

76266

802

Grundzüge der Geologie



mit besonderer Berücksichtigung der

geologischen Verhältnisse Steiermarks

für Lehramtszöglinge und Lehrer.

Von

Johann Koprivnik,

Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Marburg a. D.

Preis *K* 1.—.

Wien, 1895.

Verlag von A. Pichler's Witwe & Sohn.

V. Margaretenplatz 2.

Verlag von A. Pichler's Witwe & Sohn in Wien.

Hilfstafeln zur Mineralogie
nach den Lehrbüchern für Mittelschulen
zusammengestellt

von **Prof. Franz Dörfler.**

4. Auflage. geh. 30 h.

Krystallformen-Netze.

Von

Prof. Dr. Gerstendörfer.

Grosse Krystallformen-Netze zum Schulgebrauche.

32 isometrische Netze auf 10 Carton-Tafeln.

Die Hauptachse 16 cm lang. — Format 46 : 64 cm.

Preis 6 K.

Krystallnetze

zur Verfertigung der beim mineralogischen Anschauungsunterricht
vorkommenden wichtigsten Krystallgestalten,

entworfen von

Ludwig Rothe,

Realschul-Director in Teschen.

3 Tafeln mit erläuterndem Text. 9. Auflage. Preis 60 h.]

8 Taf. enth. 52 Netze auf Karton, mit erläuterndem Text. Preis in Mappe K 1.50.

Die

Geologischen Verhältnisse

der Umgebung der k. k. Residenzstadt Wien.

Von **K. Schwippel,**

k. k. Schulrath.

1883. 1 $\frac{1}{2}$ Bogen mit einer Karte. Geh. 80 h.

Die Ost-Alpen

mit ihren anliegenden Gebirgsmassen. Geologisch dargestellt.

Von **K. Schwippel,**

k. k. Schulrath.

1884. 2 $\frac{1}{2}$ Bog. mit einer Karte. Geh. K 1.20.

Methodischer Leitfaden der Mineralogie und Geologie.

Von

Prof. Wenzel Žižka

Für die Unterclassen der Mittelschulen.

2. Aufl. 1889. 6 Bog. mit 32 Abbildungen. Geh. 80 h. geb. K 1.10.



Grundzüge der Geologie.

Mit besonderer Rücksicht auf die geologischen
Verhältnisse Steiermarks.

Grundzüge der Geologie

mit besonderer Berücksichtigung der

geologischen Verhältnisse Steiermarks

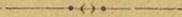
für Lehramtszöglinge und Lehrer.

Von

Johann Koprivnik,

Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Marburg a./D.

Preis *K* 1.—.



Wien, 1895.

Verlag von A. Pichler's Witwe & Sohn.

V. Margaretenplatz 2.

76266



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Verzeichnis der Abbildungen	
Vorwort	
Einleitung	1
1. Was ist Geologie	1
2. Gliederung des Erdkörpers	1
I. Wechselwirkungen der Erdsphären auf einander	4
a) Vulcanismus	4
1. Vulcane	4
Mofetten	8
Solfatoren	8
Fumarolen	8
Thermen	8
Springquellen	9
Schlammvulcane	9
2. Massen- oder Eruptivgesteine	9
1. Gruppe der Granite	9
1. Granit	9
2. Syenit	9
2. Grünsteingruppe	10
1. Diorit	10
2. Diabas	10
3. Porphyrgruppe	10
1. Quarzporphyr oder Felsitporphyr	10
2. Porphyrit	10
4. Melaphyrgruppe	10
1. Melaphyr	10
2. Augitporphyr	10
5. Trachytgruppe	11
1. Quarztrachyt	11
2. Hornfelstrachyt	11
3. Eigentlicher Trachyt	11
6. Basaltgruppe	11
1. Dolerit	11
2. Basalt-Tuff	11
7. Gruppe der Olivin- und Serpentinegesteine	12
3. Erdbeben	12
Erscheinungen des Erdbebens	12
Ursachen des Erdbebens	14
4. Hebungen und Senkungen des Bodens	15
5. Entstehung der Continente und der Gebirge	16

	Seite
b) Die Atmosphäre	17
c) Das Wasser und seine Wirkungen	18
1. Wirkungen des Wassers im Innern der Erde	18
Quellen	20
Mineralquellen	20
2. Wirkungen des fließenden Wassers	21
a) Auswaschung und Ausnagung	21
b) Fortführung und Ablagerung der Gesteinstrümmel	22
3. Trümmergesteine	23
a) Lose Trümmergesteine	24
1. Gebirgsschutt	24
2. Gerölle	24
3. Geschiebe	24
4. Sand	24
b) Zusammenhängende Trümmergesteine	24
1. Psephite	24
a) Breccien	24
b) Conglomerate	24
2. Psamite	24
3. Pelite	24
a) Thonschiefer	25
b) Schieferthone	25
c) Thon	25
4. Wirkungen des Meeres	25
α) Mechanische Wirkungen	25
β) Chemische Wirkungen	26
5. Krystallinische Sediment- oder Schiefergesteine	28
a) Einfache krystallinische Schiefergesteine	29
b) Zusammengesetzte krystallinische Schiefergesteine	29
1. Gneis	29
2. Glimmerschiefer	29
3. Hornblendeschiefer	29
4. Chloritschiefer	30
5. Talkschiefer	30
6. Phyllit oder Thonschiefer	30
6. Gletscher	30
d) Wirkungen der Organismen	32
a) Phytogene Sedimentgesteine	33
1. Kieselguhr oder Poliererde	33
2. Phytogene Kalksteine	33
3. Fossile Kohlen	33
4. Fossile Harze oder Bitumen	34
b) Zoogene Sedimentgesteine	34
1. Foraminiferenkalke	34
2. Korallenkalke	34
3. Muschelkalke	35
4. Knochenschichten oder Bonebed	35
c) Versteinerungen oder Petrefacten	36
II. Lehre vom Gebirgsbau oder Geotektonik	37

	Seite
III. Stratigraphie	41
Urzeit der Erde oder die archaische Periode	41
Das Alterthum der Erde oder das palaeozoische Zeitalter	43
1. Die silurische Formation	43
Die cambrischen Schichten	43
2. Die devonische Formation	45
3. Die Steinkohlenformation	45
4. Die Dyas oder die perm'sche Formation	47
Das Mittelalter der Erde oder das mesozoische Zeitalter	47
1. Die Triasformation	48
Die rätische Formation	49
2. Die Juraformation	50
Die tithonische Stufe und die Wälderformation	51
3. Die Kreideformation	51
Die Neuzeit der Erde oder das känozoische Zeitalter	52
1. Das ältere Braunkohlengebirge (Eocän)	53
2. Das jüngere Braunkohlengebirge (Neogen)	54
1. Die aquitanische Stufe	55
2. Die mediterrane Stufe	55
3. Die sarmatische Stufe	56
4. Die Congerienschichte	56
Die Jetztzeit der Erde oder das anthropozoische Zeitalter	56
1. Die Diluviumperiode	57
2. Die Alluviumperiode	57

Verzeichnis der Abbildungen.

- Nr. 1. Idealer Durchschnitt durch den Erdkörper.
" 2. Aufschüttungskegel.
" 3. Ausbruch des Vesuvs, October 1822.
" 4. Die Säulen des Serapistempels bei Puzzuoli.
" 5. Nildelta.
" 6. Gletscherbild.
" 7. Antiklinale und synklinale Lagerung.
" 8. Fächerförmige Lagerung.
" 9. Verwerfung.
" 10. Concordante und discordante Lagerung.
" 11. Concordante, rechtsinnische und widersinnische Lagerung.
" 12. Idealer Durchschnitt durch die Erdrinde.
" 13. Ein Ringelwurm und ein Trilobit aus den cambr. Schichten.
" 14. Graptolithen, Orthoceras und ein Riesenschalenkrebs aus dem Silur.
" 15. Durchschnitt durch den Erzberg (Silur).
" 16. Ein Panzerfisch und ein Schmelzschupper aus dem Devon.
" 17. Ein Schuppenbaum, Sigelbaum und ein Calamit (Carbon).
" 18. Ein Walchia-Ast (Dyas).
" 19. Encrinus liliiformis und Amonites floridus (Trias).
" 20. Durchschnitt durch die Gonobitzer Gora (Trias).
" 21. Pterodactylus und Archaeopteryx (Jura).
" 22. Hippurites und Turrilites (Kreide).
" 23. Palaeotherium und Anoplotherium (Eocän).
" 24. Dinotherium und Mastodon (Neogen).
" 25. Mammut und Riesenhirsch (Diluvium).
" 26. Geologische Übersichtskarte von Steiermark.
-

Vorwort.

Nach den Bestimmungen des Organisationsstatutes der Bildungsanstalten für Lehrer und Lehrerinnen ist der Geologie, welche im ersten Semester des III. Jahrgangs durch je 1 wöchentliche Unterrichtsstunde gelehrt wird, folgendes Lehrziel gesteckt: „Das Wichtigste über den Bau der Erdrinde. Hervorhebung der geologischen Verhältnisse des Heimatlandes.“ Der Unterricht in der Geologie an den Lehrer- und Lehrerinnen-Bildungsanstalten ist demnach unter steter Bezugnahme auf die geologischen Verhältnisse des Heimatlandes zu ertheilen. Da es aber an einem Leitfaden der Geologie, in welchem die geologischen Verhältnisse Steiermarks in dem Maße hervorgehoben erscheinen würden, wie sie beim Unterrichte an den steiermärkischen Bildungsanstalten für Lehrer und Lehrerinnen Berücksichtigung finden sollten, bisher gefehlt hat, so unternahm es der Verfasser, diesem Mangel abzuhelpen und einen, den Anforderungen des Organisationsstatutes mit Rücksicht auf das Kronland Steiermark entsprechenden Leitfaden zu schaffen. Wieweit es ihm gelungen sei dieser Aufgabe gerecht zu werden, bleibt der Beurtheilung der Fachgenossen überlassen.

An den Bildungsanstalten für Lehrer beginnt im III. Jahrgange der landwirthschaftliche Unterricht mit der Bodenkunde. Für das richtige und volle Verständnis dieses Capitels ist aber die Kenntnis der wichtigsten Gesteine und ihrer Verwitterungsproducte unerlässlich. Aus diesem Grunde hat der Verfasser die am häufigsten auftretenden Gebirgsarten etwas ausführlicher besprochen und überall die Zersetzungsproducte der betreffenden Gesteinsart angegeben.

Sollte der im Leitfaden gebotene Stoff in seinem vollen Umfang nicht bewältigt werden können, (was jedoch der Verfasser nach seinen mehrjährigen Erfahrungen nicht annimmt), so mögen die minder wichtigen Partien, welche durch Kleindruck ersichtlich gemacht wurden, nach Bedürfnis gekürzt, beziehungsweise dem häuslichen Fleiße der Zöglinge überlassen werden. Auf die Einbeziehung dieser Partien glaubte aber der Verfasser um so weniger verzichten zu können, als der Leitfaden wohl bei einer großen Anzahl unserer Zöglinge und späterer Lehrer das einzige Werkchen, aus welchem sie ihre Kenntnisse in der Geologie schöpfen,

bleiben wird, und weil gerade das im Texte als minderwichtig Bezeichnete dem künftigen Lehrer in Steiermark beim Unterrichte in der Volksschule vielfach gute Dienste leisten dürfte.

Schließlich fühlt sich der Verfasser angenehm verpflichtet, dem Herrn Director Heinrich Schreiner, der nicht allein die Anregung zu dieser Arbeit gegeben, sondern auch das Manuscript einer sorgfältigen Durchsicht unterzogen hat, an dieser Stelle den gebührenden Dank abzustatten.

Marburg a. D. im Juni 1895.

Der Verfasser.

Bei der Abfassung dieses Leitfadens wurde nachstehend verzeichnete Literatur benützt:

Dr. J. Hann, Dr. F. v. Hochstetter und Dr. A. Pokorny „Allgemeine Erdkunde“ Prag, 1881. F. Tempsky.

Dr. F. v. Hochstetter und Dr. A. Bisching, „Leitfaden der Mineralogie und Geologie“ Wien, 1893. Alfred Hölder.

Dr. Ritter von Hauer „Die Geologie der österr.-ung. Monarchie“ Wien, 1875. Alfred Hölder.

Dr. Fr. Standfest „Leitfaden für den geol. Unterricht“ Graz, 1884. Leuschner & Lubensky.

Dionys Stur „Geologie der Steiermark“ Graz 1875 Geolog.-mont. Verein.

Dionys Stur „Geologische Übersichtskarte von Steiermark“ Graz, 1864. Geolog. mont. Verein.

J. Hindenburg „Die Erdrinde“ Breslau, 1887. Ferd. Hirt.

Dr. M. Neumeyer „Erdgeschichte“ I. und II. Bd. Leipzig 1887. Bibliogr. Institut.

H. Schreiner „Grundzüge der Geologie“ Bozen 1882. Gotthard Ferrari.

Dr. Ranke „Der Mensch“ II. Bd. Leipzig, Bibliogr. Institut.

M. Kispatič „Slike iz geologije“ Zagreb 1880. Matica Hrvatska.

J. Žuza i. dr. „Slovenski Štajer“ I. snop. II. geognozija Ljubljana 1868 Matica Slovenska.

Bergrath E. Riedl. „Bergstürze und Abrutschungen“ und „Lignit des Schalthales“. Cilli.

Einleitung.

1. Was ist Geologie.

Geologie (gr. *gê*, Erde; *lógos* Wissenschaft) ist die Lehre von der Bildung und Zusammensetzung der Erde. Sie beschreibt uns die Bestandmassen, aus denen sich der Erdkörper aufbaut, sowie deren gegenseitiges Lagen- und Massenverhältnis und deren Wirkungen auf einander (allgemeine Geologie). Sie belehrt uns über die Bestandtheile der festen Erdrinde (Petrographie), über die Anordnung und Verbindungsweise derselben (Geotektonik) und über die Bildungsgeschichte der Erdrinde (Stratigraphie) (specielle Geologie).

2. Gliederung des Erdkörpers.

Der Erdboden, auf dem wir wandeln, ist fest. Das Festland hört aber an der Meeresküste nicht auf, sondern setzt sich unter dem Meere fort. Die Erde ist demnach ringsum fest und starr.

Der Erdkörper, der die Form einer an den Polen abgeplatteten Kugel hat, wird von der Sonne erleuchtet und erwärmt. Die Sonnenwärme dringt auf dem Festlande je nach dem Leitungsvermögen des Gesteines und der geographischen Lage eines Ortes etwa 25—30 *m* in die Tiefe. Schichten, die tiefer liegen, werden von der Sonnenwärme nicht mehr beeinflusst. Bis zur angegebenen Tiefe machen sich jedoch nur die jährlichen Temperaturunterschiede der Atmosphäre bemerkbar, die monatlichen Schwankungen reichen nur bis ungefähr 10 *m*, die täglichen gar nur etwa 1 *m* tief. In der Tiefe von 25—30 *m* herrscht jahraus, jahrein eine constante Temperatur, welche gleich ist der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes¹⁾.

In dem 27·6 *m* tiefen Keller der Pariser Sternwarte zeigt das Thermometer seit 1771, also schon über 124 Jahre stets eine Temperatur von 11·82° C.

Dringt man von der Stelle der constanten Temperatur tiefer in die Erde ein, was mitunter bei Erdbohrungen zum Zwecke der Anlage von Brunnen und in Bergwerken geschieht, so beobachtet man durchschnittlich für je 34 *m* Tiefenzunahme eine Temperaturerhöhung von 1° C.

¹⁾ Am Aequator ist die Stelle der constanten Temperatur höher, an den Polen tiefer gelegen.

Bei der Erdbohrung im Salzbergwerke in Sperenberg bei Berlin hat man in der Tiefe von 1313 *m* eine Temperatur von 49° C. beobachtet. In dem 1690 *m* unter der Bergkuppe liegenden Tunnel des Mont Cenis zeigt das 100theilige Thermometer 26·5°, im 1700 *m* tiefen Tunnel von St. Gotthard 31° C.

Da diese Schichten dem Einflusse der Sonnenwärme entrückt sind, so muss die Temperaturzunahme von einer der Erde eigenen Wärme, der **Erdwärme** herrühren.

Notiert man für die Tiefe von 34 *m* als durchschnittliche constante Temperatur rund 12° C. und nimmt man an, dass bei je 100 *m* Tiefengang die Temperatur um + 3 C. zunimmt, so erhält man für eine Tiefe

bei 134 <i>m</i>	eine Temperatur von	15° C.
„ 1 <i>km</i>	„ „	40·9° C.
„ 7·42 „ (2 Meilen)	„ „	233·58° C.
„ 37·1 „ (5 „)	„ „	1123·9° C.
„ 51·9 „ (7 „)	„ „	1569·1° C.
„ 59·3 „ (8 „)	„ „	1791·7° C.
„ 74·2 „ (10 „)	„ „	2236·9° C.

Damit wir uns die Wirkung der Wärme auf die mineralischen Körper vergegenwärtigen, gebe ich den Schmelzpunkt einiger schwerschmelzbarer Metalle an. Es schmelzen nämlich:

Silber	bei 1000° C.	Kobalt	bei 1400° C.
Gold	„ 1057° C.	Nickel	„ 1500° C.
Roheisen	„ 1275° C.	Platin	„ 2000° C.

Erwägt man nun, dass die Metalle in der Erde niemals ganz rein, sondern mit anderen Metallen gemengt (legiert) vorkommen, und dass Metallgemenge stets einen niedrigeren Schmelzpunkt haben als die darin enthaltenen Gemengtheile; da ferner schmelzende Körper sonst schwer oder kaum schmelzbare Verbindungen zum Schmelzen bringen, so kann man mit Rücksicht auf diese Thatsachen mit Grund folgern und behaupten, dass in einer Tiefe von 7—8 Meilen (bei der Temperatur des Knallgasgebläses = 2844° C. schmelzen ohne Einwirkung leichtflüssiger Materialien selbst sehr schwer schmelzbare Substanzen wie Porcellan und Basalt) kein bekannter Körper der festen Erdrinde starr, sondern nur im feuer-flüssigen Zustande sich befinden kann.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass der Erdkörper aus einem feuer-flüssigen Kern und einer festen Rinde besteht.

Da der mittlere Durchmesser der Erde 12700 *km* beträgt, die Stärke (Dicke) der Erdrinde aber 7—8 Meilen (ungefähr 60 *km*) misst, so beträgt die Dicke der Erdrinde beiläufig $\frac{1}{200}$ des Erddurchmessers. Will man das Verhältnis zwischen dem glut-flüssigen Erdinneren und der festen Erdkruste an einer hohlen Kugel von 1 *m* Durchmesser zur Anschauung bringen, so darf man die Kugelschale, welche die Erdrinde vorstellen soll, nur 4·6 *mm* dick annehmen. Das weiche Fleisch und die harte Schale einer größeren Apfelfrucht geben uns annähernd dasselbe Verhältnis.

Weitere Beweise für die stetige Zunahme der Wärme nach der Tiefe und für ein feuer-flüssiges Erdinnere sind die Vulkane, die heißen Quellen und zum Theil die Erdbeben. Viele Geologen sind der Meinung, dass der ganze Erdball einstens glut-flüssig gewesen ist, und dass sich die harte Kruste an der Oberfläche erst nach und nach durch Abkühlung der äußeren Schichten gebildet hat. Für diese Annahme spricht unter anderem auch die Abplattung der Erde an den beiden Polen.

Die Erdoberfläche ist nicht eben, sondern Erhöhungen und Vertiefungen wechseln mit einander ab. In den Vertiefungen hat sich das Wasser angesammelt und bildet die Erdmeere, die Erhöhungen sind das Festland

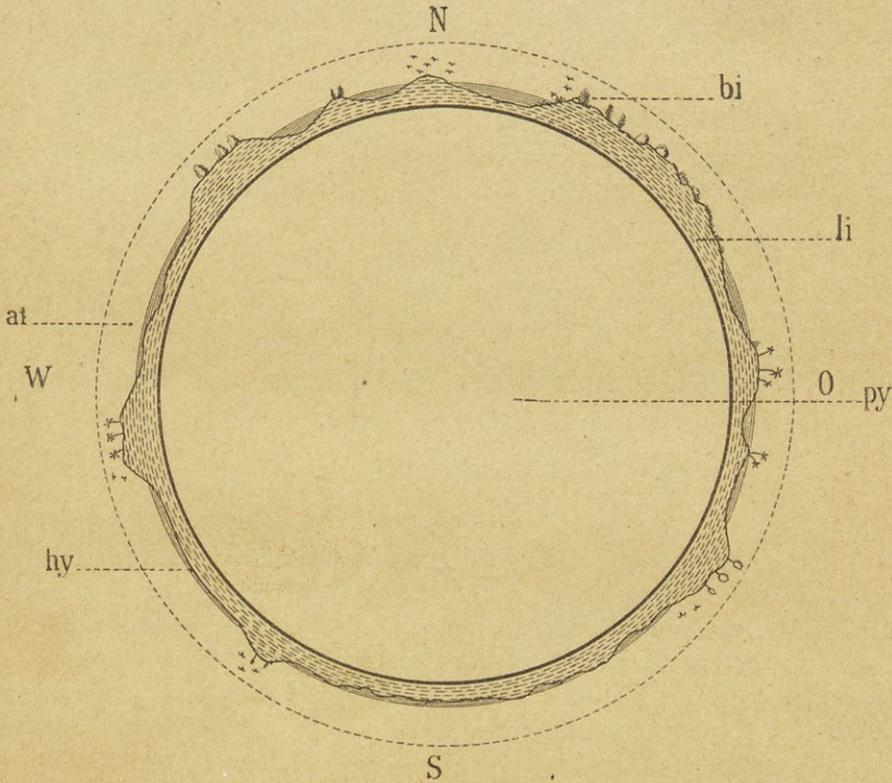


Fig. 1.

Schematischer Durchschnitt durch das Erdganze.

py Pyrosphäre, li Lithosphäre, hy Hydrosphäre, bi Biosphäre (Theile davon), at Atmosphäre.

und die Inseln. Da das Wasser über drei Viertheile der ganzen Erdoberfläche bedeckt, bildet dasselbe eine die Erdrinde umschließende zum Theil allerdings unterbrochene Schichte — die Wasserschichte oder die Hydrosphäre¹⁾.

Das Festland und das Wasser werden von zahllosen Thieren und Pflanzen bewohnt. Die Gesamtheit der Pflanzen- und Thierwelt kann

¹⁾ gr. hydor, Wasser, gr. sphaira, Kugel.

man sich gleichfalls als eine den Erdkörper umgebende (nicht geschlossene) Schichte vorstellen. Sie bildet die Schichte der Lebewesen oder die Biosphäre.¹⁾

Ueber dem Festlande, dem Wasser und den Lebewesen endlich lagert die Luft, welche nach Berechnungen und Schätzungen etwa 7—8 Meilen (am Aequator noch weiter) in die Höhe reicht. Sie bildet die äußerste Schichte am Erdkörper, den Luftkreis oder die Atmosphäre²⁾.

An den Erdplaneten unterscheidet man demnach im gegenwärtigen Stadium von innen nach außen folgende einander mehr oder weniger umschließende Kugelschichten oder Sphären:

1. den glut-flüssigen Erdkern oder die Pyrosphäre³⁾.
2. die harte Erdrinde oder die Lithosphäre⁴⁾.
3. die (in Wirklichkeit nicht zusammenhängende) Wasserschichte oder Hydrosphäre,
4. die (lose) Schichte der Lebewesen oder die Biosphäre,
5. den Luftkreis oder die Atmosphäre (Siehe Fig. 1).

I. Wechselwirkungen der Erdsphären auf einander.

a) Vulcanismus.

1. Vulcane.

Unweit von Neapel steht der 1180 *m* hohe, stumpf-kegelförmige Berg Vesuv. Auf seinem Gipfel öffnet sich ein trichterförmiger, 620 *m* breiter Schlot in die Erdtiefe. Dem Schlote entweichen jahrein, jahraus verschiedene heiße Gase. Von Zeit zu Zeit füllt sich der Canal mit glut-flüssiger Gesteinsmasse, welcher mit großer Heftigkeit Wasserdampf entströmt und größere und kleinere Partikeln der glut-flüssigen Masse in die Luft mit sich reißt. Der Vesuv ist ein Vulcan oder feuerspeiender Berg.

Die Vulcane sitzen auf Erdspalten und stehen in Reihen (Reihenvulcane) oder in Gruppen um einen Centralvulcan (Gruppenvulcane), je nachdem die Spalten in einer Richtung verlaufen oder von einem Mittelpunkte strahlenförmig auseinander gehen. Selten finden sich einzeln stehende Vulcane (isolierte Vulcane). Vulcane tragende Erdspalten liegen an Meeresküsten oder auf Inseln.

Eine solche zieht sich auf der Westseite der Apenninen von Mittelitalien bis über Neapel hinab in einer Strecke von mehr als 350 *km* und setzt sich wahrscheinlich am Meeresgrunde über die Insel Stromboli nach Sicilien hinüber fort. Sie trägt die Vulcane Vesuv,

¹⁾ Gr. *bióo*, ich lebe; ²⁾ gr. *atmós*, Dunst; ³⁾ gr. *pyr*, Feuer ⁴⁾ gr. *líthos*, Stein.

Stromboli und Aetna. Eine weitere Spalte verläuft an der Ost- und Südküste Hinterasiens in südwestlicher Richtung über die dortigen Inseln und Halbinseln; die längste (über 2000 geogr. Meilen lang) ist an der Westküste von Nord- und Südamerika. Auf ihr sitzen die Riesenvulcane Südamerikas (Sahama, Chimborasso und andere). Strahlenförmig auseinander laufende Erdspalten mit Gruppenvulcanen kommen auf Island, den canarischen, azorischen, Cap Verdischen und anderen Inseln vor.

Der Höhe nach sind die Vulcane sehr verschieden. Während der Mandana auf der Insel Santa Cruz nur 65 *m* hoch ist, hat der Vesuv eine Höhe von 1180 *m*, der Hekla 1550 *m*, der Aetna 3200 *m*; die südamerikanischen Vulcane Sahama (6800 *m*) und Chimborasso (6310 *m*) zählen sogar zu den höchsten Bergen der Welt.

Die meisten Vulcane haben die Form abgestumpfter Kegel. Die Öffnung in den Berg heißt Krater. Der Krater ist in der Regel am Gipfel des Berges

(Gipfelkrater); neben dem Gipfelkrater kommen aber bei manchen Vulcanen (Vesuv, Man-na Goa auf Havai) noch Seitenkrater vor. Der obere Theil des Kraters ist trichterförmig und kann einen Durchmesser von 200—5000 *m* haben. An der Außenseite der Vulkankegel wäscht das Wasser häufig Rinnsale aus, welche gleichmäßig nach allen Seiten des Abhanges verlaufen, anfangs schmal und seicht sind, im weiteren Verlaufe aber tiefer und breiter werden. (Vergleiche Fig. 2.)

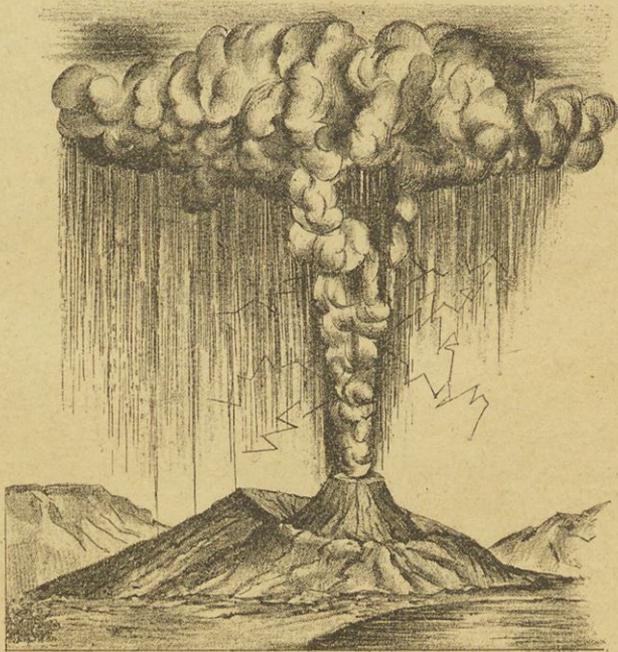


Fig. 2. Ausbruch des Vesuvs October 1822.

Dem Krater eines thätigen Vulcanes entweichen fort und fort verschiedene Gase als: Wasserdampf, Kohlensäure, Schwefeldioxyd, Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff, Schwefeldämpfe und andere. Das ist die gewöhnliche Thätigkeit eines Vulcanes, welche mitunter sogar von Perioden gänzlicher Unthätigkeit unterbrochen wird. Nicht immer ist aber ein Vulcan so ruhig und harmlos. Zuweilen tobt es in seinem Inneren, welches sich zu dieser Zeit mit feuer-flüssigen Massen, der „Lava“, gefüllt hat. Aus dem Krater aber werden nebst den Gasen flüssige und feste

Körper mit großer Heftigkeit hinausgeschleudert. Ein solches Toben und Stürmen eines Vulcanes, das zuweilen durch unterirdisches Getöse, durch Erderschütterungen, durch Ausbleiben oder Neuauftreten von Quellen u. dgl. voraus angekündigt oder anfangs auch begleitet wird, nennt man eine Eruption.

Da die Vulcane, wie schon erwähnt, an Meeresküsten oder auf Inseln sich befinden, so dringt Wasser durch Spalten und Klüfte der Erdrinde bis zu den feuer-flüssigen Lavamassen ein. Ein Theil desselben verwandelt sich sogleich in Dampf und entweicht durch den Vulcanschlund wieder nach außen. Ein anderer Theil aber vermengt sich in Folge des daselbst herrschenden hohen Druckes mit der Lava zu einem teigigen Schmelzflusse (Magma). Steigert sich der Gehalt an Wasser in den glut-flüssigen Massen bis zu einem bestimmten Grade, so geht auch dieses in den gasförmigen Zustand über, und der entstandene Dampf quillt (im Vereine mit anderen in den Glutmassen enthaltenen und comprimierten Gasen) die Lava auf und treibt sie im Vulcanschlote immer höher und höher empor.¹⁾ Der entwichene Dampf condensiert sich in der Luft sehr bald zu dichten, in Form einer Riesenpinie über dem Vulcane sich ausbreitenden Wolken, welche, da sie die vulcanische Asche noch dichter macht, mitunter tagelang die ganze Umgebung verfinstern. Blitze durchzucken die Wolken und Regen geht in Strömen aus ihnen nieder.

Allfällige, in den Krater gefallene feste Theile der Kraterwand werden beim Steigen der Lava mit in die Höhe gehoben. Indem der Dampf (und andere Gase) mit großer Gewalt aus den Lavamassen entweicht, versetzt er die Lava in eine wallende Bewegung und reißt kleinere und größere Mengen derselben, sowie feste Körper, wenn sich solche darin befinden, mit sich in die Luft. Hier erhärten die mitgerissenen flüssigen Theile und fallen nach und nach als starre Körper zu Boden. Die kleinsten Partikelchen geben die staubfeine vulcanische Asche, die etwas größeren den vulcanischen Sand, die haselnuss- bis walnussgroßen Lapilli oder Rapilli und die faust- bis über kopfgroßen die vulcanischen Bomben, welche (wie die kleineren gehobenen Tröpfchen und Tropfen) durch Drehung in der Luft mehr oder weniger abgerundet wurden. Noch umfangreichere Auswurfsproducte heißen vulcanische Blöcke.

Die Lava erreicht endlich den Rand des Kraters und erhebt sich über denselben: sie fließt über. Sind Seitenkrater vorhanden, so tritt sie auch durch diese aus. Die ausfließende, anfangs wie Honig zähflüssige Lava, bewegt sich zuerst schneller, später langsamer den Abhang hinab, bis sie erhärtet.

¹⁾ Die Lava kann wohl auch durch den Druck, den die nachrückenden Massen der Erdkruste erzeugen, emporgetrieben werden.

Wie verheerend Lavaströme sein können, dafür haben wir zahlreiche Beispiele.

Die Lava des Vesuv hat 79 n. Chr. Herculenum, Pompeji und Stabiae, 1794 Torre del Greco, 1822 die Dörfer Massa und Sant Sebastiano begraben. Am 11. Juni 1783 verschüttete auf der Insel Island ein 15–20 km breiter Lavastrom mit den beiden auf ihn folgenden 20 Dörfer und tödtete 9000 Menschen.

Die ausgegossene Lava wird zuerst an der Oberfläche fest. Die darunter liegenden Schichten erstarren aber wegen der geringen Wärmeleitung der Kruste und wegen der beim Erstarren freiwerdenden Wärme nur sehr langsam.¹⁾

Der in den Lavamassen enthaltene Wasserdampf (nebst anderen Gasen) tritt während der Eruption nicht vollständig aus, ein Theil bleibt noch zurück und wird erst beim Festwerden der Lava ausgestoßen, wobei er auf der Kruste um die Austrittsöffnung einen Vulcankegel im Kleinen, den Schlackenschornstein aufwirft.

Hat der Vulcan die gehobene Lava ausgegossen, so tritt im Vulcanschlunde allmählich wieder Ruhe ein. Die wallende Bewegung der Lava lässt nach und hört schließlich ganz auf, die Eruptionen werden immer schwächer, bis sie ganz ausbleiben, die Lava zieht sich in die Tiefe zurück, dem Krater entweichen nur mehr Gase: der Vulcan ist wieder in den Zustand der Ruhe getreten.

Die Vulcanberge und Vulcangebirge sind ganz oder theilweise aus den entleerten Lavamassen aufgeschüttet worden. „Da die vulcanischen Kegelgebirge aus dem Ausbruchsmaterialie aufgebaut sind, so bestehen sie aus abwechselnden,

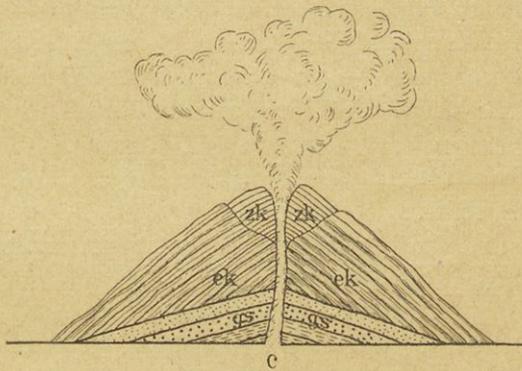


Fig. 3. *c* Vulcancanal, *gs* gehobene Schichten, *ek* erster Aufschüttungs-Kegel, *zk* zweiter Aufschüttungs-Kegel.

mehr oder weniger mächtigen, neben und übereinander gelagerten Lavaströmen, aus Lagen von losen Auswürflingen, welche oft wieder von senkrechten Lavagängen durchsetzt werden, und aus schichtenartig ausgebreiteten Tuffabsätzen.“ Hochstetter. (Siehe Fig. 3.)

Schicksal der Vulcane. Hat ein Vulcan seine Thätigkeit (Gasausströmung und Eruptionen) durch längere Zeit gänzlich eingestellt, so heißt er ein erloschener Vulcan. Oft tritt die Lava nach der letzten Eruption nicht mehr zurück, sondern erstarrt im Vulcanschlote und verschließt denselben völlig. Hat sie sich aber nach der Schlussaction des

¹⁾ So konnten z. B. in den Spalten der bei der Eruption des Vesuv 1850 ausgetretenen Lava Hirten und Winzer noch im Jahre 1864, also nach 14 Jahren, ihre Mahlzeiten kochen.

Vulcanes in die Tiefen zurückgezogen, so wird der Krater mit der Zeit mit dem von der Kraterwand infolge der Verwitterungsprocesse abgebröckelten Materiale theilweise oder ganz ausgefüllt und der Kratercanal verstopft, wobei der Kratermantel immer niedriger wird. Auch kann der Fall vorkommen, dass das Wasser den zum Schlusse (wegen des Abschmelzens der Innenwand bei den Eruptionen) ohnehin schon dünn gewordenen und in seinem Gefüge lockeren Mantel vollständig abträgt und den nach der letzten Eruption im Vulcanschlunde entstandenen Lavakern in seinem oberen Theile bloßlegt, der dann als ein kuppelförmiger Berg emporragt. So veränderte Vulcane nennt man Vulcanruinen.

In Steiermark haben wir Vulcanruinen bei Klöch und Hochstraden, in der Umgebung von Gleichenberg, bei Kapfenstein, in Riegersburg, bei Feldbach, bei Fürstenfeld. Bekannt sind die Vulcanruinen in der Eifel und Auvergne, deren Kratermulden mit Wasser gefüllt sind und Bergseen bilden. In der Eifel nennt man sie Maare, in der Auvergne Kraterseen.

Nicht jeder Vulcan, der für erloschen gilt, ist auch wirklich erloschen. Der Vesuv war seit Menschengedenken bis zum Jahre 79 n. Chr. unthätig, sein Kratermantel war auf einer Seite bereits völlig zerstört. Im genannten Jahre aber erwachte er neuerdings und baute im Laufe der christl. Zeitrechnung auf der Südseite des noch erhalten gebliebenen Mantelrestes — der Somma — einen neuen Vulcankegel auf.

Auch die Erscheinungen der Mofetten, Solfatoren, Fumarolen, der heißen Quellen und der warmen Schlammvulcane finden ihre Erklärung in der Einwirkung des glut-flüssigen Erdinneren auf die feste Erdkruste.

Mofetten nennt man Ausströmungen von Kohlensäuregas aus Spalten und Klüften der Erde.

Man findet sie in altvulcanischen Gegenden, wie in der Umgebung von Marienbad in Böhmen, in der Eifel, in der Auvergne. Die bekanteste Mofette ist die Hundsgrotte in den phlegräischen Feldern bei Neapel.

Solfatoren sind Quellen von Dämpfen, bestehend aus einem Gemenge von Wasser- und Schwefeldampf, denen sich in der Regel noch Schwefelwasserstoffgas und schwefelige Säure zugesellen.

Sie kommen aus Kratern erloschener oder noch thätiger, im Zustande der Ruhe befindlicher Vulcane hervor. Reich an Salfatoren sind die Umgebung von Neapel (Puzzuoli), Island und Neu-Seeland).

Die Fumarolen stoßen heißen Wasserdampf mit geringen Mengen von schwefeliger Säure, Borsäure, Chlorverbindungen u. dgl. aus Erdrißen aus.

Bekannt sind die Fumarolen von Oberitalien und der Insel Ischia.

Quellen, die aus bedeutender Tiefe kommen, besitzen eine mehr oder weniger hohe, an manchen Orten dem Siedepunkte nahe stehende Temperatur. Man nennt sie warme Quellen oder Thermen, wenn ihre Temperatur eine nicht zu hohe ist, und heiße Quellen, wenn sie sich dem Siedepunkte nähert.

In Steiermark haben wir mehrere Thermen als: Sternstein (Bezirk Cilli) 22·5° C., Tobelbad bei Graz mit 25° C. und 28·7° C., Plankenstein (im Dranthale, Pfarre Loöce) 36° C., Neuhaus 36·6° C., Tüffer 37·5° C., Römerbad 38° C. Andere bekannte warme und heiße Quellen sind: Krapina-Töplitz mit 47° C., Varasdin-Töplitz 57° C., Wiesbaden 70° C., Karlsbad 75° C., St. Katharina im Kaukasus 88·7° C., Trincheros in Venezuela 97° C.

Eine besondere Art heißer Quellen sind jene mit periodischen Wassereruptionen. Sie heißen Springquellen oder Geysire.

Diese Quellen haben ein neutral oder schwach alkalisch reagierendes, krystallklares Wasser mit bedeutenden Procentsätzen an gelöster Kieselsäure, welche sich nach dem Verdunsten der ausgeschleuderten Wassermengen um die Auswurfsöffnung absetzt und zu einem Kieselsinter-Kegel anhäuft. Eine oft genannte Springquelle ist der große Geysir auf Island; mehrere großartige Geysire befinden sich auf der Nordinsel von Neu-Seeland.

Als Schlammvulcane oder Makaluben (nach dem bekannten Schlammvulcane bei Makaluba auf Sicilien benannt) bezeichnet man Eruptionen von Gasen in Tümpeln und Morästen, wobei vulcanähnliche Kegel aus Schlamm — meist viele neben einander — aufgeworfen werden.

Sind die thätigen Gase heiß, so ist die Erscheinung vulcanischen Ursprungs (Island, Nordinsel von Neu-Seeland), sind sie hingegen kalt, so rühren sie von in Zersetzung begriffenen organischen Körpern her und kommen aus geringer Tiefe (Makaluba, Pokalsar im östlichen Siebenbürgen).

2. Massen- oder Eruptivgesteine.

Schlägt man mit einem Eisenschlägel die erstarrte Lava eines Vulcanes an verschiedenen Stellen auseinander, so bemerkt man an den Bruchflächen der zerschlagenen Theile ein krystallinisch-körniges, ein glasiges, (hyalines) oder ein schaumartiges Gefüge, je nachdem die ausgegossenen glut-flüssigen Massen langsam, sehr rasch oder stark mit Wasser und Gasen imprägniert erhärteten. Ein solches, nach allen drei Raumrichtungen gleichartiges Gefüge zeigen auch viele ältere und alte Gesteine.¹⁾ Man nimmt daher an, dass sie sich einstens aus ähnlichen Materialien und auf ähnliche Weise, d. i. durch Erhärtung feuer-flüssiger Massen gebildet haben. Sie führen den Namen krystallinische Massen- oder Eruptivgesteine. Nach ihrer Structur und Zusammensetzung hat man die Eruptivgesteine in mehrere Gruppen getheilt.

1. Die Gruppe der Granite.²⁾ 1. Der Granit ist ein körniges Gemenge von lichtigem oder röthlichem Feldspath (meist Orthoklas), aus Quarz und Glimmer. Der Glimmer kann als Kalium- oder Magnesiumglimmer auftreten.

2. Der Syenit³⁾, ein körniges Gemenge von Orthoklas und Hornblende, öfter mit Oligoklas, Magnesiumglimmer und Quarz.

¹⁾ Gesteine oder Gebirgsarten, auch Felsarten nennt man Mineralien und Mineralgemenge (zum geringen Theile pflanzliche und thierische Bildungen), aus welchen die Lithosphäre im Großen und Ganzen zusammengesetzt ist. Die Lehre von den Gesteinen heißt Petrographie (petra=Felsen).

²⁾ lat. granum, das Korn. ³⁾ benannt nach der Ortschaft Syene in Aegypten.

Granit und Syenit treten in stockförmigen Massen und in Gängen auf. Beide zeichnen sich durch große Härte, bedeutende Druckfestigkeit und langsame Verwitterung aus und liefern vorzügliche Bau- und Trottoirsteine. Der Granit ist häufiger als der Syenit. Aus Granit besteht der Slov. Calvarienberg nächst Marburg, der Granit bildet den Kern des Bachers, den Grundstock der Centralalpen, der böhmischen Randgebirge, der Karpathen (hohe Tatra) u. s. w. Der Syenit findet sich zwischen Brünn und Blansko in Mähren, auf dem Plauen'schen Grunde bei Dresden, in den Vogesen u. a. O.

Durch Verwitterung liefert der Granit einen sandigen, an Alkalien reichen und fruchtbaren Lehm Boden. Der Syenit gibt einen ockergelben, eisenhaltigen Thonboden.

2. Grünsteingruppe. Die Gesteine dieser Gruppe sind körnig bis dicht und führen dunkelgrüne Mineralien, (Hornblende, Augit, Labradorit) daher ihre mehr weniger grüne Farbe und von dieser die Benennung.

Die Grünsteine treten in deckenförmigen Lagern, Strömen und Gängen auf.

1. Diorit,¹⁾ ein körniges bis kryptokrystallinisches Gemenge von Hornblende und Oligoklas, selten Magnesiumglimmer.

In Steiermark findet er sich bei Wind.-Landsberg, im Wachser- und Orlicaberge, kommt aber auch im mähr. Gesenke, im Erzgebirge, in den Sudeten etc. vor.

Hierher gehört auch: 2. der Diabas²⁾ ein feinkörniges Gemenge von Labradorit und Augit.

Die Grünsteine liefern Bausteine und ein gutes Straßenbaumaterial, *ihr Zersetzungsproduct ist ein eisenschüssiger Thon.*

3. Porphyrgruppe.³⁾ Die Porphyre zeichnen sich durch eine besondere Structur (Porphyrstructur) aus. In einer dichten Grundmasse treten größere Feldspath- und Quarzkrystalle — Einsprenglinge — auf. Der Farbe nach sind sie röthlich, rothbraun, gelb, grau oder grünlich.

1. Der Quarzporphyr oder Felsporphyr ist von lichter Farbe; seine Grundmasse besteht aus einem innigen Gemenge von Quarz- und Orthoklas, die Einsprenglinge sind Quarz- und Orthoklaskrystalle.

2. Der Porphyrit besteht aus einer braunen bis dunkelbraunen Grundmasse aus Oligoklas mit Hornblende oder Glimmer, die Einsprenglinge sind Oligoklas, seltener Hornblende oder Glimmer.

Porphyre bilden deckenförmige Massen, Kuppen, Ströme und Gänge und geben sehr geschätzte Bausteine; *beim Zerfall liefern sie einen Sand oder Glimmerschüppchen führenden, zuweilen eisenhaltigen Thonboden.* Sie finden sich in den Alpen (Quarzporphyr bei Bozen und bei Raibl), im Thüringerwalde, in Skandinavien etc.

4. Melaphyrgruppe.⁴⁾ Die Melaphyre sind dunkelfarbige Gesteine und bestehen aus Oligoklas, Labradorit, Augit und Magnet Eisen. Manchmal zeigen sie Porphyrstructur.

1. Melaphyr ist ein sehr feinkörniges bis dichtes, grünlichschwarzes oder schwarzes Gemenge aus Oligoklas und Augit mit Ausscheidungen von Oligoklas-Augit- und Magnet Eisenstein-Krystallen.

2. Augitporphyr. In einer aus Augit und Labradorit bestehenden dichten und schwarzen Grundmasse sind große Augitkrystalle ausgeschieden.

Melaphyre finden sich als Bergkuppen, in Gängen und Strömen auf der Seiseralpe, im Riesengebirge, im Harz etc. und liefern gute Bausteine und ein vorzügliches Straßenbaumaterial; *bei der Verwitterung geben sie einen stark eisenhaltigen Thonboden.*

1) gr. diorizo, ich trenne, unterscheide. 2) diábasis, Übergang. 3) gr. porphýra, Purpur.

4) gr. melas, schwarz.

5. Trachytgruppe. ¹⁾ Die Gesteine dieser Gruppe gehören zu den jüngeren (vulcanischen) Eruptionsgesteinen, während die bereits beschriebenen zu den älteren (plutonischen) gezählt werden.

Sie sind von rauher Beschaffenheit und lichter (weißlicher, grauer, grünlicher, gelblicher, röthlicher) Farbe.

1. Der Quarztrachyt ist ein rauhes, oft poröses, meist hellgefärbtes Gestein aus Sanidin, Quarz, Hornblende und Glimmer.

Besonders hervorheben müssen wir jene Quarztrachyte, die in Steiermark im Gebiete der südlichen Kalkalpen, namentlich um Loöce, Tüchern, Cilli, Galizien, Schönstein, Wöllan Leutsch, in der Radoha u. s. w. so massenhaft verbreitet sind, und welchen Dionys Stur wegen der Aehnlichkeit mancher Varietäten mit dem Hornstein (dichte Quarzart) den Namen Hornsteintrachyte gegeben hat. Er scheidet sie in ältere und jüngere, in sauer und basisch reagierende. Der Farbe nach sind sie röthlich bis rothbraun oder aschgrau, lichtgrau bis grünlich und bestehen aus einer dichten Masse von Hornstein und dichtem Feldspath, worin Quarzkörner und mehr weniger veränderte Krystalle von Orthoklas, Oligoklas, Sanidin, Hornblende, Augit und Magnesiumglimmer auftreten. Die die Trachyte begleitenden Tuffe sind breccien-, conglomerat-, sandstein- oder thonschieferartig und von brauner, grauer oder grünlicher Farbe. Sie sind von den Eruptionsstellen meist weit entfernt.

2. Der eigentliche Trachyt ist grau oder lichtgrünlich und besteht aus Oligoklas, Sanidin, Hornblende und Glimmer ohne Quarz und findet sich in Steiermark in der Umgebung von Gleichenberg.

Der Andesit ist ein Gemenge von Oligoklas, Hornblende oder Augit, der Phonolith oder Klingstein ein feinkörniges Gemenge von Sanidin und Nephelin. Perlite sind amorphe Trachyte mit rundkörniger Absonderung, Pechsteine amorphe und dunkle Trachyte mit Fettglanz (Obsidian), Bimssteine Trachyte mit schaumiger Ausbildung.

Die Trachyte setzen ganze Gebirgszüge zusammen (Nördungarn, Anden) oder bilden Kuppen, Ströme und Gänge. Sie dienen als Baumaterial, aus Quarz führenden macht man Mühlsteine. *Ihr Zersetzungsproduct ist eine, dem Kaolin ähnliche Masse, gewöhnlich noch mit Sanidinsplittern untermengt.*

6. Basaltgruppe. ²⁾ Die Basalte haben sich noch später gebildet als die Trachyte. Abgesehen von der erhärteten Lava der noch thätigen Vulcane sind sie die jüngsten Eruptivgesteine. Sie sind dunkel bis schwarz, zeigen häufig eine säulenförmige Absonderung und bestehen wesentlich aus Labradorit, Augit und Magneteisenstein.

Deutlich körnige Basalte, welche aus Labradorit, Augit und Magneteisenstein zusammengesetzt sind, führen den Namen Dolerit ³⁾, feinkörnige den Namen Anamesit. Basalte in poröser und schaumähnlicher, sowie conglomerat- und sandsteinartiger Ausbildung nennt man Basalt-Tuffe.

Basalte bauen ganze Gebirgsgruppen auf, bilden aber auch Kuppen, Ströme und Gänge. In Steiermark sind sie in den altvulcanischen Gegenden von Klöch, Hochstraden, Gleichenberg, Riegersburg etc. verbreitet. Außerhalb unseres Kronlandes finden wir Basalte am Platten-See, in Nordungarn, im westlichen Siebenbürgen, am Fuße des Riesen- und Erzgebirges, in der Eifel, in der Auvergne u. s. w.

Die Basaltsäulen finden zu Ufer- und Hafenbauten, zu Pflastersteinen und zerkleinert zur Beschüttung von Straßen ausgedehnte Anwendung. Dichtere verwendet man zu Mühlsteinen. Geschmolzen geben sie ein dunkelgrünes oder braunes Glas, das sich zu Guss-

¹⁾ gr. trachys, rauh; ²⁾ Basaltes nennt Plinius dunkle Gesteine; ³⁾ gr. dolerós, trügerisch.

waren eignet. *Bei der Verwitterung liefern sie einen eisenhaltigen, rostbraunen, sehr fruchtbaren Boden*; gemahlener oder gepochter Basalt bildet einen vortrefflichen Mineraldünger.

7. Gruppe der Olivin- und Serpentinegesteine. Sie sind oliven-, licht- oder grau-grün, treten in Stöcken und Gängen oder in Adern anderer Gesteine auf und bestehen hauptsächlich aus körnigem Olivin und dem aus diesem durch Verwitterung hervorgegangenen, dichten, nicht krystallisierten Serpentin mit Chromeisen und anderen Mineralien.

In Steiermark kommen Olivingesteine bei Gleichenberg und Kapfenstein (Olivinbomben), Serpentin auf der Südseite des Bachergebirges (ober Wind-Feistritz) und bei Kraubath im Murthale vor. *Bei der Verwitterung bilden die Olivin- und Serpentinegesteine nur dünne Ueberzüge einer Erdkrume, daher sie meist nackt und kahl dastehen.*

Anhangsweise seien hier noch die vulcanischen Trümmergesteine erwähnt. Man versteht darunter die festen Auswürflinge der Vulcane (vulc. Asche, vulc. Sand etc.), welche oft vom Wasser weitergeführt werden und sich durch ein kieseliges Bindemittel zu lockeren und porösen, oder zu sandstein-, breccien-, oder conglomeratartigen Tuffen verkitten.

3. Erdbeben.

Erscheinungen des Erdbebens. Kommt ein schwerbeladener Wagen die Straße entlang, rollt ein Eisenbahnzug über das Geleise, fällt ein großer Eisenhammer auf das glühende Eisen nieder, so klirren die Scheiben an den Fenstern der benachbarten Häuser. Warum? Die Lasten haben durch ihre Stöße ringsum den Boden erzittern gemacht. Diese Beispiele zeigen uns, dass die Erde viel leichter erschüttert wird, als man gewöhnlich annimmt. Neben Erschütterungen dieser Art kommen aber und zwar sehr häufig auch solche vor, welche nicht durch Werke der Menschenhand hervorgerufen werden, deren Ursachen vielmehr in der festen Erdkruste selbst oder in der Einwirkung des feuer-flüssigen Erdinneren auf die Erdrinde zu suchen sind; man nennt sie Erdbeben.

Erdbeben sind demnach Erschütterungen der Erdrinde, deren Ursachen in dem Inneren der Erde zu suchen sind. In der Regel erfolgen mehrere Erschütterungen in kurzen Zwischenräumen; es können sich aber auch Stöße, zumeist schwache durch Wochen, ja selbst Monate hindurch wiederholen. Bei dem Erdbeben in Laibach in diesem Jahre (1895) wurden seit dem 14. April bis heute (18. Mai) gegen 100 Stöße gezählt, ohne dass weiterfolgende Erschütterungen ausgeschlossen wären.

Die Erdbeben erstrecken sich auf größere oder kleinere Gebiete.¹⁾ Je nach der Art der oberflächlichen Erzitterung des erschütterten Theiles

¹⁾ Bei schwachen Erdbeben ist der Erschütterungskreis in der Regel (jedoch nicht immer) ein kleiner, bei starken oft ein sehr großer. Das Erdbeben von Laibach (14. April 1895 11 Uhr 20 Mt. nachts) verbreitete sich über den ganzen Karst, über die österr. Alpenländer bis zum Brenner, reichte weit nach Ungarn, Kroatien, Bosnien und Herzegovina und machte sich in Oberitalien fühlbar. Beim Erdbeben von Lissabon (am 1. Nov. 1755) hat man die Erschütterung im ganzen westlichen Europa und auf der Ostküste von Amerika verspürt, es hat sich über $\frac{1}{12}$ der Erdoberfläche ausgedehnt. Dagegen war der heftige Stoß, der am 4. März 1881 Casamicciola auf der Insel Ischia zerstörte, nur auf diese Insel beschränkt.

der Erdrinde unterscheidet man eine aufstoßende (successorische), eine wellenförmige (undulatorische) oder eine im Kreise drehende (rotatorische) Bewegung. Vorrichtungen, womit die Art und die Richtung der Bewegung beim Erdbeben ermittelt werden, heißen Seismometer oder Seismographen. Die Bewegung pflanzt sich von der Ausgangsstelle nach allen Richtungen strahlenförmig weiter und zwar, je nachdem das Gestein fester oder lockerer ist, mit einer Geschwindigkeit von 15—40 *km* in der Minute. Doch können Gebirge die Weiterverbreitung des Erdbebens auf einer oder mehreren Seiten ganz aufheben. Schreitet die Bewegung nur nach einer Richtung fort, so spricht man von einem linearen Erdbeben. Erzitterungen des Meeresgrundes bewirken die Seebeben, bei welchen die Schiffe einen Stoß von unten erhalten, aber keinen Schaden erleiden.

In Steiermark kommen Erdbeben nicht besonders häufig, aber auch nicht gar selten vor. Verhältnismäßig am häufigsten treten sie — meist sanft — im Mürz- und Murthale von Bruck bis Knittelfeld auf, weil dieser Theil an einer Bruchlinie der Alpen, daher in einem Verschiebungs- und „Schüttergebiete“ liegt. Reich an Erdbeben sind der Karst, der Südabhang der Alpen an der Poebene, die Länder um das mittelländische Meer, die Westküste von Südamerika u. a. Erdbebenarm ist das Tiefland von Nordeuropa und Nordasien, Mittel- und Südafrika, Mittel- und Ostbrasilien. Im allgemeinen sind Erdbeben keine sehr seltene Erscheinung. Die Erdbebenstatistik zeigt uns, dass auf der ganzen Erde durchschnittlich jeden Tag 2 Erdbeben stattfinden.

Die Folgen der Erdbeben sind sehr verschieden. Je stärker die Erschütterung, desto größer ihre Wirkung. Am verheerendsten erweisen sich immer die successorischen und rotatorischen Erdbeben, weniger unglückbringend sind die undulatorischen Bewegungen. Es seien hier einige Wirkungen der Erdbeben aufgezählt: Felsen fallen ab und rollen in die Tiefe, Erdschichten lösen sich los und gleiten mit Gewalt den Abhang hinab, der Boden bekommt Risse und Spalten, welche sich bald wieder schließen oder offen und klaffend bleiben, Meeresküsten heben und senken sich, Inseln verschwinden oder entstehen, Feldränder und Pflugfurchen werden gekrümmt, Quellen schwellen an, versiegen, oder es treten neue auf, Thermen erfahren Temperaturerhöhungen, Flüsse verlassen ihr Bett, das Meer überschwemmt flache Küsten, und die Wellen schleudern Fahrzeuge auf das Land, Bäume biegen sich, wie bei dem allerstärksten Sturme, sie werden entwurzelt, abgebrochen oder abgedreht, Thiere rennen ängstlich umher, Menschen werden niedergeworfen und hin und her gewälzt, Monumente werden auf ihrem Sokel gewendet, Brücken stürzen ein, Gebäude werden in ihren Grundfesten erschüttert und fallen zu Schutthaufen zusammen, ganze Dörfer, Märkte und Städte werden zerstört und ihre Bewohner begraben oder erschlagen.

Beim griechischen Erdbeben am 26. Dec. 1861 hat sich die Küste von Achaja (am Golfe von Korinth) stark gesenkt, bei jenem in Südamerika 1750 erfuhr die Küste von Chile eine Hebung von 8 *m*. Beim Erdbeben in Lissabon (1755) schwoll die Hauptquelle von Töplitz in Böhmen stark an und das Wasser trübte sich, dann blieb sie 1 Minute ganz

aus, hierauf erschien sie wieder verstärkt und getrübt. Das Erdbeben in den Südalpen am 25. Jänner 1348 hatte den großen Bergabsturz an der Südseite des Dobrač, welcher 2 Märkte und 17 Dörfer begrub, zur Folge. Am 6. April 1667 wurde Ragusa mit der damals dort blühenden Cultur in wenigen Minuten zerstört, wobei 5000 Menschen, darunter alle zu derselben Zeit (nach 9 Uhr Vormittag) in der Schule versammelten Kinder, die man noch die nächsten Tage unter dem Schutte wimmern hörte, aber nicht retten konnte, ums Leben kamen. Lissabon ist am 1. Nov. 1755 durch 3 Stöße binnen 6 Minuten in einen Schutthaufen verwandelt worden, 30.000 Menschen fanden unter den Trümmern den Tod. Die Stadt Kutschan in Persien, welche 1000 Häuser und 10,000 Bewohner zählte, warf am 17. Jänner 1895 ein gewaltiger Stoß empor und ließ sie in nördlicher Richtung in Trümmern niederfallen; fast alle Bewohner fanden bei der furchtbaren Katastrophe den Tod. Durch das Laibacher Erdbeben haben viele Baulichkeiten der Stadt und der Ortschaften in der Umgebung (Kirchen, Kirchthürme, öffentliche und Privatgebäude) derart Schaden gelitten, dass sie abgetragen werden müssen; die Tage nach dem schrecklichen Ereignisse campierten in Laibach 20.000 Menschen im Freien. In Riobamba wurden bei dem großen Erdbeben im Jahre 1767 ganze Züge von Maultheien und ihren Reitern vom Erdboden verschlungen.

Ursachen des Erdbebens. Als solche werden angesehen:

1. Einstürze von Decken unterirdischer Höhlen, welche sich in Folge der Auslaugung durch das Wasser in den Erdschichten, die aus leichtlöslichen Mineralien, wie Steinsalz, Gips, Kalk etc. bestehen oder solche führen, im Laufe der Zeit gebildet haben.

Reich an solchen unterirdischen Höhlenräumen ist der Karst und in der That zählt er zu den erdbebenreichsten Länderstrichen.¹⁾

2. Auslösungen von Spannungen in der Erdrinde. Wegen der fortwährenden Abkühlung und Zusammenziehung des feuer-flüssigen Erdkernes, von dem bereits wiederholt die Rede war, rücken die Gesteinsmassen der festen Erdkruste, dem glut-flüssigen Kerne folgend, langsam gegen den Mittelpunkt vor, wodurch in der Erdkruste Stauungen und Spannungen entstehen. Erleiden nun die gestauten und gespannten Massen Brüche, so erfolgen in den betheiligten Partien mannigfache Verschiebungen (Streckungen, Aufrichtungen, Absinkungen), welche heftige Erdbeben mit sich bringen.

3. Vulcanische Erscheinungen. Die Schlotte der Vulcane, durch welche die Lava emporkommt, sind nicht gerade, sondern mehrfach gekrümmte Canäle mit seitlichen Vorsprüngen, mit Einbuchtungen und Spalten in der Seitenwand. Dass bei einer solchen Beschaffenheit der Vulcanschlotte Erschütterungen des Bodens um den Vulcan leicht hervorgerufen werden, wenn beim Aufsteigen der Lava heftige Explosionen und Eruptionen stattfinden, ist nicht schwer einzusehen. Bei erloschenen Vulcanen, deren Krater im oberen Theile vollständig verschlossen sind, kommen unterirdische Eruptionen vor; diese rufen gleichfalls Erdbeben hervor, sobald sie heftig genug sind. Aber auch durch den Stoß, welchen

¹⁾ In dem Kohlenbergwerke Königshütte in Oberschlesien stürzte die Decke einer abgebauten, ungefähr 8 m hohen Stelle ein und verursachte ein Erdbeben, welches sich im Umkreise von 1 Stunde fühlbar machte.

die in die Klüfte und Spalten der Seitenwand des Vulcancanales einströmende Lava erzeugt, sowie durch Einstürze seitlicher Hohlräume des Vulcanschlotes, können Erdbeben um die Vulcane herum verursacht werden. ¹⁾

4. Explosionen von comprimiertem Wasserdampf in tiefegelegenen Hohlräumen der Erdrinde. Nach starken atmosphärischen Niederschlägen gelangen nämlich durch Spalten und Klüfte der Erdrinde große Wassermengen in bedeutende Tiefen des Erdfesten und verdampfen bei der hier herrschenden hohen Temperatur. Der entstandene Wasserdampf sucht gewaltsam nach außen zu entweichen und bringt Erderschütterungen hervor.

4. Hebungen und Senkungen des Bodens.

Plötzlicher Hebungen und Senkungen des Bodens während eines Erdbebens haben wir bereits Erwähnung gethan und wollen dieselben nicht weiter verfolgen. Hingegen müssen wir auf langsame Niveauperänderungen mancher Gegenden und Erdstriche etwas genauer eingehen. Ein oft angeführtes Beispiel einer allmählichen Senkung und nachherigen Hebung des Erdbodens ist der Meeresstrand bei Puzzuoli am Golfe von Neapel.

Dort stehen die Ruinen des Serapistempels mit drei über 13 *m* hohen Säulen, von denen jede in dem unteren Theile gut erhalten, im mittleren Theile von Bohrmuscheln angebohrt, in dem oberen Theile aber stark verwittert ist. (Siehe Fig. 4). Der untere Theil, welcher ungefähr 4 *m* einnimmt, wurde frühzeitig von vulcanischen Tuffen eingehüllt und so vor zerstörenden Einflüssen geschützt. Hierauf senkte sich der Boden so weit, dass der ganze vom Tuffe umgebene Theil und noch eine 3 *m* lange Strecke des freistehenden Säulenthales unter Wasser kamen und so den Bohrmuscheln zugänglich wurden. Die obere Hälfte der Säulen, etwa 6 *m* lang, blieb immer der Einwirkung der Atmosphärien ausgesetzt und hat darum stark gelitten. Heute finden wir die Säulen im Trockenen. Die Trockenlegung geschah durch eine spätere Hebung des Bodens.

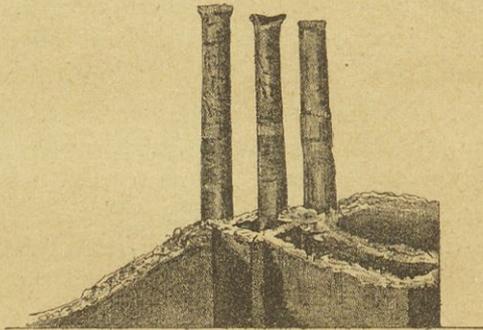


Fig. 4. Ruine des Serapistempels von Puzzuoli.

Die Küste Hollands, sowie die Westküste von Grönland (südlich vom 77. Breitengrade) sind gegenwärtig im Sinken begriffen, während sich die ganze skandinavische Halbinsel hebt (in den letzten 100 Jahren hob sie sich um 1 *m*), was man an trockengelegten Strandlinien, Muschelbänken, Löchern der Bohrmuscheln, Algenresten und an zum Zwecke der Beobachtung der Niveauperänderung in Küstenfelsen eingegrabenen Marken erkennt.

Stattgefundene Senkungen bestätigen vom Meere umgebene Gebäude, unter Wasser stehende Straßen, untergetauchte Baumstrünke, Pfähle zum

¹⁾ Vulcanische Gegenden (Westküste von Unteritalien, Westküste von Südamerika etc.) sind thatsächlich häufig von Erdbeben heimgesucht.

Anbinden von Fahrzeugen u. dgl. Auch der Meeresboden ist Senkungen und Hebungen unterworfen. Im indischen Ocean ist ein ganzer Erdtheil — Lemuria — versunken, Reste davon sind Madagaskar, die granitischen, noch sinkenden Seychellen, die Malediven, Ceylon. Dagegen steigen aus dem Meere (unter anderen) Sumatra, Java, die Salamonsinseln, die japanischen und westindischen Inseln.

5. Entstehung der Continente und der Gebirge.

Die langsamen oder secularen Hebungen und Senkungen, von welchen im vorigen Capitel die Rede war, finden ihre Erklärung in dem Nachrücken und Anpassen der Erdkruste an den sich allmählich abkühlenden und im Volumen abnehmenden glut-flüssigen Erdkern, indem gewisse Theile der Erdrinde, dem sich verkleinernden Erdkerne folgend, einsinken, während andere emporgehoben werden. Die Folge der Anpassung ist demnach das Auftreten von Runzeln und Falten in der Erdkruste, d. i. die Entstehung der Continente und der Gebirge. Breite und flache Faltungen gaben die Continente, schmälere und hohe die Gebirge, während sich an jenen Stellen, die nicht über ein bestimmtes Niveau empor getrieben wurden oder sich bei der Faltung gar senkten, das Wasser ansammelte und die Erdoceane lieferte.

Freilich bleiben die einmal entstandenen Erdtheile und Meere nicht unverrückt. Die Beschaffenheit vieler Gesteine, die von ihnen eingeschlossenen organischen Ueberreste und mehrere andere Erscheinungen liefern uns vielmehr den deutlichen Beweis dafür, dass Continente und Meere in den langen Zeiträumen der Erdentwicklung vielfach mit einander abgewechselt haben.

Das ganze nordeuropäische und nordasiatische Tiefland war noch in der letzten (tertiären) Periode unter Wasser, hat sich aber dann gehoben und das Meer wich zurück; Lemuria und ein Continent in der Südsee — die Coralleninseln der Südsee sind Reste eines Gebirgskammes dieses Erdtheiles — versanken und wurden überfluthet.

Die Gebirge werden nach ihrer äußeren Gestaltung in Massen-, Ketten- und Kuppengebirge geschieden; auch einzeln stehende Berge kommen vor. Mit Rücksicht auf ihre Zusammensetzung unterscheidet man einfache und zusammengesetzte Gebirge, je nachdem sie vorwiegend aus einer oder aus mehreren Gesteinsarten aufgebaut sind.

Massengebirge sind von unregelmäßiger Form und Ausbreitung mit breiten, welligen Flächen, schwacher Wölbung und vielfach verzweigten Thälern. Sie erweisen sich als gehobene Schollen der erstgebildeten Erdrinde und ragten schon in den ältesten Erdperioden als Inseln und Continente hervor.

Massengebirge sind: das hercynisch-sudetische Gebirgsmassiv, der Schwarzwald, die Vogesen, die iberische Halbinsel u. a.

Kettengebirge ziehen in linearer Richtung und sind die höchsten Gebirge der Erde. Sie sind viel länger als breit und treten vorwiegend an den Rändern der Continente auf.

Hierher gehören die Alpen und die Karpathen, die Pyrenäen, die Apenninen, der Ural, der Kaukasus, der Himalaya, die Cordilleren, die Anden u. a.

Die Kettengebirge sind jüngere, lineare Faltungen der Erdrinde.

Die Kuppengebirge bestehen aus einzelnen kegel- oder domförmigen Bergkuppen, die sich um einen Centralberg gruppieren, regellos nebeneinander stehen oder in eine Reihe gestellt sind. Sie sind vulcanische Aufschüttungs- und Anhäufungsmassen.

Die Basalt- und Trachytberge von Straden, Gleichenberg etc., die Hornfelstrachytberge des Drausavezuges, die Basaltberge am Plattensee, die Trachytgebirge an der Südseite der Karpathen und in Siebenbürgen, das Leitmeritzer Mittelgebirge in Böhmen, die Berge der Eifel und der Auvergne, die Porphyrgebirge bei Bozen in Tirol u. a. gehören hierher.

Einzeln stehende Berge verdanken ihre Entstehung örtlichen vulcanischen Ausbrüchen oder sie sind stehen gebliebene Reste versunkener oder durch Abtragung zerstörter Gebirge.

Der isolierte Berg mit der Riegersburg ist ein Basalttuff-Kegel. Auf der Nordseite der hohen Tatra stehen mehrere Einzelberge.

Als Beispiel eines zusammengesetzten Gebirges seien die Alpen, als ein solches eines einfachen die Trachytgebirge in Ungarn angeführt.

b) Die Atmosphäre.

Die Atmosphäre umgibt ringsum den Erdball und reicht nach Berechnungen 7—8 Meilen (am Aequator noch viel weiter) in die Höhe. Sie theiligt sich sowohl an der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne, als auch an ihrer täglichen Umdrehung um die Achse. Infolge der Rotation hat sie die Form eines hohlen Sphäroides, welches aber wegen der Leichtigkeit der Verschiebung der kleinsten Theilchen an den Polen stärker abgeplattet sein wird, wie das Erdsphäroid. Die Dichte der Atmosphäre nimmt mit der Höhe rasch ab, an der äußersten Grenze besitzt sie wahrscheinlich einen solchen Grad der Verdünnung, dass wir uns davon gar keine Vorstellung machen können.

Die Atmosphäre besteht aus einem Gemenge von Stickstoff (79 Raumtheile) und Sauerstoff, (21 Raumtheile). Nie fehlende Bestandtheile derselben sind ferner Kohlensäure (0·3—0·35‰) und Wasserdunst (durchschnittlich 0·93‰). Es können aber darin noch vorkommen — wenigstens an bestimmten Orten — Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxydgas, Salpetersäure etc. sowie feste Körper als: Staubtheilchen, Sporen von Pilzen, Algen und anderen Sporenpflanzen.

Das Gesamtgewicht der Atmosphäre wurde auf 5,144.587 Billionen Kilogramm berechnet.

Die ungleichmäßige Erwärmung der Erde durch die Sonne und mit ihr der Luft in verschiedenen Breiten, auf Bergen und in den Ebenen, über

dem Lande und über dem Meere etc. rufen beständige Strömungen in der Atmosphäre hervor. Die Strömungen aber mildern die Temperaturunterschiede verschiedener Stellen der Erde (Aequatorialströme erhöhen die Temperatur der Polargegenden, Polarströme setzen dieselbe in den Tropen herab) und bewirken eine gleichförmigere Vertheilung der atmosphärischen Feuchtigkeit über der Erdoberfläche.

c) Das Wasser und seine Wirkungen.

1. Wirkungen des Wassers im Innern der Erde. — Quellen.

Von dem als Regen zur Erde gefallen oder beim Schmelzen des Schnees entstandenen Wasser verdunstet etwa ein Drittheil sofort wieder, ein Drittheil läuft auf geneigter Fläche ab und sammelt sich in Bächen, Flüssen u. s. w.; ein Drittheil aber sickert in den Boden ein. Das Einsickern geht um so rascher vor sich, je durchlässiger die Schichten sind, durch welche sich das Wasser bewegt. Die Ursache des Eindringens ist bei lockeren Gesteinen vorwiegend die Schwerkraft, bei dichten die Capillarität, in den tieferen Schichten auch der Druck der oberen Wassermassen. In hohem Grade durchlässig sind Dammerde, Schotter, Sand, Conglomerate, Sandsteine und zerklüftete Kalke. Das sie durchdringende Wasser heißt Grundwasser. Schwer durchlässig sind: Thon, Schieferthon, Thonschiefer, die compacten Massen- und die krystallinischen Schiefergesteine. Die geringeren Mengen des Wassers, welche die mikroskopisch kleinen Poren der dichten Gesteine erfüllen, nennt man Gebirgsfeuchtigkeit.

Das die Gesteinsschichten durchsetzende Wasser bringt in denselben mannigfache Wirkungen hervor.

Durchdringt es thonige und mergelige Gesteine, so weicht es dieselben nach und nach auf, „verseift“ sie und bewirkt dadurch auf Abhängen Abrutschungen und Bergabstürze. Es gerathen die thonigen oder mergeligen Massen selbst oder die sie überlagernden Schichten anderer Gesteine oder der Dammerde in rutschende Bewegung. In manchen Gegenden kann man bei anhaltenden Regengüssen im Herbste jedes Jahr Erdrutschungen beobachten.

Am 1. April 1895 geriethen nach der starken Frühjahrsnässe bei Hörberg auf Mergel- und Schieferthon-Unterlage große Lehmmassen (ca 120 m breit und bei 600 m lang) in rutschende Bewegung, verschütteten das Bett der Bistrica, überdeckten im Thale Felder und Wiesen und brachten sämtliche Gebäude eines Besitzers und das Wirtschaftsgebäude des dortigen Müllermeisters (die Mühle selbst war auch in Gefahr) zum Einsturze.

Am 15. und 19. Jänner 1877 stürzten bei Steinbrück infolge eingetretenen Thauwetters mächtige Erdmassen ab, begruben 3 Häuser sammt 13 Insassen, verschütteten eine Strecke des Sannbettes und schoben an dieser Stelle den Bahnkörper vom linken Flussufer auf das rechte. Den großen Bergsturz auf der Südseite des Dobrač, welcher sich beim Erdbeben 1348 vollzog, hatte die aufweichende und verseifende Wirkung des Wassers vorbereitet.

Gefriert das Wasser, welches Spalten und Klüfte von Gesteinen ausfüllt, so treibt es die Massen auseinander, weil das Eis ein größeres Volumen einnimmt, als das flüssige Wasser. Durch die Wiederholung des Processes werden mit der Zeit Brocken, Blöcke und große Trümmer von den Felswänden abgetrennt und stürzen mit Wucht in die Tiefe. Besonders häufig finden solche Lostrennungen und Abstürze von Felstrümmern im Frühjahre beim Thauen des Eises statt, wodurch Bäume weggefegt, Straßen und Eisenbahndämme beschädigt und selbst Häuser zerstört und Menschen getödtet werden.

Am 28. Juni 1877 löste sich in den Sulzbacher Alpen von der steilen Bergwand der Planinšćica ein Kolos eines Felsblockes ab und wirbelte beim Herabkollern in das Logarthal so viel Staub auf, dass der ganze Thalkessel in eine Staubwolke gehüllt war.

An den Felsstücken setzt das frierende Wasser seine auseinander-treibende und zerkleinernde Wirkung fort und trägt auf diese Weise wesentlich zu jenem Prozesse bei, als dessen Endproduct die Erdkrümme erscheint. (Verwitterung).

Eine weitere Wirkung des einsickernden Wassers ist die lösende. Schon chemisch reines Wasser vermag viele Substanzen aufzulösen. Viel größer ist aber die Lösungsfähigkeit des Wassers, wenn es mit Kohlensäure imprägniert ist. Auch Erhöhung der Temperatur und Vergrößerung des Druckes steigern seine Lösungskraft. Je leichter eine Verbindung löslich ist, desto mehr wird davon vom Wasser aufgenommen und weiter geführt. In manchen Erdschichten nimmt das Wasser so viel von den Mineralbestandtheilen in sich auf (Auslaugung), dass ihm dieselben einen charakteristischen Geschmack verleihen. Infolge der Auslaugung aber entstehen in der Erdrinde Hohlräume. Die den Erdschichten entnommenen mineralischen Substanzen werden an anderer Stelle als Tuffe, Sinter etc. wieder abgesetzt. Von besonderem Interesse sind die Bildungen, welche entstehen, wenn mit mineralischen Stoffen gesättigtes Wasser in Erdspalten eindringt und daselbst, indem es verdunstet, seinen mineralischen Gehalt absetzt. Auf diese Weise können weite Erdspalten allmählich mit fremden Mineralstoffen, die sich von dem umgebenden Gesteine durchaus unterscheiden, ausgefüllt werden. Man nennt solche Bildungen Gänge und unterscheidet nach der Gangmasse Erz- und Mineralgänge.

Die meisten „Erz- und Mineralgänge überhaupt sind als Absätze aus dem Wasser anzusehen und haben sich auf die angedeutete Weise in den Spalten und Klüften anderer Mineralien und der Gesteine gebildet.

Die Mengen der Mineralsubstanzen, welche vom Wasser aufgenommen und transportiert werden, sind oft unglaublich groß. Würde man die von der Varasdiner Therme seit Christi Geburt abgelagerten mineralischen Stoffe in einen Würfel formen, so wäre die Seite des Würfels so lang, wie der Stefansthurm in Wien hoch ist (138 m).

Das einsickernde Wasser geht ferner chemische Verbindungen ein, wie z. B. bei der Bildung des Kaolins, des Brauneisensteines, des Vitriols, bei der Überführung des Anhydrites in Gyps etc.

Endlich wirkt das einsickernde Wasser durch den mitgeführten Sauerstoff oxydierend (Umwandlung von Oxydulen in Oxyde, der Sulfide in Sulfate), oder desoxydierend, wenn es organische Körper in die Tiefe mitgenommen hat. (Umwandlung der Vitriole in Sulfide, des Haematites in Spatheisenstein, des Brauneisensteines in Spatheisenstein etc.)

Quellen. Gelangt das einsickernde Wasser von leichtdurchlässigen Schichten auf schwer durchlässige, so ist seiner Bewegung in die Tiefe ein Ziel gesetzt; die geringen Wassermengen, welche in die dichten Gesteine eindringen, kommen hier kaum in Betracht. Ist die schwerdurchlässige Schichte an ihrer Oberfläche mehr horizontal oder muldenförmig vertieft, so sammelt sich das Wasser so lange über denselben, bis sein Spiegel die niedrigste Stelle des Randes erreicht, hier überläuft und irgendwo tiefer als Quelle an das Tageslicht gelangt. Hat aber die dichte Schichte eine geneigte Lage, so fließt das Wasser an der Oberfläche der undurchlässigen Felsart, wie an einem Abhange hinab und kommt gleichfalls als Quelle an dem Orte zum Vorschein, wo die lockere Schichte die dichte nicht mehr bedeckt. Die auf die erste Art entstehenden Quellen heißen Überlaufs-, die letzteren Schichtenquellen. Je reicher die atmosphärischen Niederschläge sind und je mehr die lockeren Schichten Wasser aufzunehmen vermögen, desto reichlicher und stärker sind die Quellen einer Gegend.

Die Temperatur der Quellen eines Ortes richtet sich nach der Tiefe, aus welcher sie hervorkommen.

Die Quellen aus einer Tiefe von beiläufig 1 *m* sind den täglichen Temperaturschwankungen der Luft unterworfen und führen den Namen Rasenquellen. Entspringen sie in einer Tiefe von beiläufig 10 *m*, so machen sich nur mehr die monatlichen Temperaturunterschiede der Luft an ihnen bemerkbar; man nennt sie Bodenquellen. Kommen sie aus einer Tiefe von mehr als 30 *m*, so zeigen sie jahrein, jahraus eine constante Temperatur von 11°—14°C. (die mittlere Jahrestemperatur der Gegend) und heißen Gesteinsquellen. Stammen sie aus noch größeren Tiefen, so sind sie warme Quellen oder Thermen; ihr Ursprung ist umso tiefer zu suchen, je höher ihre Temperatur ist.

Mineralquellen. Jede Quelle führt nach dem, was wir über die lösende Wirkung des Wassers gesagt haben, mehr oder weniger gelöste Mineralbestandtheile mit sich. Ist der Gehalt daran ein sehr geringer, so behält das Wasser seinen gewöhnlichen Geschmack bei; kohlensaurer Kalk kann allerdings auch in höheren Procentsätzen darin vorkommen, wie dies beim harten Quell- und Brunnenwasser der Fall ist, ohne dass sich der Geschmack verändert. Treten jedoch andere Mineralkörper in größeren Mengen im Quellwasser auf, so verleihen sie demselben einen eigenthümlichen Ge-

schmack, oft auch einen besonderen Geruch und wir sprechen von Mineralquellen. Je nachdem der eine oder der andere mineralische Stoff vorherrscht, unterscheidet man unter den Mineralquellen Säuerlinge (mit hohem Gehalte an freier Kohlensäure). Bitterwässer (Bittersalz — Magnesiumsulfat), Stahlwässer (Eisenverbindungen), Schwefelwässer (Schwefel und Schwefelwasserstoff), Kieselwässer (Kieselsäure), Solen (Kochsalz — Chlornatrium). Die Mineralquellen Steiermarks sind theils Säuerlinge (Sauerbrunn bei Rohitsch, Radein, Gleichenberg (letztere Quelle ist nur schwach säuerlich), theils Thermen (Römerbad, Tüffer, Neuhaus etc.); bei Aussee finden sich auch Solen.

2. Wirkung des fließenden Wassers.

a) **Auswaschung und Ausnagung** (Erosion). Die den Bergeshang hinabfließende Quelle schafft sich mit der Zeit ein Rinnsal, indem sie durch den Stoß des Wassers die losen Gesteinspartikeln (Gesteinsgrus) auf der geneigten Fläche theils beiseite schiebt, theils mit sich fortreißt. Die mitgeführten Trümmer schleudert sie an einander und an größere Blöcke und Felsvorsprünge, die sie nicht in Bewegung setzen kann, denen sie vielmehr ausweichen muss. Beim Anprallen zerfallen die Trümmer in kleinere Stücke oder stoßen und schleifen sich an den Ecken und Kanten ab und nehmen infolge dessen eine mehr oder weniger runde Form an. Aber nicht allein im aufgelockerten Grunde vermag sich das fließende Wasser ein Bett auszuwaschen, sondern durch die lösende Wirkung des Wassers, durch die Ausnagung infolge der Reibung und durch das Schleifen des abwärtsgeführten Gerölles und Geschiebes gräbt es sich nach und nach selbst in den härtesten Felsen ein. Die Thätigkeit des fließenden Wassers, durch welche es sich Rinnen auswäscht, nennt man die Erosion (Auswaschung, Ausnagung) desselben.

Das auf der schiefen Ebene hinabgleitende Wasser stößt an mannigfache Unebenheiten und Hindernisse des Bodens, die es von seiner Richtung ablenken; in den Faltungen und Spalten der Erdrinde findet es dagegen oft vorgebildete Wege, die es betritt. Diese Umstände bringen es mit sich, dass die Bahn des fließenden Wassers keine gerade, sondern eine vielfach gewundene ist. Je weiter das nach abwärts sich bewegende Wasser in seiner Bahn vorwärtsschreitet, desto größer sind infolge des seitlichen Zufusses die Wassermengen, die Quelle wird zum Bache, der Bach zum Flusse, der Fluss zum Strome.

Die Ausnagung und Vertiefung des einmal gewonnenen Bettes hört aber nicht auf, sondern wird fortgesetzt, bis die Sohle des Bettes ganz oder nahezu das Niveau der Einmündung erreicht hat. Weil die erodierende Wirkung unter sonst gleichen Umständen (dasselbe Gefälle, dasselbe Gestein) um so stärker ist, je größer die Wassermassen sind, die sich an der Erodierung betheiligen, so wird sich die Bettsohle vor der Mündung zuerst

bis zum Mündungsniveau vertiefen. Von der Mündung aus wird dann die hier erreichte Bettvertiefung immer weiter nach rückwärts vorrücken. Zu einer bestimmten Zeit wird man im Bette einen unteren stark vertieften Theil mit geringem Gefälle — das Thalgebiet — und einen oberen, im Aus-tiefen noch nicht fertigen Theil mit starkem Gefälle — das Berggebiet — unterscheiden können.

Die Thalschlucht des Oberlaufes findet an der Quelle keinen Abschluss, sondern setzt sich über dieselbe hinaus (meist sehr steil) fort und erhält infolge der Verwitterung der Gesteine und der Thätigkeit des ablaufenden Wassers bei Regengüssen, die in diesen Regionen sehr häufig und reichlich sind, rückwärts beständig Zuwachs, bis der Kamm erreicht und schließlich — ganz abgetragen ist. Das Vorrücken der Winkelschlucht gegen den Kamm und nach dem Erreichen desselben dessen Abschwe-mung findet aber nur dort statt, wo die Gebirge gletscherfrei sind, die Gletscher setzen dem Vorrücken ein Ziel. Entspringen in einem Gebirge zwei Gewässer einander gegenüber, so ist nach vollendeter Abtragung der Scheidewand die Erhöhung, welche die beiden Quellen trennt, eine sehr geringe, wie z. B. die Wasserscheide bei Wald zwischen Lising und Palten in Steiermark und jene des Toblacher Feldes in Tirol zwischen Drau und Rienz.

Ein durch die erodierende Wirkung des fließenden Wassers entstandenes Thal heißt ein Erosionsthal. Viele Querthäler der Alpen sind Erosionsthäler; die Längsthäler haben sich nur zum Theile durch Erosion gebildet. Die großartigsten Erosionsthäler der Erde sind jene des Coloradoflusses und seiner Nebenflüsse im Westen Nordamerikas. Es sind dies 2000—3000 m tiefe Schluchten (Cannons) mit zerklüfteten steilen Wänden.

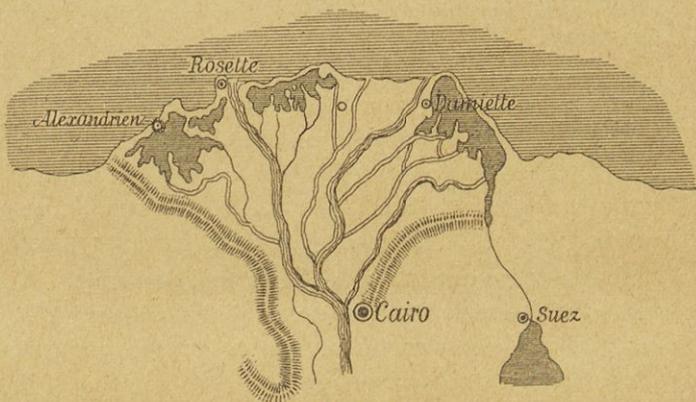
Im Unterlaufe erfährt das Bett eines Flusses keine Vertiefung mehr, in manchen Fällen wird es durch Ablagerung sogar wieder erhöht (Po); dagegen erweitert und verbreitert sich das Bett, indem seine Seitenwände durch Hochwässer unterwaschen werden, wobei die Ufer auseinander rücken.

b) **Fortführung und Ablagerung der Gesteinstrümmer.** Das Gesteinsmaterial, welches das fließende Wasser bei der Schaffung, Vertiefung und Erweiterung seines Bettes loslöst und der Gebirgsschutt, der bei starken Regengüssen in die Bäche gelangt, werden fortgeführt und tiefer unten abgelagert (Sedimentations-Ablagerung). Dabei findet eine natürliche Scheidung des Materials statt. Die größten Trümmer kommen schon am Eingange in das Thalgebiet zum Absatze; der Sand wird weiter in das Thal geführt und dort umso früher abgesetzt, je gröber die Körner sind; das feinste Zerreibsel, der Thon und die im Wasser aufgelösten Mineralbestandtheile werden selbst ins Meer getragen. Ablagerungsplätze sind namentlich jene Stellen, wo die Geschwindigkeit der Strömung nachlässt, also die Einmündungsstelle eines Baches in einen Fluss, die Einmündungsstelle eines Flusses in einen See, der Eingang in das Thalgebiet, die erhabenen Seiten der Ufer, der Unterlauf der Flüsse, wo das Gefälle sehr gering ist, endlich die Mündung in das Meer.

Welche unglaubliche Mengen von Gesteinsmaterial die Flüsse im Laufe der Zeit herbeitragen, zeigen uns die in den Thälern angehäuften Schotter-, Sand- und Thonmassen, deren Mächtigkeit oft viele Meter beträgt. So ist z. B. im Drauthale nördlich von Marburg die Schotterschichte 14 *m*, die sie überlagernde Thonschichte 6 *m* mächtig. Die Anschwemmungen der Mur und ihrer Nebenflüsse im unteren Murthale bei Radkersburg, auf dem Leibnitzer-, Grazer- und Eichfelde dürften in der Mächtigkeit jenen der Drau nicht nachstehen.

Der Thon und das feinste Gesteinszerreibsel werden von den Flüssen und Strömen in das Meer getragen und gelangen an der Mündung zum Absatze. Überschreiten die Ablagerungen an der Mündung das Niveau der Bettsohle des einmündenden Flusses, so muss sich der Fluss in die Ablagerungen neue Bette eingraben, um ins Meer gelangen zu können. So entstehen die Deltas, welche bei manchen Flüssen sehr ausgedehnt sind, wie z. B. das Nildelta, das an Flächenraum dem Kronlande Steiermark (22.454 *km*²) gleichkommt. (S. Fig. 5). Hebt sich der Meeresboden vor

der Mündung eines Flusses über den Wasserspiegel, so wird ein Theil des Meeres an der Küste von der offenen See abgetrennt. Der Fluss mündet dann in den abgetrennten Theil und gelangt erst, nachdem sich zuvor



Nildelta.
Fig. 5.

süßes und salziges Wasser zum Brackwasser vermischt haben, aus diesem durch einen Durchbruch des Dammes in die offene See. Der Damm heißt Uferwall (Nehring), der abgetrennte Meerestheil ein Haff (Frisches Haff an der Weichsel, Kurisches Haff an der Memel).

Die Ablagerungen an Flüssen heißen fluviatile¹⁾, jene in den Seen lacustrine,²⁾ und die an den Flussmündungen brackische³⁾ Bildungen.

5. Trümmergesteine.

Das von den Flüssen und Strömen in die Niederungen geschwemmte und daselbst abgelagerte Gesteinsmaterial bildet eine besondere Art von Gesteinen, Fels- oder Gebirgsarten, nämlich die klastischen⁴⁾ Sedimentgesteine oder Trümmergesteine.

¹⁾ lat. fluviatilis, mit dem Fluss in Beziehung stehend. ²⁾ lat. lacustris, zum See gehörig. ³⁾ Brackische Bildungen nennt man die Bildungen im Brackwasser; letzteres ist das Wasser an den Mündungen der Flüsse in das Meer, wo sich Süß- und Salzwasser mit einander mischen; die Bezeichnung ist niederländisch. ⁴⁾ gr. klastos, zerstückt, zertrümmert.

Liegen die einzelnen Trümmer unverbunden neben einander, so nennt man sie lose Trümmergesteine, sind sie aber durch ein Bindemittel mit einander verkittet, heißen sie zusammenhängende Trümmergesteine.

α) **Lose Trümmergesteine.** 1. Gebirgsschutt. Mit diesem Namen bezeichnet man die unregelmäßigen, kantigen und eckigen Gesteinstrümmer, welche als Product der Verwitterung und Abbröckelung in Gebirgsmulden und am Fuße von Gebirgen anzutreffen sind. Die kleineren davon heißen Gesteinsgrus. Je nach der Art des Gesteines, dem sie entstammen, unterscheidet man Kalk-, Dolomit-, Granit-, Porphy-, Gneisschutt etc.

2. Gerölle nennt man die kugeligen und walzenförmigen Gesteinstrümmer im Schutte der Flüsse und im Schutte des Meeres an steilen Küsten mit starker Brandung. Ihre Form verdanken sie der rollenden Fortbewegung in den Flussbetten, beziehungsweise dem Strudeln beim Wellenschlag.

3. Geschiebe heißen die scheibenförmigen Gesteinsstücke im Fluss-Schutte. Ein Gemenge von Gerölle und Geschiebe nennt man Schotter. Die Benützung des Schotters zum Beschütten der Straßen ist bekannt.

4. Sand sind die angeschwemmten, erbsen-, hanf- bis hirsekorngroßen Körner der Gesteine. Sand mit noch kleineren Körnern heißt Flugsand. Die wichtigste Benützung des Sandes ist jene zur Bereitung des Mörtels.

β) **Zusammenhängende Trümmergesteine.** Werden die angeschwemmten Gesteinstrümmer durch ein kieseliges, kalkiges oder thoniges Bindemittel mit einander verbunden, so entstehen aus den losen Trümmergesteinen die zusammenhängenden.

Zu diesen gehören:

Die Psephite.¹⁾ Die verkitteten Stücke sind faust-, wallnuss- bis haselnussgroß. Sind die verkitteten Trümmer eckig und kantig, heißt der Psephit eine Breccie, sind sie abgerundet, Conglomerat.

Breccien entstehen aus Gebirgsschutt und kommen in Gebirgen vor, die Conglomerate aus Schotter und finden sich in den Niederungen. Aus Conglomeraten mit kieseligen oder kalkigen Bindemittel stellt man Mülsteine her. Auch bei Heiligen Geist auf dem Posruck werden aus dem dort vorkommenden trias'schen Conglomerate Mülsteine gemacht.

Sandsteine (Psammiten²⁾). Sie sind durch Verkittung aus losen Sanden entstanden. Ihre Zusammensetzungsstücke haben die Größe der Sandkörner.

Man findet Sandsteine sowohl in den Gebirgen als auch in den Niederungen. Sie werden entweder nach der Art der vorherrschenden Mineralkörner, die darin auftreten, als Quarz-, Kalk-, Dolomitsandsteine, oder nach der Periode, in welcher sie entstanden sind, als silurische, Kohlen-, Kreide-Sandsteine oder auch nach der Farbe als rothe, bunte, graue Sandsteine bezeichnet. Die Sandsteine liefern vorzügliche Bausteine, überdies werden sie zu Schleif- und Wetzsteinen benützt.

Thongesteine. (Pelite³⁾) Die Thongesteine sind durch Erhärten infolge des Wasserverlustes und durch Druck mit oder ohne ein Bindemittel

¹⁾ gr. psêphos, kleiner Stein. ²⁾ gr. psâmmos, Sand. ³⁾ gr. pelós, Thon, Schlamm.

aus weichem Thone (Schlamm) hervorgegangen. Man unterscheidet nach dem Grade der Festigkeit:

a) Thonschiefer, hart, felsartig, feinschiefrig, in dünne Platten spaltbar.

Hierher gehören die schwarzen Dach- und Tafelschiefer von Waltendorf in Mähren, Metsch und Teschen (Dorf) in Schlesien, Lehesten im Thüringer Walde, Angers in Frankreich, Bangor in England etc., desgleichen die in Stäbchen sich absondernden Griffelschiefer von Sonnenberg im Thüringer Walde, sowie alle kieseligen Thonschiefer, die zur Herstellung von Wetzsteinen benützt werden.

b) Schieferthone, noch deutlich schieferig, aber weicher und an der Luft zerfallend.

Die Schieferthone sind in Steiermark in den jüngeren Ablagerungen, namentlich in den tertiären Bildungen der Windischen Büheln, des Sausalgebirges etc. allenthalben anzutreffen. Die durch reichliche Beimengungen pflanzlicher Überreste schwarz gefärbten Kohlschiefer vom Husarensprung nächst Gams an der Drau sind hier einzureihen.

c) Thon oder Lehm mit undeutlicher Schieferung und im feuchten Zustande knetbar.

In den tertiären Ablagerungen und in den Fluss-Anschwemmungen der Flüsse überall häufig in Steiermark.

Die aus den klastischen Sedimentgesteinen entstandenen Bodenarten sind je nach der mineralischen Beschaffenheit der Sedimente verschieden; am häufigsten liefern die Gesteine Thon-, Sand- und Schotterboden, aber auch gemischte Böden.

4. Wirkungen des Meeres.

Die Wirkungen des Meeres sind theils mechanische, durch die Bewegung des Meerwassers hervorgebrachte, theils chemische, welche letztere hauptsächlich im Absetzen der im Meerwasser aufgelösten Mineralsubstanzen bestehen.

α) **Mechanische Wirkungen.** Die Bewegungen des Meerwassers sind von dreifacher Art: 1. Meeresströmungen, 2. die Gezeiten (Ebbe und Flut) 3. die Wellenbewegung.

Meeresströmungen sind Bewegungen großer Wasserstriche, bei welchen sich die beiderseits der Strömung befindlichen Wassermassen wie feste Uferdämme verhalten.

Als Ursachen der Meeresströmungen werden angesehen constante Winde (Aequatorialströmung), Niveausgleichung und Dichtenausgleichung des Meerwassers mit verschiedenem Gehalte an gelösten Stoffen (Strömung aus dem Atl. Ocean in das Mittelmeer) und ungleicher Temperatur. Die (oberflächlichen) Meeresströmungen mildern die Temperaturgegensätze in verschiedenen Erdbreiten, fördern oder hemmen den Lauf der Schiffe, tragen erfasste Körper (Holzstücke, Samen etc.) in entfernte Gegenden und schwemmen von der Küste den Schlamm weg, so dass es bei Flüssen, an deren Mündungen sie vorüber streichen, im Meere zu keiner Deltabildung kommt. (Amazonenstrom, Orinoco, Themse.)

Unter Gezeiten versteht man das regelmäßige, in Zeiträumen von 6 zu 6 Stunden sich wiederholende Vordringen (Flut) und Zurückweichen (Ebbe) des Meeres an den Küsten.

Die Ursache dieser Erscheinung ist die Anziehung der Wassermassen der Erde durch den Mond und die Sonne. Deshalb ist auch bei günstiger Stellung der Erde zum Mond

und zur Sonne zur Zeit des Neu- und Vollmondes die Bewegung am größten (Springflut), zur Zeit des ersten und letzten Viertels am schwächsten (Nippflut).

Die Wellenbewegung wird durch Druck und Stoß der Winde auf die Wasseroberfläche, an den Küsten auch durch Erdbeben hervorgeufen. Die dabei in den Fluten erzeugten Erhebungen heißen Wellenberge, die Senkungen Wellenthäler. Bei sehr starkem Wellenschlage — dem Wogen des Meeres — können die Wellenberge, von der Sohle bis zum Scheitel gemessen, eine Höhe von 10 *m* erreichen.

Die Wellenbewegung kann den Schiffen sehr verhängnisvoll werden. An den flachen Küsten greifen mitunter die Wellen weit in das Land hinein, bringen aber keine besondere Wirkung hervor, dagegen erzeugen sie an den steilen Meeressufern die tobende und zerstörende Brandung. Durch diese werden ganze Blöcke von den Felsen weggerissen, hin und hergeworfen, mit Gewalt an einander und an die Felsen geschleudert und zertrümmert. Die Steilküste wird dabei unterwaschen. Die oberen Theile derselben stürzen dann, ihrer Unterlage beraubt, von selbst ins Meer. Auf diese Weise entstehen durch die Brandung an der Steilküste große Massen von Gerölle (ablagernde Wirkung), das Meer aber rückt auf Kosten des Landes vor. Beispiele für die zerstörende Arbeit der Brandung und für das Vordringen des Meeres in das Land liefern uns die Westküste von Irland, Schottland und Norwegen, wo bereits ganze Städte und Dörfer auf diese Weise verschwunden sind. Helgoland ist der übriggebliebene Rest einer früher großen, aber bis auf den gegenwärtigen kleinen Umfang durch die Brandung abgebröckelten Insel.

β) **Chemische Wirkungen.** Die gelösten mineralischen Stoffe führen die Flüsse ins Meer. Das Zurückbleiben der mineralischen Substanzen beim Verdunsten und die fortgesetzte Zufuhr derselben durch die Flüsse bringen es mit sich, dass sich diese Stoffe im Meerwasser immer mehr anhäufen. Ihr Gehalt ist schon ein so bedeutender (in den offenen Meeren circa 3.43%), dass sie dem Meerwasser einen salzigen Geschmack verleihen. Wenn man bedenkt, dass das Meer zwei Drittel der Erdoberfläche überflutet und dass seine Tiefe durchschnittlich 3500 *m* beträgt, so leuchtet sofort ein, dass die Menge der gelösten mineralischen Stoffe in diesem ungeheueren Volumen des Meerwassers eine enorm große ist.¹⁾

Nicht alle Meere weisen denselben Procentsatz an aufgelösten Mineralbestandtheilen auf. Je stärker in einem Meere die Verdunstung ist und je weniger demselben durch die Flüsse süßes Wasser zugeführt wird, desto höher ist sein Gehalt an gelösten Mineralbestandtheilen und umgekehrt. Das mittelländische Meer ist ringsum von Ländern mit einem trockenen warmen Klima umgeben. Daher ist die Verdunstung in diesem Meere eine sehr starke. Die Zufuhr an süßem Wasser in das mittelländische Meer ist aber eine verhältnismäßig geringe, weil sich nur wenige bedeutende Flüsse in dasselbe ergießen. Die Verdunstung ist hier stärker als die Wasserzufuhr durch die Flüsse. Erhielte das mittelländische Meer nicht Zufluss aus dem

¹⁾ Die im Meerwasser gelösten Substanzen sind hauptsächlich NaCl 78.1%, Mg Cl₂ 9.6%, MgSO₄ 6.5%, CaSO₄ 3.7%, KCl 1.8%, Mg Br 0.2%, CaCO₃ 0.1%. Die Dichte des Meerwassers ist daher höher (1.025—1.027) und der Gefrierpunkt tiefer (bei — 2.2° C. als beim gewöhnlichen Wasser.

atlantischen Ocean und dem schwarzen Meere, so wäre sein Wasserspiegel ein sehr niedriger, und der Salzgehalt des Wassers ein sehr hoher; das mittelländische Meer wäre wahrscheinlich schon eine Salzsole, während es so nur einen Salzgehalt von 3·7%—3·8% besitzt¹⁾. Ähnliche Verhältnisse herrschen im rothen Meere; dasselbe enthält bereits 3·9—4% mineralische Stoffe, im Suezcanal hat man bei Ismaila sogar 5·1% Salzgehalt gefunden.

Ist hingegen in einem Meere die Wasserzufuhr durch die Flüsse größer als die Verdunstung, so ist der Gehalt an gelösten Stoffen im Wasser ein geringer. In solchen Meeren träte wegen der beständigen Aussüßung mit der Zeit überhaupt ein vollständiges Süßwerden des Wassers ein, wenn nicht aus den benachbarten Meeren in der Tiefe salziges Wasser zuflösse. Zu den Meeren dieser Art gehören das schwarze Meer mit 1·6% und der östliche Theil der Ostsee mit nur 0·7—0·8% Salzgehalt.

Steigert sich in einem See oder in einem abgeschlossenen Meerbusen durch Zufuhr oder durch starke Verdunstung, oder infolge beider Umstände fortschreitend der Gehalt an gelösten Mineralbestandtheilen, so wird früher oder später der Sättigungspunkt erreicht und es erfolgt ein Niederschlag. Dabei setzen sich die Substanzen umso eher zu Boden, je schwerer löslich sie sind, mit anderen Worten, je früher bei ihnen der Sättigungspunkt eintritt. Zuerst scheidet sich Calciumsulfat (Gips) ab, dann folgen Chlor-natrium (Steinsalz) und Kalium- und Magnesiumsalze.

Classische Beispiele für den beschriebenen Process, an denen wir einzelne Stadien dieses Vorganges unmittelbar beobachten können, finden sich mehrfach. Im tothen Meere haben sich der Gips und andere schwerlösliche Stoffe bereits abgesetzt, Steinsalz ist zu einem großen Theile fest geworden und scheidet sich noch fortwährend ab; aber auch der noch gelöste Theil des Steinsalzes und die Kalium- und Magnesiumsalze werden sich bei hinreichendem Wasserverlust und genügender Verdichtung der Lösung ausscheiden.²⁾ Würde sodann der Jordan das Becken mit einer Thonschichte bedecken, welche die Sedimente vor der Auslaugung durch die atmosphärischen Niederschläge schützte, so würde damit die Bildung eines Steinsalzlagers seinen Abschluss finden. Im Eltonsee im südlichen Russland, dessen Wasser 28·8% gelöste Substanzen enthält und im großen Salzsee von Utah in Nordamerika, wo die mineralischen Bestandtheile 13·4—22·3% betragen, vollzieht sich der gleiche Process, wie im tothen Meere; beide gehen demselben Schicksale entgegen, wie dieses.

Dass die Steinsalzlager thatsächlich auf diese oder ähnliche Weise entstanden sind, beweisen die Lagerungsverhältnisse der Sedimente, wie wir sie in den meisten Steinsalzlagern, besonders schön zu Stassfurt bei Magdeburg in Preußen und zu Kalusz in Galizien antreffen. Dem dargestellten Vorgange entsprechend besteht in den genannten Salzlagern die unterste Lage aus Gips und Anhydrit; darauf lagert das Steinsalz, auf welches die leichter löslichen Salze (Abraumsalze) folgen. Als schützende Decke ist darüber eine Thonschichte

¹⁾ Dass sich der Gehalt an gelösten Mineralbestandtheilen im mittelländischen Meere nicht noch mehr gesteigert hat, ist dem Umstande zuzuschreiben, dass sich infolge Dichtenausgleiches in der Tiefe ein Wasserstrom mit höherem Salzgehalte sowohl in den atlantischen Ocean als auch in das schwarze Meer bewegt.

²⁾ Im tothen Meere beträgt der Gehalt an gelösten Stoffen 24% und der Wasserspiegel ist 392 *m* tiefer als jener des benachbarten mittelländischen Meeres.

gelagert. In den alpinen Steinsalzlager (Berchtesgaden, Hall u. s. w.) ist das Steinsalz vielfach mit Thon vermenget. Die Bergleute nennen das Gemenge, welches 35–60% Steinsalz enthält, das „Haselgebirge.“ Aus dieser Art des Vorkommens ist der Schluss zu ziehen, dass in den alpinen Gebieten die Bildung der Salzlager vielfach von Hochwasser gestört wurde, wobei die in die Salzseen mündenden Flüsse große Mengen von Schlamm herbeiführten, die das Materiale zur Bildung des Thones lieferten. Die leichtlöslichen Abraumsalze sind hier zumeist durch das Wasser wieder aufgelöst und entfernt worden.

Ähnlich wie die Salzstöcke durch Absätze von Salzen entstanden sind, haben sich die Erzlager (Magnet-, Roth-, Spatheisensteinlager etc.) durch Niederschläge von Verbindungen schwerer Metalle in Wasserbecken gebildet.

5. Die krystallinischen Sediment- oder Schiefergesteine.

Unter diesem Namen fasst man eine Reihe von Gesteinen zusammen, die einerseits theils durch parallele Anordnung der Gemengtheile und infolge dessen durch leichte Spaltbarkeit nach einer Richtung (Schieferung), theils durch Trennung nach unter einander annähernd parallelen Ebenen, welche bei verhältnismäßig geringem Abstände eine große Ausdehnung besitzen (Schichtung), andererseits durch ihre krystallinische Structur ausgezeichnet sind.

Ihrer Entstehung nach werden die Schiefergesteine als Niederschläge im Wasser gelöster Stoffe angesehen.

In der Urperiode unserer Erde hatte das Wasser eine höhere Temperatur und stand infolge der größeren Dichte der Atmosphäre unter einem höheren Drucke. Beide Umstände steigern die Lösungskraft des Wassers. Mineralstoffe, welche es heute kaum oder gar nicht zu lösen vermag (krystallisierte Kieselsäure, Silicate), waren in dieser Periode darin in großen Mengen löslich. Das Fluss-, noch mehr aber das Meerwasser führte daher sehr hohe Procentsätze an gelösten mineralischen Stoffen. Mit der Abnahme der Temperatur und des Druckes büßte das Wasser immer mehr an seinem Lösungsvermögen ein, Niederschlag folgte auf Niederschlag und so entstanden auf der ersten Erstarrungskruste der Erdkugel die krystallinischen Sediment- oder Schiefergesteine, welche daher zu den allerältesten Gesteinen zählen. Sie treten in einer ungeheueren Mächtigkeit auf.

Manche Geologen sind der Ansicht, dass die Niederschläge nicht unmittelbar einen krystallinischen, sondern zunächst einen amorphen Bodensatz lieferten, der sich erst nachträglich unter dem Einflusse von Wasser, Wärme und Druck auskrystallisierte. Andere Geologen behaupten wieder, alle krystallinischen Schiefergesteine seien ursprünglich klastische Schiefergesteine gewesen und hätten erst nach und nach unter Einwirkung von Druck, Wärme und Feuchtigkeit die krystallinische Structur angenommen, weshalb sie von ihnen metamorphische¹⁾ Schiefergesteine genannt werden.

Je nachdem die krystallinischen Schiefergesteine aus einer oder aus mehreren Mineralspecies bestehen, werden sie in einfache und zusammengesetzte eingetheilt.

¹⁾ metamorphisch = umgestaltet, verwandelt.

a) **Einfache krystallinische Schiefergesteine.** Zu diesen rechnet man alle aus chemischen Niederschlägen hervorgegangene Mineralien, welche gebirgsbildend auftreten, wie der Quarzfels, Kieselschiefer, Urkalk, Dolomit¹⁾ Magnesit, Spatheisenstein, Gips, Anhydrit, Steinsalz u. a.

Über das Vorkommen und die Verwendung dieser Gesteine belehrt uns die Mineralogie; *der Boden, der sich aus ihnen bildet, ist je nach der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Arten verschieden.*

b) **Zusammengesetzte krystallinische Schiefergesteine.** Sie bestehen aus zwei oder drei (selten mehr) Mineralien. Hierher gehören:

1. Der Gneis, ein krystallinisch-schieferiges Gemenge von Quarz, Orthoklas und Glimmer. Der Glimmer kann lichter Kalium- oder dunkler Magnesiumglimmer sein. Der Gneis hat demnach dieselbe Zusammensetzung und liefert denselben Boden wie der Granit; unterscheidet sich aber von diesem durch die schieferige Structur.

Varietäten des Gneises sind: Augengneis mit ausgeschiedenen großen Orthoklaskrystallen; Granitgneis mit undeutlicher Schieferung; Protogingneis mit Talk oder Chlorit an der Stelle des Glimmers; Graphitgneis mit Graphit als Vertreter des Glimmers; Hornblendegneis mit beigemengter Hornblende.

2. Glimmerschiefer. Derselbe ist ein körnig-schieferiges Gemenge von Quarz und Glimmer, welchen sich häufig noch Granat zugesellt. Tritt im Glimmerschiefer der Glimmer zurück, so wird derselbe zu Quarzschiefer oder Quarzit. Ein körnig-schieferiges Gemenge von Quarz, Glimmer und Talk oder Chlorit, welches in dünnen Platten biegsam ist, führt den Namen Gelenkquarz oder Itakolumit (nach dem Berge Itakolumi in Brasilien)

Der Glimmerschiefer bildet wie der Gneis einen Hauptbestandtheil des Urgebirges. Er liefert Bausteine und Platten. *Bei der Verwitterung, welche sich aber nur sehr langsam vollzieht, gibt er einen fast reinen Sandboden.*

3. Hornblende- oder Amphibolschiefer besteht aus Hornblende mit geringen Mengen von Feldspath, Quarz und dunklem Glimmer, zuweilen tritt noch Granat hinzu.

Der Hornblendeschiefer ist neben dem Gneis und Glimmerschiefer das häufigste krystallinische Schiefergestein der Urgebirge. Er findet sich im Bacher- und Posruckgebirge sehr häufig und ist in den Centralalpen allgemein verbreitet.

Eklogit ist ein Gemenge von grüner Hornblende und Granat mit oder ohne Disthen.

Dieses schöne Gestein tritt auf ober Kötsch, ober Windisch-Feistritz etc., im Bachergebirge, in der Saualpe in Kärnten (daher auch Saualpit), im Fichtelgebirge u. a. o. Hornblendeschiefer und Eklogit geben Bausteine und ein ausgezeichnetes Straßenmaterial, doch

¹⁾ Der Dolomit hat sich nur zum geringen Theile unmittelbar durch Niederschlag gebildet, zum größten Theile ist er durch Einwirkung der Magnesiumsalze des Meerwassers auf das Calciumcarbonat aus dem Kalkstein hervorgegangen, ein Theil desselben dürfte auch durch Auslaugung des Calciumcarbonates aus einem Magnesiumcarbonat führenden Kalkstein entstanden sein.

ist letzterer wegen seiner hohen Härte sehr schwer zu bearbeiten. *Verwittert liefern sie einen stark eisenschüssigen, ockerbraunen Thonboden.*

4. Chloritschiefer besteht hauptsächlich aus Chlorit und Quarz mit Granat, Turmalin, Magneteisenstein u. a. als accessorischen Bestandtheilen.

Er tritt stellenweise in stärkerer Ausdehnung wie zum Beispiel in den Zillerthale Alpen und anderen Theilen der Centralalpen im Urgebirge auf.

5. Talkschiefer ist ein feinkörniges, krystallinisches Schiefergestein von weißer, gelblicher bis grünlicher Farbe und besteht vorherrschend aus Talk mit Beimengungen von Quarz, Chlorit, Glimmer u. a. M.

Der Talkschiefer findet sich in Smolnik auf dem Bacher (hier grünlich) und bei Mautern in Ober-Steiermark (hier rein weiß.)

Chlorit- und Talkschiefer verwittern zu einer thonigen Erde; ersterer wird als Baustein benützt, letzterer liefert Material zu Sculpturarbeiten, zu Federweiß etc

6. Phyllit oder Urthonschiefer. Die Urthonschiefer zeichnen sich durch ihr erdiges, feinkrystallinisches Gefüge, durch ihren Seidenglanz und durch eine feine Fältelung, die fast nie fehlt, aus. Sie sind nur zum Theil aus Krystallkörnern und Krystallschuppen zusammengesetzt, der übrige Theil ihrer Zusammensetzungsstücke sind Mineraltrümmerchen; die Phyllite bilden daher den Übergang von den krystallinischen Schiefergesteinen zu den klastischen Thonschiefern. Ihre mineralischen Bestandtheile sind entweder Quarz, Orthoklas und Glimmer (Gneisphyllit) oder Hornblende und Orthoklas (Hornblendephyllit.)

Die Urthonschiefer sind im Bacher- und Pösruckgebirge und in den übrigen Theilen der Centralalpen Steiermarks, sowie in dem Urgebirge überhaupt stark verbreitet, wo sie in der Regel die übrigen krystallinischen Schiefergesteine überlagern. Sie liefern Bausteine, ihr *Verwitterungsproduct gleicht dem des Gneises oder jenem des Hornblendeschiefers.*

6. Die Gletscher.

In gewissen Höhen über dem Meeresspiegel fallen die atmosphärischen Niederschläge in allen Erdbreiten nur in fester Form als Schnee zur Erde. Die Grenze, über welcher dies geschieht, heißt die Schneelinie¹⁾. An den steilen Bergwänden kann sich der gefallene Schnee nicht lange halten, sondern er gleitet oder stürzt mit Wucht als Lawine in die Tiefe. In den Mulden der Gebirge sammelt er sich daher zu großen Massen an. Weil auch der Schnee der Verdunstung unterliegt und weil die Schneemassen oberflächlich von der Sonnenwärme und von den warmen Winden geschmolzen werden, runden sich die zierlichen Schneesternlein bald zu kleinen Körnlein ab; der Schnee verwandelt sich in den Firn²⁾, einen körnigen Schneesand. Da nun die Gebirgsmulden eine mehr weniger geneigte Lage haben, bewegen sich nach dieser schiefen Fläche die Schneemassen, dem Zuge der Schwerkraft folgend, langsam thalabwärts. Daraus erklärt es sich,

¹⁾ In den Ostalpen ist die Schneelinie 2800 m, auf Spitzbergen 460 m, im Himalaya (Südseite) 4940 m über dem Meeresspiegel gelegen.

²⁾ Abgeleitet von „fern“ d. h. vorjährig, vorjähriger Schnee.

dass der Schnee in den Thalfurchen der Hochgebirge sich nicht ins Unendliche anhäuft, obschon der jährliche Zuwachs durch die Niederschläge viel größer ist, als das Schwinden durch die Verdunstung und das Abschmelzen. Infolge des Druckes, welcher den Schmelzpunkt herabsetzt, und durch die Einwirkung der Erdwärme, schmilzt der Firn in den unteren Schichten. Das Schmelzwasser dringt zwischen die Eiskörner ein und gefriert wieder. Dadurch werden die Körner mit einander verkittet und der Firn ist zum Gletschereis geworden.

Von dem sich stauenden Firn in der Firnmulde vorwärts geschoben und von der Schwerkraft abwärts gezogen, gleitet nun auch das Gletschereis auf der schiefen Bahn der Thalfurche bergab. Dabei schmiegt es sich genau dem Bette an. Verengt sich dieses, so zieht sich auch der Gletscher zusammen, erweitert es sich, so wird auch der Gletscher breiter. Übersetzt

er Erhöhungen oder Abstürze im Bette, so entstehen am Rücken Spalten (Quer- oder Längspalten), passierter Mulden, so bilden sich am Grunde Klüfte (Grundspalten). Es findet daher in der Gletschermasse ein fortwährendes Brechen, Trennen und Verschieben der



Fig. 6. Gletscherlandschaft nach Prof. F. Simony.

Eistheile und ein abermaliges Verkitten derselben statt. Die Gletscher nennt man mit Recht Eisflüsse der Hochgebirge. (S. Fig. 6).

Von den steilen Wänden der Gletschermulde lösen sich Gesteinstrümmen und Grus los und fallen auf den Gletscher. So entstehen jene den Gletscher rechts und links einsäumenden und von diesem weiter getragenen Haufen von Gesteinstrümmern, welche man Seitenmoränen nennt. Stoßen zwei Gletscher zusammen, so verbinden sich die inneren Seitenmoränen der beiden vereinigten Gletscher zu einer Mittelmoräne. Vereinigen sich mehrere Gletscher, so bilden sich auch mehrere Mittelmoränen. Grundmoränen nennt man jene Gesteinstrümmen, welche durch die Gletscherspalten in das Innere und auf den Grund des Gletschers gelangen und von ihm weiter

getragen und geschoben werden. Unter den Gesteinstrümmern schmilzt der Gletscher langsamer ab, als an freien Stellen, deshalb sind die oberflächlichen Moränen stets erhöht; einzelne große Blöcke und Platten stehen förmlich auf Eissäulen und bilden die „Gletschertische.“

Je weiter der Gletscher auf seiner Bahn nach abwärts fortschreitet, desto wirksamer wird er von den Sonnenstrahlen und den warmen Winden angegriffen. Infolge dessen schmilzt zunächst auf seinem Rücken der Firn ab. Aber auch der Gletscher selbst schwindet und wird immer dünner. Das Eiswasser rieselt auf seiner Oberfläche hinunter und gelangt durch die Spalten in die Tiefe. Es gefriert jedoch in den Klüften nicht wieder, sondern sammelt sich am Grunde und fließt unter dem Gletscher nach dem Gletscherbett hinab und kommt am Ende des Gletschers durch ein Eisgewölbe — das Gletscherthor — als Gletscherbach an das Tageslicht. Der Gletscherbach ist trüb und führt eine Menge von Sand und Grus mit sich; in Kalkgebirgen hat er von den mitgeschwemmten Kalktheilchen eine weiße Farbe. An seinem Ende, welches sich stets tief unter der Schneelinie befindet, lagert der Gletscher alles mitgebrachte Gesteinsmaterial ab und häuft es zu einer Stirnmoräne an.

In den Polarländern reichen die Gletscher bis zum Meeresspiegel und werden hier von dem Wellenschlage unterwaschen und abgebröckelt. Durch den Auftrieb des Wassers abgebrochene, große Eisblöcke stürzen mit Getöse in das Meer und schwimmen dann als Eisberge umher. Werden sie von einer Meeresströmung erfasst, so können sie in die entferntesten Erdstriche geführt werden. Endlich schmelzen sie zusammen, die von ihnen eingeschlossenen Gesteinstrümmen aber fallen auf den Meeresgrund und können durch eine spätere Hebung des Bodens trocken gelegt werden. Die über die norddeutsche Ebene zerstreuten Blöcke von Granit, Gneis und anderen Felsarten Skandinaviens, die man erratische Blöcke oder Irrblöcke nennt, konnten nur durch die Eisberge zu der Zeit, als die norddeutsche Ebene noch vom Meere überflutet war, von ihrer skandinavischen Heimat in diese Gegenden gebracht worden sein. Auf gleiche Weise sind Gesteinsblöcke aus den Westalpen (Montblanc) nach dem südlichen England vertragen worden. — Zurückgelassene Spuren verschwundener Gletscher sind Stirnmoränen und Gletscherschliffe, d. i. Gletscherbette, deren es in den Alpen viele gibt.

Häufig genannte und von den Touristen viel besuchte Gletscher in den Ostalpen sind der Pasterzengletscher östlich vom Großglockner und der Gepatschengletscher in den Ötztaleralpen; zu den größten Gletschern der Welt gehört der Humboldtletscher in Westgrönland, welcher beim Eintritte in das Meer 68 *km* breit ist.

d) Wirkungen der Organismen.

Nicht nur Mineralien, sondern auch Organismen, Pflanzen und Thiere, betheiligen sich an der Zusammensetzung der festen Erdrinde. Je nachdem die den Organismen entstammenden und an dem Aufbaue der harten Erd-

kruste theilnehmenden Materialien von Pflanzen oder Thieren herrühren, werden sie als *phytogene*¹⁾ (pflanzliche) oder *zoogene*²⁾ (thierische) Sedimentgesteine bezeichnet.

α) Phytogene Sedimentgesteine.

1. Kieselguhr oder Poliererde ist eine magere, staubartige und lockere oder zu einem dichten Schiefer (Polierschiefer) verbundene Erde, die zum größten Theile aus mikroskopischkleinen Kieselschalen der Kieselalgen (Diatomaceen) besteht. Die Kieselalgen sind sowohl im Süßwasser als über dem Meeresgrunde verbreitet und weil sie sich durch Zweitheilung ungemein rasch vermehren³⁾, häufen sich ihre kieseligen Schalenpanzer an manchen Stellen zu mehrere Meter hohen Schichten an.

Die bekanntesten Vorkommnisse dieser Art sind jene von Bilin, Franzensbad etc. in Böhmen (stellenweise 5 m mächtig) und die von Berlin mit einer Mächtigkeit von 23 m. *)

2. Phytogene Kalksteine. Es gibt einige Gattungen von Meeresalgen, welche Kalk absondern. Wo sie in größerer Zahl auftreten, tragen ihre kalkigen Hülsen zur Bildung von Kalkstein bei.

3. Fossile⁵⁾ Kohlen. Abgestorbene Pflanzentheile bestehen hauptsächlich aus der Pflanzenfaser oder Cellulose ($C_6H_{10}O_5$) neben geringen Mengen von mineralischen Aschenbestandtheilen. Sind sie der Luft ausgesetzt, so zerfallen (verwesen) sie, wobei sich unter dem Einflusse des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe und Wasser bilden. Kommen sie aber unter Wasser oder werden sie von Thon, Sand, Gerölle etc. überdeckt und so von der Luft abgeschlossen, so geht zwar auch der angedeutete Process des Zerfalles vor sich, allein viel langsamer und die Grundstoffe zur Bildung von Kohlensäure, Kohlenwasserstoffverbindungen und Wasser werden sämmtlich dem zerfallenden Pflanzenkörper entnommen. Dadurch schwinden Sauerstoff und Wasserstoff in dem in Zersetzung stehenden Pflanzenkörper immer mehr und mehr, der Kohlenstoff hingegen, der sich bei der Bildung der Zersetzungsproducte in geringeren Mengen als die beiden anderen Grundstoffe betheiligt, nimmt darin relativ zu. Das Ergebnis dieses Processes, welcher Verkohlungsprocess heißt, ist die Entstehung fossiler Kohlen, welche wie ein Pflanzentheil aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff neben kleinen Mengen mineralischer Aschenbestandtheile hestehen. Allein in den Kohlen ist der Kohlenstoff in höheren Procentsätzen enthalten, als in einem Pflanzentheile und zwar ist der Gehalt an Kohlenstoff in den Kohlen umso höher, je weiter die Verkohlung vorgeschritten ist.

1) gr. *phyton*, Pflanze; *genos*. Abkunft, Abstammung 2) gr. *zōon*, Thier.

3) Der Naturforscher Ehrenberg hat berechnet, dass eine Kieselalge binnen 24 Stunden eine Nachkommenschaft von einer Million Individuen haben kann.

4) Ein Gemenge von Poliererde und Nitroglycerin gibt das Dynamit

5) lat. *fossa*. Grube, — früher nannte man Mineralien überhaupt Fossilien.

Anthracit (als die älteste Kohle mit der vorgeschrittensten Verkohlung) hat 85—96%, Schwarzkohle 75—85%, Braunkohle 40—75%, Torf mit der schwächsten Verkohlung, am wenigsten Kohlenstoff,

Anthracit kommt in Steiermark vor in der Stangalpe bei Turach; Schwarzkohle hat Steiermark keine; dafür ist das Land sehr reich an Braunkohlen (Fonsdorf bei Judenburg, Seegraben bei Leoben, Voitsberg, Köflach, Eibiswald, Wies, Hrastje bei Maxau, Brinjeva gora (Retschach), Lubnitzen, Buchberg bei Sachsenfeld, Schönstein, Tüffer, Hrastnik, Trifail, Dol); Torf findet sich auf dem Rücken des Bachers und an der Enns bei Irnding, an der Paltenmündung bei Admont und an einigen anderen Uferstellen dieses Flusses.

Der Torf bildet sich in Sümpfen aus von Schlamm und Wasser bedeckten Pflanzen der Sumpflora, namentlich aus Sumpfgräsern und Sumpfmossen.

Die Kohlenflötze sind hauptsächlich aus versunkenen Wäldern mit sehr üppiger Vegetation hervorgegangen. Freilich musste sich der Boden an jenen Stellen wiederholt heben, mit Vegetation bekleiden und wieder senken, bis die mächtigen Lager gebildet waren. Die Bestätigung für diesen Vorgang finden wir in den den Kohlenflötzen eingelagerten thonigen und sandigen Schichten.

4. Fossile Harze oder Bitumen sind starre bis flüssige Kohlenwasserstoffverbindungen, welche mit russender Flamme verbrennen und von vorweltlichen, harzreichen Pflanzentheilen, zum Theil auch möglicherweise von Thierresten herrühren.

Man zählt dazu den Asphalt und das Steinöl, auch der krystallisierte Hartit aus der Braunkohle von Köflach und Oberdorf in Steiermark und der Idrialit von Idria in Krain gehören hieher.

β) Zoogene Sedimentgesteine.

1. Foraminiferenkalke. Foraminiferen sind Wurzelfüßer mit einer Kalkschale und leben im Meere. Sie sind zwar kleine Thiere, kommen aber an manchen Stellen in ungeheurer Zahl vor und tragen durch ihre kalkigen Schalen zur Vermehrung der Bodenabsätze und zur Bildung von Sedimentgesteinen am Meeresgrunde wesentlich bei. Die als Schreibkreide verwendete Kalkvarietät besteht zum großen Theile aus Foraminiferenschalen.

2. Korallenkalke. Die Korallen sind Schlauchthiere mit einem kalkigen Skelete und einem Kalkgehäuse. Die Existenz der riffbauenden Arten ist an tropische Meere mit einer Temperatur von 18 — 20° C. und einen bestimmten Salzgehalt, an ein klares, schlammfreies Wasser und an eine geringe Tiefe (bis 30 m) gebunden. An den Küsten der Festländer und der Inseln jener Meere führen diese Korallen großartige, bis 1300 m breite und 300—650 m in die Tiefe reichende, dammförmige Bauten, die Korallenriffe auf.

Man unterscheidet 3 Arten von Korallenriffen: 1. Küstenriffe, die sich in der Nähe der Küste hinziehen und nur an den Mündungen der Flüsse unterbrochen sind. 2. Damm- oder Wallriffe, welche einige bis mehrere Meilen (bis 50) vom Meeresstrande entfernt längs der Küste verlaufen und sich (mit kleinen Unterbrechungen) oft Hunderte von Meilen weit

erstrecken. 3. Lagunenriffe oder Atolle. Diese sind um untergetauchte Inseln angelegt und umschließen (mit stellenweiser Unterbrechung) in Form eines eckig verbogenen Ringes eine Salzwasserlagune. Jedes Riff war ursprünglich ein Küstenriff. Durch Senkung des Bodens wurden die Küstenriffe an den Continenten und an den hohen und großen Inseln zu Dammriffen, die Küstenriffe der kleineren und niederen Inseln zu Atollen, weil die Korallen, um in dem ihnen zusagenden Niveau zu bleiben, nach oben bauten. ¹⁾ Hat sich später der Grund, auf dem ein Damm- oder Lagunenriff sitzt, wieder gehoben, so kam bei vielen Riffen der obere Theil über den Meeresspiegel zu stehen und das Korallenriff wurde zur Koralleninsel. Unter dem Einflusse der Atmosphärrilien bildete sich mit der Zeit auf der Koralleninsel Dammerde; Vögel, Winde und Meeresströmungen haben Samen dahin vertragen und die Insel bekleidete sich mit Vegetation. Zu den größten derartigen Koralleninseln gehören die Laccadiven und Malediven im indischen Ocean. „Der Korallenfels ist in den tieferen abgestorbenen Theilen des Riffes ein weißer, aus Korallenskeleten und Muschelschalen gebildeter Kalkstein oder, soweit er sich in den Lagunen gebildet hat, ein compacter, dichter Kalk. Auch solche Partien des Felsens, welche ursprünglich nur aus Korallenskeleten bestanden, können sich im Laufe der Zeiten in compacte Kalke umwandeln, an denen man keine Spur von organischer Structur mehr wahrnimmt“ Hochstetter.

In den marinen Kalken früherer Erdperioden begegnen wir Korallenbauten ebenso häufig wie Korallenriffen in den tropischen Meeren der Jetztzeit. Besonders reich daran ist der in Steiermark sehr verbreitete Leithakalk.

3. Muschelkalke. Die Meere werden an seichteren Stellen, namentlich an den Küsten, von unzähligen Thieren, welche kalkige Skelete, Kalkschalen oder Kalkgehäuse ausscheiden, bewohnt. Es sind dies vorzüglich Muscheln, Schnecken, Seeigel und Seesterne. ²⁾ Wenn die Thiere sterben, verwesen die Weichtheile, die kalkigen Gebilde hingegen bleiben zurück und sammeln sich am Grunde zu Schichten — den Muschelbänken — an, welche, nachdem sie noch durch ein Bindemittel (Kalk, Thon) mit einander verkittet werden, den Muschelkalk liefern.

Muschelkalke sind sehr verbreitete zoogene Sedimentgesteine. ³⁾ Viele von ihnen haben im Laufe der Zeit jede Spur thierischer Herkunft eingebüßt und sind zu compacten, dichten, zuweilen farbigen Kalksteinen (Marmoren) geworden.

4. Knochenschichten oder Bonebed ⁴⁾ nennt man Anhäufungen von vorwiegend harten Überresten der Wirbelthiere, wie Knochen, Zähnen, Schildern, Schuppen etc., welche lose nebeneinander liegen oder durch ein Bindemittel mit einander verbunden sind. ⁵⁾

¹⁾ Nach neueren Ansichten über die Entstehung der Riffe sollen die Korallenthiere auf Meeresplateaus und auf unterseeischen Muschelbänken aus einer Tiefe von ca 100 m in die Höhe bauen. Ob die eine oder die andere Art von Riffen zur Ausbildung gelangt, hänge lediglich von der Gestalt des Meeresgrundes und den Ernährungsverhältnissen der Korallenthiere ab.

²⁾ In den ältesten und älteren Zeitaltern waren es hauptsächlich Kopf- und Armfüßer.

³⁾ Den Kalk entnehmen die harte Kalkgebilde ausscheidenden Pflanzen und Thiere dem Meerwasser, und dies ist der Grund, weshalb der Gehalt an Calciumcarbonat im Meerwasser immer gleich bleibt, trotzdem die Flüsse dem Meere beständig Kalk zuführen.

⁴⁾ englische Benennung.

⁵⁾ Stelle die Gesteine oder Gebirgsarten übersichtlich zusammen!

Das Verwitterungsproduct der phytogenen und zoogenen Sedimentgesteine ist je nach der stofflichen Beschaffenheit derselben verschieden.

8. Versteinerungen oder Petrefacten.¹⁾ Nicht allein in den phytogenen und zoogenen Sedimenten begegnen wir pflanzlichen und thierischen Überresten, auch andere Schiefergesteine, namentlich Kalke und klastische Schiefer, führen Reste und Spuren von Pflanzen und Thieren, nur treten hier diese Gebilde mehr vereinzelt auf. Man nennt solche, in den Ablagerungen eingebettete Pflanzen- und Thierüberreste und sonstige Spuren von Organismen, wie Abdrücke, Fährten etc. von Thieren Versteinerungen oder Petrefacten.

Welche Veränderung die holzigen, mit erdigen Theilen überdeckten oder unter Wasser getauchten und von der Luft abgeschlossenen Pflanzen erfahren haben, wurde in einem früheren Capitel angedeutet. Von den Algen, welche Kieselsäure oder Kalk ausscheiden, sind die Panzer, von den Thieren die harten Theile, wie Knochen der Wirbelthiere, Schalen und Gehäuse der Weichthiere etc. zurückgeblieben, während die weichen Theile der Verwesung und dem Zerfalle anheimfielen. Selbst in den harten Gebilden wurden die organischen Bestandtheile vollständig zerstört und ausgelaugt, die Form und die Structur haben jedoch die harten Theile wegen der überwiegenden unorganischen Substanzen darin nicht eingebüßt, weil in den meisten Fällen für jedes zerfallene und ausgetretene organische Theilchen aus dem die Gebilde durchdringenden Wasser ein solches einer unorganischen Substanz (Calciumcarbonat, Kieselsäure, Gips) eintrat. Den Umtausch organischer Substanzen gegen unorganische in Pflanzen- und Thierkörpern, welche unter die Erde kommen, nennt man Versteinerung oder Petrificierung. Außer den erhaltenen Überresten geben uns auch Abdrücke von Formen in weiches Material (Schlamm), welches später erhärtete, sowie Ausfüllungen von inneren Hohlräumen (Steinkerne) Aufschluss über bestandene Organismen, deren Körpersubstanz selbst lange verschwunden ist. Die Thiere und Pflanzen, deren Überreste und Spuren wir in den Sedimenten antreffen, müssen zur Zeit der Bildung dieser Sedimente gelebt haben. Daher entsprechen den Ablagerungen gleicher Zeitperioden gleiche Thier- und Pflanzenformen und man kann aus den organischen Einschlüssen und den Spuren der Organismen in den Schichten auf das geologische Alter der Schichten schließen. (Leitfossilien). Die Wissenschaft, welche sich mit der Erforschung der Petrefacten befasst, heißt Paläontologie.²⁾

¹⁾ gr pētra, Stein, Fels, factus gemacht.

²⁾ gr palaios = alt, gr. on (2. Fall ontós) = Wesen.

II. Lehre vom Gebirgsbau oder Geotektonik. ¹⁾

Die physikalische Geographie unterscheidet an den über dem Meeresspiegel sich erhebenden Festländern Tiefländer (bis 350 *m*) und Hochländer (über 350 *m*) und nach der Gestaltung der Oberfläche Ebenen, Berge und Gebirge²⁾. Die Geotektonik prüft den inneren Bau, d. i. die Gesteinsarten und Gesteinszusammensetzung, die Lagerung und die Verbindungsweise der Gesteine der orographischen Formen und sucht daraus die Oberflächengestaltung des Festlandes zu erklären.

Erosionsschluchten, Bahneinschnitte, Bergwerke, artesische Brunnen, Steinbrüche, mit einem Worte alle Stellen, an denen ein größerer Theil des Erdrinnern bloßgelegt ist, sind die Orte, an denen die Geotektonik und die Geologie überhaupt ihre Beobachtungen anstellt, um aus den gemachten Wahrnehmungen Schlüsse auf den Bau des unzugänglichen Innern der Erdrinde zu ziehen.

Die Art und Weise, wie die Gesteine in der Erdrinde auftreten und welche Lage sie zu einander einnehmen, ist in erster Linie von ihrer Entstehungsweise abhängig. Die geschichteten Sedimentgesteine, welche sich aus Bodensätzen und Anschwemmungen des Wassers gebildet haben, lagern über einander (Auflagerung, normaler Gesteinsverband). Aufgelagert sind ferner alle jene Eruptivgesteine, welche aus der um den Kraterand ausgegossenen und festgewordenen Lava hervorgegangen sind. Sind sie gleichmäßig über den Vulkankegel ausgebreitet, so bilden sie Decken, dehnen sie sich hauptsächlich nach einer Richtung aus, so stellen sie Ströme dar.

In Decken und Strömen mit Auflagerung können alle Arten der Eruptivgesteine auftreten.

Einen anderen Gesteinsverband zeigen aber jene Eruptivgesteine, deren Material aus den Erdtiefen im feuerflüssigen Zustande durch Canäle, Spalten und Klüfte der Sedimentgesteine und der älteren Eruptivgesteine hervorgezogen ist und diese Hohlräume ausgefüllt hat: sie sind zwischen und neben anderen Gesteinen gelagert (durchgreifende oder abnorme Lagerung). Man nennt die eingelagerten Eruptivgesteins-Massen Gänge.³⁾

Zwischen und neben gelagert als Eruptivgesteins-Gänge treten auf: jüngere Granite (Granit des Bachers), Grünsteine (in devonischen Ablagerungen), Porphyre (in den Kalkalpen), Melaphyre (Seiseralpe in Tirol), Trachyte und Basalte.

Eine aus denselben petrographischen Bestandtheilen zusammengesetzte Ablagerung heißt eine Schichte. Mehrere Schichten bilden ein Schichtensystem. Die Dicke einer Schichte oder eines Schichtensystemes heißt die Mächtigkeit dieser Schichte oder dieses Schichtensystemes. Eine einzelne, innerhalb eines Schichtensystemes liegende Schichte von besonderer petrographischer Zusammensetzung heißt ein Lager, bei den fossilen Kohlen ein Flötz. Ein von der Mitte aus nach allen Seiten „sich auskeilendes“

¹⁾ gr. tektonikos, auf den Bau bezüglich.

²⁾ Einige wenige Ländstriche (Depressionen), wie z. B. das Jordanthal, liegen tiefer als der Meeresspiegel des benachbarten Meeres.

³⁾ Die Eruptivgesteins-Gänge sind jedoch mit den aus Absätzen aus dem Wasser entstandenen Gängen (Erzgängen, Kalksteingängen u. s. w.) nicht zu verwechseln.

d. h. dünner werdendes und endlich verschwindendes Lager von geringer Ausdehnung nennt man eine Linse. Die Schichte unter einem Lager (Flötz, Linse) heißt das „Liegende“, die Schichten über demselben das „Hangende“ des betreffenden Lagers.

Die Schichten hatten infolge ihrer Entstehung durch Sedimentation ursprünglich eine horizontale oder nahezu horizontale Lage. Haben sie diese Lage beibehalten, so sind sie in ungestörter (nicht dislocierter) Lagerung.

Ungestörte Lagerung zeigen die aus Gerölle, Sand, Lehm und Thon bestehenden jungen Schichten der Flussthäler und der großen Ebenen. Die Schichten der Flussthäler haben sich theils aus Anschwemmungen, theils aus Ablagerungen in Seebecken, deren Wasser später abgeflossen ist, gebildet. Die großen Ebenen waren noch in den jüngsten Perioden unter Wasser und sind vor relativ kurzer Zeit durch Zurücktreten des Meeres trocken gelegt worden. Beweise dafür sind das lose nebeneinander liegende Gesteinsmaterial ihrer Schichten, sowie das häufige Auftreten von Ausblühungen des Steinsalzes darin.

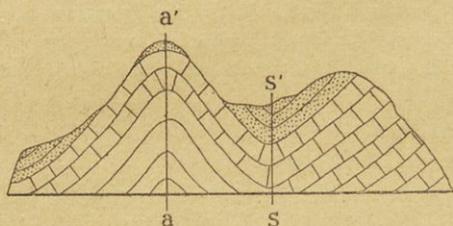


Fig. 7. aa' antikinale, ss' synklinale Lagerung.

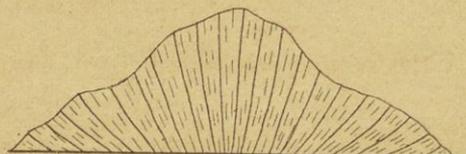


Fig. 8. Fächerförmige Lagerung.

In Steiermark finden wir ungestörte Lagerung der Schichten an allen größeren Flüssen, wie an der Drau (Drauthal bei Marburg, Pettauer Feld), an der Mur (Eichfeld, Grazer und Leibnitzer Feld u. s. w.) an der Enns, Sann, Save etc.

In Gebirgen hingegen begegnen wir infolge der Vorgänge bei der Gebirgsbildung nur gestörten (dislocierten) Lagerungen der Schichten und Schichtensysteme.

Eine sehr häufige Art der Dislocation ist die Aufrichtung, d. h. die Schichten nehmen eine geneigte oder selbst eine verticale „saigere“ Lage ein.¹⁾

Die Richtung, nach welcher eine aufgerichtete Schichte horizontal verläuft, nennt man „das Streichen,“ die Neigung gegen die horizontale Ebene (in Winkelgraden ausgedrückt), das „Fallen“ der Schichte.

Eine andere Form der Schichtenstörung sind Biegungen und Faltungen. Erfolgte die Biegung oder Faltung nach oben, so spricht man von einer sattelförmigen oder antiklinalen Lagerung, geschah sie nach abwärts, so heißt sie muldenförmig oder synklynal. (S. Fig. 7.). Wird das Gewölbe einer hohen sattelförmigen Faltung, welche in ihrem unteren Theile stark zusammengeschoben wurde, durch die Atmosphärien zerstört und vom Wasser abgetragen, so zeigen die erhaltengebliebenen unteren Partien eine fächerförmige Schichtenstellung, (S. Fig. 8), wie z. B. die Schichten im Montblancstock und an mehreren anderen Orten der Centralalpen.

¹⁾ Seltener erreichte die Hebung einen solchen Grad, dass die gehobenen Schichten „überkippten“ und auf den Rücken zu liegen kamen. Ein Fall dieser Art von Störung ist vom East River am Colorado in Nordamerika bekannt.

Nicht selten kommt es vor, dass gefaltete Schichten und Schichtensysteme an den Biegungs- und Stauungsstellen zerreißen und sich die getrennten Theile (Flügel) gegeneinander verschieben. Solche Störungen der Lagerung nennt man Verwerfungen (S. Fig. 9.). Die Verwerfungen erschweren im Bergbaue oft sehr die Verfolgung der Lager (Flötze) nutzbarer Mineralien.

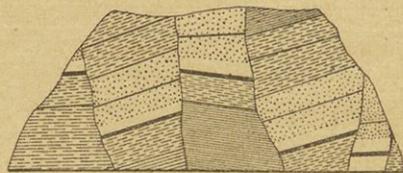


Fig. 9. Verwerfung der Schichten.

Schichten und Schichtensysteme, welche parallel zu einander stehen, lagern übereinstimmend oder concordant; lehnen sich dagegen jüngere Schichten unter einem Winkel an ältere an, so sind die beiden Schichtensysteme zu einander in nicht übereinstimmender oder discordanter Lagerung. (S. Fig. 10).

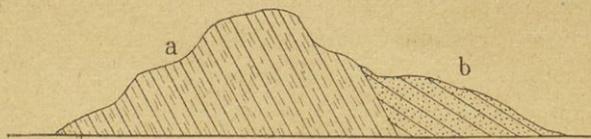


Fig. 10. Die Schichtensysteme *a* und *b* in discordanter Lagerung zu einander.

In den Centralalpen, — selbstverständlich auch in jenen Theilen, die Steiermark durchziehen — sind die krystallinischen Schiefergesteine zu einander in concordanter, zu den jüngeren Schichten am Fuße der Gebirgszüge dagegen in discordanter Lagerung.

Lagern die Schichten und Schichtensysteme in einem Gebirge in der Richtung des Abhanges, so fallen sie vom Gebirge ab oder sind rechtsinnisch; ist dagegen die Lagerung eine der Abdachungen entgegengesetzte, so fallen die Schichten dem Gebirge zu oder sind widersinnisch (Vergleiche Fig. 11 concord u. discord. Lagerung *a* u. *b*.)

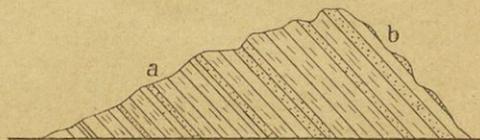


Fig. 11. Concordante Lagerung; *a* widersinnischer *b* rechtsinnischer Schichtenverlauf.

Rechtsinnisch sind beispielsweise die Schichten am Nordabhange des Posrucks, am Nord- und Südabhange des Bachers, widersinnisch am Südabhange des Posrucks.

Was über den Gebirgsbau noch zu sagen wäre, haben wir schon im Abschnitte „Gebirgsbildung“ auseinandergesetzt, es erübrigt uns hier nur noch, einiges über das Alter der Gesteine anzuführen.

Aus dem über die Bildung der Gesteine Gesagten geht hervor, dass die Gesteine nicht auf einmal entstanden sind, sondern dass sie sich in unermesslich lange andauernden Zeiträumen nach und nach gebildet haben und sich noch gegenwärtig bilden. Anzugeben, wie viele Jahrhunderte oder Jahrtausende seit der Zeit verstrichen sind, als sich irgend ein Gestein gebildet hat, sind wir allerdings nicht im Stande, weil uns jegliche Anhaltspunkte hiefür fehlen. Wohl aber können wir in den meisten Fällen mit Sicherheit feststellen, ob ein Gestein jünger oder älter ist als das andere,

mit anderen Worten, wir können das relative Alter der Gesteine bestimmen.

Bei den Gesteinen mit normaler Lagerung sind die überlagernden Schichten jünger, die überlagerten älter. Schichten, welche bei einer Gebirgshebung gehoben und aufgerichtet wurden, mussten sich früher gebildet haben als Schichten, die von der Hebung nicht beeinflusst worden sind. Ganggesteine sind jünger als die die Gänge einschließenden Gebirgsarten. Bei sich kreuzenden Gängen ist der durchsetzte Gang der ältere, der durchsetzende der jüngere. Was von den Gängen gilt, gilt auch von den stockförmig auftretenden und in großen Massen Schiefergesteine durchbrechenden Eruptivgesteinen. Doch ist hier nicht immer möglich zweifellos festzusetzen, ob der Stock die Schichtengebirge durchbrochen hat oder ob sich letztere nachträglich an den Stock angelagert haben. (Vergl. Fig. 12)

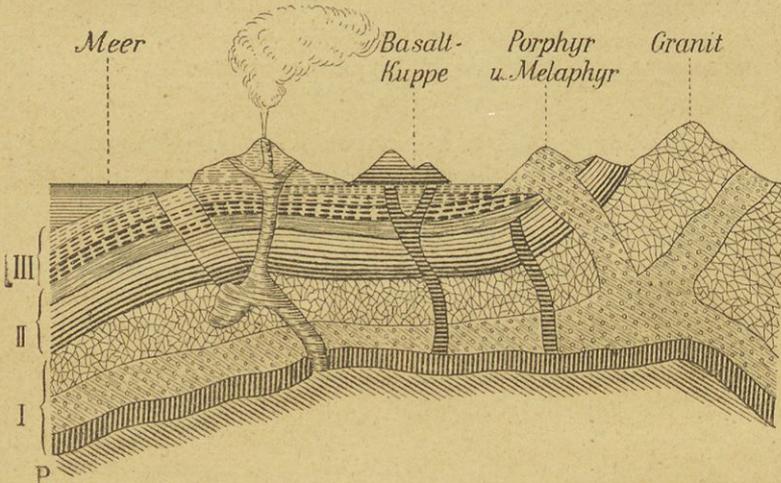


Fig. 12. P. Pyrosphäre, I. Krystallinische Massengesteine, II. Krystallinische Schiefergesteine, III. Klastische Sedimentgesteine.

Bei den klastischen Sedimentgesteinen, bei den meisten Kalken und den Dolomiten geben uns außer den Lagerungsverhältnissen und der petrographischen Beschaffenheit der Gesteine auch die Einschlüsse und Spuren thierischer und pflanzlicher Überreste, die Petrefacten Anhaltspunkte zur Bestimmung des geologischen Alters dieser Gesteine an die Hand. Weil nämlich jede einzelne Art eines organischen Wesens in ihren Überresten und Spuren nur auf bestimmte Schichten beschränkt ist, so muss die betreffende Art nur in der Zeitperiode, in welcher diese Schichte zum Absatze gelangte, gelebt haben, nicht früher und nicht später. Und auf dieser Thatsache beruht die Altersbestimmung der Sedimentgesteine mit Hilfe der darin vorkommenden Petrefacten.

III. Stratigraphie,

oder die Beschreibung der Schichten und Formationen.

Schichten eines Schichtensystemes, welche eine sich allmählich ändernde, aber für diese Schichten charakteristische Flora und Fauna einschließen, haben sich unter allmählich sich ändernden physikalischen Verhältnissen gebildet. Die Dauer ihrer Bildung repräsentiert in der Entwicklungsgeschichte der Erde einen größeren Zeitabschnitt. Man nennt eine solche in einer bestimmten Zeitperiode zum Absatz gelangte und bestimmte Petrefacten führende Schichtengruppe, in welcher zuweilen auch Eruptivgesteine auftreten, eine geologische Formation.

Mehrere Formationen entsprechen einer Zeitepoche oder einem Weltalter in der Erdgeschichte. Man unterscheidet in der Geschichte der Entwicklung der Erde 5 Weltalter oder Epochen u. zw.: 1. Die Urzeit mit 4 Perioden, 2. Das Alterthum mit 4 Perioden, 3. Das Mittelalter mit 3 Perioden, 4. Die Neuzeit mit 2 Perioden, 5. Die Jetztzeit mit 2 Perioden.

Urzeit der Erde oder die archaische Periode.

Die archaische oder Urformation mit der älteren und jüngeren Gneiß-, der Glimmerschiefer- und Urthonschiefer-Stufe besteht aus krystallinischen Schiefergesteinen (Gneiß, Glimmerschiefer, Hornblendschiefer, Urthonschiefer, Urkalk etc.) und den ältesten Massengesteinen (Granit, Syenit). Sie ist in einer ungeheuren Mächtigkeit von 10.000—30.000 *m* entwickelt und umschließt als Grundgebirge, ausgenommen die Durchbrechungsstellen späterer Eruptivgesteine, ringsum schalenförmig die Erde. Ob wir in der Urformation die erste Erstarrungskruste der Erde oder wenigstens Theile derselben zu erblicken haben, ist zweifelhaft, wahrscheinlich wurde die erste Erstarrungsrinde nachträglich theils durch Schmelzen, theils durch Zerbrecen wieder vollständig zerstört.

Die Urformation ist azoisch ¹⁾ d. h. keinerlei organische Überreste enthaltend. Viele Forscher sind jedoch der Meinung, dass der Graphit und das mit dem Namen *Eozoon canadense* ²⁾ belegte, aus Lamellen von Kalk und Serpentin bestehende Gebilde, welches im Urkalk der laurentinischen, d. i. der zweiten Stufe der Urformation aufgefunden und später auch an anderen Orten (z. B. im Böhmerwald bei Krumau) nachgewiesen wurde, organischen Ursprungs sind. Demnach wäre die Erde schon zur Zeit der Entstehung der krystallinischen Schiefer von Organismen bewohnt gewesen.

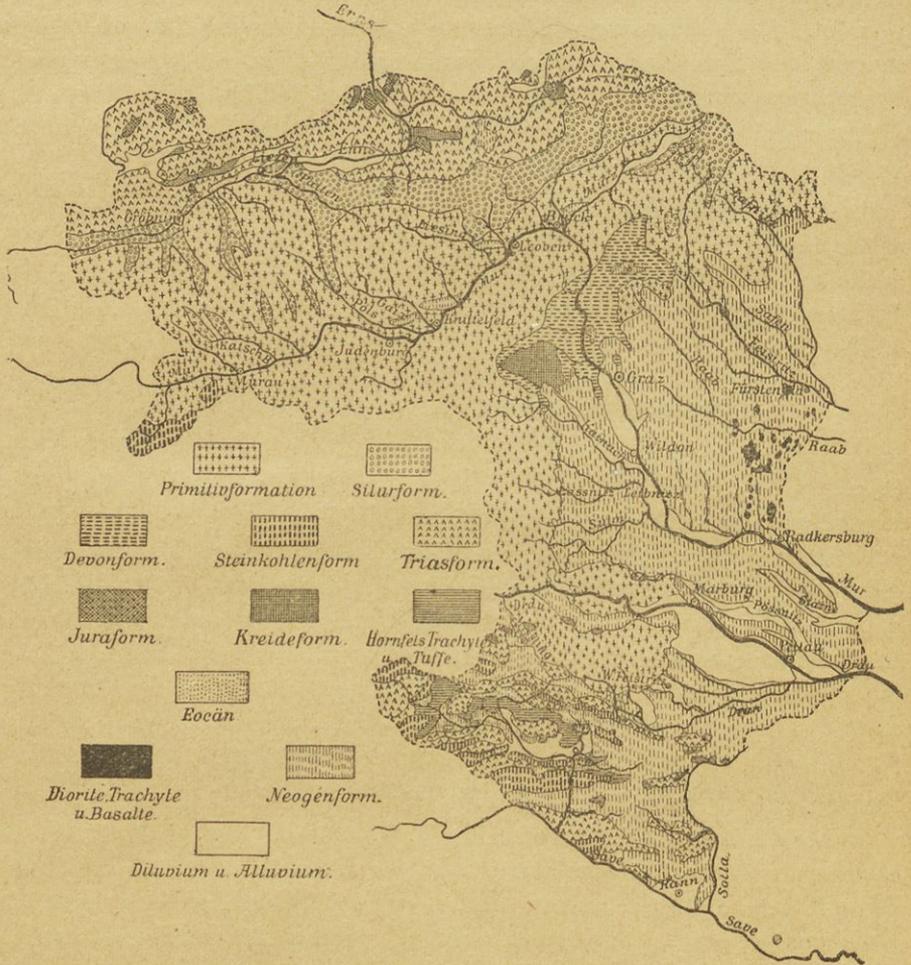
¹⁾ gr. azoos, kein Leben hervorbringend.

²⁾ gr. eós, Morgenröthe, canadisches Morgenröthewesen.

In Steiermark gehören der Urformation die als Theile der Centralalpen das Land durchziehenden Gebirgszüge (Kärntnerisch-steirische und Norische Alpen) mit ihren südlichen Ausläufern, Posruck und Bacher an. (Vergl. geolog. Karte).

Die Urformation setzt ferner zusammen die Centralzone der Ost- und den größten Theil der Westalpen, die Centralkarpathen, die böhmischen Randgebirge, das Massengebirge von Skandinavien und Finland, von Centralfrankreich, Nordamerika etc.

Das Urgebirge ist überaus reich an nutzbaren Mineralien. Abgesehen von den Granitquadern, den Gneiß- und Glimmerschiefer-Platten, dem



Die wichtigsten Verbreitungsgebiete der geologischen Formationen in Steiermark.

Marmor (Bacher), Magnesit (Kraubat), Talk, Senpentin etc., die man darin findet, liefert das Urgebirge von den edlen Metallen gediegenes Gold, Platin und Silber, von den unedlen Metallen vererzt Kupfer, Eisen, Blei, Zink, Kobalt, Nickel, Antimon u. a.; von den Edelsteinen: Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd, Topas, Aquamarin, Turmalin, Granat und viele schöne Quarzvarietäten. Freilich werden Gold und Platin und die Edelsteine im

Urgebirge nicht bergmännisch abgebaut, sondern in dem aus diesem entstandenen angeschwemmten Lande, dem Seifengebirge, durch den Waschprocess (Edelsteine auch durch Ausklauben) gewonnen. Goldwäschereien werden auch an der unteren Drau und Mur und zwar noch gegenwärtig betrieben.

Das Alterthum der Erde oder das paläozoische Zeitalter.

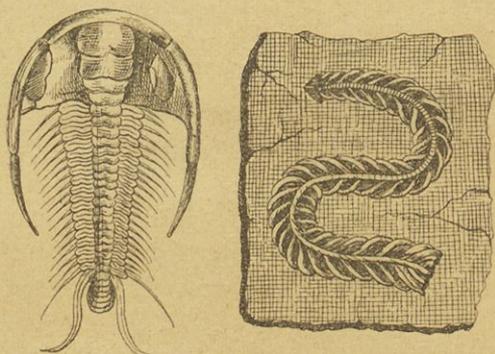
Mit der Entstehung des Urthonschiefers ist der Aufbau des krystalinischen Grundgebirges zum Abschlusse gelangt. Die chemische Wirkung des Wassers lässt stark nach und die mechanische tritt in den Vordergrund. Es beginnt die Bildung klastischer Sedimentgesteine (Conglomerate, Sandsteine, Thonschiefer), phytogener und zoogener Sedimente, daneben aber auch neuerer Eruptivgesteine (Grünsteine, Porphyre etc.)

Pflanzen und Thiere treten in zahlreichen Arten auf, die Formen zeigen jedoch ein fremdartiges Aussehen und können nicht immer mit Sicherheit in das System der gegenwärtig lebenden Organismen eingereiht werden. Von den Pflanzen sind fast ausschließlich Kryptogamen (Algen, Farne, Schachtelhalme, Bärlappgewächse) vertreten, Nadelhölzer und Monocotyledonen fehlen gänzlich. In der Thierwelt herrschen wirbellose Thiere (Korallen, Stachelhäuter, Weichtiere und Gliederfüßer) vor, von den Wirbelthieren finden sich Fische häufig, Amphibien und Reptilien in wenigen Formen, Vögel und Säugethiere fehlen.

Aus der Übereinstimmung der Pflanzen- und Thierformen, welche in den Schichten der paläozoischen Formationen sehr verschiedener Erdbreiten (Europa, Nordsibirien, Nordamerika, Australien) gefunden werden, schließt man auf ein gleichmäßiges, warmes Klima dieser Erdperiode. Das Meer bedeckte noch den größten Theil der Erdoberfläche. Von den Alpen z. B. ragte nur die Centralzone als eine langgestreckte, wahrscheinlich in mehrere Theile geschiedene Insel hervor.

1. Die silurische ¹⁾ Formation. Den Übergang von der Urformation zum Silur bilden in manchen Gegenden die cambrischen ²⁾ Schichten, welche aus Quarziten, Sandsteinen und Thonschiefen bestehen, sicher deutbare Überreste von Meeresalgen, Armfüßern, Trilobiten ³⁾, einzelnen Formen

Fig. 13.



Trilobit (*Paradoxides bohemicus*).

Verdertheil eines Ringelwurm (*Nercites cambrensis*).

¹⁾ Nach dem Königreiche der Silurer in England benannt.

²⁾ Cambria, der alte Name von Wales.

³⁾ gr. trilobos, dreilappig, die ältesten Krebse.

von Kopffüßern, Graptolithen¹⁾ und Stachelhäutern, ferner Bruchstücke und Kriechspuren von Ringelwürmern enthalten und hauptsächlich über England, Irland und Schweden verbreitet sind. (Siehe Fig. 13.)

Das Silur ist vorwiegend aus Conglomeraten, Sandsteinen, Thonschiefern, Quarziten und Grauwacken²⁾ mit auf- und zwischengelagerten Grünsteinen und Porphyren zusammengesetzt und mächtig (bis 10.000 *m*) entwickelt. Die Ablagerungen sind reich an Überresten von Meerestangen, Schlauch- und Weichthieren, Stachelhäutern, Trilobiten und Riesen-Schalen-Krebsen. (Fig. 14 bringt uns einige davon zur Anschauung.) In den obersten Schichten treten auch schon einzelne Fische auf. Von den Landpflanzen sind einige wenige Siegelbäume, von den Landthieren ein großer Scorpion und ein Flügel eines Geradflüglers bekannt geworden.

Der große Reichthum an Fossilien von Meerespflanzen und Meeresthieren und die geringe Zahl der landbewohnenden Organismen deuten auf unendlich weite Meere und nur sehr kleine

Continente (Inseln) der silurischen Periode hin.

In Steiermark zieht eine Zone silurischer Ablagerungen zu beiden Seiten der Enns von der Landesgrenze im Westen bis zur Einmündung der Palten, von da nach der Palten bis über Gaishorn hinauf und setzt sich von hier am Nordrande des krystallinischen Urgebirges nach Niederösterreich fort. Am Semmering gibt die Zone einen Zweig nach Süden ab, im Weberkogel

bildet das Silur eine Insel. (S. geolog. Karte). Im Silur liegen die mächtigen Lager des Spateisensteines vom Erzberge, Röthelstein, der hohen Veitsch etc. Der Bergbau (theils Tag-, theils Nachtbau) in dem 1528 *m* hohen Erzberge

Fig. 14.

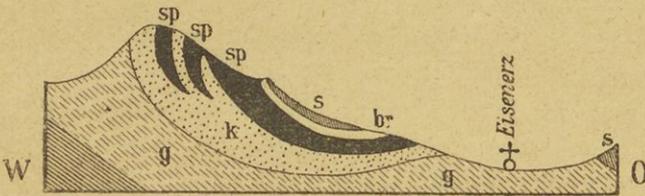
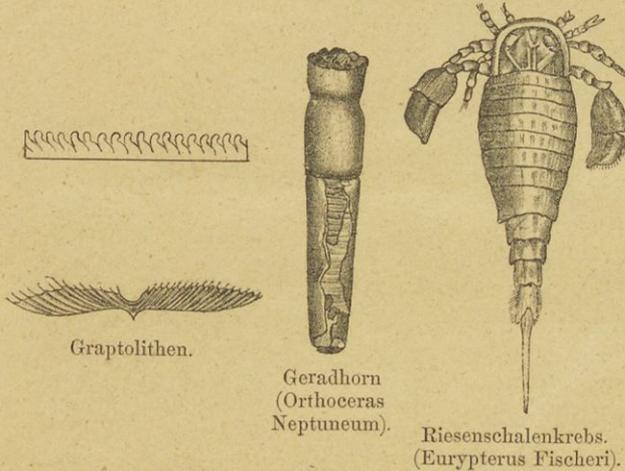


Fig. 15. Erzberg bei Eisenerz. *W* Thonschiefer, *g* Grauwacke, *k* Kalkstein, *sp* Spatheisenstein, *br* Breccienkalk, *s* Rother Schiefer.

bei Eisenerz, dessen petrographische Zusammensetzung die nebenstehende Abbildung (Fig. 15) zur Anschauung bringt, ist über 2000 Jahre alt. Gegenwärtig werden daselbst im Winter

¹⁾ Graptolithen waren in Stöcken lebende, Chitingehäuse bewohnende kleine Polypen (gr. gráphein, einkratzen, schreiben, lithos, der Stein.)

²⁾ Grauwacken, nennt man graue klastische Schiefergesteine mit einem kieseligen Bindemittel.

bei 800, im Sommer bei 1400 Knappen beschäftigt, welche jährlich über 3 Millionen Meter-Centner Erze losbringen; daraus werden über $1\frac{1}{2}$ Mill. Met.-Cent. Roheisen gewonnen. Eine Eigenthümlichkeit des Kalksteines und der Spath Eisenstein-Lager im Erzberge sind die sogenannten Schatzkammern, d. i. Hohlräume, deren Wände mit blendend weißem Aragonit (Eisenblüthe, Krystalldrusen und krystallinischem Aragonit) überkleidet sind.

Silur kommt in den Kalkalpen auch in andern Ländern vor und ist in Böhmen, in England, Russland und Nordamerika vorzüglich entwickelt.

Außer Spath Eisenstein liefert das Silur in seinen Quarzgängen Gold (Ural, Australien), ferner silberhältigen Bleiglanz und Zinkblende (Příbram), Eisensoolithe (Böhmen), Kupfererze (Nordamerika) und etwas Salz und Gips.

2. Die devonische ¹⁾ Formation. In den devonischen Ablagerungen werden eine Tiefsee- und eine Küstenbildung, welche gleichzeitig zum Absatze gelangten, unterschieden. Die erstere besteht hauptsächlich aus Quarzit, Kalk, Thonschiefer und Sandstein mit eingelagerten Diabasen und Diabas-tuffen, letztere aus braunrothem Conglomerat und ebensolchem Sandstein (alter rother Sandstein).

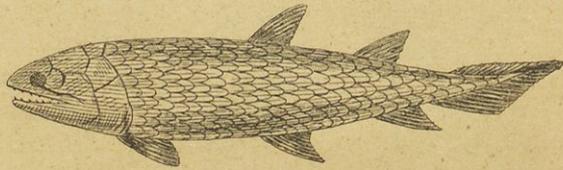
Die Meeresablagerungen führen noch einige wenige Graptolithen, sind dagegen reich an anderen Meeresthieren und an Tangen; es treten auch schon die ersten Schmelzschupper und Haie auf. (Vergl. Fig. 16) Die Küstenbildung enthält spärliche Reste von kleinen Farnen, von Schachtelhalmen, Bärlappgewächsen und Nadelhölzern nebst vereinzelt Fragmenten von Insecten (Netzflüglern) und von Tausendfüßern. Alle diese Fossilien deuten auf ein Anwachsen des Festlandes während der devonischen Periode.

Die devonischen Bildungen nördlich von Graz gehören der Tiefseeform an und stehen mit dem viel mächtiger entwickelten Devon Mährens (nördlich von Brünn) in naher Beziehung. (Vergl. geol. Karte). Am Niederrhein, in England und Russland findet sich das Devon in ausgedehnten Schichtencomplexen.

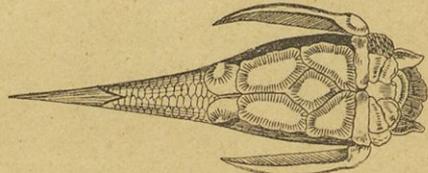
Die steierischen Devonablagerungen führen Bleiglanz und Zinkblende, die mährischen Magnet- und Brauneisenstein, jene von Pennsylvanien in Nordamerika Petroleum.

3. Die Steinkohlenformation. Die Bildungen der Steinkohlenformation haben ihren Namen von den Kohlenflötzen, die in der obersten Schichte vorkommen, erhalten und sind zum Theile Ablagerungen der hohen See, zum Theile Strand- und Süßwasserbildungen. Die Tiefseeabtheilung besteht aus einem dunklen Kalk (Kohlenkalk, Bergkalk) und schließt unter

Fig. 16.



Osteolepis (Schmelzschupper).



Pterichthys cornutus (Panzerfisch).

¹⁾ Nach der Grafschaft Devonshire in England.

anderem Foraminiferen, echte Seeigel, einige (die letzten) Arten der Trilobiten, höher entwickelte Krebse, Schmelzschupper mit unsymmetrischer Schwanzflosse und Haie ein.

Die Strandstufe, Culmbildung genannt, ist aus Conglomeraten, Sandsteinen und Thonschiefern zusammengesetzt und führt Schnecken und Muscheln und zahlreiche Reste von baumartigen Gefäßkryptogamen. Die dritte und oberste Abtheilung der Steinkohlenformation ist die productive Steinkohlenstufe, welche sich aus dunkelgrauen Sandsteinen (Kohlensandstein) und grauen bis schwarzen Thonschiefern (Kohlenschiefer und Brandschiefer) und Kohlenflötzen aufbaut. Die Flora dieser Stufe besteht aus baumartigen Schuppen- und Siegelbäumen (Bärlappgewächse), aus den etwas schwächeren Calamiten (Schachtelhalme), den strauchartigen Farnen,

mehreren Arten von Nadelhölzern und einigen nicht mit Sicherheit zu deutenden Palmen. Die Siegelbäume (*Sigillarien*) waren bis über 30 m hohe und $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ m dicke, am oberen Ende verzweigte und beblätterte Bäume, deren Rinde zwischen parallel verlaufenden Längsfurchen in verticalen Reihen stehende, Siegelabdrücken ähnliche Narben abgefallener Blätter trägt; die Wurzeln besitzen Narben abgestoßener Seitenwürzelchen und wurden als eine selbständige Pflanzenart (*Stigmaria*) beschrieben. Die Schuppenbäume (*Lepidodendren*) standen den Sigillarien an Höhe und Dicke nicht nach, die Kronen Zweige endigten in Kegelförmige Zapfen, die Rinde war durch spiralig verlaufende Furchen in rhombische Felder,

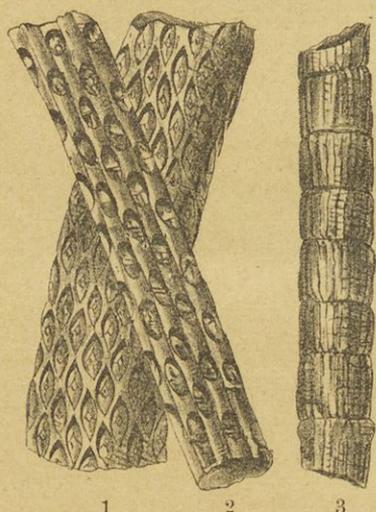


Fig. 17. 1. Schuppenbaum, 2. Siegelbaum, 3. Calamit.

an welchen die Blattnarben kenntlich sind, getheilt. *Calamiten* erreichten eine Höhe von 10 m, ihr Stamm war hohl, durch Querringe in Glieder getheilt und der Länge nach gestreift. (Vergl. Fig. 17.)

Die Fauna bilden Süßwassermuscheln, Lungenschnecken, molchartige Reptilien und spärliche Reste von Insecten (Schaben, Heuschrecken, Netzflüglern), von Tausendfüßern, Scorpionen, Weberknechten und einigen zweifelhaften Spinnen.

Die productive Steinkohlenstufe mit Anthracit kommt in Steiermark nur auf der Stangalpe bei Turach vor. Die carbonischen Vorkommen im Gebiete des Drausavezuges und der Santhaler-Alpen gehören theils der Tiefseebildung, theils dem Culm an. (Vergl. geolog. Karte). Carbonbildungen mit mächtig entwickelten Flötzen der Steinkohle (4—12 m mächtig) hat Mähren (Ostrauer-Revier) und Böhmen (Pilsner-Becken, Kladno, Schlän-Rakonitzer Becken). Reich an echten Steinkohlen sind ferner England, China und Nordamerika.

4. Die **Dyas** oder **perm'sche Formation**. (Dyas-Zweiheit, Perm Gouvernement am Fuße des Urals) tritt in Deutschland und in England in zwei Formen auf. Die untere, ältere Abtheilung heißt das Rothliegende oder Todtliegende und ist eine Küstenablagerung. Sie besteht vorwiegend aus rothen Conglomeraten und Sanden, welche von Porphyren und Melaphyren durchbrochen sind. Das Rothliegende ist arm an organischen Einschlüssen. Von pflanzlichen Überresten enthält es Calamiten, Farne, etliche Formen von Schuppen- und Siegelbäumen, palmartige Nacktsamer und Nadelhölzer.

Eine sehr häufige Art von letzteren ist *Walchia piniformis*¹⁾. Von den Thieren sind besonders Fische, Amphibien und krokodilähnliche Saurier bemerkenswert. Die obere oder jüngere Stufe — der Zechstein — aus Kalk und Dolomit bestehend, ist eine Meeresbildung und führt nur Tange und Meeresthiere.

Außer in Deutschland, England und Russland ist die Dyas in den Kalkalpen (Porphyry von Bozen und Meran), im Riesengebirge (versteinerte Wälder) und in Nordamerika verbreitet. In Steiermark wurde sie bisher nicht nachgewiesen.

Der Dyas gehören die Salzlager von Spereberg in Brandenburg und Straßfurt bei Magdeburg an, der Zechstein führt an manchen Stellen (in Preußen, in Russland) Körner von verschiedenen Kupfererzen, weshalb die Dyas auch den Namen „Kupfergebirge“ erhalten hat.

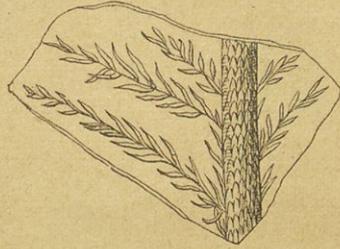


Fig. 18. *Walchia piniformis*.

Das Mittelalter der Erde oder das mesozoische Zeitalter.

Die Vertheilung von Festland und Wasser ist verschieden von jener des palaeozoischen Zeitalters, die Bildungen setzen sich aus Tiefsee-, Strand- und Süßwasserablagerungen zusammen, sind aber weder so mächtig, noch so ausgedehnt wie im vorigen Weltalter; das seltenere Auftreten von Eruptivgesteinen kennzeichnet das Mittelalter als eine verhältnismäßig ruhige Epoche in der Entwicklungsgeschichte der Erde; klimatische Unterschiede machen sich geltend und bewirken eine größere Formenverschiedenheit der Organismen desselben Alters, Pflanzen und Thiere sind andere und haben eine für dieses Zeitalter charakteristische Ausbildung.

Schuppen- und Siegelbäume und Calamiten sind ausgestorben, zu den fortdauernden Farnen und Schachtelhalmen kommen hinzu Zapfenpalmen, Nadelhölzer und Palmen in verschiedenen Arten und die ersten zweikeimblättrigen Gewächse, nämlich Sträucher und Laubbäume (Feigen-, Eichen-, Ahorn-Arten etc.). Von den Thieren sind die Graptolithen, die palaeozoischen Stachelhäuter und die Trilobiten für immer verschwunden, es erscheinen neue Formen von Korallen, neue Arten von Arm- und Kopffüßern (von

¹⁾ *Walchia*, nach dem dänischen Botaniker Walich (geb. 28. Jänner 1787 gest. 25. April 1854); lat. *piniformis* = pinienähnlich.

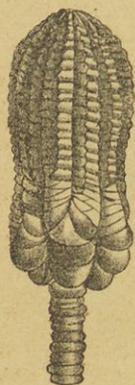
letzteren die Ceratiten, Ammoniten und Belemniten), lang- und kurzschwänzige Krebse, Schmelzschupper mit symmetrischer Schwanzflosse, die ersten Knochenfische, verschiedengestaltete Saurier, welche in diesem Zeitalter die höchste Stufe der Entwicklung erreichen, die ersten Vertreter der Vögel und der Säugethiere. Das mesozoische Zeitalter gliedert sich in 3 Perioden: Trias, Jura und Kreide.

1. Die **Triasformation**. Sie tritt in zwei verschiedenen Ausbildungen auf als **außeralpine Trias** mit 3 Abtheilungen (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) und als **alpine Trias**, in welcher sich nur 2 Glieder unterscheiden lassen.

Im **Buntsandstein** (unterste Stufe) sind die an manchen Orten aufgefundenen Fährten eines Amphibioms; im **Muschelkalk** (mittlere Stufe) langschwänzige Krebse und der auf einem langen Stiele sitzende Haarstern *Encrinus*¹⁾ *liliiformis*²⁾; im **Keuper** (oberste Stufe) Reste von krokodilähnlichen Reptilien besonders bemerkenswert. Die dreigliedrige Trias ist

besonders über Süd- und Mitteleuropa, Frankreich, England und Nordamerika verbreitet. Im rothen Sandstein von Nordamerika wurden eigenthümliche Trittsuren, welche Einige für Vogelfährten, andere für Fährten kanguruhähnlicher Reptilien erklärten, beobachtet.

Fig. 19.



Encrinus liliiformis.



Ammonitis floridus.

Ganz anders ist die Trias der beiden Kalkalpenzonen der Ostalpen und der Karpathen ausgebildet. Sie ist durchwegs eine Tiefseebildung und zeigt nur zwei Glieder, von denen das untere dem Buntsandstein und der tieferen Abtheilung des Muschelkalkes entspricht und schwach entwickelt ist, das obere Glied

hingegen, welches der oberen Abtheilung des Muschelkalkes und dem Keuper gleich zu stellen ist, in ungeheurer Mächtigkeit auftritt. Die alpine Trias, aus welcher sich hauptsächlich die Kalkalpen aufbauen, besteht aus Kalken, Dolomiten, denen sich stellenweise Conglomerate und Sandsteine, sowie zahlreiche Durchbrüche und Auflagerungen von Porphyren und Melaphyren zugesellen. Auch der Diorit von Wind. Landsberg etc. wird den trias'schen Eruptivgesteinen zugezählt.

Die organischen Einschlüsse der alpinen Trias stammen fast ausnahmslos von Meeresthieren, unter welchen die Kopffüßer in den Ceratiten³⁾ und Ammoniten⁴⁾ die Hauptrolle spielen, her.

Die genannten Cephalopodengeschlechter gelangen in der Triasperiode zur Blüte ihrer Entwicklung, viele unter ihnen sind von ansehnlicher Größe, manche Ammoniten wagenradgroß.

¹⁾ gr. en, in; kriaon Lilie.

²⁾ lat. lilium, forma, Gestalt.

³⁾ gr. kérés. Horn.

⁴⁾ Ammonit, von der Ähnlichkeit mit den Widderhörnern des Jupiter Ammon.

In Steiermark setzt die Trias den größten Theil der österr. - steierischen Alpen, des Drausavezuges (Ursulaberg, St. Judok, Weißwasser, Weitenstein, Gonobitzer Gora, Boč (Vergl. Fig. 20) und der Sulzbacher und Sannthaler Alpen (Ojstria-Sulzbach, Ojstri Vrh-Oberponigl, Mötnig-, W. Landsberg, Planina-Wsell) zusammen. Überdies bildet sie mehrere kleinere Inseln, wie z. B. am Westfuße des Bachers bei Wind-Graz, bei Wuchern, bei Mahrenberg und in hl. Geist auf dem Posruck. (Vergl. geol. Karte).

Die Alpentrias ist reich an Steinsalzlagern (Aussee, Ischl, Hallstadt, Hallein, Hall, Berchtesgaden etc.), ihr gehören die Blei- und Zinkerze von Raibl und Bleiberg in Kärnten, die Zinnober- und Quecksilber-Vorkommen von Idria in Krain, sowie die Spath- und Brauneisensteine von Werfen in Oberösterreich an; sie liefert ferner vorzügliche Kalksteine (Marmore).

Der Salzstock von Aussee in Steiermark ist 2000 m lang, 1200 m breit und 200 m tief. Er ist ringsum unregelmäßig begrenzt, in seinem Inneren vielfach gebrochen und gestört und besteht theils aus reinem Steinsalz, theils aus salzführendem Thone (Haselgebirge), Gips, Anhydrit etc. Der Salzgehalt des Haselgebirges wird durchschnittlich mit 60 % angenommen. Die Salzgewinnung, bei welcher einige Hundert Arbeiter beschäftigt sind, besteht hauptsächlich in Grubenbau und Erzeugung künstlicher Sole.

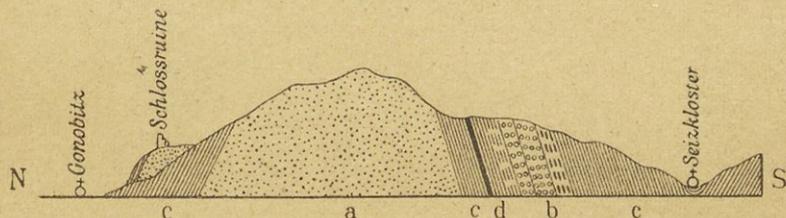


Fig. 20. Durchschnitt durch die Gonobitzer Gora (1010 m); a Obertrias'scher Kalk und Dolomit, b Steinkohlenformation mit Siderit und Sphärosiderit, c Schichten von Eibswald und Sotzka, d Braunkohlenlager.

Auf die Trias folgt als Übergangsstufe zum Jura in den nördlichen und südlichen Kalkalpen und in den Karpathen die rätische Formation (von den rätischen Alpen), welche sich aus geschichtetem Dolomit, Kalk und Mergelschiefer aufbaut und im Dachstein eine Mächtigkeit von 1000—1300 m erlangt.

Vom Dachstein setzt sich die rätische Formation über das Kammer- und Todtengebirge längs der steierisch-österr. Grenze weit nach Niederösterreich fort, während sie in der südlichen Zone in den julischen Alpen die höchsten Gipfel (Mangart, Predil, Triglav u. a.) zusammensetzt. Ein charakteristisches und sehr häufiges Fossil des Kalkes dieser Übergangsstufe ist eine herzförmige Muschel, *Megalodus triqueter*¹⁾, deren Durchschnitte die Jäger und Hirten in den nördlichen Kalkalpen „Hirschrinne“, die Steinkerne davon „versteinerte Herzen“ nennen.

In der außeralpinen Trias besteht die Übergangsstufe zum Theil aus Anhäufungen harter Überreste von Wirbelthieren (Knochen, Zähnen, Schildern, Schuppen, Koprolithen²⁾, worin in der Nähe von Stuttgart zwei Zähne eines Beuteltieres *Microlestes antiquus*, (= kleiner alter Räuber), des ältesten bekannten Säugers, aufgefunden wurden.

¹⁾ gr. mégalos, groß; odón, Zahn; triqueter, dreieckig, dreikantig.

²⁾ Koprolithen sind versteinerte Excremente von Sauriern (gr. kopros, Koth).

2. Die Juraformation hat ihren Namen von dem Juragebirge in der Schweiz, wo sie sehr stark entwickelt ist, erhalten. Sie ist fast durchwegs am Meeresgrunde zum Absatze gelangt; Kalke (oft in oolithischer Ausbildung) Mergel und Schiefer setzen sie zusammen; Eruptivgesteine sind selten. Man unterscheidet in der Juraformation von unten nach oben folgende 3 Abtheilungen: Lias (spr. Leias) oder schwarzen Jura, Dogger oder braunen Jura, Malm oder weißen Jura.

Im schwarzen Jura finden sich unter anderen Meeresthieren die Reste eines Haarsternes (*Pentacrinus* = fünfstrahliger Lilienhaarstern), dessen stark verzweigte Arme 8—10 m lang sind; Reste von Fischen mit symmetrischer Schwanzflosse, und von den großen Fischkrokodilen *Ichthyosaurus* und *Plesiosaurus*.

Der *Ichthyosaurus* (ichthys, der Fisch) war ein 10—12 m langes Seeungeheuer von der Gestalt eines Delphines mit nackter Haut, krokodilähnlichem Kopfe, kurzem Halse, langem Ruderschwanze, flossenförmigen Extremitäten und tellergroßen Augen. Der *Plesiosaurus*

Fig. 21.



Pterodactylus.

Archaeopteryx lithographica.

(plesios, verwandt) war gleichfalls ein Meeresbewohner, 6 m lang und hatte einen kurzen Körper, einen sehr langen Hals, einen gavialähnlichen Kopf und flossenförmige Füße.

Der Dogger, in welchem Kalkstein und Limonit häufig in oolithischer Ausbildung auftreten, ist an manchen Orten, (z. B. bei Oxford in England) reich an Überresten von kleinen Beuteltieren und enthält die größten Belemniten¹⁾.

Der Malm führt in reichlicher Zahl Schwämme, Korallen, Insecten (Prachtkäfer, riesige Libellen, Heuschrecken, Wasserwanzen), ferner Krebse, Haie, Schmelzschupper mit symmetrischer Schwanzflosse, die ältesten Knochenfische und Schildkröten.

Von ganz besonderem Interesse sind aber die *Pterodactylen*²⁾ (Flugsaurier) und der im Jahre 1861 im Solenhoferschiefer aufgefundene Urvogel *Archaeopteryx*³⁾ *lithographica*. Die *Pterodactylen* waren sperlings- bis über kondorgroße Flugechsen mit einer Flughaut

¹⁾ Die Belemniten (gr. belemnion, Donnerkeil) waren Kopffüßer ohne Gehäuse, hatten aber im Mantel ein pflockförmiges Kalkgebilde (Schulp).

²⁾ gr. pteron, Flügel, gr. dáctylos, Finger;

³⁾ Altflügler.

zwischen den vorderen und hinteren Extremitäten. An der Hand war der äußere Finger besonders verlängert. Sie konnten geschickt fliegen, kriechen und vielleicht auch klettern. Der *Archaeopteryx* war taubengroß und mit Schuppen bedeckt; er hatte einen bezahnten Schnabel, gut entwickelte Flügel und einen langen Wirtelschwanz, in welchem seitlich die Steuerfedern steckten. Er bildet den Übergang von den Flugechsen zu den echten Vögeln.

Der Jura bildet in der nordwestlichen Schweiz (schweizer Jura), an der oberen Donau (schwäbischer Jura) und längs des Böhmerwaldes auf der bayerischen Seite (fränkischer Jura) ausgedehnte Complexe. In den Alpen kommt er in größeren und kleineren Inseln, von welchen sich auch in den steierisch-österr. Alpen in Steiermark einige befinden, vor. (Vergl. geol. Karte.)

Dem Jura gehören die Kohlen von Fünfkirchen und Steierdorf in Ungarn an.

Die Grenzsichten zwischen dem Jura und der darauf folgenden Kreide bildet in den Alpen und Karpathen die tithonische Stufe (Kalk), in den nördlichen Theilen Europas die Wälderformation (Conglomerate, Sandsteine, Thonschiefer) mit Überresten von riesigen, raubthierähnlichen Landsauriern (Dinosauriern), von denen einzelne Arten (*Iguanodon*) die colossale Länge von 27 *m* erreichten; *Megalosaurus* war 17 *m* lang.

3. Die Kreideformation wurde nach der weißen Schreibkreide, welche im südlichen England, nördlichen Frankreich, an der Küste von Dänemark, auf der Insel Rügen u. s. w. das oberste Niveau dieser Formation einnimmt, benannt. Im übrigen bestehen die Kreideablagerungen, welche sich zum größten Theile am Meeresgrund vollzogen, hauptsächlich aus lichten Kalken, Mergeln, Thonschiefern, Sandsteinen, Thonen und Sanden. Die schieferigen Gesteine der böhmischen und sächsischen Kreide führen wegen ihres plattigen Bruches den Namen *Pläner* (lat. *planus*, eben, flach), die säulenförmig zerklüfteten Sandsteine den Namen *Quadersandsteine*. An manchen Orten sind die böhmisch-sächsischen Kreidebildungen von jüngeren Eruptivgesteinen (Basalten) durchbrochen.

Die Pflanzenfossilien der Kreideformation sind Meerestange, baumartige Farne, Nadelbäume, Zapfenpalmen, echte Palmen, Laubsträucher und Laubbäume (Magnolien, Tulpenbäume, Myrthen, Feigenbäume, Eichen-, Ahorn-, Buchen-, Kirschbäume). Von den thierischen Überresten führt die Kreide Foraminiferen, Kieselschwämme, Korallen, Seeigel, Muscheln (Austern, Kammuscheln, Rudisten,) Schnecken, große Ammoniten, ammonitische Nebenformen, lang- und kurzschwänzige Krebse, Knochenfische, Schildkröten, riesige Pterodactylen (Spannweite 5—8 *dm*), große Saurier, schnepfen- und albatrosähnliche Vögel und Wale. Unter den Muscheln erwecken besonders die *Rudisten*¹⁾, deren eine (rechte) Schalenhälfte kegelförmig und festsitzend, die andere (linke) flach war, unsere Aufmerksamkeit. Ein häufiger Vertreter des Rudistengeschlechtes ist *Hippurites cornu vaccinum*²⁾. In den ammonitischen Nebenformen tritt uns eine Entartung der Ammoniten ent-

¹⁾ lat. *rudis*, roh, grobgebildet.

²⁾ gr. *hippos*, das Pferd; gr. *ura*, der Schwanz; lat. *cornu vaccinum* Kuhhorn.

[Fig. 22.



Hippurites cornu
vaccinum.



Turrilites catena-
tus.

gegen. Ihre Gehäuse sind von abenteuerlicher Gestalt, den Gehäusen der Thurm-
schnecken ähnlich (*Turrilites*¹⁾ oder haken-
förmig, bogenförmig oder gerade gestreckt.

In Steiermark ist die Kreideformation in meist kleinen Inseln in den steierisch-österr. Alpen (Mergel Hippuritenkalk, Sandstein, Conglomerat) in der Kainachmulde im oberen Kainachthale (Mergel, Sandstein, Conglomerat), am und um den Bacher (Altenmarkt, Schloss Lechen, Jesenkoberg, Zapečnikberg, Reifnigraben, Oplotnitz, Brinjeva Gora, Dobrova, Lubnitzergraben (Hippuritenkalk) verbreitet. — Das Karstplateau mit seinen Grotten und Dolinen besteht fast ausschließlich aus Hippuritenkalk. (Vergleiche geolog. Karte).

Nebst der Schreibkreide liefert die Kreideformation etwas Kohle (bei Wiener Neustadt); ferner Schleif-, Wetz- und Bausteine.

Die Neuzeit der Erde oder das känozoische Zeitalter.

Am Ende der Kreideperiode vollzogen sich großartige Niveauveränderungen des Bodens. Die Folge davon war eine bedeutende Verschiebung von Land und Wasser, wobei auf der nördlichen Halbkugel ein starker Rückgang des Meeres stattfand. Die heutigen Continente waren zu dieser Zeit zum großen Theile gebildet, jedoch von breiten und langen Meeresarmen durchzogen. Land-, Süßwasser- und Meeresbildungen wechseln regellos mit einander ab, dazu kommen ungeheure Massen von Trachyten und Basalten, Trachyt- und Basalt-Tuffen. Das känozoische Zeitalter war demnach eine Epoche gewaltiger Eruptionen, auch Steiermark war in dieser Periode der Schauplatz intensiver vulcanischer Thätigkeit, denn alle die Hornfelstrachyte der Sulzbacheralpen und des Drausavezuges, sowie die Trachyt- und Basaltberge von Hochstraden, Gleichenberg etc. sind in dieser Periode aufgethürmt worden. Die hohen Gebirge der Erde, darunter die Alpen und die Karpathen, erfuhren ihre letzte Anstauung und Hebung. Das Klima war in Mitteleuropa zu Anfang ein subtropisches, dann ein fast tropisches und zuletzt ein gemäßigtes, jedoch wärmeres als heutzutage. Entsprechend dem Klima sind auch die Pflanzen und Thiere gewesen. Immergrüne Wälder von Feigen-, Lorbeer-, Myrthen- und Magnolienbäumen, von Palmen und Bambus, von Pappeln, Ulmen, Birken etc. schmückten das Festland. Darin tummelten sich tapir-, elefanten- und nashornartige Säuger, pferde- und wiederkäuferähnliche Hufthiere, Nagethiere, Raubthiere, Flatterthiere und Affen; in dieses Zeitalter fallen nämlich die zwei ersten großen Säugethierschöpfungen. Auch die wasserbewohnenden Orga-

¹⁾ lat. turris, Thurm, gr. lithos, der Stein.

nismen entsprechen durchwegs dem warmen Klima. Ausgestorben sind vor dem Beginn des känozoischen Zeitalters die Rudisten ganz, die Ammoniten und Belemniten bis auf einige wenige Formen, desgleichen die mesozoischen Stachelhäuter; die Reptilien, welche in der Kreide- und Juraperiode Land und Wasser beherrschten, erloschen in ihren Hauptgeschlechtern; unter den Pflanzen treten die baumartigen Farne, die Nadelhölzer und die Zapfenpalmen zu Gunsten der Laubbäume stark zurück.

Die sedimentären Ablagerungen der Tertiärperiode bestehen vorwiegend aus losen Sanden, lockeren sandigen Kalken, plastischen Thonen (Tegel) und weichen Sandsteinen (Molasse), weniger häufig sind zähe Quarzite, compacte Kalke (Grobkalk) und feste Sandsteine. Die marinen Bildungen führen mächtig entwickelte Lager von Steinsalz und Gips, dann Schwefel und Petroleum; die Süßwasserschichten sind reich an Braunkohlen, weshalb die tertiären Bildungen auch das Braunkohlengebirge genannt werden. Die Erze sind nur durch Bohnerze und Rasensteine vertreten. Die tertiären Ablagerungen wurden in den verschiedenen Ländern verschieden gegliedert, in den österreichischen Vorkommnissen unterscheidet man zwei Formationen, das ältere (Eocän¹) und das jüngere Braunkohlengebirge (Neogen²).

1. Das ältere Braunkohlengebirge (Eocän) tritt in zwei Formen, nämlich gebirgsbildend und beckenausfüllend auf. Der gebirgsbildende Theil setzt in den Alpen und Karpathen den äußersten Rand dieser Gebirge zusammen und besteht aus einer unteren, vorwiegend aus Kalk gebildeten Stufe, dem Nummulithenkalk³), und aus einem oberen, aus Sandsteinen und Mergeln sich aufbauenden Gliede, der Flyschbildung.⁴) Diese Form ist ferner am Fuße der Pyrenäen, der Apenninen, des Balkan und in allen, das mittelländische Meer umgebenden Ländern in gleicher Weise entwickelt, sie kommt weiters am Rande des Kaukasus vor und läßt sich durch Centralasien bis nach China und Japan verfolgen.

Die pflanzlichen Einschlüsse der gebirgsbildenden Abtheilung der Eocänformation, welche besonders aus dem Kohlenflötze von Häring in Nordtirol bekannt geworden sind, stammen von tropischen und subtropischen Arten her und lassen auf ein Klima der damaligen Zeit schließen, welches dem indisch-australischen ähnlich war. Die thierischen Überbleibsel sind Nummulithen, Korallen, Stachelhäuter, Muscheln, Schnecken, lang- und kurzschwänzige Krebse, Knorpel- und Knochenfische.

Die eocänen Ablagerungen von Oberburg-Prasberg, Gairach und Gabernik am Westfuße des Boß in Steiermark gehören der gebirgsbildenden Stufe der Eocänformation an. (Vergl. geolog. Karte).

¹) gr. eos, Morgenröthe, kainós, neu.

²) gr. néos, neu, genao, ich bilde.

³) Nummuliten (lat. nummulus, ein kleines Geldstück) sind Foraminiferen mit scheiben- oder münzförmigen Schalen.

⁴) Flyschbildung, nach einer Localität in der Schweiz so benannt.

Die beckenausfüllende Abtheilung ist am vollkommensten im Pariser und Londoner Becken entwickelt und setzt sich aus Meeressand, Thon, marinem Kalk, Gips und Sumpfkalk zusammen. Die obersten Schichten derselben (Gips und Sumpfkalk u. a), welche als Übergangsstufe zum Neogen angesehen werden und den Namen Oligocän (wenig neu) erhalten haben, sind ungemein reich an Fossilien höherer Säugethiere, der Säugethiere der ersten großen Säugethierschöpfung.

Die reichste Fundstätte dafür ist der Gips von Montmartre bei Paris, aber auch anderwärts hat man in den Ablagerungen dieser Stufe (Londoner Becken, Nordamerika) interessante Funde gemacht. Es wurden in diesen Schichten gefunden Reste von bezahnten Vögeln, von Raubthieren (Hunden, Bären, Zibethkatzen), von Nagethieren, Fledermäusen, Halbaffen, echten Affen (darunter menschenähnlichen) und von Vorläufern unserer Hufthiere:

Fig. 23.



Palaeotherium magnum.

Anoplotherium commune.

der Elephanten, Pferde, Schweine und Wiederkäuer. Von letzteren wollen wir zwei Vertreter, das *Palaeotherium* (altes Thier) und das *Anoplotherium* (unbewaffnetes Thier) hervorheben. Die *Palaeotherien* waren schaf- bis pferdegroße, tapirähnliche Unpaarzehrer und Vorläufer der Tapire und Elephanten. Das *Anoplotherium*, welches in zwei Arten, einer meerschwein- und einer eselgroßen bekannt ist, hatte einen Pferdekopf, einen langen Schwanz und zwei Hufe an jedem Fuße; es war der Vorläufer unserer Wiederkäuer. (S. Fig. 23.)

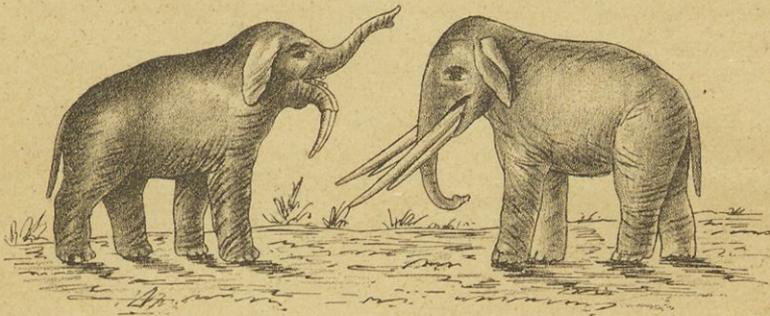
2. Das jüngere Braunkohlengebirge (Neogen). Die Ablagerungen der Neogenformation sind theils Fluss- und See-, theils Meeresbildungen und nehmen in der Regel nicht mehr Theil an der Gebirgsbildung (Ausnahmen finden sich in den westlichen Theilen der nördlichen Kalkalpenzone), sondern überdecken meist in ungestörter Lagerung Thalsohlen und Mulden zwischen den Gebirgen und setzen die die Thäler begleitenden sanften Gehänge zusammen. Dazu kommen die großen Massen von Trachyten und Basalten, welche alle in dieser Periode emporgedrungen sind. Das Klima war subtropisch, ist aber zum Schlusse kalt und rauh geworden; die Pflanzen- und Thierwelt weicht von der heutigen nicht viel ab, in die Neogenperiode fällt die zweite große Säugethierschöpfung.

In der österr.-ung. Monarchie nimmt die Neogenformation weite Strecken ein an der Donau zwischen Passau und Pressburg (oberösterreichisches

und Wiener Becken); um die Karpathen, in Siebenbürgen und in Böhmen und an den Ausläufern der Ostalpen, von wo aus sich zudem noch langgestreckte Arme in das Innere der Alpen erstrecken. In Steiermark bedeckt sie mehr als ein Drittel des ganzen Landes und setzt die Hügelzüge und Hügelreihen zwischen der Mur und der ung. Grenze südlich der Fischbacher Alpen, die Gehänge am Koralmzug, das Sausalgebirge, die Wind. Büheln, größere und kleinere Gebiete am Nord- und Südfuße des Bachers, in den Santhaler Alpen und in dem Drausavezug (Kolos, Wisell etc) zusammen. In Obersteiermark füllt sie Buchten aus bei Fohnsdorf-Marein, Leoben-Trofaiach, Kapfenberg, Aflenz u. a. (Vergl. geol. Karte).

Im österreichischen und auch steierischen Neogen werden vier, dem Alter nach verschiedene Stufen unterschieden und zwar: die aquitanische Stufe (Aquitaniens, der alte Name für Südfrankreich, wegen der Ähnlichkeit mit den dortigen Neogenbildungen so benannt) Sie ist vorwiegend eine Süßwasser- und Küstenbildung und besteht aus Sandsteinen und

Fig. 24.



Dinotherium giganteum.

Mastodon longirostris.

Schiefern mit *Cerithium margaritaceum* (perlmutterglänzende Hornschnecke) als Leitfossil. Hierher gehören die Schichten von Eibiswald und Sotzka mit den Braunkohlenlagern von Eibiswald (4 m mächtig), Wies, Retschah, Hrastje bei Maxau, Buchberg bei Sachsenfeld, vom Schalthale (bis 57 m mächtig), von Tüffer, Hrastnik (20 m mächtig), Dol Trifail (40 m mächtig.)¹⁾ In diese Periode fällt die Entstehung der Hornfelstrachyte von Untersteiermark. (Vergl. geol. Karte).

2. Die mediterrane Stufe (mediterran, mittelländlich) ist hauptsächlich am Meeresgrunde zum Absatze gelangt und baut sich aus Kalken (Leithakalk), Thonen, Sanden und Conglomeraten auf. Von den Pflanzen dieser Stufe ist besonders die kalkabsondernde Alge *Lithothamnium ramosissimum* (= starkverzweigter Steinzweig), welche bei der Bildung des Leithakalkes eine hervorragende Rolle gespielt hat, hervorzuheben. Von den thierischen Überbleibseln kommen darin häufig vor riffbildende Korallen, Foraminiferen, Schildigel und Zähne von Haifischen; in der Süßwasserablagerung finden sich Skelettheile des *Mastodon* (Zitzenzahn), eines Elephanten mit 4 Stoßzähnen. (S. Fig. 24). Der mediterranen Stufe des Neogen gehören die Kohlenflötze von Fohnsdorf (4 m mächtig) an. Die Trachyte von Gleichenberg haben sich zum größten Theile in dieser Periode gebildet. (Vergl. geol. Karte).

¹⁾ Bei der Angabe der Mächtigkeit der Flötze sind die sehr stark bituminösen Kohlen-schiefer mitgerechnet worden.

3. Die sarmatische Stufe (wegen der Ähnlichkeit der Fauna mit jener des schwarzen Meeres, dessen Küste die Sarmaten bewohnten, so benannt) ist zum Theil See- zum Theil Süßwasserbildung, mit *Cerithium pictum* und *rubiginosum* (bunte und rostfarbige Hornschnecke) als Leitfossilien. Zur Süßwasserabtheilung dieser Stufe gehören die grauen Mergel von Radoboj in Kroatien, welche Schwefelflöze führen und überaus reich sind an Überresten von Pflanzen, Fischen und Insecten. Ein Theil der Gleichenberger Trachyte fällt in diese Zeit.

4. Die Congerienschichte (nach den krugförmigen Muscheln, die darin gefunden werden, benannt) ist das Product des Süßwassers und setzt sich aus losen Geschieben, Sanden und weichen Thonen zusammen; in dieser Periode wurden ferner alle die mächtigen Basaltkegel aufgeschüttet. Die sedimentären Ablagerungen enthalten tropische und subtropische Pflanzen und in reichlicher Zahl Reste der zweiten großen Säugethierschöpfung. Die wichtigsten Vertreter dieser form- und individuenreichen Säugethier-Gesellschaft sind neben dem Fortbestande des Mastodon: das *Dinotherium* (Schreckensthier), ein Elephant mit zwei nach unten gebogenen Stoßzähnen des Unterkiefers; (S. Fig. 24), Rhinocerosse mit und ohne Horn, Tapire, Nilpferde, Pferde mit zwei Nebenhufen, Antilopen, Giraffen, Hirsche, Affen, darunter menschenähnliche etc. Die Schar der Vögel weist Repräsentanten aller gegenwärtig die Erde bewohnenden Gruppen auf.

Außerhalb unseres Kronlandes liefert die Neogenformation an nutzbaren Mineralien: in Schemnitz und Kremnitz (Trachyt) Gold und Silber; in Offenbanya und Nagyg (Trachyt) Gold, Bleiglanz und Schwefelkies; Tokaj (Trachyt) Edelopal; Wieliczka Bochnia und Kalusz (medit. u. sarm. Stufe) Steinsalz; Borislav (oberes Neogen u. Diluvium) Petroleum, Satz-Töplitz, Falkenau Karlsbad, Budweis in Böhmen (aquit. u. medit. Stufe) Braunkohlen; Radoboj (sarm. Stufe) Schwefel.

Die Jetztzeit der Erde oder das anthropozoische Zeitalter.

Das känozoische Zeitalter wäre ungemerkt in das anthropozoische übergegangen, wenn nicht am Ende der Neogenperiode in Europa und Nordamerika (und auch in der südlichen Hemisphäre) eine auffallende Verschlechterung des Klimas eingetreten wäre, welche eine starke Vereisung dieser Continenttheile zur Folge hatte und zum Marksteine zwischen den beiden Epochen der Erdgeschichte wurde. In den Ostalpen drangen die Gletscher in die Thäler herab (der Draugletscher ins Rosenthal in Kärnten) und rückten im Süden bis zur Poebene, im Norden weit in die baierische Hochebene vor. Skandinavien war in Eis gehüllt, die norddeutsche Ebene größtentheils vereist. Der Sommer war kurz und erzeugte eine spärliche Vegetation, der Winter lang und schneereich. Die Pflanzen und Thiere der Tertiärperiode unterlagen bis auf wenige Ausnahmen, an ihre Stelle traten Arten und Formen, welche heute nur im hohen Norden und in den Hochgebirgen vorkommen (Zwergbirke, Zwergweiden — Renthier, Lemming) oder ganz ausgestorben sind (eine Gattung der Seerose, verschiedene Moose — Mammut, Knochennashorn, Höhlenbär u. a.). In dieser Periode, welche Gletscherperiode oder Eiszeit der Erde genannt wird, wanderte auch der Mensch in Europa ein und machte, wenn nicht die ganze, so doch die zweite Hälfte der Gletscherperiode daselbst mit.

Die Eiszeit ist nicht plötzlich hereingebrochen, die Zustände, wie sie während derselben bestanden, haben sich vielmehr nach und nach entwickelt. Auch war das Klima während der Eiszeit nicht immer ein gleich ungünstiges,

sondern Perioden rauher klimatischer Verhältnisse wechselten mit Perioden milderer Klimas ab, so dass man sich veranlasst sah, zwei, nach anderen selbst drei Gletscherperioden anzunehmen. Der Übergang zu den heutigen Verhältnissen war gleichfalls ein allmählicher.

Als Ursache des Umschwunges im Klima werden ungünstige Vertheilung von Land und Wasser, starke Hebung der Gebirge, Mangel warmer Meeres- und Luftströmungen nach den nördlichen Gegenden, Änderung der Erdpole, Änderung der Erdbahn etc., angeführt, es ist jedoch keine dieser Annahmen und Deutungen unanfechtbar und wir haben heute hauptsächlich noch keine befriedigende Erklärung für diese merkwürdige und folgenreiche Erscheinung.

Die Bildungen des anthropozoischen Zeitalters, welche auch quartäre Bildungen genannt werden, sind See-, Fluss- und Gletscherablagerungen. Sie bestehen aus losem Gerölle und Geschiebe, aus Conglomeraten, aus Sand, Lehm und Thon, aus Moränen und Gletscherschutt einstiger und gegenwärtiger Gletscher und aus erratischen Blöcken. Die erratischen Blöcke und die in den gletscherfreien Gegenden vorkommenden Gletscherablagerungen sind neben den Gletscherschliffen und den organ. Überresten gleichzeitig die Zeugen einstiger Vereisung und Existenz der Eiszeit.

Die Wasserablagerungen des anthropozoischen Zeitalters überdecken Ebenen, Thäler und den Boden von Erdhöhlen. Die erratischen Blöcke sind über bestimmte Niederungen (norddeutsche Ebene, die niedere Schweiz, Südengland) zerstreut, die Gletscherabsätze finden sich zumeist am Ausgange der Gebirgsthäler angehäuft. Hier sei noch der eigenthümliche, kalkhaltige gelbbraune, bald lose, bald zusammenhängende Lehm erwähnt, welcher in vielen Ländern weite Territorien einnimmt und Löss (von lose) heißt. In manchen Gegenden ist der Löss wahrscheinlich durch Tagwasser von höheren Lagen in die tieferen angeschwemmt, in anderen durch beständige Winde angetragen worden.

Die Bildungen des anthropozoischen Zeitalters liefern allerlei Material zu Bauzwecken, Bohnerze (Wochein), Waschgold und Torf.

Das anthropozoische Zeitalter pflegt man in zwei Perioden, in die Diluvium- (lat. diluvium = Sintfluth) und in die Alluviumperiode (lat. alluvium = das Angeschwemmte) einzutheilen. Die Diluviumperiode umfasst die Zeit des Anrückens der Gletscherperiode (vor- oder praeglaciale Zeit), die Gletscherperiode selbst (Eis- oder glaciale Zeit) und das Ausklingen der Gletscherperiode (nach- oder postglaciale Zeit). Die Alluviumperiode hingegen nimmt den Zeitraum von dem Eintritte der gegenwärtigen Zustände der Erde bis zum heutigen Tage ein.

1. Die Diluviumperiode. Die Ablagerungen der Diluviumperiode treten entsprechend ihren Bildungsfactoren theils in Höhlen niedriger Gebirge (Höhlenlehm, Höhlensinter meist mit Knochenresten untermischt), theils am Fuße

von Gebirgen (Gletscherablagerungen), theils in den Niederungen (Anschwemmungen und erratische Blöcke) auf.

In Österreich-Ungarn sind sie in kleineren Ausbreitungen allenthalben anzutreffen, ungeheure Flächen nehmen sie aber, neogene Bildungen überdeckend, in der großen und kleinen ung. Tiefebene und nördlich der Karpaten als diluvialer Schotter, Sand und Lehm ein. Höhlenlehm, gewöhnlich mit Kalksinter bedeckt, kommt in den zahlreichen Höhlen der Kalkalpen und der Karpathen vor, in jenen des Karstes ist er vielfach mit Knochenfragmenten von allerlei Säugethieren untermengt. Gletscherablagerungen finden sich am Nordrande des Gmundnersees, in der Umgebung von Pitten in Niederösterreich und in der Wildalpe in Steiermark, erratische Blöcke nördlich von Troppau.

In Steiermark ist das Diluvium in den Thälern fast aller größeren Flüsse und in dem Einschnitte zwischen Irding und Aussee verbreitet. An der Enns bedeckt es das Thal unterhalb Hiflau, an der Mur das Eich-, Grazer- und Leibnitzer-Feld und die Thalstrecke zwischen Leoben und Bruck, an der Drau das Drauthal bei Mahrenberg und Marburg und das ganze Pettauer Feld, weiter Theile des Mürzthales, das untere Pössnitzthal, das Dranthal bei Gonobitz, das Sann- und Savethal. (Vergl. geolog. Karte). Von dem Flussbette steigt das Diluvium sehr häufig terrassenförmig gegen die Thalgehänge auf, weshalb es den Namen Terrassendiluvium erhalten hat. Die Flüsse haben sich nämlich nach mehrfachen Änderungen des Laufes erst nach und nach in ihren Ablagerungen ein Bett ausgewaschen; die Terrassenränder, welche bald auf dem rechten, bald auf dem linken Ufer, bald auf beiden Ufern zugleich auftreten, sind die Böschungen der alten verlassenen Rinnsale. Im Diluvium der Drau sind z. B. am linken Ufer bei Marburg ober der Kärntnervorstadt zwei, am rechten Ufer unter Marburg mehrere Terrassen. Lös findet sich an den Hügeln östlich vom Leibnitzer Feld und an vielen Stellen im Sausalgebirge, wie z. B. bei Kitzelsdorf, bei Groß-Klein, bei St. Florian, bei Wieselsdorf etc., Höhlenlehm in der Mixnitzer Höhle, in der Lurloch-Grotte, im Puxerloch, im Höhlenstein u. a.

Die Pflanzen und Thiere der Diluvialperiode entsprechen durchwegs dem kalten, rauhen Klima der Zeitepoche. Erstere setzen sich hauptsächlich aus Waldkiefern, Zwergkiefern, Lärchen, Weißbirken, Zwergbirken, Sahlweiden, Riedgräsern und Moosen zusammen; letztere umfassen die dritte große Säugethierschöpfung und bestehen aus Arten, welche entweder ausgestorben sind oder nur mehr im hohen Norden leben. Von den ausgestorbenen seien erwähnt das *Mammut*, ein riesiger Elephant mit rothbraunem, zottigem Wollhaar und zwei nach aufwärts gebogenen Stoßzähnen (S. Fig. 25); das *Knochenashorn* mit knöcherner Nasenscheidewand und 2 Hörnern auf der Nase; der *Riesenhirsch*, dessen schaufelförmigen Geweihe einzeln 2 m lang waren und eine Spannweite von 4 m besaßen (S. Fig. 25); die höhlenbewohnenden Raubthiere als der *Höhlenbär*, der *Höhlenlöwe*, der *Höhlewolf*, die *Höhlenhyäne*, u. s. w. Die noch im Norden lebenden, zur Diluvialperiode aber über ganz Europa verbreitet gewesenen Thiere sind: das *Benthier*, der *Bisamochs*, der *Lemming*, der *Vielfraß*, der *Biber* u. a. Auch unsere heutigen Waldthiere, wie der Edelhirsch, das Reh, der Steinbock, das Wildschwein, das wilde Pferd, der Wolf, der Fuchs, der Dachs u. s. w. haben schon zur Diluvialperiode existiert, ebenso die in historischer Zeit

gänzlich oder bis auf wenige Individuen ausgerotteten Wiederkäuer, wie der langhörnige *Ur*, der kurzhörnige *Wisent* und der *Elch* oder das *Elenthier*.

Aus menschlichen Gebeinen und Kunstgeräthen des Menschen, welche an verschiedenen Orten Europas in Erdhöhlen in unveränderter Lage neben den Knochen des Mammut, des Renthieres, des Höhlenbären u. s. w. aufgefunden wurden, konnte festgestellt werden, dass der Mensch gleichzeitig mit diesen Thieren Europa bewohnt und mit ihnen wenigstens einen Theil der Eisperiode mit durchgemacht hat. Der Mensch der älteren Diluvialzeit war ein Wilder, welcher in Höhlen wohnte, von der Jagd, vom Fischfange und Waldfrüchten lebte und sich in die Häute der erlegten Thiere kleidete. Als Waffen und Werkzeuge dienten ihm die Keule, viel-



Fig. 25.

Riesenhirsch.

Mammut.

leicht auch die Schleuder, roh abgeschlagene Feuerstein- und Hornstein-Keile mit scharfen Rändern, scharfkantige und spitze Knochen- und Geweihstücke. Ein bedeutender Fortschritt im Culturzustande findet sich beim Menschen der jüngeren Diluvialzeit oder der Renthierperiode. Seine Stein-, Knochen- und Geweih-Geräthe sind schöner gearbeitet, er selbst schmückt sich mit Muscheln, Zähnen und glänzenden Steinen, er bemalt den Körper mit Röthel, er hat Gefäße aus Thon und vielleicht schon gezähmte Thiere.

2. Die Alluviümperiode umfasst die Zeit von dem Eintritte der gegenwärtigen Verhältnisse auf der Erde bis zum heutigen Tage. Die Bildungen dieser Periode setzen sich noch gegenwärtig vor unseren Augen fort. Das Antragen von Gerölle, Sand und Schlamm sehen wir bei Regengüssen und Überschwemmungen; in der Nähe von menschlichen Wohnungen erhöht sich der Boden durch Ablagerung der Abfälle (Knochen, Federn, Schuppen, Eierschalen, Asche, Hammerschlag, Kehricht etc. etc.), die sich bei den häuslichen und gewerblichen Verrichtungen der Menschen ergeben; die nicht erloschenen Vulcane eruptieren noch fort; die Korallen bauen wie

einst; in Mooren entstehen Torflager und werden zur Grundlage von Kohlenflötzen; in Sümpfen geht die Bildung von Rasensteinen vor sich; Mineralien verwittern wie ehemals; in heißen Quellen bilden sich Absätze, in Kalkhöhlen Tropfsteine, am Meeresgrunde Sedimente etc. So sehen wir denn, dass die Kräfte, die seit Jahrtausenden ohne Unterlass an der Umbildung und Umgestaltung der Erde thätig waren, in derselben Weise, ungeschmälert noch fortwirken und fortwirken werden bis an das Ende der Zeiten.

Neue Pflanzen und Thierspecies sind in der Alluvialperiode nicht entstanden, die bestehenden haben ihre Verbreitungsgebiete ohne Zuthun des Menschen nicht verändert, dagegen sind in dieser Periode ausgestorben (ausgerottet worden): der Riesenhirsch, der Ur, das nordische Borkenthier (1768) und die zu den Laufvögeln gehörige Dronte (1750)

Der Mensch der älteren Alluviumperiode oder der jüngeren Steinzeit Europas war nach Race und Culturstufe verschieden von seinem Vorgänger der Eiszeit und gehörte zu einem großen Theile, wenigstens in Mittel- und Nordeuropa, dem arischen Volksstamme an. Der Mensch der jüngeren Steinzeit hatte schon feste Wohnsitze und wohnte theils in Höhlen und Grotten, theils in Pfahlbauten¹⁾. Er züchtete Hausthiere (Rindvieh, Pferd, Schaf, Ziege, Schwein, Hund) und trieb Ackerbau (Gerste, Weizen, Flachs). Seine Geräthe, Werkzeuge und Waffen waren aus harten Steinen (Feuerstein, Hornstein, Serpentin, Hornblende, Nephrit)¹⁾, aus Knochen, Geweih, Horn und Holz und besser gearbeitet; die Gefäße aus ordinärem Thon und einfach verziert. Er nährte sich von den Producten der Viehzucht und des Ackerbaues, von Jagd und Fischfang und von allerlei Früchten (Äpfeln, Birnen, Beeren) des Waldes. Die Kleidung stellte er aus Thierhäuten und aus Fasergewebe (Leinwand) her. Seine Todten bestattete der Mensch der jüngeren Steinzeit in liegender oder hockender Stellung in Höhlen oder in Steingräbern (Hünengräbern.) Auch einen Cultus besaß schon der Mensch der jüngeren Steinzeit; dieser bestand hauptsächlich im Darbringen von Opfern auf steinernen Altären.

Der jüngeren Steinzeit folgte die Metallzeit (Bronze- und Eisenzeit), und der Antritt derselben ist der Punkt, auf welchem der Geolog das Arbeitsfeld dem Geschichtsforscher überlässt.

¹⁾ Die Pfahlbauten waren auf Pfählen stehende Holzgebäude (Wohnungen für Menschen und Thiere) an Ufern von Seen und in Mooren. Die am genauesten untersuchten und erforschten Pfahlbauten sind jene der Schweizer und bayerischen Seen, des Atter- und Mondsees und des Laibacher Moores.

²⁾ Der Nephrit ist eine Varietät der Hornblende und ein Halbedelstein.



Verlag von A. Pichler's Witwe & Sohn in Wien.

Riesenthier der Urwelt in Wort und Bild.

Von

Josef Fritsch, Bürgerschullehrer.

Mit 15 Abbildungen. V und 50 Seiten 8°, geh. K 1.—

Wegweiser für Naturaliensammler.

Eine Anleitung zum Sammeln
und Conserviren von Thieren, Pflanzen und Mineralien, sowie
zur rationellen Anlage und Pflege von Terrarien, Aquarien etc.

Von

Prof. J. M. Hinterwaldner.

42 Bogen mit 331 Abbildungen geheftet K 10.—, gebunden K 11.20.

Der

Unterricht in der Naturlehre an allgemeinen Volksschulen.

Eine Sammlung von durchgeführten Themen, Winken und
Andeutungen.

Von

Prof. A. Löffler.

1889. 14 Bog. geh. 3 K, geb. K 3.50.

Methodik der Naturlehre.

Von

Prof. Dr. Eugen Netoliczka,

weil. kais. Rath., em. Mitglied des steierm. k. k. Landesschulrathes.

Zweite, umgearbeitete Auflage

von

Konrad Kraus,

Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Wien.

8°. IX und 165 Seiten.

(Handbuch der speciellen Methodik. VI. Theil.)

Preis geh. K 2.40, in Leinwand geb. K 2.80.

