

Dritte Abtheilung.
Mineralogie.

Ueber die neueren Ansichten in der Geologie
und die in neuster Zeit aufgestellten Gebirgs-
systeme ;

vom
Salineninspektor Wilhelm Brandes *).

Ungeachtet die Erdrinde nur zu unbedeutenden Tiefen bekannt ist, so zeigt doch eine nur oberflächliche Beobachtung der Gebirgsmassen in Steinbrüchen, an nackten Felsenhängen, wie in Schluchten, Thälern u. s. w. eine nicht unbedeutende Verschiedenheit derselben. Wir finden Sandsteine, Kalksteine, Mergel, Granite, Gneis, Porphyre, Basalt und andere Gesteine.

Mit diesen verschiedenen Gebirgsarten macht uns die Geognosie bekannt. Sie untersucht ihre Beschaffenheit, ihre Zusammensetzung, ihre gegenseitige Auflagerung und ermittelt aus letzterer das relative Alter derselben.

Die Sandsteine, Kalksteine, Mergel, Schiefer und ähnliche Gebirgsarten sind im Allgemeinen sehr einfach, und zeigen nur ausnahmsweise ein krystallinisches Gefüge; sie erscheinen oft als mechanische Anhäufungen, als Gerölle älterer Gebirgsarten durch Bindemittel vereinigt, enthalten Reste organischer Wesen und sind geschichtet, d. h. durch parallele, mehr oder weniger von einander entfernt liegende, sich oft wiederholende und weit aushaltende Flächen getrennt.

Alle diese Beschaffenheiten sprechen dafür, dass die obigen Gebirgsmassen aus einer Flüssigkeit, aus dem Gewässer sich ablagerten, in welchem die Materialien der Gesteine zertheilt oder aufgelöst enthalten waren, und die zahllosen Geschöpfe lebten, deren Ueberreste in den Versteinerungen

*) Dieser Aufsatz ist mit Benutzung der neuern Werke von v. Leonhard, de la Beche, Walchner, der Ansichten von Leopold v. Buch, Elie de Beaumont u. a. bearbeitet.

sich wiederfinden. Auf keine andere Weise lässt sich das Vorkommen der Versteinerungen, deren zartesten Theile, namentlich bei den fossilen Pflanzenresten oft so gut erhalten sind, und auch eine wahrscheinliche Entstehung der Schichtung erklären. Letztere kann nur als das Resultat allmäliger Niederschläge von oben nach unten angesehen werden. Sie ist für die Geognosie von bedeutender Wichtigkeit. Durch sie allein ist es möglich geworden, eine bestimmte Reihenfolge der Ueberlagerung, des relativen Alters festzusetzen. Da nämlich der Niederschlag aus dem Gewässer nur von oben nach unten erfolgen konnte, so muss nothwendig eine untere Schicht (das Liegende) relativ älter seyn, als die aufliegende (das Hangende).

Sämmtliche Beobachtungen, in der alten wie in der neuen Welt, haben eine bestimmte Reihenfolge der geschichteten versteinierungsführenden Gebirgsmassen (welche auch nach ihrer Bildung aus dem Gewässer neptunische genannt werden) bestätigt. Es können oft selbst mehrere Glieder fehlen, aber nie wird ein Glied hier über und in einer anderen Gegend unter einem zweiten Gliede vorkommen, vorausgesetzt, dass sie richtig erkannt sind, und nach der Ablagerung keine Störungen der Schichten statt gefunden haben.

Zu den geschichteten versteinierungsführenden (neptunischen) Gebirgsarten gehören:

- 1) ein grosser Theil der Wernerschen Uebergangsgebirge, als Grauwacke, Kalkstein der Grauwacke, Grauwackenschiefer,
- 2) das Flötzgebirge, bestehend von unten nach oben aus
 - der Steinkohlenformation mit dem todten Liegenden,
 - der Kupferschiefer- oder Zechsteinformation,
 - dem bunten Sandstein,
 - dem Muschelkalk,
 - Keuper,
 - der Oolithformation (Juraformation),
 - dem Quadersandstein und der Kreide,
- 3) die tertiären Gebirge,
- 4) das Diluvium, weggeführte Geschiebe und Steinblöcke, Gerölle auf Hügeln und Ebenen, durch andere Kräfte gebildet, als die noch jetzt thätigen,
- 5) das Alluvium, Gruppe der gegenwärtigen Bildungen, Sandablagerungen, Deltabildungen, Koralleninseln, Travertin u. s. w.

Die neptunischen Gebirgsmassen entstanden, wie oben angeführt, durch Ablagerung aus dem Gewässer. Es mussten demnach schon Gebirge vorhanden seyn, durch deren Zerstörung das Material geliefert wurde, welche vor Ablagerung der neptunischen geschichteten Gebirge die Erdoberfläche bildeten und älter seyn mussten, als diese. Werner nannte sie deshalb Urgebirge, und glaubte, dass sie ebenfalls durch Ausscheidung aus einer wässrigen Flüssigkeit, vor dem Existiren lebender Wesen, gebildet seyen. Vorzüglich gehört hierher der Granit, Syenit u. s. w.

Spätere Beobachtungen ergaben aber, dass versteinерungsführende Kalksteinschichten in Norwegen von Granit überlagert sind, und deshalb letzterer jünger seyn muss (d. h. in Bezug auf die Zeit der Ablagerung) als die Kalkschichten.

Ähnliche Vorkommen wurden darauf bald in anderen Gegenden, so bei Meissen und Dohna aufgefunden. Es sind selbst Fälle bekannt, namentlich in Norwegen, wo Granitmassen die neptunischen Gebilde gangartig durchsetzen, ihre Schichten selbst senkrecht abschneiden, in die Tiefe niedersetzen und mit dem granitischen Grundgebirge zusammenhängen. Aeste und Zweige von der granitischen Gebirgsmasse dringen nach allen Richtungen in die neptunischen ein, so dass es bei grösserer Ausdehnung dieser granitischen Seitenmassen den Anschein haben kann, als ob diese bald von den neptunischen bedeckt würden, bald umgekehrt ihnen zur Unterlage dienen.

Die neptunischen Schichten sind gewöhnlich an den Rändern der granitischen aufgerichtet, selbst senkrecht, und haben in ihrer inneren Beschaffenheit wesentliche Veränderungen erlitten. Kalksteine sind in krystallinischen weissen Marmor, der Thonschiefer in Kieselschiefer und Bandjaspis umgebildet. Diese Veränderungen treten an der Gränze mit dem Granit am stärksten hervor, und verschwinden mit der Entfernung allmählig.

Alle diese Beschaffenheiten, die Lagerungsverhältnisse, die Verzweigungen in dem Nebengesteine, die krystallinische Structur, führen zu der Ansicht, dass die granitischen Gebirgsarten in einem feurigflüssigen Zustande in bedeutenden Spalten aus dem Innern der Erde auf die Oberfläche gekommen sind, und dabei auf die Zusammensetzung der durchbrochenen Gesteinmassen mächtig eingewirkt haben. Eine ähnliche Entstehung muss für die Porphyre, Mandelsteine, Grünsteine, Trachyte und Basalte angenommen werden, von denen die letzteren in noch thätigen Vulkanen vor-

kommen, und von den übrigen mehrere Bestandtheile, als Hornblende, Glimmer und Feldspath unter den jetzigen vulkanischen Produkten gefunden werden.

Diese Gebirgsmassen werden nach ihrer Entstehung auf feurigem Wege *vulkanische* oder auch *massige* Gebirgsarten genannt, weil ihnen die Schichtung fehlt. Sie sind dagegen nach den verschiedensten Richtungen gespalten oder in Säulen, Platten, Kugeln u. s. w. abgesondert.

Ihrer Zusammensetzung nach sind die vulkanischen Gebirgsarten bei weitem verschiedenartiger als die neptunischen. Es sind gleichartige Massen, wie Obsidian; scheinbar gleichartige, deren Gemengtheile sich nicht erkennen lassen, wie Basalt; Grundmassen dieser Art mit inneliegenden Krystallen, wie die verschiedenen Porphyre, endlich ganz krystallinische kornige Gemenge, wie Granit, Syenit u. s. w.

Auch ihre Lagerungsverhältnisse sind viel verwickelter als bei den neptunischen Gebirgsmassen. Wahrhafte Ueberlagerung, wie bei den geschichteten, neptunischen, d. h. wo eine Felsart stets über einer anderen, auf dieser ruhend, nie unter derselben oder mit ihr wechsellagernd gefunden wird, kommt bei den massigen Gebilden nicht vor. Durch das Emporsteigen der letzteren Massen aus der Tiefe entstehen Anlagerungen, allein diese sind von wirklicher Ueberlagerung wesentlich verschieden. Es lässt sich deshalb auch keine bestimmte Altersfolge für die massigen Felsarten aufstellen. Manche vulkanische Gebirgsarten sahen wir in den verschiedensten Gegenden fast alle neptunischen Schichten durchschneiden, von den ältesten Schichten der Grauwacke an bis zu den Bänken der Kreide und des Süßwasser-Kalks.

So bahnten sich die Basalte aus der Tiefe aufsteigend, hier einen Weg durch Thon- und Grauwacken-Schiefer, dort durch bunten Sandstein; in anderen Gegenden durch Lias und selbst durch Süßwasser-Kalk und Diluvial-Ab lagerungen (in Auvergne). So finden wir Granit-Gänge, welche im Thonschiefer aufsetzen, und andere, die bis zu den Oolith-Gebilden hinaufreichen, während andere selbst bis zur Kreide und zum Grünsande gelangten, wie namentlich bei Zscheila unfern Meissen. — Da nun beim Emporsteigen der vulkanischer Gebirgsmassen die durchbrochenen neptunischen Schichten schon vorhanden seyn mussten, so geben uns diese letzteren in so fern ein Anhalten für die Altersbestimmung der massigen, als diese jünger seyn müssen (d. h. später an ihre jetzige Stelle gekommen), als die durchbrochenen neptunischen. Ob sie aber bald, oder erst lange Zeit nach der Bildung der neptunischen Schich-

ten aufgestiegen, das kann nur in den Fällen ermittelt werden, wenn die massigen Gebilde durch andere undurchbrochene neptunische bedeckt sind. Die unter diesen Verhältnissen mögliche Altersbestimmung der emporgekommenen vulkanischen Massen ist aber nur für den jedesmaligen Fall und nicht für die Gebirgsmasse allgemein anzunehmen, da ja gleiche vulkanische Massen in den verschiedensten neptunischen Formationen auftreten.

Was die gegenseitigen Altersverhältnisse der vulkanischen Massen betrifft, so lässt sich auch hierüber nur wenig ermitteln, so viel scheint aber nach den bisherigen Erfahrungen ausser Zweifel zu seyn, dass alle Basalte neueren Ursprunges sind, wie sämtliche Granite, denn an sehr vielen Stellen wurden Granite von Basalten durchbrochen, allein nirgends sah man Granite auf ähnliche Weise zwischen basaltischen Gebilden eingeschlossen; man kennt keinen Granit-Gang in einer Basalt-Ablagerung. Das gegenseitige Alters-Verhältniss dieser beiden vulkanischen Felsarten scheint demnach bestimmt. Zwischen Basalt und dem, durch seinen Zusammenhang mit den neueren Vulkanen so wichtigen Trachyt, ist aber eine solche Feststellung nicht möglich, weil man Bruchstücke von Basalt als Einschlüsse in trachytischen Gesteinen und umgekehrt Trachytstücke in entschiedenem Basalt eingebüllt findet, woraus das einmal ein höheres Alter für den Basalt, das anderemal für den Trachyt folgen würde.

Ausser diesen beiden, sowohl hinsichtlich ihrer Entstehung, durch Feuer und Wasser, als auch ihrer Beschaffenheiten sehr verschiedenen Klassen von Gebirgsarten, giebt es noch eine dritte, die geschichteten versteinungsleeren Felsarten. Es gehören vorzüglich hierher die Wernerschen geschichteten Urgebirge, der Gneis, Glimmerschiefer, der Talk-, Hornblende-, Grünsteinschiefer, der Kieselschiefer u. s. w. Bei diesen Felsarten zeigen sich nicht nur häufig Uebergänge untereinander, sondern auch einerseits in die massigen, andererseits in die neptunischen Gebirgsarten. So geht der Thonschiefer, dessen Masse der Substanz des Glimmers sehr nahe verwandt ist, und vielleicht als ein dichter oder unvollkommen krystallinischer Zustand desselben angesehen werden kann, durch allmälige Uebergänge in den Glimmerschiefer über. Der Glimmerschiefer besteht aus Quarz und Glimmer; die Glimmerschuppen sind zusammenhängend und bilden dünne Lagen. Durch Zurücktreten des Glimmers entsteht der Quarzfels; durch Beimengung von Feldspath zum Glimmerschiefer der Gneis und wenn in diesem der

Glimmer nicht in zusammenhängenden Lagen, sondern in einzelnen Blättchen vertheilt ist, so haben wir einen Granit, eine massige vulkanische Gebirgsart. Diese letzteren Uebergänge sind oft der Art, dass die richtige Bestimmung, ob Gneis oder Granit, sehr schwer ist.

Eine regelmässige Aufeinanderfolge, eine bestimmte Altersreihe lässt sich bei den versteinerungslosen geschichteten Gebirgsarten eben so wenig angeben, wie bei den massigen. Sie wechseln nicht allein zum grössten Theil mit einander, sondern finden sich selbst über oder zwischen versteinerungsführenden neptunischen Schichten. Für die Fälle kann nur, ähnlich wie bei den vulkanischen Gebirgsarten, ein späteres Eindringen an ihre gegenwärtige Stelle angenommen werden. Zweifelhafter sind aber diejenigen Erscheinungen, wo neptunische Schichten allmählig in krystallinisch-geschichtete Gesteine übergehen, welche letztere sich durch nichts in ihrer Zusammensetzung und in ihren sonstigen Verhältnissen von der grossen Masse derselben unterscheiden. Hier muss eine allmähliche Umwandlung der neptunischen Schichten vor sich gegangen seyn, wodurch die Versteinerungen verschwanden und die krystallinische Struktur sich ausbildete.

Da solche Uebergänge gewöhnlich in der Nähe von unten, im feurig flüssigen Zustande heraufgekommen Massen sich finden, so erscheint es am wahrscheinlichsten, dass diese Umwandlung durch die bedeutende Hitze der emporgestiegenen Masse hervorgebracht ist, und müsste dann diese Aenderung in der Nähe der feurigen Massen am grössten seyn, und mit der Entfernung abnehmen, wie sich dies auch in Wirklichkeit findet.

Die angeführten Felsarten bilden die Oberfläche der Erde, so weit uns dieselbe bekannt ist. Ueber die Bildung der Erde selbst sind verschiedene Hypothesen aufgestellt, von denen folgende von v. Leonhard in seiner Geologie angegeben, und bei Berücksichtigung der im Vorstehenden angeführten Bildungsarten der Felsmassen, die wahrscheinlichste zu seyn scheint.

Denken wir uns alle festen Substanzen der Erde im dampfförmigen Zustande, so mussten sie eine bei weitem grössere Menge Wärme enthalten, als jetzt. Durch Ausstrahlen der Wärme, welches bei allen Körpern, und zwar um so mehr, je höher sie erhitzt sind, statt findet, musste die Temperatur jener Dämpfe nach und nach abnehmen. Die strengflüssigsten, die schwersten haben sich zuerst verdichtet, und bildeten einen Kern im Mittelpunkte des Raumes der dampfförmigen Massen. Nach und nach verdichte-

ten sich auch die übrigen zum feurig flüssigen Zustand, und mussten diese durch die Umdrehung um ihre Axe eine feurig flüssige Kugel bilden, mit Abplattung an den Polen und Erhebung unter dem Aequator. — In der noch beweglichen Masse verbanden sich die Elemente nach ihren chemischen Verwandtschafts-Gesetzen, und bei fernerer Abkühlung entstand als Kugelschicht rund um den Erdkörper die erste Hülle von krystallisirten vulkanischen Gesteinen, Granit, Syenit, Gneis u. s. w.

Diese Erzeugnisse innerer Bildungskraft, denen wir in den grössten Tiefen des Bergbaus, wie auf den beschneieten Gipfeln vieler kolossalen Höhen begegnen, diese sogenannten Urgebirge, machen die Grundlage aller späteren Felsgebilde aus.

Bei der hohen Temperatur der Erdmasse konnte das Wasser als solches auf der Erdoberfläche nicht vorhanden seyn, sondern musste als Dampf in der Atmosphäre sich befinden. Als aber nach und nach die Erdmasse durch Ausstrahlung von Wärme mehr erkaltete, und auch die Temperatur des Dunstkreises geringer wurde, da nahm das Wasser tropfbar flüssige Form an, stürzte in Menge nieder, und wirkte mächtig zerstörend, sowohl in mechanischer als in chemischer Hinsicht auf die noch dünne Erdkruste ein, wobei die hohe Temperatur des Wassers kräftig mitwirkte.

Die obersten Lager der krystallisirten Gebilde wurden zersetzt, sie verwitterten, und die veränderten abgelösten Massen wurden von dem stürmisch bewegten Wasser an tieferen Stellen zusammengeschwemmt. Aus diesem Schlamm entstanden die ersten neptunischen Gebirgsmassen, der älteste Thonschiefer.

Wild und furchtbar muss dieser Kampf des Wassers mit dem Feuer gewesen seyn. Anfangs wurde das Wasser durch die noch hohe Temperatur der Erdoberfläche bald in den Dunstkreis zurückgetrieben, aber doch nicht ohne Zeichen stattgefundener zerstörender Einwirkung auf die Felsmassen hinterlassen, und nicht ohne die Abkühlung derselben bedeutend befördert zu haben, bis endlich Neptun den Sieg errang, und das Wasser auf der Oberfläche sich sammelte. Hiermit war aber der Kampf noch nicht beendet. Durch die Abkühlung musste sich die erstarrte Erdrinde zusammenziehen; es entstanden Höhlungen und Spalten, durch welche das Wasser zu dem glühenden Innern drang und furchtbare Katastrophen veranlassen musste. Die feste Erdrinde wurde durchbrochen, gehoben und selbst aufgerichtet; feurig-flüssige Massen drängten sich empor und breiteten

sich selbst über die Oberfläche aus. Für die ungeheure Kraft, welche unter andern Porphyre bei ihrem Hervorbrechen auszuüben vermochten, hat ein sehr umsichtsvoller und genauer Beobachter, C. Naumann zu Freiberg, erst neuerdings im Tharandter Walde, unfern Dresden, die auffallendsten Beweise gefunden. Der Porphyr ist hier durch eine sehr breite Spalte im Gneisse emporgedrungen. Ein mächtiger Streifen des letzteren, von fast 5000000 Quadratfuss Oberflächen-Ausdehnung, erscheint zwischen Porphyr eingeschlossen, und ist durch und durch zertrümmert; grössere Gneiss-Stücke sind selbst von feinerem Gneiss-Schutt gebunden.

In der äusseren Form der Erdoberfläche mussten diese Katastrophen bedeutende Aenderungen hervorbringen; es entstanden Berge und Thäler, in welchen letzteren sich die Wasser sammelten, die zerstörten, abgelösten Felsmassen sich anhäuften, und die thönigten, sandigen und kalkigen Gesteine sich bildeten.

Auch für die organische Schöpfung war der Sieg des Wassers über das alles zerstörende Feuer von grösster Wichtigkeit; denn nur unter dem Einfluss des Wassers konnten Pflanzen und Thiere entstehen und leben. Die aufgelöste Erd-Kruste bedeckte sich mit Vegetabilien, und durch die noch hohe Temperatur begünstigt, entwickelten sich Pflanzen, deren fossile Ueberreste in der Kohlenformation, bei ihrer Vergleichung mit ähnlichen Arten der heutigen heissen Zone, in ihren Dimensionen die jetzigen bei weitem übertreffen. Es sind fossile Baumfarren von 50 Fuss Höhe, von denen jetzt einige 25 Fuss hoch werden, und *Lycopodia* von 60 bis 70 Fuss Höhe. Auch das Gedeihen der Thierwelt hatte begonnen, wovon uns die fossilen thierischen Ueberreste in den älteren neptunischen Steinbänken Zeugnis geben; jedoch sind die früheren Arten der organischen Wesen fast sämmtlich verloren gegangen. Wir finden in den jüngsten Flötzgebirgen, selbst in den noch jüngeren tertiären Gebirgen Reste von Thieren, die jetzt nicht mehr existiren.

Auch während der Bildung der Flötz- und tertiären Gebirge haben bedeutende Revolutionen, wahrscheinlich durch unterirdische vulkanische Kräfte veranlasst, statt gefunden. Das Emporkommen der vulkanischen Wasser ist oben erwähnt. Das abwechselnde Vorkommen der Reste von Land- und Meer-Geschöpfen macht es höchst wahrscheinlich, dass der Meeresgrund nach einer langen Reihe von Jahrhunderten, während welcher Zeit eine grosse Masse kalkartiger Substanz abgesetzt wurde, gehoben, und die

See hier ihres Gebietes beraubt wurde. Auf der schlammigen Masse, wo vorher Muscheln und Fische sich wohlbefanden, lebten Thiere und blüheten Pflanzen, bis vielleicht neue Revolutionen durch Senkungen das feste Land wieder mit Wasser bedeckten.

Mit der zunehmenden Abkühlung der Erdrinde musste auch die Stärke dieser Kruste zunehmen, und dadurch auch die Umwälzungen seltener werden: es treten nach und nach höher organisirte Geschöpfe auf, und nachdem die physischen Verhältnisse der Erde soviel Beständigkeit erlangt hatten, dass das Gleichgewicht zwischen erhaltenden und abkühlenden Kräften keine jener gewaltigen Störungen mehr erleiden konnte, von denen die furchtbaren Katastrophen früherer Zeiten abhängig waren, und jene Umwälzungen die Erde zu dem Wohnsitze des Menschen vorbereitet hatten, ging dieser aus der Hand der schöpfenden Allmacht hervor.

Aber auch jetzt haben die beiden Kräfte, Feuer und Wasser, nicht aufgehört, ändernd auf die Erdkruste einzuwirken. Durch die Vulkane kommen Gesteinmassen aus dem Innern der Erde in feurig flüssigem Zustande auf die Oberfläche, sie bilden neue Inseln und ganze Landstriche, wie z. B. im südlichen Amerika (die Küste von Chili), in Schweden werden, wahrscheinlich durch vulkanische Kräfte, die Küsten allmählig gehoben. Andererseits ist auch das Meer nicht ruhig, hier werden die Ufer zerstört, während dort neue Ablagerungen das Meer zurückdrängen, wie namentlich in den Mündungen der grossen Flüsse.

Aus dem bereits Erwähnten ergiebt sich der bedeutende Einfluss, welchen die vulkanischen Gebirgsmassen bei ihrem Emporsteigen auf die Zusammensetzung und auf die Schichtenstellung der neptunischen Gesteinmassen, und dadurch auf die Gestalt der Erdoberfläche selbst ausgeübt haben.

In der Nähe der vulkanischen Gebirge finden sich die neptunischen Massen in aufgerichteter Stellung, und durch fortgesetzte Beobachtungen ist man zu der Ansicht gelangt, dass die neptunischen Gebirgslager mit geneigten Schichten auch da, wo in der Nähe bis jetzt keine vulkanische aufgefunden sind, nach ihrer Ablagerung eine Aenderung der Schichtenstellung erlitten haben, sich mithin nicht mehr in der ursprünglichen Lage befinden.

Nach Ansicht der Neptunisten hat sich die Erde aus einer wässrigen Flüssigkeit theils durch Krystallisation theils durch mechanische Niederschläge gebildet. Aenderungen in

der Schichtenstellung nach Ablagerung der Gebirgsmassen sind nur ausnahmsweise, wie durch Bergstürze, Unterwachsungen u. s. w. entstanden. Gegen letzteres und für die spätere Hebung der Gebirge wurden schon früher, z. B. von Stenen 1667, von Lazzaro Moro 1740, von Justi 1771 und vorzüglich von Fichtel und Saussure triftige Beweise aufgeführt. In Werner und dessen Schulen fand jedoch die rein neptunische Ansicht bedeutende Vertheidiger und wurde diese, wenigstens in Deutschland, lange Jahre die vorherrschende, bis zahlreiche Beobachtungen und scharfsinnige Folgerungen, wie von L. v. Buch, A. v. Humboldt, Hoffmann u. s. w., für die Hebung der Gebirgsschichten Beweise lieferten, wodurch jetzt fast allgemein diese Ansicht angenommen wird.

Im Allgemeinen kann man voraussetzen, dass Niederschläge aus einer Flüssigkeit horizontale Schichten bilden, und wollte man auch die Entstehung schwach geneigter Schichten durch einen geneigten Boden als möglich annehmen, so fällt doch diese Möglichkeit bei übergestürzten, bei senkrechten und selbst bei stark geneigten Schichten ganz weg. Die ältere Schicht war vorhanden, ehe die darauf folgende jüngere abgelagert wurde. Diese ältere bildete demnach, vorausgesetzt, dass keine Schichtenänderung stattgefunden hätte, eine senkrechte Wand, und auf welche Weise sollten Geröllstücke, Versteinerungen und selbst die sie umschliessenden Massen vor der Erhärtung an dieser Wand hängen bleiben und eine ähnliche senkrechte Wand, von oft meilenweiter Erstreckung mit ziemlich gleichbleibender Mächtigkeit bilden. Auf der zur englischen Grafschaft Southampton gehorenden Insel Wight finden sich zwischen aufgerichteten Kreidebänken ähnliche Schichten von Sand und Thon, welche unmöglich in dieser Stellung abgelagert seyn können.

Auch die Lage der Geröllstücke in den Trümmersteinen und Conglomeraten giebt einen Beweis für eine spätere Aenderung der Schichtenstellung dieser Gebirgsarten. In den horizontalen Schichten findet sich nämlich die grösste Axe aller länglichen Geschiebe in horizontaler Lage, in geneigten und senkrechten dagegen bildet die grösste Axe vieler Geschiebe einen ähnlichen Winkel mit dem Horizont wie die Schichten selbst, welche Stellung der Gerölle bei der Ablagerung nicht möglich war. Saussure machte hierauf zuerst aufmerksam, und beobachtete eine solche Lage der Geschiebe in den Conglomeraten von Valorsine in Savoyen.

Das Vorkommen von entsprechenden neptunischen Gesteinsbildungen, von Versteinerungen in bedeutenden Höhen wurde schon von Fichtel als Beweis für die Gebirgserhebung angesehen. Es finden sich Geröllstücke auf dem Rücken der Andes, es kommen Thierreste (Versteinerungen) in den Alpen in Höhen von 11000 Fuss, im Himalaya-Gebirge in 16000 Fuss Höhe vor. Sollten die sie einschliessenden Schichten in ihrer ursprünglichen Lage sich noch befinden, so müsste nothwendig das Meer diese Höhen erreicht haben. Wenn aber z. B. zur Bildung der Kreidekalkschichten in den Pyrenäen, welche in Mont-Perdu gegen 10000 Fuss Höhe erreichen, das Meer die dazu hinreichende Höhe gehabt hätte, warum übersteigen denn die gleichzeitig gebildeten Kreideschichten im nördlichen Frankreich nie eine Höhe von 600 bis 700 Fuss?

Für stattgefundene Aenderungen in der ursprünglichen Schichtenstellung der neptunischen Gebirgsmassen sprechen ferner noch die bedeutenden Schluchten, Spalten, Grotten und Höhlen, welche vorzüglich in Kalkgebirgen oft mehrere Stunden lang fortziehen, die oft merkwürdigen Biegungen und Wendungen der Schichten und vorzüglich die Verwerfungen durch Gänge und Rücken. Dies sind ausgefüllte, oft metallführende Spalten, welche die Gebirgsmassen auf ausgedehnte Strecken meistens bis zu unbekannten Tiefen durchsetzen. Selten findet man die Gebirgsschichten zu beiden Seiten der Gänge in der früheren gleichförmigen Lage, sondern die Schichten des Hangenden liegen tiefer, als die correspondirenden des Liegenden, so dass wahrscheinlich ein Tieferutschen des Hangenden stattgefunden hat.

Bekennen wir uns aus den angeführten Gründen zu der Ansicht, dass die geneigte Schichtenstellung durch Hebung oder in einigen Fällen durch Senkung der ursprünglich horizontalen Lage entstanden sey, so finden wir darin in vielen Fällen ein Anhalten zur Bestimmung der Zeitperioden, in welchen die Hebungen der einzelnen Gebirge stattgefunden haben. Einerseits ergiebt sich nämlich die Grenze dieser Zeitperioden durch das Alter der gehobenen jüngsten Gebirgslager, indem diese schon vorhanden seyn mussten, andererseits durch die an die gehobenen geneigten Schichten angelagerten horizontalen, indem diese bei der Hebung noch nicht vorhanden seyn konnten, weil sie sonst mit gehoben wären. So sind z. B. in den Pyrenäen und Apenninen die Schichten der Kreideformationen sämmtlich gehoben, während die Schichten der tertiären Ablagerungen

horizontal sind. Es muss deshalb diese Hebung nach Ablagerung der Kreide und vor der Bildung der tertiären Schichten stattgefunden haben.

Im Erzgebirge liegen die Schichten der Kreideformation horizontal, während die der ältern Jura-Bildungen gehoben sind. Es ist deshalb die Hebung des Erzgebirges älter als die der Pyrenäen, aber sie ist jünger als die des Böhmer- und Thüringer-Waldes, indem hier auch die Juraformation in horizontalen Lagen sich findet. Die Alpen, in welchen auch die tertiären Schichten mit gehoben sind, gehören einem jüngeren Hebungssysteme an, als die Pyrenäen und Apenninen.

Die den einzelnen Hebungssystemen zugehörigen Gebirgsformen zeigen im Allgemeinen eine gleiche Richtung und mit Zugrundelegung und Combination der Sätze, dass die geneigten Flötzschichten aufgerichtete Schichten seyn, und dass in jedem Gebirgsdistricte alle gleichzeitig aufgerichteten Schichten auch allgemein eine gleiche Richtung haben, hat Elie de Beaumont in Europa folgende 12 Gebirgssysteme bestimmt, welche sich hinsichtlich ihres Alters und ihrer Richtung unterscheiden:

1) Das System von Westmooreland und dem Hunsrück. Nach der Bildung des Uebergangsgebirges und vor Ablagerung der Steinkohlenformation gehoben. Richtung von SW. nach NO. Es gehört unter andern hierher der Hunsrück und das Grauwackengebirge am rechten Rheinufer.

2) Das System der Belchen in den Vogesen und der Hügel von Bretagne in der Bretagne; Richtung von W. nach O.

3) Das System des nördlichen Englands; Richtung von S. nach N.

4) Das System der Niederlande und von Südwales; Richtung von SW. nach NO. Die Hebung erfolgte nach der Ablagerung des Zechsteins, und gehört hierher das Kohlengebirge von Namür und am rechten Rheinufer.

5) Das System des Rheins; Richtung von SSO. nach NNW.; wurde gehoben während der Bildung der bunten Sandsteinformation, und gehört hierher der Schwarzwald und der grösste Theil der Vogesen.

6) Das System des Böhmer- und Thüringer-Waldes; Richtung von NW. gegen SO., nach Ablagerung des Keupers und vor Ablagerung des Lias gehoben; es gehört hierher der Böhmer- und Thüringer-Wald.

7) Das System des Erzgebirges, der *Côte d'or* und des Pilas; Richtung von NO. gegen SW., die Hebung erfolgte zwischen der Bildung der Jura- und der Kreideformationen.

8) Das System des *Monte Viso*, Richtung von SSO. nach NNW. die Hebung erfolgte während der Bildung der Kreideformation. Hierher gehören die französischen Alpen und das südwestliche Ende des Jura zwischen Nizza und Antibes.

9) Das System der Pyrenäen und Apenninen, eins der verbreitetsten in Europa; Richtung von WNW. gegen OSO., wurde gehoben nach der Bildung der Kreideformation und vor der Ablagerung der tertiären Schichten. Es gehören hierher die Pyrenäen, der Hauptzug der Apenninen, die Kalksteinzüge an der Nordostseite des Adriatischen Meeres, die von Morea, ein grosser Theil der Karpathen, die Berg- und Höhenzüge, welche sich am Nordabhange des Harzes vorüber durch das Norddeutsche Hügelland verbreiten, die Quadersand- und Kreide-Schichten des Teutoburger Waldes.

10) Das System von Corsika und Sardinien; Hauptrichtung von S. nach N., die Hebung geschah während der Ablagerung der tertiären Schichten.

11) Das System der westlichen Alpen; Richtung von NNO. gegen SSW. Die Hebung fällt in die Epoche zwischen dem Tertiärgebirge und der Ablagerung des Diluviums. Es gehören hierher die Diablalets und noch andere Theile der westlichen Alpen, z. B. der Superga bei Turin, der Monte Rosa und der Montblanc, wo indess mehrere Richtungen sich kreuzen.

12) Das System der Hauptalpenkette von Wallis bis Oesterreich; Richtung zwischen O. u. W. und NNO. gegen WSW. Die Hebung hatte statt zwischen der Absetzung des älteren Diluviums und dem Erguss der grossen Diluvialfluthen. Es gehört hierher, ausser der Hauptalpenkette, die Kette der Balearen, die Sierra Morena und noch andere Hochgebirge Spaniens, die Centalkette des Caucasus und im Himalaya.
