

Gesteinslehre (Petrographie).

Als Gestein bezeichnet man jedes Mineral, das in größeren Massen auftritt.

A) **Schicht- oder Sedimentgesteine** werden in Seen oder Meeren abgelagert. Sie sind meist Trümmergesteine. Sie zeigen meist wagrechte Schichtung. Oft gesondert nach der Korngröße (Konglomerate; Sandsteine; Kalke und Tone).

B) **Erstarrungs- oder Massengesteine** sind entstanden durch die Erstarrung feuerflüssiger Massen. Ungeschichtet. Beim Erstarren des Magmas scheiden sich die Bestandteile nach der Höhe ihres Schmelzpunktes in bestimmter Reihenfolge aus: Titaneisen und Phosphate, z. B. Apatit; helle Silikate, z. B. Leuzit; Hornblende; Augit; Feldspat; Olivin; Glimmer; Quarz.

Man unterscheidet: 1. **Tiefengesteine** sind in der Tiefe der Erde erstarrt bei hohem Druck und langsamer Abkühlung. Durch den hohen Druck wird die Ausbildung großer Kristalle verhindert. Bei der langsamen Abkühlung scheiden sich die Bestandteile bis zum Schluß als Kristalle aus. Somit holokristalline Struktur.

2. **Ergußgesteine** sind erstarrt, nachdem die geschmolzene Masse aus dem Erdinnern ausgeflossen ist. Dadurch kam eine Druckentlastung zustande, wodurch am Anfang die Ausscheidung sehr großer Kristalle (Einsprenglinge) bedingt wurde. Am Schluß schreitet die Abkühlung rascher vorwärts; deshalb scheidet sich der letzte Rest der Mineralien nimmer in Form deutlicher Kristalle aus, sondern als gleichförmige Grundmasse. Bei rascher Abkühlung fehlen manchmal die Einsprenglinge ganz und man erhält eine glasartige Masse (Obsidian, Bimsstein).

Uebergänge zwischen 1 und 2 liegen vor in den **Ganggesteinen** und in den **Intrusivgesteinen**; die letzteren haben sich vor dem Erstarren in unterirdische Hohlräume eingezwängt. Laccolithe. Nebenwirkungen: Als **Kontaktwirkung** bezeichnet man die Einwirkung glühender Lavamassen auf das Nachbargestein. Von **Pneumatolyse** spricht man, wenn Spalten des Gesteins von heißen Dämpfen durchstrichen werden, aus denen sich mancherlei Mineralien absetzen (z. B. Zinnstein, Topas, Turmalin).

Die **wichtigsten Tiefengesteine**:

Granit aus Feldspat, Quarz und Glimmer.

Syenit ohne Quarz, stets Feldspat, daneben Glimmer, Augit u. a. (in Syene ein rötlicher Granit). Farbe meist rot.

Diorit = Hornblendesyenit; Farbe meist grün.

Gabbro dunkel, stark basisch, viele Plagioklase, eisenhaltige Hornblenden u. a.
Besonders in Nordeuropa.

Die **wichtigsten Ergußgesteine**

a) **Altvulkanische** (gebildet vor der Kreidezeit):

Porphy, entspricht dem Granit. Rot. Feldspate als Einsprenglinge.

Diabas, „ „ Diorit. Grün.

b) **Neuvulkanische**, vor allem im Tertiär und der Jetztzeit.

Trachyt entspricht dem Syenit. Sanidinkristalle.

Phonolith „ einem Eläolithsyenit (Hegau).

Basalt „ der Gabbro. Oft Absonderung in Säulen (Staffa).

C) Kristalline Schiefer.

Sie zeigen eine Schichtung, insofern als die einzelnen Mineralien, vor allem die Glimmerblättchen, in wagrechten Schichten angeordnet sind; keine Schichtfugen. Ihre Entstehung ist wohl nicht einheitlich zu erklären. Zum Teil sind sie entstanden durch Umwandlung gewöhnlicher Schichtgesteine bei hohem Druck und hoher Temperatur (Metamorphose) 3 Hauptarten:

Gneis aus Feldspat, Quarz und Glimmer.

Glimmerschiefer aus Glimmer und Quarz. Der Feldspat fehlt oder tritt stark zurück.

Phyllit, ein Glimmerschiefer von mikroskopisch kleinem Korn.

Allgemeine Geologie.

1. Die Erde als Himmelskörper.

Das Sonnensystem. Die Sonne mit Photosphäre, Chromosphäre, Korona.

Sonnenfackeln, Sonnenflecken, Protuberanzen.

Die Planeten, Kometen, Meteoriten.

Die Hypothese von Kant und Laplace. Spiralnebeltheorie.

Stellung des Sonnensystems in der Fixsternwelt.

Bildung der ersten Erstarrungskruste auf der Erde. Ausscheidung der Atmosphäre und des Wasserdampfs. Verdichtung zu flüssigem Wasser. Uebersicht über die fernerhin wirksamen Kräfte.

2. Bau der Schichten.

1. **Schichten von normaler Lagerung.** Die Schichten liegen wagrecht übereinander. In Wirklichkeit große Linsen. — Dachfläche, Sohlfläche, Hangendes, Liegendes; Mächtigkeit. Innerhalb der Schichten liegen manchmal Gänge (echter Gang; Lagergang) oder Stöcke.

2. **Gestörte Schichten.** a) **Verwerfungen:** Die ebenen Schichttafeln sind aus ihrer ursprünglichen Lage verschoben (gehoben, gesenkt, geneigt). Bei geneigten Schichten unterscheidet man das Streichen und Fallen. — Grabenbrüche und Horste.

b) **Gebirgsfaltung.** Die Schichten sind durch einen seitlichen Druck verbogen, in Falten gelegt. Wechsel von Mulden und Sätteln. Meist zeigt sich zugleich eine Schieferung senkrecht zur Richtung des Drucks. Ueberkipfung und Ueberschiebung. Unter hohem Druck werden also auch die harten Gesteine plastisch.

3. Erdbeben.

Untersuchung durch das Seismometer. Schwache Erdbeben sind äußerst häufig; sog. Weltbeben, die auf der ganzen Erde fühlbar sind, fallen 100—150 auf 1 Jahr. Der Stoß geht aus vom **Hypozentrum** (meist in einer Tiefe von 50—100 Km). Von hier aus pflanzt er sich fort in excentrischen Wellen; die Stoßstrahlen sind gekrümmt. Auf der Oberfläche wird zuerst das **Epizentrum** getroffen. In ihm ist die Stoßrichtung senkrecht; von ihm aus pflanzt sich die Erschütterung in kreisähnlichen Kurven fort; doch ist die Beschaffenheit des Bodens von großem Einfluß.

Ein Erdbeben zerfällt wieder in folgende Phasen:

Die ersten Vorläufer V_1 sind longitudinale Wellen, die sich durch den Erdkörper selber fortpflanzen längs den Stoßstrahlen.

Die zweiten Vorläufer V_2 sind transversale Scherungswellen (wie auch alle folgenden Wellen); sie pflanzen sich auch durch den Erdkörper fort.

Die Wellen des Hauptbebens B wandern vom Epizentrum aus auf der Erdoberfläche. Ihre Geschwindigkeit ist konstant = 3,8 Km, während die scheinbare Geschwindigkeit von V_1 und V_2 mit der Entfernung vom Epizentrum zunimmt.

Die Reflexionswellen W kommen zustande, indem die Wellen B am Antepizentrum zurückgeworfen werden.

Die Stöße des Nachbebens N stellen das letzte Ausklingen der ganzen Bewegung dar.

Je näher ein Punkt beim Epizentrum liegt, desto mehr fallen die einzelnen Phasen in **eine** zusammen.

Als Folge der Erdbeben beobachtet man oft dauernde Verschiebungen. So wurde die Kalifornische Küste bei dem Erdbeben von San Franzisko 1906 auf einige 100 Km Erstreckung um mehrere Meter gesenkt.

Die Ursache der Erdbeben liegt meist in tektonischen Verschiebungen, die vielleicht mit dem langsamen Erkalten des Erdinnern zusammenhängen (Dislocationsbeben); seltener in Vulkanausbrüchen (Vulkan-Beben) oder im Einsturz von Schichten, die einen Hohlraum überdecken (Einsturzbeben). Die Dislocationsbeben zeigen eine Beziehung zu den großen tektonischen Linien.

4. Vulkane.

Bei den vulkanischen Erscheinungen werden heiße Stoffe aus dem Erdinnern ausgeworfen.

Erzeugnisse der vulkanischen Tätigkeit: 1. **Gase.** a) Wasserfreie Stufe (NaCl.; Soda; J; B; Sn). Auf diese Weise sind wohl die Zinnerzlager in den Spalten des Erzgebirges entstanden. b) Saure Stufe HCl. und besonders Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxyd, die sich zum Teil zu Wasser und Schwefel umsetzen. c) Basische Stufe, neben Wasserdampf vor allem Ammoniak. d) Kalte Stufe neben Wasserdampf vor allem Kohlendioxyd.

2. **Flüssiges Wasser** a) von der Schneeschmelze (Aetna, isländische Vulkane, Cotopaxi). b) Durch Anschneiden eines Kratersees. c) Die Lava selber gibt große Mengen von Wasserdampf ab, die sich in Form von Regengüssen niederschlagen.

3. **Flüssige Lava.** Sie erstarrt zu Ergußgestein.

4. **Ausgeschleuderte feste Stücke.** Es sind teils Stücke der gesprengten Erdrinde, teils emporgerissene Lavafetzen, die in der Luft erstarren, und als vulkanische Bomben oder Aschen (Lapilli) niederfallen. Wenn solche lockeren Massen sich mit Wasser mischen, so bildet sich ein Schlamm, der zu vulkanischem **Tuff** erhärtet (Pompeji unter einem 16 m dicken Tuffmantel begraben. — Traß der Eifel).

Die **Vulkanische Tätigkeit** ist oft periodisch (z. B. Stromboli).

Vorboten des Ausbruchs: Die Brunnen versiegen, die Spalten erweitern sich, der Kraterboden steigt, Erdbeben. Dann erfolgt die **Explosion**, um so heftiger, eine je längere Ruhepause vorherging. (Krakatau 1883: Rauchsäule 30 Km hoch, die Luftwelle umkreiste die Erde $3\frac{1}{2}$ mal, das Wasser stieg in der Nähe 100 Fuß hoch, die Wasserwelle war noch bei Aden deutlich spürbar.) Pinie. Oft elektrische Entladungen. Es folgt dann häufig das **Ausfließen der Lava**. Ihre Temperatur beträgt nach dem Ausfließen etwa 1000° , ihre Geschwindigkeit sehr verschieden, $\frac{1}{2}$ m in der Stunde bis 4 m in der Sekunde. Sie erstarrt langsam. Blocklava, Fladenlava. Manchmal auch Ausbrüche aus seitlichen Spalten; Parasitäre Krater; Lavaspringbrunnen, so z. B. auf Havai (300 m hoch, 1 Km lang). Eigenartige Erscheinungen zeigten sich beim Ausbruch der Antillenvulkane Mont Pelé und Soufrière 1902: aus dem Krater wuchs eine domförmige Lavamasse steil empor; heiße, mit vulkan. Staub beladene Glutwolken stürzten sich mit großer Geschwindigkeit ins Meer.

Besonders mächtige Lavaergüsse fanden in geschichtlicher Zeit statt auf Island und auf Havai; noch viel bedeutendere in früheren Erdperioden: In Dekan eine Decke von 400000 qkm Oberfläche, im Columbiabecken eine solche von 500000 qkm. Als **letzte Aeüßerung** der vulkan. Tätigkeit beobachtet man den Ausfluß heißer Quellen und die Ausstoßung von Gasen (Solfataren, Fumarolen, Mofetten). — Dämmererscheinungen.

Geographische Bildungen: 1. **Maare**; mit vulkan. Massen erfüllter Schußkanal, Alb, Eifel, Südafrika (mit Diamanten). 2. **Bölle** entstehen, wenn die Köpfe der Maare durch Verwitterung frei gelegt werden. 3. **Aschen-Kegel** ziemlich selten; Monte Nuovo auf den phlegräischen Feldern. 4. **Lavadecken oder flache Lavaberge** (z. B. Havai). 5. **Schichtvulkane**, die gewöhnliche Form. Sie bestehen aus abwechselnden Schichten von Tuff und Lava. 6. **Domvulkane** (z. B. im Hegau). Sie sind wohl entstanden, indem Lavamassen im Innern mächtiger Schichtvulkane durch Verwitterung freigelegt wurden. 7. **Lavamauern** (Euganeen). Ursprünglich die Ausfüllungen von Spalten.

Geographische Verbreitung. Im ganzen etwa 230 tätige Vulkane. Sie liegen fast alle an der Küste der Festländer oder auf Inselreihen, oder wenigstens am Rand von Grabenbrüchen. Ararat, Tandurek, Demavend stehen wohl in Beziehung zur Küste des früher viel weiter nach Osten ausgedehnten Mittelmeers; die afrikanischen Vulkane liegen am Rand des ostafrikanischen Grabens. Wirkliche Ausnahmen bilden Rubruk und Reclus auf dem Hochland von Tibet.

Erklärungsversuche. Früher Gegensatz von Neptunisten und Plutonisten. Heute viele Theorien. Unmittelbarer Einfluß des Meerwassers unwahrscheinlich. Theorie von Eduard Sueß: Das Magma des Erdinnern ist latent plastisch. Die Vulkane liegen auf Bruchspalten; hier findet eine Entlastung statt, der latent plastische Zustand geht in den flüssigen über. Mitwirkung des eingeschlossenen Wasserdampfes?

5. Geologische Wirkung des Windes.

Die Wirkung des Windes läßt sich am besten beobachten in Wüsten, wo die Pflanzenbedeckung fehlt, und wo sie nicht von der Wirkung des Wassers verdeckt wird.

1. **Zerstörende und abtragende Wirkung.** Die großen Temperaturunterschiede erzeugen Sprünge im Gestein und machen es mürbe. Der Wind wirkt dann als Sandgebläse. Die Wüste ist je nach dem Grad der Abtragung eine Sand-, Kies- oder Steinwüste. Erosionsformen: Windschliffe, Dreikanter, Windtische, Zeugen, Gesimsflächen, Faulflecke.

2. **Ablagernde Tätigkeit.** a) **Dünen** bilden sich an der Küste oder im Binnenland (in der Wüste), wo der Wind über pflanzenfreie Sandflächen weht. 10—30 m hoch, in der Sahara bis 180 m; Luv- und Leeseite. Die Stranddünen wandern landeinwärts. Man verhindert dies durch Anpflanzung von Sandgräsern und Kiefern.

b) **Löslager** sind Staubanhäufungen, die von den Gräsern festgehalten werden. So besonders in China, bis 300 m dick, ausgeblasen aus der Wüste Gobi; untersucht von Richthofen. Sie zeigen keine wagrechte Schichtung, brechen vielmehr nach senkrechten Wänden, da sie von haarfeinen senkrechten Röhrchen durchzogen sind. Diese Röhrchen sind die Hohlräume von Grashalmen, die hindurchwuchsen. Lößschnecken und Reste von Landtieren, besonders Nagetieren. Der Kalkgehalt des Löß scheidet sich mit der Zeit in Form von Lößkindeln aus. Es bleibt dann entkalkter Löß oder **Lehm** zurück. Die Lehmlager werden oft durch Wasser sekundär verlagert.

6. Das fließende Wasser.

Kreislauf des Wassers; Bildung der Regentropfen. Die **Innengebiete** der Erdteile sind meist trocken, da der Regen an den Randgebirgen sich niederschlägt, die **Randgebiete** sind feucht. Nur

im innern Europa fehlen die Wüsten. Der Wasserreichtum eines Gebiets hängt ab von der Menge des Niederschlags und von der Stärke der Verdunstung. Bedeutung des Waldes.

Durchlässig für Wasser sind: Sand, Kies, Sandstein, Kalkstein; **undurchlässig** sind Ton, Lehm, Mergel. Ueber solchen Schichten sammelt sich das Grundwasser, aus dem die **Quellen** gespeist werden. Quellhorizont; Schicht- und Spaltquellen. Zu den letzteren gehören auch die künstlich erbohrten **artesischen Brunnen** (in ältester Zeit in China und Aegypten; im Mittelalter in Artois; heute besonders in Afrika: Sahara, Algier).

Nach dem Ursprung ihres Wassers unterscheidet man (nach Sueß) 2 Arten: **Vadose Quellen** werden von eingedrungenem Regenwasser gespeist; ihre Temperatur ist meist die Durchschnittstemperatur des Jahres. **Juvenile Quellen** bringen Wasser an die Erdoberfläche, das aus dem Wasserdampfgehalt des Magmas stammt; sie sind oft heiß (Thermen), bis 95°. Sie finden sich besonders in vulkanischen Gegenden.

Die Geysirn sind heiße Springquellen, die ihr Wasser regelmäßig nach Pausen von bestimmter Dauer emporschleudern. Yellowstone-Park; Island; Neuseeland. Die isländischen Geysirn wurden untersucht von Bunsen und Delacroix. In die Geysirröhre strömen in $\frac{2}{3}$ ihrer Tiefe heiße Wasserdämpfe ein. Dadurch wird das Wasser in der Röhre erhitzt und zwar bei dem hohen Druck weit über 100°. Schließlich bilden sich kleine Mengen von Dampf, die das Wasser etwas zum Aufkochen bringen (Voreruptionen). Dadurch wird der Druck vermindert und jetzt verwandeln sich plötzlich grosse Mengen des überhitzten Wassers in Dampf, wodurch der eigentliche Ausbruch hervorgerufen wird.

Flüsse. Stromgebiet; **Wasserscheide.** Die Wasserscheide wird selten durchbrochen durch eine Bifurkation (Cassiquiare zwischen Rio Negro und Orinoco, berühmt durch die Reise von Humboldt und Bonpland). Die **Form des Flußtals** hängt von der Feuchtigkeit des Klimas ab. In regenreichen Gegenden werden die Talwände abgeschrägt; in trockenen Gegenden wird das Tal senkrecht eingeschnitten. Cañons von Kolorado mit senkrechten Wänden, 1000 bis 2000 m tief. Oft Talterrassen.

Im **Oberlauf** ist meist die (mechanische und chemische) Erosion am stärksten. Hier oft **Wasserfälle** und Stromschnellen. Im Mittellauf kommen mächtige Wasserfälle zustande, wenn der Fluß von hartem auf weiches Gestein übertritt (Rheinfall bei Schaffhausen; Niagarafälle des Lorenzstromes; Victoriafälle des Sambesi; die 1906 entdeckten Fälle des Iguazu).

Im **Mittellauf** überwiegt meist die Ablagerung. Windungen; Steilufer und Wiesenufer. Werder. Manche Flüsse erhöhen ihr Bett durch die mitgeführten Schottermassen (Po, Unstrut). Die Mündung der Nebenflüsse wird mit der Zeit stromabwärts verlagert, so daß sie unter spitzem Winkel einfließen. Die Etsch wurde so vom Po abgedrängt.

Im **Unterlauf** stärkste Ablagerung. Die **Mündung** ist ein Delta bei negativer Strandverschiebung; sie ist trompetenförmig (Aestuarium) bei positiver Strandverschiebung und bei starker Ebbe und Flut. Flüsse, die in Binnenseen münden, erzeugen meist starke Deltas (Wolga im kaspischen Meer; Amu und Syr im Aralsee). Manche langgestreckten Seen sind so durch den Flußschotter entzwei geschnitten worden (Züricher- und Walensee durch die Linth; Briener- und Tunersee durch die Lutschine).

7. Wirkung des Eises.

Die **Grenze des ewigen Schnees** hängt ab von der Niederschlagsmenge des Winters und von der Wärme des Sommers. Sie erreicht das Meer an einigen Stellen der Antarktis; höchste Lage im Karakorum (6000 m).

Die Schneemassen des Hochgebirgs gelangen talabwärts als Lawine und als **Gletscher**. Das Nährgebiet der Gletscher ist das Firnfeld. Hier verwandelt sich der Schnee durch den Druck der

oben liegenden Massen in Firneis (Regelation). Das Eis ist unter hohem Druck plastisch (Versuche in Preßzylindern). Der Eisstrom wird durch den Druck der oben liegenden Massen langsam talabwärts gepresst. Geschwindigkeit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ m am Tag; Gletscher des Himalaja 2—3,5 m; grönländische Gletscher bis zu 20 m am Tag. Das Eis wird spröde, sowie der Druck nachläßt; daraus erklärt sich die Bildung von Längs- und Querspalten. An der Gletscherstirn brechen mächtige Flüsse hervor mit milchig trübem Wasser. Das Eis führt viel Schutt mit; dieser bleibt als **Moräne** liegen. Grund-, Stirn- und Seitenmoräne; Mittelmoräne, wenn zwei Gletscher zusammen fließen. Gletschertische. Gletschermühlen (so im Gletschergarten von Luzern). Alte Moränenlandschaft mit wirren Moränenzügen, Moränenseen und Rundhöckern. Einwirkung auf die Fjorde.

Grönland, das nördliche Sibirien und die Antarktis sind von einer 1000 bis 2000 m dicken Decke von **Inlandeis** bedeckt. Unter der grönländischen Eismasse liegt wohl ein Gebirge begraben. Am Rand ragen einzelne Felsklippen heraus (Nunataks), die durch Abschmelzen des Eises frei geworden sind; auf ihnen sollen noch keimfähige Samen gefunden worden sein. Das sibirische Eis ist von einer dünnen Sand- und Lehmschicht bedeckt und von Spalten durchzogen, die mit gefrorenem Lehm erfüllt sind. Darin finden sich die Leichen des Mammuts und des wollhaarigen Nashorns.

Vom Rand der Inlandeismassen gehen mächtige Gletscher ins Meer hinaus. Ihre Spitzen werden hier durch den Auftrieb abgebrochen und schwimmen als **Eisberge** weiter. Nur etwa $\frac{1}{7}$ des Bergs ragt über das Wasser empor; der untere Teil wird vom Wasser zerfressen, zuletzt kippt der Eisberg um und streckt jetzt sein zackiges, vom Wasser zerfressenes Ende in die Luft. Die Eisberge des nördlichen atlantischen Ozeans stranden größtenteils an der Neufundlandbai; sie lagern hier eine Menge Moränenschutt ab und bedingen eine wesentliche Erniedrigung der Temperatur.

Jene Inlandeismassen sind Reste der mächtigen Gletschereisdecke, die zur **Eiszeit** (oder Diluvialzeit) große Teile der Erde überzog. Die Gletscher der Alpen hatten damals die ganze schwäbisch-bayrische Hochebene überzogen; die skandinavischen Gletscher hatten die Ostseesenke überschritten und waren bis an den Rand der deutschen Mittelgebirge vorgedrungen.

8. Verwitterung des Gesteins.

Das kohlenstoffhaltige **Wasser** wirkt **lösend** auf die meisten Gesteine. Steinsalz, Gips, Kalkspat, Kalk und Dolomit werden leicht gelöst. Schwerer löslich sind die Silikate, doch widerstehen auch sie nicht ganz: Die Alkalien, alkalischen Erden und das Eisen werden in Form von Karbonaten gelöst. Es bleiben schließlich zurück die Quarzkörner und die wasserhaltigen Silikate von Al und Mg, also die Mineralien der Kaolin- und Talkgruppe. In den Tropen entsteht statt des Tons meist Laterit; er enthält Bauxit (wasserhaltiges Aluminiumoxyd).

Neben der chemischen und mechanischen Wirkung des Wassers kommen noch in Betracht Temperaturwechsel, Spaltenfröste, Wind und Regen, endlich die Tätigkeit von Tieren und Pflanzen. Auf dem nackten Fels siedeln sich Bakterien und Flechten an, ihnen folgen Moose, dann höhere Pflanzen. Unter den Tieren besonders Regenwürmer und wühlende Nagetiere. Ein Endprodukt der Verwitterung ist die **Ackererde**; sie besteht aus kleinsten Gesteinsteilchen vermischt mit verwesenden organischen Resten, durchsetzt von Luftblasen.

Scharf ausgeprägte **Verwitterungsformen** trifft man vor allem im Kalkgebirge, aber auch auf andersartigen Böden. Erdpyramiden (Bozen, Kolorado). Lavamauern (Euganeen). Turmartige Bildungen (Adersbacher Bergland; sächsische Schweiz). Schratten und Karrenfelder (höhere Regionen der Alpen). Tropfsteinhöhlen und unterirdische Flußläufe im Kalkgebirge (Karst mit der Adelsberger Grotte und dem unterirdischen Poik; Zirknitzer See; Höhlen der schwäbischen Alb; Donauversickerung bei Tuttlingen; das Wasser kommt 11 Km südlich im Quelltopf der Aach wieder zum Vorschein). Dolinen (Karst).

9. Seen und Moore.

Erste Einteilung: I. **Eigentliche Binnenseen.** II. **Restseen** (Reste früherer Meere). Die letzteren besitzen meist große Tiefe; sie enthalten häufig Restformen in ihrer Tierwelt; sie sind von jungen Meeresschichten umgeben. Der Salzgehalt ist nicht maßgebend, da Meeresteile durch einmündende Ströme allmählich ausgestüßt werden (die Ostsee z. B. brackisch), während Binnenseen durch salzhaltige Ströme salzig werden, vor allem in Wüsten mit salzhaltigem Boden (Totes Meer, Urmia-See, Utah-See). Restseen sind vor allem: das Kaspische Meer, der Aralsee, Wener- und Wetter-See.

Zweite Einteilung: I. **Abdämmungsseen.**

1. **Eisseen**, abgedämmt durch Gletscher, besonders in Grönland. 2. **Moränenseen**; Garda-See; viele Seen der Alpen, Skandinaviens und der norddeutschen Seenplatte. 3. **Strandseen** (Pommern, Landes). 4. **Kraterseen** (Maare der Eifel und Auvergne).

II. **Austiefungsseen.**

1. **Erosionsseen**, durch Wasser ausgehöhlt. 2. **Eiserosionsseen**, viele runde Seen in den höheren Gebieten der Alpen. 3. **Auslaugungsseen** (Zirknitzer-See, Mansfelder-See). 4. **Tektonische Seen** (Totes Meer, ostafrikanische Seen, wohl auch Boden- und Zürcher-See und die meisten oberitalienischen Seen).

Die Seen wirken für die Ströme, die sie durchfließen, vor allem als **Klärbecken**. Bei größeren Seen schafft die Brandung oft eine **Terrasse**. Manchmal Hochterrassen als Zeichen eines einstigen höheren Wasserstandes; so bei den nordamerikanischen Seen, besonders dem großen Salzsee, der früher viel größer war.

Moore (Moose, Riede) kommen zustande, wenn Pflanzenteile unter Wasser unvollständig verwesen. Aus dem Torf bildet sich wohl im Lauf geologischer Zeiten Braun- und Steinkohle. Die Moorbildung fehlt in den Tropen fast ganz, weil hier die Verwesung zu stark ist. Einzelne Ausnahmen (z. B. in Surinam). a) **Niedermoore**, gebildet aus Sumpfgräsern, Hopfen, Erlen u. s. f. Die Pflanzendecke wächst vom Rand her allmählich über den Wasserspiegel weg. Oft auf Kalkboden. b) **Hochmoore**, gebildet vor allem aus Torfmoos, daneben Heidekraut, Legföhre u. a. Das Moospolster wölbt sich uhrglasförmig auf. Diese Moore brauchen viel Wasser und gedeihen nie auf Kalk, den die Torfmoose nicht ertragen. Die Grundlage des Moors wird oft gebildet durch **Faulschlamm** (Sapropel); er besteht aus den Resten mikroskopisch kleiner Lebewesen. Er kann bis zum Seespiegel emporwachsen; dann siedelt sich auf ihm eine Pflanzendecke an, die vermoort, Schwingmoor.

Anhang: Auf der Oberfläche des Heidebodens bilden sich aus abgefallenen Blättern u. s. f. Humussäuren, die sich im Wasser lösen. Sie dringen in die tieferen Schichten des Bodens ein, die reicher an Nährsalzen sind, fallen hier aus und bilden mit dem Sand zusammen den festen, rotbraunen **Ortstein**. Diesen können die Baumwurzeln nicht durchdringen; sie sind daher auf die sehr armen „Bleisande“ über dem Ortstein angewiesen.

Das Erdöl bildete sich wahrscheinlich durch Verwesung von Tierleichen unter Druck bei Luftabschluß. Unter dem Oel meist Salzwasser, darüber Gase. Die Oelquellen müssen erbohrt werden (Baku, Pennsylvanien). An der Luft nimmt das Erdöl O auf und verharzt; zuletzt wird es zu Erdpech oder Asphalt (Totes Meer, Baku).

10. Das Meer.

Salzgehalt des **Meerwassers** etwa $3\frac{1}{2}\%$. Größte Dichte unter 0°C . Das Bodenwasser zeigt also die tiefste Temperatur. Trotzdem gefriert das Meer von der Oberfläche aus, da für das Bodenwasser der Gefrierpunkt durch den Druck und durch den hohen Salzgehalt erniedrigt wird. Die

feinen Schlammteilchen umgeben sich mit einer kolloidalen Schicht und sinken deshalb im salzhaltigen Meerwasser etwa 15 mal schneller als im Süßwasser. Größte Meerestiefe = 9600 Meter (Nerotief bei den Marianen). Die überseeischen Landmassen hätten in den Meeresbecken etwa 13 mal Platz. Der **Meeresboden** zeigt Erhebungen von ungeheurer Ausdehnung, aber sehr kleinem Böschungswinkel; dieser übersteigt selten 1° und liegt auf weite Erstreckung unter $17'$ (Wahrnehmungsgrenze).

Brandung. Vor allem die Steilküste wird stark angegriffen, sie verwandelt sich aber dabei mit der Zeit in eine Flachküste, dann wird die Wirkung abgestumpft. Die stärkste Wirkung ist möglich bei positiver Strandverschiebung. Dabei können ganze Gebirge zerstört werden (Abrasionsfläche nach Richthofen); so in der Carroo. Wenn die Senkung zu rasch fortschreitet, so versinkt das Gebirge (Carroo; China). Epigenetische Täler.

Besondere **Küstenformen**: Die hafenreiche **Limanenküste** kommt zustande, wenn härtere Gebirgsszüge senkrecht ins Meer hinauslaufen (Portugal, Schottland). Bei der **Riasküste** sind Flußtäler unter den Meeresspiegel gesunken (Korsika, N.W.-Spanien). Aehnlich bei der **Fjordküste**, nur ist hier das Tal durch Gletscher noch weiter ausgehöhlt worden (Norwegen). — Oft sind der Küste **Strandwälle** vorgelagert, hinter ihnen oft Strandseen. Auf ähnliche Art bilden sich an den Flußmündungen **Haffe** und **Nehrungen**.

Ablagerungen des Meeres: A) Küstenablagerungen:

1. **Oberste Strandzone**: Konglomerate und grobe Sandsteine. Wellenfurchen; Trocknungsrisse; Tierfährten; dickschalige Meertiere; Korallen. 2. **Zone der feineren Küstensande**. Dünnschalige Meertiere (Armfüßer, Haarsterne u. a.). 3. **Zone des Küstenschlamm**, etwa bis 1000 m Tiefe. Stets Strahlertierchen und Kieselalgen.

B) **Tiefseeablagerungen**: Reste von Schleimtierchen (Foraminiferen und Radiolarien). Schüppchen von Kalkalgen (Coccolithophoriden). Meteoriten und vulkanische Asche. Moränenschutt von Eisbergen und Ausscheidungen von Phosphorit, Mangan- oder Eisenoxyd (im Innern meist ein Knochen).

11. Geologische Wirkung von Pflanzen und Tieren.

Ablagerung der Schalen von Schleimtierchen. — Bildung von Torf und Kohle. — Humusbildung. — Abscheidung von Kalksinter aus kalkhaltigem Wasser durch die Pflanzen. Dann besonders:

Korallen. Bau des Korallentiers, Stockbildung. Die Tiere brauchen festen Salzgehalt, Temperaturen von 20 bis 25° C. und Licht. Sie gehen meist nicht mehr als 20 m unter die Oberfläche.

Drei Riff-Formen: Strandriff mit schmaler Lagune; Wall- oder Barrièreriff mit breiter Lagune; Ringriff oder Atoll. Am Bau der Riffe beteiligen sich auch andere Tiere mit ihren Kalkschalen, vor allem auch die Kalkalgen. Mantel von Riffstein. Nach der Theorie Darwins werden alle Riffe ursprünglich als Strandriffe angelegt; durch positive Strandverschiebung wurden daraus zum Teil Wall- oder Ringriffe. Durchfahrten gegenüber der Mündung von Flüssen. Die Darwinsche Annahme wurde für die Südsee durch Bohrungen bestätigt. — Unter dem Einfluß des Meerwassers geht der Kalk allmählich in Dolomit über (Erklärung der Dolomiten in S.-Tirol).