

REPETITORIUM
DER
ALLGEMEINEN UND SPEZIELLEN
GEOLOGIE.

VON

PROF. DR. ARTHUR SACHS
IN Breslau.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE
1920.

Verlags-Nr. 2598.

REPETITORIUM
DER
ALLGEMEINEN UND SPEZIELLEN
GEOLOGIE.

VON

PROF. DR. ARTHUR SACHS
IN BRESLAU.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1920.

Verlags-Nr. 2593.

Druck von Rudolf M. Rohrer, Brünn.

Vorwort.

Die nachstehende Schrift stellt das dritte und letzte Heft meines Repetitoriums der montanistischen Wissenschaften dar. (Vgl. A. Sachs, Repetitorium der Mineralogie, Deuticke, 1917, und Repetitorium der Gesteinskunde und Lagerstättenlehre, ebenda, 1919.)

Immerwieder muß betont werden, daß der fortgeschrittene Forscher selbstverständlich Lehr- und Nachschlagebücher nicht entbehren kann, daß aber für den Studenten das Wichtigste die Heraushebung der Grundzüge ist.

Ich muß allerdings hinsichtlich der Geologie um gütige Nachsicht meiner geehrten Fachgenossen bitten, da mein Hauptarbeitsgebiet Mineralogie und Gesteinskunde darstellt.

Immerhin hoffe ich, den jungen Kommilitonen auch auf geologisch-paläontologischem Gebiete eine kleine Hilfe geboten zu haben und in diesem Sinne rufe ich ihnen ein herzliches „Glückauf“ zu.

Breslau, August 1919.

Prof. A. Sachs.

Literatur.

Schriften von Neumayr, Credner, E. Kayser, Löwl, Toula, Schaffer.

Kürzere Schriften von Haas und Fraas.

Disposition.

I. Allgemeine Geologie.

a) Physiographische Geologie:

1. Geophysik (Bildung, Gestalt, spezifisches Gewicht).
2. Geographie (Aufbau der Erde, Studium der Gesteinskruste).
3. Petrographie (Lagerstätten) und Tektonik.

b) Dynamische Geologie:

1. Äußere Dynamik (Wind, Wasser, Organismen).
2. Innere Dynamik (Vulkanismus, heiße Quellen, Einbrüche der Gesteinskruste, säkulare Hebungen und Senkungen, Gebirgsbildung, Erdbeben).
3. Schlußwort zur Dynamik.

II. Spezielle Geologie.

- a) Archaikum.
- b) Algonkium.
- c) Paläozoikum.
- d) Mesozoikum.
- e) Neozoikum.
- f) Tabelle, Schluß.

I. Allgemeine Geologie.

a) Physiographische Geologie.

1. Geophysik (Bildung, Gestalt, spezifisches Gewicht).

Bildung.

Nach der Theorie von Kant-Laplace besitzt unser Planetensystem eine genetische Einheitlichkeit: es ist aus einem glutigen Urnebel durch dessen allmähliche Abkühlung entstanden. Danach sind bei der Bildung der Erde folgende sechs Phasen zu unterscheiden:

1. Erste Phase, die des glühend-gasförmigen, nebularen Zustandes;
2. zweite Phase, die der Verdichtung und der ersten Stadien der Abkühlung zu einem erst in weißem, dann in gelbem Lichte glühenden Gasball;
3. dritte Phase, die des glühend-flüssigen Zustandes;
4. vierte Phase, die der Bildung von Schlackenfeldern und dann der Entstehung einer nicht leuchtenden, rings geschlossenen Erstarrungskruste;
5. fünfte Phase, gewaltsame Zerberstung der erstarrten Erdoberfläche durch innere Glutmassen und Erguß letzterer zu Panzerdecken (Theorie von A. Stübel);
6. sechste Phase, fortschreitende Verdickung der Erstarrungskruste, auf welcher sich die Wasserdünste kondensierten.

Die Erde hat die ersten fünf Phasen durchlaufen und befindet sich in der sechsten.

Gestalt.

Die Gestalt der Erde ist die eines an den Polen abgeplatteten Sphäroides. Die Länge der Erdachse ist etwas geringer als die des Durchmessers am Äquator:

Länge der Erdachse 12.712 *km*,

Länge des Äquatorialdurchmessers . . 12.755 *km*.

Selbstverständlich hängt die Verkürzung des Durchmessers zwischen den Polen mit der Zentrifugalkraft bei der Drehung der Erde zusammen.

Die Abweichung von der Gestalt des Sphäroides einerseits durch Aufwölbungen, andererseits durch Einsenkungen sind nur geringfügige.

Spezifisches Gewicht.

Die Schwere der Erde beträgt 5·6. Da die Dichte der Erdkruste nur etwa 2·7 beträgt, so liegt aller Grund zu der Annahme vor, daß der Erdkern von schweren, wohl metallischen Materialien gebildet wird (Barysphäre). Wahrscheinlich wird er von Nickeleisen (Nife) zusammengesetzt. Interessant ist die Beobachtung, daß die aufragenden Teile der Erdrinde aus leichterem, die eingesunkenen aus schwererer Masse bestehen. Es würde sich hieraus ein Gleichgewichtszustand zwischen den hochliegenden und den tiefliegenden Schollen der Erdkruste ergeben, ein Zustand, den man als Isostasie bezeichnet, und der besonders in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Forscher erregt hat.

2. Geographie (Aufbau der Erde, Studium der Gesteinskruste).

Aufbau der Erde.

Man hat von innen nach außen folgende 4 Teile zu unterscheiden:

α) Im Erdinnern die Metallosphäre = Barysphäre, den Nickel-Eisen- (Nife-)Kern. Man schätzt seine Temperatur auf

3000°, seine Dichte auf 8·5. Sicherlich ist dieser Erdkern glühend, da bekanntlich die Temperatur nach dem Erdmittelpunkte hin zunimmt, und zwar auf etwa 33 *m* um 1° Celsius (geothermische Tiefenstufe). Nicht sicher dagegen ist sein Aggregatzustand, ob gasförmig, flüssig oder fest. Die früheren Geologen hielten den Erdkern für feurig-flüssig, es ist aber sehr wohl möglich, daß er infolge des Druckes der überlagernden Massen latent fest ist. Man hat bei Erdbebenerrechnungen die Annahme zugrunde gelegt, daß sich der Erdkern starr wie eine Stahlkugel verhalte, und die Berechnungen stimmten mit dieser Theorie vorzüglich überein.

b) Als Umhüllung des Erdkernes die Erdrinde = Lithosphäre, deren Dicke man auf 1500 *km*, also auf ein Viertel des Erdradius, schätzt. Während chemisch der Erdkern aus reinen Metallen (Nickel und Eisen) besteht, spielen in der Erdkruste besonders Verbindungen von Silizium, Aluminium und Sauerstoff eine Rolle, zu denen in ihren oberen Partien noch Alkalimetalle (Kali und Natron), in den unteren Partien noch Kalzium und Magnesium hinzutreten. Manche Geologen nehmen zwischen Erdkern und Erdkruste noch eine 100—200 *km* mächtige feurig-flüssige Magmazone an, in der sie den Herd für die emporbrechenden Eruptivgesteine erblicken. Diese Annahme ist ebenso unwahrscheinlich, wie die früher allgemein übliche, den Herd für die Eruptivmassen im Erdkerne zu suchen. Aller Wahrscheinlichkeit nach entstammen die Eruptivmassen vielmehr der Peripherie, also der Erdkruste selbst.

c) Als lückenhafte Umhüllung der Erdkruste (Lithosphäre) die Wasserhülle = Hydrosphäre, deren Fläche zu derjenigen des aus ihr hervortretenden Landes sich wie 2·54:1 verhält, und deren mittlere Tiefe auf 3500 *m* geschätzt wird.

d) Als Umhüllung der Wasserhülle die Lufthülle = Atmosphäre, deren Mächtigkeit auf 50—200 *km* geschätzt wird.

Studium der Gesteinskruste (Lithosphäre).

Das Studium der Atmosphäre ist Aufgabe des Meteorologen, das der Hydrosphäre vorwiegend Aufgabe des Geographen. Die Metalosphäre ist direktem Studium unzugänglich, es bleibt also für den Geologen nur die Gesteinskruste (Lithosphäre) übrig.

Auch hier aber ist starke Beschränkung notwendig. Denn man vermag von außen her durch natürliche Aufschlüsse (die Cañons des Coloradoflusses in Nordamerika), durch Bohrlöcher und Bergwerke nur etwa 2 km tief in die 1500 km mächtige Gesteinskruste einzudringen.

Zu ihrer Erforschung dienen Mineralogie, Gesteinskunde = Petrographie und Geologie.

Die Mineralogie untersucht die einzelnen Mineralindividuen.

Gesteine sind Anhäufungen, Komplexe von Mineralien, die in wesentlicher Weise zum Aufbau der festen Erdrinde beitragen.

Die Geologie endlich ist eine erweiterte Gesteinskunde, sofern sie nicht bloß die Gesteine selbst, sondern auch die in den Schichtgesteinen erhaltenen tierischen und pflanzlichen Versteinerungen untersucht, und mit ihrer Hilfe das Alter der Gesteine gegeneinander abgrenzt (Paläontologie). Die Bestimmung des absoluten Alters der Schichten ist bisher nicht gelungen.

3. Petrographie und Tektonik.

Die Gesteinskunde (Petrographie), die einen wichtigen Teil der Geologie ausmacht, wurde von dem Verfasser der vorliegenden Schrift in einem gesonderten Hefte behandelt (A. Sachs, Repetitorium der Gesteinskunde und Lagerstättenlehre, Verlag F. Deuticke), immerhin müssen die Grundzüge wenigstens auch bei Behandlung der Geologie kurz herausgehoben werden.

Gesteinskunde = Petrographie (Lagerstätten).

Von den etwa 1000 gegenwärtig bekannten Mineralien treten verhältnismäßig nur sehr wenige in der Natur so massenhaft auf, daß sie gesteinsbildend wirken.

Die wichtigstengesteinsbildenden Mineralien sind folgende:

In Sedimentgesteinen Kalkspat CaCO_3 , Dolomit $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$, Ton $\text{H}^4\text{Al}^2\text{Si}^2\text{O}^9$ und Quarz SiO_2 . In Eruptivgesteinen: Quarz SiO_2 , die wichtige Feldspatgruppe, die einerseits in Kali- und Natronfeldspat, andererseits in Kalknatronfeldspate (Plagioklase) zerfällt, weiterhin von Silikaten die Augite und Hornblenden, die Glimmer und Chlorite, der Olivin (ein Eisen-Magnesia-Silikat) und der aus ihm entstandene Serpentin (wasserhaltiges Magnesiumsilikat), endlich der Leuzit (ein Kali-Tonerde-Silikat) und der Nephelin (ein Natron-Tonderdesilikat).

Sämtliche Gesteine zerfallen in drei große Gruppen:

1. Eruptivgesteine = vulkanische Gesteine,
2. Sedimentgesteine = Schichtgesteine,
3. kristalline Schiefer.

1. Die Eruptivgesteine sind durch Erstarrung feurigflüssiger Massen (Magmen) entstanden. Da ihr Ursprungsmaterial sich von unten nach oben hin bildete, so sind sie anogen. Es wurde bereits betont, daß mit großer Wahrscheinlichkeit der Ursprungsort der Magmen in der Erdkruste selbst zu suchen ist. Sie zerfallen einerseits in Tiefengesteine, die innerhalb der Erdkruste erstarrten, andererseits in Oberflächen = Ergußgesteine, die also die Erdkruste durchbrachen, sich brotlaibförmig dort ergossen und unter Luftzutritt erstarrten. Da naturgemäß die Erstarrung der Tiefengesteine viel langsamer vor sich ging, als die der Ergußgesteine, so ist die Struktur der Tiefengesteine körnigkristallin, die der Ergußgesteine entweder glasig, oder aber porphyrisch, d. h. es finden sich kristalline Einsprenglinge in einer dichten Grundmasse. Die Oberflächengesteine teilt man wiederum in ältere (vortertiäre) und jüngere (tertiäre

und nachtertiäre) ein. Bei der Gesamteinteilung der Eruptivgesteine ist aber naturgemäß auch ihre mineralogische Zusammensetzung zu beachten, und in Kombination beider Gesichtspunkte kann man folgende Tabelle der wichtigsten Eruptivgesteine aufstellen:

	Kalifeldspat + Quarz	Kalifeldspat ohne Quarz	Saurer, d. h. kiesel- säure- reicher Kalk- natron- feldspat	Basischer, d. h. kiesel- säure- ärmer Kalk- natron- feldspat	Kein Feldspat, wesent- lich Olivin
Tiefen- gesteine	Granit	Syenit	Diorit	Gabbro	Peridotit
Ältere Erguß- gesteine	Quarz- porphyr	Quarz- freier Porphyr	Porphyrit	Melaphyr, Diabas	
Jüngere Erguß- gesteine	Liparit	Trachyt	Andesit	Basalt	

Die Gesteine werden von links nach rechts in der Tabelle basischer, also kieselsäureärmer. Das Gewicht der sauren Gesteine beträgt 2·3—2·7, das der basischen 2·7—3·2. Letztere sind also schwerer, als erstere, und es liegt die Annahme nahe, daß die basischen Magmen größerer Tiefe entstammen als die sauren. Im allgemeinen sind auch die basischen Gesteine äußerlich durch dunklere Farben ausgezeichnet als die sauren.

Selbstverständlich ist nie in einem Eruptivgestein eine tierische oder pflanzliche Versteinerung zu finden.

2. Sedimentgesteine sind Absätze aus Wasser. Sie haben sich also im Gegensatze zu den Eruptivgesteinen von

oben nach unten (katogen) gebildet. Ihr Charakteristikum ist die Schichtung. Man teilt alle Sedimentgesteine in 3 Gruppen:

a) Mechanische = klastische Sedimente; sie sind durch Zerstörung und Wiederablagerung schon vorhandener Gesteine entstanden; ihre bekanntesten Beispiele sind die Sandsteine, Tongesteine und Konglomerate;

b) chemische Sedimente, die durch Verdunstung des Lösungsmittels sich bildeten; hierher gehören besonders Steinsalz- und Gipslager;

c) organogene Sedimente, die sich unter Mithilfe von tierischen oder pflanzlichen Organismen abschieden; das bekannteste Beispiel für erstere sind die Kalke, für letztere die Kohlen.

Die häufigsten Sedimentgesteine sind Tone, Sandsteine und Kalke. Clarke schätzt die Tone auf 76%, die Sandsteine auf 18%, die Kalke auf 6% aller Sedimentgesteine ein.

Mit Hilfe der innerhalb der Sedimentgesteine auftretenden Petrefakten erfolgt die Gliederung der

geologischen Formationen:

Neozoikum	}	Quartär	{ Alluvium
			{ Diluvium
		Tertiär	
Mesozoikum	}	Kreide	
		Jura	
		Trias	{ Keuper
			{ Muschelkalk
	{ Buntsandstein		
Paläozoikum	}	Dyas = Perm	{ Zechstein
			{ Rotliegendes
		Karbon	{ Produktives Karbon
			{ Kulm und Kohlenkalk
		Devon	
Silur			
		Kambrium	

Eozoikum = Präkambrium = Algonkium.

3. Die kristallinen Schiefer (geologisch die archaische = azoische Periode) sind Gesteine von noch zweifelhafter Entstehung. Man nimmt an, daß sie durch Umwandlung (Metamorphose) von Eruptiv- und Sedimentgesteinen entstanden sind. Es gehören hierher besonders Gneise, Glimmerschiefer und Urtonschiefer (Phyllite). Häufig sind Einlagerungen von Kalken (Marmoren), Quarziten und Hornblendegesteinen, sowie von Tiefengesteinen: Graniten, Syeniten, Dioriten, Gabbros, Olivinfelsen, Serpentinaen.

Versteinerungen sind bisher in den kristallinen Schiefereu nicht entdeckt worden, alle angeblichen Entdeckungen von solchen erwiesen sich als irrig, daher Azoikum (versteinerungslose Periode).

Im allgemeinen stellen die kristallinen Schiefer auf der ganzen Erde das älteste Gesteinsskelett dar (Archaikum).

Jedesfalls hat wohl bei ihrer Bildung der Gebirgsdruck eine wesentliche Rolle gespielt.

Die Umbildung aller Gesteine erfolgte

- a) durch Einwirkung der Atmosphärien: Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure,
- b) durch den Gebirgsdruck (Dynamometamorphose = Regionalmetamorphose),
- c) durch Einwirkung schmelzflüssiger Eruptivmassen (Kontaktmetamorphose).

Lagerstätten.

Lagerstätten sind Anhäufungen nutzbarer Mineralien innerhalb der Gesteine. Sie haben sich entweder auf organischem Wege gebildet, wie Kohle und Petroleum, oder aber auf anorganischem Wege, wie Salze und Erze. Kohle, Petroleum und Salze finden sich nur in Sedimentgesteinen, Erze dagegen in allen drei Gesteinsgruppen: in Eruptivgesteinen, Sedimentgesteinen und kristallinen Schiefereu. Lager-

stätten, die sich gleichzeitig mit dem umgebenden Nebengestein gebildet haben, heißen syngenetisch. Solche, die sich später als das Nebengestein gebildet haben, heißen epigenetisch.

Die größte Mannigfaltigkeit der Bildung findet sich bei den Erzen, die entweder aus Dampfform (pneumatogen), oder aus Schmelzfluß (magmatogen), oder aus wässriger Form (hydatogen) entstanden.

Lagerstätten, die durch Zerstörung und Wiederablagerung schon vorhandener (primärer) entstanden, heißen sekundäre = Seifenlagerstätten.

Tektonik.

Es ist klar, daß die äußere Form der Gesteine und Lagerstätten, die Art ihres Aufbaues mit ihrer Bildungsweise in engstem Zusammenhange steht. Bei vulkanischen Gesteinen und Lagerstätten wird naturgemäß eine unregelmäßig begrenzte, bei sedimentären eine regelmäßig begrenzte (plattenförmige) Form die vorherrschende sein.

Unregelmäßig begrenzte Lagerstätten bezeichnet man bei größeren Dimensionen als Stöcke, bei geringeren Dimensionen als Nester oder Nieren.

Regelmäßig begrenzte (plattenförmige) Lagerstätten zerfallen einerseits in Lager und Flöze, andererseits in Gänge.

Lager und Flöze sind dem Nebengestein parallel (konkordant) eingeschaltet, Gänge sind Spaltenfüllungen, die das Nebengestein quer durchsetzen.

Man bestimmt die Lage der plattenförmigen Lagerstätten im Raum durch Angabe ihres Streichens und Fallens. Das Streichen ist die Abweichung, welche die Längserstreckung einer Lagerstätte gegen die Nord-Süd-Richtung bildet. Das Fallen ist der Winkel, den die Lagerstätte gegen die Horizontalebene bildet. Die Dicke einer Lagerstätte nennt man ihre Mächtigkeit. Das darüberliegende Gestein heißt das Hangende (Dach), das unterlagernde heißt das Liegende (die Sohle). Die Ränder eines Ganges heißen Salbänder. Horizontal gelagerte Lagerstätten haben kein Streichen und Fallen.

Die plattenförmigen Lagerstätten sind dreierlei Störungen ausgesetzt: 1. Aufrichtungen (Überkippungen), 2. Faltungen, 3. Zerreißen.

Die Faltungen führen zur Bildung von Sätteln (Antiklinalen) und Mulden (Synklinalen). Die Kombination von Sattel und Mulde heißt Falte.

Die Zerreißen führen zur Bildung von Verwerfungen, ferner von Horsten, bei denen die Mitte der Schicht stehen bleibt und die Flügel absinken, endlich von Grabenversenkungen, bei denen die Mitte absinkt, während die Flügel stehen bleiben.

b) Dynamische Geologie.

1. Äußere Dynamik (Wind, Wasser, Organismen).

Wind.

Die geologische Bedeutung des Windes ist eine nur untergeordnete. Wichtig ist als äolische Bildung nur der Löß, ein Diluvialgebilde; es ist dies ein Lehm mit 5—15% Kalziumkarbonat, der oft Kalkkonkretionen (Lößkindel) umschließt. Der Löß bildet mächtige Ablagerungen im Rhein- und Donautal, ganz besonders aber in China, wo Lößbildungen von vielen hundert Metern Mächtigkeit durch den Geographen v. Richthofen nachgewiesen wurden. Oft finden sich im Löß Süßwasserkonchylien und Säugetierreste. Ob die Behauptung, daß 4% der ganzen Festlands oberfläche von Löß eingenommen werde, richtig ist, bleibe dahingestellt.

Wasser.

Eine weit größere geologische Rolle als der Wind spielt zweifellos das Wasser, sei es in flüssiger Form, sei es in gefrorener Form als Eis.

Das Hauptresultat aller geologischen Wirkungen der von außen her wirkenden meteorischen oder Sickerwässer ist, wie Haas richtig bemerkt, ein fortwährender Nivellierungsprozeß. Es werden dadurch von den hervorragenden Regionen

der festen Erdkruste Teile abgeschwemmt und in den Vertiefungen abgelagert. Diese Zerstörung überragender Felsmassen kann entweder auf chemischem Wege vor sich gehen, da das Wasser einen großen Teil der Gesteine zu lösen vermag, oder aber sie erfolgt auf mechanischem Wege, indem es das unterlagernde Material zertrümmert und als Kiesel, Sand oder Schutt zu Tale führt. In die zweite Gruppe ist auch die Wirkung des Eises zu stellen. Es ergeben sich so drei Wirkungsgruppen der von außen her wirkenden (exogenen) Wässer:

- a) chemische Wirkung der Wässer,
- b) mechanische Wirkung der Wässer,
- c) geologische Wirkung des Eises.

a) Chemische Wirkung der exogenen Wässer.

Credner unterscheidet die hydrochemischen Prozesse vierfach:

1. Auflösung,
2. Umwandlung wasserfreier in wasserhaltige Mineralien,
3. Oxydation,
4. Karbonatbildung durch Zersetzung von Silikaten.

1. Auflösung.

Man kann sagen, daß kein Gestein der Auflösungsfähigkeit der Sickerwässer, besonders der Kohlensäure, Humussäuren und Sauerstoff führenden, gegenüber völlig widerstandsfähig ist.

Besonders vier Gesteinsarten sind es, auf welche die atmosphärischen Wässer direkt lösend und wegführend einwirken: Gips (wasserhaltiges Kalziumsulfat), Steinsalz (Chlornatrium), Kalkstein (Kalziumkarbonat) und Dolomit (Kalzium-Magnesium-Karbonat).

Durch Wiederabsatz dieser durch die Sickerwässer gelösten Substanzen bilden sich dann die chemischen Sedimente, teils ohne Mitwirkung von Organismen, wie Gips- und Steinsalzlager, teils unter Mitwirkung von Organismen, wie die Kalksteinlager.

2. Umwandlung wasserfreier in wasserhaltige Mineralien.

Hierhin gehört besonders die Umwandlung von wasserfreiem Eisenoxyd (Roteisenstein) in Eisenoxydhydrat (Brauneisenerz), sowie die Umwandlung von Anhydrit (wasserfreiem Kalziumsulfat) in Gips (wasserhaltiges Kalziumsulfat).

3. Oxydation.

Hier ist einerseits die Sauerstoffaufnahme von Eisen und Manganerzen, andererseits besonders die Umwandlung der Sulfide (Schwefelmetalle) in Sulfate (schwefelsaure Metalle) hervorzuheben.

4. Karbonatbildung durch Zersetzung von Silikaten.

Kohlensäurehaltige Wässer zersetzen kalk-, eisen- und alkalihaltige Silikate, wobei Karbonate dieser Basen gebildet werden und Kieselsäure frei wird. Dieser Prozeß ist von größter Wichtigkeit in der Natur. Es resultieren also lösliche Karbonate von Kalk, Eisen und Alkalien und zugleich wird Kieselsäure ausgeschieden, während die nur schwer angreifbaren Silikate von Tonerde und Magnesia nach Aufnahme von Wasser als wasserhaltige Tonerde- und Magnesiasilikate zurückbleiben. (Prozesse der Kaolinisierung und Serpentinisierung!)

b) Mechanische Wirkung der Wässer.

Die Wasserläufe reißen da, wo ihr Gefälle stark ist, besonders bei ungewöhnlichen Anschwellungen, durch mechanische Kraft Teile ihrer Ufer und Betten mit sich fort, runden die festeren Teile zu Geschieben ab, zermahlen die lockeren zu Sand und Schlamm und lagern alles das an Orten, woselbst ihr Gefälle geringer ist, in Landseen oder in Meeren, besonders aber vor ihrer Einmündung, wieder ab (Haas).

Die Hauptresultate ihrer Tätigkeit sind demnach folgende: Austiefung der Flußbetten oder Täler in Gebirgsgegenden (Quer- und Längstäler), Erhöhung derselben in Niederungen, Ausfüllung von Landseen, Deltabildungen vor den Flußmündungen und Ablagerungen auf dem Meeresboden.

E. Kayser teilt die Meeressedimente folgendermaßen ein:

I. Küsten- oder Lito- ralablage- rungen	1. Flachseeabsätze	(a) Strandablagerungen
		(b) Schelfablagerungen
	2. Absätze der tieferen Küstenzone	(a) Dunkler Schlick
		(b) Grünschllick, Kalkschlick
II. Tiefsee- oder pelagische Ab- lagerungen	1. Ablagerungen auf Tiefseeschwellen	Globigerinen- und Pteropodenschlamm
		Diatomeenschlamm
	2. Ablagerungen der eigentlichen Tiefseemulden	Roter Tiefseeton und Radiolarienschlamm

Das Resultat der mechanischen Tätigkeit der Wässer sind mithin die mechanischen Sedimentgesteine (klastischen Gesteine): Geschiebe, Konglomerate, Sandsteine, Tone, Mergel, Kalkschlamm. Die ursprünglich schlammigen Bestandteile erhärten späterhin vielfach, ein Prozeß, den man als „Diagenese“ bezeichnet.

c) Geologische Wirkung des Eises.

Die Tätigkeit des Eises tritt uns besonders großartig in den Gletschern entgegen.

Man unterscheidet:

1. die eigentlichen Gletscher, verhältnismäßig kurze, zungenförmige Ströme,
2. das Binnen- oder Inlandeis in mächtigen und ausgedehnten tafelförmigen Massen.

1. Die eigentlichen Gletscher (Tal­gletscher) entstehen aus dem Firnschnee, der sich durch den Druck der aufeinander lastenden Massen zu Eis verfestigt. Der immer weiter tal­abwärts gleitende Gletscher verarbeitet naturgemäß seinen Untergrund zu Geröll, das man als Grundmoräne bezeichnet. Durch die gegenseitige Reibung dieser Grundmoräne mit dem harten Felsboden, dem sie aufgelagert ist, entstehen die Gletscherschliffe und -schrammen sowohl auf dem Untergrunde wie auch auf den Geschieben selbst. Die von den Talgehängen auf den Gletscher herabstürzenden Schuttmassen bilden die Seitenmoränen. Wo zwei Gletscher zusammenfließen, vereinigen sich ihre inneren Seitenmoränen zu einer Mittelmoräne. Heutzutage finden wir in der gemäßigten Zone die Gletscher nur noch in den höchsten Berggegenden. Indessen finden wir auch in den gemäßigten Zonen weite Strecken mit charakteristischen Gletscherbildungen, besonders mit gekritzten und geschrammten Geschieben bedeckt, woraus man mit Recht schließt, daß diese Gebiete besonders in der diluvialen Eiszeit, aber auch teilweise in älteren Zeiten von Gletschern bedeckt waren.

2. Das Binnen- oder Inlandeis findet sich gegenwärtig einerseits in Grönland, andererseits im antarktischen Gebiet. Auch die Massen von Inlandeis dürften sich trotz ihrer riesigen horizontalen und vertikalen Dimensionen ebenso wie die Gletscher selbst bewegen. Sie senden meist gletscherartige Ausläufer durch die Täler bis ins Meer hinein, woselbst deren Eismassen auf dem Wasser fortbewegt werden, bis sie sich in Eisberge auflösen (kalben). Die aus dem Inlandeis vereinzelt aufragenden Gesteinsklippen bezeichnet man als Nunataker.

Organismen.

Auch die Organismen, sowohl tierische wie pflanzliche, spielen geologisch eine wichtige Rolle. Unter ihrer Mitwirkung haben sich die organogenen Sedimentgesteine gebildet. Man kann diese mit E. Kayser in zwei große Gruppen teilen:

- a) zoogene: Kreiden, Korallenkalke, Muschelkalke;
- b) phytogene: Kohlen, Algenkalke, Kieselgur.

Bei den wichtigen Kohlenwasserstoffen, besonders beim Petroleum, nimmt man sowohl tierische wie pflanzliche Stoffe als Urstoffe an; sie würden also ein Gemisch zoogener und phytogener Substanzen darstellen.

2. Innere Dynamik

(Vulkanismus, heiße Quellen, Einbrüche der Gesteinskruste, säkulare Hebungen und Senkungen, Gebirgsbildung, Erdbeben).

Vulkanismus.

Ein Vulkan ist ein meist kegelförmig gestalteter Berg, der mit der Erdtiefe durch einen Eruptionskanal in Verbindung steht, aus welchem heißflüssiges Gesteinsmaterial zutage gefördert wird oder wurde.

Man unterscheidet:

- a) geschichtete = Stratovulkane (der Vesuv!) | Auf-
- b) homogene = massige Vulkane | wölbungen,
- c) Maare (Einbuchtungen).

a) Die geschichteten (Stratovulkane) bestehen aus wechselagernden Schichten von Tuffen, Aschen und Laven. Sie bilden sich meist ganz allmählich. Die genannten Materialien werden aus dem Krater, das ist der Ausmündungsstelle des Eruptionskanales, ausgeworfen und häufen sich ringwallförmig an. Infolge wiederholter Eruptionen entsteht ein Vulkankegel. Er setzt sich aus den Schichten des ausgeworfenen Materiales zusammen.

b) Die homogenen (massigen) Vulkane sind im Gegensatz zu den Stratovulkanen nicht allmählich, sondern durch einmalige Eruptionstätigkeit entstanden. Ihre Lavamassen sind dickflüssig, die Explosionskraft ist gering. Das Magma staut sich über der Eruptionsstelle glocken- oder kuppenförmig. Beispiele: Der Hegau, die Auvergne und besonders Hawaii.

c) Die Maare („Vulkanembryonen“) sind das Produkt einer einmaligen, der Vergangenheit angehörigen Explosion. Sie stellen sich im Gegensatz zu Stratovulkanen und massigen Vulkanen nicht als Aufwölbungen, sondern als große Einbuchtungen (Löcher) dar, die jetzt vielfach mit Wasser angefüllt sind (besonders in der Eifel).

Eine andere Einteilung der Vulkane ist die in einfache und zusammengesetzte.

Einfache bestehen nur aus einem Kegelberg, zusammengesetzte aus kegelförmigem Zentralberg + Ringwall. (Beispiel: Der Vesuv mit der „Somma.“) Der Zentralberg ist jünger als die Somma.

Die vulkanischen Eruptionen sind außer von Tuffen, Aschen und Laven häufig begleitet von gewaltigen Dampf- und Gasexplosionen, welche oft noch lange nach den Eruptionen fort dauern. Die wichtigsten Dämpfe sind Wasser-, Schwefel- und Kohlensäuregase, wonach man Fumarolen, Solfataren und Mofetten unterscheidet. Diese Dampfausbrüche vermischen sich häufig mit Aschenbestandteilen und können furchtbare Verwüstungen anrichten. (Ausbruch des Mont Pelée auf Martini- que 1902.)

Die Gesamtzahl der tätigen Vulkane beträgt seit historischer Zeit etwa 400, die Zahl der erloschenen (Auvergne, Phlegräische Felder bei Neapel) ist etwa 10mal so groß. Die Hauptverbreitung der Vulkane fällt in den Äquatorial- gürtel, nach den Polen zu nimmt ihre Zahl ab. Sehr auffällig ist das Gebundensein der Vulkane an die Küstenränder. Es hängt dies wohl unzweifelhaft damit zusammen, daß ein enger Zusammenhang zwischen Vulkanismus und den Bruch- beziehungsweise Senkungs- linien der Gesteinskruste besteht.

Daß in petrographischer Hinsicht der Vulkanismus die Ursache für die Bildung der Eruptivgesteine (Tiefen- und Ergußgesteine) bildet, wurde bereits erwähnt.

Heiße Quellen (Geysire).

Besonders in Gebieten tätiger oder erloschener Vulkane finden sich heiße Quellen (Thermen). Woher das Wasser dieser Thermen rührt, ist nicht immer mit Sicherheit aufzuklären. Wahrscheinlich stammt es zum Teil aus dem Erdinnern (juvenile Wasser), zum Teil rührt es von Sickerwässern her, die von oben her in die Lithosphäre eindringen (vadose Wasser). Die Temperatur der Thermen schwankt sehr, von 32—97° Celsius. Auch der Gehalt an mineralischen Stoffen ist ein sehr verschiedener. So unterscheidet man:

Schwefelthermen (Aachen und Warmbrunn),

Thermen mit Kalkbarbonat (Karlsbad),

Thermen mit viel Kieselsäure (Geysire),

Thermen mit schwefelsaurem Natron und anderen Alkalien (Teplitz),

Thermen mit geringem Gehalt an festen Substanzen (indifferente Thermen).

Die Wassermenge ist sehr verschieden. Manche fließen beständig, andere intermittierend.

Zu letzteren gehören die bekannten Geysire auf Island, Neuseeland und im Yellowstonepark in Nordamerika. Die Geysirtätigkeit bedeutet ein zeitweiliges, stoßweises Aufkochen dadurch, daß dem Geysirbecken von unten mehr Wärme zugeführt wird, als nach oben hin abgeführt werden kann.

Bisweilen werfen mit Gas geschwängerte Quellen Schlamm-massen des Nebengesteines an die Oberfläche (Schlammvulkane).

Beim Erkalten der Thermen schlagen sich die gelösten Stoffe, besonders Kieselsäure und Kalk, als Sinterbildungen nieder.

Einbrüche der Gesteinskruste.

Die Einbrüche der Gesteinskruste zerfallen in

- a) ozeanische Bruchfelder (weit ausgedehnte Flächen),
- b) Brüche der Kontinentalschollen (räumlich eng begrenzt).

a) Die ozeanischen Bruchfelder haben sich zu einer zusammenhängenden, abyssischen Region aneinander geschlossen. Die hiedurch erzeugten Hohlformen nahmen die Wasser auf und wurden zum Ozean, die stehen gebliebenen oder emporgepreßten, den Wasserspiegel durchragenden Schollen bilden die Kontinente, oder, wo sie gegenüber diesen nur minimalen Flächeninhalt besitzen, die Kontinentalinseln. Es wurde bereits hervorgehoben, daß sich gegenwärtig Meer zu Festland wie 2·54 : 1 verhält und daß die mittlere Tiefe der Ozeane auf 3500 *m* geschätzt wird. Allerdings kann diese Tiefe stellenweise außerordentlich ansteigen (Credner).

Als wichtigstes Ergebnis der neueren Tiefseeforschung ist anzusehen, daß die größten Meerestiefen keineswegs, wie man früher annahm, in der Mitte der ozeanischen Becken, sondern in der Nähe der Steilküsten liegen (E. Kayser).

Als wichtigste versunkene Festlandsmassen sind zu nennen: die Nordatlantis, die Südatlantis (ehemalige Verbindung zwischen Südamerika und Afrika), das (ehedem Indien mit Madagaskar verbindende) Gondwanaland und der südpazifische Kontinent.

b) Die Brüche der Kontinentalerschollen wurden bereits unter „Tektonik der Gesteine“ besprochen. Es wurde da der Hörste und Grabenversenkungen gedacht.

Als Beispiel für einen Grabenbruch kann das Rheintal zwischen Mainz und Basel gelten. Großartigere Grabenbrüche sind die jungtertiären zentralafrikanischen und ostafrikanischen Gräben.

Haben die Verwerfungen einen bogenförmigen Verlauf, so spricht man von Kesselbrüchen (das Mittelländische Meer zur Diluvialzeit).

Von einseitigen Brüchen sind besonders die zu erwähnen, die den Innenrand der Faltengebirge abschneiden: die piemontesisch-lombardische Ebene im Süden der Alpen, das nordböhmisches Tiefland am Erzgebirge, das ungarische Vorland der Karpathen.

Säkulare Hebungen und Senkungen (Transgressionen).

Während die Einbrüche der Gesteinskruste im allgemeinen einen inkonstanten Charakter tragen, versteht man unter säkularen Hebungen lang andauernde Änderungen der Grenzlinien zwischen Meer und Land. Gewöhnlich vollziehen sich derartige Bewegungen sehr langsam und betragen im Jahrhundert nur wenige Dezimeter oder gar Zentimeter; doch gibt es auch Ausnahmen: die Insel Palmarola (Tyrrhenisches Meer) ist in den letzten 70 Jahren um 64 *m* emporgestiegen. Das Emporsteigen der Küste kann naturgemäß ebensowohl im Steigen des Landes, wie im Sinken des Meeresspiegels begründet sein; ebenso das Sinken des Strandes in der Senkung des Landes, wie im Steigen der See.

Hauptzeichen der Hebung sind hochliegende Küstenterrassen. Sie finden sich besonders in Norwegen, Schottland, an der atlantischen Küste Nordamerikas.

Merkmale für Senkungen sind besonders untermeerische Täler, wie sie sich an der norwegischen, ligurischen, der atlantischen und pazifischen Küste Nordamerikas, besonders aber am Kongo zeigen. Als Beispiel kontinentaler Senkung kann Polynesien gelten mit seiner kontinentalen Tierwelt und den Korallenbauten.

Bisweilen liegen Anzeichen für einen stattgehabten Wechsel von Hebungen und Senkungen vor. Der schlagendste Beweis für diese Tatsache liegt im häufigen Wechsel von Meeres- und Süßwasserablagerungen in den verschiedenen Formationen.

Am gewaltigsten in dieser Hinsicht sind die Transgressionen des Meeres, die mitunter ganze Kontinente überflutet haben.

Das bedeutendste Ereignis in dieser Hinsicht trat wohl mit Beginn der jüngeren Kreidezeit ein, da die Spuren dieser Überflutung sich fast über die ganze Erde verfolgen lassen.

Gebirgsbildung.

Abgesehen von den durch äußere (exogene) Dynamik entstandenen Erosionsgebirgen sowie von den durch Empordringen von Gesteinsmagmen gebildeten Vulkangebirgen spielen die tektonischen Gebirge auf der Erde die Hauptrolle. Letztere können entweder durch vertikalen Einbruch oder aber durch tangentielle Faltung entstehen. Danach sind die beiden wichtigsten Formen:

- a) Bruchgebirge,
- b) Faltengebirge (ältere = Rumpfbirge, jüngere = Kettengebirge).

Die größte Rolle spielen unstreitig die Faltengebirge. Man hat drei Hauptfaltungsperioden zu unterscheiden:

- a) die voralgonkische,
- b) die karbonische (herzynische),
- c) die tertiäre und nachtertiäre Faltungsperiode.

Die älteren Faltungsgebirge sind meist stark abgetragen und durch Bruchbildung zerstückt (Rumpfbirge).

a) Der voralgonkischen Zeit entstammen die böhmische Masse, das französische Zentralmassiv, die Massive Skandinaviens, Ostkanadas, Brasiliens, Innerafrikas.

b) Der karbonischen Faltung entstammen Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Frankenwald, Fichtelgebirge, Ural, Tienschan, die Alleghanies.

c) Der tertiären oder nachtertiären Faltungsperiode entstammen die bedeutendsten Gebirge der Erde, wie die Anden und Kordilleren, Pyrenäen, Alpen, Apennin, Karpathen, Kaukasus, Himalaja.

Zur Erklärung der Faltung des spröden Gesteinsmaterials nimmt ein Teil der Forscher hohe Plastizität, ein anderer Teil eine Zertrümmerung des Gesteines vor der Faltung an.

Erdbeben.

Abgesehen von den unbedeutenden lokalen Einsturzbeben, die durch Unterhohlung des Bodens durch Wasser entstehen, unterscheidet man:

- a) vulkanische Erdbeben,
- b) tektonische Erdbeben.

a) Die ersteren sind auf die Umgegend tätiger Vulkane beschränkt, sie besitzen ein nicht sehr großes zentrales Schüttergebiet und geringe Stärke.

b) Viel wichtiger sind tektonische Erdbeben = Dislokationsbeben, die sich in Längs- und Querbeben einteilen lassen. Der unterirdische Ausgangspunkt heißt Hypozentrum, der senkrecht über dem Hypozentrum liegende Punkt der Erdoberfläche Epizentrum. Man unterscheidet Ortsbeben, Nahbeben und Fernbeben, bei letzteren beträgt die Entfernung vom Epizentrum mindestens 1000 km.

Die Herdtiefe der meisten Beben ist gering und beträgt nur ausnahmsweise mehr als 100 km. Durch besondere Apparate (Seismographen) und deren Aufzeichnung (Seismogramme) hat in neuester Zeit die Erdbebenforschung große Fortschritte gemacht.

Die Hauptverbreitung der Erdbeben fällt in die A q u a t o r i a l z o n e. Sie sind wesentlich an zwei Gurtele geknüpft:

1. den mediterranen durch die Mittelmerre (50%),
2. den zirkumpazifischen an den Rändern des Großen Ozeans (40%).

Auf den übrigen Rest der ganzen Lithosphäre entfallen also nur 10%.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die Schütterlinien mit großen Bruch- und Störungszonen zusammenfallen. Auch hier also ist der Zusammenhang mit Dislokationsverhaltnissen der Erdrinde in hohem Maße wahrscheinlich. Ein Brechen und Versturzen der Schichten ruft Erschütterungen im Erdinnern hervor und hieraus resultiert die Mehrzahl der Erdbeben.

Betrifft die Erschütterung nicht das feste Land, sondern den Meeresboden, so spricht man vom Seebeben.

3. Schlußwort zur Dynamik.

Wir haben in aller Kürze die äußeren (exogenen) und inneren (endogenen) Vorgänge der Erde betrachtet. Sämtliche endogenen Vorgänge: Vulkanismus, heiße Quellen, Einbrüche der Gesteinskruste, säkulare Hebungen und Senkungen, Gebirgsbildung, Erdbeben sind auf eine gemeinsame Ursache: die säkulare Abkühlung und Schrumpfung der Erde, die noch heute fort dauert, zurückzuführen. Alle endogenen Vorgänge, und sie sind die wichtigsten, hängen mit ihr aufs engste zusammen, sie führen die Unebenheiten der Lithosphäre herbei.

Demgegenüber haben die exogenen Vorgänge: Wind, Sickerwässer, Organismen, eine vorwiegend ausgleichende Wirkung, sie sollen diese Unebenheiten möglichst nivellieren.

II. Spezielle Geologie.

a) Archaikum = Azoikum (Urgebirge).

Man unterscheidet: Gneise, Glimmer- und Urtonschiefer (Phyllite).

Häufig sind Einlagerungen von Quarziten, Sandsteinen und von körnigem Kalk, auch Chlorit-, Serizit-, Talk-, Hornblendeschiefer finden sich.

Ferner von Eruptivgesteinen: Granite, Syenite, Diorite, Gabbros, Olivingesteine, Serpentine.

Die Mächtigkeit ist gewaltig bis zu 30 *km*, ebenso groß die weite Verbreitung (Ubiquität). Das Urgebirge umspannt das ganze Erdenrund als geschlossene Kugelschale.

Das Urgebirge stellt wohl nicht, wie man früher vielfach annahm, die ursprüngliche Erstarrungskruste dar, sondern man hat in ihm veränderte (metamorphosierte) Eruptiv- und Sedimentgesteine zu erblicken. Die chemische Zusammensetzung ähnelt den Eruptivgesteinen, die schiefrige Struktur den Sedimentgesteinen. Die aus Eruptiven entstandenen Gesteine bezeichnet man als Orthogesteine, die aus Sedimenten entstandenen als Paragesteine.

Die Lagerung ist nur noch in seltenen Fällen horizontal, meist aufgerichtet und gefaltet, so daß die Annahme, daß der Gebirgsdruck (Dynamometamorphose) eine wesentliche Rolle bei der Bildung des Urgebirges bildet, höchst wahrscheinlich ist.

Daß sich auch vereinzelt in jüngeren Formationen kristalline Schiefer finden, ist durchaus erklärlich, vermag aber

die Tatsache, daß man in ihnen das Grundskelett sämtlicher Gesteine auf der ganzen Erde zu erblicken hat, nicht zu erschüttern.

In neuerer Zeit ist durch Becke und Grubenmann eine Gliederung des Archaikums versucht worden. Versteinerungen im Archaikum finden sich nicht, das vermeintlich organische Eozoon Canadense hat sich als Irrtum erwiesen.

Nutzbare Fossilien des Urgebirges. Erze in linsenförmigen Einlagerungen (Magnet Eisen, Roteisenerz, Spat-eisenstein, Kupferkies, Rotzinkerz), ferner in feinverteilten Imprägnationen, sogenannten Fählbändern (Kobalt-, Silber-, Kupfer-, Zinkerze), endlich in Gängen (Silber-, Blei-, Zink-, Kupfererze usw.), fein verteilt (Gold), oder an die Eruptiv-gesteine geknüpft (Zinn). Vorkommen von Graphit. Ferner auch Platin und Diamant, auf primärer Lagerstätte, eingewachsen in Olivingesteinen (Peridotiten).

b) Algonkium = Eozoikum = Protero- zoikum = Präkambrium.

An vielen Punkten der Erde ist zwischen Archaikum und Kambrium eine Gesteinsfolge eingeschaltet, die sich von Archaikum mehrfach unterscheidet:

- a) durch den Gehalt an klastischen (Trümmer-) Gesteinen, wie Sandsteinen, Grauwacken, Tonschiefern usw.,
- b) durch häufige Horizontallagerung,
- c) durch Fossilführung (Reste von Protozoen, Zölänteraten, Echinodermen, Mollusken, Würmern, Arthropoden).

Hauptgebiete: Oberer See in Nordamerika, Finnland, nordwestliches Schottland Bretagne, gewisse Gebiete in Deutschland, Mittelböhmen. (Etag A von Barrande.)

Nutzbare Fossilien. Kupfer und Silber, eng verknüpft mit Melaphyrmandelstein (am Lake Superior), Magnet-eisenstein und Roteisenstein (in Michigan).

c) Paläozoikum.

1. Kambrium,
2. Silur,
3. Devon,
4. Karbon,
5. Perm = Dyas.

Versteinerungen. Das Paläozoikum enthält die ältesten Faunen und Floren, die über die ganze Erde verfolgbar sind.

Flofa. Überwiegen der Kryptogamen, zu denen sich erst in der zweiten Hälfte des Zeitalters Koniferen und Zykadeen gesellen, Laubhölzer fehlen noch gänzlich.

Fauna. Massenhafte Crinoiden, Korallen, unter den Mollusken Brachiopoden, Nautiliden, Goniatiten, unter den Arthropoden Trilobiten und Eurypteriden, unter den Fischen Plakodermen und Ganoiden, in der zweiten Hälfte des Zeitalters unter den Amphibien die Stegokephalen; in den letzten Phasen des Paläozoikums treten einige Reptilien auf, während Säugetiere noch völlig fehlen.

1. Kambrium.

Historische Region in Wales. Es gliedert sich in:

- **oberkambrium** (Olenusschichten),
- Mittelkambrium** (Paradoxidesschichten),
- Unterkambrium** (Olenellusschichten).

Petrographisch. Vorherrschend tonige und quarzitishe, auch konglomeratische Ablagerungen, nur sehr untergeordnet kalkige Sedimente.

Versteinerungen. Besonders Trilobiten (Agnostus, Olenus, Asaphus, Paradoxides) und einzelne Brachiopoden (Lingula, Obolus, Orthis). Von Pflanzen Seefange!

Vorkommen. Skandinavien, Baltikum, Böhmen (Etage C von Barrande), spärlich in Deutschland; Südeuropa, besonders in Nordamerika.

Nutzbare Fossilien. Steinsalz in der Saltrange im Pendschab, Blei- und Silbererze (bei Příbram in Böhmen).

2. Silur.

Gliederung. Obersilur,
Untersilur = Ordovicium.

Versteinerungen. Im Untersilur Trilobiten, Brachiopoden (Orthis und Spirifer), Kephelopoden (Orthozeras, Zyrtozeras), besonders Graptolithen;

Im Obersilur Rückgang der Trilobiten und Graptolithen; Aufschwung der Nautiliden, Brachiopoden, Seelilien, Korallen; ferner Riesenkrebse und Panzerfische (Pteraspis). Erste Landpflanzen (spärlich).

Vorkommen. England und Schottland, Skandinavien, Europäisches Rußland, Nordamerika, Böhmen, auch in Deutschland (Thüringen, Franken-, Fichtelgebirge, Harz, Rheinisches Schiefergebirge).

Nutzbare Fossilien. Erzgänge (Blei, Zink und Silber in Neusüdwales, am oberen-Mississippi,-Roteisenerzlager (Böhmen und New York), Spateisenstein in den Nordostalpen (Eisenerz in Steiermark usw.), Anthrazitflöze in Schottland und Portugal, Steinsalz in New York (Onondagadistrikt) und Ontario.

3. Devon.

Gliederung: Oberdevon,
Mitteldevon,
Unterdevon.

Petrographisch. Dem Silur ähnlich; es überwiegen Tonschiefer, Grauwacken, Sandsteine, aber es treten auch in größerer Verbreitung Kalksteine hinzu.

Versteinerungen. Während im Silur fast ausschließlich marine Bildungen vorliegen, treffen wir im Devon

schon Spuren von Festländern, besonders in der Flora (Gefäßkryptogamen!).

Im **Unterdevon** Korallen (*Pleurodictum problematicum*) und Spiriferarten. Trilobiten und Krinoiden treten zurück, dagegen werden Muscheln und Meerschnecken häufiger.

Im **Mitteld Devon** (meist Kalksteine und Mergel) besonders Korallen (*Kalzeola* und *Zyatophyllum*). Von Brachiopoden *Stringocephalus* und *Unzites*. Auch Nautiliden sind häufig, dazu treten Muscheln (*Pterinea* und *Megalodon*) und Schnecken (*Pleurotomaria*); von den Trilobiten nur noch *Phacops*.

Im **Oberdevon** mächtige Entwicklung der Kephалopoden, Anfänge der Ammoniten in Gestalt der *Goniatiten* und *Klymenien* (Vorläufer der Ammoniten).

Fische besonders im Oberdevon von Schottland im Old-Red-Sandstone; sie tragen entweder **Panzerplatten** (*Kokkosteus*, *Pterichthys*) oder **Schmelzschuppen** (**Ganoidfische**).

Wichtigste Verbreitung des Devons: Rheinland, Belgien, Böhmen, Nordamerika, Schottland.

Nutzbare Fossilien. Lager von Roteisenstein und Phosphorit (Nassau), von Silber-, Quecksilber-, Kupfer-, Blei- und Zinkerzen (Rammelsberg, Almaden in Spanien); Gänge von Spateisenstein (Müsen), von Blei-, Silber-, Kupfer- und Zinkerzen (Cornwall); Petroleum (Pennsylvanien); Steinsalz in den baltischen Provinzen und in China.

4. Karbon.

Gliederung: Oberkarbon (terrestrisch),
Unterkarbon: Kulm (Küstenfazies) und
Kohlenkalk (marin).

Kohlenkalk (marin), mächtige Kalk- und Tonschichten. Unter den Urtierchen (*Foraminiferen*) besonders *Fusulina*. Starke Entwicklung der **Seelilien**, die im Kohlenkalk den Höhepunkt erreichen. Rückgang der Brachiopoden,

Erlöschen der Trilobiten. Geringe Vertretung der Kephalo-
poden, **Entfaltung der Muscheln und Schnecken.** Von Fischen
Haifische und Gönoidfische, Knochenfische fehlen noch.

Kulm (Küstenfazies!). Besonders Konglomerate, Sand-
steine und Grauwacken, auch Schiefer, Tone, Kalke, ver-
einzelt Kohlenflöze. Starke Petrefaktenarmut.

Produktives Karbon. Oberste und wichtigste
Gruppe, besteht aus Sandsteinen, Schiefertönen, Kohlenflözen.

Terrestrische Bildung! Die Fauna tritt gegen
die Flora bedeutend zurück. Besondere Wichtigkeit der
Kryptogamen (Kalmarien, Farne, Sigillarien, Lepido-
dendron). Zurücktreten der Tierwelt, nur Insekten und Am-
phibien (Stegocephalen).

Dreiteilung des Oberkarbons:

Obere Abteilung = Ottweiler Schichten = Farnstufe.

**Mittlere Abteilung = Saarbrücker Schichten = Sigil-
lärienstufe.**

**Untere Abteilung = Waldenburger Schichten = Su-
detische Stufe = Lepidodendrenstufe.**

Zusammensetzung der Steinkohle:

82% C,
13% O,
5% H,
0·8% N.

Heizwert 6000—8000 Kalorien.

Mächtigkeit der Flöze sehr wechselnd.

Man unterscheidet **paralische** (in der Nähe des
Meeres gelegene) Gebiete: England, Nordfrankreich, Belgien,
Aachen, Ruhrkohlengebiet und Oberschlesien. Ferner **lim-
nische** Gebiete (ohne jegliche Meeresorganismen): Saar-
gebiet, niederschlesisch-böhmisches Revier.

Vorkommen. 1. Westeuropa: England, Belgien,
Frankreich, Deutschland, Österreich; 2. Südeuropa, Rußland
(Donetzrevier) und arktisches Gebiet; 3. besonders aber Nord-
amerika und China.

Es wurde bereits erwähnt, daß die Karbonperiode eine Periode intensiver Gebirgsfaltung war (herzynische Faltung im Westen als armorikanisches, im Osten als variszisches Gebirge).

Gleichzeitig mit der Faltung schossen Eruptivgesteine empor: Granite, Porphyre, Porphyrite.

Klima mild, feucht und gleichartig für große Teile der Erdoberfläche.

Nutzbare Fossilien im Karbon: Steinkohle, Eisenerz (Kohleneisenstein), Gänge von Bleiglanz (Harz, England), Zinkerze (Aachen), Asphalt (Neubraunschweig), Ölschiefer (Schottland), Steinsalz (Saginawdistrikt von Michigan), Zinnöber (Italien, Spanien, Südrußland), Kieslager (im Kulm Südspaniens: Rio Tinto).

5. Perm = Dyas.

Gliederung: a) Rotliegendes (terrestrisch-limnisch),
b) Zechstein (marin).

a) Das Rotliegende schließt sich eng an das Karbon an. Es herrschen litorale und terrestrische Bildungen vor: Konglomerate, Sandsteine, Mergel, Tone. Besonders massenhaft sind Eruptivgesteine: Quarzporphyre, Porphyre, Porphyrite, Melaphyre.

b) Zechstein (darüberlagernd) besteht besonders aus Schiefen (Mansfelder Kupferschiefer) und marinen Kalk- und Dolomitlagern. In die Zechsteinperiode Deutschland fällt die gewaltige, viele Hundert Meter mächtige Steinsalzablagerung (Staßfurt) mit den überlagernden Kalisalzen (Abraumsalzen), die ein wichtiges Düngemittel für die Landwirtschaft bieten.

Verbreitung. 1. Deutschland, 2. übriges Europa, 3. Asien—Nordamerika, 4. permische Glazialbildungen der Südhemisphäre (Glossopterisflora).

Versteinerungen sind spärlich; Kalmarien und Farne sind noch vorhanden, aber Sigillarien und Lepidodendren sind durch echte Koniferen vertreten.

Im Zechstein finden sich noch einige paläozoische Brachiopoden (*Productus*); aber die Nautiliden, Goniatiten, Trilobiten, die paläozoischen Krinoiden und Korallen verschwinden. Nur von Fischen finden sich Ganoidfische (*Palaeoniscus*) und die Stegokephalen erreichen den Höhepunkt (*Archegosaurus*, *Branchiosaurus*). Es treten schon echte Reptilien auf (*Palaeohatteria* und *Proterosaurus*).

Nutzbare Fossilien der Dyas. Steinsalz und Kalisalze, Kupfererze im Kupferschiefer und Weißliegenden, Kobalterzgänge (Thüringen, Spessart), Eisenerzlager (Thüringen, Spessart, Hügell) im Zechstein; Manganerze an die Eruptivgesteine des Rotliegenden geknüpft (*Elgersburg*, *Ilfeld*); Steinkohlen (bei Dresden, *Manebach*, *Kusel*, in Böhmen, *China*).

d) Mesozoikum.

Es umfaßt Trias, Jura und Kreide.

Die Lagerung ist weniger gestört, als im Paläozoikum. Auf weite Strecken hin ist sie horizontal.

Eruptivgesteine treten durchaus zurück und gehören zu den Seltenheiten.

Gesteinscharakter. Die Kalksteine wiegen vor, daneben finden sich noch Sandsteine und Tone, dagegen treten Quarzite, Grauwacken und Schiefer nur untergeordnet auf.

Versteinerungen. Auftreten der Knochenfische, Vögel, Säugetiere, Höhepunkt der Reptilien, Auftreten der Laubbölzer.

Flora. Besonders Koniferen und Zykado-phyten.

Fauna. Es fehlen Panzerfische, Trilobiten und Zystideen, ebenso fast völlig tabulate Korallen.

Es finden sich Hexakorallen, die Krinoiden werden durch Seeigel (*Echiniden*) verdrängt, die Nautiliden durch echte Ammoniten und Belemniten. Anstatt der Trilobiten erscheinen echte Krebse, bei den Fischen ge-

sellen sich zu den Selachiern und Ganoiden noch Knochentische (Teleostei). Unter den Stegokephalen (Amphibien) wachsen riesige Formen heran, sie erlöschen aber schon in der Trias. Nochmals hervorzuheben ist der Höhepunkt der Reptilien (Saurier!).

Trias.

Gliederung: Buntsandstein,
Muschelkalk,
Keuper.

- I. Kontinentale = Binnenfazies der Trias,
Deutsche Trias,
Trias Englands, Amerikas, Vorderindiens.
- II. Ozeanische Triasfazies,
Alpine Trias,
Außerlpinne ozeanische Trias.

I. Die deutsche Trias zerfällt in eine untere tonig-sandige Abteilung (Buntsandstein), eine mittlere, kalkige (Muschelkalk) und eine obere sandig-tonige (Keuper). Besonders verbreitet im mittleren und südlichen Deutschland, Thüringen, Hessen, Franken, Schwaben, Lothringen.

Der Buntsandstein besteht aus 200—1000 *m* mächtigen Schichten von durch Eisenoxyd gefärbten Sandsteinen und Schiefem. In der oberen Abteilung des Buntsandsteines (Röt) gesellen sich dazu bunte, Gips und Steinsalz führende Mergel, auch muschelführende Kalk- oder Dolomitbänke.

Der Muschelkalk ist wesentlich kalkig, etwa 250 bis 350 *m* mächtig. Die Fauna ist eine typische Binnenmeerfauna. Der deutsche Muschelkalk zerfällt in

1. den unteren Muschelkalk = Wellenkalk,
2. den mittleren Muschelkalk = Anhydritgruppe,
3. den oberen = Hauptmuschelkalk.

Der Keuper, 250—600 m mächtig, besteht aus vorherrschend roten Letten. Besonders in Franken und Schwaben. Man unterscheidet:

- unterer = Kohlenkeuper,
- mittlerer = Gipskeuper,
- oberer Keuper = Rhät.

Die außerdeutsche kontinentale Trias findet sich in England (New Red Sanstone), Nord- und Südamerika, Südafrika, Vorderindien.

II. Die alpine, ozeanische Trias.

Sie zerfällt in

- a) alpinen Buntsandstein = Werfener Schichten,
- b) mittlere alpine Trias = Anisische Stufe,
- c) obere alpine Trias = Raibler Schichten = Karnische Stufe.

Die alpine Trias außerhalb der Alpen findet sich

- a) im mediterran-indischen Triasreich,
- b) im pazifischen Reich,
- c) im borealen Reich.

Nutzbare Fossilien der Trias. Steinsalz im Buntsandstein und Muschelkalk (Südwestdeutschland, Ischl-Aussee, Hallstatt usw. in den Nordalpen), im Keuper (Lothringen, England); Knottenerze (Bleiglanz, Weißbleierz usw.) im Buntsandstein (Eifel); Eisenerz, Bleiglanz- und Galmeilager (Oberschlesien, Wiesloch, Raibl und Bleiberg in Kärnten), Gänge von Erzen im Buntsandstein; Kohle und Erdöl (im Rhät Argentiniens).

Jura.

- I. Jura Mitteleuropas (Lias, Dogger, Malm).
- II. Alpiner Jura.
- III. Russischer Jura.
- IV. Außereuropäischer Jura.

I. Jura Mitteleuropas.

Unterer Jura = Lias = schwarzer Jura (Kalke und Tone).

Mittlerer Jura = Dogger = brauner Jura (Mergel und Tone).

Oberer Jura = Malm = weißer Jura (Schiefertone).

In Deutschland besonders 3 Juragebiete: Das fränkisch-schwäbische, das nordwestdeutsche und das oberschlesische. Ferner Schweizer, Französischer, Englischer Jura.

Man faßt den mitteleuropäischen Jura als Ablagerungen der flacheren Randzone der Tethys auf, eines großen, von Südeuropa bis Sumatra reichenden Mittelmeeres, das vom Kambrium an bis ins ältere Tertiär bestanden hat.

II. Alpiner Jura.

Im Gegensatz hierzu bildet der alpine Jura die inneren, tieferen Teile des Tethysmeeres (Uhlig). Es finden sich hier besonders die Ammonitengattungen: Phyllozeras, Lytozeras, Simozeras stark entwickelt, die in Mitteleuropa selten sind.

Ferner sind gewisse Gesteinsentwicklungen charakteristisch: Die roten Ammonitenkalke, gewisse Brachiopoden- und Krinoidenkalke, die Radiolarienhornsteine, die Aptychenschiefer, die karpathische Flyschfazies, alles Gesteine, die in Mitteleuropa fehlen, während umgekehrt die oberjurassischen Spongitenkalke Schwabens in Südeuropa keine Vertretung haben.

III. Russischer Jura.

Im ganzen europäischen Rußland, Sibirien, arktischen Nordamerika (borealer Jura).

Es fehlt vollkommen Riffkalk. Von Ammonitengattungen sind Phyllozeras, Lytozeras, *Oppelia* sehr selten, während die Avikulidengattung *Auzella* sehr häufig ist.

Die Ablagerungen sind marin und gehen nach oben hin in marine Kreideablagerungen über.

IV. Außereuropäischer Jura:

1. Boreales Jurareich.

2. Mittelmeerreich, das nach Osten in das himalayische Reich übergeht.

3. Japanisches Jurareich.

4. Südändines Jurareich, von Zentralamerika bis Patagonien reichend.

Die ganze Unterscheidung rührt von Uhlig her, der mit scharfem Blick die Verhältnisse erkannt hat.

Paläontologisch ist der Jura die Blütezeit der Ammoniten und Belemniten sowie der großer Meersaurier (Ichthyosaurus, Plesiosaurus). Auf dem Lande besonders Schildkröten, Krokodile, Saurier. Ferner der erste Vogel (Archaeopteryx) tritt auf, sowie kleine Säugetiere.

Nutzbare Fossilien im Jura. Steinkohlen im Lias (Odermündung, Ungarn, Persien, China), Eisenerze in mehreren Niveaus (Aalen, Lothringen, Luxemburg, Cleveland), Asphalt im Malm.

Kreide.

I. Untere Kreide Europas.

II. Obere Kreide Europas.

III. Außereuropäische Kreidebildungen.

Besonders wichtig ist die Gliederung in Deutschland, England, Frankreich, die nachstehend (nach E. Kayser) wiedergegeben sei.

I. Untere Kreide Europas:

Deutschland	England	Frankreich
Gault	Upper Greensand	Albien
Hils und Neokom	Lower Greensand	Aptien
Wealden	Wealden	Néocomien

In Norddeutschland zu unterst der Wealden (Wälderton), eine Süßwasser- und brackische (Mischung von Süßwasser- und Meeresabsätzen bestehende) Ablagerung. Darüber Neokom (marin) und Hils (Süßwasserabsätze). Endlich zuoberst

der Gault (marin). Der Gault ist durch grüne (Glaukonit-) Sandsteine ausgezeichnet.

Hauptverbreitung der unteren Kreide in Deutschland: im Norden des Harzes, im Braunschweigischen und Nordhannover, Hilsmulde, Deister, die Grafschaft Schaumburg, Wesergebirge und Teutoburger Wald.

In Nordfrankreich besonders Ardennen, Zentralmassiv und Bretagne.

Die englische Kreideregion stellt eine Fortsetzung der nordfranzösischen dar.

In Südeuropa findet sich untere Kreide besonders im Dauphiné, in den Alpen und Karpathen.

II. Obere Kreide Europas:

Deutschland	England	Frankreich
Dänische Stufe	Upper Middle Lower } Chalk	Danien
Senon		Sénonien
Emscher Mergel		Coniacien
Turon		Turonien
Zenoman		Cénomaniën

Die obere Kreide ist besonders durch den Gegensatz der Entwicklung der Fauna zwischen Mittel- und Nordeuropa einerseits, Südeuropa andererseits ausgezeichnet.

In Deutschland Aachen und Maastrich, das nordwestdeutsche (niedersächsische) Gebiet, das sächsisch-böhmische Gebiet, Oberschlesien, das Baltikum, die preußische Kreideplatte.

Der Norddeutschen Kreide nahestehend ist die obere Kreide Belgiens, Nordfrankreichs, Englands, Rußlands.

Für die obere Kreide Südeuropas sind vor allem die Absätze der Rudisten (riesige Hippuriten) im ganzen Mittelmeergebiet charakteristisch. Besonders versteinungsreich sind die turonischen Korallenschichten der Gosau in den Ostalpen.

III. Außereuropäische Kreidebildungen.

Hier seien nur die Laramieschichten von Nordamerika erwähnt, eine 2000 m mächtige jungkretazeische Süßwasserbildung.

Petrographischer Charakter der Kreideformation. Besonders häufig sind Tone und Mergel, dazwischen Kalke, Sandsteine und grüne (Glaukonit-)Sande.

Versteinerungen sind im allgemeinen dem Jura sehr ähnlich. Besonders hervorzuheben ist die faunistische Verschiedenheit der nördlichen und südlichen Kreideentwicklung. In der Mitte der Kreidezeit vollzog sich in allen Kontinentalgebieten eine große Meeresüberflutung.

Nutzbare Fossilien der Kreide. Eisenerzlager (Peine, Salzgitter, Bilbao), Phosphorite (Frankreich, England, Podolien usw.), Kohle (Schlesien, am Deister, Osterwald, Obernkirchen, Borgloh usw.), Gänge von Asphalt.

e) Neozoikum.

Tertiär,	}	Diluvium
Quartär		

Tertiär.

I. Alttertiär:

Paläozän,
Eozän,
Oligozän.

II. Jungtertiär:

Miozän,
Pliozän.

I. Alttertiär.

Paläozän in der Nordprovinz und Südprovinz.

Die Nordprovinz reichte von Paris und London über die Niederlande, Dänemark, Schleswig-Holstein bis ins östliche Ostseegebiet, ja wahrscheinlich bis Polen und Südrußland.

Die Südp^ro^vin^z umfaßte das ganze Mittelmeergebiet nebst Nordafrika und reichte nach Osten weit über Indien hinaus...

Hauptverbreitung. Nordfrankreich, England, Deutschland (Holstein, Lichterfelde bei Berlin), Südfrankreich und Spanien, Neu-Mexiko (Puerkoschichten).

Eozän.

Auch hier Nord- und Südbereich.

Der Nordbereich ging von England—Frankreich bis mindestens Pommern.

Der Südbereich umfaßte ganz Südeuropa und Afrika, ging nach Osten bis über Hinterindien hinaus.

Ungeheure Entwicklung der Nummuliten (Riesenforaminiferen), große Seeigel und Schnecken.

Geringe Verbreitung der marinen Fazies in Deutschland.

Oligozän.

Große Verbreitung der marinen Fazies in Deutschland. Starke Transgression zu Beginn des Oligozäns in Deutschland.

Auch in Südeuropa gewinnt das Meer an Umfang.

Erheblich kleinere Nummuliten. Von Säugetieren Paläotherium, Anoplotherium, Anthrakotherium.

Verbreitung. Norddeutschland, Mainzer Becken, Rheinthal, Oberelsaß, Süddeutschland, Pariser Becken, England, Alpen, Apennin, Karpathen, Balkanhalbinsel.

II. Jungtertiär.

Miozän.

Maßgebende Erhebung der Alpen, bedeutende Steigerung des Vulkanismus.

Klima weniger heiß, als im Alttertiär. Erscheinen von Dinotherium, Mastodon, Rhinozeroten und Anchitherium (dreizehiges Pferd).

Verbreitung. Südfrankreich, Deutsche Braunkohlenbildungen, Wiener Becken.

Pliozän.

Abermaliger Rückzug der See. Am Ende der Periode Elephas, Equus, Hippopotamus. Vorherrschen von Eiche, Buche, Pappel, Erle, Ahorn.

Verbreitung: Italien (Piemont und Lombardei), England, Wiener Becken.

Das Tertiär steht der Jetztzeit faunistisch und floristisch näher, als der Kreide. Maßgebend ist besonders die Entwicklung der Säugetiere, in der Pflanzenwelt die der Dikotyledonen.

Die klimatischen Zonen, sowie die jetzige Verteilung von Festland und Meer bilden sich immer deutlicher heraus.

Die wichtigsten heutigen Gebirgsketten (Alpen, Karpathen, Pyrenäen) entstehen.

Dazu kommen massenhafte vulkanische Eruptionen: Basalte, Phonolithe, Andesite.

Anfangs treten noch auf den heutigen Kontinenten marine Ablagerungen mit Kalken und Sandsteinen auf, allmählich aber bilden sich brackische und rein terrestrische Ablagerungen, deren wichtiges nutzbares Fossil die Braunkohle darstellt.

Im alten Tertiär sind marine Bildungen besonders die Nummuliten, terrestrische die Braunkohlen und Böhnerze (Brauneisenerze). Die Pflanzenwelt ist tropisch: Sequoia, Palmazites, Lorbeer, Fikus.

In der Tierwelt herrschen die Säugetiere (Paläotherium und Anoplotherium), ferner Beuteltiere, Nager, Fleischfresser.

Im jungen Tertiär zeigt die Flora einen subtropischen Charakter mit Palmen, Lorbeer, Myrten, Feigen, Pappeln, Ahorn, Nuß, Weiden, Birken, Eichen. Unter den Säugetieren herrschen Dickhäuter (Mastodon, Dinotherium, Rhinoceros); unter den Huftieren Antilopen und Pferde; auch echte Affen erscheinen.

Nutzbare Fossilien des Tertiärs. Braun- und Pechkohle, Petroleum (Elsaß, Hannover, Rumänien, Kaukasus, Indien, Japan, Mexiko), Asphalt (Italien), Steinsalz (Karpathenländer), Eisenerze (Bohnerze), Phosphate; Gold- und Silbergänge in Andesiten (Ungarn und Nevada), Kalisalze im Elsaß.

Quartär.

I. Diluvium (Eiszeit).

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß zu Beginn des Quartärs große Teile von Nordeuropa und von Nordamerika um mehrere hundert Meter höher lagen als heute, und dies kann eine der Ursachen für die Vereisung beider Gebiete gewesen sein (E. Kayser).

Immerhin ist es eine sehr merkwürdige Tatsache, daß auf die warmen Tertiärperioden dieser gewaltige Temperaturrückschlag erfolgte. Allerdings ist anzunehmen, daß dieser Temperaturrückschlag nicht unvermittelt eintrat, wie die Zunahme der nordischen Mollusken in den pliozänen Ablagerungen besonders Englands beweist.

Besonders in Skandinavien entwickelten sich gewaltige Gletschermassen, die den ganzen Norden unseres Kontinentes mit einer Eisdecke überzogen. Die erratischen und glazialen Ablagerungen, die weit nach Süden reichen, sind Relikte hiervon.

Das Klima war nicht nur kalt, sondern auch feucht. Zwischen den Glazialzeiten liegen die wärmeren Inter-glazialzeiten.

Die Fauna zeigt vor allem eine nordische Tierwelt: Mammut, Nashorn, Höhlenbär, Hyäne, Löwe. Auch die gesamte übrige Tierwelt zeigt eine Riesenentwicklung (*Cervus giganteus*, *Bos priscus* und *primigenius* neben wohl entwickelten Wildpferden).

Ferner die südamerikanische Edentaten mit dem Riesenfaultier (*Megatherium*) und dem Riesengürteltier (*Glyptodon*).

Mit Sicherheit sind im Diluvium auch Spuren des Menschen nachgewiesen, der dieser Tierwelt nachstellt.

In den Interglazialzeiten herrschte vielfach trockenes Klima; es bildete sich besonders Löß und Löss. Übrigens gibt es Forscher, wie Geinitz, die die Interglazialzeiten leugnen.

Man unterscheidet folgende 5 Glazialgebiete:

1. Alpines Glazialgebiet,
2. großes nordeuropäisches Glazialgebiet,
3. Zone zwischen Alpen und Skandinavien,
4. Glazialbildungen der Mittelgebirge Deutschlands, Frankreichs, Englands, der Niederlande,
5. außereuropäische Diluvialbildungen (besonders Nord- und Südamerika).

II. Alluvium.

Mit der letzten Eiszeit verschwinden allmählich die diluvialen Faunen, besonders die Dickhäuter, es bilden sich die Verhältnisse der Jetztzeit heraus. Eine scharfe Grenze zwischen Diluvium und Alluvium existiert nicht.

Alle die petrographischen Bildungen der Gegenwart gehören dem Alluvium an.

Im älteren Alluvium waren noch einige seitdem verdrängte Tiere, wie Elen, Wisent, Biber, vorhanden. Von besonderem Interesse ist das Auftreten

des Menschen.

Er trat bereits zur Diluvialzeit auf. Man bezeichnet den Diluvialmenschen auch als paläolithischen Menschen. Ob es schon in vordiluvialer Zeit Menschen gab, ist bisher nicht mit Sicherheit zu beantworten, die Möglichkeit, daß er bereits im Tertiär existierte, besteht zweifellos.

Sichere Reste des Urmenschen fand man besonders in der Grotte von Krapina in Kroatien, noch häufiger in der Dordogne.

Man unterscheidet drei Urrassen (paläolithisch):

- a) Die Neandertal-Spy-Rasse,
- b) die höhere Cro-Magnon-Rasse,
- c) die Grimaldi = negroide Rasse.

Weiterhin gibt E. Kayser folgende Einteilung des Quartärs:

Alluvial	Metallzeit	Eisenzeit Bronzezeit	Myazzeit (Buche, Fichte, Erle)
	Steinzeit	Neolithische = Jüngere Steinzeit	Litorina-Tapes- Zeit (Eiche)
Mesolithische Zeit		Postglazialzeit	
Paläolithische = ältere Steinzeit		Eiszeitalter	
Diluvial			

Nutzbare Ablagerungen des Quartärs: Torf und Diluvialkohlen, Salz, Eisenerze, Zinnstein, Edelmetalle und Edelsteine auf sekundärer (= Seifen-) Lagerstätte.

f) Tabelle, Schluß.

Tabelle nach Credner.

Periode	Formation
des Dominierens der Angiospermen, der Warmblüter, vorzüglich des Menschen	Alluvium
des ersten Menschen; des Dominierens der Angiospermen und Säugetiere	Diluvium Tertiär
des Maximums, der Koniferen, Zy-kadeen und Reptilien; der ersten Laubhölzer, Knochenfische, Vögel und Säugetiere	Kreide Jura Trias

Periode	Formation
des Maximums der Entwicklung der Gefäßkryptogamen; der ersten Vierfüßler	Perm Karbon
des Dominierens der wirbellosen Tiere; ziemlich zahlreicher Knorpelfische und Gefäßkryptogamen	Devon
der wirbellosen Tiere, der ersten Landpflanzen und Knorpelfische	Silur
der Seetänge und wirbellosen Tiere	Kambrium
der Vorläufer der paläozoischen Flora und Fauna	Proterozoikum
ohne Reste organischen Lebens	Archaikum (Urgneisformation)

Schluß.

Wir haben damit die einzelnen geologischen Perioden vom Archaikum bis zum Alluvium in aller Kürze durchlaufen.

Es kann nicht die Aufgabe der vorliegenden Schrift sein, die einzelnen Auffassungen über die Entwicklung der Organismen von ihren schüchternen Anfängen im Eozoikum bis zu ihrer gewaltigen Entwicklung der Neuzeit im einzelnen zu verfolgen. Nur die größten Grundzüge sind herausgehoben worden.

Die eigentlichen Begründer der Geologie sind Werner (1750—1817), sein Schüler Leopold v. Buch (1774—1853) und Alexander v. Humboldt (1769—1859).

Von größtem Einflusse war Lyell (1797—1875), der besonders in seinen „principles of geology“ die Theorie aufstellte, daß die Entwicklung der Organismen allmählich von niederen zu höheren vor sich ging.

Ihm gegenüber stand besonders Cuvier (1769—1832) mit seiner Katastrophen = (Kataklysmen-) Theorie, der behauptete, daß die Lebewesen durch Katastrophen wiederholt vertilgt und späterhin durch höher entwickelte ersetzt wurden.

Das Amüsante ist, daß diese seit langer Zeit verpönte Katastrophentheorie in neuester Zeit wieder durch hervorragende Forscher verteidigt wird.

In Wahrheit wird es sich wohl so verhalten, daß im allgemeinen die Entwicklung vom Niederen zum Höheren ging, daß diese Entwicklung aber wiederholt durch Katastrophen unterbrochen wurde.

Wir sehen hiermit in der Geologie genau das Analogon zur Gesteinskunde, wo die Anhänger des Neptunismus und des Vulkanismus sich heftig befehdeten, bis schließlich herauskam, daß beide Richtungen gemeinsam die Wahrheit repräsentieren.

Das größte Rätsel der gesamten Geologie ist unzweifelhaft das Auftreten der organischen Welt. Es ist völlig ausgeschlossen, daß sich jemals Organisches aus Anorganischem entwickelt habe, wie dies wohl vielfach angenommen wird. Die Entstehung der organischen Welt ist vielmehr zweifellos auf eine Neuschöpfung zurückzuführen. Mag sein, daß diese Neuschöpfung in den Verhältnissen der umgebenden anorganischen Welt begründet lag. Auch dann aber werden wir zu der Annahme gedrängt, daß eine über dem Erdganzen schwebende Macht diese Bedingungen herbeiführte. Auf rein natürlichem Wege sind jedenfalls Geologie und Paläontologie, wie wohl alle Naturwissenschaften, nicht zu erklären, und alle dahin abzielenden Versuche werden sich früher oder später als irrtümlich erweisen.