

# Untergegangene Welten.

Eine populäre Darstellung  
der  
Geschichte der Schöpfung  
und der  
Wunder der Vorwelt.

Nach den neuesten Forschungen der Wissenschaft

Bearbeitet von

**Ferdinand Sigmund**

Verfasser der „Illustrirten Naturgeschichte der drei Reiche“, des „Gemeinnützigen Kräuterbuches“, des  
„Gemeinnützigen Thierarzneibuches“ 1c. 1c.

Mit 288 Illustrationen

und einer geologischen Karte von Europa.

Digital von Wolfgang Griem (2020) - [www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl) - Copiapó, Chile



Wien. Pest. Leipzig.

A. Hartleben's Verlag.

1877.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Version Digital – Erste Abteilung – p. 11 – p.64

Version Digital von:  
Wolfgang Griem (2020)  
Copiapó, Chile  
[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

Siegmund, F. (1877): Untergegangene Welten - Eine populäre Darstellung der Geschichte der Schöpfung und der Wunder der Vorwelt. - 836 Seiten, 288 Abbildungen und eine Karte; Verlag A. Hartlebens, Wien, Pest, Leipzig.  
[Sammlung W. Griem]

----- Inhalt -----

## Erste Abteilung

### Die Erde, ihr Bau und ihre Bildung

#### I. Die Oberfläche unserer Erde

Die Gestalt der Erde

Das spezifische Gewicht der Erde

Die innere Erdwärme

Verteilung von Land und Meer und der Erdoberfläche

Das Festland

Das Meer

Reliefformen des Landes

#### II. Die Baustoffe der Erde

Die Gesteine

#### III. Die Architektur der festen Erdrinde

#### IV. Die Veränderungen der Erdrinde und ihrer Bestandmassen

##### 1. Der Vulkanismus der Erde

Vulkane

Erdbeben

Hebungen und Senkungen des Bodens

Entstehung der Gebirge

##### 2. Das Wasser

Quellen, Flüsse, Seen, das Meer, Eis und Gletscher

Quellen

Das Wasser als chemisches Agens

Flüsse

Das Wasser als mechanisches Agens

Salzseen

Mechanische Wirkung des Meeres

Eis und Gletscher

Der Verwitterungsprozess

##### 3. Das organische Leben

**Vulcane.** Unter Vulcanen versteht man Berge, an welchen Eruptionser-  
nungen wahrgenommen werden. Die Deffnung am Gipfel oder an der Seite  
Vulcane, durch welche die Communication des vulkanischen Herdes mit  
stattfindet, heißt der Krater, und die festen oder feurigflüssigen  
welche ausgeworfen werden und aus dem Krater fließen,  
Berg ist jedoch, soweit es sich nicht um das Studium der  
handelt, Nebensache, und vor Allem muß man sich  
Gebirge sich nicht über das Niveau der See zu  
ebenso gut von unterseeischen Bergen, Vulkane  
können. Nehmen wir auf den Begriff des  
obige erweiterte Definition, so umfasst die obige erweiterte Definition also nicht  
auch alle diejenigen Krater oder  
wässerige Kanäle, welche nur gasförmige oder wässerige Flüssigkeiten von  
die relativ hoher Temperatur nach oben führen, also auch die Solfataren, die Gas-  
und Schlammvulkane und namentlich auch alle warmen Quellen, deren Zusam-

Die Texte wurden digitalisiert, bearbeitet, mit OCR zu ASCII transferiert.

Digitalisierung: Kamera Pentax KR3- II

Bearbeitung Bilder: Corel Photo Paint v. 19

Bearbeitung zur OCR: ABBYY Version 14

Erstellung PDF: ABBYY und PDF Exchange Editor

OCR: ABBYY online, Fraktur – German

Korrektion und Finales Layout: Word – Office

Die Texte wurde teilweise den aktuellen Rechtschreibregeln angepasst.

W. Griem (2020) – Chile / [www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)



[Original p.11]

## Erste Abteilung

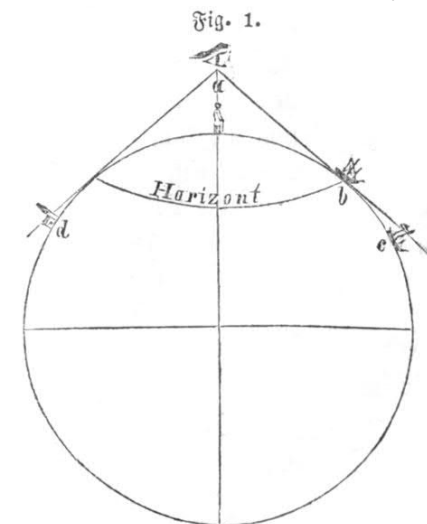
### Die Erde, ihr Bau und ihre Bildung

#### I. Die Oberfläche unserer Erde.

##### Die Gestalt der Erde.

Die Vorstellung, daß der Planet, den wir bewohnen, flach und nach allen Richtungen unendlich weit ausgedehnt sei, so wie die, daß er sich nach der Tiefe unendlich weit erstrecke, ist, wie sich aus den Resultaten großer Reisen ergibt, eine nicht richtige.

Die Oberfläche des Weltmeeres ist nämlich, wie Klöden [Gustav Adolf von Klöden, \*1814 – +1885, deutscher Geograph] bemerkt, merklich rund. Wenn man vom Meeresstrande aus ein Schiff sich der Küste nähern sieht, so gewahrt man zunächst nur den oberen Teil der Masten oder des Schornsteins; bei größerer Annäherung scheint es aus dem Wasser emporzusteigen, man sieht es endlich ganz, und zwar auf der Linie stehen, welche Meer und Himmel scheidet, und bei noch größerer Annäherung scheint es auf der Oberfläche des Meeres herabzusteigen, auf welche es sich schließlich ganz projiziert. Das Umgekehrte geschieht natürlich, wenn das Schiff sich von der Küste entfernt; und wenn es dann hinter der Wasserfläche verschwunden ist,



Die Kugelgestalt der Erde.

so kann man durch das schnelle Ersteigen eines Turmes noch einmal den oberen Teil desselben zu Gesicht bekommen. Dieser Vorgang erklärt sich auf keine andere Weise, als dadurch, daß die Oberfläche des Meeres gekrümmt ist; denn wäre dies nicht der Fall, so würde man in jedem Augenblicke das ganze Schiff erblicken muffen, oder einen Berg, z. B. einen von 6000' Höhe, würde man noch in 860 Meilen Entfernung wahrnehmen, während bekanntlich nur eine kleine Zahl von Meilen dazu gehört, ihn verschwinden zu machen. Annähernd ist ein Gegenstand so viele Seemeilen über dem Horizonte sichtbar, als die Quadratwurzel aus seiner Höhe (in engl. Fuß) beträgt. Aus demselben Grunde sieht man von den Mastkörben der Schiffe das Land zuerst und erst später vom Verdecke aus.

Bekanntlich erscheint die Erde unserem Auge da, wo weder Berge noch Wälder oder andere hervorragende Gegenstände die Aussicht beschränken, also in großen Ebenen, als eine platte, kreisförmige Scheibe, deren äußerste Grenzen, der Horizont, an dem scheinbaren blauen Himmelsgewölbe anstoßen; daß dies aber nur Erscheinung ist, sieht man daraus, daß der Umfang einer solchen überschauten Fläche nur einige Meilen beträgt, da es doch Gegenstände,

z. B. Berge, gibt, welche vermöge ihrer Höhe in einer viel beträchtlicheren Entfernung müßten gesehen werden können, wenn die Erde wirklich eine platte, ebene Scheibe wäre. Es konnte daher nicht fehlen, daß schon im Altertum nachdenkende Männer auf die Idee von einer kugelähnlichen Gestalt der Erde fielen. Thales, Anaximander, Parmenides, Epikur, Pythagoras und Aristoteles nahmen an, daß die Erde eine Kugel sei, obgleich der Beweis, auf welchen Letzterer seine Meinung gründet, unstatthaft ist.

Den deutlichsten Beweis für die Kugelgestalt der Erde geben die Mondfinsternisse. Es gehört nur einige Aufmerksamkeit dazu, um einzusehen, daß der Schatten, den die Erde auf den Mond wirft, sie verursache. Da nun die Grenzen dieses Schattens nie anders, als wie Kreisbogen erscheinen und es außer der Kugel keinen Körper gibt, dessen Schatten in allen Lagen kreisförmig wäre, so muß, schließt man hier natürlich, die Erde eine Kugel sein. Ebenso deutlich beweisen jene Gestalt der Erde die verschiedenen Erscheinungen der Himmelskörper gegen den Horizont, wenn sie von verschiedenen Orten der Erdoberfläche aus betrachtet werden. Wenn man seinen Weg immerfort gerade nach Norden richtet, so erheben sich die dorthin stehenden Gestirne immer weiter über den Horizont, dagegen die nach Süden hin stehenden immer tiefer hinabsinken. Auch bleiben am nördlichen Horizonte immer mehr Gestirne sichtbar, welche sich vorher unter diesem Horizonte verbargen; am südlichen verlieren sich hingegen immer mehr Gestirne aus den Augen. Wäre die Erde nun eine ebene Fläche, so könnten diese Erscheinungen gar nicht stattfinden; es müßte vielmehr ein Gestirn, welches man einmal über dem Horizont erblickte, auch aus allen Punkten sichtbar bleiben. Nur auf einer gekrümmten Fläche ist jene Erscheinung möglich, und daß diese Krümmung kreisförmig sein muß, kann man daraus entnehmen, daß das Hinabsinken der südlichen Gestirne gegen den südlichen Horizont, so wie die Erhebung der nördlichen auf der entgegengesetzten Seite, ziemlich gleichviel beträgt, wenn man um gleichviel weiter nach Norden geht. Da ferner dieselbe Erscheinung überall auf der Erde erfolgt, man mag in Europa, in Asien, in Amerika oder auf dem Ozean von Süden nach Norden reisen, so führt dies auf den richtigen Schluß, daß die Krümmung der Erdoberfläche überall gleichförmig, d. h. kreisähnlich ist.

Auch von Osten nach Westen muß die Erdoberfläche kreisähnlich sein, weil alle Himmelskörper bei ihrem scheinbaren täglichen Umlaufe um die Erde den von uns ostwärts liegenden Ländern früher auf- und untergehen, als bei uns. Dies bemerkt man besonders sehr deutlich an solchen Himmelsbegebenheiten, die von allen Bewohnern der Erde in demselben Augenblicke gesehen werden müssen, z. B. bei Mondfinsternissen. In Rußland, einem östlich gelegenen Lande, wird man daher beim Anfang einer Mondfinsternis eine spätere Tagesstunde zählen, als in Deutschland, und hier eine spätere als in England, welches westwärts liegt; daraus erhellt, daß den Bewohnern Rußlands die Sonne bei ihrem täglichen Umlaufe früher aufgehen müsse, als den Deutschen, und uns früher, als den Engländern. Da dies nun in der Richtung von Osten nach Westen in allen Punkten der Erde stattfindet, so folgt daraus sehr natürlich, daß die ganze Erdoberfläche auch in dieser Richtung kreisförmig sein müsse.

Endlich liefert die Möglichkeit, die Erde zu umschiffen, einen Beweis für die kugelähnliche Gestalt derselben, der auch selbst dem rohesten Verstande einleuchten muß. Bekanntermaßen haben eine große Anzahl von Seefahrern die Erde umsegelt. Der unsterbliche Cook tat dies zu drei verschiedenen Malen. Die Reisen um die Erde, oder um die Welt, wie man sich dem einmal eingeführten Gebrauche zufolge ausdrückt, geschehen, einige wenige ausgenommen, sämtlich in der Richtung von Mitternacht gegen Abend. Die Erdumsegler hatten dabei in allen Punkten ihrer Reise ähnliche Anblicke der Erde und des Himmels, wie wir; mithin ist es keinem Zweifel unterworfen, daß die Erde mit der auf ihr befindlichen unermesslichen Wasserfläche nirgends

von einem anderen Weltkörper unterstützt, sondern eine völlig frei in der Atmosphäre schwebende Kugel ist.

Der Grund, warum die Erde bei ihrer Entstehung eine kugelähnliche Gestalt erhielt, liegt unstreitig in der Schwere der zur Erde gehörigen Masse. Diese Kraft treibt jeden zur Erdmasse gehörigen Teil den übrigen zu, woraus eine mittlere Richtung nach dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte aller Anziehungen entsteht, nicht als ob dieser Mittelpunkt mit einer besonderen Kraft versehen wäre, sondern weil die Gravitationen nach allen auf verschiedenen Seiten liegenden Teilen durch ihr Zusammenkommen eine Bewegung nach dieser mittleren Richtung bewirken. So muß sich eine Menge von Teilen, in welchen keine weitere Kraft, als diese ihre gemeinschaftliche Gravitation gegen einander wirkt, von selbst in die Gestalt einer Kugel ordnen, weil die Teile von allen Seiten her so mähe als möglich auf das Ganze zu gehen und sich solange bewegen und verteilen werden, bis auf allen Seiten eine Gleichförmigkeit stattfindet. Aus eben diesen Ursachen finden wir auch die Kugelgestalt an allen bekannten Weltkörpern.

Die Erfahrung lehrt uns, daß die Richtungen der Schwere an allen Orten der Erdoberfläche auf der Oberfläche des stillstehenden Wassers oder auf der Ebene des Horizonts, welche die Erdoberfläche berührt, lotrecht stehen. Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so müßten alle diese Richtungslinien der Schwere in einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte Zusammentreffen. Auch würde nach den Gesetzen der Gravitation die Schwere, als beschleunigende Kraft betrachtet, an allen Seiten der Erdoberfläche gleich groß sein müssen, weil diese alle von dem Mittelpunkte gleich weit entfernt wären, vorausgesetzt, daß sich die Erde in einer vollkommenen Ruhe befände. Wenn sich aber die Erdkugel, nach dem Kopernikanischen System, täglich einmal um ihre Achse dreht, so entsteht hieraus für jeden Punkt der Erdoberfläche ein Schwung oder eine Schwingkraft, deren Richtung in dem Halbmesser des von den Erdkörpern beschriebenen Kreises liegt, indem sich diese Körper von dem Mittelpunkte dieses Kreises vermöge der ihnen mitgeteilten Bewegungen zu entfernen streben. Es wird daher ein Teil der Schwere dazu verwendet werden, die Wirkungen des Schwunges aufzuheben und die Körper, welche sonst von der Erde hinwegfliegen würden, auf der Oberfläche derselben zu erhalten. Dieser verwendete Teil der Schwere kann nun nichts weiter bewirken, er wird also der Schwere der Erdkörper abgehen, d. h. man wird die Schwere vermindert finden.

Diese Verminderung der Schwere wird aus doppelten Ursachen unter dem Äquator am stärksten sein; erstens, weil der Kreis der täglichen Umdrehung daselbst am stärksten ist und die Körper schneller als in den weiter nach den Polen hin liegenden Kreisen geschwungen werden; zweitens, weil hier die Richtung der Schwingkraft der Schwere nach dem Mittelpunkte gerade, bei den nach den Polen hin liegenden Kreisen aber nur zum Teile entgegengesetzt ist. Am Pol selbst muß nun aber die Kraft der Schwere ganz unvermindert bleiben, weil daselbst die umdrehende Bewegung gar nicht mehr stattfindet.

Die Verminderung der Schwere läßt sich am besten durch den Gang des Pendels wahrnehmen; denn dieses vollendet seine Schwingungen in desto kürzerer Zeit, je kürzer es selbst und je größer die Kraft der Schwere ist. Dreht sich also die Erde wirklich um ihre Achse, so läßt sich erwarten, daß ebendasselbe Pendel seine Schwingungen in der Gegend des Äquators langsamer als in unseren Ländern, und bei uns langsamer als am Pole verrichten wird.

Picard war der Erste, welcher in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts die Mutmaßung hegte, daß schwere Körper, falls die Erde sich um ihre Achse drehe, unter dem Äquator mit geringerer Kraft niederfallen müßten, als unter den Polen, und bemerkt zugleich, daß hieraus eine

Verschiedenheit im Gange des Pendels entstehe, und daß dasselbe da geschwinder gehen müsse, wo mehr Schwere stattfindet. Auf Verlangen der Pariser Akademie untersuchte daher Richer bei seinem Aufenthalte auf Cayenne, einer 5 Grade nordwärts vom Äquator liegenden Insel, unweit der Küste von Südamerika, die dortige Länge des Sekundenpendels und fand, daß seine aus Paris mitgebrachte Pendeluhr auf Cayenne täglich um 2 Minuten zu langsam ging, so daß er die Pendelstange derselben um  $1 \frac{1}{4}$  Linie verkürzen mußte, wenn sie ihre 3600 Schwingungen in einer Stunde richtig machen sollte. Dagegen mußte er sie bei seiner Rückkehr nach Paris, weil nun die Uhr zu geschwind ging, wieder auf die vorige Länge zurückbringen. Hierdurch wurde es also außer Zweifel gesetzt, daß die Schwere der Körper gegen den Äquator hin geringer wird, und diese Erfahrungen dienten zugleich zum Beweise, daß die Erde sich wirklich täglich um ihre Achse wälze und das Kopernikanische System richtig sei.

Da sich gegen diesen nur theoretischen Schluß doch noch Einwendungen machen ließen, so mußte man, um völlige Gewissheit zu erlangen, wirkliche Messungen und Beobachtungen auf der Erde selbst vornehmen. Hieraus mußte sich folgendes Resultat ergeben: Wäre die Erde eine vollkommene Kugel und der Meridian ein vollkommener Kreis, so müßten alle Grade desselben gleich sein und alle Richtungen der Schwere oder alle Scheitellinien im Mittelpunkte zusammenlaufen; hat sie aber eine sphäroidische Gestalt, so wird ihr Meridian an den Polen, wo sie platt gedrückt ist, flach oder weniger gekrümmt sein, beim Äquator dagegen, wo sie mehr erhaben ist, eine stärkere Krümmung haben; mithin würde der Halbmesser dieser Krümmung bei den Polen größer, beim Äquator kleiner sein; auch würden die Richtungen der Schwere oder die Scheitellinien (d. i. auf der Oberfläche der Erde lotrecht stehende Linien) nicht mehr bloß in dem Mittelpunkte, sondern auch in anderen Punkten Zusammenkommen.

Durch wirkliche Ausmessungen von Graden des Meridians in Frankreich fand man aber das Gegenteil, nämlich, daß der nördliche Grad desselben kleiner sei als der südliche. Hierauf gründeten nun die französischen Akademiker den Schluß, daß die obige Hypothese der Erfahrung entgegen wäre. Ihnen widersprachen viele englische Naturforscher, hielten die französischen Messungen für unzuverlässig und behaupteten mit Recht, die gemessenen Bogen lägen einander zu nahe und auf einem zu kleinen Teile der Erdoberfläche beisammen, als daß man daraus sicher auf die Gestalt des ganzen Umfanges schließen könne.

Um nun diese Frage zu entscheiden, und weil die früheren Gradmessungen von Snellius, Picard, LaHire und Cassini keine befriedigenden Resultate ergaben, schickte die französische Akademie eine Expedition von Naturforschern und Astronomen nach Südamerika, um am Äquator selbst einen Meridiangrad zu messen. An die Spitze wurden La Condamine und P. Bouguer, so wie der Spanier Antonio de Ulloa gestellt; es begleiteten sie L. Godin, A. de Jussieu, P. Couplet und Georg Juan y Santacilia, und so reisten sie 1735 zu diesem Unternehmen ab. Sie wählten das Hochland von Quito zum Schauplatze ihrer Operationen. Schon im folgenden Jahre sandte der Minister Maurepas eine zweite Expedition zu gleichem Zwecke nach Lappland und stellte an die Spitze derselben die Herren de Maupertuis und C. Clairault, welche Camus, Le Monnier und Authier begleiteten, und zu denen sich noch der Schwede Celsius gesellte. Dieselben maßen ein Dreiecksnetz von Torneå bis zum Berge Rittis bei Pello, eine Längenerstreckung von noch nicht  $1^{\circ}$  ( $0^{\circ} 57' 30'' 4'''$ ), wobei eine Standlinie auf der gefrorenen Fläche der Torneå-Elf benützt wurde. Später ließ man die dort gewonnenen Resultate im Jahre 1792 durch Mechain, Delambre, Biot und Arago an einem Meridianbogen verifizieren, welcher sich von Dünkirchen bis zur Insel Formentara im mittelländischen Meere erstreckte und etwas mehr als  $12^{\circ}$  umfaßte. Diese letztere Gradmessung wurde deshalb die wichtigste unter allen, weil sie zugleich mit einer durchgreifenden Reform von Maß und Gewicht verbunden wurde, indem man den aus dieser

Messung abgeleiteten zehnmillionsten Teil des Erdquadranten unter dem Namen Meter als Längeneinheit annahm und auf dieses alle übrigen Maße und Gewichte bezog, welche nach dem Dezimalsystem eingeteilt wurden. In der neueren Zeit wurden dann noch speziellere Gradmessungen durch Gauß im Hannoverischen, Svanberg in Lappland, Schumacher in Dänemark, Struve in Rußland, Bessel und Bayer in Preußen vorgenommen. Alle diese Arbeiten bestätigen nun zwar den allgemeinen Satz der Abplattung, wichen aber in ihren speziellen Resultaten einigermaßen voneinander ab, wie dies wohl nicht anders sein kann, da die Erde kein genau geometrisches Sphäroid bildet, sondern vielfache Unregelmäßigkeiten, Erhöhungen und Depressionen darbietet, welche auf die Messung selbst und auf die Resultate derselben einen bedeutenden Einfluß üben müssen.

Die definitiven Resultate der Messungen wechseln etwa in dem Grade, daß Bessel eine Abplattung von  $1/299'$  Bowditch von  $1/301'$  d'Aubuisson von  $1/305'$  Jefferson Cram von  $1/318'$  annehmen. Nach diesen verschiedenen Annahmen würden sich etwa folgende Maße Herausstellen:

| Abplattung von                                                            | $1/305'$                      | $1/301'$  | $1/299'$      |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|---------------|
| Radius der Erde am Äquator:                                               | 6376851 m                     | 6377695 m | 6377398 Meter |
| Radius an den Polen                                                       | 6355943 m                     | 6356774 m | 6356079 Meter |
| Unterschied oder absolute Abplattung                                      | 20908 m                       | 20921 m   | 21319 Meter   |
| Mittelgröße des Erdradius                                                 | 6366397 Meter                 |           |               |
| Erdradius bei 45° Breite                                                  | 6366407 Meter                 |           |               |
| Erdradius zu Paris:                                                       | 6364551 Meter                 |           |               |
| Radius einer Kugel, welche ein ebenso großes Volumen als die Erde hätte   | 6369874 Meter                 |           |               |
| Radius eines Kreises, dessen Länge derjenigen eines Meridians gleichkäme: | 6366100 Meter                 |           |               |
| Oberfläche der Erde:                                                      | 5098857 Quadrat - Myriameter  |           |               |
| Volumen der Erde:                                                         | 1082634006 Kubik - Myriameter |           |               |

Tabelle 1: Daten der Erde (Siegmund, 1877)

Die größte und wichtigste Arbeit ist die große europäische Längengrad- Messung unter dem 52. Parallel, von Oosk [Orsk] am Uralflusse bis zur Valentia-Insel an der Westküste von Irland, deren Operationsplan von Argelander [Friedrich Argelander \*1899 - +1875, deutscher Astronom] in Bonn und O. Struve [Otto Wilhelm von Struve, \*1819 – +1905 deutsch- baltischer Astronom] in Pulkawa festgestellt worden ist, und für welche die Beobachtungen westlich von Breslau 1864 beendet wurden; und damit im Zusammenhänge die 1861 vom General Baeyer [Johann Jacob Baeyer, \*1794 – +1885, Offizier und Geodät] in Vorschlag gebrachte und unter seinem Präsidium bereits in Angriff genommene europäische Gradmessung, an welcher sich alle Staaten Europas beteiligen.

Aus den anzustellenden Längen- und Breitengrad-Messungen soll das wahre Krümmungsverhältnis der Oberfläche von Europa mit allen besonderen lokalen Abweichungen von der regelmäßigen Figur und die Ursache dieser Abweichungen ermittelt werden.



Die geometrische Gestalt der Erde also bezeugt die Art ihrer Entstehung. Ihre Form als Rotationsellipsoid weist darauf hin, daß sich ihr Material ursprünglich in einem flüssigen Zustande befunden hat, und zwar erhält die Ansicht der Geologen, daß derselbe ein glutflüssiger gewesen, durch Beobachtungen, welche in späteren Abschnitten mitgeteilt werden, einen Stützpunkt.

#### Das spezifische Gewicht der Erde.

Die mittlere Dichtigkeit der Erde ist 5,6 mal größer als die des Wassers. Die Feststellung dieses Wertes war nicht auf direktem Wege, wohl aber mittelbar dadurch möglich, daß man eine Wirkung der Masse der Erde, z. B. ihre Anziehung, mit der eines anderen, seiner Masse nach bekannten Körpers verglich. Zu diesem Zwecke hat man drei Methoden in Anwendung gebracht. Die erste derselben beruht auf der Ablenkung des Bleilotes aus der wahren Vertikallinie durch Anziehung von Seiten der Masse eines naheliegenden Berges; die zweite auf der Beobachtung von Pendelschwingungen auf dem Gipfel eines hohen Berges oder im Grunde eines tiefen Schachtes und von solchen auf der ebenen Erde, wobei die Differenz der Schwingungszahlen auf Kosten der zwischen beiden Beobachtungspunkten liegenden Erdmasse zu setzen ist; endlich die dritte Methode auf den Schwingungen eines horizontalen, daher der Schwerkraft entzogenen und durch die Anziehung großer Metallkugeln in Bewegung gesetzten Pendels (der Drehwaage).

Das hohe spezifische Gewicht der Erde muß überraschen, wenn man es mit dem der bekannten festen Erdkruste vergleicht, welches etwa 3,0 beträgt, während sich die Dichtigkeit der kontinentalen und ozeanischen Erdoberfläche zusammen auf kaum 1,6 beläuft. Es ergibt sich daraus, daß das spezifische Gewicht des Erdinneren bedeutend größer als 5,6 ist, so wie die Wahrscheinlichkeit, daß die Dichtigkeit des Erdmaterials mit der Tiefe zunimmt, — Verhältnisse, welche ähnlich wie die Gestalt der Erde einen ursprünglich flüssigen Zustand unseres Planeten voraussetzen.

#### Die innere Erdwärme.

Die Lehre von der Erdwärme darf nicht als neu betrachtet werden. „Es ist gewiss“, sagt ein bekannter deutscher Chemiker des 17. Jahrhunderts, „daß ein innerlich Erdfeuer“ und zwar in „Centro terrae“, sein müsse, dadurch die Erze propagiert werden. Und daß diesem so sei gibt der tägliche Augenschein. Der Effekt der Hitze steigt in die Höhe; man sieht dies an den brennenden Bergen, warmen Bädern etc. Nun hat solches Feuer eine stets ernährende Materie, und sollte man, der Vernunft nach, fast schließen, daß, da die Erde um und um befestigt und erhärtet, eine solche Materie „ad Centrum“ gedrungen sei und sich also entzündet habe, daher Calor entstanden, welcher durch die „Poros“ der Erden stets aufwärts dringt.“ — So urteilte Kunckel; und daß es immer wärmer werde in der Erde, je tiefer man eindringt, darüber schrieb Schapellmann, ein ungarischer Bergmeister, schon vor beinahe 180 Jahren mit gewisser Ausführlichkeit und Gründlichkeit.

Es ist allbekannt, daß bei einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche die Temperatur nicht mehr mit den Tagesstunden und Jahreszeiten wechselt, sondern festbleibend ist, und zwar wärmer als die mittlere Temperatur der Oberfläche. Die Eigenschaften aller guten Keller beruhen auf diesem Umstande. Von der Grenze der Einwirkung der Sonnenwärme an findet nach der Tiefe zu eine stete Temperaturzunahme statt. Es herrscht also in den verschiedenen Niveaus der Erdtiefe eine an jedem Punkte zwar konstante, aber in gleichem Schritte mit der Tiefe zunehmende Wärme. Dieser in geologischer Beziehung hochwichtige Satz findet seine Begründung in den Temperaturverhältnissen gewisser aus der Tiefe emporsteigender warmer Quellen, so wie artesischer Brunnen, und endlich tiefer Bergwerke.

Quellen besitzen nach Credner diejenige Temperatur, welche ihren Wassern bei deren Zirkulation auf Spalten und Klüften innerhalb der Gesteine von diesen mitgeteilt worden ist. Es läßt sich deshalb aus ihren Temperaturverhältnissen auf diejenigen ihres unterirdischen Ursprungsortes schließen. Die Temperatur sehr zahlreicher, ja der meisten Quellen ist aber eine höhere, als die mittlere Temperatur des Punktes, an welchem sie Hervorbrechen. Man nennt dieselben namentlich dann, wenn dieser Unterschied ein bedeutender ist, warme Quellen oder Thermen. Manche dieser Thermen, so die Geysirs auf Island, auf Neu-Seeland und am Westabhange der Rocky-Mountains, erreichen Siedehitze und kommen deshalb aus unterirdischen Regionen, wo so hohe oder noch höhere Wärmegrade herrschen, deren Niveau unter der Erdoberfläche jedoch deshalb nicht genauer festgestellt werden kann, weil Tiefe und Richtung unbekannt sind, aus welchen die Wasser zu uns gelangen.

Das am meisten genügende Resultat wird erlangt, indem man die Temperatur der Felsmassen, folglich die Wärme der Erde selbst bestimmt. Zu diesem Zwecke werden in Gruben, an trockenen Stellen, wo kein Luftzug eintreten kann, Bohrlöcher ins feste Gestein gehauen und in diese Thermometer, zur Temperaturbestimmung geeignet, möglichst tief versenkt, jedoch so, daß die Skalen derselben hervorragen. Alle Steine haben zwar nicht gleiches Vermögen, die Wärme zu leiten. In der nämlichen Tiefe kann dadurch eine etwas verschiedene Temperatur dieser oder jener Gebirgsarten bedingt werden; man hat in neuester Zeit nicht unwichtige Beobachtungen über die Temperaturdifferenzen von Graniten und Tonschiefern in den Gruben Cornwalls angestellt. Einflüsse der Art sind jedoch nicht von großer Bedeutung, obwohl solche keineswegs ganz unbeachtet bleiben dürften.

Auch die Bohrlöcher der jetzt so allgemein verbreiteten artesischen Brunnen hat man zur Ausmittelung der Erdwärme und ihrer Zunahme nach der Tiefe nicht unbenutzt gelassen. Vermittelst für solchen Behuf eigens eingerichteter Thermometer wurden auf dem Boden der Bohrlöcher Wärmemessungen angestellt. Allein aus der Temperatur des Wassers artesischer Brunnen dürfte sich nicht immer die Größe der Wärmezunahme gegen das Innere der Erde mit völliger Sicherheit ergeben; es bleiben Zweifel übrig, ob jenes Wasser nicht aus noch beträchtlicherer Tiefe empordringt, folglich eine höhere Temperatur hat, als jene, die dem Boden der Bohrlöcher zusteht.

Die genauesten und folgerichtigsten Untersuchungen sind von Prof. Reich in Freiberg angestellt worden. Aus seinen Versuchen ergab sich die Bestätigung des Satzes, daß die Temperatur nach der Tiefe hin zunimmt und, abgesehen von kleinen, durch Luft- und Wasserwechsel bedingten Anomalien, in größeren Tiefen konstant bleibt. Das Mittel aus den Beobachtungen ergab eine Wärmezunahme von  $1^{\circ}$  für 41,84m. Doch fügt Reich ausdrücklich hinzu, daß ein allgemeines Gesetz für die Wärmezunahme aus seinen Beobachtungen sich nicht ableiten laste, und zahlreiche Versuche in verschiedenen preußischen Bergwerken ergaben, daß in der Tat, je nach dem Gesteine, welches man ausbeutet, die Wärmezunahme eine verschiedene und in

Steinkohlengruben z. B. doppelt so groß sei, als in Erzgruben. Selbst in Jakutsk, wo der Boden bis zu einer Tiefe von fast 200m das ganze Jahr hindurch gefroren ist, nimmt die Kälte mit der Tiefe ab, und zwar des guten Leitungsvermögens des Eises wegen in sehr kleinen geothermischen Tiefenstufen, so daß die Temperatur in 130m von 17,12° C. auf —2,9°C. steigt. Und in der Tat legen die heißen Quellen, welche an zahlreichen Punkten Hervordringen, Zeugnis ab von dem Temperaturzustande jener Niveau des Erdinneren, denen sie ihre hohen Wärmegrade verdanken, und die einer Tiefe von 3300° angehören müssen. Steigen nun ähnlich, wie diese heißen Quellen, geschmolzene Gesteinsmassen aus dem Erdinneren herauf, so können wir nicht anders, als schließen, daß sie aus Tiefen stammen, in welchen genügende Hitzegrade herrschen, um jene Gesteinsmassen in Fluß zu erhalten, also wenigstens 2000° E. Eine derartige Temperatur würde man, wenn die Wärmezunahme einer arithmetischen Progression folgte, in 66.000° Tiefe erreichen. Weil jedoch die geothermischen Tiefenstufen mit der Tiefe selbst wachsen, so dürfte die Grenze zwischen geschmolzener Gesteinsmasse und fester Erdkruste erst in doppelter oder dreifacher Tiefe zu suchen sein. Da nun heiße Quellen sowohl wie flüssige Laven an zahllosen, über die ganze Erdkugel verbreiteten Punkten Hervorbrechen, so muß auf einen in der Erdtiefe überall vorhandenen Wärmequell, einen glutflüssigen Erdkern geschlossen werden, welcher sich allmählich mit einer Erstarrungskruste umgeben hat.

Diese Theorie über die Zunahme der Bodentemperatur mit wachsender Tiefe wird jedoch von Hermann Klein bestritten; er bemerkt, dieselbe könne gegenwärtig nicht mehr a priori als Beweis für das heute noch feurigflüssige Erdinnere dienen. Die Lehre von der Umsetzung der Kraft, die experimentale Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents, zeigt mit Evidenz, daß der Druck der Erdschichten, daß das Sinken der Länder im Boden Wärme erzeugen muß. Das thermische Äquivalent der Kraft beträgt 0,429 Kilogrammometer, so daß 429g, die 1m hoch herabfallen, ein Quantum Wärme erzeugen, welches genügt, 1g Wasser um 1° des hunderttheiligen Thermometers zu erwärmen. Es ist unzweifelhaft, daß durch die Aushöhlungen, welche die meteorischen Wasser, in die Erde eindringend und wieder, tropfbar oder verdunstet, zu Tage tretend, erzeugen, vielfache Senkungen im Boden entstehen müssen. Ebenso gewiss werden hierdurch Wärmeerscheinungen im Erdinneren auftreten; ob aber die so erzeugte Wärme ausreicht, die Zunahme der Bodentemperatur zu decken, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Man weiß, daß die großen Geologen aus der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts, an der Spitze L. v. Buch und Alex. v. Humboldt, aus der Wärmezunahme gegen das Erdcentrum hin auf die Dicke der Schichte geschlossen haben, welche den noch als feurigflüssig betrachteten Kern umhüllt. Bei der sich auf diesem Wege ergebenden Mächtigkeit von 5 bis 10 Meilen, gegen eine glühende Masse von 850 Meilen Radius, hat man vielfach nicht einsehen können, wie diese feste Schale ungeschmolzen und unzerstört das ungeheure Glutmeer umhülle. Auch eine Vielheit anderer Tatsachen haben ausgezeichnete Forscher der Gegenwart, wie Lyell, Volger, Bischof und Andere, zu dem Schlüsse geführt, daß eine so geringe Dicke der festen Erdschicht, gegenüber dem feurigflüssigen Kerne, nicht existiert. Die Gründe, welche Humboldt und Buch für ihre Hypothese geltend machten, und unter denen auch dem Umstande großes Gewicht beigelegt wurde, daß Hunderte von Meilen lange Vulkanreihen, wie Essen über einer einzigen Spalte stehend, angetroffen werden, sind keineswegs unanfechtbar.

Man könnte bei diesen Reihenvulkanen immerhin ein gemeinsames feuriges Reservoir annehmen, ohne dieses bis zum Mittelpunkt der Erde auszudehnen. Ja der Umstand, daß in einzelnen Teilen solcher ausgedehnten Vulkanreihen furchtbare Eruptionen erfolgen, während die vulkanische Tätigkeit an den meisten anderen Punkten ruht, spricht viel mehr für einen der Erdoberfläche verhältnismäßig nahen Sitz der vulkanischen Kräfte, als zu Gunsten der entgegengesetzten Annahme. Kluge hält als Resultat sehr zahlreicher Untersuchungen über die

Periodizität vulkanischer Ausbrüche für ungemein wahrscheinlich, daß die Eruptionen das direkte Ergebnis der Jahreszeiten, des Einflusses der Wärme auf tauende Schnee- und Eismassen oder des Falles atmosphärischer Niederschläge sind, daß der Herd der vulkanischen Tätigkeit in weit geringerer Tiefe, als man gewöhnlich annimmt (bei den meisten Vulkanen nicht viel tiefer als 30.000 bis 40.000' unter dem Meeresniveau), zu suchen sei; endlich, daß die meisten Eruptionen nur das Resultat lokaler chemischer Proteste, keineswegs aber Ausflüsse eines feurigflüssigen Erdinneren seien. Wenn man sonach, bemerkt schließlich Klein, durch eine Reihe von nicht wegzuleugnenden Tatsachen gezwungen wird, anzunehmen, es habe sich unser Erdball ursprünglich in einem feurigflüssigen Zustande befunden, aus dem er nach und nach erkaltend in seine heutige Daseinsform übergang, so ergibt sich andererseits das für gewisse Untersuchungen nicht minder wichtige Resultat, daß Nichts dazu zwingt, anzunehmen, es sei das Innere unseres Planeten gegenwärtig noch feurig- flüssig und bloß von einer verhältnismäßig sehr dünnen Kruste umhüllt.

#### Verteilung von Land und Meer und der Erdoberfläche.

Unser Planet hat zwei Umhüllungen, eine nur lokal verbreitete, das Wasser, und eine allgemeine, die Atmosphäre; zwischen der teilweisen Wasserbedeckung tritt die Erdkruste als Festland zu Tage. Die Oberfläche unserer Erde wird demgemäß von Land und Wasser gebildet, jedoch in einem sehr ungleichen Verhältnisse; das letztere nimmt fast zwei Drittel mehr Oberfläche ein als das Land, oder genauer: die Größe des Meeresspiegels verhält sich zu der Oberfläche des Festlandes wie 270 : 100. Eine noch ungleichere Verteilung ist die des Landes innerhalb der einzelnen Zonen, welche die Erde umgürten, indem die nördliche Halbkugel fast dreimal so viel Festland als die südliche, die nördliche gemäßigte gleichviel Land und Wasser, die heiße Zone zu einem Drittel Land und zwei Drittel Meer besitzt und endlich auf die Oberfläche der südlichen gemäßigten Zone nicht ganz Land kommt.

#### Das Festland.

Man unterscheidet herkömmlicher Weise 5 Kontinente:

|                                |             | Oberfläche     | Verhältnis des Flächeninhaltes<br>nach Dr. M. Behm zur<br>Küstenentwicklung |         |
|--------------------------------|-------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| Europa                         |             | 182.200 Q.M.   | 178.150 Q.M.                                                                | 37 : 1  |
| Asien                          |             | 794.000 Q.M.   | 814.995 Q.M.                                                                | 105 : 1 |
| Afrika                         |             | 552.000 Q.M.   | 543.570 Q.M.                                                                | 152 : 1 |
| Amerika als<br>Doppelkontinent | Nordamerika | 451.200 Q.M.   | 743.819 Q.M.                                                                | 56 : 1  |
|                                | Südamerika  | 322.200 Q.M.   |                                                                             | 94 : 1  |
| Australien                     |             | 161.400 Q.M.   | 161.180 Q.M.                                                                | 37 : 1  |
| Zusammen                       |             | 2.463.000 Q.M. | 2,441.714 Q.M.                                                              |         |

Tabelle 2: Das Festland (Siegmund, 1877)

Zu diesen 5 Kontinenten kommen als zwei weitere Gruppen noch die wenig bekannten Polarländer. Die Landmassen lassen sich jedoch auch als zwei größere Festlandsmassen, eine

östliche, die Europa, Afrika, Asien und Australien begreift, und eine westliche mit Nord- und Südamerika auffassen, oder als drei Paare von Kontinenten: Asien-Australien, Europa-Afrika, Nordamerika-Südamerika.

Das Meer.

Ebenso wie man gewöhnlich 5 Kontinente unterscheidet, so auch 5 große Ozeane:

|                                                          |                 |
|----------------------------------------------------------|-----------------|
| Der Pazifische Ozean (Südsee, stiller oder großer Ozean) | 3,300.000 Q.-M. |
| Der Atlantische Ozean                                    | 1,635.000 Q.-M. |
| Der indische Ozean                                       | 1,313.000 Q.-M. |
| Das südliche (antarktische) Eismeer                      | 350.000 Q.-M.   |
| Das nördliche Eismeer                                    | 200.000 Q.-M.   |
| Zusammen                                                 | 6,798.000 Q.-M. |

Tabelle 3: Die Ozeane (Siegmund, 1877)

Man hat sich vielfach bemüht, in der Lagerung und Gruppierung der Landmassen und der Meeresbecken eine gewisse Gesetzmäßigkeit aufzufinden. Ein Gesetz — wenn man es so nennen darf — ist sehr in die Augen fallend: die Konvergenz der Landmassen gegen Norden, ihre Divergenz gegen Süden. Die kontinentalen Inseln, wie Ceylon, Borneo, Madagaskar, Tasmanien und Neu-Seeland, sind als losgerissene Teile der Kontinente oder als Reste untergegangener Kontinente zu betrachten. Ihnen stehen gegenüber die pelagischen oder ozeanischen Inseln: die hohen unter diesen sind vulkanischen Ursprungs, die niederen sind Korallenbauten.

Die mittlere Höhe der Kontinente hatte Laplace früher zu 1000m oder 3078 P. F. angenommen, Alexander v. Humboldt fand jedoch nur 157,8 Toisen oder 947 P. F., und zwar:

|                 |                 |            |
|-----------------|-----------------|------------|
| für Europa:     | 105 Toisen oder | 630 P. F., |
| für Südamerika  | 177 „ „         | 1062 „     |
| für Nordamerika | 117 „ „         | 702 „      |
| für Asien       | 180 „ „         | 1080 „     |

Weder für Afrika noch für Australien hatte Humboldt eine Zahl berechnet, weil das Innere dieser Kontinente noch zu unbekannt ist. Mit einiger Wahrscheinlichkeit darf man aber wohl Afrika die gleiche mittlere Höhe wie Asien, Australien dieselbe wie Europa zuschreiben, und bekommt dann als die mittlere Höhe sämtlicher Festlande 1062 P. F. oder 345m. Demnach wäre die Dicke der über den Meeresspiegel aufragenden Teile der Kontinente äußerst unbedeutend; bei einer Kugel von 2' Durchmesser würde sie nur die Dicke einer gewöhnlichen Firniß-Schichte haben.

Reliefformen des Landes.

Der allgemeine Unterschied in der Reliefbildung des Landes wird durch die Bezeichnungen Tiefland, Hochebene und Berge ausgedrückt.

Tiefländer sind ausgedehnte Landstriche, welche sich überall nur wenig über den Meeresspiegel erheben. Sie beginnen meist unmittelbar an den Küsten des Meeres, von welchen aus sie sich mit sehr geringem Ansteigen oft weit in das Ärmere der Kontinente erstrecken, so das norddeutsche Tiefland und die Mississippi- Talebene. Es gibt indes auch Tiefländer, welche nicht bis zum Meere reichen, sondern rings von Gebirgen umgeben sind, wofür das niederungarische Binnentiefland ein Beispiel liefert.

Als Hochebenen (Plateaus) bezeichnet man stetig ausgedehnte Erhebungen des Landes von bedeutenden horizontalen und vertikalen Dimensionen, welche letztere gewöhnlich über 300''' betragen. Die Oberfläche des Plateaus ist meist vollkommen eben oder wellig und hügelig, zuweilen sind jedoch Bergkuppen und Gebirgszüge auf dieselben aufgesetzt, oder schluchtenartige Wasserläufe tief in dieselben eingeschnitten. So erheben sich auf dem Plateau von Quito, welches 10.000'' Meereshöhe besitzt, unter anderen die gewaltigen Kegel des Cotopaxi (18.773') und Chimborazo (21.421'), auf dem Tonschiefergebiete von Laach die abgestumpften Vulkankegel des Bausenberges, des Hochsimmer u. a. Die Begrenzung finden die Plateaus entweder durch Tiefland oder durch Gebirge. Berge erheben sich entweder vereinzelt aus der Ebene oder eine größere Anzahl derselben ist zu einem vielfach gegliederten Ganzen verbunden und bildet dann ein Gebirge. Isolierte, einzelnstehende Berge sind verhältnismäßig selten und dann meist vulkanischen Ursprungs.

Die Gebirge unterscheidet man in Gebirgsketten und Massengebirge; nach Unterschieden in ihrer Höhe nennt man die Gebirge Hochgebirge, wenn dieselben 2000''' oder noch höher über den Meeresspiegel reichen; gemeine Gebirge, wenn sie diese Höhe nicht erlangen, während man Bodenerhebungen von nur wenigen hundert Fuß Höhe als Hügelland bezeichnet. Täler sind die rinnenförmigen Einschnitte, durch welche die Gliederung der Gebirge sowie die Durchführung des Plateaus bedingt ist. Laufen dieselben in ungefähr rechtem Winkel von den Gebirgsrücken aus, so heißen sie Quertäler, während die zwischen ihnen liegenden Bergrücken als Jöcher bezeichnet werden. Diejenigen tiefsten Stellen eines Gebirgsrückens, auf welche der Ausgangspunkt zweier nach entgegengesetzter Seite des Gebirges laufender Quertäler fällt, und die in Folge davon sattelförmig ausgebuchtet erscheinen, sind die Gebirgspässe. Die Längentäler laufen dem Hauptzuge einer Gebirgskette parallel, sind deswegen die Bedingung für kettenförmige Gebirgsgliederung und zeichnen sich meist durch auffällig geradlinigen Verlauf aus.

Gestalt des Meeresgrundes. Die Sohle des Ozeans ist vor allen jenen Agentien geschützt, die an der trockenen Oberfläche eine der Hauptursachen der Unebenheit sind. Die Weltmeere haben daher auf ihrem Boden keine Gebirge und Täler wie die Kontinente, und es wäre eine falsche Vorstellung, anzunehmen, daß die Gebirgsketten der Kontinente unter dem Wasser der Ozeane fortstreichen und gelegentlich durch Inselketten, Klippen und Untiefen die Richtung ihrer Kämme erraten lassen. Nur in der Nähe von Festlandsküsten finden sich noch ähnliche Relief-Formen auf dem Meeresboden wie auf dem Lande selbst, und namentlich an steil abfallenden Küstenstrecken, die im Sinken begriffen oder gesunken sind; im klebrigen zeigt die Sohle des tiefen Meeres wohl Unebenheiten, so daß man von submarinen Hochebenen und Tiefebene sprechen kann; diese Niveauunterschiede sind jedoch durch sehr sanft geböschte Abhänge miteinander verbunden. Eine Ausnahme machen nur die vulkanischen Inseln und die Koralleninseln, die sich oft plötzlich aus grasen Meerestiefen erheben. Die Festländer aber

steigen stufenförmig oder mit sanfter Steigung allmählich aus der Tiefe des Ozeans auf und ragen als gewaltige Hochebenen hervor, deren Unebenheiten auf der Oberfläche, wenn man die Körpermassen vergleicht, geringfügig sind gegenüber dem ungeheuren Sockel, auf welchem sie sich aus den Tiefen der Meere aufbauen.

## II. Die Baustoffe der Erde.

Wir haben gesehen, daß die Tiefe, bis zu welcher die Erdrinde unserer Beobachtung zugänglich ist, nur sehr gering ist. Die tiefsten Bergwerke sind in die äußere Schale kaum bis zu 3000' oder 948.242.100m hinabgedrungen; das tiefste Bohrloch hat diese Tiefe kaum erreicht. Die Dicke der Erdrinde, wenn wir sie auch zu 20 Meilen annehmen, verhält sich zum Durchmesser der Kugel geringer als die Schale des Eies zum Durchmesser desselben, und doch reicht unser Eindringen in diese Schale noch nicht zum hundertundfünfzigsten Teil ihrer Stärke. Trotzdem hat, wie B. v. Cotta ganz richtig bemerkt, ein unwiderstehlicher Wissensdrang den Menschen, so lange er auf der Erde sieht und denkt, angespornt, auch ihr Inneres kennen zu lernen. Nicht Wissbegierde allein war es, die diesen Drang hervorrief: es hat sich der praktische Nutzen dazu gesellt, den manche Stoffe des Erdinneren darbieten, die Schätze, die sie verbirgt, zu heben, und so ist es gekommen, daß man nicht bloß durch die bergbaulichen Arbeiten in ihrem Inneren, sondern noch viel mehr durch Beobachtungen und Schlüsse gelernt hat, den Bau der festen Erdkruste zu erkennen und zu beurteilen, darauf mancherlei Hypothesen über die Art seiner Entstehung zu gründen. Die Lehre von der Zusammensetzung und dem Bau des Erdinneren nennt man Geognosie, die Lehre von dessen Entstehung Geologie; beide Lehren hängen auf das innigste zusammen, eine dient der anderen als Grundlage, und ohne alle Theorie ist die bloße Tatsachen-Kenntnis ein dem menschlichen Geiste unwürdiges Gedächtnißwerk.

Wenn man die Zusammensetzung der festen Erdkruste untersucht, so muß uns zuerst auffallen, daß sie von allen geographischen und klimatischen Zonen unabhängig ist, die einen so großen Einfluß auf die organische Bevölkerung der Erdrinde ausüben. Es ist kaum ein Jahrhundert her, daß durch die Forschungen für einzelne höchst beschränkte Gebiete Europas die Überzeugung zu keimen begann, daß in ihnen die Gesteinsmassen nicht willkürlich übereinander gehäuft oder durcheinander geworfen sein möchten; noch nicht einmal ein halbes Jahrhundert, daß die allmählich durch die mühsamsten Untersuchungen und die aufopferndste Hingebung erlangte Überzeugung von dem regelmäßigen Bau der Oberfläche unserer europäischen Heimat nach den übrigen Kontinenten zur Prüfung getragen wurde, und daß namentlich Alex. v. Humboldt sich das hohe Verdienst erwarb, die Übereinstimmung der für Europa gewonnenen Resultate über den nach bestimmten Gesetzen geordneten Bau des Erdkörpers mit den durch ihn selbst in Amerika erforschten festzustellen. Das war mit ein Hauptzweck seiner Reise nach der neuen Welt, den er auch auf die würdigste und fruchtbarste Weise für die Wissenschaft erreicht hat. So neu aber war damals der Glaube an die Möglichkeit einer regelmäßigen Erdbildung, daß Humboldt selbst im Augenblicke seiner Einschiffung zu Coruña im Jahre 1799 in einem Briefe die bemerkenswerten Worte niederschrieb: „Ich habe nun den größten Teil von Europa gesehen und erstaune immer mehr über die bewundernswerte Einfachheit der Construction. 3—4

Gesteinsschichten kann man von Moskau bis Cadix, von Schweden bis Mittel-Ägypten verfolgen." Aber diese Verwunderung steigerte sich noch mehr, als der Reisende nur wenige Wochen nach jenem Briefe in Südamerika anlangte. Alles fand er hier verändert, Menschen, Tiere, Pflanzen und das Klima; nur die Gesteine, die er in Europa verlassen, fand er wieder. Schon unmittelbar nämlich, nachdem er den amerikanischen Boden betreten, traf Humboldt in den wundervollen Umgebungen von Caracas und Puerto Cabello, in der üppigsten und mannigfaltigsten Entwicklung tropischer Pracht, einzig dieselben Gesteine wieder, mit denen er sich durch jahrelanges emsiges Studium in den sächsischen Erzgruben von Freiberg befreundet hatte. Bald darauf erkannte er in den unermeßlichen Ebenen am Orinoco genau die roten Trümmergesteine des Mansfeld'schen Kupferschiefergebirges und des thüringischen Kyffhäusers bis in die kleinsten Züge. Ja, als er zuletzt die gewaltigen Gebirge des peruanischen Hochlandes bis in die Nähe des stillen Ozeans Hinabstieg, irrte er nicht, als er in richtigem Gefühl die dort verbreiteten Weißen Sandsteine mit denen verglich, die durch ihre grotesken Formen die Zierde der so wohlbekannten romantischen Umgebungen Schandaus sind: eine Verbindung, die erst 30 Jahre später auf einem ganz andren Wege durch das von unserem Reisenden selbst nach Europa gebrachte Material ihre vollständige Bestätigung erhielt. So ergaben alle neueren Forschungen in den fernsten, durch politische wie durch klimatische Hindernisse bisher unzugänglichsten Regionen, in den tiefsten Punkten der Erdrinde, bis zu welchen der menschliche Geist durch seine mechanischen Hilfsmittel gedungen ist, ja selbst an den höchsten im Laufe dieses Jahrhunderts von den verwegenen Forschern im Himalaya Indiens und in den Anden Südamerikas erstiegenen Bergspitzen, daß das Wesen der leblosen Körper überall dasselbe ist, daß die Gesetze der Bildung und Anordnung der Gesteinsmassen die ganze Oberfläche des Erdballes umfassen, und daß sogar dem Anschein nach unbedeutende Eigentümlichkeiten der Gesteine sich überall auf dieselbe Weise unabhängig von Klima und Niveau wiederholen.

Die Materialien nun, aus welchen der Erdkörper aufgebaut ist, sind mannigfacher Art. Fassen wir die chemischen und mineralogischen Bestandteile der Erdrinde ins Auge. Da die Atmosphäre, welche die ganze Erdkugel umgibt, und das Wasser, welches die größere Hälfte ihrer Oberfläche bedeckt, keine chemischen Stoffe enthalten, die nicht auch in der Erd feste vorhanden sind, da ferner die Thier- und Pflanzenwelt ihre gesamte Nahrung der Erde, dem Wasser und der Luft entnehmen, da endlich auch die aus dem Welträume zu uns herabkommenden Meteoriten keine festen Bestandteile der Erdrinde uns zuführen, so sind in der letzteren alle jene Stoffe enthalten, welche die Chemie überhaupt als chemisch einfache bezeichnet, das heißt, nicht weiter zu zerlegen vermag. Die Zahl dieser einfachen Stoffe beträgt 64; kaum mehr als ein Dutzend derselben jedoch treten als wesentliche Bestandteile von Verbindungen auf, welche in größeren Massen und häufigerer Verbreitung an der Zusammensetzung der Erdrinde Anteil nehmen. Es sind dies von den Oxygenoiden: Sauerstoff, Schwefel und Chlor; von Metalloiden: Silicium, Kohlenstoff und Wasserstoff und von Metallen: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Lithium, Aluminium, Eisen und Mangan.

Die einfachen Stoffe selbst, mit Ausnahme etwa der Gase, welche unsere Atmosphäre zusammensetzen, ferner von Schwefel und Kohlenstoff, endlich von einigen Metallen, besonders Edelmetallen, welche zwar nicht in größerer Menge, aber doch zum Teil weitverbreitet in der Erdrinde angetroffen werden, finden sich im Allgemeinen nicht isoliert, sondern in mehr oder weniger komplizierten chemischen Verbindungen in der Natur vor.

Die Zahl der chemischen Verbindungen, die man in den Laboratorien darzustellen vermochte, und jener, welche durch organische Tätigkeit erzeugt werden, ist eine sehr bedeutende und wächst noch von Tag zu Tag durch neue Entdeckungen. Viel geringer ist die Zahl jener



Verbindungen, die als Mineralien in der Erdrinde sich vorfinden, und übersteigt kaum die Zahl von 700. Doch ist es von den in der Natur selbst vorkommenden Mineralien wieder nur eine verhältnismäßig kleine Zahl, welche an der Zusammensetzung der Erdrinde einen wirklich wesentlichen Anteil nehmen, und deren Kenntnis für den Geologen wichtig ist. Die Reihenfolge hat Prof. Tschermak [Gustav Tschermak, 1836 – 1927, Österreichischer Mineraloge] also festgestellt:

Schwefel — Graphit — Pyrit (Eisenkies, Schwefelkies) — Magnetit (Magnet Eisenstein) — Hämatit, in den Varietäten: Eisenglanz und Roteisenstein — Brauneisenerz — Manganit (Grau-Braunsteinerz) — Granat — Turmalin — Amphibol — Augit — Olivin — Feldspat oder Orthoklas — Sanidin — Oligoklas — Andesin — Labrador — Leucit — Nephelin — Quarz — Opal — Glimmer — Chlorit — Talk — Serpentin — Kalk-, Magnesia- und Eisenspat — Dolomit (Braunspat) — Gips — Steinsalz.

Doch nicht, die Mineralien allein nehmen einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der Erdrinde; ihnen schließen sich, an Bedeutung nur wenig zurückstehend, an:

1. Zersetzungsprodukte der Mineralien, erzeugt durch die Verwitterung oder den Einfluß der chemischen Tätigkeit der Atmosphäre. Hierher gehören vor Allem: Tone, Lehme, Porzellanerden.

2. Erzeugnisse der organischen Tätigkeit von Tieren und Pflanzen, die, wenn sie auch teilweise mineralisiert oder versteinert sind, doch nicht wohl als Mineralien betrachtet werden können. Für den Geologen sind alle Anhäufungen, sei es von Mineralien oder von organischen Resten, welche in größeren Massen auftreten und einen wesentlichen Anteil an der Bildung der Erdrinde nehmen, Gesteine oder Gebirgsarten. Der Anfänger tut deshalb wohl, sich stets zu erinnern, daß mit dem Worte Gestein keineswegs gesagt ist, daß sich das Mineral in einem verhärteten, steinigen Zustande befinden müsse. Einige dieser Gesteine sind konstante Verbindungen von 2 oder 3 Mineralien. So ist z. B. der Granit eine Verbindung von Quarz, Glimmer und Feldspat. Andere bestehen nur aus einem Mineral, wie Kalkstein. Diese Verbindungen von verschiedenen Mineralien oder Teilchen desselben Minerals sind teils körnig, so daß man ihre Zusammensetzung aus Teilchen deutlich erkennen kann, teils dicht und glasartig, in welchem Falle man die zusammensetzenden Teilchen nicht mit dem Auge zu unterscheiden vermag, z. B. im Basalt. Die Verbindungsweise der Teilchen ist teils eine kristallinische innige Verwachsung oder Mengung, wie beim Granit und Basalt, teils eine mechanische Zusammensetzung, wie bei den Konglomeraten und Sandsteinen. Manchmal liegen sie auch nur lose beisammen.

Wenn man alle Verhältnisse dieser Gesteine zugleich berücksichtigt, d. h. ihre Zusammensetzung, Lagerung, besondere Verbreitung, wahrscheinliche Entstehungsweise etc., so lassen sich dieselben in 4 große Abteilungen oder Gruppen bringen:

1. Schichtgesteine nennt man eine Gruppe von Gesteinen, die sich nach allen Umständen als mechanische oder chemische Ablagerungen aus Wasser zu erkennen geben, wie dergleichen ganz ähnlich vom Meere, von den Flüssen, besonders an ihren Mündungen (den Deltas), in Binnenseen, Sümpfen, so wie an Quellen zuweilen durch Vermittlung oder unter Mitwirkung des organischen Lebens abgesetzt werden. Man erkennt sie als solche an ihrer Schichtung und schichtweisen Übereinanderlagerung, die ursprünglich größtenteils horizontal war, und aus ihrer Zusammensetzung. Sie bestehen entweder aus unter gewissen Umständen in Wasser

auflöslichen Mineralien, wie Kalkspat, Gips, Steinsalz, Eisenoxyd, oder aus mechanisch vom Wasser zusammengeführten und abgelagerten Teilchen (von der Zerstörung anderer Gesteine herrührend), wie Ton, Mergel, Sand, Geschiebe, und endlich aus Überresten organischer Körper, die unter Vermittlung des Wassers gebildet oder abgelagert wurden, wie Torf, Braun- und Steinkohle, Infusorienschalen, Korallenbänke. Auch die nicht der Hauptsache nach aus organischen Resten bestehenden Schichtgesteine enthalten sehr häufig vereinzelte Spuren oder Teile organischer Körper als sogenannte Versteinerungen.

Diese Gruppe von Gesteinen bildet, wo die Oberfläche daraus besteht, vorzugsweise Ebenen und flachhügelige Gegenden. Wo sie in Gebirgen auftritt, da zeigt sie fast immer gewisse Veränderungen, sowohl mechanische als chemische, als Spuren gewaltsamer Einwirkung benachbarter Gesteine der dritten Klasse. Die ursprünglich horizontalen Schichten sind dann aufgerichtet, mannigfach gebogen, zerbrochen und zertrümmert, die Gesteine sind gehärtet, anders gefärbt, ja sogar kristallinisch geworden, wodurch sie in die der zweiten Klasse übergehen.

Die Schichtgesteine, welche auch den Namen Flöz-Formationen, neptunische Ablagerungen, Sedimentgesteine haben, zeigen im Allgemeinen eine regelmäßige Reihenfolge der Übereinanderlagerungen, d. h., wenn man in einer Gegend eine gewisse Reihenfolge der ungleichen Gesteinsschichten beobachtet hat, so zeigt sich dieselbe Reihenfolge oft über einen sehr großen Landstrich, ja über Hunderte von Quadratmeilen hinweg ganz gleichmäßig, so daß man ans einer wieder erkannten Schichte auf die unter ihr folgende bedeckte schließen kann, was in technischer Beziehung sehr wichtig ist. Die neptunischen Bildungen sind auch vorzüglich geeignet, ans ihnen die wichtigsten geologischen Ausschlüsse zu entnehmen, insbesondere über die Menge und Aufeinanderfolge größerer Katastrophen seit Beginn des organischen Lebens, über die von der Gegenwart abweichende Verteilung von Land und Meer, über Zonen und klimatische Verhältnisse, und endlich über die Fauna und Flora der Vorzeit.

Wenn nun in einer solchen Schichtenreihe auch einzelne Glieder fehlen, so ist doch ihre Aufeinanderfolge stets dieselbe. Das gilt freilich nicht für die ganze Erdoberfläche, wiewohl auch für diese etwas Ähnliches der Fall ist. Man hat nämlich die übereinanderliegenden Schichten je nach ihrer Zusammensetzung und Zusammengehörigkeit zur besseren Übersicht in Formationen und Gruppen von Formationen eingeteilt, und es hat sich ergeben, daß in ihnen die Überreste verschiedener aufeinanderfolgender Schöpfungen von Meeres- und Landtieren enthalten sind und regelmäßig übereinanderliegen. Aus der Übereinstimmung dieser Versteinerungen kann man nun die Gleichzeitigkeit der Versteinerungen auch in jenen Fällen erkennen, in welchen bei beträchtlicher Entfernung das abgelagerte Material oder Gestein ein ganz verschiedenes ist. Ja man vermag sogar aus dem allgemeinen Charakter der Versteinerungen einer Schichte ohne spezielle Übereinstimmung der Arten (weil man die Entwicklungsreihe des organischen Lebens auf dem Erdkörper in gewissem Grade erkannt hat) auf das relative Alter einer Gesteinsablagerung zu schließen, wenn diese auch so isoliert auftritt, daß man weder eine Über- noch eine Unterlagerung derselben beobachten kann. Es ist somit auf diese Weise möglich geworden, in den entlegensten Weltteilen gleichzeitige oder ungefähr gleichzeitige Ablagerungen — Formationen und Gruppen — zu erkennen, und insofern hat sich allerdings ergeben, daß die Reihenfolge der großen Formationsabteilungen oder Gruppen der Schichtgesteine über den ganzen Erdkörper dieselbe ist, mögen auch die Gesteine in diesen gleichzeitigen Ablagerungen örtlich verschieden sein. Oft bleiben sie sich hingegen über ganze Weltteile fast gleich, wie z. B. die der Silur-Formation. In keinem Falle darf aber aus der bloßen Gesteinsübereinstimmung zweier sehr entlegener Ablagerungen auf deren Gleichzeitigkeit

geschlossen werden, wie man das fälschlich zuweilen getan hat. Wir dürfen uns nur die gegenwärtigen Vorgänge der Gesteinsablagerung zur Anschauung bringen, so ergibt sich sehr bald, daß das Meer hier Sand, dort tonigen Schlamm, anderwärts kalkige, muschelreiche Schichten ablagert oder den Aufbau von Korallenriffen und Inseln befördert, während gleichzeitig auf dem Lande aus ihren Ufern tretende Flüsse Schlamm, Sand oder Geschiebelager aufhäufen, in Sümpfen Torflager erwachsen, Infusorienpanzer oder Raseneisensteine abgelagert werden, oder während einige Quellen Kalksinter, andere Kieselsinter absetzen, die man allesamt als Alluvialgebilde zu bezeichnen pflegt. Und alle diese Ablagerungen aus Wasser nehmen einzelne Überreste des organischen Lebens der jetzigen Periode in sich auf, unter denen die Kunstprodukte des Menschen noch nach Jahrtausenden eine gewisse Gleichzeitigkeit, d. h. die Ablagerung nach Erschaffung des Menschengeschlechtes verraten werden.

2. Die kristallinen Schiefergesteine: Gneiß, Glimmerschiefer, Chloritschiefer und dergleichen, sind aus Quarz, Glimmer, Chlorit, Talk, Feldspat, Hornblende und ähnlichen Mineralien zusammengesetzt, aus Mineralien also, welche im Wasser fast ganz unauflöslich sind, und von denen man in keinem Falle annehmen kann, daß sie in so kristallinischem Verbände, wie sie sich in diesen Gesteinen finden, aus einer Lösung in Wasser niedergeschlagen seien.

Diese Schiefer zeigen zwar oft eine schichtförmige Anordnung und Absonderung, aber sie enthalten in der Regel keine organischen Reste und keine Konglomeratbildungen, welche beide in den mechanischen Ablagerungen aus Wasser so häufig vorkommen. Sie treten am häufigsten in Gebirgen, in der Nachbarschaft von Massengesteinen in großer Verbreitung ohne bestimmte Form derselben auf, und wo sie mit Schichtgesteinen in Berührung kommen, sind sie meist von allen denselben überlagert, dienen ihnen als Unterlage, so wie den Massengesteinen als Form und Hülle. Über die Entstehungsweise dieser Schiefergesteine sind die Geologen noch nicht recht einig. Mehrere halten sie für die Überreste einer ersten Erstarrungskruste des Erdkörpers, Andere, und zwar die Mehrzahl, für umgewandelte und dabei kristallisierte Schichtgesteine. Für einige derselben ist dagegen als sehr wahrscheinlich nachgewiesen worden, daß sie, wie die Gesteine der folgenden Gruppe, in einem durch Wärme weichen Zustande aus dem Erdinneren emporgepreßt wurden.

3. Die dritte Klasse von Gesteinen besteht aus kristallinen körnigen oder dichten Gemengen von Mineralien, in denen allen die Kieselerde eine wichtige Rolle spielt, weshalb man sie auch Wohl Silicate nennt, und die im Wasser nur äußerst schwierig oder gar nicht auflöslich sind. Die sie zusammensetzenden Mineralien sind namentlich: Feldspat, Quarz, Glimmer, Hornblende, Augit, Nephelin und Leucit. Die durch ihre Verbindung gebildeten Gesteine: Granit, Syenit, Porphyr, Grünstein, Trachyt, Basalt, Phonolith, Laven von mancherlei Art. Es ist gewiß höchst merkwürdig, daß diese kristallinen Verbindungen von 2, 3 oder 4 Mineralien sich in allen bekannten Teilen der Erde ganz auf dieselbe Weise zusammengesetzt wiederholen. Diese Gesteine treten vorzugsweise in gebirgigen oder bergigen Gegenden auf, enthalten keine Überreste organischer Körper (Versteinerungen) und sind nicht geschichtet, sondern unregelmäßig massig, plattenförmig, säulenförmig, knollig oder kugelig abgesondert. Man nennt sie kristallinische Massengesteine, abnorme Gesteine, Eruptivgesteine, Plutonische oder vulkanische Gesteine.

Was nun speziell die Felsmassen des Basalts betrifft, so sind dieselben meistens säulen- oder blockförmig, und häufig kommt diese Zusammensetzung ganz ausgezeichnet vor. Manche Basaltmassen sind ganz, andere größtenteils aus Säulen zusammengesetzt, deren Dicke von ein Paar Zoll bis zu einigen Schuhen schwankt, und die oft eine Länge von mehreren Klaftern erreichen. Ausgezeichnete Säulenbildungen kommen in Frankreich, zum Teil auch in Deutschland vor; hierher sind auch die Fingalsgrotte (Fig. 2) und der Riesendamm von Irland (Fig. 3) zu rechnen, obwohl diese häufig den eigentlichen Trappgesteinen zugezählt werden.

Die Basalte sind übrigens gewichtige Zeugen, daß in der Geschichte der Erde nie ein wahrer Stillstand stattgefunden habe, und daß die Weiterbildung der Erde nicht absatzweise, sondern ununterbrochen erfolgte.

Ähnliche Gesteinsmassen, bemerkt B. v. Cotta, sehen wir gegenwärtig nur den Vulkanen als Lava im heißflüssigen Zustande entströmen, und in der Tat deuten alle Umstände an, daß sie sämtlich (nur in sehr ungleichen Zeiträumen und unter mancherlei Modifikationen) auf ähnliche Weise entstanden, in heiß-flüssigem Zustande aus dem Erdinneren hervorgepresst sind. Besonders spricht dafür die Unmöglichkeit, sich dieselben anders als durch Wärme aufgelöst zu denken, da zu ihrer Auflösung in Wasser unermessliche Quantitäten desselben nötig sein würden, ferner ihr vorzugsweises Auftreten in Gebirgen, die eben durch ihr Empor-pressen aus der Tiefe veranlasst sein dürften, ihr augenscheinlich gewaltsames Eindringensein zwischen andere Gesteine und in Spalten derselben, wobei sie oft los-gerissene Fragmente umhüllt haben, die Störungen, welche sie in dem Ursprünglichen Zustande und der Lagerung ihrer Nachbarn bewirkten, der Mangel organischer Überreste in denselben und selbst die Art ihrer Zerklüftung, die ähnlich bei allen abkühlenden großen Massen erfolgt. Alle diese Umstände sprechen auf das entschiedenste für ihre vulkanische, eruptive Entstehungsweise.

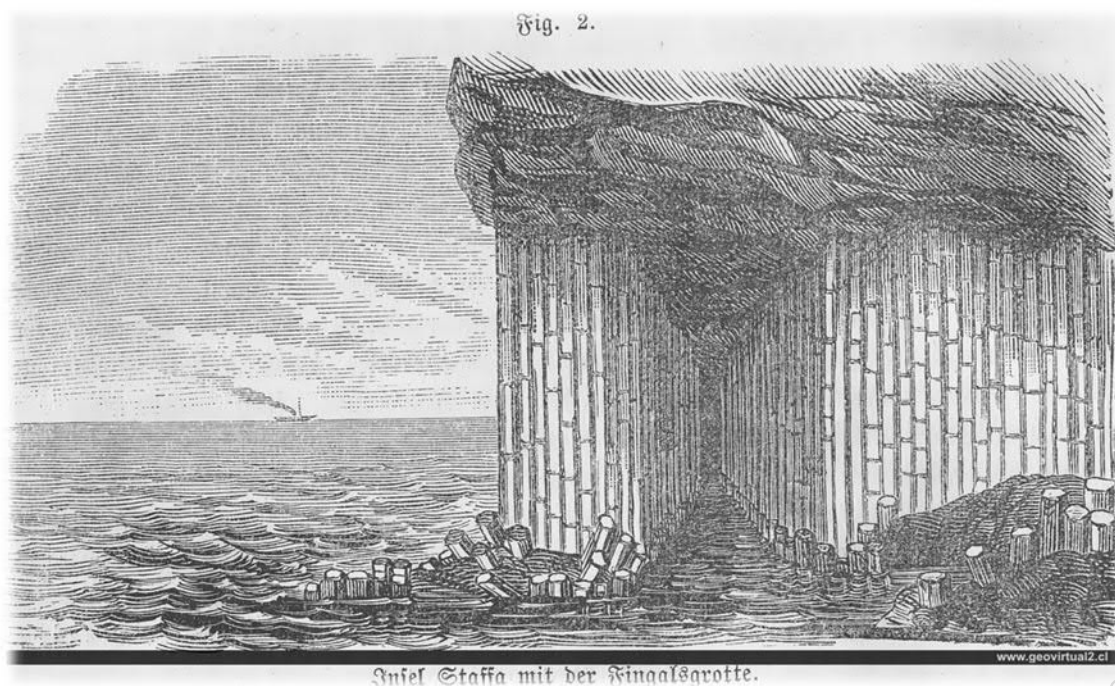


Fig. 2: Insel Staffa mit der Fingalsgrotte.

4. In allen den vorgenannten Gesteinsgruppen und vorzüglich in den Schiefergesteinen findet man oft mehr oder weniger enge Spalten mit verschiedenartigen Mineralien in ungleichmäßiger Anordnung ausgefüllt. Man nennt diese Spaltenausfüllungen vorzugsweise Gänge — Mineral- und Erzgänge, zum Unterschied von Gesteinsgängen. Die sie zusammensetzenden Mineralien sind sehr verschiedener Natur; besonders häufig treten darin auf: Quarz, Kalkspat, Braunspat, Eisenspat, Schwerspat, Flussspat, Eisenstein, Eisenkies, Kupferkies, Bleiglanz, Blende und allerlei andere Mineralien oder Erze.

Es ist keinem Zweifel mehr unterworfen, daß diese sehr verschiedenartigen Gänge auch auf verschiedene Art ausgefüllt sind, einige durch Auskristallisieren aus heißen, wässerigen Lösungen, andere durch Sublimation aus Dämpfen, noch andere durch Injektion heißflüssiger Massen oder auch durch Auskristallisieren aus erkalteten Spaltenwänden, und bei einigen Mineral- und Erzgängen dürften sogar mehrere dieser Ausfüllungsarten nacheinander gewirkt haben. Auf alle diese Weisen sehen wir, daß noch jetzt solche Spalten erfüllt werden, und man wird immer für jeden besonderen Fall erwägen müssen, welche Erklärung den Umständen entspricht. Diese vier Gruppen von Gesteinen überlagern und durchdringen nun einander, die feste Kruste der Erde zusammensetzend.

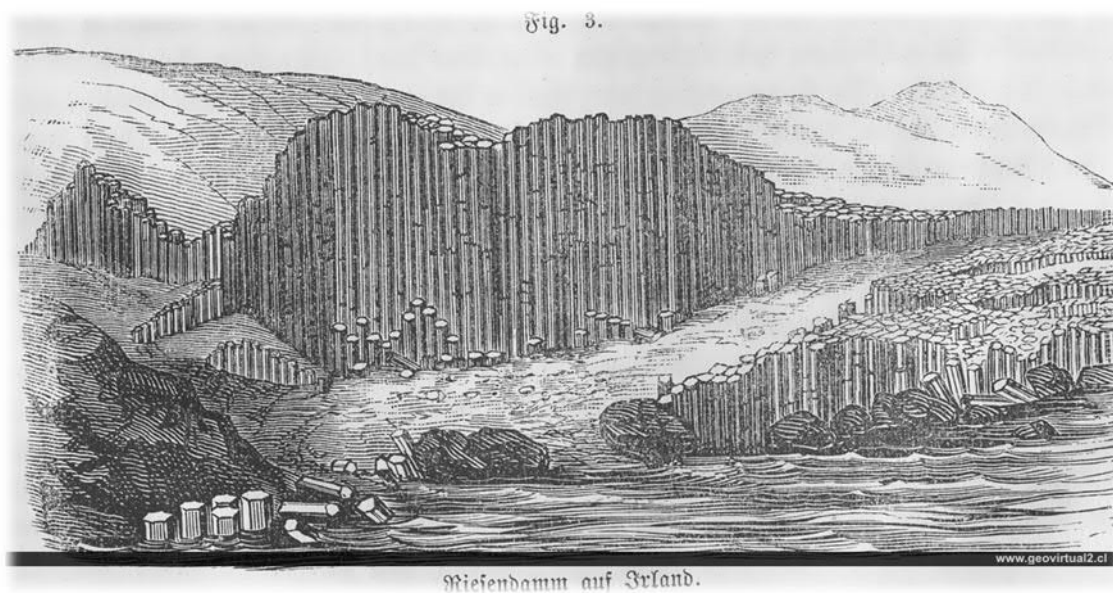


Fig. 3: Riesendamm auf Irland

Zur Vervollständigung folgt hier eine kurze Übersicht der wichtigsten Gesteine:

a) Kristallinische Massengesteine.

Hierher gehören: Granit — Syenit — Diorit, Diabas, Quarzporphyr oder Felsitporphyr — Porphyr — Melaphyr — Augitporphyr, Quarztrachyt — Trachyt — Phonolith — Andesit — Basalt — Laven — Obsidian — Bimsstein — Eruptiv-Breccien und Serpentinfels.

b) Zu den kristallinen Schiefergesteinen zählt man:

Gneiß — Granulit oder Weißstein — Glimmerschiefer — Kalkglimmerschiefer — Hornblendeschiefer — Chloritschiefer — Talkschiefer — Phyllit, auch Tonglimmerschiefer oder Urtonschiefer genannt — Quarzit — körnigen Kalk — Graphitschiefer.

c) Die Sedimentgesteine. Diese umfassen vier Reihen, und zwar:

1. die tonigen Gesteine,
2. die kalkigen Gesteine,
3. die sandstein- und Breccien-artigen Gesteine und
4. die fossilen Kohlen.

Die tonigen Gesteine. Hierher gehören: Ton, Lehm, Schieferton und Tonschiefer.

Die kalkigen Gesteine: Kalktuff, Kreide, gemeiner Kalkstein, Marmor, Oolith, Mergelkalk, Dolomit, Magnesit, Spateisenstein, Gips und Steinsalz.

Sandsteinartige und Breccien-Gesteine: Sand, Schotter, Sandstein und Konglomerate. — Die Breccien bestehen aus eckigen Gesteinsfragmenten. — Die Tuffe sind das Produkt untermeerischer, vulkanischer Ausbrüche.

Torf und Kohlen.

Hierher gehören: Torf, Lignit, Braunkohlen, Schwarzkohlen, Anthrazit oder bitumenfreie Kohle.

### III. Die Architektur der festen Erdrinde.

Wir haben gesehen, daß es zwei Arten der Gesteinsbildung gibt, nämlich die Bildung auf feurigem Wege und die Bildung auf wässrigem Wege, und es bleibt uns jetzt nur noch die Aufgabe zu lösen, wie dieselben miteinander zu einem großen Ganzen verknüpft sind. Die Geologen unterscheiden einen normalen Gesteinsverband oder Auflagerung und einen abnormen Gesteinsverband oder durchgreifende Lagerung. Die Auflagerung kommt hauptsächlich bei Sedimentgesteinen vor, indem ein Gebirgsglied oder eine Gesteinsschichte ihre Stelle unmittelbar über einer anderen einnimmt.

Eine größere Anzahl von Schichten nennt man ein Schichten-System, und die Dicke jeder einzelnen Schichte oder auch eines ganzen Systems nennt man Mächtigkeit. Diejenigen Schichten, welche von einer anderen durch eine ab- - weichende mineralische Beschaffenheit sich auszeichnen, bezeichnet man als Lager oder Flöze, z. B. Kalksteinlager im Gneiß, Kohlenflöze im Kohlensandstein. Jene Schichte, welche über einer anderen, z. B. über einem solchen Flöze, liegt, nennt man nach der Bergmannssprache das Hangende und die darunterliegende Schichte das Liegende des Flözes; ebenso heißen alle darüberliegenden Schichten Hangend-Schichten, alle darunterliegenden Schichten Liegend-Schichten. Wird eine Schichte nach einer Richtung hin fortwährend dünner, bis sie endlich, wo Liegendes und Hangendes Zusammentreffen, ganz aufhört, so sagt man: die Schichte keilt sich aus. Brechen-Schichten plötzlich ab, so heißen die freiliegenden Enden derselben die Schichtenköpfe oder das Ausgehende.

Es ist die notwendige Folgerung der Absatzbildung, daß die ursprüngliche Lage aller sedimentären Schichten nahezu eine horizontale gewesen sein muß; wo dies nicht mehr der Fall ist, sondern die Schichten mehr oder weniger steil aufgerichtet erscheinen, ist dies die Folge späterer Störungen oder Dislokationen. Man bezeichnet Schichten mit gestörter Lagerung als dislozierte Schichten, im Gegensatz zu den nicht dislozierten Schichten mit ungestörter horizontaler Lagerung.

Die Richtung, nach welcher sich die gleichen Schichten fortsetzen, oder ihre Ausdehnung nach der Fläche und irgend einer Himmelsgegend, nennt man ihr Streichen. Die Streichungslinie, d. h. eine nach der Flächenausdehnung der Schichten gezogene horizontale Linie, schneidet sich mit dem Meridian meist unter irgend einem Winkel, dessen Größe nach den Stunden des bergmännischen Kompasses oder auch nach Graden angegeben wird, und wodurch das Streichen der Schichten (oder auch eines Lagers) genau bestimmt werden kann. Unter Fallen (auch Einfallen oder Verflächen) einer Schichte versteht man deren Neigung gegen die horizontale Ebene oder den Winkel, den eine in der Schichtungsstärke auf der Streichungslinie senkrecht stehende Linie mit der horizontalen Ebene macht. Dieser Winkel wird mittelst des Klinometers, welches an der inneren Fläche des Kompasses angebracht ist, gemessen.

Sind die Schichten aus ihrer ursprünglich horizontalen Lagerung noch über die senkrechte Stellung nach der entgegengesetzten Richtung aufgerichtet, so daß das ursprünglich Liegende zum scheinbar Hangenden wird, so sagt man: die Schichten sind übergekippt.

Die Beobachtung der gegenseitigen Lage der Schichten führt zu dem Unterschied von konkordanter und diskordanter Lagerung. Die Schichten lagern konkordant oder übereinstimmend, wenn sie parallel übereinander liegen, gleichgiltig, ob horizontal, geneigt oder gebogen (konzentrisch). Gebogene Schichten sind entweder sattelförmig (antiklinal) und kuppelförmig (periklinal) gelagert oder muldenförmig (synklinal) oder deckenförmig (zentroklinale) (Fig. 4).

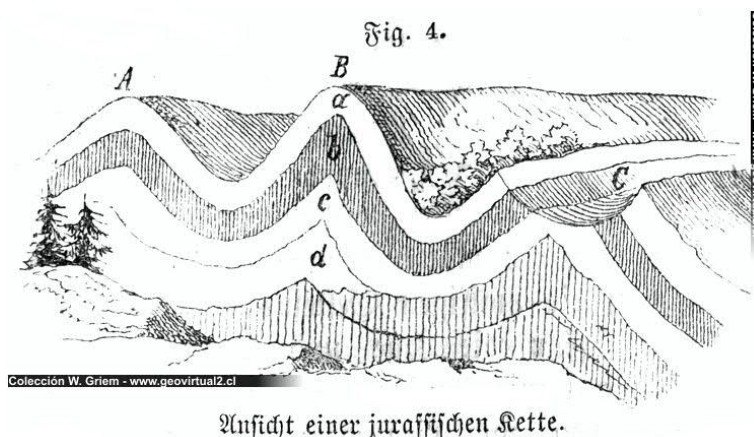


Fig. 4: Ansicht einer jurassischen Kette

Häufig erscheinen Sättel und Mulden in einem und demselben Schichtensysteme so aneinander gereiht, daß daraus eine wellenförmige Anordnung hervorgeht; und in diesen Biegungen und Faltungen sind die vorzüglichsten und gewaltigsten Motive zur Gebirgsbildung zu suchen. In Folge von Denudation oder Abtragung der Oberfläche gefalteter Schichtensysteme entstehen sogenannte Luft- s a t t e l, von deren wichtiger Deutung sehr häufig das ganze Verständnis einer Schichtenreihe abhängt. Liegen zwei Schichtensysteme nicht parallel übereinander, so liegen sie in diskordanter (nicht übereinstimmender) Lagerung. Die jüngeren Schichten bedecken dann in

beliebiger Lage mit anderer Fall- und Streichungsrichtung die älteren, oder lehnen sich mit ihrem Ausgehenden einer älteren Schichtenreihe an. Die größtmögliche Diskordanz (Nichtübereinstimmung) findet dann statt, wenn die Schichten des einen Gebirgsgliedes rechtwinkelig auf denen des anderen auflagern.

Häufig findet man, zumal beim Bergbau, wo man einzelnen Flözen nachgeht, daß der Zusammenhang des Schichtenkomplexes, in welchem das Flöz lagert, durch einen Sprung oder eine Spalte unterbrochen ist. Mit solchen Spalten oder Sprüngen, deren Einfallen mit dem Einfallen oder Verfluchen der Schichten übereinstimmend sein kann oder nicht, ist gewöhnlich eine Niveauverschiebung der getrennten Teile verbunden, die man in der Bergmannssprache eine Verwerfung nennt. Dabei ist in der Regel der eine Gebirgsteil oder Flügel, und zwar der Hangendflügel, d. h. der Teil, welcher über der Verwerfungsspalte liegt, gegenüber dem Liegendflügel gesunken (normale Verwerfung), seltener gehoben (Überschiebung). In vielen Fällen sind die Spaltenwände in Folge der gegenseitigen Reibung, die mit der rutschenden Bewegung bei der Niveauverschiebung der verworfenen Gebirgsteile verbunden war, gestreift und poliert (Schliffflächen oder Spiegel), die hervorragenden Gesteinsstücke zermalmt, die Schichtenenden selbst gebogen und gestaucht. Die Größe der gegenseitigen Verschiebung kann sehr verschieden sein, sie wird durch die senkrechte Distanz der verworfenen Schichten gemessen (Sprunghöhe). Was beim Bergbau im Kleinen vorkommt, findet sich in den Gebirgen im großartigsten Maßstabe. Ganze Gebirgsketten sind durch Dislokationsspalten unterbrochen und häufig dadurch bemerkbar, daß auf ihnen warme Quellen zum Vorschein kommen.

Das Verhältnis der Auflagerung kommt auch bei kristallinen Massengesteinen vor, als deckenförmige und stromförmige Lagerung. Decken sind nach Prof. Hochstetter mehr oder weniger mächtige und ausgedehnte Ablagerungen massiger, ursprünglich feuerflüssiger Gesteine, welche sich bei der Eruption an der Oberfläche ausgebreitet und sogenannte Effusionsschichten gebildet haben. Ströme sind aufgelagerte Gesteinsmassen, welche nach einer Richtung eine vorwaltende Ausdehnung zeigen, wie z. B. Lavaströme, Gletscherströme.

Durchgreifende Lagerung (abnormer Gesteinsverband) kommt bei Plutonischen oder vulkanischen Gesteinen vor. Man versteht darunter jenes Lagerungsverhältnis, bei welchem eine Gesteinsmasse nicht über anderen, sondern neben oder zwischen anderen lagert, also gangförmig, kuppenförmig oder stockförmig auftritt. Gänge sind Ausfüllungen von Spalten, welche ein festes Gestein durchsetzen. Sie stellen sich als mehr oder weniger plattenförmige parallele Massen dar, welche sowohl die geschichteten, als auch die massigen Gesteine unter den verschiedensten Winkeln durchschneiden können. Für die Lage und Ausdehnung der Gänge bedient man sich derselben Bezeichnungen wie für die Schichten. Man spricht von Streichen, Fallen, Mächtigkeit, Hangendem und Liegendem der Gänge. Die Berührungszone einer Gangmasse mit dem Nebengestein nennt der Bergmann „Saalband“. Wo Gänge geschichtete Gesteine durchsetzen, beobachtet man sehr häufig Verwerfungen.

Nach dem Material, welches die Gänge ausfüllt, unterscheidet man Gesteinsgänge und Erzgänge oder Erzadern. Die Ausfüllungsmasse der Erzgänge besteht teils aus metallischen Mineralien, den Erzen, teils aus nichtmetallischen Mineralien, den Gangarten (Quarz, Kalkspat, Bitterspat, Braunspat, Jaspis, Hornstein und Tone verschiedener Art). Viele Erzgänge zeigen eine lagenförmige oder bandartige Zusammensetzung. Die Erze sind nämlich in einem oder mehreren dem Saalband parallelen Bändern, welche mit den Gangarten alternieren, ungeordnet. Dabei treten diese Bänder symmetrisch von beiden Saalbändern nach der Mitte des Ganges zu in derselben Reihenfolge auf. In der Mitte der Gänge verlaufen häufig Drusenräume, die mit Kristallen verschiedener Mineralien bekleidet sind.



Kuppen förmige Lagerung kommt nur bei Eruptivgesteinen vor, deren Masse über der Ausbruchsöffnung eine kegelförmige, dom- oder glockenförmige Anhäufung bildet. Stöcke sind Massen von bedeutenden Dimensionen, welche mit durchgreifender Lagerung das Nebengestein durchsetzen; sie können sowohl innerhalb geschichteter als auch innerhalb massiger Gebirgsglieder auftreten und sind entweder von linsenförmiger oder von keilförmiger, elliptischer, oder von ganz unregelmäßiger Gestalt. Die von den Stöcken in das Nebengestein sich verzweigenden Adern oder Gänge nennt man Apophysen. Granit, Syenit, Porphyry etc. kommen in Form von Stöcken vor.

#### IV. Die Veränderungen der Erdrinde und ihrer Bestandmassen.

Es wurde bereits an einer anderen Stelle gesagt, daß jene chemischen und mechanischen Kräfte, welche in der scheinbar so stabilen und unveränderlichen Erdrinde einen fortwährenden Wechsel, sowohl in Beziehung auf die Bestandteile und Struktur der Gebirgsarten, ihre Bildung, Umwandlung und Zerstörung, wie auch aus die ganzen Formen ihrer Oberfläche, auf den Unterschied zwischen Berg und Tal, zwischen Höhe und Tiefe hervorgerufen haben, auch noch heute fortwirken; kein Naturforscher, will er auf der Höhe der heutigen Wissenschaft stehen, wird bei Beurteilung der vergangenen Veränderungen der Erdoberfläche andere Kräfte annehmen, als jene, die noch heute fortwirken, und die wir ja, wenn wir nur die Augen offen halten, täglich zu beobachten Gelegenheit haben. Der Wahn von gewaltsamen Umwälzungen, Kataklysmen und Katastrophen im großen Maßstabe, durch die man eine Ablagerungsperiode von der anderen trennen zu dürfen vermeinte, ist gebrochen. Der bekannte Geologe Leonhardt (+ 1862) [Karl Cäsar von Leonard, 1779 – 1862, deutscher Geologe] behauptete noch, daß die Annahme, alle geologischen Phänomene wären durch Ursachen hervorgebracht worden, wie solche heutigen Tages noch wirksam sind, und diese Ursachen hätten in keiner Zeit größere Vollkraft gezeigt, als seit der gegenwärtigen Ordnung der Dinge, eine höchst willkürliche sei. Die Natur, behauptet Leonhardt ferner, wirkt jetzt nicht mehr wie vordem; denn die Umstände sind nicht mehr die nämlichen. Wir sehen die große Reihe neptunischer Ablagerungen in eine gewisse Zahl von Gruppen geschieden. Daran knüpft sich der Gedanke einer Reihe plötzlicher heftiger Katastrophen, deren jede fähig war, auf weite Strecken hin die Gestalt der Meere, den Lauf strömender Wasser zu ändern; Katastrophen, welche in jeder Gegend durch Perioden relativer Ruhe voneinander geschieden sind.

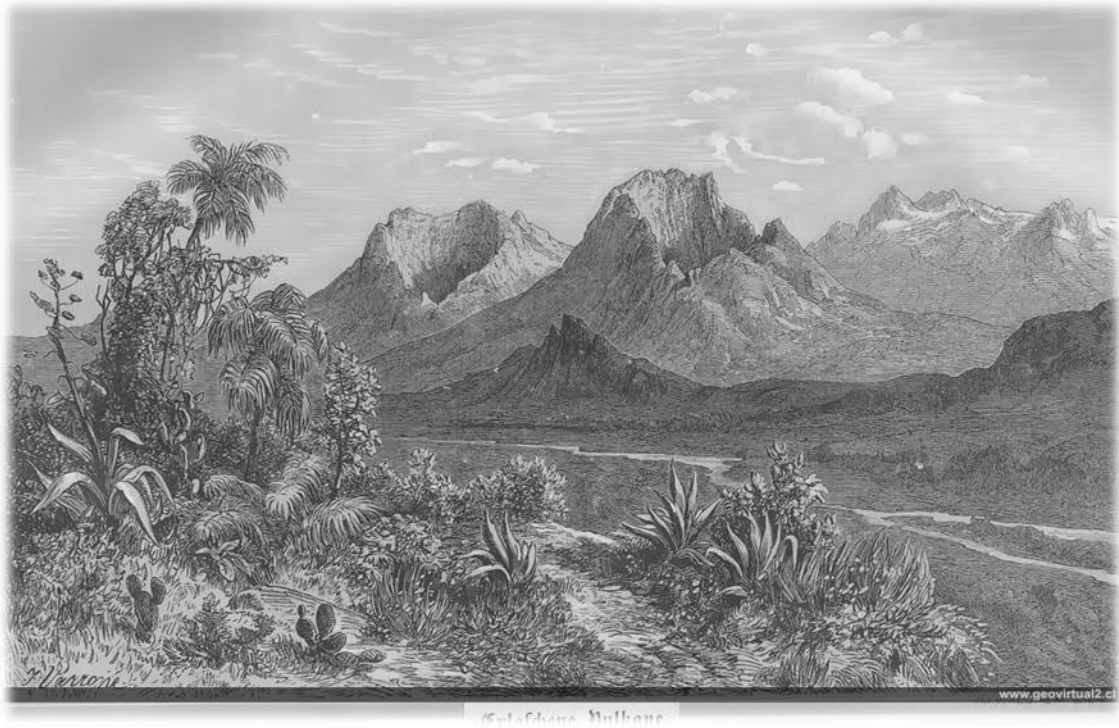
Allgemein hat gegenwärtig die Annahme platzgegriffen, daß es nur unermeßlich lange Zeiträume, deren Berechnung für uns Menschenkinder geradezu eine Unmöglichkeit ist, nicht aber plötzliche und gewaltsame Katastrophen sind, denen die Oberfläche der Erde ihre gegenwärtige Gestaltung verdankt, und daß die noch jetzt allorts wirkenden Kräfte, wenn sich das Ergebnis ihrer Tätigkeit im Laufe ungezählter Jahrtausende summiert, alle jene

Erscheinungen hervorzubringen vermochten, zu deren Erklärung man früher eine gewaltige Potenzierung dieser Kräfte annehmen zu müssen glaubte.

Was gibt es für Agentien in der Natur, welche das Festland in Meeresgrund zu verwandeln vermögen; was gibt es für Kräfte, welche den Meeresgrund über den Spiegel des Wassers erheben können, oder welche den Umsturz und die Aufrichtung weit ausgedehnter, waagrecht liegender Landstrecken bewirken; aus den Wirkungen welcher Bedingungen können Gesteine erzeugt werden, welche den älter gebildeten gleich sind, und welcher Art sind die Ursachen, Welche bewirken können, bestehende organische Schöpfungen zu vertilgen und andere an ihre Stelle zu setzen?

Die Lösung dieser für die Kenntnis der Bildungsgeschichte unserer Erdoberfläche so wichtigen Fragen ist in der Geologie zu finden, und es wird uns genügen, hier nur ganz im Allgemeinen zu zeigen, welcher Mittel man sich bedient hat, um bei so schwierigen und verwickelten Forschungen zu einigen befriedigenden Resultaten zu gelangen.

Unter den Potenzen, welche bei dem gegenwärtigen Zustande der Erdoberfläche die auffallendsten Veränderungen des früheren Zustandes derselben zu erzeugen vermögen, und welche wir daher vorzugsweise als Triebfedern der großen Ereignisse in der Vorzeit der Geschichte unserer Erdrinde ansehen mögen, gibt es zwei, welche vor allen durch die Allgemeinheit und das tiefe Eingreifen ihrer Wirkungen in alle Teile der Erdrinde sich auszeichnen: das Wasser der Atmosphäre, des Festlandes und des Meeres und das Feuer der Vulkane, ausbrechend in der Atmosphäre oder auf dem Boden des Meeres. Beide Agentien sind ganz allgemeiner Natur. Wasser durchdringt alle Teile der Erdrinde und kann mit seinen Wirkungen überall dahin gelangen, wohin unsere Beobachtungen über stattgefundene Veränderungen reichen; der vulkanische Prozess ist aber nicht minder ein allgemein verbreiteter, nicht minder entschieden tätig unter allen Teilen der Erdrinde, welche wir erforschen können, wenn man gleich erst durch die Forschungen der neuesten Zeit zu dieser Ansicht berechtigt worden ist, welche die Vulkane aus dem Gebiete lokal beschränkter Erscheinungen sehr neuer Entstehung in das der allgemein wirksamen, welche schon in den ältesten Perioden der Bildungsgeschichte unserer Erde auftreten, hinübergeführt hat. Betrachten wir vom übersichtlichen Standpunkt aus die Wirkungen, welche beide Potenzen gegenwärtig noch auszuüben vermögen, und vergleichen wir sie mit denen, welche wir ihnen aus der Vergangenheit zuschreiben müssen.



Erloschene Vulkane

## 1. Der Vulkanismus der Erde.

Alex. v. Humboldt bezeichnet den Vulkanismus als den Inbegriff aller Reaktionen des Inneren gegen seine Rinde und Oberfläche. Diese Reaktion äußert sich in einem Erbeben und Erzittern der Erdoberfläche, die von unten erschüttert wird, die sich hebt oder senkt, bald ruckweise und plötzlich, bald ununterbrochen und kaum bemerkbar im Laufe von Jahrhunderten; sie äußert sich in Unheil verkündenden Schallphänomenen, in dumpfem unterirdischen Getöse, Rollen und Donnern, und sie äußert sich in verheerenden Eruptionerscheinungen, in dem Hervorbrechen von gasförmigen oder tropfbaren Flüssigkeiten, von heißem Wasserdampf, von heißem Schlamm und glühender feurigflüssiger Gesteinsmasse. Wenn man täglich Nachricht von dem Zustande der ganzen Erdoberfläche haben könnte, so würde man sich wahrscheinlich überzeugen, daß die Erdoberfläche ununterbrochen solchen Reaktionen des Erdinneren unterworfen ist.

### Vulkane.

Unter Vulkanen versteht man Berge, an welchen Eruptionerscheinungen wahrgenommen werden. Die Öffnung am Gipfel oder an der Seite der Vulkane, durch welche die Communication des vulkanischen Herdes mit dem Luftkreise stattfindet, heißt der Krater, und die festen oder feurigflüssigen Gesteinsmassen, welche ausgeworfen werden und aus dem Krater fließen, nennt man Lava. Der Berg ist jedoch, soweit es sich nicht um das Studium der Gesteinsmassen als solcher handelt, Nebensache, und vor Allem muß man sich erinnern, daß ein Berg oder ein

Gebirge sich nicht über das Niveau der See zu erheben braucht, daß wir auch ebenso gut von unterseeischen Bergen, Vulkanen oder vulkanischen Gebirgen reden können. Nehmen wir auf den Begriff des Berges keine Rücksicht, so umfasst die obige erweiterte Definition also nicht nur die Vulkane im engeren Sinne, sondern auch alle diejenigen Krater oder vulkanischen Kanäle, welche nur gasförmige oder wässrige Flüssigkeiten von relativ hoher Temperatur nach oben führen, also auch die Solfataren, die Gas- und Schlammvulkane und namentlich auch alle warmen Quellen, deren Zusammenhang mit den Vulkanen nicht außer Acht zu lassen ist.

Die Zahl der eigentlichen Vulkane zu ermitteln, ist sehr schwierig, weil wir die tätigen von den erloschenen Vulkanen und die letzteren wiederum von den älteren Eruptivmassen nur unsicher abgrenzen können. Man nennt einen Vulkan tätig, wenn seit historischen Zeiten eine oder mehrere Eruptionen von demselben bekannt sind, erloschen, wenn dies nicht der Fall ist. Aber man weiß, daß der Zeitraum, welchen wir historische Zeiten nennen, für unser menschliches Leben und Wirken zwar ziemlich viel, für die geologischen Veränderungen an der Erdoberfläche sehr wenig bedeutet, und daß eine solche lange Zeit der Ruhe bei einem Vulkan durchaus noch keine Garantie für alle Zukunft einschließt. So müßten wir nach solchen historischen Bestimmungen den Vesuv zu den ausgebrannten, erloschenen Vulkanen rechnen, denn vor der schrecklichen Eruption im Jahre 79, wodurch Pompeji und Herculaneum verwüstet wurden, war dieser Berg nicht als Vulkan bekannt. Wir lesen wohl, daß auf seinen Höhen Gefechte stattfanden — Spartacus gebrauchte den Krater als Festung und hatte sich mit 10,000 Mann darin verschanzt, die dort Fruchtbäume und Weinreben, aber keinerlei vulkanische Erscheinungen antrafen. Kein Schriftsteller der Alten, bemerkt Prof. Vogelfang, erwähnt einer vulkanischen Tätigkeit des Vesuvs, nur Vitruv spricht bei Beschreibung des Baumaterials aus jener Gegend von einem alten Gerüchte, daß der Vesuv einst Flammen ausgestoßen habe. Bemerkenswert ist aber, daß nicht lange vor Vitruv durch Diodorus Siculus aus echt naturwissenschaftlichen Beobachtungen, auf Grund eines Vergleiches zwischen der Form und den Gesteinen des Ätna und Vesuvs die Folgerung ausgesprochen wurde, daß auch der letztere Berg vulkanischen Ursprungs sei.

Die vulkanische Tätigkeit am heutigen Vesuv hat übrigens schon begonnen, als das Land noch vom Meer bedeckt war, und auf einem alten, vorhistorischen Lavastrome ist ein Teil des verschütteten Pompeji erbaut. Später hat der Vesuv noch mehrmals lange Perioden der Ruhe gehabt, während welcher er wiederum das Aussehen eines erloschenen Vulkanes annahm. So von 1139 — 1306, von 1306 bis 1500 und von 1500—1631. Seit dem Ende des 17. Jahrhunderts ist der Berg jedoch nicht mehr recht zur Ruhe gekommen. Auch von anderen Vulkanen sind uns Beispiele sehr vereinzelter Tätigkeit bekannt.

Alex. v. Humboldt hat alle Vulkane gezählt, welche in vorhistorischer Zeit Ausbrüche gehabt haben. Er fand, daß es 407 tätige Vulkane gebe, darunter 225, welche in diesem Jahrhundert Ausbrüche hatten; der kleinste darunter, der Vulkan der japanischen Insel Kosima, 227m hoch, der höchste der Vulkane, Sahama in Bolivien, mit 6800m Höhe. Die von Humboldt aufgezählten Vulkane verteilen sich in folgender Weise (in Klammern die Zahl der noch in diesem Jahrhundert tätigen Vulkane) auf die Kontinente und Meere:

|                                     |                                          |
|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Europa:                          | 7 (4), Vesuv, Ätna, Stromboli, Santorin. |
| 2. Inseln des atlantischen Ozeans:  | 14(8)                                    |
| 3. Afrika:                          | 3 (1)                                    |
| 4. Asien:                           |                                          |
| a) westlicher Teil und das Innere:  | 11(6)                                    |
| b) Halbinsel Kamtschatka:           | 14 (9)                                   |
| 5. Ostasiatische Inseln:            | 69 (54)                                  |
| 6. Südasiatistische Inseln:         | 120 (56)                                 |
| 7. Indischer Ozean:                 | 9 (5)                                    |
| 8. Südsee:                          | 40 (26)                                  |
| 9. Amerika                          |                                          |
| A) Südamerika                       |                                          |
| a) Chile:                           | 24 (13)                                  |
| b) Peru und Bolivien:               | 14 (3)                                   |
| c) Quito und Neu-Granada:           | 18 (10)                                  |
| B) Zentralamerika:                  | 29 (18)                                  |
| C) Mexiko südlich von Rio Gila:     | 6 (4)                                    |
| D) Nordwestamerika nördl. von Gila: | 24 (5)                                   |
| Antillen:                           | 5 (3)                                    |
| Total:                              | 407 (225)                                |

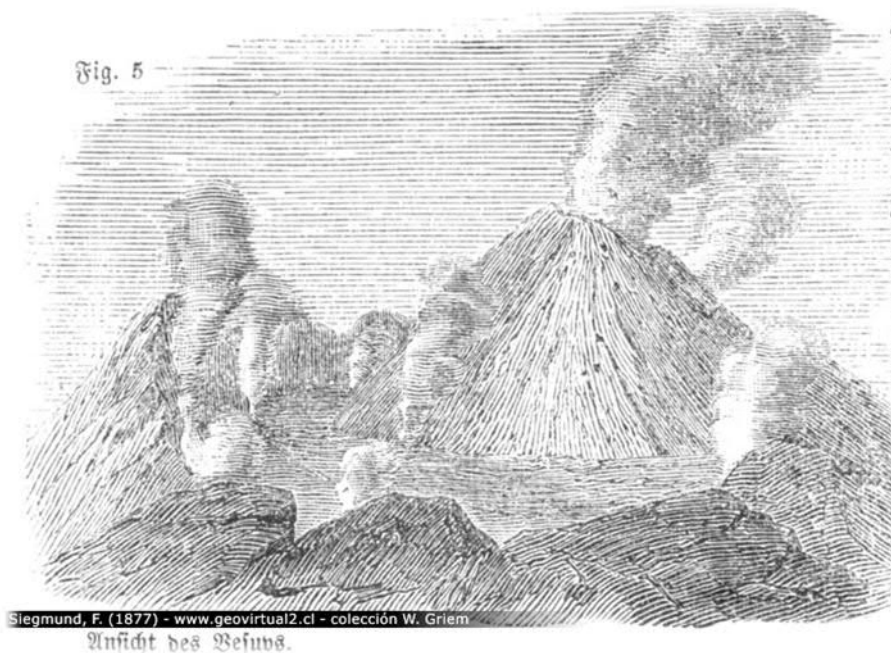


Fig. 5: Ansicht des Vesuvs



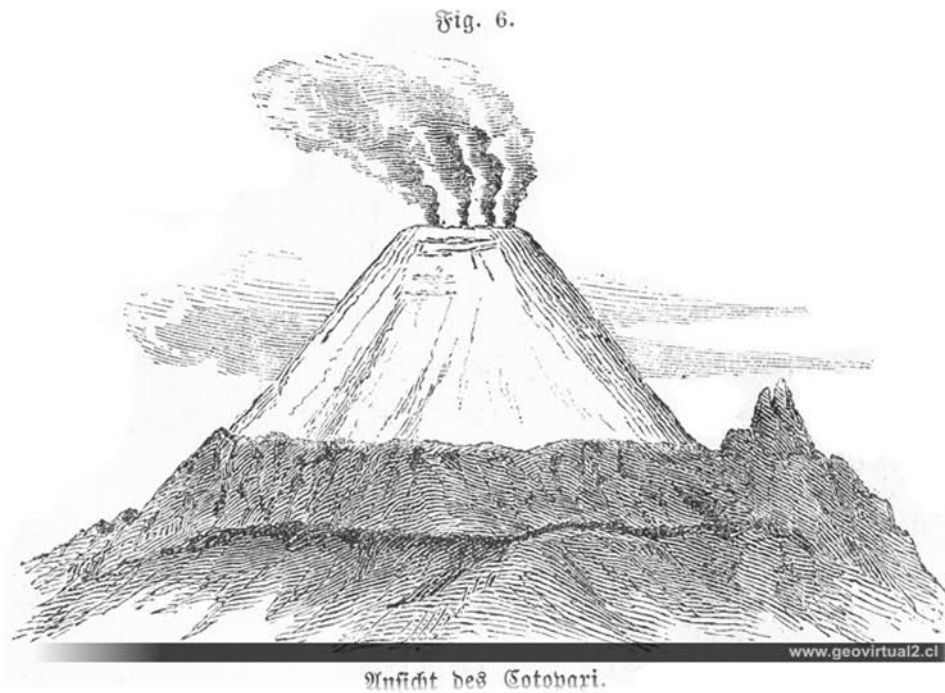


Fig. 6. Ansicht des Cotopaxi

Charakteristisch für die meisten Vulkane ist die Kegelform und die Kegeltextrur. Aus Lagen und Strömen mit wechselnder Neigung, radial vom Krater aufgebaut, erhebt sich der Berg zumeist unfern des Meeres, entweder isoliert auf einer Ebene oder auf älterem, alt-vulkanischem, metamorphischem oder Sedimentärgebirge. Man muss demnach unterscheiden: einfache oder zusammengesetzte vulkanische Kegelberge, vulkanische Gebirge und Gebirge mit Vulkanen; spricht man von der Höhe eines Vulkanes, so ist die Kegelhöhe, vom Kraterrande bis zur Basis des eigentlichen Kegels, zu unterscheiden von der absoluten Höhe, d. i. der Höhe des Kraterrandes über dem Meeresspiegel; die letztere wird bei den untermeerischen Vulkanen natürlich negativ.

Der Vesuv ist ein gutes Beispiel eines einfachen Kegelvulkanes, denn der Berg ist seiner Hauptmasse nach aus einem einzigen Krater aufgeworfen (Fig. 7). Wir sehen da in 1 die aufgeschütteten Bimssteine, den vulkanischen Tuff der Oberfläche, auf welchem die Umgebung von Neapel sich angebaut hat; 2 dagegen ist das Gestein, welches die ursprüngliche Plutonische Gewalt erhoben hat, hauptsächlich Leucitporphyr; bei a tritt dieser in großen Strecken zu Tage, und diese Erhöhung, unter dem Namen der Somma den Italienern allgemein bekannt, ist der eigentliche alte Vulkan. In dem tiefschwarz schattierten Teile der Zeichnung sehen wir nun erstens unten bei 3 die Ausfüllung des alten Kraters mit Laven und allerlei vulkanischen Gesteinen; dann bemerken wir, daß die Anschüttungen sich bedeutend gehoben und den alten Erhebungskrater nicht nur ganz ausgefüllt, sondern bis auf die eine Seite (die Somma) sogar überdeckt haben; nach der Seite von Camalduoli (f) und Torre del Annunciata (g) hin besteht die ganze bebaute und unbebaute Fläche des Berges aus den Substanzen, welche der Vesuv emporwarf, und welche nun, verwittert, einen trefflichen nahrungsreichen Boden bilden.

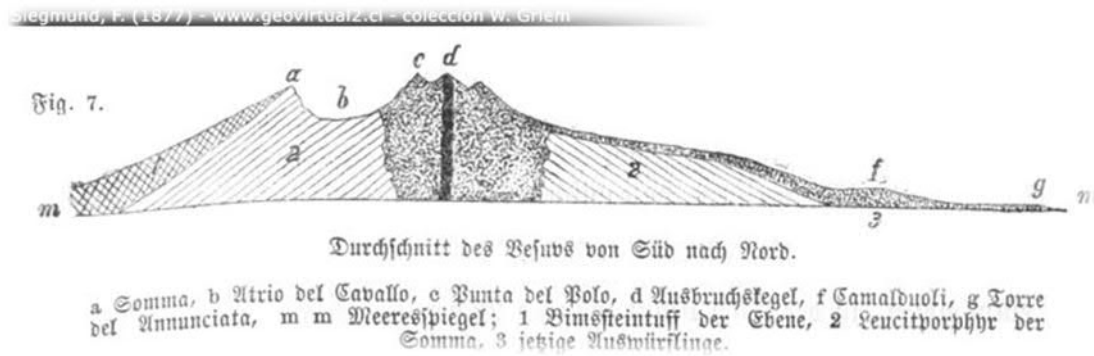


Fig. 7: Durchschnitt des Vesuvs von Süd nach Nord

Die Vulkane sind zusammengesetzt aus zentral geneigten Lagen von all' dem mineralischen Eruptionsmaterial, welches der Krater seit seinem Bestehen hat nach außen treten lassen. Der größere Teil desselben besteht in der Regel aus losen Auswurfsmassen, deren allgemeine Unterschiede nach Größe und Form man sehr deutlich durch die deutschen Bezeichnungen Staub, Sand, Grus oder Schlacken ausdrücken kann. Werden diese losen Auswurfsmassen, es sei ursprünglich bei der Eruption oder später durch die atmosphärischen Gewässer zusammengespült und zu einer ton- oder konglomeratartigen Masse verbunden, so nennt man sie vulkanischen Tuff. Lava hingegen heißt, wie wir bereits bemerkten, dasjenige vulkanische Material, welches in größeren schmelzflüssigen Massen aus dem Vulkan hervorströmt und durch Erkalten zu einer festen Gesteinsmasse wird. Nach der chemisch-mineralogischen Beschaffenheit muß man diese Eruptionsmassen in verschiedene Gesteinsgruppen bringen, sie sind namentlich den Trachyten, den Basalten oder den Leucitgesteinen unterzuordnen; der Entwicklungszustand der Bestandteile ist aber in den losen, wie in den festen Eruptionsmassen ganz derselbe; sie bestehen aus mehr oder weniger Glas oder halb entglaster Grundmasse mit größeren Krystallen, die vorzüglich der Feldspat- und Augitgruppe angehören, und enthalten meist noch unzählige mikroskopisch kleine Kryställchen, die mit Sicherheit nicht näher zu definieren sind. Man kann den vulkanischen Sand eine zu Pulver explodierte Lava, und die Lava einen zusammengeschmolzenen vulkanischen Sand nennen. Der vulkanische Staub und Sand breitet sich bei den Eruptionen über dem Vulkan zu der mächtigen dunklen Wolke aus, auf welche seit Plinius so gern der Vergleich mit einer Pinie angewandt wird; der feine Staub wird durch die Bewegung in den oberen Luftschichten oft in sehr große Entfernung getragen. Diese losen Auswurfsmassen erhöhen also nicht allein den Kegelberg, sondern auch das Land in weitem Umkreise.

Viele Vulkane und vor allen diejenigen des ostindischen Archipels sind fast ausschließlich Sand- oder Tuffvulkane; die Vulkane Italiens werfen zumeist bei einer und derselben Eruption Tuff und Lava aus, der Ätna und die isländischen Feuerberge haben verhältnismäßig viel Lava ergossen.

Erloschene Vulkankegel oder Vulkane, deren Tätigkeit durch lange Perioden der Ruhe unterbrochen ist, werden durch teilweise Zerstörung des ursprünglich gebildeten Kegels in Folge des zerstörenden Einflusses der Atmosphärien und des Regens (Denudation und Erosion) oder des Meeres, durch Einbrüche und Einsenkungen des Kraters u. s. w. zu Ruinen, deren Formen im Allgemeinen zwei wesentlich verschiedene Typen zeigen. Bei geschloffenen und vollständig erloschenen Vulkankegeln wird die ursprüngliche Kegelform in Folge der Denudation zur Dom- und Glockenform abgerundet: Domvulkane. Während so die Domvulkane vulkanische Berge ohne Krater sind, gibt es andererseits auch Krater ohne vulkanische Berge. In den meisten

vulkanischen Gebieten findet man alte erloschene Krater, welche mit Wasser erfüllt sind und also kleine, meist kreisrunde Seen darstellen. Die Volkssprache hat für diese Vorkommnisse die Benennung von dem Wasser entnommen, in der Eifel nennt man sie Maare, in der Auvergne Kraterseen oder Kesselkrater; in Italien, auf Java u.v.m. kennt man viele solche Kraterseen. Die Erklärung solcher Kesselkrater, welche von niederen, aus vulkanischen Gesteinen zusammengesetzten Ringgebirgen umschlossen sind, gibt die Beobachtung an die Hand, daß Vulkankegel mit Gipfelkrater, deren Tätigkeit unterbrochen wird, häufig in sich selbst Zusammenstürzen, wie das bei einigen Vulkanen auf Java vorgekommen ist. Durch solche Einstürze wird der Kegel bedeutend erniedrigt. Es bleibt nur der Fuß desselben stehen, und dieser bildet nun einen ringförmigen Wall, der den großen, durch Einsturz erweiterten Krater umfaßt. Werden solche Ringgebirge, wenn sie als Inseln aus dem Meere emporragen, von dem Meere durchbrochen, so findet das Meer Eingang in den Kraterkessel. Ein ausgezeichnetes Beispiel einer solchen Vulkanruine, in deren einstigen Krater das Meer sich einen Eingang verschafft hat, ist die Insel St. Paul im indischen Ozean. Die griechische Insel Santorin zeigt uns ein in mehrere kreisförmig sich aneinander anschließende Inseln (Thera, Therasia und Aspro Nisi) zerrissenes altes Ringgebirge, in dessen Mitte sich in historischer Zeit durch unterseeische Eruptionen mitten im Meere neue Eruptionskegel gebildet haben, die Inseln Palaeo-, Neo- und Mikro-Kaimeni, welche durch die seit 1866 fast ununterbrochen fortdauernden Eruptionen bedeutend gewachsen sind.

Alle tätigen Vulkane liegen in der Nähe des Meeres oder großer Binnenseen, und hierdurch, wie auch durch die Eruptionerscheinungen selbst, wird aufs bestimmteste erwiesen, daß für dieselben Wasser ebenso notwendig ist wie Feuer. Der Vulkan wird zum Erlöschen kommen, ebenso wohl wenn ihm das Wasser, wie wenn ihm das Feuer entzogen wird, und es ist fraglich, welcher Umstand bei den setzt erloschenen vulkanischen Gebieten der wirksamere war; denn es lagen dieselben, sofern sie jetzt Binnenländern angehören, zur Zeit der vulkanischen Tätigkeit jedenfalls in weit größerer Nähe des Meeres als heutzutage. Es ist in diesem Sinne wahrscheinlicher, daß an den Küsten der Nordsee sich neue Vulkane erheben, als daß etwa die erloschenen Krater in Rheinpreußen ihre alte Tätigkeit wiedereröffnen.

Die Hauptrolle bei allen vulkanischen Ausbrüchen spielt der Wasserdampf, der allen anderen Eruptionerscheinungen voranzugehen pflegt, weil zu seiner Bildung, zur Verdunstung des Wassers, die allergeringsten Hitzegrade erforderlich sind. Wasserdämpfe sind es, welche die Lava im Kraterschlunde heben, Wasserdämpfe geben der Rauchsäule ihre aufsteigende Kraft und Gestalt, Wasserdämpfe erzeugen auch die elektrischen Erscheinungen und Gewitter in der Rauchsäule und ihrem Wolkenschirm; wieder zu Wasser kondensierte Dämpfe bilden endlich die Platzregen und Wolkenbrüche, welche die Ausbrüche begleiten. In der Periode der vollen vulkanischen Tätigkeit gesellen sich zu den Wasserdämpfen Exhalationen von Chlorwasserstoffsäure, von schwefeliger Säure, Schwefeldämpfen, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff und Wasserstoffgas. Die Anwesenheit der Salzsäure erklärt man durch Speisung des vulkanischen Herdes mit Meerwasser, indem Chlornatrium bei Gegenwart von Wasserdampf in höherer Temperatur durch Silicate in Salzsäure und Natron zerlegt wird. Die Anwesenheit von Salzsäure erklärt aber wieder das Vorkommen von allerlei flüchtigen Chlorverbindungen, wie Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlor- Magnesium, Eisenchlorid und Eisenchlorür, Chlorkupfer, Chlorblei, aus denen unter Einwirkung von Schwefelsäure auf die Laven und Schlacken des Kraters wieder eine Reihe schwefelsaurer Salze entstehen, die sich an den Kraterwänden tätiger Vulkane zeigen, wie Glaubersalz, Bittersalz, Gips, Eisenvitriol; aus der Zersetzung des Eisenchlorids mittelst Wasserdampfes bei hoher Temperatur bildet sich Eisenglanz. Die Bildung von Salmiak erklärt sich aus dem Ammoniakgehalt der Luft beim Überwehen der letzteren über Salzsäuredämpfe.



Flammenerscheinungen, wie man sie neuerdings wieder bei den Ausbrüchen von Santorin beobachtet hat, können von verbrennendem freien Wasserstoffgas oder- von Schwefelstoffgas, möglicherweise von beiden Gasen herrühren.

Eine nähere Untersuchung der Laven zeigt eine Beschaffenheit ganz auffallend verwandt mit dem kristallinen oder derben Gefüge solcher Gesteine, welche wir als unauflöslich im Wasser kennen, und da wir in den Laven bei sorgfältiger Prüfung allmählich fast alle die Mineralien entdecken, welche auch an anderen Stellen der Erde als konstituierende Bestandteile auftreten, so dürfen wir wohl annehmen, daß auch sie durch hohe Hitzegrade schmelzbar sein werden. In den erkalteten Laven finden sich ferner eine Menge von Mineralien kristallinisch abgesondert oder als vollständige Krystalle, welche ganz ebenso in den bereits erwähnten Basalten, Porphyren, Graniten, Syeniten und Grünsteinen Vorkommen oder Hauptbestandteile derselben ausmachen, ja was noch viel interessanter ist, es stecken in ihnen auch solche Mineralien, welche, wie die Granate, Leucite, Zeolith, Epidot, Korunde und Zirkon, nur sehr vereinzelt an gewissen Stellen in jenen weit verbreiteten Gebirgssteinen angetroffen und darnach von den Mineralogen mit dem Namen der eingesprengten Mineralien bezeichnet werden. Manche dieser Mineralien gehören zu den härtesten Stoffen, ja fast nie ist es dem Wasser im Geringsten möglich, sie auflösend zu zersetzen oder zu zerstören, also noch viel weniger, sie als kristallinen Niederschlag zu bilden.

Der Umfang der Lavaströmungen bietet große Verschiedenheiten. So hat der größte Lavaström des Ätna, der vom Jahre 1669, an einigen Stellen eine Dicke von 100' und eine Breite von 1 ½ geographischen Meilen. Die beiden aus dem Skaptor Jökul im Jahre 1783 ergossenen Ströme, die nach entgegengesetzter Richtung geflossen sind, zeigen an manchen Stellen eine Mächtigkeit von 600', und ihre beiden Endpunkte liegen 20 geographische Meilen voneinander, bei einer Breite von 3 geographischen Meilen. Man hat aus diesen und ähnlichen Daten berechnet, daß es bis jetzt in der jetzigen geologischen Epoche noch keinen Lavaström gegeben habe, welcher ein Volumen von 1.000.000.000 cbm (einer Milliarde) erreicht hätte — frühere Ergießungen überschreiten aber diese Grenze weit. Das öde zentrale Lava Feld Islands, Oder dada Hoaun, deckt eine Fläche von 110 geographischen Quadratmeilen. Die chemischen Prozesse im Inneren der Lavaströme sind umso intensiver, je frischer die Lava- ist; wie schon bemerkt, bilden sich überall auf den Lavaströmen Spaltenriffe, aus denen große Fumarolen von Wasserdampf Hervorbrechen. Auch diese Erscheinung trägt zu dem wilden Durcheinanderwerfen der Schlacken auf der Oberfläche des Lavastromes bei. Zuweilen wird durch solche Ausbrüche im Lavastrome die Lava in der Weise aufgebläht, daß sie eine hohle Säule bildet, aus deren Spitze der Dampf hervorbricht, und deren Oberfläche von wild



übereinandergeworfenen Schlackenstücken und eingeschmolzenen Trümmern gebildet wird, so daß oft höchst bizarre Formen und Gestaltungen erzeugt werden (Fig. 8).



Was speziell die Fumarolen betrifft, so sind es Gasquellen, bei welchen Wasserdampf das vorwaltende Material der Exhalationen bildet. Der Wasserdampf ist dann freilich häufig das Vehikel für andere flüchtige Stoffe, für Chlorverbindungen, schwefelige Säure, Salzsäure, bisweilen auch für Borsäure, wie im tätigen Krater der Insel Volcano. Reich an heißen Wasserdampfquellen ist besonders Oberitalien und die Nordinsel von Neu-Seeland.

Solfataren nennt man Dampf- quellen, die ein Gemisch von Wasser- und Schwefeldämpfen (oder auch von Schwefelwasserstoff und schwefeliger Säure) zu Tage fördern, und an deren Ausströmungsstellen sich Schwefel

absetzt. Der Name wurde zuerst auf den alten Krater bei Puzzuoli unweit Neapel angewendet, an dessen tiefstem Punkte in der Bocca grande mit großer Gewalt heiße Dämpfe mit einer Temperatur von 50 — 72° C. ausströmen. Die vulkanischen Gebiete von Island, von Java und Neu-Seeland sind reich an Solfataren, da diese Erscheinung hauptsächlich in den Kratern erloschener oder tätiger Vulkane im Zustande der Ruhe stattfindet.

Mofetten nennt man Kohlensäuregas-Quellen, wie sie hauptsächlich in vulkanischen Gegenden auftreten. Das Wort ist ursprünglich eine Lokalbezeichnung für die nach Ausbrüchen des Vesuv in der Gegend von Neapel vorübergehend eintretenden Aushauchungen von Kohlensäure. Vermöge seiner größeren spezifischen Schwere hält sich das tödliche Gas in den Vertiefungen des Bodens, in Grotten. Tälern u. s. w. unvermischt mit der Luft. Tiere, die zufällig in die Gasschicht geraten, werden dadurch betäubt und sterben. Am bekanntesten ist die Mofette der Hundsgrotte bei Neapel. Eine großartige Entwicklung von Kohlensäure findet in der Umgebung von Marienbad in Böhmen statt, täglich 3600, jährlich 1-3 Millionen Kubikfuß; sie wird dort zu Kurzwecken (Kohlensäurebädern) benutzt. Viel bedeutender sind jedoch die Mengen Kohlensäure, die vom Wasser absorbiert werden und zur Entstehung von Sauerbrunnen Veranlassung geben. Eine andere Gasart, brennbares Kohlenwasserstoff-Gas, strömt an manchen Orten in größeren Mengen aus der Erde. Teilweise darf man aber wohl den Ort der Herkunft dieses Gases nicht in den großen Tiefen der eigentlich vulkanischen Tätigkeit suchen, sondern kann dasselbe von den allmählich fortschreitenden Veränderungen, durch welche pflanzliche Stoffe, die in Schichtgebirgen begraben sind, zu Braun- und Steinkohlenlagern umgewandelt werden, ableiten. Die oft so furchtbare Unheil anrichtenden „schlagenden Wetter“ — eine der drohendsten jener vielen Gefahren, mit welchen der Bergmann überhaupt zu kämpfen hat — sind nichts anderes, als in den Kohlenlagern oder deren nächster

Nachbarschaft eingeschlossene Massen brennbarer Kohlenwasserstoff-Gase, welchen durch die fortschreitenden Arbeiten selbst der Austritt in die offenen Räume der Grube ermöglicht wird, wo sie dann, an den Grubenlichtern sich entzündend, Explosionen verursachen. — Dieselben Kohlenwasserstoff-Gase aber nun nähren die sogenannten Feuerquellen oder Erdfeuer, indem sie aus natürlichen oder auch künstlich erbohrten Löchern austreten und, einmal entzündet, fortbrennen (Pietra mala zwischen Florenz und Bologna, Baku am Kaspischen Meer). In Gegenden, wo solche Erdfeuer Vorkommen, trifft man gewöhnlich auch Petroleum an, und die Gase entwickeln sich ebenso aus den Quellen und Brunnen, in welchen man Petroleum gewinnt.

Das nun endlich die Mineralquellen überhaupt manche ihrer gasartigen Bestandteile, namentlich aber die Säuerlinge die mitunter geradezu enormen Quantitäten Kohlensäure, die sie zu Tage bringen, wirklich durch Zuführung aus größeren Tiefen im Erdinneren erhalten, kann nach allen Verhältnissen kaum zweifelhaft sein. Ein sprechender Beweis dafür ist auch der Umstand, daß die große Mehrzahl derartiger Quellen in der Tat in den Gebieten altvulkanischer Tätigkeit zu Tage tritt. So findet in der Umgebung von Marienbad in Böhmen, wie oben bemerkt wurde, eine großartige Entwicklung von Kohlensäure statt, täglich 3600, jährlich 1,3 Millionen Kubikfuß.

Schlammvulkane (zum Teile auch Salsen, Luftvulkane oder nach einer sizilianischen Lokalität ihres Vorkommens Macaluben genannt) sind ihrer äußeren Erscheinung nach kleine kegelförmige Hügel, oft nur von wenigen Fuß, oft von 100—500' Höhe, selten höher; sie bestehen aus Anhäufungen von tonigem Schlamm, welcher in breiartigem Zustande periodisch ausbricht und dadurch kleine Kegel mit kraterähnlichen Öffnungen bildet, die oft in großer Anzahl, dicht nebeneinander liegend, Vorkommen. Bei den Schlammvulkanen wechseln, wie bei echten Vulkanen, Perioden der Ruhe mit Perioden schwächerer und intensiverer Tätigkeit, die sich, begleitet von leichten Erdbeben, bis zu wirklichen Eruptionen steigern. Es gibt kalte Schlammvulkane in nicht vulkanischen Gegenden, bei welchen das ausströmende Gas hauptsächlich Kohlenwasserstoff-Gas ist, und heiße Schlammvulkane, wie sie in vulkanischen Gegenden, z. B. auf Island, in Zentralamerika u.s.w. Vorkommen.

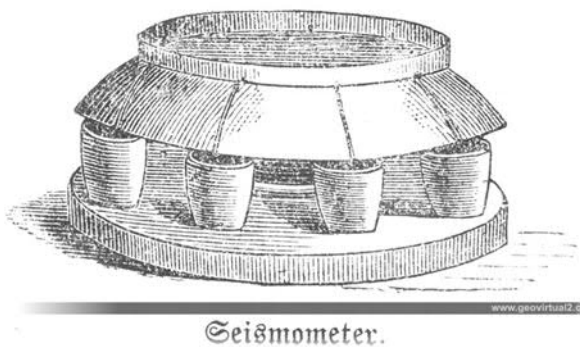
Schließlich sei noch die Frage berührt, welche auch gegenwärtig gerade die Gemüter einzelner Naturforscher, namentlich in England, erregt, ob nämlich die unterirdischen Herde der verschiedenen vulkanischen Gebiete miteinander in Gemeinschaft stehen oder nicht; ob wir einen einheitlichen schmelzflüssigen Erdkern oder nur einzelne und relativ kleine Wärmereservoirs im Inneren einer festen Erdmasse annehmen sollen. Die letztere Ansicht schließt nicht aus, daß in früheren Zeiten ein einheitlicher flüssiger Erdkern bestanden hat, und die jetzigen vulkanischen Herde können als die letzten Überreste desselben angesehen werden, sie können aber auch durch örtliche Anhäufung von Wärme, es sei in Folge chemischer Zersetzungen oder wie auch immer, entstanden sein. Im ersteren Falle haben wir es also bei den Vulkanen im gewissen Sinne mit ursprünglicher, kosmischer, im letzteren Falle mit sekundärer, terrestrischer Wärme zu tun.

#### Erdbeben.

Als Alex. v. Humboldt vor mehr als 30 Jahren schrieb: „Wenn man Nachricht von dem täglichen Zustande der gesamten Erdoberfläche haben könnte, so würde man sich sehr wahrscheinlich davon überzeugen, daß fast immerdar an irgendeinem Punkte diese Oberfläche erbebt“, konnte

man kaum ahnen, daß mit diesem Ausspruche nicht zu viel gesagt sei. Wir müssen uns gewöhnen, die Erdbeben mit Rücksicht auf die Gesamtoberfläche unseres Planeten als sehr häufige, als ganz gewöhnliche Naturerscheinungen aufzufassen. Es werden jährlich etwa 60 bis 100 Erdbeben verzeichnet, von denen aber mindestens 5—10 % längere Zeit, d. h. Stunden, Tage oder Wochen lang. anhaltende, in unregelmäßigen Zwischenzeiten wiederkehrende Erschütterungen sind, die aus vielen einzelnen Stößen bestehen. Wenn man die Zahl der einzelnen Stöße auf 2000—5000 veranschlagt so ist damit die Ungleichheit und Unsicherheit genugsam angedeutet, gewiss aber sind die Zahlen eher zu niedrig, als zu hoch gegriffen. Die Beobachtungen erstrecken sich höchstens über ein Sechstel der Gesamtoberfläche, und auch dieses wird noch sehr- ungleichmäßig kontrolliert; wir haben aber keinen Grund zu der Voraussetzung, daß auf den nicht beobachteten Teilen der Oberfläche oder des Meeresbodens die Erschütterungen weniger häufig seien, und somit ergibt sich als berechtigte Annahme, daß durchschnittlich jeden Tag mindestens ein bis zwei Erdbeben an verschiedenen Orten stattfinden.

Fig. 9.



Die Erdbeben sind nichts Anderes als Erschütterungen irgend eines größeren oder kleineren Teiles der Erdmasse oder Erdrinde, ganz in derselben Art, wie wir sie in sehr kleinem Maßstabe beim Vorüberrollen schwerer Fuhrwerke, beim Fallen schwerer Körper täglich wahrnehmen können. Wenn derartige Erschütterungen aus der einen oder

anderen Ursache im Inneren der Erde bewirkt werden, so setzen sie sich, der Elastizität der Massenteilchen entsprechend, in den Gesteinsmassen fort, und zwar nach allen Richtungen, also auch nach der zunächst gelegenen Oberfläche. Je nach der Art der Festigkeit der Struktur der verschiedenen Gesteine wird die Fortpflanzung des Stoßes rascher oder langsamer, regelmäßiger oder- unregelmäßiger erfolgen. Apparate, mittelst deren man die Art und die Richtung der stattgehabten Bewegung bestimmen kann, heißen Erdbebenmesser (Seismographen oder Seismometer) (Fig. 9).

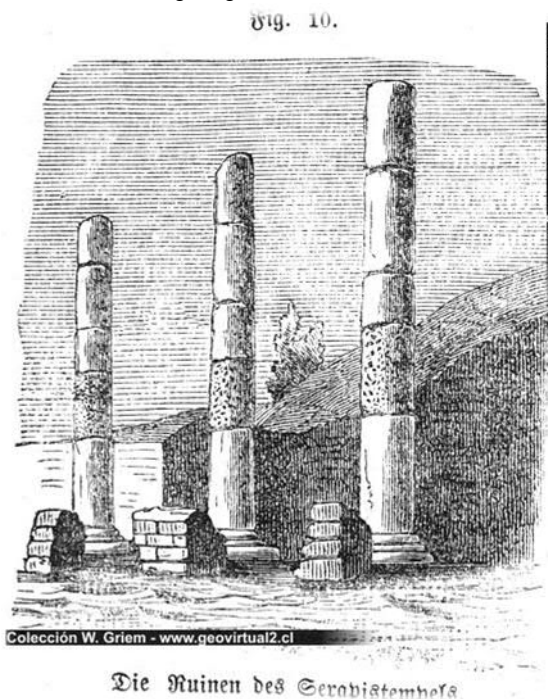
Zu den besonderen Erscheinungen, welche oftmals mit Erdbeben verbunden sind, gehören: Schallphänomene, wie unterirdisches Getöse, das als ein Brausen, Rasseln, Rollen oder Donnern gehört wird, elektrische (Licht-)Erscheinungen in der Atmosphäre, Ausströmungen von Dämpfen, Gasen, eigentümliche Nebel, heftige Windstöße etc. Bei den Seebeben oder submarinen Erdbeben fühlen die Schiffe auf dem Meere den Stoß, als ob sie auf Grund geraten wären, wobei jedoch keine wellenförmige Bewegung der Wassermasse, sondern nur ein einfaches Erzittern derselben bemerkt wird. Erfolgt der Stoß dagegen in Küstengegenden, wie in Lissabon 1755 oder in Peru 1868, so entsteht durch die seitliche Reaktion der festen Küstenböschung gegen die auslastende Wassermasse in derselben Weise, wie wenn man an den Rand einer mit Wasser gefüllten Schüssel stößt, eine Wellenbewegung in der Form von Meereswogen, die sich nach allen Richtungen hin über die Wasserfläche oft bis an die entferntesten Küsten fortpflanzt und hier ein abwechselndes Steigen und Fallen des Meeresspiegels wie bei den Gezeiten veranlasst. Man hat diese Erscheinung als Erdbebenflut bezeichnet.

Erdbeben kommen in vulkanischen und nicht vulkanischen Gegenden vor, auch gibt es kein Merkmal, welches als sicheres Vorzeichen eines Erdbebens angesehen werden kann. Die Annahme, daß die Erdbeben von den Jahreszeiten und den Mondphasen abhängen, bedarf noch sehr der Bestätigung. Auf der nördlichen Hemisphäre sollen Erdbeben z. B. im Herbst und Winter häufiger vorkommen, als im Frühjahr und Sommer, und Alexis Perrey in Dijon hat nachzuweisen versucht, daß seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts von ungefähr 10.000 Erdbeben die meisten zur Zeit des Neumondes oder Vollmondes stattgefunden haben. Rudolf Falb hat hieraus auf eine Art Ebbe und Flut des feurigflüssigen Erdinneren geschlossen, welche die Erdbeben verursache und sich an der Oberfläche in Erdbebenvibrationen kundgebe. Volger hat zuerst darauf hingewiesen, daß man die spezielle geognostische Beschaffenheit der betreffenden Gegend bei der Erklärung der Erdbeben berücksichtigen müsse. Gewiss ist, daß die Erdbeben stets mit Dislokationen in den Schichten der Erde verbunden sind. Die allgemeine Ursache dieser Dislokationen und damit der meisten Erdbeben wird man aber in Hohlräumen oder Auflockerungen der festen Erdrinde suchen müssen, welche Verschiebungen, Senkungen, Einstürze und dadurch Erschütterungen verursachen. Die Bildung solcher Hohlräume in und unter der festen Erdkruste kann ihren Grund in einem allgemein terrestrischen Vorgang haben, nämlich in der allmählich nach innen fortschreitenden Abkühlung und Zusammenziehung des Erdinneren, oder in lokalen Unterminierungen, welche sich aus den an der Erdoberfläche verändernd wirkenden Kräften mit Rücksicht auf die geognostische Beschaffenheit der betreffenden Gegend erklären lassen. In nicht vulkanischen Gegenden z. B. mögen jene unterirdischen Demolierungen hauptsächlich durch die Erosionstätigkeit der unterirdisch zirkulierenden Gewässer bedingt sein und auf diese Art die sogenannten nicht vulkanischen Erdbeben veranlassen. In alt-vulkanischen Gegenden wird das Auflösungsvermögen der unterirdischen Gewässer noch vermehrt werden durch die Mitwirkung von Kohlensäure, Druck und hoher Temperatur, während in der Nähe der tätigen Vulkane allerdings auch der feuerflüssigen Lava eine Rolle zugeschrieben werden kann, und zwar vorzugsweise in der Art, daß durch das Aufsteigen der Lava lokale Abschmelzungen stattfinden, worauf beim Zurücksinken derselben hohle oder mit Dampf erfüllte Räume Zurückbleiben, die zu Einstürzen Veranlassung geben, wie sie uns die Vulkanruinen zeigen. So betrachtet, sagt Hochstetter, sind die Erdbeben Erscheinungen, welche nur indirekt mit dem Vulkanismus der Erde im Zusammenhang stehen und zum Teil auf bloße Wasserwirkungen zurückgeführt werden müssen.

#### Hebungen und Senkungen des Bodens.

Die Hebungen, welche der Boden durch Erdbeben erleidet, sind unstreitig geologisch interessant. So berichtet Palassou [Pierre Bernard Palassou, 1745 – 1830, französischer Geologe und Mineraloge] zunächst aus den Pyrenäen, daß bei einem der stärkeren Erdstöße, welche dort der Erschütterung von Lissabon vorangingen, am 24. und 25. Mai 1750 in der Gegend von St. Savin ein von Erde umgebenes, wenig hervorragendes, großes Felsstück weggeschleudert wurde, und daß der durch Ausstößen desselben entstandene Raum sogleich wieder durch das Nachdringen des von unten aufsteigenden Bodens erfüllt worden sei. Dolomieu [Déodat Gratet de Dolomieu, \*1750 – +1801, französischer Geologe und Mineraloge „Dolomit“] erzählt, daß bei Cossoleto durch einen Erdstoß, der von unten nach oben wirkte, ein Haus (mit dem umgebenden Boden) unbeschädigt etwa zwei Büchenschüsse weit von seinem früheren Standorte entfernt wurde und an einem viel höheren Orte stehen blieb. Von Lanzarote, einer der kanarischen Inseln, berichtet Alex. v. Humboldt, daß in der Mitte des vorigen Jahrhunderts nach einem

Ausbrüche des Vulkanes von Temantaya sich an der Küste zwei pyramidale Felsen von basaltischer Masse erhoben und sich allmählich mit dem Hauptlande der Inseln durch Erhebung des dazwischenliegenden Landstriches so verbunden haben, wie sie gegenwärtig noch dort gefunden werden. An der Küste von Cumana hat man mehrfach Veränderungen der Oberflächengestalt durch Erhebung bei Erdbeben vor sich gehen sehen. Das schönste und erfolgreichste Beispiel von Hebungen einzelner Teile des Festlandes ist uns von der Küste von Chile bekannt geworden. Dort war im Jahre 1822 und 1823 eine Reihe beträchtlicher Erdbeben, welche mit den heftigsten Stößen am 19. und 20. November 1822 begannen und bis zum September 1823 fort dauerten, oft so häufig, daß tagelang jede 5 Minuten ein neuer Stoß kam. Die Wirkung davon war, daß einzelne Strecken durch verschiedene ruckweise Hebungen und Senkungen Niveauveränderungen um mehrere Fuß erlitten. Die Ruinen des Serapistempels bei Puzzuoli am Golf von Neapel (Fig. 10) liefern den Beweis, daß sich dort in vorchristlichen Zeiten der Boden zuerst gesenkt und dann wieder merklich, wenn auch nicht in das frühere Niveau, gehoben hat. Drei 42' hohe Cipolinsäulen dieses Tempels, welche noch stehen, sind bis zu einer Höhe von 12' über dem Sockel unbeschädigt, darüber befindet sich aber eine mehrere Fuß hohe Zone, innerhalb welcher sie von Bohrmuscheln angebohrt sind, die zum Teil noch in den Höhlungen sitzen. Über dieser Zone sind die Säulen wieder glatt. Da es nun nicht wahrscheinlich ist, daß man den Boden eines Tempels, der nur 100' von der Küste entfernt liegt, unter das Meeresniveau gelegt haben werde, so muß man annehmen, daß sich der Boden hier nach



Erbauung des Tempels zuerst gesenkt und dann wieder, jedoch nicht bis zum früheren Niveau, gehoben hat. Säkulare [lang andauernde, wiederkehrende] Hebungen oder Senkungen erfolgen so langsam, daß ihre senkrechte Wirkung nur wenige Fuß im Laufe eines Jahrhunderts beträgt. Schon seit Jahrhunderten glaubten die Anwohner der schwedischen Küste wahrzunehmen, daß das baltische Meer sich vom Lande zurückziehe. Leop. v. Buch jedoch suchte 1807 die Tatsache, daß man an der schwedischen Küste in Gebieten auf Kunststraßen fahre, die ältere Leute noch als Meeresbuchten gekannt hatten, dadurch zu erklären, daß sich ganz Skandinavien aus dem Schoße des Meeres erhebe. Diese langsame Hebung soll in den letzten 100 Jahren 1 bis 4' betragen haben. Dagegen fand der Däne Pingel, daß

die Westküste von Grönland langsam gegen die Davisstraße sich hinabsenke; denn Pfähle, an denen man früher Fahrzeuge zu befestigen pflegte, waren mit ihren Köpfen unter Wasser geraten. Als Charles Darwin auf seiner Reise um die Erde (1831—1836) mit Fitzroy die Bildung der Koralleninseln in der Südsee und im Indischen Ozean genauer untersuchte, fand er Beweise, daß, soweit sich jene niedrigen Inseln erstrecken, der unterseeische Boden, von welchem sie emporgewachsen, gesunken sein müsse. Dem Senkungsgebiet im Pazifischen Ozean steht gegenüber das Aufsteigen der Westküste von Südamerika. Die Senkungen und Hebungen halten sich so ziemlich das Gleichgewicht. Dem Sinken Süd- und West-Grönlands entspricht eine Hebung in Labrador und Neu-Fundland. Der Hebung Skandinaviens entspricht eine Senkung der ganzen Nordküste Deutschlands, da hier, so wie in Jütland und Holland, ein Verlust an Land und

zum Teil an senkrechter Höhe beklagt wird. Die marinen Ablagerungen verschiedener Perioden, welche jetzt große Teile des Bodens der Kontinente zusammensetzen, so wie die häufigen Wechsellagerungen rein mariner Schichten mit Land-, Sumpf- und Süßwasserbildungen beweisen übrigens, daß auch in früheren geologischen Perioden solche Hebungen und Senkungen der Erdkruste vielleicht in weit großartigerem Maßstabe und in häufigerem Wechsel als gegenwärtig stattgefunden haben. Untersucht man endlich, nach 'welchen Richtungen sich die Gestalt der Kontinente in den jüngsten Perioden geändert hat und noch ändert, so ergibt sich, wie Dr. Peschel nachgewiesen hat, daß sich die Kontinente seit der Tertiärperiode im Allgemeinen nach dem Norden und nach dem Westen der Erde auszudehnen gesucht, im Osten und Süden aber verloren haben. So ist seit der Tertiärperiode die norddeutsche Ebene dem Meere entstiegen. Die größte Veränderung in der alten Welt aber fand statt durch das Wachstum des nördlichen Rußland, soweit etwa die Tundren reichen, und des transuralischen Asien. Dort erstreckte sich das Meer in den tertiären Zeiten bis zum Baikalsee, einem alten Küstenfjord, und bis nahe an den Altai. Dass noch jetzt Sibirien, von der Lena-Mündung bis in die Nähe der Beringstraße, nach Norden wächst, ist von verschiedenen Reisenden bestätigt worden. Im indischen Meere dagegen und im pazifischen Ozean sind ganze Festländer versunken. Ebenso verraten die sinkenden Koralleninseln der Südsee in ihrer gegenseitigen Lage noch die nordwestliche Streichungsrichtung von ehemaligen Gebirgskämmen.

Die Ursache dieser Niveauveränderungen sind äußerst schwierig zu ermitteln und daher die Ansichten der Geologen darüber sehr geteilt. Wir halten uns einstweilen an die wohl unumstößliche Tatsache, daß das Festland durch Hebung aus dem Meere, nicht durch Sinken des Meeresniveaus entstanden sei, und daß dieselben Vorgänge, welche noch heute spielen, auch in früheren Epochen platzgegriffen haben müssen. Denn Aufbau und Zerstörung gehen noch immer Hand in Hand und erzeugen ähnliche Resultate. In den Gewässern, bemerkt Carl Vogt, scheiden die schalentragenden Organismen die Kieselerde, den Kalk und die verschiedenen Stoffe aus, welche sie zum Bau ihrer Schale bedürfen; es bilden sich fortdauernd die mannigfaltigen Absätze, sowohl aus den aufgelösten, als aus den auf- geschwemmten Materialien, welche die Salzlager, die Ton- und Gips-schichten, die Sandsteine etc. bilden. Das einmal gebildete und ins Trockene erhobene Festland wird unablässig zertrümmert, zerrieben, chemisch aufgelöst und teilweise dem Meere und den Gewässern zugeführt. Die meisten Trümmergesteine, die wir kennen, sind nicht einmal auf ihrem ersten Lagerplatze, sondern zu verschiedenen Zeiten aufgebaut, zertrümmert und wieder aufgebaut worden. So stellt sich ähnlich, wie in den chemischen Elementen, ein ewiger Kreislauf in dem Bildungsmaterial der Erde her, aus welchem kein Glied ausgeschieden werden kann. Es werden sich stets wieder Kalke, Tone, Sandsteine und Konglomerate bilden, zertrümmert und neu gebildet werden, und selbst diejenigen Gesteine, welche der Zerstörung unzugänglich scheinen, erliegen ihr nach und nach in diesem Kreisläufe, um stets wieder neu geboren und erzeugt zu werden, nur mit dem Unterschiede, daß die einen längere, die anderen kürzere Zeit brauchen, um in denselben zurückzukehren. Wenn aber diese Vorgänge auf der Erde in den uns zugänglichen Tiefen, in dem Meere sich abwickeln, so ist auch kein Grund abzusehen, warum in größerer, uns unzugänglicher Tiefe innerhalb der Erdkruste diejenigen Prozesse, von welchen uns einige, wenn auch unzulängliche Kunde gebracht wird, nicht ebenfalls in früheren Zeiten platzgegriffen haben sollen.

## Entstehung der Gebirge.

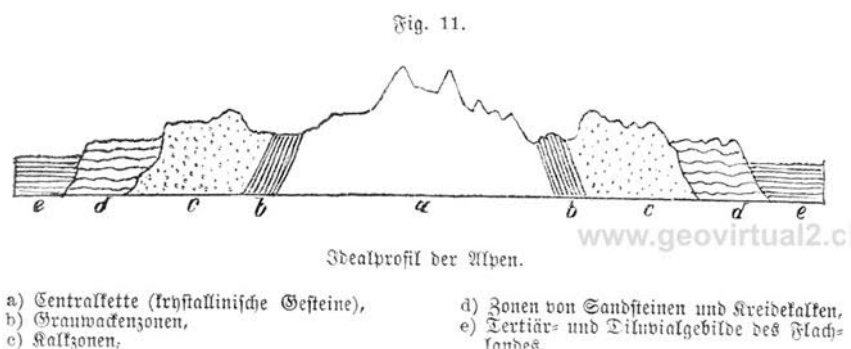
Im gewöhnlichen Leben pflegt man jede bedeutendere Anhäufung von Bergen ein Gebirge zu nennen. Die Geologen verstehen aber in etwas engerer Bedeutung darunter merkbar lokale Anschwellungen der Erdoberfläche, deren innerer Bau mit dem äußeren in einer gewissen Harmonie steht, und welche dadurch einen gewissen Grad individueller Selbständigkeit zeigen. Es ist daher nicht jede Berggruppe im geologischen Sinne ein Gebirge. Nach der äußeren Form unterscheidet man: Massengebirge, Kettengebirge, Plateaugebirge, Rückengebirge und Alpengebirge. Der innere Bau der Gebirge gewährt nach B. v. Cotta weit bessere Aufschlüsse über die Art ihrer Bildung, als die äußere Form, die zum Teil offenbar eine Folge späterer Zerstörungen ist. Aus seiner Natur erkennt man ihr Werden, und die verschiedenen Arten der Zustände dieses inneren Baues sind meist nichts anderes als verschiedene Entwicklungs- und Zerstörungsphasen. Gewiss sehr bezeichnend ist es für alle Gebirge und in engster Beziehung zu ihrer Bildungsweise, daß in ihnen vorzugsweise häufig die kristallinen Gesteine auftreten, und daß die deutlich aus Wasser abgelagerten geschichteten Gesteine, wo sie im Inneren von Gebirgsketten sich zeigen, stets deutlich aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerückt, gehoben, gebogen, geknickt, aufgerichtet oder vielfach zertrümmert sind.

Man unterscheidet hauptsächlich drei Arten der Entstehung und sehr viele Kombinationsformen, Entwicklungs- und Zerstörungsstadien derselben. Die drei Entstehungsarten sind nach Cotta:

1. Durch Ausfluß und oberflächliche Anhäufung von Eruptivgesteinen — vulkanische Gebirge;
2. durch Erhebung vorhandener fester Erdkrustenteile, welche bewirkt ist durch aufdringende Eruptivgesteine — Plutonische Gebirge;
3. durch Seitendruck und in Folge davon Fältelung der festen Erdkruste — Faltengebirge.

Zu den ersteren gehören alle wahren Eruptionskegel der Vulkane, alle Basalt- und Phonolithberge und wahrscheinlich sogar manche Trachyt- und Porphyrberge, so wie die aus ihnen bestehenden Berggruppen oder Gebirge. Ein sehr schönes Beispiel dieser Art liefert das böhmische Mittelgebirge. Die Rhön, das Vogelsgebirge, der Kaiserstuhl im Breisgau, die Berge und Kuppen des Siebengebirges und der Eifel sind andere, minder deutliche Beispiele von Gebirgen dieser Art.

Zu der zweiten Art, bei welcher vorhandene feste Erdkrustenteile durch aufdringende Eruptivgesteine lokal erhoben sind, gehört die Mehrzahl aller Gebirge, wobei jedoch zu bemerken ist, daß mit ihr öfters auch noch Bergbildungen durch aus- und übergestoßene Eruptivgesteine verbunden sind.





Die dritte Bildungsart der Gebirge ist die durch Seitendruck und durch ihn veranlaßte Knickung, Aufrichtung, Fältelung der Flöz-Formationen in einer gewissen Entfernung von plutonisch gehobenen Gebirgen. So läßt ein Idealprofil oder ein Querschnitt der Alpen (Fig. 11) senkrecht auf ihre ostwestliche Streichungsrichtung, also von Norden nach Süden, erkennen a eine mittlere oder zentrale Kette, bestehend aus kristallinen Gesteinen, welche die frühere Decke der Gesteine bc und d gesprengt, ihre Schichten steil emporgehoben, auseinandergeschoben und dabei die vielfache Faltung der Weichen Sandsteinschichten d hervorgebracht hat. Die horizontal gelagerten Schichten e, der jüngeren Tertiär- und Diluvialzeit angehörig, kamen erst nach der Hebung des Gebirges zur Ablagerung. Ein vortreffliches Beispiel der dritten Art liefert die Jurakette, die aus mehreren parallelen Falten eines mächtigen Schichtensystems besteht. Es ist nicht vorauszusetzen, daß hier eine Emporhebung aus der Tiefe stattgefunden hat, sondern eben nur eine seitliche Zusammenschiebung. Der gesamte Bildungs-Prozess ist aber ein außerordentlich langsamer und für uns ganz unberechenbarer. Sicher aber ist es, wie die neuesten Forschungen Prof. Sueß's dargetan haben, daß die Erdkruste keineswegs in solch' unbeweglicher Ruhe sich befindet, wie man allgemein anzunehmen gewohnt ist, sondern in ihr allenthalben seitliche Bewegungen stattfinden, welche entfernt mit der Bewegung eines Gletschers verglichen werden können. Diese Bewegungen, welche in Europa im Allgemeinen nach Norden und Osten, in Asien hingegen nach Osten und Süden gerichtet sind, sind jedoch in verschiedenen Teilen der Erdkruste ungleich intensiv, so daß es leichter bewegliche, rascher fortschreitende und relativ unbewegliche Teile gibt. Wo nun ein rascher vorschreitender Teil der Erdkruste auf einen fester stehenden stößt, dort wird er genötigt, sich an ihm aufzustauen, und diese aufgestauten Massen sind eben die Gebirge. Ist es aber wahrscheinlich, daß, wenn die Gebirge wirklich durch eine Faltenbildung erzeugt wurden, welche aus einer selbständigen zeitlichen Bewegung der Erdrinde beruht, diese Faltenbildung ihr Maximum an der freien Oberfläche der Erde erreicht, gegen die Tiefe zu jedoch immer mehr abnimmt und sich schließlich vollständig ausgleicht, so wird unsere Vorstellung von dem Bau unserer Erdrinde vollständig verändert. Während man nämlich bisher die größten Störungen immer in der größten Tiefe vermutete, stellt es sich nunmehr im Gegenteile als äußerst wahrscheinlich heraus, daß die tiefsten Schichten der Erdrinde in vollkommen ungestörten konzentrischen Schalen das flüssige Erdinnere umgeben und die Gebirgsbildung eine reine Oberflächenerscheinung sei.

[p. 48 im Original]

## 2. Das Wasser.

Quellen, Flüsse, Seen, das Meer, Eis und Gletscher.

Das Wasser in flüssiger Form, wie es das weite Becken des Meeres, die kleineren Räume der Binnenseen ausfüllt und in unzähligen Quellen, Bächen, Flüssen und Strömen auf der Oberfläche des Festlandes und in dem Inneren der Erdschichten zirkuliert, hat den wesentlichsten Anteil an den geologischen Erscheinungen der Jetztwelt. Ihm gehört vorzugsweise die Schichtbildung an; die Gesteine älterer Formation sind durch Absatz im Wasser gebildet, und es muß deshalb das Studium der Erscheinungen, welche das in unserer jetzigen Periode auf der Oberfläche der

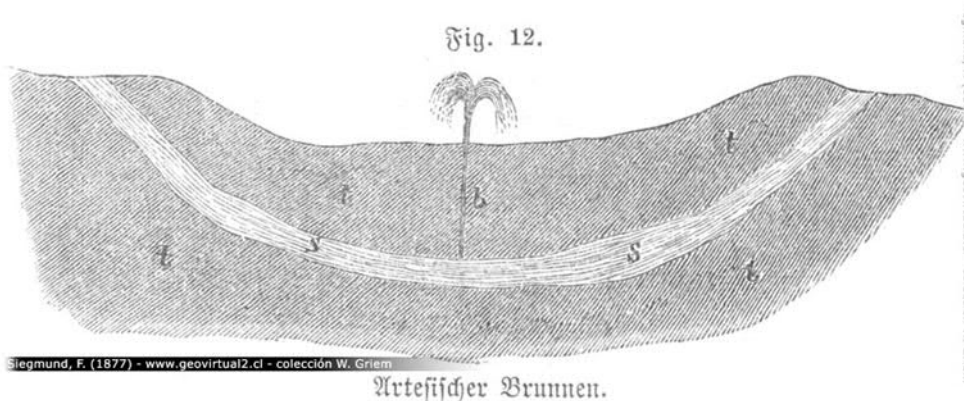
Erdrinde und in ihrer nächsten Tiefe befindliche Wasser darbietet, den wesentlichsten Schlüssel zu der Erklärung der Sedimentbildungen geben.

#### Quellen.

Quellen nennt man die Ausflüsse des unter der Erdoberfläche befindlichen Wassers. Sie sind es, welche bei ihrem Fortgange über der Erdoberfläche Bäche, durch Vereinigung von mehreren derselben Flüsse und endlich Ströme bilden. Sie finden ihre Wurzeln ohne Zweifel in dem aus der Atmosphäre teils durch Verdichtung, teils durch Niederschlag stammenden Wasser. Wenn man daher in mehreren Gegenden beobachtet hat, daß die Wassermenge der Quellen und Flüsse sich vermindert hat, so ist dieser Verlust meist auf Rechnung verminderten Regens zu setzen, der eine Folge von Ausrodung der Wälder oder sonstiger Austrocknung des Landes ist. Denn wo es selten regnet oder taut, da sind weniger oder gar keine Quellen, wie in den Wüsten Afrikas und Asiens, auf dem Plateau von Persien und an den Küsten von Peru. Wo hingegen keine Woche, fast kein Tag ohne Regen vorübergeht, wie an den Nordwestküsten von Amerika, auf Chiloe und Aracan, oder wo eine beständig gesättigte Dampfatosphäre das Land in feuchte Nebel hüllt, wie in den Polarländern, da ist auch der Quellenreichtum am größten. Die Hochgebirge sind es besonders, welche den Niederschlag des Wassers begünstigen. Die Alpen bilden so für das mittlere und südliche Europa eine weite Mauer, an welcher die von Süden und Westen herkommenden, mit Wasserdünsten beladenen Luftströme ihr Wasser absetzen, etwa wie der Hauch des Atems sich an kälteren Körpern verdichtet. In niederen Gebirgen wirkt eine andere Ursache ein. Es ist dies die Vegetation, besonders der Moose und Farne, welche die Berghöhen überziehen und die Dünste außerordentlich stark verdichten. Darum hat die Ausholzung der Wälder auf den Gebirgen immer den nachteiligsten Einfluss auf die Wasserverhältnisse der Ebenen gehabt; denn durch Vertilgung der Hochstämme wurde das schützende Dach weggenommen, unter welchem die Moosdecke dem Boden beständig das aus der Atmosphäre durch diese Pflanzen verdichtete Wasser zuführte. Durch den Verlust der Moosdecke aber wird der felsige Boden bloßgelegt, der kein Wasser in sich aufnehmen kann.

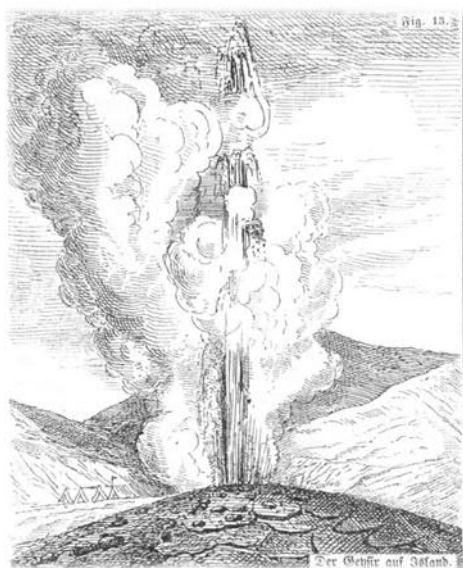
Von wesentlichem Einfluß auf die Aufnahme des Wassers und die Entstehung von Quellen ist die Bodenbeschaffenheit. Felsboden läßt im Allgemeinen nur dann bedeutendere Durchsickerung des Wassers zu, wenn er zerklüftet und zerspalten ist. Darum zeigen besonders viele Kalk- und Trachytmassen stets eine trockene Oberfläche, weil das Wasser durch ihre zahlreichen Spalten schnell in die Tiefe sinkt und das Gestein selbst wenig in sich aufnimmt. Selbst Granite öffnen dem Wasser einen Weg durch weit fortsetzende Klüfte. Sandsteine, zwar weniger zerklüftet, bieten durch ihre poröse Struktur gleichsam natürliche Filter dar, in welchen das Wasser sehr langsam, aber gleichmäßig durchsickert. In gewöhnliche Ackererde dringt selbst starker Regen selten tiefer als  $1\frac{1}{2}'$ , wenigstens nie über 3 bis 4'. Tonboden ist durchaus undurchdringlich, während Sand und Geschiebe das Wasser bis in jede Tiefe durchsickern lassen. Unter den verschiedenen Gebirgsarten zeigen sich besonders die Gneiß- und Glimmerschiefer, Tonschiefer-, Keuper- und Quadersandstein-Gebirge reich an Quellen. Muschelkalk und Jurakalk sind besonders arm an Quellen. Kreideplateau sind völlig dürr und trocken, wenn nicht tonige Zwischenlagen Ansammlungen des niedergeschlagenen Wassers bewirken, welches dann oft am Fuße jedes Kreidehügels in Quellen und Bächen hervortritt. Überhaupt bieten die Ton- und Mergellager die natürlichsten Scheidewandungen für das Wasser, zwischen welchen die einzelnen wasserführenden Schichten sich abgrenzen.

Da das Wasser also nur so weit einsinken kann, bis es eine undurchdringliche Schichte trifft, und auch nicht zur Oberfläche zu gelangen vermag, wenn sich über ihm eine solche Schichte findet, so wird es sich zwischen diesen in Becken ansammeln und dort unter einem Drucke stehen, welcher der Höhe entspricht, bis zu welcher die wasserführenden Sandschichten in der Umgebung des Beckens aufgerichtet sind.



Durchbohrt man diese obere undurchdringliche Schichte, so wird der Abfluß des Wassers nicht mehr gehindert, und es steigt mit großer Gewalt empor. Darauf beruhen die artesischen Brunnen (Fig. 12), welche von der Grafschaft Artois, wo sie sich sehr häufig finden, ihren Namen haben. Sie können nur an solchen Orten angelegt werden, nach denen sich mergelige Schichten Hinneigen; doch darf die Neigung nicht zu groß sein, wenn man nicht bis zu ungeheurer Tiefe Vordringen soll, um Wasser zu treffen. Sehr geeignet dazu ist die Gegend von Wien, wo schon in einer Tiefe von 60 bis 70' das zwischen 60 bis 300' mächtige Tonlager liegt, welches durchbohrt werden muß.

Quellen, deren Wasser nur in Schichten bis zu derjenigen geothermischen Tiefenstufe, die der mittleren Jahrestemperatur entspricht, zirkuliert, sind kalte Quellen. Jene aber, deren Wasser tiefer in der Erde zirkuliert, als derjenige Punkt liegt, an welchen die jährlichen Temperaturschwankungen des Bodens verschwinden, besitzen konstante Temperatur die in Folge der noch dem Erdinneren zunehmenden Wärme eine höhere ist, als mittlere Jahrestemperatur.



berühmteste und am genauesten untersuchte Springquelle Islands ist der Geysir (Fig. 13), der

von Zeit zu Zeit hohe Säulen kochenden Wassers mit Steinen und Trümmern unter starkem Getöse ausstößt, dann zurücksinkt und ein kreisförmiges Loch leer läßt, dessen Umgebung stark mit niedergeschlagener Kieselerde überzogen ist. Dieser Kieselniederschlag bildet nach und nach eine enge Röhre, eine wahre Springröhre, ganz in ähnlicher Weise, wie man solche Röhren auf Springbrunnen aufsetzt. Bunsen hat nachgewiesen, daß die Periodizität des Aufsprudelns nur durch die Länge und die Dimensionen der Röhre bedingt wird, indem unter dem stärkeren Drucke der Wassersäule die unterhalb befindliche Wassermasse sich weit über den normalen Siedepunkt des Wassers überhitzt und dann Dämpfe bildet, die plötzlich die obere Wassersäule ins Kochen bringen und diejenigen Partien derselben, die noch nicht auf den Kochpunkt gelangt sind, plötzlich Hinausschleudern. Die Ursache der Erhitzung des Wassers liegt bei den isländischen Geysirs in der Nähe der vulkanischen Herde und der nächste Grund des Aufsprudelns in der Entwicklung von Wasserdampf.

Das Wasser als chemisches Agens.

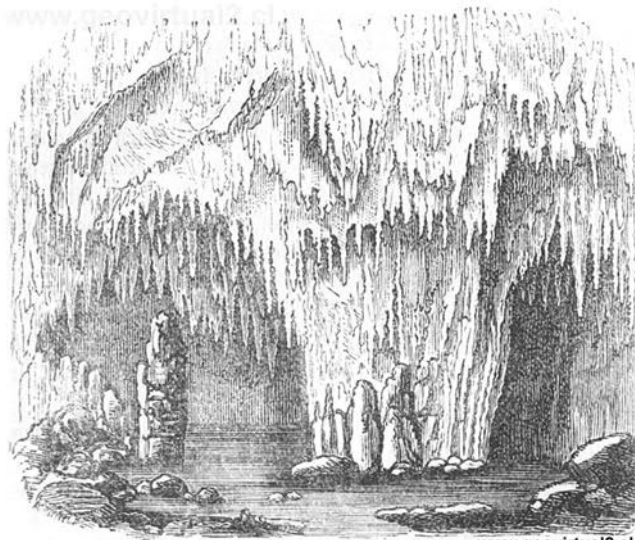
Kein auf der Erdoberfläche vorkommendes Wasser ist chemisch rein. Schon das Regenwasser enthält Luft und Kohlensäure, daneben sehr häufig auch etwas Salpetersäure und Ammoniak. Noch reicher an fremden Bestandteilen sind Quell- und Fluß Wasser, indem sie solche aus den Schichten der Erde aufnehmen, durch oder über welche sie fließen. Die wichtigste Rolle spielt dabei die Kohlensäure. Sie ist die Vermittlerin der Löslichkeit vieler Salze, namentlich des kohlensauren Kalkes und der kohlensauren Magnesia, welche an und für sich in reinem Wasser fast unlöslich sind. Kohlensäuregehalt ist daher die Bedingung des Vorkommens dieser Salze im Wasser, und ihre Quantität bedingt den Unterschied von hartem und weichem Wasser. In noch weit größerer Menge, als im gewöhnlichen Quell-, Brunnen- und Flußwasser, sind Salze und andere mineralische Stoffe in den sogenannten Mineralwässern und den meisten warmen und heißen Quellen enthalten, wie das ohnehin Jedermann bekannt ist.

Die natürlichen Solquellen enthalten gewöhnlich nur 2 bis 10% Salz; sie sind eine überaus häufige Erscheinung in den Alpen, in Galizien, in Siebenbürgen etc.

Durch die Fähigkeit, wie wir gesehen haben, gewisse Stoffe aufzulösen, gewinnt das Wasser eine große geologische Bedeutung. Wir wissen, schreibt Burmeister, wie sich unsere Teekessel inwendig mit steiniger Kruste, dem Kessel- oder Pfannenstein, überziehen, ohne zu ahnen, daß es die kohlensaure Kalkerde des scheinbar reinen Quellwassers ist, welche sich an den Wänden des Gefäßes beim Kochen absetzt. Wir bewundern die schönen buntfarbigen Sprudelsteine Karlsbads und haben in ihnen eines der schlagendsten Beispiele, wie große Massen fester Bestandteile im Quellwasser vorhanden sein können. Sehr viele Quellen, kalte wie warme, bilden ähnliche feste Niederschläge und produzieren mitunter weit ' ausgedehnte Kalkmassen, welche je nach ihrer Form: Kalksinter, Kalktuffe oder Tropfsteine genannt werden. Sinter sind kalkige Absätze von deutlich kristallinischem Gefüge. Tuffe haben mehr ein erdiges Ansehen und pflegen porös zu sein. Tropfsteine zeigen konzentrisch-kristallinische Schichten, ähneln mächtigen Eiszapfen im äußeren Ansehen und entstehen in natürlichen und künstlichen Höhlen, uns dem von der Decke herabträufelnden Wasser, welches, während es verdunstet, den Kalk zurückläßt, den es auf seinem Wege von der Erdoberfläche bis zur Decke der Höhle in sich aufgelöst hatte. Die von der Decke der Höhle nach abwärts wachsenden Gebilde nennt man Stalaktiten, die vom Boden aufwärts sich bildenden Stalagmiten (Fig. 14). Auf dieselbe Art sind die mächtigen Ablagerungen von Kalktuff mit inkrustierten Pflanzenstengeln, Blättern, Moosen etc. am Fuße vieler Kalkgebirge entstanden, wie die durch den kalkreichen Anio im Apennin bei

Tivoli unweit Rom gebildeten Travertinlager, aus welchen die alten Römer die Riesenquadern für ihre Kunstbauten gebrochen haben. Ebenso sind zahlreiche Erzlagerstätten nur durch chemische Niederschläge aus Wasser entstanden. Die Limonitbildungen oder die Raseneisensteine in Sümpfen und Torfmooren verdanken ihre Entstehung eisenhaltigen Wässern. Selbst die Bildung der meisten Erzgänge läßt sich nur auf wässrigem Wege durch Infiltration metallischer Lösungen in die Gangspalten der Gebirge erklären. Aus den chemischen Wirkungen des Wassers erklärt sich auch die an der Oberfläche durch dieselben bewirkte Verwitterung, Zersetzung, Auflockerung und Korrosion der Gesteine, selbst da, wo die Gesteinsteile nur in geringerem Grade löslich sind. Zu den eigentümlichen Korrosionsformen gehört die bienenwabenartige Verwitterung mancher Sandsteine, z. B. der Quadersandsteine, so wie die Bildung non „Karren“ oder „Schratten“ auf den Kalk- Plateau der Alpen.

Fig. 14.



Tropfsteingebilde in der Adelsberger Grotte.

Durch die chemische Tätigkeit des Wassers, namentlich wenn dasselbe unter höherem Druck, bei höherer Temperatur und in Verbindung mit Kohlensäure oder anderen Säuren die Gebirgssteine durchdringt, werden, wie wir schon früher gesehen haben, dieselben zersetzt, teilweise aufgelöst und ihre Bestandteile an die Erdoberfläche geführt. Diese durch lange Zeitperioden fortdauernde Aktion muß notwendig Hohlräume im Inneren der Erdrinde hervorbringen, und ihr verdanken in der Tat die Höhlen und unterirdischen Grotten,

die wir am häufigsten in den leicht löslichen Kalk- und Gipsgesteinen finden, ihre Entstehung. Sind die Wandungen der Höhlen nicht durch einen Panzer von Kalksinter geschützt, so arbeiten die Gewässer, unterstützt durch Bäche, an deren Vergrößerung. Namentlich ist dies bei den von Wasser gefüllten Gipsschloten der Fall, wo dasselbe unablässig lösend auf alle Seiten des Hohlraumes wirkt. Kann nun das Deckengewölbe die auf ihm ruhende Last nicht mehr tragen, so stürzt die Höhle ein. Lag der Schauplatz dieses unterirdischen Ereignisses tief, so mag sich seine Einwirkung nicht in sichtbarer Weise, sondern einzig durch stoßartige Erschütterungen auf der Erdoberfläche betätigen; lag er der letzteren näher, so bildeten sich außerdem in Folge des Gesteinsnachsturzes Spalten oder trichter- und kesselförmige Vertiefungen, Erdfälle; unter allen Umständen aber wird die ursprüngliche Lagerung der über den zusammenbrechenden Hohlräumen befindlichen Schichten gestört werden. Zahlreiche lokale Erdbeben, wie sie kalk- oder gipsreiche Gegenden heimgesucht haben, scheinen durch derartige Einstürze und Senkungen erzeugt worden zu sein.

\*) Tropfsteingebilde in der Adelsberger Grotte [Heute: Postojna].

## Flüsse.

Aus Quellen entstehen durch Vereinigung Bäche, aus Bächen Flüsse, aus Flüssen Ströme. Da der Wasserreichtum eines Flusses nicht allein von dem Umfang seines Quellgebietes oder von dem

Gebiet, welches er entwässert, und von der Menge der atmosphärischen Niederschläge auf diesem Gebiet, sondern auch von dem Klima abhängt, welches die Verdunstung mehr oder weniger begünstigt, und von der Beschaffenheit der Oberfläche, insofern als Wasser nicht aufsaugende Gebirgsarten oder offene unbewaldete Gegenden die Menge des in offenem Gerinne abfließenden Wassers begünstigen, wird man es begreiflich finden, daß der Wasserstand der Flüsse auch ein vielfach wechselnder ist.

Die einzige Ursache der Bewegung des Wassers in Flüssen ist das Gefälle des Wasserspiegels. Je größer das Gefälle, desto größer die Geschwindigkeit. Nach den Gesetzen des Falles auf einer schiefen Ebene sollte aber auch da, wo das Gefälle auf größere Strecken gleich bleibt, die Geschwindigkeit des Wassers, wie die einer Kugel, welche eine schiefe Ebene hinabrollt, eine gleichförmig beschleunigte sein. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Bewegung ist bei gleichem Gefälle eine gleichförmige, und die Ursache der Umwandlung der vom Gefälle hervorgerufenen beschleunigten Bewegung in eine gleichförmige ist der Reibungswiderstand am Umfang des Flußbettes. Aus derselben Ursache ist die Bewegung des fließenden Wassers eine rollende, nicht eine schiebende. Von der Geschwindigkeit des Wassers ist wiederum seine mechanische Kraft, d. h. seine Fähigkeit, feste Körper, wie Felsblöcke, Kies, Sand und Schlamm, fortzubewegen, abhängig, und diese mechanische Kraft wächst mit der Stromgeschwindigkeit in einem potenzierten Verhältnis. Dies führt uns zur Betrachtung des Wassers als eines mechanischen Agens.

Das Wasser als mechanisches Agens.

Die mechanische Wirkung des fließenden Wassers der Flüsse ist eine dreifache: eine zerstörende (Erosion), eine fortschaffende (Transportation) und eine ablagernde (Verbreitung und Ablagerung des fortgeschafften Materials). Durch die Erosion wird der Talboden, der einem fließenden Gewässer zur Unterlage dient, fort und fort vertieft, ja viele Täler überhaupt sind einzig und allein durch die Wirkungen der Erosion gebildet. Sie wird umso rascher und kräftiger bewirkt, je stärker das Gefälle des Flusses oder Baches und je rascher sonach sein Lauf ist, dann je weicher die Gebirgsmassen sind, in welchen er sich bewegt. Am deutlichsten erkennt man die talbildende Wirkung eines Flusses dann, wenn seine Ufer von Gebirgsarten gebildet werden, welche in steilen oder senkrechten Wänden sich zu erhalten vermögen; abgesehen von festen Gesteinen besitzt diese Eigenschaft insbesondere der Löß, der zudem durch seine geringe Konsistenz der zerstörenden Wirksamkeit des Wassers nur geringen Widerstand entgegensetzt. Auch nicht konstante, nur durch Regengüsse zeitweilig entstehende Wasserläufe höhlen in diesem Gebilde, welches in dem Donautale, so wie in den Karpathenländern in großer Verbreitung auftritt, wo es immer in größerer Mächtigkeit ansteht, außerordentlich tiefe Schluchten aus; in großartigem Maßstabe zeigt sich diese Erscheinung nach F. v. Hauer insbesondere am Dniester und seinen Nebenflüssen in Ostgalizien. Der Boden, ein Hochplateau, ist daselbst von einer mächtigen Lößdecke gebildet, unter welcher Weiche, sandige und kalkige Gesteine und unter diesen härtere Schiefer liegen. Bis zu den letzteren nun haben die Flüsse ihr Bett vertieft, dasselbe liegt in einer engen und tiefen Rinne, die in das horizontale Land eingeschnitten ist. In ähnlicher Weise geformte Täler beobachtet man nicht selten in Plateauländern überhaupt, so in den Kalksteingebieten des Karst, im Granitplateau im südlichen Böhmen etc.; sie werden in Amerika, wo sie vielfach typisch namentlich am Colorado-Fluß Vorkommen, Canyons genannt.

Eine weitere Tätigkeit des Wassers ist die Unterwaschung festerer Gesteine und die Aufweichung toniger oder sonst leicht zerstörbarer Schichten, welche unter härteren Felsmassen oder mit solchen wechsellagern. Diesen Wirkungen sind die Bergstürze, die Abrutschungen ganzer Felsmassen, die sogenannten Erdschlipfe etc. zuzuschreiben.

Bergstürze und das Niedersinken des Bodens geben ferner nicht selten Veranlassungen zu nachfolgenden Veränderungen der Erdrinde von nicht geringerer Bedeutung. Die herabgestürzte Masse derselben füllt nicht selten die benachbarten Täler aus, der Lauf der Flüsse wird gehemmt, und die obenliegenden Gegenden, welche sonst vom Wasser entblößt waren, werden in Seen verwandelt. Die Wassermasse der Seen schwillt an und erhält sich, so lange der Damm ihr genügsamen Widerstand in den Weg legt; doch allmählich untergraben und ausgewaschen, kann er häufig den Druck der Wassermasse nicht mehr tragen, er zerbricht, und plötzlich erhält das Wasser einen Ausweg, bei seinem Abzüge Alles verheerend, was ihm entgegensteht. Solche Ereignisse sind noch in unseren Tagen nicht selten, und daß sie in den früheren Perioden der Erdbildung häufiger waren, beweisen die Formen so vieler Alpentäler. Escher hat gezeigt, daß die in diesen enthaltene Wassermasse groß genug war, die mächtigen Felstrümmer der Alpen an den gegenüberliegenden Jura zu versetzen. Auch in den Tälern niedriger Gegenden läßt sich häufig erweisen, daß sie einst nur aus einer Kette von Landseen bestanden, welche durch die Zerreißung ihrer Trennungsdämme miteinander verbunden wurden; der Rhein, die Donau zeugen davon, und ausgezeichnete Beispiele geben die Elbe in Böhmen, die Rhone bei l'Ecluse, und in den kanadischen Seen, so wie in den Seen Rußlands erblicken wir diesen ursprünglichen Zustand noch fast vollendet erhalten.

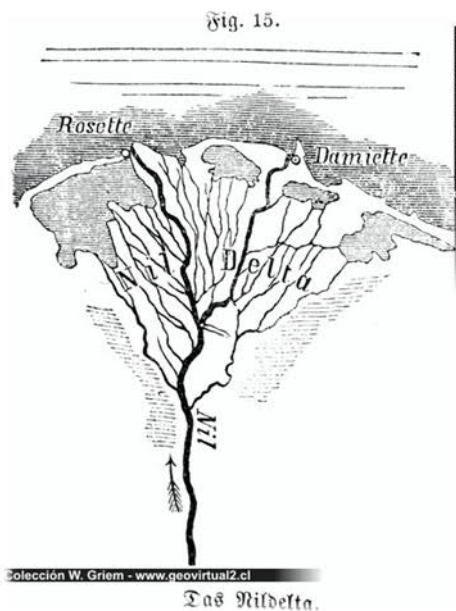
Durch den Einfluß der Atmosphäre, des Regens, des Frostes, des Windes, durch Pflanzen etc. sind selbst die härtesten Gesteine einem fortwährenden Zerstörungs- Prozess, der Verwitterung, unterworfen. Das Produkt dieses Zerstörungs- Prozesses ist der Gebirgs- oder Gesteinsschutt und der Gesteinsgrus, der" durch Regengüsse in die Gebirgsbäche und aus diesen in die Flüsse geführt wird. Von letzteren wird es wieder fortgeschafft, an anderen Stellen abgelagert und zu Neubildungen verwendet. Naturgemäß lagern sich zuerst die großen Blöcke und das große Geschiebe ab, dann folgen die kleineren Flußgeschiebe, der sogenannte Kies oder Schotter, und zuletzt an den Mündungen der Flüsse, wo das Gefälle fast Null ist, Sand und Schlamm. Es sind somit überall Wasserläufe an der Arbeit, und förmlich die ganze Oberfläche des Kontinentes ist in Bewegung den Ozeane zu. Der Rhein beispielsweise setzt oberhalb Germersheim bei einer Wassermenge von 1200cbm Per Sekunde auf einen laufenden Meter Flußlänge 1000cbm (auf 1000m Flußlänge 1,000.000cbm) Kies in Bewegung. Man hat berechnet, daß der Ob, der Jenisei und die Lena, die drei größten Flüsse des nördlichen Asien, in 500 Jahren 7,4 Kubikmeilen Land ins Eismeer tragen, und daß der Mississippi dem mexikanischen Golf jährlich 3,702,758.400 Kubikfuß fester Stoffe zuführt, eine Masse, welche 1 englische Quadratmeile 268' tief bedecken würde. Die Masse, welche der Ganges jährlich in den bengalischen Meerbusen führt, wurde auf 6'368,000.000 Kubikfuß berechnet.

In Folge der Ablagerungen erhöhen die Ströme allmählich ihr Bett, versanden, brechen aus, stürzen sich über ihre Ufer, graben sich ein neues Bett und lasten das ältere zuweilen trocken zurück. Um dies zu verhüten und sich und ihre Fluren vor derartigen Überschwemmungen zu sichern, dämmen die Bewohner der, Stromtäler die Ufer der Flüsse ein und erhöhen diese Dämme in demselben Verhältnisse, in welchem sich der Boden der Ströme erhebt. Bein» Po ist dieser halb natürliche, halb künstliche Damm so hoch, daß man beim Übergange über denselben, z. B. bei Ferrara, einen förmlichen Hügel ersteigen muß und das Niveau der Stadt Ferrara unter dem des nahen Pobettes liegt.

Dort, wo die Flüsse ihre Wassermassen in Seen oder in das Meer ergießen, bilden sich unter gewissen Bedingungen durch den Absatz mechanisch fortgeführten Gesteinsmaterials Deltas. Die Seen, welche von den aus dem Gebirge tretenden Flüssen durchströmt werden, dienen deshalb als Abklärungsbecken, in welche die Gewässer, mit Schutt, Schlamm und Sand beladen, eintreten, und welche sie vollkommen klar und ohne eine Spur mechanisch suspendierter Teilchen verlassen. Diesem Zwecke dient beim Rhein der Bodensee, der Vierwaldstätter See bei der Reuß, der Brienzer und Thuner See bei der Aar, der Genfer See bei der Rhone.

Die Deltas, welche die Ströme an ihren Einmündungsstellen bilden, bestehen aus abwechselnden Sand-, Kies- und Lehmlagen, welche eingeschwemmte Reste von Pflanzen, Land- und Süßwassertieren in größerer oder geringerer Menge einschließen und zum Teil regelmäßige, allmählich flach abfallende, zum Teil aber auch, und zwar namentlich bei an Hochfluten reichen Strömen, höchst verworren gelagerte Schichten bilden.

Ebenso wie in Landseen, nur in weit größerem Maßstabe, finden auch die Ablagerungen an der Mündung der Flüsse ins Meer statt. Nur wird es sich hier in den meisten Fällen um Absätze von Schlamm und Sand handeln, da der Fluß alles grobe Materiale schon in seinem oberen Lauf



abgesetzt hat. Der Rhein z. B. hat ein Delta bei seinem Einfluß in den Bodensee, die Wolga und der Ural bei ihrer Einmündung ins Kaspische Meer. Am vollkommensten sind die Deltabildungen an der Mündung großer Ströme in Meere ohne Gezeiten, hier bilden sich durch kombinierte Tätigkeit des Stromes und des Meeres jene ausgedehnten Schlammflächen, die von einem Netzwerk von Wasseradern durchzogen sind und vorzugsweise den Charakter derjenigen Ablagerungen an sich tragen, die man als fluvio-marine bezeichnet. Solcher Art ist das Nildelta (Fig. 15), das eine Oberfläche von 460 geographischen Meilen einnimmt, das Donaudelta an der Mündung der Donau ins Schwarze Meer, das Delta des Po bei seinem Ausfluß ins adriatische Meer, ferner des Ganges, des Mississippi etc. Besondere

Erwähnung verdient die Tatsache, daß Flüsse, welche in Meere mit starker Ebbe und Flut oder mit kräftigen Meeresströmungen münden, keine Deltas bilden.

Salzseen (Seen, die nur Zufluß, aber keinen Abfluß haben, sind salzig).

Es konzentrieren sich nämlich nach und nach die ihnen in starker Verdünnung zugeführten Mineralsubstanzen, wie dies namentlich im Toten Meere, im Elton-See und im großen Salzsee in Nordamerika der Fall ist. Das Wasser des Toten Meeres enthält etwa 22% Salze aufgelöst, unter welchen Chlormagnesium bei weitem vorwaltet, während Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium und Brommagnesium mehr zurücktreten; somit ist es augenscheinlich eine durch Verdunstung von Meerwasser entstandene Meerlauge. Der große Salzsee im Gebiete der Mormonen ist nach Fremont ganz mit Chlornatrium gesättigt.



### Mechanische Wirkung des Meeres.

Ähnlich wie die fließenden Gewässer in den Gebirgen sehen wir heute noch das Meer in den Tiefländern der Erde mächtige Veränderungen auf die feste Erdrinde ausüben, welche mit denen der Vorzeit in Vergleich gebracht werden können; Meeresströme (veranlaßt durch die Form der Kontinente, Bewegung der Erde, Luftströme, Temperaturverteilung) durchfurchen den Boden desselben; sie bilden ungleich verteilte Unebenheiten, wie sie jetzt auf dem Festland-Vorkommen, das, wie wir gesehen haben, zu wiederholten Malen einst Meeresgrund war. Sichtbarer indessen und unstreitig einflußreicher ist die Wirkung, welche das Meer auf die Gestalt feiner Küsten ausübt; steile Felsenufer werden allmählich von der Bewegung der Wellen unterwühlt und müssen einstürzen, das Meer bemächtigt sich der zertrümmerten Klippe und, indem es sie hin- und herrollt, verwandelt es sie in die zahllosen Geschiebe und Sandmassen, die seine Ufer bedecken und aufgeschüttete Ebenen auf seinem Grunde bilden, welche ganz jenen aufgeschütteten Sand- und Geröllebenen gleichen, die wir oben geschildert haben. Auf diese Weise werden fortwährend Teile des Festlandes in Meeresgrund umgewandelt, und die Spuren zerstückelter Felseninseln (Helgoland, Scheeren an der Küste Skandiaviens, Ostküste Asiens, mexikanischer Meerbusen) an den Küsten des Festlandes zeugen von dem großen Einflusse dieser ununterbrochen fortdauernden Wirkung. An flachen sandigen Küsten geht diese Art der Zerstörung häufig viel schneller und furchtbarer vor sich, außerordentliche Fluten, ein einziger Sturm sind oft vermögend, ganze Provinzen unter Wasser zu setzen und sie für Jahrhunderte in Meeresgrund zu verwandeln.

In den großen Tiefen des offenen Ozeans scheint es aber meist ganz und gar an mechanischen Niederschlägen zu fehlen; so brachten aus den größten Tiefen des Atlantischen Ozeans die Tiefseesondierungen, die bei Gelegenheit der Studien über die Legung des Telegraphenkabels gemacht wurden, nur Reste von tierischen Organismen, aber weder Sand noch mineralischen Schlamm zu Tage, auch die Schleppnetzuntersuchungen in den nördlich von den britischen Inseln gelegenen Meeresregionen lieferten nach Carpenter's Schilderungen größtenteils nur Erzeugnisse organischer Tätigkeit — die umfassenden Tiefseee Untersuchungen endlich, welche von den Amerikanern mit dem Dampfer „Challenger“ in den tropischen und subtropischen Regionen des Atlantischen Ozeans zwischen Westindien, den kanarischen Inseln, Bermudas und den Azoren in der allerletzten Zeit durchgeführt wurden, und über die uns vorläufige Mitteilungen von Prof. Thomson vorliegen, zeigten, daß der Boden des von den Küsten entfernten Meeres, der häufig bei 5500m, an einer Stelle aber erst 7087m tief gefunden wurde, zumeist von einem außerordentlich feinen roten Schlamm bedeckt ist.

### Eis und Gletscher.

Die Mitwirkung des Eises auf die Gestaltung der Erdoberflächen-Verhältnisse hat sich der Natur der Sache nach weniger durch Wassereis, als durch die größeren Ansammlungen von Landeis, welche man als Gletscher bezeichnet, geltend machen können.

Gletscher (Fig. 16) sind Eisströme, welche den Firnschneefeldern entspringen und sich in langsamem Flusse talabwärts bewegen. Ihr Material besteht aus festen, harten Eiskörnern, welche zu einer kompakten Masse verschmolzen sind. Letztere ist nach allen Richtungen von außerordentlich seinen, sich netzförmig kreuzenden und verzweigenden Haarspalten durchzogen. Das Gletschereis entsteht aus Zusammenschmelzen des Firneises, dieses durch Abschmelzen der Firnschneekrystalle zu runden, losen oder durch Eis-Zement verkitteten Körnern. Die Heimat des Firnschnees sind die höchsten Partien des Hochgebirges, so wie das

Innere des polaren Festlandes, wo er sich als Niederschlag der atmosphärischen Feuchtigkeit bildet. In geringeren Höhen und in polaren Gegenden, in größerer Nähe des Meeres, bildet er sich zu Firneis und in noch tieferen Niveau zu Gletschereis um. Die Firnschneefelder sind demnach die Eisreservoirs, aus denen die Gletscher entspringen und ernährt werden, so daß sich Gletscher und Schneefelder zueinander verhalten, wie ein Fluß zu dem See, welchem er Abfluß verschafft. Es bewegt sich also auch die Firnmasse fort und fort talabwärts, bis sie in oben angegebener Weise in Gletschereis umgewandelt wird und dann als solches die Bewegung fortsetzt.



Fig. 16: Gletscher und Moränen

Man unterscheidet diejenigen Gletscherströme, welche sich langgestreckt, und aus festem Eise bestehend, in Haupttäler tief hinabziehen, als Gletscher erster Ordnung oder primäre Gletscher von den weniger ausgedehnten, in kurzen hochgelegenen Mulden und Talrinnen oder auf steileren Felsabhängen liegenden, gewöhnlich nur aus mehr lockerem Eise bestehenden Gletschern der zweiten Ordnung oder sekundären Gletschern, welche kein Haupttal erreichen, und von den noch kleineren Hoch- oder Jochgletschern, welche von den höchsten Jochen niederhängen, ohne tief unter die Schneelinie zu reichen, und welche nur Spuren von Eisbildung zeigen. In Bezug auf die geographische Verbreitung hat man Hochgebirgsgletscher und Polargletscher unterschieden, wiewohl diese Unterscheidung nicht strenge durchführbar ist, indem viele Polargletscher, wie diejenigen von Grönland, auch zugleich Hochgebirgsgletscher sind.

Die Bewegung der Gletscher, ihr Abwärtsstießen, ist den Alpenbewohnern eine bekannte Tatsache, doch bedurfte es langer Untersuchungen, bis die Gesetze, welche sie regeln, genauer bekannt und ihre wahren Ursachen klargestellt werden konnten. Sie beruht im Wesentlichen auf zwei Momenten, erstlich einer wirklichen Plastizität des Eises, welche durch direkte Versuche nachgewiesen wurde. Eine Eisplatte oder ein Eisstab, nur an den beiden Enden unterstützt und an der Mitte beschwert, biegt sich allmählich nach abwärts, ganz in ähnlicher Weise wie eine Stange Siegelack. Die zweite für die Beweglichkeit noch wichtigere Eigentümlichkeit des Eises ist die Fähigkeit des sehr raschen Zusammenfrierens getrennter Teile, besonders wenn dieselben aneinander gepreßt werden, oder das von Tyndall sogenannte Phänomen der Regelation. Er zeigte durch Experimente, daß feuchte Eisflächen unter Druck sehr leicht zusammenfrieren. Er bog auf diese Weise eine Eisstange zu einem Ring und drückte einen Eiszyylinder unter einer hydraulischen Presse zu einer Eisplatte, die radial laufende Spalten und

Risse zeigte, zusammen. Bei den Gletschern, wo das zwischen dem zusammengepreßten Eise befindliche Wasser auf Spalten entweichen kann, gestaltet sich die Regelation folgendermaßen: Es wird das Eis gepreßt, aber nicht das Wasser, welches ausweicht. Das gepreßte Eis wird dann kälter, entsprechend dem Druck, aber die Temperatur des Wassers, welches nicht zusammengepreßt wird, wird nicht erniedrigt. So haben wir unten diesen Umständen Eis kälter als  $0^{\circ}$  in Berührung mit Wasser von der Temperatur von  $0^{\circ}$ . Die Folge davon wird sein, daß fortdauernd rings um das Eis Wasser gefriert und neues Eis sich bildet, während dafür ein Teil des gepreßten Eises fortschmilzt. So werden zwei Eisstücke unter Druck durch das an ihrer Berührungsfläche gefrierende Wasser fest miteinander vereinigt werden. Das ist die Erklärung für das von Faraday zuerst entdeckte und von Tyndall auf die Gletscher angewandte Phänomen der Regelation des Eises, wie sie Helmholtz gegeben hat.

Die Schnelligkeit, mit welcher die Gletscher vorrücken oder abwärts fließen, hängt von sehr verschiedenen Umständen ab ; so ist sie im Sommer stets größer als im Winter, auf steiler geneigter Unterlage größer als bei sanfter Abdachung des Talbodens, bei größeren Gletschern in der Regel bedeutender als bei kleineren; unter mittleren Verhältnissen beträgt sie durchschnittlich 20—25cm im Laufe von 24 Stunden, steigt aber unter besonders günstigen Verhältnissen bis über 1m. Aber auch in einem und demselben Gletscherstromen zeigen sich erhebliche Unterschiede in der Schnelligkeit der Bewegung, und ebenso bringen Jahre, die sich durch geringere Sommerwärme, dann durch häufigere Niederschläge von Regen und Schnee auszeichnen, unmittelbar ein Wachsen der Gletscher, ein weiteres Vorrücken derselben in den Tälern hervor; in wärmeren und trockenen Jahren dagegen ziehen sich die Gletscher weiter zurück oder, richtiger gesagt, schmelzen bis weiter in das Tal hinauf ab. So wissen wir z. B., daß der Vernagtferner im Ötztale, der innerhalb der letzten 300 Jahre bereits dreimal in Perioden, die durchschnittlich um 84 Jahre auseinander liegen, seine Eismassen bis in das Rosenthal herunter vorschob, dieses abspernte und den Bach, der es durchfließt, zu einem See ausstaute, der dann endlich, seinen Damm durchbrechend, furchtbare Verwüstungen bis weit hinab ins Ötztal trug.

Früher, und zwar in der Eisperiode, hatten die Gletscher eine viel größere Verbreitung. Aus den Haupttälern der Alpen traten mächtige Eisströme in die Ebene; die einen füllten das weite Tal zwischen dem Jura und dem erstgenannten Gebirge vollständig, also bis zu 1350'\* Höhe aus; andere drangen über den Bodensee bis weit nach Bayern und Schwaben vor. Von den Südabhängen der Alpen stiegen Eismassen bis in die Po-Niederung hinab. Selbst Großbritannien und Skandinavien ähnelten in der Eiszeit in Bezug auf ihre Gletscherbedeckung und die Ausdehnung ihrer Gletscher bis zum Meeresspiegel dem heutigen Feuerland und Grönland.

Indem der Gletscher das meist von steilen Felswänden begrenzte Tal bis an seine Ränder vollständig ausfüllt, muß aller Gebirgsschutt, der entlang seines Laufes von diesen Wänden in Folge von Verwitterung und den dieselbe begleitenden Erscheinungen herabfällt, auf die Oberfläche des Gletschers gelangen und durch dessen Bewegung mit nach abwärts getragen werden. Die herabgefallenen Felstrümmer und Schuttmassen häufen sich natürlich zunächst an den beiden Seitenrändern, am Fuße der Wände, von denen sie herabgekommen sind, zu einem Haufwerke an, welches, zusammen mit dem Eise selbst, langsam talabwärts rückt, dabei aber immer wieder durch weiteren Nachfall ersetzt wird. Man nennt alle Haufwerke von Gesteinstrümmern, die unter der Mitwirkung der Gletscher sich bilden, - Moränen, und die in der eben geschilderten Weise entstehenden und sich fort- bewegenden, das Tal entlang an den Seiten des Gletschers sich erstreckenden Schutthalde werden demzufolge Seitenmoränen genannt. Eine sogenannte Mittelmoräne dagegen entsteht, wenn zwei aus zusammen-

mündenden Tälern herabkommende Gletscher zusammenfließen. Bei dieser Vereinigung muß natürlich auch die rechte Seitenmoräne des einen Zweiggletschers mit der linken des anderen Zusammenstoßen, und indem die Bewegung nach abwärts weiter fortschreitet, bilden sie einen Damm auf der Mittellinie des vereinigten Gletschers. Alle derartigen Trümmer werden vom Gletscher talabwärts getragen bis an sein unteres Ende, wo sie endlich herabfallen und sich zu einem Haufwerke sammeln, welches einen mehr oder weniger vollständigen, das Tal verquerenden Damm bildet, der dann die Stirn oder Endmoräne heißt. Rückt der Gletscher im Tale vor, so schiebt er die Endmoräne vor sich her; zieht er sich durch Abschmelzung weiter zurück, so bleibt die Endmoräne als freistehender Damm, der das Tal von einem Rande zum anderen verquert und meist nur in der Mitte durch den Gletscherbach durchschnitten ist, zurück.

Noch eine besondere Art des Gesteinstransportes aber ergibt sich dann, wenn ein Gletscher, wie dies in den Polarregionen tatsächlich der Fall ist, unmittelbar in das Meer mündet. Die Eismassen, die mit Gesteinsblöcken und Moränenschutt beladen sind, werden hier von der Strömung erfaßt und in oft sehr entlegene Gegenden so lange fortbewegt, bis sie einschmelzen und ihre Last auf den Boden des Meeres, oder sind sie an einer Küste gestrandet, an dieser fallen lassen.

Ähnliche Wirkungen treten ein, wenn, wie dies namentlich am St. Lorenzostrome in Canada in großen Maßstabe vorkommt, Gesteinsmassen auf Flußeis gelangen und mit diesem beim Eingange weiter abwärts oder ins Meer hinaus transportiert werden. Man nennt derartige durch die Tragkraft des Eises von ihrer Heimatstätte entfernte Gesteinsblöcke Findlinge oder erratische Blöcke (Fig. 17). Manche derselben haben eine beträchtliche Größe; sie entschädigen diese Flachländer für den Mangel an Felsen. Baumaterialien vieler Art werden aus ihnen gewonnen; die große Granitschale vor dem Museum in Berlin ist aus einem solchen Block geschnitten, und der Schwedenstein auf dem Schlachtfelde bei Lützen verdient diesen Namen nicht bloß als Denkmal Gustav Adolfs, sondern auch seines skandinavischen Ursprunges wegen.

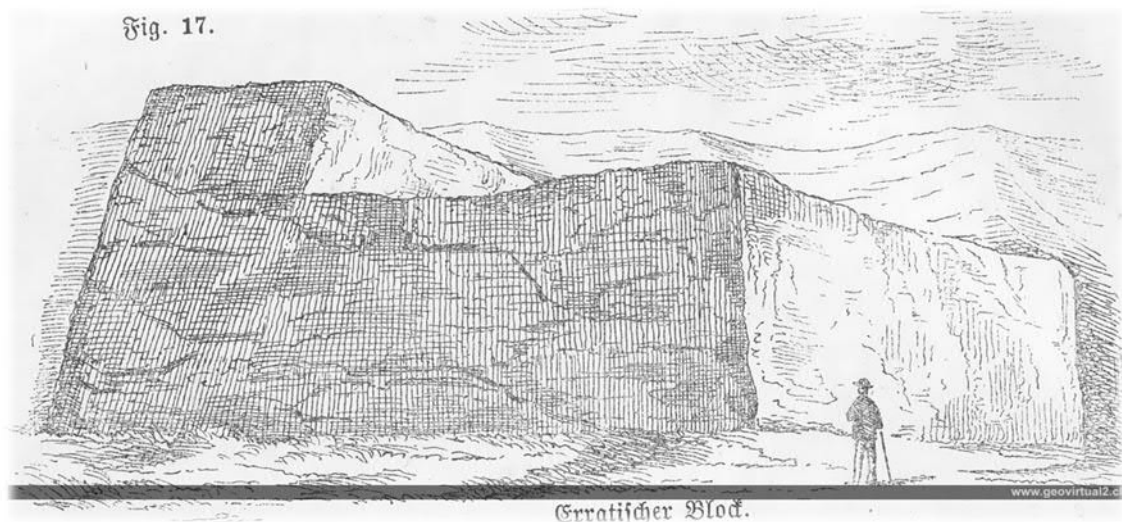


Fig. 17: Erratischer Block

#### Der Verwitterungsprozess.

Dieser Prozess, der eine so hohe geologische Bedeutung hat, beruht insbesondere auf Zersetzung aller Gesteinsmassen, welche Kieseelerde zu ihren Bestandteilen zählen, und auf

Bildung neuer, oft leicht löslicher Verbindungen. Er erfolgt näher der Oberfläche unter Einwirkung der atmosphärischen Lust und kohlensäurehaltigen Wassers, geht zwar nur langsam vor sich, ist aber in seinen Wirkungen eine der mächtigsten geologischen Potenzen. Durch ihn werden nicht nur die ältesten (plutonischen) Gebirgsmassen unablässig zerstört, sondern er ist andererseits der eigentliche Urbarmacher. Jede pflanzentragende Scholle, das ganze „fruchtbare“ Erdreich, sagt Kner, ist nichts als das Produkt der Verwitterung fester Gesteine; ohne diese wäre die Erde noch wüst und leer, wie sie war „am ersten Tage der Schöpfung“. So wirkt die Natur am größten, wo sie am stillsten wirkt, und schafft, wo sie zu zerstören scheint. Die tropfenweise versinkenden Wasser genügen, um das Granitskelett der Erde zu zerstören und sie aus einer Wüste zum Wohnplatz millionenfachen Lebens umzugestalten.

Wäre die Erde ihres Pflanzenlebens bar, so könnte auch keine Tierschöpfung bestehen. Denn auch diese hat in der Pflanzenwelt ihre notwendige und unerlässliche Voraussetzung. Die Fleischfresser nähren sich von dem Fleische der Pflanzenfresser, die wiederum ihres Teils die Kostgänger der Pflanzen sind. Ja bei den meisten niederen Tieren ist das Verhältnisse zur Pflanzenwelt noch enger; es ist ihnen gar keine Wahl in ihrer Kost gestattet, wie etwa unseren Haustieren, sondern viele derselben existieren schlechthin nur als Bewohner einer einzigen Pflanzen-spezies; auf ihr werden sie geboren, von ihr nähren sie sich, und wenn sie abstirbt, gehen sie mit ihr zu Grunde. So ist also der Verwitterungsprozess der notwendige Vorläufer der Pflanzen- und Tierschöpfung gewesen; daß die Erde sich mit Pflanzen bekleidet, daß sie sich mit Menschen und Tieren bevölkert hat, dazu hat er den ersten Grund gelegt.

Einige Beispiele mögen den Verwitterungsprozess erläutern: Ein sehr verbreitetes Mineral ist der Schwefelkies, d. h. Eisen verbunden mit Schwefel. Er tritt oft nur in so kleinen Partikelchen auf, daß er wie eingesprengte schwarze Pünktchen erscheint. Durch den Sauerstoff der Luft wird das Eisen nun zu Eisenoxydul, der Schwefel zu Schwefelsäure oxydiert; es entsteht schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol), das vom Wasser leicht ausgezogen und fortgeführt wird. Für die Vegetation ist durch die Entstehung dieses Salzes freilich noch wenig gewonnen. Wohl aber sind dem Wasser Wege geöffnet, auf welchen es weiter Vordringen kann; wertvolle Bestandteile sind dem Einflüsse der Kohlensäure bloßgelegt, mit einem Wort, dem Verwitterungsprozess ist ein Herd bereitet, von wo aus er sich weiter verbreiten kann.

Die Silikate werden hauptsächlich von der Kohlensäure angegriffen, besonders unterliegt dieser Wirkung der Feldspat. Die Kieselsäure wird aus ihrer Verbindung mit den Alkalien und der Kalkerde verdrängt, und letztere werden als kohlensaure Salze fortgeführt, während erstere ebenfalls im löslichen Zustande frei wird. Der Anfang des Prozesses gibt sich auch hier durch Auflockerung des Gesteines, Weichwerden des Feldspates etc. zu erkennen. Bei gänzlicher Entfernung der Alkalien oder der Kalkerde wird der Feldspat ganz und gar zu Ton zersetzt. Langsamer, aber in ähnlicher Weise geht die Zersetzung anderer Silicate, der Augite, Glimmer etc., vor sich. Am meisten Widerstand leistet der Quarz und die ausschließlich oder vorwaltend aus demselben gebildeten Gebirgsarten. Die Verwitterung der Kalksteine wird durch das mit Kohlensäure imprägnierte Wasser, welches dieselben auflöst, leicht eingeleitet und rasch weitergeführt.

Die Wirkungen der Verwitterung werden auch noch durch die Ausdehnung von Wasser, welches in Gesteinsspalten eingedrungen ist und daselbst gefriert, dann durch das Eindringen und das allmähliche Wachsen der Wurzeln jener genügsamen Pflanzenarten, welche sich, sobald die Verwitterung ihnen nur etwas vorgearbeitet hat, auf allen Gesteinen ansiedeln.

Der Verwitterungsprozeß, so mächtig er auch zur Umbildung der Erdoberfläche beiträgt, bewirkt aber umso bedeutendere Veränderungen, als er in der Tiefe noch rascher als nahe der Oberfläche erfolgt. Basalt und andere Gesteine verwittern in der Tiefe schneller, und diese Erscheinung erklärt sich auch leicht aus der zersetzenden Kraft des Wassers, die teils durch dessen Erwärmung in größeren Tiefen, teils durch den erhöhten Druck und oft überdies durch Hinzutritt freier Säuren bedeutend zunehmen muß. Als Folgen hievon sind nicht nur Bildung oder Erweiterung von Spalten und Höhlen, Senkungen, Einstürze etc. zu nennen, sondern vorzüglich die Mineralquellen, die sämtlich diesem Auflösungsprozess ihre Entstehung verdanken. Die chemische Analyse verschiedener Mineralquellen zeigt übrigens, daß es keine Felsart, kein Gestein gibt, das nicht endlich durch Wasser zerstört wird, daß selbst Quarz ihm nicht völlig widerstehen kann.

### 3. Das organische Leben.

Es ist eine dem Laien bekannte Tatsache, daß Pflanzen und Tiere sowohl während ihres Lebens als auch nach ihrem Tode verändernd auf die Erdoberfläche einwirken. Wenn nun auch diese Wirkung in der Vorzeit ungleich mächtiger war (wie der bloße Hinweis auf die massenhaften Steinkohlen- und Muschelablagerungen zeigt), so äußert sie sich doch noch immer, bald durch Zerstören, bald durch Bilden, und erfolgt, wie in der unorganischen Natur, teils auf mechanischem, teils chemischem Wege.

Was die mechanische Zerstörung des Bodens durch lebende Pflanzen betrifft, so ist bekannt, wie namentlich Flechten allmählich Gesteine und Felsmassen überziehen. Dieser Flechtenüberzug hält gleichen Schritt mit dem Verwitterungsprozeß der Gesteine und trägt gleich ihm zur Urbarmachung des Bodens bei. Er gibt die erste Veranlassung zur Bildung von Humus und Dammerde und hierdurch zur Ansiedelung immer vollkommenerer Pflanzen, durch welche dann die Zerstörung der Felsmassen immer rascher erfolgt.

Wichtiger noch als die mechanische ist die chemische Zerstörung des Bodens durch lebende Pflanzen. Denn wie bekannt, werden nicht nur leicht lösliche Mineralien von ihnen aus dem Boden aufgesaugt und zur Bildung ihrer eigenen Masse verwendet, wie z. B. Kali, Natron, Kalk, Eisenoxyd etc., sondern auch Säuren und andere Stoffe von ihnen ausgeschieden, welche abermals die Zersetzung verschiedener Bodenbestandteile begünstigen. Die Erschöpfung und Aussaugung eines Bodens durch Pflanzen, die umso rascher erfolgt, je üppiger der Pflanzenwuchs, je größer das Erträgniß der Ernten ist, die sich hieraus ergebende Notwendigkeit des Ersatzes der verlorenen Bodenbestandteile, sie beruhen größtenteils auf den chemischen Zerstörungen des Bodens durch lebende Pflanzen und auf der Beschleunigung des Verwitterungsprozesses.

Minder bedeutend ist der zerstörende Einfluß lebender Tiere auf die Erdoberfläche; er beschränkt sich fast nur auf einige Bohrmuscheln und Schnecken, welche Kalkfelsen unter dem Meeresspiegel oft wie Bienenkuchen durchlöchern und aushöhlen. Die Mehrzahl der Weichtiere besitzt ferner die Fähigkeit, kohlensauren Kalk aufzulösen und ihn zur Bildung ihres Gehäuses oder des bei vielen sich öfters regenerierenden Deckels zu verwenden.

Bedeutender tragen aber Pflanzen und Tiere zur Erhaltung und neuen Bildung der Erdrinde bei. Sie wirken konservierend, indem sie um Felsenmassen einen schützenden Überzug bilden, durch Absperrung des Zutrittes von Luft und Wasser ihre Verwitterung hindern, oder als mechanisches Bindemittel ihr Zerfallen oft lange verhüten. So wird der Dünensand allmählich durch Sandpflanzen fixiert, so in Tropenländern durch die kleinen Manglebäume dem Meere stets neuer Boden abgewonnen, und so auch werden ausgedehnte Felsenriffe durch Korallen und andere Pflanzentiere, die sie überziehen, gegen Zerstörung dauernd gesichert.

Zur Bildung neuen Bodens liefert die Pflanzen- und Tierwelt einen mächtigen Beitrag. Bekanntlich stammen alle fossilen Kohlen von Pflanzen her. Um nun Einsicht zu gewinnen, unter welchen Verhältnissen Pflanzenstoffe zur Kohle wurden, darf man nur die Torfmoore näher betrachten. Torf bildet sich noch heute; er entsteht durch Sumpfvegetation an feuchten Stellen, die einen für Wasser undurchdringlichen Untergrund besitzen. Die Torfpflanzen, besonders aber das Torfmoos (Sphagnum) und das Astmoos (Hypnum), besitzen die Eigenschaft, weiter nach oben fortzuwachsen und neue Wurzeln zu treiben, während die unteren Teile der Pflanze absterben. Da sie somit im Stande sind, die Torfbildung beständig weiter fortzusetzen und auf den abgestorbenen Moosschichten neue zu produzieren, so bringen sie eine stetige Zunahme der Mächtigkeit der Torfmoore hervor. Die Existenz der letzteren ist an bedeutende Mengen von Feuchtigkeit gebunden, es könnte deshalb eine solche Erhöhung der Torfmoore über ihr ursprüngliches Niveau nicht stattfinden, wenn nicht sämtliche an deren Zusammensetzung beteiligten Moose hygroskopisch wären und die Feuchtigkeit der Luft in hohem Grade an sich zögen und festhielten. Bei der Umwandlung des Moores in Torf verliert es sein verfilztes Ansehen, wird schwerer, bröckelig, erdig und schlammig, deutlich erkennbare Pflanzenteile verschwinden, seine Farbe geht in eine anfänglich braune, dann dunkelschwarze über. Finden solche Torfbildungen in Sümpfen, welche hinter Dünen liegen, statt, und werden sie bei dem Landeinwärtsrücken der letzteren von Sand bedeckt, so wandelt sich der Torf unter dem Drucke der auf ihm lastenden Sandhügel, welche zugleich den Prozeß der Vermoderung verlangsamen, in eine braunkohlenähnliche geschichtete Masse um. Wird sie von neuen Gesteinsablagerungen bedeckt und vor Zutritt der Luft geschützt, so beginnt die allmähliche Umbildung zu "wirklicher Mineralkohle, die durch fortschreitende Ausscheidung der in der Pflanzensubstanz neben der Kohle vorhandenen Stoffe, des Sauerstoffes und Wasserstoffes, bewirkt wird und demnach in einer stets höheren Konzentrierung des Kohlenstoffes besteht.

Ebenso wie aus Torfmooren kann auch aus aufgehäuften Treibholzmassen, wie solche noch heute von den großen Strömen Nordamerikas und Sibiriens zusammengeschwemmt werden, die Entstehung von Kohlenflözen abgeleitet werden, doch scheint im Allgemeinen ihre Entstehung aus Torf-, oder einer dieser ähnlichen Sumpfvegetation überhaupt, die gewöhnlichere zu sein.

Andere durch die Tätigkeit mikroskopischer Pflanzen, der kieseligen Diatomeen oder Spaltalgen, gebildeten Gesteine sind die Polierschiefer, Infusorienerde, die Kieselgur etc., von denen sich Lager unter anderen auch bei Franzensbad in Böhmen, bei Jastraba in Ungarn etc. finden. Sie bestehen beinahe nur aus den Kieselpanzern der genannten, Infusorien ähnlichen Algen, die auch gegenwärtig an einigen Meeresküsten in ungeheurer Anzahl leben.

Noch bedeutender ist die Bildung von Kalksteinen durch Algen, welche die Fähigkeit besitzen, kohlensaure Kalkerde aus dem Meerwasser abzuscheiden, Wohl auch aus schwefelsaurem Kalke (Gips), der sich in diesem Wasser in Lösung befindet. Philippi beschrieb diese Algen unter dem Namen Lithothamnium. Manche Kalksteine, besonders der Leitha- oder Nulliporenkalk unserer Tertiärablagerungen, bestehen aus derartigen Lithothamnen.

Von Tieren, die zur Bildung neuer Erdschichten beitragen, sind vorzüglich die sogenannten niederen zu erwähnen, und bemerkenswerter Weise gehören gerade die kleinsten, die Infusorien und Foraminiferen, zu den geologisch wichtigsten, indem sie durch ihre Kieselpanzer und Kalkhüllen und ihre Unzahl im Laufe der Zeiten nicht unwesentlich zur Verdickung der Erdrinde, Hebung des Meeresbodens und Abänderung des Küstenprofils beitragen. Ebenso tragen Korallen und Schwämme zur Bildung neuer Erdschichten bei. Sie überziehen teils die Felsen tropischer Meeresküsten mit ihren Gehäusen und Stöcken, teils bauen sie oft in einer Längenausdehnung von mehreren hundert Meilen aus ansehnlichen Tiefen bis nahe an die Oberfläche des Meeres und stellen die berühmten Korallenriffe dar, an denen besonders das Rote Meer und die Südsee so überreich sind, daß man bis in die neueste Zeit der Ansicht war, viele Inseln seien nur das Produkt solcher Bauten.

Wenn auch diese Ansicht irrig ist, bemerkt Kner, so steht doch fest, daß jene Tiere an Erhaltung und Vergrößerung von Felsen, an Erhöhung des Meeresgrundes und Bildung von Inseln großen Anteil haben, denn man findet manche Felsen mit einer 30 dicken Rinde noch lebender Korallen überzogen. Da übrigens diese Tiere in sehr verschiedener Tiefe leben, je nach der Spezies, so erklären sich auch hieraus mehrere Erscheinungen. Wie früher erwähnt wurde, ist die Meerestiefe in Folge stattfindender Hebungen und Senkungen des Bodens veränderlich; senkt sich nun an einer Stelle der Grund, so werden hier angesiedelte Korallen, die nahe an die Oberfläche des Wassers zu bauen gewohnt sind, mit ihrem Bau in die Höhe rücken, und zugleich werden solche Arten, die nur in größeren Tiefen leben, sich am Boden neben den abgestorbenen Stöcken jener ansiedeln. Findet hingegen eine Erhebung des Meeresbodens statt, so bauen sich abermals Korallen, die seichtes Wasser lieben, auf den emporgestiegenen Felsen an.

Dauert nun die Erhebung des Bodens noch fort, so gelangen sie endlich über das Niveau, und eine sogenannte Koralleninsel taucht empor, die zufolge ihres meist vulkanischen Ursprunges anfangs oft nur einen Kranz von Korallenfelsen vorstellt, ein Lagunenriff oder Atoll, das sich endlich in eine grüne, bewohnbare Insel umgestaltet. Erwägt man nun, daß diese Vorgänge seit dem Erscheinen von Korallentieren auf der Erde sich durch Jahrtausende wiederholen, so läßt sich begreifen, welch' wichtigen Einfluß diese Tiere auf die Veränderungen der Erdoberfläche ausüben. Ungleich weniger tragen Muscheln, Schnecken und alle übrigen Tierklassen derzeit zur Verdickung der Erdrinde bei; unter den Muscheln am meisten noch jene, die wie die Austern gesellig leben, sich gleichfalls festsetzen und sogenannte Bänke bilden, die zwar oft eine große Ausdehnung der Fläche nach, aber nur geringe Dicke besitzen.

Endlich hat der Mensch selbst nicht den geringsten Anteil an der Veränderung der Erdoberfläche, indem er Berge abtrügt, mächtige Bauten auführt, durch Kanäle und Dämme den Lauf der Gewässer ändert, weit ausgedehnte Wälder in Ackerland umwandelt, dadurch für immer den Feuchtigkeitszustand der Luft ändert und Länderstrichen ein anderes Klima, einen anderen physischen Charakter einprägt. Ferner verrückt er die natürlichen Grenzen der geographischen Verbreitung für Tiere und Pflanzen; Raubtiere ziehen sich vor ihm zurück oder sterben gänzlich aus, während Haustiere, Kulturpflanzen und Parasiten weit über ihren ursprünglichen Verbreitungsbezirk hinausgerückt werden. Der am festen Gerippe der Erde rastlos nagende Zahn der Zeit, die Verwitterung, wird umso mehr beschleunigt, je mehr der Mensch den Boden durch- und aufwühlt, so daß man wohl den Menschen zugleich den Urbarmacher und Zerstörer der Erde nennen kann.

Ende Kapitel – p.64; Digital von W. Griem (2020)

