

Die dunkelgraue Grauwacke<sup>1</sup> ist auch ein Konglomerat, dessen Körner von Quarz, Tonschiefer, Feldspat durch Ton- und Kiesel-erde verbunden sind.

Nagelfluh ist ein Konglomerat von Kiesel-schiefer, Gneis, Granit, Serpentin u. a., welche durch Kalk miteinander verbunden sind.

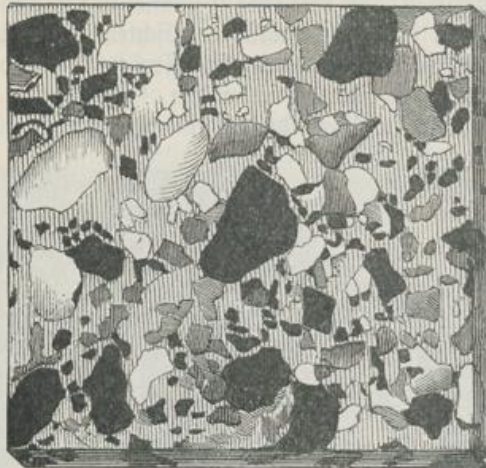


Fig. 99. Breccienartiges Gefüge.

Schicht unserer Erde. Sie besteht aus den Trümmern und Überresten der verschiedenartigsten Gesteine und enthält zumeist auch Reste von Pflanzen und Tierkörpern (Humus).

3. Breccie<sup>2</sup>. Vom Konglomerat nur durch die eckigen, scharfkantigen Bruchstücke unterschieden.

4. Sand. So nennt man ein loses, unverkittetes Gemenge von kleinen Quarzkörnern. Da er aus zerstörtem Sandstein, Granit oder Gneis u. a. entstanden ist, enthält er oft zufällige Beimischungen von Feldspat, Glimmer, Kalk u. a. Sind die Körner erbsengroß, so nennt man das Gemenge Kies. Die Färbung rührt meist von Eisen her.

5. Ackererde (Damm-erde, Ackerboden, kurzweg auch Boden genannt) ist die oberste, lockere

## IV. Bau der Erdrinde. (Geologie.)

### A. Veränderungen der Erdrinde.

#### a. Wirkungen der Luft und des Wassers.

1. Verwitterung. Durch die verschiedene Erwärmung der Gesteine, ihre abwechselnde Erkaltung und Wiedererwärmung, wird der Zusammenhang der einzelnen Teile gelockert. Es entstehen Sprünge und Risse, in welche das atmosphärische Wasser (Regen, Schnee) eindringt; die Winterkälte dehnt das in den Gesteinsrissen enthaltene Wasser aus und verursacht eine stete Erweiterung des Risses, bis ein Stück des Gesteins nach dem anderen sich löst und abwärts stürzt, im Fallen sich selbst oder andere Gesteinsstücke noch zerkleinernd.

Das atmosphärische Wasser (Nebel, Regen, Schnee) enthält aber immer Sauerstoff und Kohlensäure. Beide Gase wirken chemisch umwandelnd auf die einzelnen Teile auch des härtesten Gesteins. Wirkt z. B. auf den Feldspat des harten Granits kohlensäurehaltiges Wasser stetig ein, so verursacht es eine vollständige Zersetzung desselben. Der Feldspat besteht aus Kieselsäure, Tonerde und Kali. Es bildet sich kohlensaures Kali, welches sich im Wasser

<sup>1</sup> Mit (der) wacke bezeichnete man mhd. einen Feldstein, einen Steinblock. —

<sup>2</sup> Sprich: brettische, ital. breccia, franz. brèche, abgeleitet vom deutschen Worte brechen; Bruchgestein.

löst und aus dem Feldspat ausgeflutet wird. Die übrigbleibende Kieselsäure und Tonerde verbinden sich mit Wasser und bilden Ton. Der Ton wird fortgeschwemmt und lagert sich als Ton- oder Lehmschicht ab; die Quarzkörner finden wir gemengt mit Glimmer im Bette der Flüsse, in den Sandschichten usw. wieder, bis endlich auch der Glimmer der Zersetzung anheimfällt.

In ähnlicher Weise werden alle Mineralien, welche Kieselsäure, Tonerde und Alkalien (Natron und Kali) oder alkalische Erden (Kalkerde und Magnesia) oder auch Schwermetalloxydulo (Eisen) unter ihren Bestandteilen enthalten, durch kohlenstoffhaltiges Niederschlagswasser (Regen oder Schnee) zersetzt. Die Kohlenensäure bildet mit den alkalischen oder metallischen Teilen lösliche kohlenstoffsaure Salze, welche vom Wasser fortgeführt werden, während Ton übrig bleibt.

Diesem Vorgange (der Verwitterung) unterliegen auch alle Felsarten, welche unter ihren Gemengteilen zusammengesetzte Silikate enthalten (z. B. Feldspat, Glimmer, Hornblende oder Augit), also der Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Tonschiefer, Felsitporphyr, Basalt u. a.

2. Das Regenwasser schlämmt die an den Gesteinen sich bildende Verwitterungsrinde ab, führt die Stoffe abwärts und lagert sie in Schluchten und Tälern oder übergibt sie Bächen und Flüssen zur weiteren Fortschaffung



Fig. 100. Tropfsteinhöhle im Kalkgebirge: Adelsberger Grotte.

Dringt Regenwasser durch Ritzen in das Innere der Erdrinde, so löst es manche Gesteine vollständig auf, z. B. Steinsalz und Gips; es bilden sich dann nach Abfluß des Wassers Hohlräume von oft mächtiger Ausdehnung. Kohlenstoffhaltiges Regenwasser nagt insbesondere Kalkstein- und Dolomithfelsen vollständig aus, so daß tiefe Spalten und Höhlungen entstehen. Das kalkhaltige Wasser gibt bei seinem Ausflusse aus dem Berge seinen Kalk an alle Körper (Pflanzen usw.) ab, welche es benetzt, überrindet sie mit Kalk und bildet oft mächtige Ablagerungen von Kalktuff. Gelangt solches kalkhaltiges Wasser in Höhlen, so entstehen Stalaktiten-Bildungen. (Tropfsteinhöhlen, Seite 37.)

3. Nicht selten stürzt die Decke solcher Höhlungen ein; durch Zusammenbruch des oberen Gesteins entsteht dann ein Feld von wild durcheinander geworfenen Felsblöcken („steinernes Meer“). Nicht immer ist ein solcher Einsturz von außen sichtbar; oft ist es nur eine auflagernde Schicht, welche zusammenbricht. Dabei

kann eine so mächtige Erschütterung der Erdoberfläche eintreten, daß der unterirdische Erdfall auf weite Strecken als Erdbeben gespürt wird. (S. 73.)

4. Wenn eine Gesteinsmasse als heißflüssige Lava dem Erdinnern entquillt und erkaltet, oder wenn eine andere Masse in ihrer schlammähnlichen Ablagerung allmählich trocknet (was man an jeder austrocknenden Ton Schlammfüße beobachten kann), so zeigt sich eine zweifache Zusammenziehung. Zunächst in wagerechter Richtung, denn die Erkaltung oder Austrocknung findet von oben nach unten statt; es müssen dadurch platten-, tafelförmige oder schieferförmige Lagen entstehen. Sodann aber auch in senkrechter Richtung, in Folge deren jede einzelne Lage wieder in einzelne, mehrkantige Stücke abgefordert wird. Bisweilen erscheinen diese Absonderungsstücke so regelmäßig, daß sie Würfeln, Säulen usw. ähnlich sind und an Kristallformen erinnern. An feinkörnigen Sandsteinen, Kalksteinen, Dolomiten, aber auch an Granit, Porphyr, Basalt u. a. kann man diese Bildung oft sehr deutlich wahrnehmen.



Fig. 101. Säulenförmige Absonderung des Basalts.



Fig. 102. Plattenförmige Absonderung des Granits.



Fig. 103. Kugelförmige Absonderung des Basalts.

Sind diese Gesteinsmassen dem atmosphärischen, kohlenstoffreichen Wasser ausgesetzt, so wird dies an den Absonderungsspalten besonders angreifen und dann die oft merkwürdig geformten Steinwälder, Pfeiler usw. erzeugen, die der Besucher am Quadersandstein in der sächsischen Schweiz (Fig. 97), oder an den abenteuerlichen Dolomittfelsen der fränkischen Schweiz, oder den Basaltsäulen der Insel Staffa (Fig. 95) bewundert. Doch hat bei den Sandsteingebilden in der sächsischen Schweiz, bei Aidersbach usw. auch das fließende Wasser mitgearbeitet; ursprünglich waren jene Landesgebiete zusammenhängende, massige Felshöhländer.

5. **Ewiger Schnee und Gletscher.** Auf hohen Gebirgen und im höchsten Norden und Süden fällt statt des Regens gewöhnlich Schnee. In jenen Gegenden reicht die Sommerwärme nicht aus, allen Schnee wieder zu schmelzen, so daß dort ein aus Schneeeablagerungen gebildetes Landgebiet entsteht. (Schneegrenze.) Der Schnee müßte in der Schneeregion ins Unendliche wachsen, wenn nicht durch Druck der eigenen Masse die Schneelage beständig abwärts rückt. Zudem ist der Hochschnee sehr feinkörnig; er schmilzt während der Sommertage zu kleinen Körnern, die in der Nacht erhärten und mit dem Schmelzwasser zu einer zusammenhängenden Schneeeismasse (dem Firn<sup>1</sup>) sich zusammenfalten und die Firnmeere bilden. Diese Eismassen gleiten auf ihren geneigten Lagerstätten abwärts, schmelzen immer mehr zu Eis zusammen und bilden die Gletscher (von glitschen, gleiten), die man als Eisströme bezeichnen könnte. In den Alpen gelangen sie in den abwärts führenden Hochtälern herab bis zu 1700 m, dann werden sie durch die Wärme der Luft vollständig in Wasser verwandelt.

<sup>1</sup> Vom ahd. firni, alt, vorjährig. Firn = Altschnee.

Die Bewegung eines Gletschers nach der Tiefe hin gleicht dem langsamen Fließen eines Schlammstromes, in einem Jahre je nach der Neigung des Tales 10—200 m. Die oberen Massen bewegen sich dabei schneller; die unteren werden durch ihre Reibung an der Unterlage gehemmt; auch die Seitenränder bewegen sich langsamer als die mittlere Masse. — Durch die ungleiche Bewegung entstehen oft tiefe Querspaltan in der Gletschermasse. Das an sich farblose Eis sieht an den Spalten prächtig grünblau aus. — Die Oberfläche der Gletscher ist durch erdige Teile meist sehr schmutzig; zahlreiche kleinere und größere Felsstücke, welche von den Bergabhängen auf das Eis herabstürzen, lagern auf dem Eise und werden mit abwärts geführt. An den Rändern der Gletscher oder endlich am Ende beim Abtauen der Unterlage bleiben diese Gesteinsmassen liegen und häufen sich



Fig. 104. Abtauender Gletscher mit Seiten- und End-Moränen.  
Aus den Gletschertoren entströmen die Gletscherbäche.

zu mauerähnlichen Wällen an, welche Seiten- oder End-Moränen<sup>1</sup> genannt werden. Bisweilen stoßen zwei Gletscher aus benachbarten Tälern zusammen, ihre Seitenmoränen bilden dann eine Mittel-Moräne.

Durch die Bewegung der Eismassen und der in ihnen eingebetteten Steine entstehen an den Seiten der festen Felswände nicht selten scharfe Kanten, auch glatt polierte Flächen, welche man als Gletscherschliffe bezeichnet. Wo sie in Gegenden, denen jetzt die Gletscher fehlen, vorkommen, kann man auf frühere Vergletscherung schließen. Ebenso gestatten Steinwälle (Moränen) in solchen Gegenden den gleichen Schluß.

<sup>1</sup> Aus dem Französischen. Auch „Gletscher“ will man vom franz. glacier ableiten.

Im Laufe des Sommers schmilzt das Eis des Gletschers an seiner Oberfläche fortwährend; das Wasser dringt durch die Spalten zur Sohle des Gletschers und fließt unter dem Eise dem Ende des Gletschers zu, wo es als Gletscherbach aus dem Gletschertor austritt (so z. B. die Quellbäche des Rheins, des Inn u. a.).

In den polaren Gegenden reichen die Gletscher bis hinab ins Meer. Sie brechen ab („kalben“) und bilden dann schwimmende Eisinseln (Eisberge), die häufig mit Felsblöcken beladen sind, schwimmen von Meeresströmungen fortgetrieben weiter und schmelzen endlich in gemäßigten Breiten. (Die Eisfelder der polaren Meere sind durch Gefrieren von Meerwasser entstanden.)

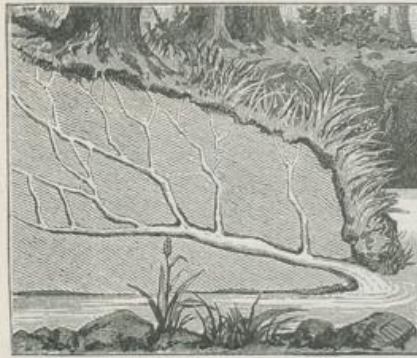


Fig. 105. Quelle.

6. **Quellen.** Quellen sind die oberirdischen Abflüsse von unterirdischen Wasserläufen. Sie sind wichtig für die Erdbildung, aber auch für Menschen, Tiere und die Pflanzenwelt. Ihr Wasser ist oft reich an mineralischen Bestandteilen: 1) können sie enthalten die in reinem Wasser löslichen Salze, 2) die in kohlenstoffhaltigem Wasser löslichen Salze (Beispiele). Gesundbrunnen oder Mineralwässer. Die Wiesbadener Quellen entziehen dem Erdinnern jährlich über 6 Mill. kg fester Stoffe, die Karlsbader etwa 600 000 kg kohlenstoffsaures Natron und 10 Mill. kg Glaubersalz.

7. **Flüsse.** Das fließende Wasser arbeitet bei der Bildung der Erdoberfläche zertrümmernd und aufbauend. Es wühlt sich durch das Gestein wie durch die lockeren Schichten tiefe Betten, bereitet aus den Steintrümmern des Oberlaufes, die es abgerissen, oder die es durch die Verwitterung, durch Regenströme oder Schneestürze erhalten hat, die Gerölle, Geschiebe und Sandmassen, welche es in seinem weiteren Laufe teils zu Boden sinken läßt, teils auch dem Ozean zuschwemmt. Noch in seinem Unterlaufe, wo es mehr wagerecht dahinfließt, trägt es ungeheure Mengen von Schlamm weiter, stetig an den Ufern nagend und auswaschend und an anderen Stellen die mitgebrachten Massen ablagernd. So sind die Flußbetten selbst, dann besonders die oft malerischen Schluchtenbildungen (z. B. die Klamme der Alpen, die schwedischen Klamma), aber auch weite Täler (z. B. das Rheintal zwischen Bingen und Bonn, das Elbtal oberhalb Dresdens) und die Buchtenbildungen Zeichen der zerstörenden Tätigkeit des fließenden Wassers.

Zeugnisse der aufbauenden, landbildenden Tätigkeit der Flüsse sind die Stein- und Schuttalagerungen in den Flußbetten und zu beiden Seiten der Flußufer. Durch diese Ablagerungen können in Gebirgstälern sogar Seen entstehen, wenn der Abfluß sich verstopft; in ebenen Gegenden können die Uferlandschaften zu Mooren und Brüchen werden; an den Mündungen können sich Inseln vorlagern; Flußseen können ausgefüllt und bewohnbares Land werden; endlich kann aber durch solche Ablagerungen an manchen Stellen das Flußbett verstopft und der Fluß genötigt werden, sich ein ganz anderes Bett zu graben. (Beispiele!)

8. Das Meer. Auch das Meer wirkt landzerstörend und landbildend. Von den Flüssen nimmt es allerlei gelöste und im Wasser schwebende Stoffe auf,

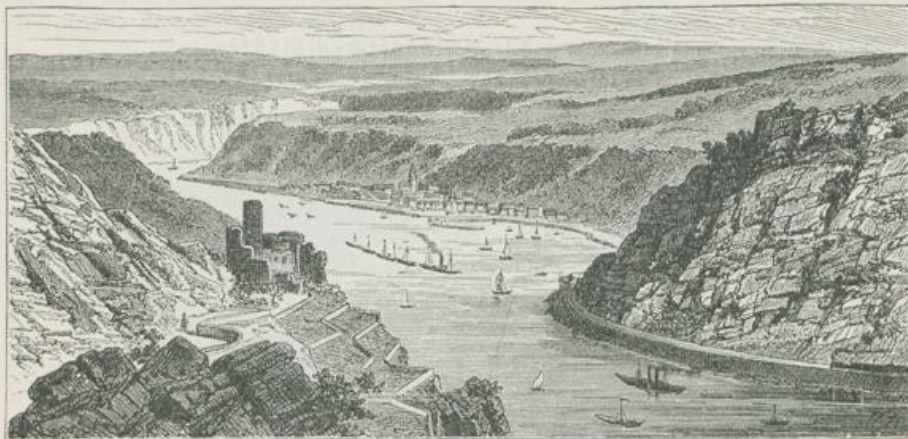


Fig. 106. Umgebung von St. Goar am Rhein. (Flußbett im Ton-schiefer.)

seiner Wellen Kraft unterspült Felsen und wäscht Ufer aus, wodurch Einschnitte und Buchten entstehen. An anderen Stellen setzt es diese Stoffe ab und erzeugt Sandbänke (Dünen) und Inseln.

Solange die Erde steht und auf ihr sich Wasser befindet, hat das Wasser auch stets diese zweifache Tätigkeit, Zerstören und Neubilden, geäußert. Was



Fig. 107. Küstenunterwaschung durch das Meer. (Französische Küste am Kanal.)

jetzt noch alltäglich stattfindet, das hat auch stattgefunden in früheren Erdzeiten, und weitaus die meisten Landbildungen verdanken dem Wasser ihr Dasein.

Zu den ersten Erdauflagerungen entnahm das Wasser den Stoff von den kristallinen (vulkanischen<sup>1</sup>) Felsarten, welche die Grundmasse der Erdrinde

<sup>1</sup> Über Verbreitung der Vulkane usw. siehe Seydlitz, Größere Schulgeographie, Ausg. C. Vulkan, Gott des Feuers; Pluto, Gott der Unterwelt; Neptun, der Meeresgott.

bilden; alle diese Gesteine, wie Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Grünstein, sie enthalten die Stoffe, aus welchen das Wasser die geschichteten (nep tunischen) Erbindemassen aufbaute.

b. Wirkungen der vulkanischen Kräfte.

1. **Vulkane**<sup>1</sup> sind meist kegelförmige Berge, welche durch einen Kanal mit dem Innern der Erdrinde in Verbindung stehen oder gestanden haben. Man unterscheidet t ä t i g e oder erloschene Vulkane. Aus ihrer oberen Vertiefung

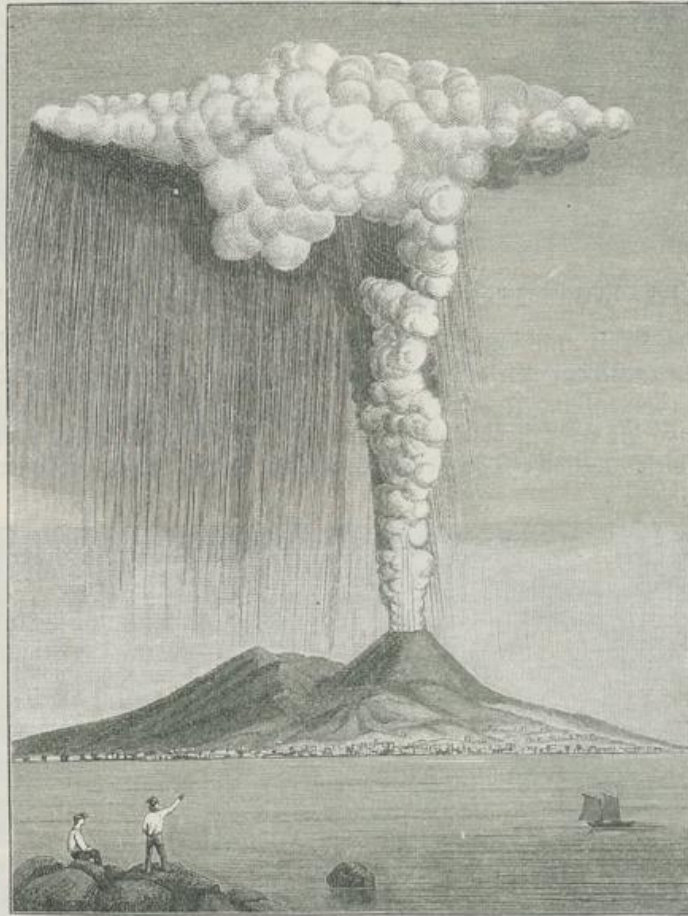


Fig. 108. Besuch in voller Tätigkeit. (Ausbruch im Oktober 1822.)

(dem Krater) senden die tätigen Vulkane von Zeit zu Zeit (gewöhnlich unter vorausgehendem oder begleitendem unterirdischen Rollen und Donnern und Erschüttern der umliegenden Erdrinde) eine gewaltige, finstere Rauchsäule, welche aus Wasserdampf, verschiedenen Gasen, vulkanischer Asche, vulkanischem Sande und Steinen besteht. Die mineralischen Teile fallen bald als Aschenregen zurück und bilden um die Krateröffnung den Kraterwall, doch überschütten

<sup>1</sup> Vgl. Ann. S. 69.

sie auch meilenweit die Umgebung und begraben Wälder und Städte (Herculanium und Pompeji, 79 n. Chr.). Dem Krater entquillt dann eine glührote, flüssige Schmelzmasse, die Lava, welche in oft mächtigen Strömen die Umgegend begräbt und erstarrt.

**Auswurfstoffe der Vulkane.** Der Wasserdampf ist der wichtigste Stoff; er ist wahrscheinlich die treibende Kraft und reißt, wie schon erwähnt, die anderen luftförmigen und festen Stoffe mit aufwärts.

Von den Gasen sind besonders bemerkenswert: 1) Schwefelwasserstoff; er bildet in kühleren Spaltenräumen die Schwefellager. 2) Salzsäuregas; es verwandelt die Metalloxyde, mit denen es in den Klüften in Berührung kommt, in Chlormetalle; es bildet Kochsalz und Salmiak, welche sich an den Kraterwänden absetzen. 3) Kohlenäure.

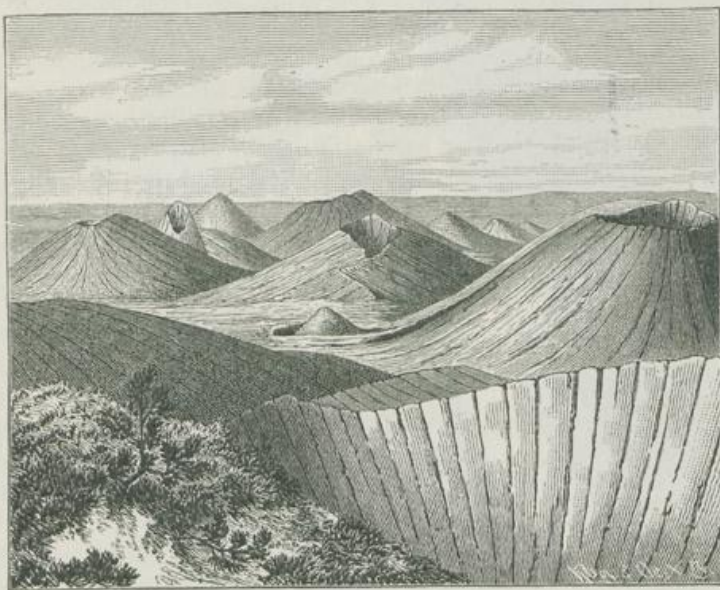


Fig. 109. Erloschene Vulkane in der Auvergne.

Die Lava ist geschmolzene Gesteinsmasse, aus Gemischen verschiedener Silikate bestehend. Aus ihr bildeten sich die Trachyte, Basalte, Bimssteine und die verschiedenen Lavagesteine der jüngeren Bildungszeiten der Erdrinde bis in die Gegenwart, die man als vulkanische Gesteine bezeichnet.

In den älteren Bildungszeiten, als die junge, eben erstarrte Erdrinde noch dünn und heiß war, als eine von Wasserdämpfen erfüllte Atmosphäre die Erde umgab, konnten die emporgetriebenen Steinschmelzen nicht so schnell zu Schlacken oder glasigen Massen erstarren, sondern erkalteten ganz allmählich. Dabei gewannen die Mineralstoffe Zeit, sich kristallinisch auszubilden, es entstanden die deutlich gemengten, kristallinischen Felsarten (Granit, Syenit, Grünstein u. a.), die plutonischen Gesteine.

2. **Heiße Quellen.** Sie entspringen wahrscheinlich bedeutenden Erdtiefen; ihre Wasserwärme übersteigt die Mitteltemperatur der Luft des Ortes, wo sie hervorbrechen. Die Sprudelquelle in Karlsbad zeigt  $75^{\circ}$  C, das Wasser im Geißerbecken auf Island  $80-90^{\circ}$  C. Häufig befinden sich heiße Quellen in



Fig. 110. Die heißen Quellen von Dattiorato auf Neu-Seeland.



der Nähe von Vulkanen. — Heißes Wasser besitzt mehr Lösungsfähigkeit als kaltes Wasser; darum wirken heiße Quellen auf das Nebengestein stark auslaugend; sie unterhöhlen den Boden und rufen dann Erdstürze hervor. Die im heißen Wasser gelösten Stoffe werden an der Erdoberfläche beim Erkalten zumeist wieder ausgeschieden.

#### e. Erdbeben.

Durch vulkanische Tätigkeit kann ein Teil der Erdoberfläche Erschütterungen erfahren, welche sich bisweilen in einzelnen heftigen Stößen, bisweilen auch in vorwärtsrollenden wellenförmigen Schwingungen der Erdschichten äußern. Die Entwicklung von Dampfmassen im Vulkanischlot verursacht Stöße und damit oft Beben der Erde.

Aber auch durch Einsturz von Decken unterirdischer Hohlräume, deren Entstehung auf die Tätigkeit des Wassers zurückgeführt worden ist (S. 66), können weithin bemerkbare Erdererschütterungen hervorgerufen werden. Derartige Einsturzbeben finden meist in Kaltgebirgen statt. Auch der Einsturz von Bergwerken vermag Erdbeben und Vertiefungen auf der Oberfläche hervorzurufen. Vulkanische Erscheinungen sind oft Begleiter von Erdbeben.

Ferner: Die Erdrinde befindet sich in steter Abkühlung; damit ist eine stete Zusammenziehung der Erdschichten verbunden. Solche erkaltende, sich zusammenziehende Erdrindenlagen wirken auf die darüber lagernden Schichten, zwingen sie aus ihrer ursprünglichen Lage, heben, verschieben und erschüttern sie derart, daß auch die obersten Erdschichten mit erbeben. Die meisten Erdbeben in den Gebieten der Kettengebirge, die durch Faltungen der Erdrinde entstanden und jedenfalls auch jetzt noch in der Weiterbildung begriffen sind, lassen sich hieraus erklären.

Ebenso mögen die erstarrenden Massen einen Druck auf die darunter befindlichen feuerflüssigen Massen ausüben. Druck und Gegendruck würden demnach auch hier die wirkenden Kräfte sein, welche die Erdkruste bersten lassen, Erschütterungen und Erdbeben hervorrufen.

Man hat beobachtet, daß auf je 2 Tage 3 Erdbeben kommen; zahlreiche Beben werden aber wahrscheinlich gar nicht beobachtet.

Die Wirkungen, welche die Erdbeben auf der Erdoberfläche hervorbringen, sind mehr oder minder breite und tiefe Spalten (bis 50 m breit und 100 m tief); Berwerfungen und Verschiebungen der Schichten; vorübergehende, auch dauernde Hebungen und Senkungen des Bodens, welche oft Quellen vernichten und den Lauf der Flüsse verändern.

#### a. Allmähliche Erhebungen und Senkungen des Landes.

Sie sind von den plötzlich eintretenden Hebungen und Senkungen, welche durch Erdbeben entstehen, zu unterscheiden. An verschiedenen Orten, namentlich an Küstenstrichen, hat man beobachtet, wie das Land langsam (in Jahrhunderten, darum säkulare Hebungen) sich hebt, während andere Ufer mit ihren Wäldern und menschlichen Bauten sich unter den Spiegel des Ozeans senken.

So hebt sich allmählich ein Teil von Skandinavien, während sich Grönlands Westküste senkt.

Die ganze nordeuropäische Niederung, die Nordhälfte Amerikas, Sibirien, sind in den jüngsten geologischen Zeiträumen dem Meere entflohen. Auch die

Nordseeküste senkt sich; während die dänischen Inseln, die Küsten Großbritanniens, Schottlands und Sibiriens zum Teil sich heben usw.

Fig. 111 zeigt eine doppelte Strandlinie von der norwegischen Küste. Das Land muß sich zu zwei verschiedenen Malen gehoben oder der Meeresspiegel muß

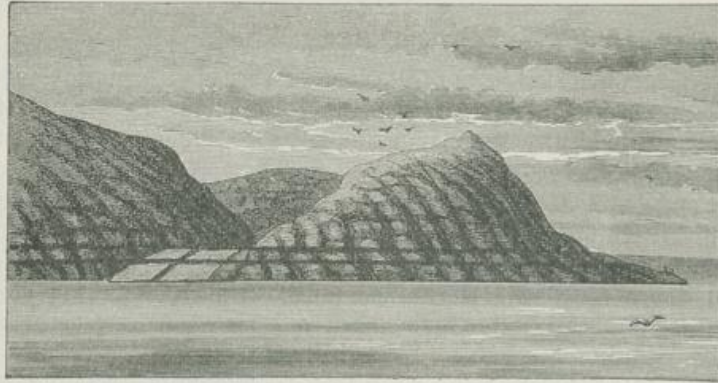


Fig. 111. Doppelte Strandlinie bei Grötneß (Norwegen).

sich gesenkt haben. Die Ursachen dieser Vorgänge sind nicht sicher erforscht; vielleicht haben chemische Veränderungen der Gesteinsmassen der unteren Erdschichten eine Volumenveränderung der Massen und damit auch eine langsame Hebung oder Senkung hervorgebracht.

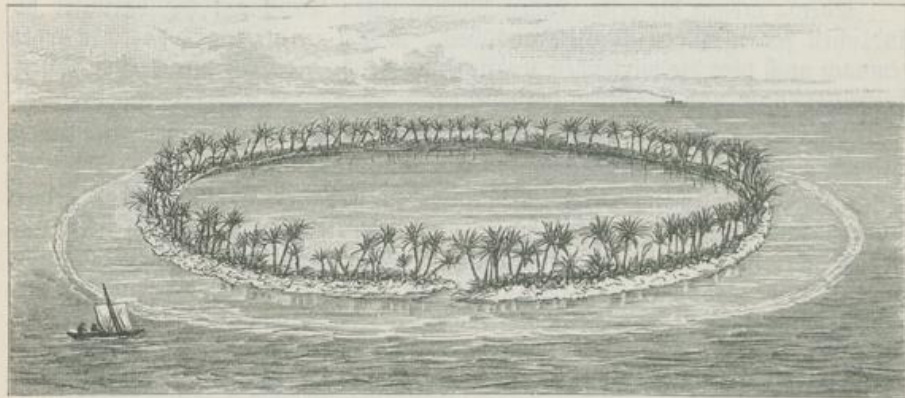


Fig. 112. Korallen-Ringinsel: Tatakotoroa oder Clarke-Insel.

e. Einfluß der Pflanzen-, Tier- und Menschenwelt auf den Umbau der Erdrinde.

Pflanzen sind es, aus welchen die mächtigen Kohlen- und Torf-Ab-lagerungen gebildet sind. Der in ihnen aufgespeicherte Kohlenstoff befand sich einstmals als Kohlenäure in der Luft. An der Bildung der Ackerkrume haben die Pflanzen wesentlichen Anteil. Bei der Verwitterung der Steine

sind es Flechten, welche sich zunächst ansiedeln, ihnen folgen Moose, Steinbrecharten und andere kleine Kräuter; alle aber bewirken nur eine raschere Zersetzung der Feldspate, indem sie durch die Tätigkeit ihrer Wurzeln chemisch lösend wirken. Hochbedeutend sind die Wälder für die Niederschlagsbildung und damit mittelbar auf die Einwirkung von Regen, Schnee und fließendem Wasser.

Tiere helfen ebenfalls unmittelbar aufbauend. Zunächst die Korallen. Sie bauen Riffe und ganze Inseln<sup>1</sup>. Die Schalengehäuse der Muscheln, Schnecken und der winzig kleinen Foraminiferen haben wesentlichen Anteil an der Kalk- und Kreidebildung. Guanolager<sup>2</sup>. Humusschicht.

Der Mensch greift mächtig ein in die Gestaltung der Erdoberfläche. Er trennt und verbindet Festlandsmassen, ebnet und entwässert ganze Strecken, regelt Flußläufe und schafft neue Wasserstraßen, sprengt und durchbohrt Felsen, entnimmt ganze Schichten der Erdrinde, wirkt ändernd auf die Niederschlagsmengen und dadurch auf die Verwitterungsvorgänge in einzelnen Gebieten u. a.

## B. Die geologischen Zeitalter.

Die heute auf und in der Erde wirkenden Kräfte sind in gleicher Weise stets wirksam gewesen. Die Beobachtung lehrt, daß lange Zeiträume vergehen mußten, ehe die Oberfläche ihre gegenwärtige Gestalt erhalten konnte. Die Ablagerung einer einzigen Schicht erforderte bisweilen lange Zeit, und wie zahlreich sind die Schichten, welche übereinander lagern! Unausdenkbare Zeiten gehörten dazu, um solch mächtige kristallinische Massen erst abkühlen und sich gestalten, sodann vom Wasser wieder zersetzen zu lassen, daß sie das riesige Material zum Aufbau anderer Schichten, z. B. der Sandsteinablagerungen, geben konnten.

Nach der allgemein angenommenen Lehre von Kant und Laplace hat auch unser Weltkörper die Entwicklungsstufen durchlaufen, welche man an anderen Weltkörpern beobachtet. Nämlich:

1. den Zustand eines glühendgasförmigen Nebels (entsprechend den planetarischen Nebeln);
2. den glühendflüssigen Zustand (entsprechend den gegenwärtigen Fixsternen);
3. den Zustand der Schlackenbildung oder der allmählichen Entstehung einer nicht leuchtenden, erkaltenden Oberfläche (die Sonne befindet sich im Anfange dieses Zustandes der Schlackenbildung; andere Sterne mit rotem Lichte befinden sich in Rotglühhitze);
4. den Zustand der gewaltsamen Zerberstung der bereits erkalteten Oberfläche durch innere Glutmassen, welche dadurch nach oben drängen (am Sternhimmel offenbart sich ein solches Ereignis durch plötzliches Ausleuchten eines neuen Sternes);
5. den Zustand der fortschreitenden Verdickung der Erstarrungskruste; bei weiterer Abkühlung bildet sich Wasser, welches umgestaltend die Oberfläche verändert. Nur hin und wieder dringt das feuerflüssige Erdinnere durch Krater an die Oberfläche und bildet nach seiner Erstarrung die eruptiven Gesteine.

<sup>1</sup> Ausführlicheres siehe Seydliß, Großes Lehrbuch der Geographie, S. 51 u. ff. —

<sup>2</sup> Schilling, Kl. Schul-Naturgeschichte. I. Tierreich.

Mit der Verdickung der Erdkruste nahmen die Eruptionen<sup>1</sup> an Mächtigkeit und Häufigkeit ab. Das Wasser aber begann die Bildung der geschichteten oder Sediment<sup>2</sup>-Gesteine. Die Nebelmasse, welche den noch immer recht warmen Erdkörper einhüllte, wurde mit der zunehmenden Verdichtung des Wasserdampfes allmählich dünner, und das Sonnenlicht weckte organisches Leben. Erst entstanden die einfachsten Pflanzen- und Tierformen, nach und nach aber gestaltete sich das organische Leben zu immer höherer Vollkommenheit. — (Bei welcher Wärme der oberen Erdkruste konnte das Wasser sich verdichten? Bei welcher Wärme konnten erst Pflanzen und Tiere gedeihen?) — Ungeheure Zeiträume müssen vergangen sein, ehe die Erdrinde von 1500°, der Wärme glühender Lava, bis unter 100° und weiter auf 50° und darunter sich abkühlte.

Land- und Meerbildung wechselten durch wiederholte Hebungen und Senkungen stetig ab; vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Überschwemmungen, Ablagerungen usw. veränderten bis zum heutigen Tage andauernd die Gestalt der Erdoberfläche und die Zusammensetzung ihrer Gesteine.

Versteinerungen. Bei der Bildung der Erdschichten wurden vielfach die zur Entstehungszeit dieser Gesteine gerade lebenden Pflanzen und Tiere in die Mineralmasse eingebettet. Sämtliche sedimentäre Gesteine enthalten solche Überreste, die teils von steinartigen Krusten umhüllt sind, teils nur Abformungen (Abdrücke) der früheren Körpergestalt darstellen, teils aber auch Verfohlungen und wirkliche Versteinerungen sind.

Diese Körperreste (Fossilien<sup>3</sup>) der Tiere und Pflanzen, welche man in den einzelnen Schichten antrifft, lassen uns zunächst schließen auf die Lebensverhältnisse, welche zur Zeit jener Schichtenbildung auf Erden obwalteten; sodann zeigen sie uns die allmähliche Entwicklungsgeschichte der Pflanzen und Tiere; ferner zeigen sie uns, auf welche Weise die Erdschicht sich bildete (ob im Meere oder durch Süßwasser), und endlich dienen sie zur Unterscheidung der Schichten früherer oder späterer Bildung. Die Versteinerungen, welche den Forscher zur Bestimmung einer jeden Schicht (Formation) leiten, hat man Leitfossilien (oder Leitmuscheln) genannt.

Diejenigen Schichten, welche nach der Art ihrer Entstehung und nach der Ähnlichkeit der Leitmuscheln auf gleiche Zeit ihrer Bildung hinweisen, d. h. in gleichem Zeitraume der Erdrinde-Entwicklung entstanden sind, bilden zusammen eine Formation. — Die Zeitdauer, in welcher die Ablagerung verwandter Formationen erfolgte, nennt man Zeitalter (oder Periode).

#### Übersicht über die Zeitalter und Formationen.

- I. Urzeit oder archaische Periode.
  1. Gneis-, 2. Urschieferformation.
- II. Alttertium oder paläozoische Periode (Primäres Zeitalter).
  1. Grauwacken-, 2. Steinkohlen- und 3. Dyasformation.
- III. Mittelalter oder mesozoische Periode (Sekundäres Zeitalter).
  1. Trias-, 2. Jura- und 3. Kreideformation.
- IV. Neuzeit oder känozoische Periode.
  1. Braunkohlenformation (Tertiäres Zeitalter).
  2. Diluvium. 3. Alluvium (Quartäres Zeitalter).

<sup>1</sup> Von eruptio, der Ausbruch; eruptiv, durch Hervorbrechen aus dem Erdinnern gebildet. — <sup>2</sup> Von sedere, sitzen; sedimentum, der Bodensaß. — <sup>3</sup> Von fossilis, aus der Erde gegraben.

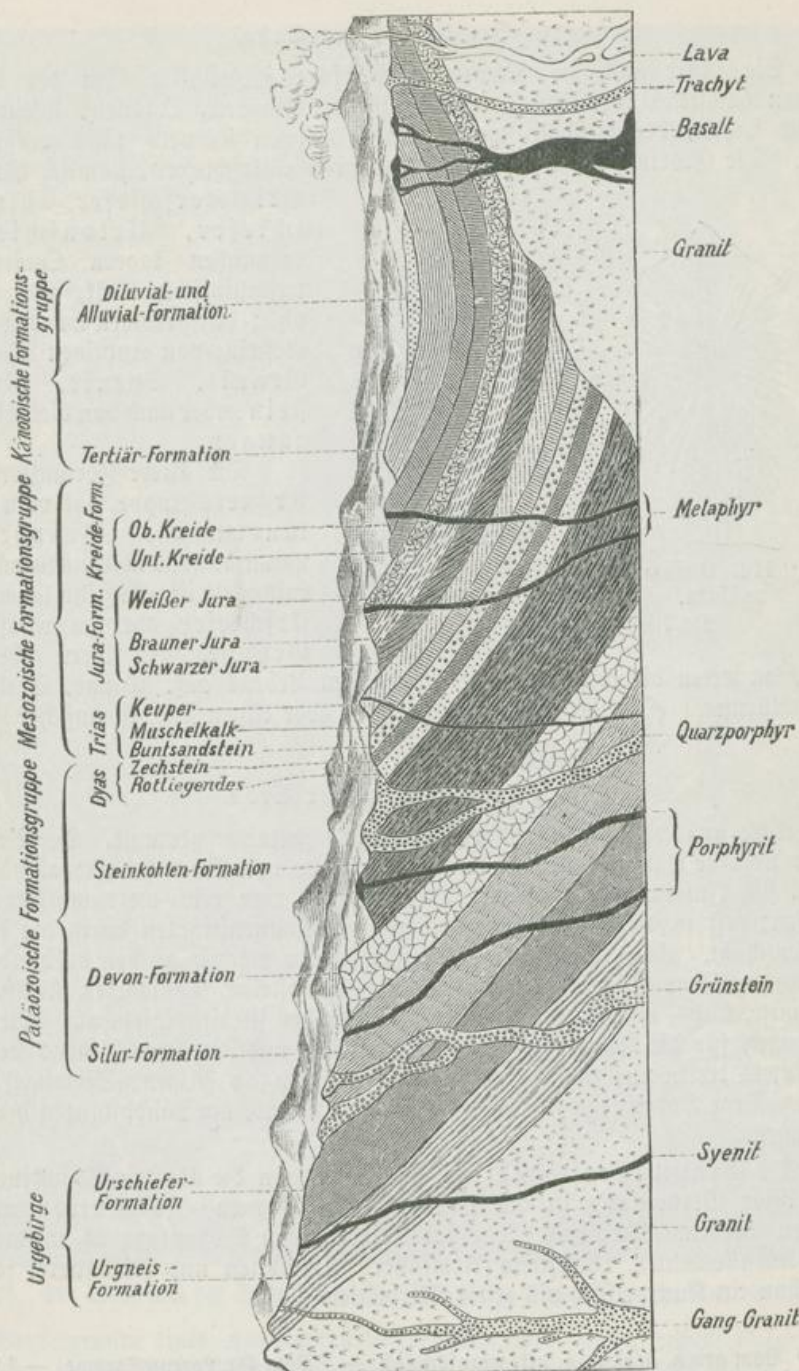


Fig. 113. Idealer Durchschnitt der Erdrinde.  
 Oben stehen die Namen der geologischen Formationen, unten diejenigen der eruptiven Gesteine, von denen die Formationen durchbrochen sind.

## a. Die Urzeit der Erde.

Sie führt auch die Namen archaisches<sup>1</sup> Zeitalter. In der Urzeit können höchstens niederste Formen, Algen, Amöben, Quallen, Weichtiere, gelebt haben, deren Reste wegen ihres weichen Körpers nicht versteinert sind. Die Erdrinde bestand aus kristallinischen Urschiefern, nämlich Gneis,

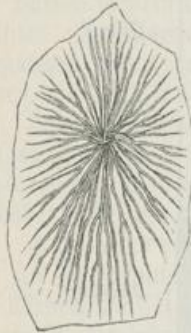


Fig. 114. *Oldhamia radiata*.



Fig. 115. *Oldhamia antiqua*.

Als älteste bekannte Fossilien.

Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Urtonschiefer; dazwischen lagern Quarzfels, kristallinischer Kalk, auch Graphit; durchbrochen wurden diese Gesteine von eruptiven Massen: Granit, Syenit, Grünstein, aber auch von vielen Erzgängen.

Die ältere Formation, die Urgneisgruppe, hat man auch laurentische<sup>2</sup> Gruppe benannt, weil sie in Kanada mächtig entwickelt ist. Auf ihr lagert die Urschiefer- oder huronische<sup>3</sup> Gruppe. In ihren obersten

Schichten treten die ersten Spuren organischen Lebens auf: Tange, Seelilien und Würmer. (Ob die Oldhamien Polypen oder Algen sind, ist unsicher.)

## b. Das Alttertium der Erde.

Auch paläozoisches<sup>4</sup> oder primäres<sup>5</sup> Zeitalter genannt. Bei Beginn dieser Periode war noch der größte Teil der Erde von Meer bedeckt; allmählich hoben sich Inseln und Erdteile. Die Lufthülle war reich an dampfförmigen Stoffen; erst in diesem Zeitalter drangen die Sonnenstrahlen durch die dichte Wolkenschicht. Unterdes leckten die heißen Meere mächtig an den vorhandenen Gesteinsmassen und lagerten Konglomerate, Sandsteine, Ton-schiefer, Kalksteine, Dolomite, Gips- und Steinsalzmassen zwischen den Gebirgsinseln ab. Die Bedingungen für die Entwicklung des pflanzlichen und tierischen Lebens stellten sich ein; es treten uns zunächst nur Meeresspflanzen (Algen, Seetange) entgegen. Dem Boden fehlte ja noch der nötige Humus, um Landpflanzen hervorzubringen.

Als Grauwackenformation bezeichnet man die ältesten Schichten, die nach ihrer Verbreitung in die Silur<sup>6</sup> und Devon<sup>7</sup>-Formation unterschieden werden. Nur das Meer bot Tieren einen Wohnplatz; es entstanden weite Korallenbänke, Weichtiere (Armsüßer), Trilobiten und Krebstiere, ja sogar schon ein Knorpelfisch als erstes Wirbeltier.

<sup>1</sup> Vom griech. *archaios*, alt, uranfänglich. — <sup>2</sup> Vom St. Lorenz-Strome. — <sup>3</sup> Nach den Huronen und dem Huronsee benannt. — <sup>4</sup> Von *palaios*, alt, und *zoë*, Leben. — <sup>5</sup> Das Zeitalter des ältesten, ersten Tier- und Pflanzenlebens. — <sup>6</sup> Silur nach dem zur Römerzeit in Wales lebenden Volke der Silurer. — <sup>7</sup> Devon nach der engl. Grafschaft Devonshire. In beiden Landstrecken ist diese Formation gut entwickelt und untersucht.

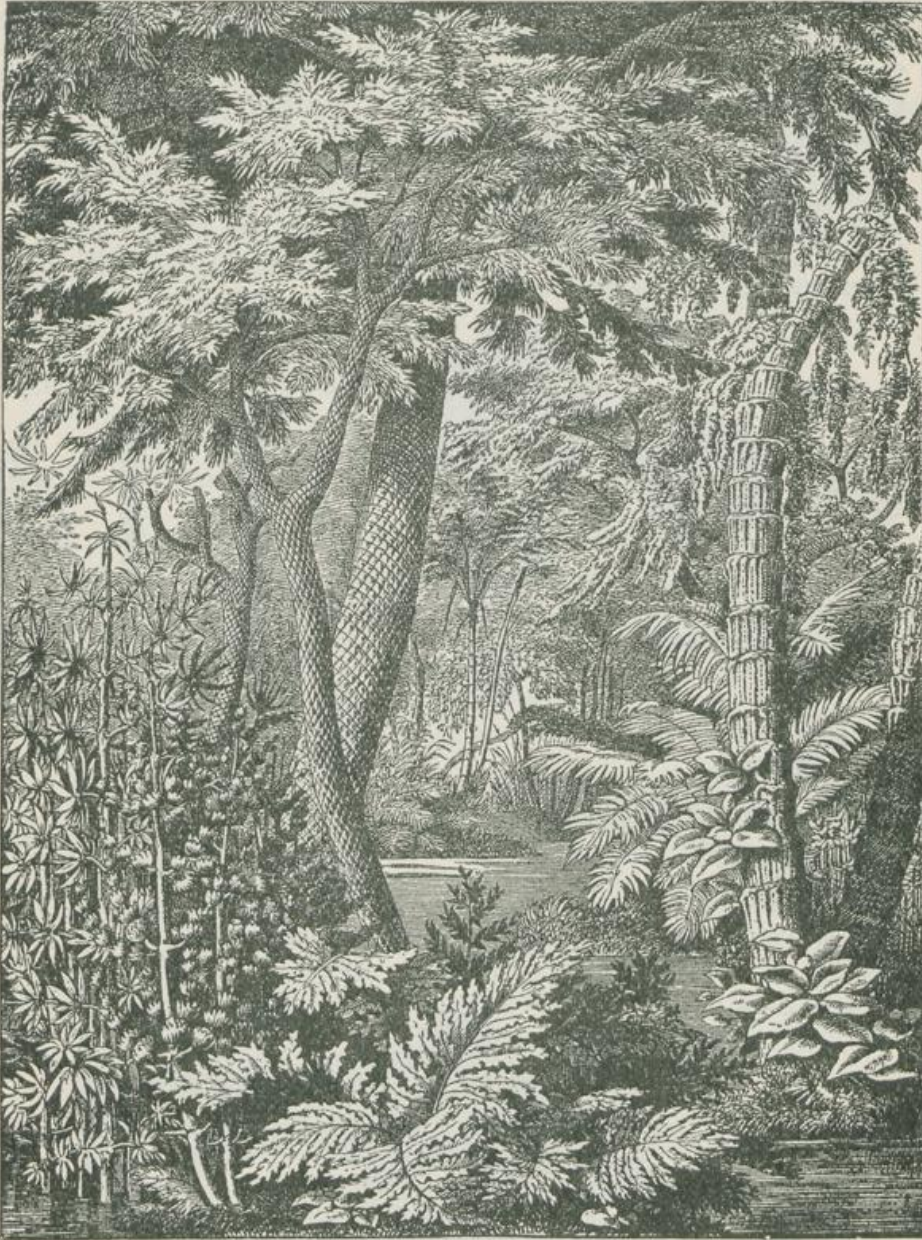


Fig. 116. Ein Wald aus der Steintohlenzeit. Aus Hirtz Allgemeiner Erdfunde in Bildern.

Im Vordergrund links *Asterophyllites foliosus* und (weiter rechts) *Calamites nodosus*, in der Mitte Farne (*Sphenopteris*). Weiter zurück links einige *Lepidodendron* — und rechts zwei *Sigillarien*stämme (mit schwarzen Farne).



In der Steinkohlenzeit wuchsen in schlammigen Tälern üppige Gefäßkryptogamen, Schachtelhalme, Narbenbäume (Sigillarien), Schuppenbäume, Farne. Erst in der letzten Zeit dieser Periode begegnen wir einigen Nadelbäumen und Zypressen. Jahrhunderttausende mag diese merkwürdige Pflanzenwelt gewuchert haben, die uns in den Steinkohlenlagern zum Teil erhalten ist. Das Tierleben war während dieser Zeit fast nur aufs Meer beschränkt. Trilobiten und andere Tiergeschlechter sind verschwunden, neue traten auf, so z. B. schiefschwänzige, kleinschuppige Knorpelfische, ja auch schon die ersten Spinnentiere, Insekten und Tausendfüßer. Auch von den ersten Amphibien, froschartigen Tieren, hat man einige Überreste entdeckt; in dem Sandstein Pennsylvaniens fand man Fußspuren großer Amphibien.

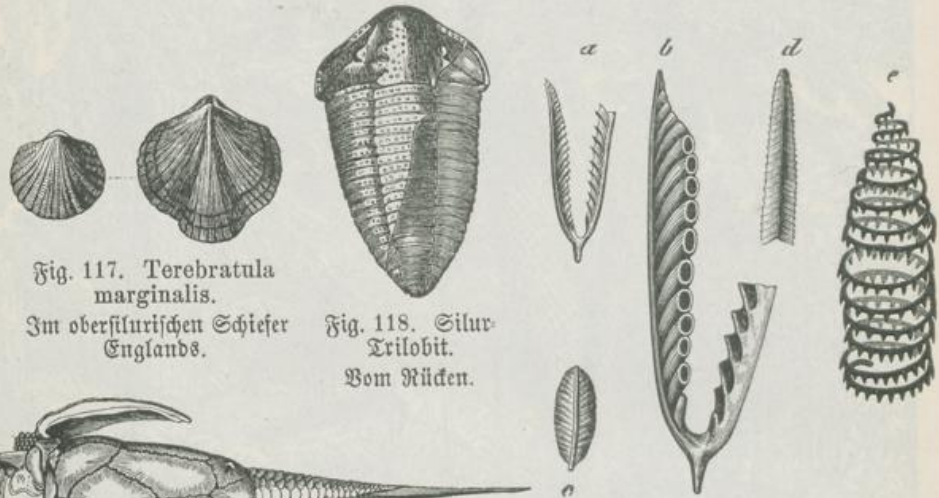


Fig. 117. *Terebratula marginalis*.

Im ober-silurischen Schiefer Englands.

Fig. 118. Silur-Trilobit.  
Vom Rücken.

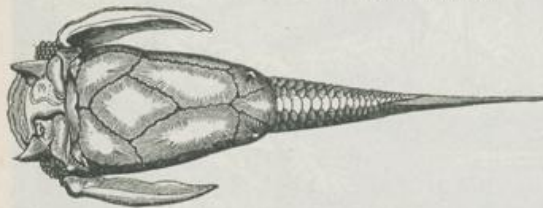


Fig. 120. *Pterichthys cornutus*. Der gehörnte Flügelfisch. (Knorpelfisch.) Devonisch. Schottland.

Fig. 119. a *Prionotus* (*Graptolithus geminus*). b Derselbe vergrößert. c *Gr. folium*. d *Retiolites Geinitzianus*. e *Gr. turriculatus*. abc aus Norwegen. de aus Böhmen. (Silur.)

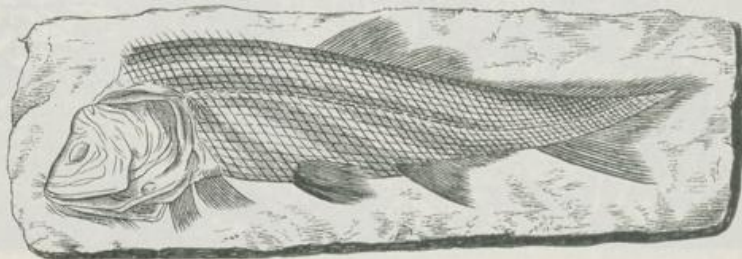


Fig. 121. *Palaeoniscus Vratislaviensis*. Schlesien (bei Kupfersdorf). Dyas.

Zu den Dyasformationen<sup>1</sup> zählt man besonders die Formation des Rotliegenden und des Bechsteins. Jenes ist eine meist rot gefärbte Sandsteinbildung; Bechstein benannten die alten Bergleute am Harz die Kalksteine

<sup>1</sup> Bon dyo, zwei.

und Dolomiten, aber auch Sandstein, Gips und Kupferschiefer, welche die Gänge und Ader der Kobalt-, Nickel- und Kupfererze umschlossen. Zur Zechsteinbildung gehört auch das Stassfurter Salzlager. Während dieser Periode ist das Pflanzenleben im Vergleich mit der mächtigen Steinkohlenflora dürftig, doch sonst ähnlich; auch das Tierleben bleibt während der Bildung des Nothliegenden zurück; desto kräftiger erwuchs es mit dem Beginne der Zechsteinzeit. Armfüßer (Fig. 122), Knorpelfische und molchartige Amphibien kommen häufig vor. Vögel und Säugetiere fehlen noch, ebenso die zweikeimblättrigen Pflanzen.



Fig. 122. *Productus horridus*. Im Zechstein. Deutschland, England, Spitzbergen.

Während dieses primären Zeitalters durchbrachen wiederholt glutflüssige Massen die Erdrinde und bildeten Grünstein und Porphyr.

#### c. Das Mittelalter der Erde.

Die mesozoische<sup>1</sup> Periode oder das sekundäre<sup>2</sup> Zeitalter kennzeichnet sich auch noch durch Sandsteinschichten, Kalksteine, Dolomiten, verschiedene Tone, auch Gips- und Salzablagerungen und kleine Steinkohlenslöze. Deutlich treten uns hier Erdrindebildungen als ozeanische, Brackwasser- und Süßwasserformationen entgegen. Die eruptiven Gesteine sind Melaphyre und Basalt. Die meisten Tiere und Pflanzen der paläozoischen Zeit sind verschwunden, neue Formen bewohnen Land und Meer.

Neue Farnarten, Sagobäume, Nadelhölzer, von der Jurazeit an auch Pandanen und Palmen, und in der Kreidezeit bereits zweifamennlappige Laubbölzer (Eichen, Feigen u. a.) bedecken die Erdoberfläche. Außer Korallen und Seelilien bevölkern Seeesterne, Seeigel, Muscheln und Schnecken, Ammoniten und Belemniten, Knorpel- und Grätenfische das Meer. Zahlreiche Gliedertiere sind schon vorhanden: Krebse, Insekten, Spinnen; riesige Frosch-Amphibien, die abenteuerlichen Gestalten der echten Saurier, z. B. Ichthyosaurus<sup>3</sup> (Fig. 123), Plesiosaurus<sup>4</sup> (Fig. 124), die Flughaut-Eidechse (Fig. 127), ein reiherartiger Sumpfvogel, der Archäopteryx<sup>5</sup>, und einige Säugetiere zeigen die stete Fortentwicklung der Tierwelt. (Im Keuper die ersten Beutler.)

Drei Formationsgruppen unterscheidet man:

1. Die Triasformation mit a. buntem Sandstein, b. Muschelkalk und c. Keuper (d. i. roter Ton und Mergel, auch Sandstein).
2. Die Juraformation mit a. schwarzem Jurakalk (Lias<sup>6</sup>), b. braunem und c. weißem Jurakalk, neben denen auch stets Ton, Sandstein und Dolomit erscheint. (Der lithographische Schiefer gehört zum oberen Jura.)
3. Die Kreideformation besteht aus Ton-, Schiefer-, Sand- und Kalksteinen, von denen der Quadersandstein und die weiße Kreide bemerkenswert sind.

<sup>1</sup> Von mesos, mitten. — <sup>2</sup> Zweites Zeitalter, in welchem ein neues organisches Leben auf der Erde vorhanden ist. — <sup>3</sup> Fischeidechse. — <sup>4</sup> Schlangenhalseidechse. — <sup>5</sup> Siehe Abbildung in Teil I, Seite 108. — <sup>6</sup> Sprich Lias; abgeleitet vom engl. layers, Lagen.

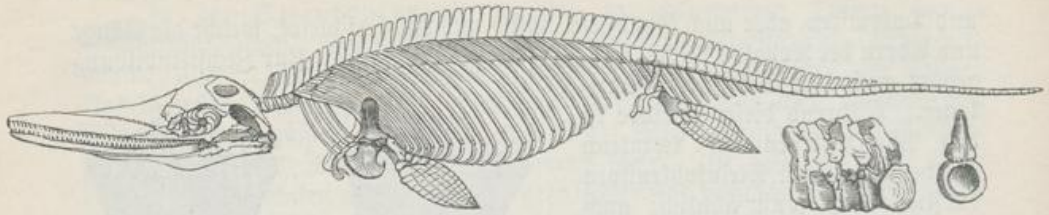


Fig. 123. *Ichthyosaurus communis*. Darunter Rippenwirbelknochen. Im Lias.

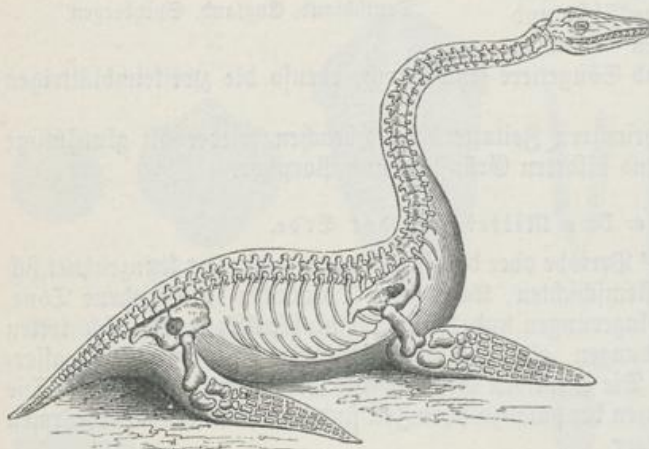


Fig. 124. Umriss der wahrscheinlichen Gestalt des *Plesiosaurus macrocephalus*.



Fig. 125. Seelilie.  
(*Enerinus liliiformis*.)  
Im Muschelkalk.



Fig. 127. *Pterodactylus crassirostris*.  
Im Pappenheimer lithographischen Schiefer.



Fig. 126. *Ammonites ornatus*.  
Geziertes Ammonshorn. Deutschland.  
Jura.



Fig. 128. *Gryphaea arcuata*.  
Gryphitenkalk. Im Lias.

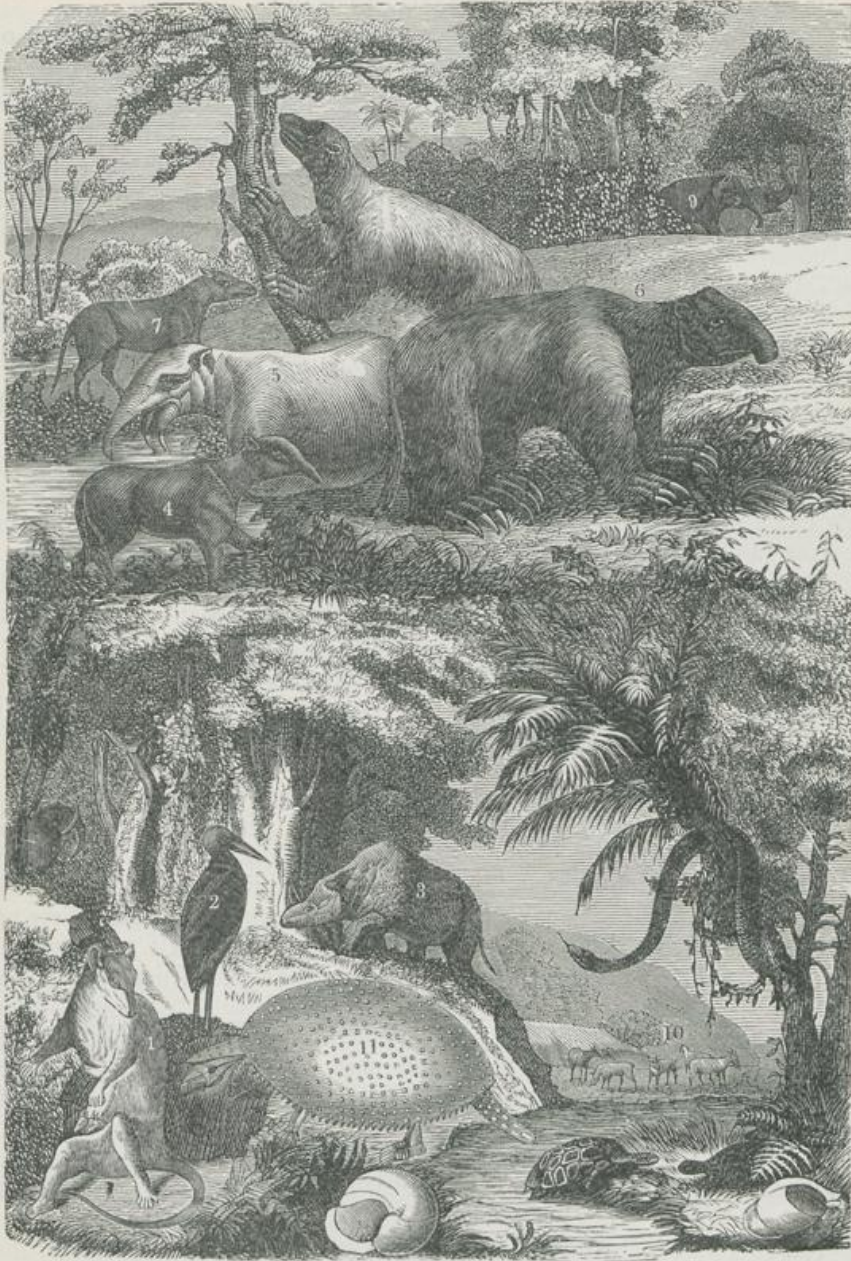


Fig. 129. Tierleben im tertiären Zeitalter.

1 ein Beuteltier; 2 ein Storch; 3 ein Nashorn; 4 das waffenlose Anoplotherium; 5 das schreckenerregende Dinothierium von 6 m Länge; 6 ein Faultier; 7 das tapirartige Paläotherium; 8 das Riesenfaultier; 9 das elefantenartige, mit mächtigen Stoßzähnen bewaffnete Mastodon; 10 Pferde, Wiederkäuer; 11 Gürteltier u. a.

## a. Die Neuzeit der Erde.

Känozoische<sup>1</sup> Periode wird dieses Zeitalter genannt. Es ist eine neue Zeit nach jeder Beziehung hin. Im Mittelalter war die Schichtenbildung meist sehr ruhig vor sich gegangen, wie dies die vollständig parallele Ablagerung des Juraalkales an vielen Stellen zeigt. Im känozoischen Zeitalter fanden dagegen weit- ausgedehnte Hebungen und Senkungen des Bodens statt, so daß die Festländer annähernd die heutige Gestalt erhielten. Weil die landbildenden Gewässer ihren Schutt nur aus dem beschränkten eigenen Landgebiete entnehmen konnten, mußten die Ablagerungen bedeutende Verschiedenheit aufweisen. Es sind besonders folgende Bildungen bemerkenswert: Konglomerate, Sandsteine, Geröll- und Sand- anhäufungen, Erdbodenarten (Lehm, Ton usw.), Kalksteine, Brauneisenerze, Eis- und Schneeablagerungen (Gletscher), Braunkohlen- und Torfablagerungen und auch Steinsalzlager. Eruptive Bildungen sind Basalt, Trachyt und Lava.

Man teilt diese Periode in die Tertiär- oder Braunkohlenperiode und die Quartär- oder Torfperiode.

1. Das tertiäre Zeitalter. In jener Zeit entstanden durch großartige vulkanische Ausbrüche die Mehrzahl unserer höchsten Gebirge; die Wärme der Erdrinde nahm immer mehr ab, die Sonnenwärme begann Einfluß auf die Luftwärme der Erde zu gewinnen, so daß sich klimatische Unterschiede bemerkbar machten; es bildeten sich allmählich unsere Klimazonen heraus. Die Pflanzenwelt war eine äußerst mannigfache; unsere Laubbäume wuchsen in Gesellschaft von Nadelbäumen neben immergrünen Laubbäumen und Palmen. In den Braunkohlenwäldern wucherten Fächerpalmen, Bananen, Lorbeer- und Myrtengewächse, Akazien, Myrten, Rosen neben Eichen, Buchen und Erlen, über 300 Baumarten. Fig. 130 zeigt links im Vordergrund Cycadeen und Palmen, weiter zurück unsere Laubbäume, rechts im Vordergrund zwei Araukarien, am Wasser Gräser und Cyperaceen.

Auch das Reich der Tiere konnte sich unter einer so üppigen und reichen Pflanzenwelt mannigfaltig gestalten: große tapirähnliche Dickhäuter, hirschartige Zweihüser, Beuteltiere, Fischottern, Hunde, Affen u. a. treten bald bei Beginn dieser Periode auf; gegen Ende derselben sind das elefantenartige Mastodon, das riesige Dinotherium u. a. Riesentiere neben sämtlichen Ordnungen der Säugetiere vorhanden. Nur dürftig sind uns Reste der damaligen Vogelwelt erhalten; reich dagegen waren die Klassen der Reptilien und Amphibien, der Fische, der Gliedertiere usw. (Vgl. Fig. 129.)

2. Das quartäre Zeitalter umfaßt alle Bildungen, welche seit dem Erscheinen des Menschen auf der Erde entstanden sind. Man unterscheidet das Diluvium<sup>2</sup> und das Alluvium<sup>3</sup>. Beim Beginne der Diluvialzeit war der größte Teil der nördlichen Halbkugel mit Wasser bedeckt; die kalte Zone hatte eine größere Ausdehnung als heute. Gletscher bedeckten die Alpen, den Jura, den Schwarzwald, den Wasgau, das Riesengebirge u. a. Erratische Blöcke. Eiszeit.

Im Innern der Festländer wurden die Moore, die Nadel- und Laubwälder belebt von riesigen Geschöpfen, die für ein kälteres Klima eingerichtet waren: die Höhlenhyäne, der Höhlenbär, der Höhlenlöwe, das Mammut, das wollige

<sup>1</sup> Vom griech. kainos, jung; also junges Tierleben, mit Bezug auf die Tierarten, welche in diesem Zeitalter die Erde bevölkern und gewissermaßen den Übergang zu den jetzt noch lebenden Arten bilden. — <sup>2</sup> Überschwemmung; aufgeschwemmtes Land. — <sup>3</sup> Anschwemmung; das angeschwemmte Land; geschichtliches Schwemmland.

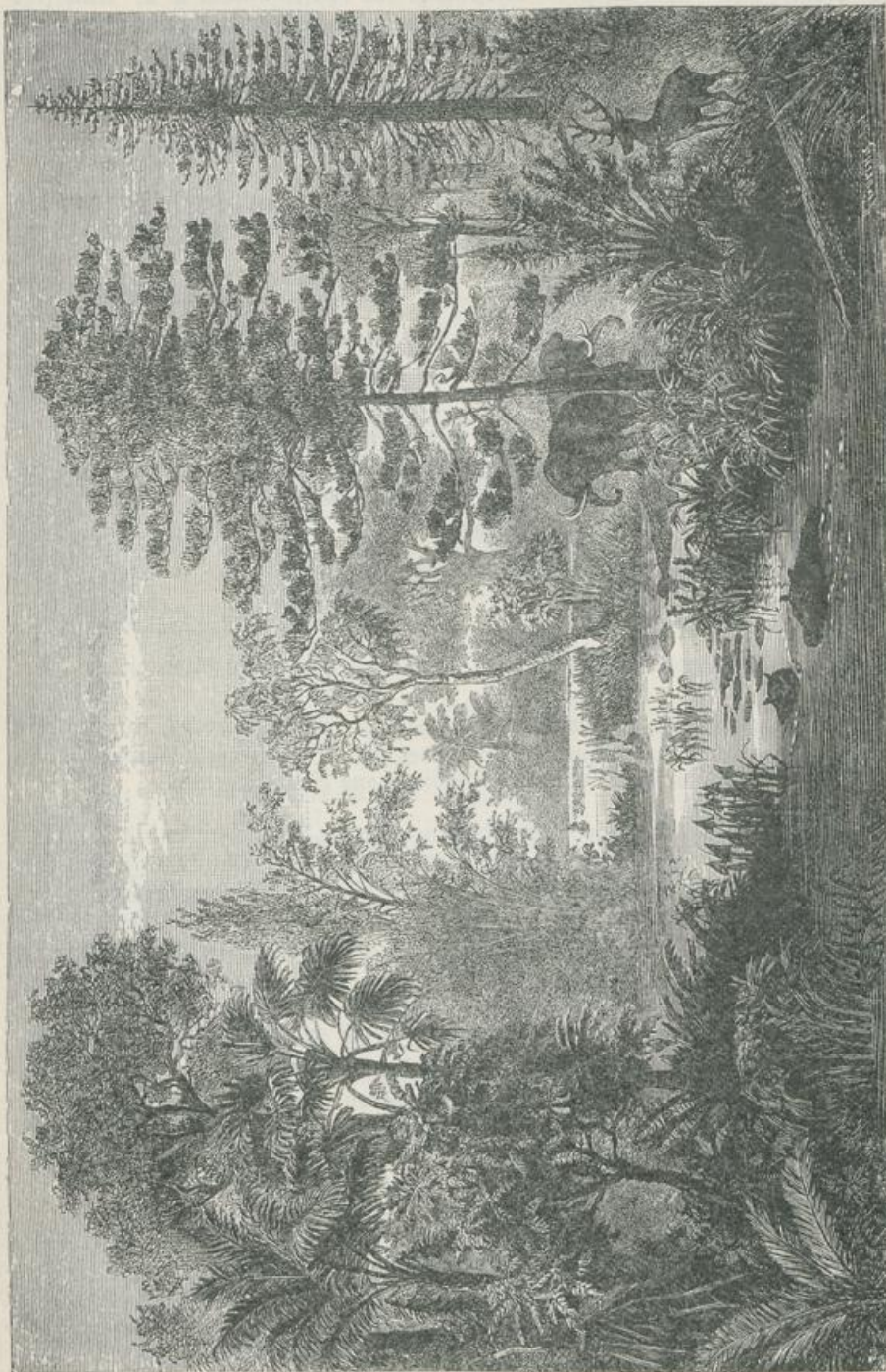


Fig. 130. Landschaft aus der Tertiärzeit.

Rhinozeros, der Riesenhirsch, der Riesenelch, das Riesenfaultier u. a. Auch jetzt nur noch hochnordische Formen waren weit nach dem Süden verbreitet: der Biber, das Renntier, das Elen, der Moschusochse, der Schneehase und der Lemming. Reste von Meerestieren werden wenige gefunden und umfassen Arten die zum Teil noch in der Nordsee leben: Auster, Herzmuschel u. a. Die Fundstätten für die genannten fossilen Tiere sind Kalktuffe, Kalkhöhlen, Torflager, Sand-, Lehm- und Schlammansammlungen.

Auch der Mensch lebte bereits vor der eintretenden Vergletscherung des europäischen Festlandes; menschliche Knochen und steinerne und knöcherne Werkzeuge findet man schon in den Diluvialschichten.

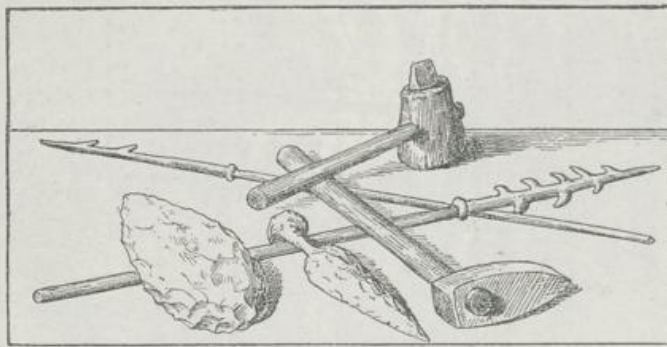


Fig. 131. Geräte aus der Steinzeit. Aus Hirt's Historischen Bildertafeln.

Links eine Feuersteinart, die man ohne Handhabe zu führen vermochte, daneben eine steinerne Speerspitze; rechts zwei Hämmer oder Äxte mit hölzernem Griffe; sodann zwei Holzspeer mit langen Spitzen aus Renntiergeweih.

Ohne äußere bemerkbare Unterbrechung ging die Tertiärzeit in die Diluvialzeit, in die Eiszeit, und diese dann in das Zeitalter des Alluviums über. Die Diluvialzeit ist am besten dadurch gekennzeichnet, daß in ihr Tierarten aus den verschiedensten Zonen bunt durcheinander lebten, daß sie die Periode der obengenannten Riesentiere ist, und daß in ihr teils durch Gletscher, teils durch Wasserfluten Lehm, Ton und Felschutt abgelagert sind an Orten, zu denen gegenwärtig weder Gletscher noch Wasserfluten gelangen können. Das Alluvium aber umfaßt alle die Bildungen (Ton, Sand, Kalk, Mergel, Lehm und Humus), welche noch gegenwärtig durch das Wasser, durch Verwitterungsvorgänge, Vulkane und Erdbeben auf der Erdoberfläche hervorgebracht werden, sodann aber auch die Zeit, in welcher sich die gegenwärtige Pflanzen-, Tier- und Menschenwelt entwickelt hat.

