigen Stoffen gemischt, die ihnen sowohl materielle, als auch formelle Verschiedenheiten beilegen. Zu den letzteren Stoffen gehören besonders die Farbstoffe, am häufigsten Metalloryde und vor allen Eisen; aber auch Kohle und Bitumen treten als Färbungen auf. Selbst reine Kohle wird angetroffen, an verschiedenen Stellen schichtweise Lagen bildend und zwischen den ältesten wie jüngsten Schichten als untergeordnetes Flöz eingeschoben. Nicht selten finden sich Erzlager, aus mannigfachen Metallgemischen zusammengesetzt, die in größerer oder geringerer Ausdehnung zwischen die neptunischen Schichten sich eindrängen. — Im Ganzen spielen jedoch diese untergeordneten Lager in der Zusammensetzung normaler Gesteine keine wesentliche Rolle; viel wichtiger werden für die Differenzirungen der Materie Verbindungen, welche die drei Hauptgrundstoffe mit einander eingehen. Am gewöhnlichsten mischt sich der Quarzsand mit den beiden anderen Stoffen, theils mit der Kalkerde, theils mit der Thonerde; sie sind in der Regel das Bindemittel, welches die Quarzkörnchen vereint und zu einer festen soliden Materie erst macht. In ihnen findet sich auch die färbende Substanz des Sandsteins, wodurch regelmäßig abgegrenzte, sehr bestimmt verschiedene, rothe, weiße, bläuliche, grünliche und gelbliche Bänke entstehen, die gleich Bandstreifen über einander liegen und in mannigfachem Wechsel auftreten. Die Mischung der Sandkörner mit Thonerde kommt am häufigsten vor, zumal in älteren und in sehr jungen Formationen; in den mittleren Straten ist die Kalkerde bisweilen das Bindemittel. Zu jenen ältesten Sandsteinen gehört auch die Grauwacke, eine schwärzliche, grünliche, graue oder braune Mischung von Thonerde und Quarzsand, die nach der einen Seite in Thonschiefer, nach der anderen in reineren Sandstein übergeht, und immer durch ihre große Härte und Festigkeit sich auszeichnet. In den jüngsten Formationen bilden Gemische von Thonerde mit Kalk und Sand den Lehm, eine in ebenen Gegenden häufige, deutlich

angeschwemmte Erdschicht, deren Benutzung als Baumaterial sie eben so bekannt wie wichtig gemacht hat für das Menschengeschlecht; denn unter allen Zonen und zu allen Zeiten diente der Lehm als erster und hauptsächlichster Baustoff zu unseren Wohnungen. Am häufigsten und allgemeinsten ist die kohlen-saure Kalkerde selbst und allein in den neptunischen Schichten verbreitet; zwar stets ihren chemischen Grundlagen nach dieselbe Substanz, aber doch durch fremde Beimischungen, Farbenunterschiede, Grade der Festigkeit, deutlichere oder geringere Schichtung so mannigfach abweichend, daß man kaum noch an eine wirkliche Identität glauben möchte. Eine der häufigsten Abänderungen liefert die schon früher als Dolomit erwähnte Vermischung mit der kohlen-sauren Talkerde oder Magnesia; sie scheint besonders in den älteren Flözperioden vorzukommen; — später mischte sich die kohlen-saure Kalkerde lieber mit der Thonerde und bildete den Mergel, eine ebenfalls weit verbreitete, ihrer äußeren Erscheinung nach höchst veränderliche, buntfarbige Masse, die mehr in mittleren und jüngeren Perioden der Schichtenbildung entstanden zu sein scheint, und überhaupt nicht so mächtig auftritt, wie die Sandsteine und Kalksteine, sondern etwa den Thonschichten an Ausdehnung gleichkommen möchte. — Dies sind die wenigen Grundgebilde, aus denen die mannigfache Reihe der wässerigen Niederschläge entstand. In stetem Wechsel des einen mit dem andern wiederkehrend zeigen sie durch die Gleichartigkeit ihres materiellen Inhaltes auf einen und denselben Bildungsgang, auf eine eben so häufige Wiederkehr der Ursachen hin, aus denen sie im Laufe des Mittelalters unserer Erde hervorgingen, und liefern uns in ganz ähnlichen Absätzen aus der allerneuesten Zeit die besten Beweise, daß auch jene früheren Schichten unter entsprechenden Verhältnissen sich formten. Wir haben deren Bildungsgeschichte schon früher (S. 47 und 164) besprochen und in den ersten Kapiteln die Gesetze ihrer formellen Gestaltung kennen gelernt. Die Verwitterung des krystallinischen Massengesteins war es, welche zu den erdigen neptunischen Sedimenten das vom Wasser nicht eigentlich gebildete, sondern nur weiter transportirte Material bereitete; sein Absatz scheint zu einer Zeit, als die krystallinische Rinde noch heiß und nur auf der äußersten Oberfläche etwas mehr abgekühlt war, schneller von Statten gegangen zu sein und die mächtigen Schichten des Glimmerschiefers und Urthonschiefers veranlaßt zu haben, auf welche später die bis dahin im Meere aufgelöst oder suspendirt gewesene kohlen-saure Kalkerde des Uebergangskalkes, mit den gleichzeitigen Thonschiefen und Grauwacken mehrmals wechselnd, abgelagert wurde.

Nicht bloß Jahrtausende, nein Millionen von Jahren<sup>1)</sup>, mögen über die Bildung dieser mächtigen Schichten vergangen sein; denn nur langsam schreitet die Verwitterung vor, sie mahnt uns schon durch ihren Wortlaut an einen unmerklichen Fortgang, und kann erst nach großen Zeiträumen sichtbare Erfolge liefern. Damit stehen auch die Formen dieser ältesten Sedimente in völliger Harmonie. Eine sehr vollständige Schieferung, ein höchst feines Korn der Bestandtheile und Mangel an Geröllen jeder Art scheinen für einen ruhigen, von Stürmen nicht unterbrochenen Fortgang der Absätze zu sprechen; sie können durch ihre Form den unwillkürlichen Gedanken nur unterstützen, daß wir in ihnen die ältesten Schlammbildungen der Gewässer unseres Erdballs anzuerkennen haben. Endlich aber störten gewaltfame Durchbrüche aus der Tiefe und die neu hervorquellenden Massen krystallinischer Materien den ruhigen, bisher nie so heftig erregten Ocean; aufgethürmte Wogen rissen die oberen noch weichen Schichten mit sich fort und führten ihre Bestandtheile nach entlegenen Fernen, sie mischend und zu einem neuen Ganzen vermengend. Allmählig beruhigten sich diese Stürme, und wie das Wasser in seinen untersten Räumen sich gesetzt hatte, schied es auch die Materien wieder ab, welche es vormals lospülte; bald lagen die schwersten Stücke der Durchbruchstrümmen auf dem Boden, Conglomerate oder Breccien (S. 48) bildend; ihnen folgten die leichteren Sandkörnchen, sich zu Sandsteinen aufhäufend, und später senkten sich dann die allerleichtesten erdigen Bestandtheile, Thon- oder Kalklager absetzend. Lang dauerte die Ruhe, welche einer solchen Katastrophe folgte; dafür zeugen die späteren, durch die fortschreitende Verwitterung aus neuen Materialien bereiteten Schichten; bis ein neuer Durchbruch von unten ihren fortgehenden Absatz hemmte, und durch Auf-

1) Eine leichte Berechnung kann beweisen, daß so große Zahlen durchaus nicht übertrieben sind. Nehmen wir z. B. die Thätigkeit des Niles, welcher 4 Zoll Bodendicke im Jahrhundert producirt, als maassgebend an, so erhalten wir 40 Zoll oder 3½ Fuß im Jahrtausend. Verdreifachen wir beide Zahlen, so ergeben sich 10 Fuß in 3000 Jahren, also 100 Fuß in 30,000, 1000 Fuß in 300,000, 10,000 Fuß in 3,000,000 Jahren. So stark ist aber, nach früherer Angabe (S. 184), nur die durchschnittliche Mächtigkeit der Uebergangsformation, keineswegs die Dicke der ganzen sedimentären Erdrinde. — Uebrigens soll damit nicht gesagt werden, daß jene Zahl irgend ein anderes positives Resultat ergebe, als die Unmöglichkeit beweisen helfe, das Alter der ganzen Erde nach Jahrtausenden bemessen zu wollen; Jahrtausende sind Maasse für historische oder mythische Erinnerungen, in den Zeiträumen der Welterschöpfung bedeuten sie gar nichts. Wie der Weltraum nur mit Millionen von Meilen durchmessen werden kann, so zählt man im Weltalter auch nur nach Millionen von Jahren. Vergl. die 22. Note zum 9. Abschnitt.

führung jüngerer, höher ansteigender Massengebilde zu neuen Verwitterungen, zu immer mannigfaltiger, weil örtlich beschränkter, werdenden neptunischen Schichten die unveränderliche Grundlage darbot. Beider Ursachen wegen nimmt die Zahl und Menge der Schichten mit dem Alter der Erde zwar zu, ihre Mächtigkeit aber und ihre Festigkeit nimmt ab, weil nicht mehr so lange Pausen zwischen den Durchbrüchen bestanden, so schnelle Verwitterung erfolgte und so große Massen auf die älteren Schichten sich legten, die sie zusammenpressen und zu einer innig an einander hängenden Materie gestalten konnten. Auch mag die Zunahme der Organismen mit jeder Periode und die Einbettung ihrer Bestandtheile in die neu entstehenden Schichten wesentlich zur eigenthümlichen Abänderung ihrer Materie und ihrer geringeren Cohärenz beigetragen haben. —

Hiermach sind es die Durchbrüche plutonischer und vulkanischer Stoffe, welche die Hauptumwälzungen bewirkten und um so größere Störungen in der ruhigen Bevölkerung des Erdballes hervorbrachten, je mächtiger sie selbst und die Erschütterungen waren, denen sie ihre Entstehung verdanken. Den Zeitraum zwischen zwei solchen Eruptionen werden wir als einen in Ruhe vergangenen Act der Schöpfungsgeschichte ansehen, und die durch gleichförmige Lagerung (S. 173) mit einander übereinstimmenden neptunischen Gebilde während desselben als ein zusammengehöriges Ganze mit dem Namen einer *Formation* bezeichnen dürfen. Das wäre die richtigste und natürlichste Bestimmung des Begriffes, zu dessen räumlicher Feststellung wir die großen Durchbrüche in ihrer successiven Altersfolge betrachten und demnächst untersuchen müssen, wie tief eingreifend die Resultate waren, die jeder Durchbruch herbeiführte. Schon hierin liegt die Möglichkeit einer um so beschränkteren Wirkung, je kleiner die Ursache der Umwälzung war, weshalb wir auch nicht überall auf der ganzen Erdoberfläche gleiche Resultate erwarten dürfen und oft an einzelnen Orten Schichten antreffen können, die wir an anderen vermissen; namentlich werden wir auf Differenzen des Schichtenmaterials schon in geringen Entfernungen stoßen können, und uns über diese Verschiedenheit nicht wundern dürfen, weil ja seine Qualität von sehr verschiedenen Stoffen, von den gerade hier oder dort anstehenden älteren Gesteinen, die zur Verwitterung sich darboten, abhängig ist; wir werden eben aus diesem Grunde auch gewisse Schichten hier mächtig, dort schwach finden, und an manchen Stellen die Reste von Organismen in ihnen entdecken können, die an anderen fehlen, oder in einer materiell von ihnen abweichenden Schicht uns begegnen.

Solche in der Natur selbst begründete Verschiedenheiten haben die frühere Lehre von bestimmt abgeschlossenen großen Perioden der Erdentwicklung und damit im Zusammenhange stehenden Formationsunterschieden immer unsicherer und unhaltbarer gemacht; sie haben vielmehr die Forscher überzeugt, daß zwar ein fortdauernder Wechsel von Ruhe und Unruhe, Bildung und Zertrümmerung, Leben und Untergang des Lebendigen angenommen werden müsse, allein die Unterschiede der Perioden in ihren Produkten nur theilweis grell erscheinen, an anderen Orten sehr allmählig in einander übergehen. Hauptabschnitte im Bildungs- und Entwicklungsgange, die man als Ruhe- und Anhaltepunkte der fortschreitenden Ausbildung des Planeten ansehen könnte, giebt es daher wahrscheinlich nicht, sondern einen überall gleichartigen, bis zur Gegenwart herab in seinen Ursachen ungeänderten, in seinen Wirkungen aber immer mehr abnehmenden, sich gleichsam erschöpfenden Fortgang, dessen Unterbrechungen nur stellenweis großartiger gewesen sein dürften als an andern Orten, aber wahrscheinlich in erster ältester Zeit überall gleichzeitig eintraten, in späterer mehr und mehr einen lokalen Charakter annahmen. —

Sehr wichtig und fast allein entscheidend sind übrigens für die Bestimmung der Zeit, wann die Formationen gebildet wurden und wie sie einander entsprechen, alle organischen Reste, welche in ihnen angetroffen werden; und daher ist das Studium der Versteinerungen allmählig der wichtigste Theil der Geognosie geworden. Es unterliegt nach allen bisherigen Erfahrungen keinem Zweifel mehr, daß nur sie über die Gleichartigkeit und Ungleichartigkeit der Schichten entscheiden können, mithin ihre Kenntniß eben für die Kenntniß der Schicht selbst eine sehr wesentliche Bedingung enthalte. Während nämlich die Schichten in ihrem Material oft sehr abweichen, bleiben die gleichzeitigen Organismen durchaus dieselben, sie mögen im reinen Kalk oder im Mergel liegen, und zeigen daher an, daß diejenigen Schichten, welche dieselben Versteinerungen enthalten, zu gleicher Zeit und nach derselben Katastrophe gebildet wurden. Freilich ist das mehr oder mindere Eingreifen der Katastrophe an verschiedenen Orten wohl zu beachten; denn dadurch wird sie ein sehr verschiedenes Resultat herbeiführen. Wo sie am heftigsten wirkte, mochte sie ohne Ausnahme alle Organisation vernichten; wo ihr Eingreifen weniger fühlbar wurde, konnten sich manche Organismen ihren nachtheiligen Folgen entziehen. Im letztern Falle ergibt sich uns die Möglichkeit eines theilweisen Fortbestehens der Organisation trotz der Umwälzungen; was ihren Uebergang aus einer Periode in die andere, welcher die Unterscheidung derselben als verschiedene Perioden bedenklich

macht, erklären würde. Seitdem man in neuerer Zeit auf die organischen Einschlüsse der Schichten mit viel mehr Fleiß geachtet, mit größerer Sorgfalt sie untersucht hat, um so mehr ist die Wichtigkeit und Allgemeinheit der berührten Thatsache hervorgetreten, und um so unsicherer die frühere Annahme von bestimmt abgeschlossenen Formationen geworden. Auch von der Gegenwart und der zunächst vorhergegangenen, durch eine große Umwälzung von ihr getrennten Zeit gilt dies. Zwar scheinen die größeren Landthiere während der Katastrophe vernichtet worden zu sein, und nur der Mensch, wenn er anders wirklich schon zu jener Zeit gelebt hat, was sehr zu bezweifeln ist, sich gerettet zu haben; allein unter den niederen Thieren, und besonders unter den Wasserbewohnern, treffen wir auf eine Menge von Arten, welche die Gegenwart mit jener jüngsten Vorzeit gemein hat. Darum ist es kaum noch erlaubt, die großen Perioden der Schöpfung fernerhin bei wissenschaftlicher Betrachtung festzuhalten, und von ihnen wie von Abschnitten zu reden, in denen etwa die Erde von ihrer Arbeit einmal wieder ausruhte und sich eine neue Idee der Organisation entwarf, nachdem die alte als unbrauchbar verworfen und vernichtet worden; es scheint vielmehr die Entwicklung unseres Planeten stets in gleicher Weise fortgeschritten zu sein, und ohne andere als heutige Ursachen anfangs heftigere, im Laufe der Zeiten schwächer und schwächer gewordene Eruptionen die mit jeder späteren Umwälzung mehr veränderte Beschaffenheit des Erdballes, welche wir als Hauptursache für die Umänderungen an der Gestalt der Organismen betrachten müssen, herbeigeführt zu haben; denn die Grundidee derselben war von vorn herein gefaßt, und ist durch alle Zeiten in ihrer wesentlichsten Eigenthümlichkeit sich gleich geblieben. Das wird sich uns bei übersichtlicher Betrachtung der Organisation weiter am Schluß ergeben. Bevor wir uns dazu wenden können, scheint es aber nöthig zu sein, die Succession der Schichten, so weit es ohne näheres Eindringen in die organischen Eigenthümlichkeiten derselben möglich ist, anzugeben und die einzelnen ihrem relativen Alter nach zu bestimmen.

A. G. Werner, dessen schon früher als eines ersten Begründers der heutigen geologischen Kenntnisse gedacht wurde, nahm drei Hauptbestandtheile der Erdrinde an, welche er als Urgebirge, Flözgebirge und aufgeschwemmtes Land bezeichnete. Die Periode der Urgebirge umfaßte alle älteren massigen und abnormen Gesteine; die Flözperiode alle geschichteten normalen, und das aufgeschwemmte Land die jüngsten Schichten vor der Gegenwart. Von diesen drei Abschnitten zerfiel der mittlere, die Flözformationen umfassend, wieder in mehrere Un-

terabtheilungen; namentlich wurden die untersten Schichten von den kry-  
 stallinischen Schiefen aufwärts bis zur Grauwacke, die letztere mit einge-  
 rechnet, Uebergangsformation genannt, und zwischen den darauf  
 folgenden Gliedern der Flözgebilde eine dreifache Verschiedenheit durch die  
 Namen ältere, mittlere und jüngere Flözformationen festgesetzt.  
 Im Auslande fanden jedoch diese deutschen Benennungen Widerspruch;  
 man verlangte nach allgemein verständlichen Ausdrücken, und nannte die  
 Gebilde der Uebergangsformation, mit Hinzufügung alles dessen, was unter  
 den Steinkohlen liegt, primäre Schichten, die sämtlichen Glieder  
 der Flözformationen secundäre, und die jüngsten Sedimente aus den  
 Zeiträumen vor der Gegenwart tertiäre. Auch diese Eintheilungen  
 genügen bei weiterer Untersuchung nicht, weil in jedem Gliede der drei  
 Hauptabschnitte vielfach verschiedene Straten auftreten, deren Unterschiede  
 sowohl von den Materien, aus denen sie bestehen, als auch von den orga-  
 nischen Resten, die sie enthalten, herrühren; im Allgemeinen jedoch früher  
 mehr nach den materiellen Unterschieden, als nach den Versteinerungen, be-  
 stimmt zu werden pflegten. Neuerdings indessen haben die beiden Bestim-  
 mungsgründe ihre Bedeutung gegenseitig vertauscht, besonders seitdem man  
 immer mehr zu der Ueberzeugung gelangt, daß die materielle Grundlage  
 minder wichtig ist für die Erkennung einer Formation, als die Ueberein-  
 stimmung ihrer Versteinerungen, und daß sie mit größerem Rechte den  
 Hauptanhaltepunkt hergeben müssen. Den Werth, welchen ein Petrefact  
 unter solchen Umständen erlangen kann, fassen wir zusammen im Begriff  
 der *Leitmuschel*, d. h. einer versteinerten Thierhülle, die, wo sie auch  
 angetroffen wird, das entschiedenste Zeugniß über die Formation ablegt, zu  
 welcher ihr neptunisches Muttergestein gehört. *Leitmuscheln* zu bestim-  
 men und in ihre richtigen räumlichen wie zeitlichen Grenzen einzuschließen,  
 ist eine der wichtigsten Bestrebungen bei den gegenwärtigen geologischen  
 Untersuchungen. Wir werden daher auf das Material der Formationen  
 kein großes Gewicht legen, wir werden in allen Kalksteine, Sandsteine,  
 Mergel, Thonlager und Gemische mehrfacher Art im bunten Wechsel mit  
 einander antreffen, und uns immer durch ihre organischen Beischlüsse erst  
 recht überzeugen, in welche Zeit die Periode ihrer Entstehung fallen müsse.  
 Wenn wir demnach, ohne auf diesen Gehalt schon jetzt zu sehen, eine kurze  
 Uebersicht der sedimentären Schichten mittheilen, so geschieht dies nur, um  
 unsere Leser mit ihrer Reihenfolge, wie sie genauere Untersuchungen festge-  
 stellt haben, bekannt zu machen; zu einer nähern Begründung und Schilder-  
 ung ihrer Eigenheiten, wie der Perioden überhaupt, denen sie angehören,

können wir uns erst dann wenden, wenn wir die Organismen, welche den Erdförper bewohnen und vormals bewohnten, in ihren wichtigsten allgemeinen Eigenschaften kennen gelernt haben. —

### 1. Paläozoische Gruppe.

Als das älteste und unterste Glied der neptunischen Schichten erscheint überall, wo solche Niederschläge entwickelt sind, eine Reihe stark thoniger, feinkörniger und sehr harter Gesteine, welche mit ähnlichen Kalken, oder thonigen Sandsteinen wechseln, und durch die Feinheit ihres Kornes eben so sehr, wie durch die Regelmäßigkeit ihres Schichtenabfuges auf einen weiten, gleichmäßiger tiefen, nicht sehr bewegten Ocean hinweisen, aus dem sie sich langsam absetzten. Sie werden, wenigstens in Deutschland, gewöhnlich unter dem Namen der Grauwackenformation zusammengefaßt oder führen noch den alten Werner'schen Namen Uebergangsformation, obgleich die Engländer und Franzosen den Ausdruck primäre Schichten lieber in Anwendung bringen, diesen aber kürzlich wieder gegen die Bezeichnung: Paläozoische Gebilde, nach Murchison's Vorgange, vertauscht haben. Man rechnet dahin alle entschiedenen neptunischen Produkte unter der Steinkohlenformation, als deren tiefste Schicht wir später den Bergkalk betrachten werden, seitdem der alte rothe Sandstein (old red der Engländer) als oberstes Glied zur Grauwackenformation hinübergenommen ist. Neuere sorgfältige Untersuchungen von Sedgwick und Murchison in England haben nämlich gelehrt, daß die überaus mächtigen, daselbst angeblich 12 bis 20,000 Fuß starken paläozoischen Schichten in mehrere Unterabtheilungen gebracht werden müssen, von denen die unterste (Cambriſches System) Gruppe noch keine Versteinerungen enthält, während die mittlere (Silurisches System) an ihnen sehr reich ist, und die obere (Devonisches System), minder reiche, sich besonders durch ihre organischen Einschlüsse und die hellere, oft rothbraune Farbe von den meist schwarzbraunen oder schwarzgrauen tieferen Gesteinen unterscheidet. Wir wollen auf die weitem Unterschiede dieser Abtheilungen später eingehen, nachdem wir zuvor die gewöhnlichsten Glieder der Grauwackengruppe in ihren materiellen Eigenschaften betrachtet haben. —

Das älteste Glied der ganzen Formation scheint in der Regel der Thonschiefer zu sein, eine sehr feste, harte, homogene Thonmasse von brauner, schwarzer, grünlicher oder grauer Farbe, die einstimmig als ein

Verwitterungsprodukt, „als der erste Wasserschlamm des anfangs noch heißen, später temperirten Weltmeers“ betrachtet wird. Er ist ein mächtiges und sehr allgemein verbreitetes Gestein, das in seinen untersten, zum Theil schwach krystallinischen Straten, dem Urthonschiefer, noch keine Versteinerungen enthält, und sich durch die Grade der Schieferung mehrfach unterscheidet. Schichten von rein schwarzer Farbe und sehr deutlicher, aber falscher (S. 211) Schieferbildung geben den Tafel- oder Dachschiefer; fein erdige, doch mehr in sich fest zusammenhängende Straten werden als Weßschiefer aufgeführt, und wie jene zu Schreibtafeln und Dächern, so diese zu Schleifsteinen benutzt. Der schwarze verdankt seine Färbung fein zertheilter, mit der Thonerde gemischter Kohle, die auf organische Substanzen hinweist; der braune ist eisenhaltig und der häufigste; stellenweis wird der Thonschiefer auch grünlich. Desters ist er innig mit Schwefelkies gemischt, und eignet sich dadurch zur künstlichen Darstellung des Alauns, einer Verbindung von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali. Auf diesen deshalb Alaunschiefer genannten Thonschiefer wird mit Erfolg Bergbau betrieben. Erzgänge und Lager kommen ebenfalls im Thonschiefer vor, und manche sind von besonderer Mächtigkeit, wie das große Lager des Rammelsberges bei Goslar. —

Nächst dem Thonschiefer ist das allgemeinste Gestein dieser Gruppe die Grauwacke, ein inniges Gemisch feiner Quarzkörner und Thonerde von nicht geringerer Festigkeit. Sie hat eine mehr lichte, grauliche, braune, selbst röthliche Farbe, ist rauher, zäher als der Thonschiefer, minder deutlich geschichtet, und im Ganzen reicher an Versteinerungen. Je nach den Antheilen von Sand und Thon in ihr hat sie bald mehr das Ansehen eines sandigen Thonschiefers, oder das eines thonigen Sandsteines, und geht stellenweis in fast reinen Quarzsand über. Bei deutlicherer Schieferung wird sie Grauwackenschiefer genannt, oder, wenn die einzelnen Quarzkörner ihre Begrenzung verlieren und als Kieselmasse von Thon durchdrungen auftreten, Kiesel-schiefer; an einzelnen Stellen bildet sie Conglomerate, indem sie Bruchstücke krystallinischer plutonischer Gesteine umschließt. Die Anwesenheit solcher Bruchstücke in ihr beweist, daß zur Zeit der Grauwackebildung schon Eruptionen stattgefunden hatten, und Züge massiger Gesteine über das geschichtete Niveau hervorragten.

Das dritte Hauptgestein der Grauwackengruppe ist ein sehr fester, harter, derber Kalkstein, welcher zum Unterschiede von späteren Gebilden ähnlicher Art mit dem Namen Grauwackenkalkstein oder Uebergangskalk belegt wird. Im Ganzen hat er eine mindere Mächtigkeit,

als Thonschiefer und Grauwacke, aber erreicht dennoch stellenweis bedeutende Ausdehnung. Seine Farbe wechselt sehr, bald ist sie tief schwarz von beigemengter Kohle, wie der Tafelschiefer, bald gelblichgrau, bald bläulichgrau. Namentlich in ihm liegen die meisten Versteinerungen der Grauwackengruppe. Er scheint darnach allerdings, was einige Geognosten von allen Kalklagern behaupten, eine vorzugsweise aus organischen Resten bestehende Schicht zu sein, deren heutige Form zwar nicht das unmittelbare Produkt der Organismen sein kann, deren Material aber von ihnen aus dem Meere abgesondert und durch spätere Zerstörung der organischen Materie aufs Neue in eine sedimentäre Masse verwandelt wurde. Denn daß die Kalkerde im Vergleich mit den übrigen Materien der Schichten um so mehr zunimmt, je jünger die Formationen sind, ist eine allgemein anerkannte und für ihren organischen Ursprung sehr günstige Thatsache; obgleich andererseits die Mischung mit Talkerde zeigt, daß der Uebergangskalk nicht ein organisches Produkt ist, weil die Thiere nur kohlen saure Kalkerde, aber keine kohlen saure Talkerde firen. Der Grauwackenkalkstein pflegt übrigens stellenweis viel mächtiger zu sein, als an anderen Orten, und während er hier mit Grauwackenschichten wechsellagert, dort fast allein aufzutreten. Die Ursachen dieser Verhältnisse sind noch nicht sicher ermittelt, sie zeigen aber auf lokale Unterschiede hin, und deuten an, daß die Grauwacke nicht etwa früher entstand als der Kalkstein, sondern daß beide gleichzeitige Gebilde sind. Vielleicht waren verschiedene, in entgegengesetzten Richtungen mit einander wechselnde Strömungen die Ursache des Wechsels der Schichten; während Orte, wo kein solcher Wechsel sich findet, und Kalk oder Grauwacke rein auftreten, als die Herde dieser Bildungen und als diejenigen Punkte angesehen werden könnten, wo die Kalk absondernde Thätigkeit der Meerthiere sich besonders concentrirt habe. Solcher Strömungen und Bildungen verschiedenartiger Niederschläge hinter einander werden wohl mehrere in constanter Folge angenommen werden müssen, da sich die Versteinerungen derselben nicht etwa in bunter Mischung durch einander finden, sondern jede Schicht ihre eigenthümlichen Organismen besitzt. Hierauf, und stellenweis auf einer abweichenden Lagerung der unteren Schichten gegen die oberen, beruhen die Unterschiede, welche englische Geognosten in der Grauwackengruppe festgestellt haben. —

Das unterste oder Cambriſche System umfaßt die tiefsten Grauwackenglieder, welche noch gar keine Versteinerungen enthalten (daher azoische Gruppe), mit einem allermeist rothen Thonschiefer, dem Kalkstein folgt, beginnen und mit Sandsteinen von hellerer Farbe schließen. In

England, wo Cambrische Schichten am Nordwestende von Wales, dem Wohnsitz der alten *Cambrier*, deren Namen man auf sie übertragen hat, deutlich zu Tage gehen, den hohen Schiefergipfel des *Snowdon* bildend, sind sie abweichend gegen die über ihnen liegenden Schichten gelagert, und in ähnlicher Beziehung stehen die Cambrischen Schichten der Bretagne zu den Silurischen; aber im mittleren und östlichen Europa scheinen ihnen correspondirende Grauwackenglieder zu fehlen, wenn nicht der blaue *Thon* ohne organische Reste, welcher als das tiefste Gebilde der Uebergangsformation in Rußland auftritt, für ein Aequivalent derselben angesehen werden muß. —

Die darauf folgenden versteinungsreichen Schichten bilden das *Silurische System* der Engländer, und verbreiten sich auf der britischen Insel über Westmoreland nebst dem größten Theile von Wales bis zur Südspitze hinunter, ihren Namen von den *Siluriern*, den alten Bewohnern dieser Gegenden, entlehrend. Unter sanfterer Neigung zum Theil den Köpfen der Cambrischen Gesteine aufgelagert, fallen sie gewöhnlich nach Südosten und streichen von *SSW* nach *NNO*, sich westwärts immer mehr zum Westen wendend. Die mächtige Entwicklung dieser Gebilde, besonders aber ihre große Mannigfaltigkeit, welche sowohl aus den Versteinungen, als auch aus dem Schichtenmateriale hervorgeht, haben eine fernere Sonderung in untergeordnete Gruppen nothwendig gemacht, und zuvörderst in England die Trennung einer unteren von der oberen Abtheilung veranlaßt. Jene beginnt als dunkelfarbiger, bisweilen stark sandiger und glimmerreicher *Thonschiefer* (*Llandeilo-slugs*), womit bald hellere, bald dunklere Kalksteine wechseln, und geht später in eine hellere, oft sehr sandige Grauwacke (*Caradoc sandstone*) über, der gleichfalls kalkige Lagen untergeordnet sind. In der oberen Abtheilung bilden die Schiefer und Kalk aus den Umgebungen von *Wenlock*, zu denen auch der isolirt in weiter Entfernung von ihnen anstehende plattenförmige *Dudley-Kalk* gehört, das unterste Glied; worauf die Schieferschichten von *Ludlow*, mit dem mächtigen *Aymestry-Kalk* als oberstes Glied den Schluß der Silurischen Formation machen. Sandige glimmerführende Grauwacken in den Umgebungen des genannten Städtchens sind als das Ausgehende derselben zu betrachten. — Auf dem europäischen Festlande lassen sich zwar im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse nachweisen, allein eine sichere Reduction der verschiedenen Schichten auf einander ist zur Zeit noch nicht ausführbar. Im Ganzen scheinen wenigstens in den *Ardenennen*, dem großen rheinischen Schiefergebirge von *Bingen* bis *Bonn*, dem *Harze*,

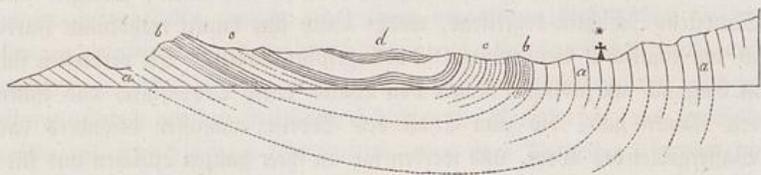
fränkischen Schiefergebirge und Riesengebirge — lauter Gegenden, deren Gesteine zum Theil aus gleichartig streichenden und einfalenden Grauwackengliedern bestehen — die unteren Abtheilungen der Silurischen Formation zu fehlen, und erst die jüngeren, vom Dudley-Kalke aufwärtssteigenden entwickelt zu sein. Ueberraschender noch als diese Thatsache klingt aber die Annahme, daß nicht, wie in England, die nördlichen Glieder der Schichtenfolge älter sind, als die südlichen, ihnen aufgelagerten; sondern gerade umgekehrt die südlichen für älter gehalten werden müssen, als die nördlichen. Dafür scheinen wenigstens im Harze und rheinischen Schiefergebirge entschiedene Thatsachen zu sprechen. Anders dagegen verhalten sich die weiter östlichen und nördlichen Grauwackensysteme, zunächst das böhmische, welches über das ganze Flußgebiet der Beraun sich verbreitet, und an der Moldau die unmittelbaren Umgebungen Prags bildet, — eine langgezogene, von SSW nach NNO streichende Mulde darstellend, deren Schichtenfolge durch tiefe Flußeinschnitte mannigfach bloßgelegt ist. Hier lassen sich die Aequivalente der Llandeilo-Flags in dichten schwarzgrauen Grauwackenschiefen und die Caradoc-Sandsteine als gelbbraune, sehr sandige Grauwacke nicht verkennen; analoge Versteinerungen, den sämtlichen Transitionschichten des übrigen Deutschlands in dieser Form fehlend, beweisen ihre Identität aufs Entschiedenste. Eben so wenig vermißt man die Wenlock- und Ludlow-Formationen; mächtige schwarzgraue Kalke, welche nach ihren organischen Beischlüssen in zwei Stagen zerfallen, und in der obern immer mehr kieselige Bestandtheile aufnehmen, je jünger sie sind, vertreten ihre Stelle. Noch deutlicher wird der Parallelismus mit den englischen Schichten in Rußland, wo am Südrande des Finnischen Meerbusens, weit über Petersburg hinaus bis zum Dnega-See, die Grauwackformation unmittelbar unter Diluvialgebilden mit fast horizontaler Stellung ihrer Schichten daliegt; in gleicher Weise über die Inseln Desel und Gottland durch einen Theil des südlichen Schwedens, an den isolirt dastehenden Bergen der Kinnefulle, des Billingen, Mössebergs u. s. w., und in Norwegen am Christiania-Fiord sich hinziehend. Ueberall folgt hier dem blauen, selbst plastischen Thon, welchen wir früher zum Cambrischen System rechneten, ein hellfarbiger lockerer Sand mit zahllosen Brachiopoden (Anguliten) und ein schwarzer Alaunschiefer, dessen Versteinerungen denen der Llandeilo-Flags entsprechen. Mächtige grünlichgraue, bei Christiania sogar schwarze Kalksteine, ruhen auf dem Alaunschiefer und vertreten die Stelle des Caradoc-Sandstein, erscheinen also in einem von dem feinigen sehr verschiedenen Materiale.

Ihnen folgt ein sandiger Thon- oder Mergelschiefer von gelbgrauer Farbe mit den Versteinerungen der Wenlock-Schichten, den man bisher nur in Schweden, aber nicht in Rußland beobachtete, und weiter als bis zu ihm reichen die Grauwackenglieder Skandinaviens nicht; nur auf Gottland ist noch ein jüngerer, sehr versteinungsreicher Kalkstein vorhanden, der den Ludlow-Gebilden zu entsprechen scheint. — Während also das nordöstliche Europa in nicht gar großer Entfernung von England, ganz andere Verhältnisse, als letzteres, uns darbietet, zeigt sich jenseits des atlantischen Oceans, westlich von den Alleghanys im Gebiete des Ohio und Mississippi, eine sehr ähnliche, größtentheils auf die nordeuropäischen Schichten reducirbare Reihenfolge von Uebergangsgebilden; freilich aber keine ganz genaue Gleichheit des Schichtenmaterials, sondern nur eine gewisse allgemeine, durch Identität oder Analogie der Versteinerungen wie der horizontalen Ablagerung unterstützte Ähnlichkeit. Auch in Südamerika, am Kap und in Neu-Holland haben sich Silurische Transitionschichten an ihren charakteristischen Versteinerungen, besonders den ihnen eigenthümlichen Trilobiten<sup>2)</sup>, zu erkennen gegeben, und gerade in der Ähnlichkeit die große Uebereinstimmung nachgewiesen, welche während ihrer Bildung in den äußeren Verhältnissen des gesammten Erdballes stattfand. —

Die obersten, jüngsten Glieder der Grauwackenformation bilden das dritte oder Devonische System, eine Reihe von Kalk-, Mergel- und Sandstein-Schichten begreifend, welche durch ihre dunkel rothbraune Farbe zu der englischen Benennung Old red geführt haben. Sie verbreiten sich in England am südlichen Rande von Wales durch Devonshire, das ihnen den Namen gab, bis zum Thale des Severn, umfassen besonders das Wassergebiet des Weye, und werden fast an ihrer ganzen östlichen und südlichen Grenze von der Steinkohlenformation überlagert. In Deutschland sind die rothen Sandsteine gar nicht entwickelt, vielmehr vertritt eine wahre Grauwacke mit hellfarbigen Kalksteinen ihre Stelle; beide folgen auch in ihrer Lagerung genau den Silurischen Schichten, und sind von ihnen nirgends sehr scharf gesondert. In England dagegen schließen die rothen Sandsteine ähnliche gefärbte Kalke ein, und mit ihnen wechseln nach unten bunte Mergel oder grünliche Schiefer. Zugleich lagern die Devonischen Schichten an einigen Orten (in Cumberland) sogar abweichend auf den Silurischen, mit grobkörnigen Conglomeraten über ihre Köpfe weggreifend,

2) Die organischen Gestalten werden im 24., 25. und 26. Abschnitt ausführlicher geschildert und sind deshalb hier bloß namhaft gemacht. —

und kommen in der Schichtung dem Streichen und Fallen der Kohlengebilde nahe. Man sieht daraus aufs Entschiedenste, wie örtlich die Störungen der Eruptionen schon damals waren, und wie wenig sich ihre Wirkungen oft in die Ferne erstreckten. Während in England das Devonische System eine Mächtigkeit von 10,000 Fuß erreichen soll, war seine Anwesenheit auf dem Continent, wegen der ganz abweichenden Bildung, bis vor Kurzem noch unbekannt; ja während dort die Kalke eine untergeordnete Rolle spielen und weit durch die rothen Sandsteine vom Bergkalk getrennt werden, erreichen sie in Belgien und Westphalen eine bedeutende Ausdehnung, und schließen sich so innig an den Kohlenkalk, daß die Feststellung einer Grenze zwischen beiden große Schwierigkeiten darbietet und lange Zeit völlig übersehen war. Erst durch Sedgwick's und Murchison's Besuch in Deutschland<sup>3)</sup> wurden wir auf die Verschiedenheit beider Kalklager aufmerksam gemacht, und seitdem haben einheimische Forscher erkannt, daß nicht bloß die westphälischen Kalke, welche vom Rhein her über Elberfeld, Limburg, Iserlohn, Balve, bis nach Brilon sich hinziehen, dem Devonischen System angehören, sondern auch die muldenförmig den Silurischen Schichten eingelagerten Eifeler Kalksteine, deren nördlichsten von Soetenich an der Rör nach NO bis zur Erst sich erstreckenden Zug das eingeschaltete Profil im Querschnitt aus der Gegend von Münsteriefel darstellt; ferner



a. a. Silurische Gebilde; b. c. d. Devonische Schichten; b. Grauwacke; c. Kalkstein; d. Dolomit. \* Lage von Münsteriefel.

die Nassauer Kalksteine bei Dillenburg, Weilburg und Limburg a. d. Lahn, welche mit schieferiger Grauwacke in mehrfache Wechsellagerung treten; daß alle diese Kalke eben so gut, wie die mit ihnen verbundenen mächtigen Grauwacken, als Aequivalente des Devonischen Systems zu betrachten

3) Man vergleiche: Ueber die älteren oder Paläozoischen Gebilde im Norden von Deutschland und Belgien u. s. w., von Sedgwick und Murchison. Aus dem Englischen von G. Leonhard. Stuttgart 1844. 8. Wir haben dieser Schrift unsere meisten Angaben und das beigegebene Profil entnommen.

feien. Ob es am Harz Devonische Kalkschichten gebe, scheint noch nicht ermittelt zu sein, aber die verfeinerungsreichen Grauwacken des Oberharzes und die Thonschiefer von Goslar werden für Devonische gehalten. Im fränkischen Schiefergebirge gehören die durch den Grafen v. Münster berühmt gewordenen Kalke von Elbersreuth in dieselbe Zeit, und in Böhmen darf man vielleicht die obersten Kalke der dortigen Grauwackenglieder eben dahin rechnen. Sehr weit ist das Devonische System in Rußland verbreitet; die waldaischen Hügel, die Höhen, an denen Düna und Wolga entspringen, und wahrscheinlich ganz Liefland werden von Schichten desselben gebildet. Skandinavien scheint ihrer zu ermangeln, während Nordamerika sie in weiter Erstreckung rund um die großen Kohlengebiete, welche am Ohio von Susquehanna bis zum Tennessee, in Illinois und Michigan mit erstaunenswerther Mächtigkeit sich ausbreiten, sehr vollständig entwickelt hat. Reste gewisser höchst eigenthümlich gestalteter Fische mit theils hohlförmigem robustem Körperbau, theils großen schalenartigen Panzern und flachgedrücktem Rumpfe, die *Coelacanthinen* und *Cephalaspiden* genannt wurden, sind für das Devonische System höchst charakteristische, seine Anwesenheit augenblicklich verrathende Versteinerungen; sie offenbaren uns zugleich die höchste und allerdings sonderbare Entwicklung des Rückgratthiertypus in damaliger Zeit. —

## 2. Kohlen-Gruppe.



Ausgebreiteter, als bisher, war das organische Leben, wenigstens das vegetabilische, während der Epoche, die der Grauwackenformation folgte und die ältesten Glieder der Flözperiode, nach Werner's Auffassung, absetzte. Zahlreiche, oft mehrere Fuß mächtige Lagen verkohlter Pflanzensubstanz, welche im Bereich derselben auftreten, haben zu der üblichen Benennung des ganzen Schichtenverbandes geführt, und die Härte dieser Kohle hat sie uns als *Steinkohle* bezeichnen lassen. Die Formation, in ihrem richtigen Umfange genommen, besteht gleich der vorigen aus Kalksteinen, Thonschichten und Sandsteinen, welche die Kohlenlager zwischen

sich nehmen, mit ihnen in mehrfacher, selbst hundertmaliger Abwechslung wiederkehren, und nach unten wie nach oben von den Massen des einen oder des anderen Sedimentes begrenzt werden. Indes findet darin keine allgemeine Uebereinstimmung statt; bald sind mächtige, meist weiße Kalksteine das Liegende, während hellfarbige Sandsteine und dunkle Schiefer mit den Kohlenflözen abwechseln, wie es im südlichen England Regel ist; bald treten dieselben Kalksteine schon mit den Kohlenflözen in unmittelbare Wechsellagerung, wie im nördlichen England, auf Spitzbergen, der Bären-Insel und Nowa Zembla: Orte, an denen neuere Forschungen die weite Verbreitung einer gleichzeitig entstandenen mächtigen, die südlichem Kohlenbecken an Alter übertreffenden Kohlenmulde nachgewiesen haben. Gewöhnlich scheidet ein grobkörniger Sandstein, den die Engländer Millstone-grit nennen, die Kohlenflöze vom Kalk unmittelbar, oder mittelst eines schwarzen Maunschiefers, wie in Belgien und Westphalen, wo der untergelagerte Sandstein nach seinem Mangel an Kohle als flözleerer Sandstein bezeichnet wird. Eigenthümlicher sind die Lagerungsverhältnisse der Steinkohlen in Mitteldeutschland, besonders in Thüringen und bei Halle; obgleich die sonderbarste Anomalie derselben, ihre sogenannte Einlagerung in das Rothliegende, durch spätere Forschungen als eine irthümliche Annahme sich ergeben hat. Bei wechselnder Mächtigkeit von 200—500 Fuß besteht die Formation hier, wie an anderen Orten, aus weißlichen Sandsteinen, schwarzen Schieferthonen und Kohlenflözen; aber nur aus 3—4 bauwürdigen, zwischen 8 Zoll und 6 Fuß Stärke schwankenden. Unter ihnen liegt kein Kalkstein, sondern eine rothbraune glimmerige Grauwacke, welche dem Devonischen System angehört, und für Rothliegendes gehalten wurde; oben pflegt ein schwacher, oft conglomeratartiger Kalkstein die Formation abzuschließen und vom Rothliegenden, das ihm folgt, zu trennen<sup>4)</sup>. Hier fehlt also der mächtige Bergkalk, den seine zahlreichen Conchylien als eine Meeresbildung ausweisen, gänzlich; dagegen zeugen die feinen Sandsteine zwischen den Kohlen sowohl dadurch, als auch durch ihre organischen Beischlüsse, mehr für einen Absatz aus süßen Ge-

4) Der umstehende Holzschnitt giebt eine Ansicht dieses Kohlengebirges aus dem Bettiner Revier bei Halle. a. Bunter Sandstein; b. Kupferschiefergebirge; c. Porphyrtrümmer und Rothliegendes; d. der (jüngere) Porphyr über den Kohlen mit dem Schweizerling \*; e. muthmaßlicher (älterer) Porphyr unter den Kohlen; g. Steinkohlengebirge mit 3 verworfenen und am Ende verdrückten Flözen, 200' mächtig; f. Liegendes der Steinkohle (Devonische Schichten?).

wässern. — Bei so großer Mannigfaltigkeit wird eine weitere allgemeinere Schilderung der Gruppe schwierig, wo nicht gar unmöglich; ein Umstand, der sich leicht erklärt, wenn man bedenkt, daß keine andere Formation so sehr auf lokale Verhältnisse sich gründen mußte; insofern die Entstehung der Kohlen an eine reiche Vegetation gebunden war und diese wieder von günstigen Bedingungen des damaligen Festlandes, namentlich vom Wassergehalt des Bodens und der Luft, abhing. Wir können daher nur noch einige ganz allgemeine Angaben über die gewöhnliche Reihenfolge der Kohlenglieder hinzufügen.

Das unterste Glied der Steinkohlenformation pflegt ein hellfarbiges Kalksteinlager zu sein von durchschnittlich 900 Fuß Mächtigkeit, welches zuerst genauer im nördlichen England studirt wurde, und wegen seiner hügeligen Oberfläche daselbst den Namen Bergkalk (mountain limestone) erhielt; früher hieß es, nach Werner's Methode, jüngerer Uebergangskalk. Es ist reich an Meeresversteinerungen, besonders Korallen und Muscheln (Brachiopoden), die stellenweis den Kalk ganz und gar bilden; Eigenschaften, welche sehr an die Verhältnisse des Uebergangskalksteins erinnern, und eben deshalb an Orten, wo die zwischengelagerten rothen Devonischen Sandsteine fehlen, die Unterscheidung beider schwierig machen. Der Mangel Luft athmender Rückgratthiere und die gleichzeitige Anwesenheit der in allen späteren Perioden eben so wenig, wie in der gegenwärtigen Schöpfung, vorhandenen Trilobiten; Krebse, welche sich nach Art einiger Süßwasserbewohner der Gegenwart nur schwimmend bewegen konnten, macht den hauptsächlichsten zoologischen Charakter des Uebergangs- und Bergkalkes aus.

Die eigentlichen Steinkohlenschichten finden sich über dem Bergkalk, mit Straten abwechselnd, die vom Bergkalk wesentlich verschieden sind. Sie bilden im Ganzen nicht sehr mächtige, in der Regel einige (gewöhnlich 4—6, sehr selten 10—20) Fuß dicke Lagen, die mehrmals (50-, 60-, selbst bis 120 mal<sup>5)</sup> in verschiedener Stärke über einander auftreten und dann durch Thonschichten, seltener durch Sandsteinschichten getrennt werden. Die Thonschichten führen den Namen Kohlen-schiefer oder Schieferthon, sind grau von Farbe, und zeichnen sich durch den außerordentlichen

5) Das Saarbrücker Kohlenrevier, das mächtigste und größte auf dem europäischen Festlande, zeigt so viele Schichten, wobei die unter einem Fuß starken noch nicht einmal mitgezählt sind. Seine Grenze nach unten zu ist gar nicht bekannt, weshalb es fraglich bleibt, ob es auf Bergkalk ruht; nach oben schließen schon rothe Sandsteine die Kohlenschichten ein.

Reichthum von Pflanzenabdrücken aus, den man in ihnen findet; daran sind sie immer leicht zu erkennen. Die Kohlen sandsteine sind ebenfalls grau, meist feinkörnig, und enthalten, wie die früheren Sandsteine, hie und da Bruchstücke älterer Gesteine. Durch einen Reichthum von Pflanzenabdrücken, die auch in ihnen, wenn gleich weniger allgemein, vorkommen, sind sie eben so kenntlich, wie der Kohlenschiefer. Alle drei Schichten wechseln in unbestimmter Ausdehnung mit einander und bilden mächtige Flöze, die besonders in muldenförmige Vertiefungen zwischen parallelen Bergzügen oder in die Winkel sich treffender eingelagert sind, und an vielen Stellen die auffallendsten Zerknickungen ihrer Schichten unter einander darstellen; Verhältnisse, die auf große Veränderungen ihrer ursprünglichen Lagerung hinweisen. Sie entstanden ohne Zweifel aus vorweltlichen Pflanzen, welche an flachen Küsten neben Strommündungen wuchsen und zum Theil, wie gegenwärtig an den Mündungen vieler kleinen Flüsse der Tropenzone, auf dem Brackwasser schwimmen mochten. Diese vegetabilischen Schichten sanken unter, sei es durch das eigene Gewicht, sei es durch die Gewalt andrängender Fluthen begraben, und wurden vom angeschwemmten Sande oder Thon bedeckt, den das über sie wegfließende Meer herbeiführte. Inzwischen bildete sich vom Ufer aus eine ähnliche Pflanzendecke, die denselben Bedingungen, wie die vorige, erlag; das Wasser begrub auch sie unter seinen mechanischen Beimengungen, und der alte Hergang nahm aufs Neue seinen Anfang<sup>6)</sup>. Sicher trugen die vom Festlande herkommenden Ströme, welche entwurzelte Vegetabilien mit sich führten, zur Bildung der Kohlenlager bei, wenigstens scheint diese Annahme in den Fällen die natürlichste zu sein, wo wir Süßwasser-Muschelschaalen, angeblich Unionen, in den zwischengelagerten Sandsteinen antreffen; beide Ursachen bewirken vereint den so oft wiederkehrenden Wechsel von Kohle und Erdreich, der sich an den Flözen wahrnehmen läßt. Im Ganzen muß aber die Bildung der Kohlen führenden Schichten ruhig von Statten gegangen und ohne große Versetzungen der Vegetabilien erfolgt sein; denn allem Anschein

6) Darwin's Ansicht von Hebungs- und Senkungsfeldern in der Südsee, zur Erklärung der Koralleninseln, hat man auf die Steinkohlenflöze übertragen und angenommen, daß die Kohlenschichten nicht bloß durch Untersinken der Vegetation, sondern durch Sinken des ganzen Bodens mit der Pflanzendecke, welche auf ihm wuchs, entstanden seien. Der häufige, selbst hundertmalige Wechsel dieser Senkung und die oft regelmäßige Folge der Kohlenschichten in bestimmten Abständen über einander scheint mir jedoch weniger für eine so gewaltsame Ursache zu sprechen, und das Untersinken schwimmender Waldgebiete die Phänomene ungezwungener zu erklären. —

nach wuchsen die Pflanzen eben da, wo sie noch jetzt als Kohle liegen; dies bezeugen namentlich die senkrechtstehenden Stämme, welche man in mehreren Flözen gefunden hat. Eben deshalb finden wir die zwischengelagerten Schiefer, und besonders die Sandsteinschichten, mächtiger, als die Kohlenschichten; letztere erreichen dagegen in ihrem verschiedenen Niveau eine sehr ungleiche Dicke und erscheinen bald in den unteren, bald in den oberen Theilen des ganzen Flözes schwächer; auch pflegen in Flözen, wo die Schichten vielfach wechseln, dieselben dünner zu sein als da, wo nur wenige, aber dafür desto stärkere Schichten auftreten. Alles dies zeigt auf einen, durch mehrmaliges Anschwellen bedingten Ursprung hin, und weist nach, daß im ersteren Falle viele kleinere Abschnitte der Katastrophe, welche die Pflanzenwelt vernichtete, hinter einander erfolgten, im zweiten Falle wenige großartige Erschütterungen die Phänomene bewirkten. Wiewohl die Pflanzenstruktur in den Steinkohlen selbst fast ganz verloren gegangen ist, oder nur stellenweis sich erhalten hat, so beweisen doch diese einzelnen Punkte ganz entschieden die Abkunft derselben aus dem Pflanzenreiche<sup>7)</sup>. Nicht minder zeugen dafür die zahlreichen Abdrücke von Blättern und Stämmen, welche in den Thon- und Sandschichten zwischen ihnen vorkommen, und zum Theil in den Sandsteinen über den Kohlen noch angetroffen werden. Der Charakter dieser Vegetabilien ist entschieden tropisch, und soll weiterhin im Zusammenhange mit den gesammten Vegetationseigenthümlichkeiten näher erörtert werden; hier scheint nur noch nöthig zu bemerken, daß die ungeheure Menge der auf beiden Nordseiten der Erdkugel bisher aufgefundenen Kohlenlager einen ganz überraschenden Reichthum an Pflanzen in jener Zeit und eine Walddede verräth, welche an Dichtigkeit nur den Urwäldern der Tropenzone in der Gegenwart verglichen werden kann. Auch rühren die wohl erhaltenen Abdrücke von Blättern und Stämmen im Kohlenschiefer größtentheils von Gewächsen her, deren jetzige nächste Verwandte in den wärmeren Klimaten einheimisch sind. Palmen, baumartige Farrnkräuter, riesenmäßige Gestalten, die den heutigen Schachtelhalmen (*Equisetum*) gleichen, und einige Nadelhölzer scheinen die Hauptgebilde dieser reichen Flora gewesen zu sein; höher entwickelte Pflanzenformen fehlen also eben so vollständig, wie höhere thierische Organismen in dieser ältesten jugendlichen Zeit des Erdballes.

7) Ueber den chemischen Theil der Steinkohlen- und Braunkohlenbildung hat sich Liebig in seiner Schrift: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur &c. S. 293 (1841. 8.), genügend ausgesprochen, daher wir auf ihn verweisen.

### 3. Permische System.

Mit dem Aufhören der Kohlenflöze und ihrer unmittelbaren Begleiter wollte man neuerdings die Kohlengruppe abschließen, und die nachfolgenden durch einen zwar abweichenden, wenn auch sehr ähnlichen organischen Inhalt als ein besonderer Abschnitt dieser ganzen Epoche anzusehenden Sedimente zwar davon trennen, aber vielleicht weniger glücklich mit den unmittelbar folgenden jüngern Gliedern zu einer Formation verbinden. Es sind das der jüngere rothe Sandstein oder das Rothliegende, der Kupferschiefer und der Zechstein, drei Gebilde, welche von den Englischen Geognosten, nach der starken Verbreitung analoger Gesteine am westlichen Fuße des Ural bis gegen die Wolga hin, unter dem Namen des Permischen Systems zusammengefaßt werden. Wir lassen es dahin gestellt sein, ob diese Analogie als eine sicher begründete anzusehen ist, und behandeln hier die Glieder der Zechsteingruppe, wie sie in Deutschland auftreten, mit dem Rothliegenden nur deshalb unter einer Rubrik, weil dieses dem Steinkohlengebirge und jene der Trias gleichmäßig fern stehen. Das Roth- oder Todtliegende, eine Benennung, womit der jüngere rothe Sandstein über den Kohlen und unter dem Kupferschiefer, des letztern wegen, als dessen liegende erlere Schicht, von Mansfeldischen Bergleuten zuerst bezeichnet wurde, findet sich in Deutschland an manchen Stellen, z. B. am südlichen Harzrande, in der nicht geringen Mächtigkeit von 2600 Fuß entwickelt, und besteht aus einem grobkörnigen Sandstein, dessen Bindemittel ein röthlicher Thon ist. Von ihm bekommt der Sandstein seine Farbe und seine Härte. In den untersten Teufen wechseln grobe, abgerundete Hornquarzknoten, die von einigen Forschern für chemische Auscheidungen, von anderen als Gerölltrümmer angesehen werden, mit reineren Kalkmassen; dann folgen eckig-körnige, später rundlich-körnige Sandsteine, und ziemlich im obersten Niveau liegt ein 5—6, selbst 50 Fuß mächtiges Porphyrconglomerat, zum deutlichen Beweise, daß die Porphyre, welche an manchen Orten, z. B. bei Wettin, am Harze und Thüringer Walde, die Kohlenflöze begleiten, und sowohl unter (älterer Porphyre) als auch über (jüngerer Porphyre) ihnen vorkommen, noch in die Bildungsperiode des Rothliegenden hineinreichten und fortführen, sich zu erheben, als dieses schon größtentheils abgelagert worden war<sup>8)</sup>. Weiterhin scheint die Porphyrerhebung seltener stattgefunden zu haben, denn die meisten

8) Man vergleiche hierzu den Holzschnitt auf Seite 229.

Gruppenporphyre in Norddeutschland sind älter als die Schichten über dem jungen rothen Sandstein, daher letztere von ihnen nicht mehr gehoben werden. Ueberhaupt scheint das Rothliegende zu den Porphyren in einer sehr innigen Beziehung zu stehen, und vielleicht aus ihnen selbst durch schnelle Verwitterung unmittelbar während und nach ihrer Emporhebung gebildet zu sein. An Orten übrigens, wo Porphyre in der Nähe fehlen, enthält das Rothliegende Bruchstücke anderer benachbarter Gesteine, namentlich große Blöcke, die vom Kohlenkalkstein herzurühren scheinen, oder Quarzfels-Gefchiebe. Doch auch in seinem Innern zeigt es manche Verschiedenheiten, indem stellenweis der rothe Thon, sein Bindemittel, reiner in Schieferform hervortritt, und mit krystallinisch eckigen Sandsteinschiefern wechselt. Ganz oben wird der rothe Sandstein heller, weißlich, und heißt dann Weiß-Liegendes. Versteinert finden sich in ihm besonders große Stücke von Baumstämmen, die Palmen, Farnkräutern, kurz ähnlichen Gewächsen angehörten, als diejenigen sind, welche in den Kohlenschichten begraben liegen. Eine spezifische Uebereinstimmung zwischen beiden Vegetationsperioden scheint aber nicht mehr stattzufinden, und dieser Umstand ist ein Hauptgrund geworden, warum man das Rothliegende als selbstständiges Glied von der Steinkohlenperiode trennen konnte, obgleich der Gesamtcharakter der Organismen des Rothliegenden denen der Steinkohlenperiode vielleicht noch näher steht, als denen der Zechsteingruppe.

Unmittelbar über dem Rothliegenden und mit ihm gleichförmig gelagert, tritt Kalkstein auf, welcher in seinen verschiedenen Straten ein sehr abweichendes Ansehen hat, das seine vielen verschiedenen Namen rechtfertigt. Die unterste, selten über 1—1½ Fuß mächtige Schicht desselben pflegt ein Gemisch von Thon und Kalk, also ein Mergel zu sein, der schieferige Textur besitzt, und wegen seines Reichthums an Kupfererzen Kupferschiefer genannt wird. Merkwürdiger fast, wenigstens in solcher Nähe, sind die zahlreichen Abdrücke von Fischen, welche einer eigenthümlichen, bis auf wenige Stellvertreter untergegangenen Familie (*Ganoides*) mit rhombisch viereckigen, sehr harten Schuppen angehören, und weiterhin nur noch im Muschelkalk sich finden; doch hier viel seltener, als im Kupferschiefer. Es ist dieselbe Schicht, welche auch Spuren von Luft athmenden Rückgrathieren enthält; eine Eidechsenform, der man des hohen Alters wegen den Namen *Proterosaurus* gab, hat darin ihre seltenen Gebeine hinterlassen. — Ueber dem Kupferschiefer, der an allen Stellen, wo die Erze fehlen, den Namen bituminöser Mergelschiefer führt, fängt der Kalkstein an herrschender zu werden, und von da an heißt das ganze, an 250 Fuß mächtig

tige Lager Zechstein, ohne darum durch größere Gleichförmigkeit sich auszeichnen. Gewöhnlich von hellgrauer, selten so schwarzer Farbe, wie der Kupfer- und Mergelschiefer, wird der Kalkstein durch den Mangel der Schieferung, seine dichte Beschaffenheit und seinen geringern Gehalt an Bitumen von jenen leicht unterschieden, wechselt aber doch in seinen untersten Theilen mehrmals mit dünnen Straten derselben ab. Ein Glied dieser Reihe ist der durch seinen widerlichen, beim Reiben entstehenden Geruch ausgezeichnete Stinkstein. — Neben den genannten und nie fehlenden Hauptbestandtheilen der Formation erscheinen zwei weniger allgemeine, aber wo sie vorkommen wichtige Begleiter, nämlich Dolomit und Gyps. Der Dolomit, das schon viel besprochene, durch seine eigenthümlichen, kühn emporstrebenden Formen höchst merkwürdige Mineral, welches zuerst im jüngeren Uebergangskalk und sogar mächtig auftritt, begleitet den Zechstein am gewöhnlichsten. Er kommt in allen Straten vom Kupferschiefer bis zum Stinkstein hin vor, und hat durch sein körniges Gefüge, sein poröses, wie zerfressen erscheinendes Ansehen, im Mansfeldschen zu der Benennung *Kauhacke* Veranlassung gegeben. Daran läßt er sich leicht in dieser Formation erkennen. Nicht so allgemein, aber nie ohne den meist über ihnen befindlichen Dolomit, treten Gypsmassen und in einer Mächtigkeit auf, wie sie sonst nirgends wieder bei uns angetroffen werden. Auch sie nehmen schroffe, mauerförmig aufsteigende Formen an und enthalten in ihrem Innern, hier zu Anhydrit (wasserfreier schwefelsaurer Talkerde) umgewandelt, große Höhlungen, sogenannte Schlotten, welche wahrscheinlich mit dem metamorphischen, durch die Einwirkung von Schwefelwasser auf die Kalksubstanz des Zechsteins bewirkten Ursprunge des Gypses im Zusammenhang stehen. Vielleicht sind sie durch Auswaschung von Steinsalz entstanden, eine Annahme, die wenigstens früher die allgemeinere war und insofern auch gerechtfertigt ist, als die reichen Soolquellen mancher Gegenden, namentlich in Thüringen und Sachsen, aus der Gypsregion des Zechsteins ihren Ursprung zu nehmen scheinen, wenn nicht gar, wie z. B. bei Artern, das Steinsalz durch Bohrversuche in derselben nachgewiesen werden konnte. Der Zechstein ist übrigens mit dem Kupferschiefer eine nicht sehr weit verbreitete Gebirgsart; er erreicht in Norddeutschland zu beiden Seiten des Harzes und am Thüringer Walde seine größte Mächtigkeit, ohne jedoch 300 Fuß irgendwo zu überschreiten; fehlt aber im südlichen Deutschland und im eigentlichen Frankreich völlig. Er zieht sich ferner in der Richtung von Süden nach Norden durch den größten Theil von England als Dolomit hindurch, hier deshalb *Magnesian limestone*

genannt, tritt am Süden der Vogesen auf, begleitet den östlichen Theil der Eder in ihrem Laufe, und findet sich am nördlichen Rande des Riesengebirges. Hier scheint in dieser Gestalt seine östliche Grenze zu sein. Ueberall bildet er schmale bandförmige Säume von geringer Mächtigkeit, welche die Kohlenschichten von den secundären Straten trennen, und sehr richtig als die Küstenränder der ältesten Landstriche betrachtet worden sind, deren gehobene Rücken inselartig aus dem Weltmeere hervorragten.

Mit dem Zechstein, seinem alten Flözkalkstein, schloß Werner die älteren Flözgebilde, und so wollen auch wir einen Abschnitt mit ihm schließen, ohne darum die Periode, welche zwischen der Bildung des Zechsteins und des bunten Sandsteins liegt, als eine besonders große oder eigenthümliche zu bezeichnen; denn einige Forscher meinen sogar, daß man richtiger noch die untersten Schichten des bunten Sandsteins (den petrefaktenleeren rothen Vogesensandstein) zur Gruppe ihres Permischen Systemes rechnen und erst mit dem oberen bunten Sandsteine die nächstfolgende Abtheilung beginnen müsse. Allerdings läßt sich in den Organismen, wie in den Schichten, aufwärts vom Zechstein an, ein beträchtlicher Unterschied im Vergleich mit den älteren nicht wohl verkennen, allein andererseits giebt es auch Aehnlichkeiten, die nicht unbedeutend sind. Es gehört zu den merkwürdigsten Eigenheiten der Thierwelt, daß gleich über den Kohlen, oder vielleicht schon in der letzten Zeit ihrer Periode, die ältesten Landbewohner unter den Amphibien (*Archegosaurus*) sich einstellen und Formen angehören, die erst viel später, im System der Trias, eine allgemeinere Verbreitung erreichen; während die Schichten des Zechsteins zwar *Lustathmer* (*Proterosaurus*) behalten, aber sie auf ganz andere Typen übertragen. Auch ist, was die Schichten selbst betrifft, das Ueberwiegen der Kalkerde gegen die bisher mächtigere oder eben so mächtige Thonerde gewiß ein beachtenswerther Charakter. Ob derselbe ganz auf Rechnung des mehr und mehr sich entfaltenden thierischen Lebens zu schieben sei, wie viele Geognosten annehmen, wollen wir nicht entscheiden, indeß doch daran erinnern, daß die Kalkerde, welche die Thiere in sich darstellen, von außen in sie aufgenommen wird, mithin von Thieren die Kalkerde nicht producirt, sondern nur in eine feste Form gebracht werden konnte. Sie wäre demnach doch immer als aufgelöst im Meere anzunehmen, und den zahlreicheren Thieren vorzüglich die größere Menge des von nun an abgetrennten Kalkes zuzuschreiben. —