

## VII. Kapitel.

# Stratigraphie, Paläontologie und Paläogeographie.

Von Dr. H. Vettors (Wien).

---

### I. Stratigraphie, Wesen und Bedeutung für die wissenschaftlichen Studien des Geographielehrers.

Der heutige Zustand der Erdoberfläche ist nur das augenblickliche Ergebnis eines langen und wechselvollen Entwicklungsganges und daher vielfach nur aus seiner Geschichte richtig zu verstehen. Somit ist die Geologie in ihren letzten Zielen auch eine historische Wissenschaft, welche aus dem Studium der jetzigen Beschaffenheit der Erdoberfläche, der Gesteinszusammensetzung, des Aufbaues der Gebirge usw. und durch die Beobachtung der noch heute verändernd auf die Erdoberfläche einwirkenden Kräfte ein Bild der Vergangenheit der Erde, das schrittweise Herausbilden des heutigen Zustandes zu geben trachtet. Aus gleichem Grunde ist auch die Geographie gezwungen, zum richtigen und lebendigen Verständnisse der heutigen morphologischen Formen auf ihre Entstehung zurückzugehen. Daher kommen nicht nur die Ergebnisse der dynamischen und petrographischen Geologie für das geographische Studium, sondern auch die historischen Kapitel (Stratigraphie, Paläogeographie und Paläontologie) als wichtige Hilfswissenschaft in Betracht.

Eine andere Frage — und darauf wollen wir später zu sprechen kommen — ist es, inwieweit diese Zweige der Geologie im Unterricht heranzuziehen sind. Zunächst sollen wenige Worte über die Wichtigkeit der Stratigraphie für die wissenschaftliche Geographie, für die Studien des Lehrers gesagt werden, dann das Wesen der Stratigraphie, die Bedeutung und richtige Wertung unseres üblichen Formationsschemas, das in den kürzeren Lehrbüchern meist einfach als gegebene Sache hingestellt ist, erläutert werden und an Hand von Beispielen gezeigt werden, wie wir zur Unterscheidung dieser Formationen gelangen.

Die Stratigraphie ist die unumgängliche Voraussetzung für das Verständnis des geologischen Aufbaues einer Gegend. Ohne Kenntnis der gegenseitigen Altersverhältnisse der Schichten, welche am Aufbau eines Gebirges Anteil nehmen, läßt sich über ihre Lagerung nichts Genaues sagen.

Hochkomplizierte Lagerungsverhältnisse herrschen in unseren Kettengebirgen (z. B. den Alpen), wie man gerade in der neuesten Zeit mehr und mehr erkennt. Wo eine ruhige Auflagerung der einzelnen Schichtpakete zu bestehen scheint, sind oft große flache Überschiebungen älterer Schichten auf jüngere, also in Wirklichkeit die größten Störungen vorhanden, die höheren, scheinbar jüngeren Schichten erweisen sich im Gegenteil als die älteren.

Hier sind es in erster Hinsicht die Leitversteinerungen, welche uns das wahre Alter der Schichtgruppen angeben und sodann die richtige Beurteilung der Lagerungsverhältnisse vermitteln.

So ist also die Stratigraphie (und soweit sie die Kenntnis der Leitversteinerungen vermittelt, auch die Paläontologie) die erste Voraussetzung für das richtige Verständnis des Gebirgsbaues. Werden auch rein tektonische Fragen immer den Geologen vorbehalten bleiben, so erweist sich doch so oft die Morphologie eines Gebirges in hohem Grade vom innern (tektonischen) Bau abhängig, so daß die tektonische Geologie neben der allgemeinen oder dynamischen Geologie eine wichtige Grundlage für das richtige Verständnis der Morphologie bildet.

Demnach kann der Geograph zum Studium morphologischer Fragen eines gewissen Ausmaßes tektonischer und daher auch stratigraphischer Kenntnisse nicht entraten.

Er kann sogar selbst in die Lage kommen, sich über das Altersverhältnis der einzelnen Ablagerungen eines Gebietes Rechenschaft geben zu müssen. Besonders beim Studium der Heimat stellt sich diese Notwendigkeit öfter heraus, denn nicht über alle Gebiete sind eingehende Detailbearbeitungen erschienen und dem Lehrer leicht zugänglich. Andererseits eröffnet sich gerade da dem Lehrer ein weites und dankbares Gebiet wissenschaftlicher Kleinarbeit. Solche Detailbeobachtungen und ihre Festlegung sind für die Wissenschaft um so wertvoller, als sich ja das Aussehen der verschiedenen Aufschlüsse oft rasch ändert und diese manchmal nach kurzer Zeit schon vollständig verschwinden. Besonders in Gebieten, wo der Geologe auf künstliche Aufschlüsse angewiesen ist (Sandgruben, Lehmgruben, Steinbrüche, Brunnengrabungen usw.), ist das Aufzeichnen aller hier möglichen Beobachtungen von bleibendem Werte. So sind z. B. über das weite niederösterreichische Tertiärgebiet nördlich der Donau seit Jahren keine zusammenhängenden Studien gemacht worden und auch sonst über die wechselnden Aufschlüsse nur spärliche Daten veröffentlicht worden. Dazu braucht der Lehrer eine gewisse Vertrautheit mit der stratigraphischen Untersuchungsmethode.

In vielen Fällen ist es sehr leicht, im einzelnen das Altersverhältnis der beobachteten Schichtglieder klarzustellen. Finden wir in einem Aufschlusse die einzelnen Schichten ungestört übereinander gelagert, also unter Lagerungsverhältnissen, ähnlich denen ihrer Bildung, so ist es einleuchtend, daß jede höhere Schichte später gebildet wurde als die tiefere.

Das Lagerungsverhältnis ist jedoch nicht immer so einfach (konkordante Lagerung), die Lagerung kann auch ungleichförmig sein (diskordant), z. B. wenn einem gefalteten oder aufgerichteten Schichtkomplex andere Schichten flach anlagern oder auflagern (vgl. Fig. 14), dann werden die flach lagernden Schichten als jünger anzusprechen sein als die mit gestörter Lagerung. Oft greifen jüngere Schichten über die Grenzen ihrer normalen Unterlagen noch auf andere, ältere Schichten diskordant über, wir sprechen dann von Transgression (vgl. Fig. 10).

Im ersten Falle ist anzunehmen, daß zwischen der Ablagerung der einzelnen Schichtglieder keine größere zeitliche Unterbrechung stattgefunden hat; ganz besonders dann, wenn die einzelnen Schichten an den Grenzen ineinander übergehen oder wechsellagern. Bei diskordanter Lagerung dagegen muß zwischen der Bildung der älteren und jüngeren Glieder eine gewisse Zeit verstrichen sein, in der die älteren Glieder aus der ursprünglichen Lagerung gebracht wurden (geneigt, gefaltet usw.). Es werden daher zwischen den beiden Komplexen eine Anzahl von Schichten fehlen, die anderweitig in dieser Unterbrechungspause abgelagert wurden. Dasselbe ist natürlich anzunehmen, wenn ein Schichtglied über andere transgrediert. Ist dabei die Unterlage, über die das jüngere Schichtglied transgrediert, bei dessen Bildung in flacher Lagerung

gewesen, so kann es zu einer scheinbaren Konkordanz beider Schichten kommen, doch ist dann immer die Grenze der beiden Schichten scharf, keine Wechselagerung ist zu beobachten, dagegen beginnt das jüngere Glied oft mit einer Lage zertrümmerten Materials der älteren.

Die Zahl der in einem Aufschlusse beobachteten Schichtglieder wird sich durch weitere Untersuchung einer größeren Zahl von Aufschlüssen vervollständigen. Haben wir im ersten Falle eine bestimmte Schichte *a* als jünger erkannt als Schichte *b* und schaltet sich in einem neuen Aufschlusse eine weitere Schichte *c* zwischen *a* und *b* ein, so sehen wir, daß die Schichtfolge im ersten Falle unvollständig war. Ebenso werden wir Schichten antreffen, welche tiefer liegen als die tiefste (älteste) Schichte des ersten Aufschlusses oder umgekehrt höher liegen als die dort jüngsten usw. So ergänzt sich das Bild und schließlich gelangen wir zu einer allgemein gültigen Schichtfolge dieser Gegend (Lokalstratigraphie).

Den sichersten Anhaltspunkt zum Vergleich der Schichten in weiten getrennten Aufschlüssen bieten die Versteinerungen, welche wir in verschiedenen Absatzgesteinen finden. Bei genauem Vergleich der Fossilien der verschiedenen Schichten übereinander zeigt sich bald, daß neben solchen Formen, welche in vielen Schichten vorkommen, auch solche Formen vorkommen, welche nur auf eine oder wenige Schichten beschränkt sind. Die ersteren sind Arten, welche längere Zeit unverändert gelebt haben und verschiedene Wechsel in der Ablagerung überdauerten (persistente Typen). Die letzteren sind Arten, die (relativ gesprochen!) nur kurze Zeit lebten, dann ausstarben oder sich so veränderten, daß wir von einer neuen Art (Tochterart oder sogar -Gattung) sprechen können. Solche „raschlebige“ Arten gewähren natürlich für den Altersvergleich sehr gute Anhaltspunkte, sie sind „Leitfossilien“. Finden wir eine Anzahl von Leitfossilien einer bestimmten Schichte oder Schichtgruppe in anderen Aufschlüssen in anderen Schichten wieder, so können wir doch beide als altersgleich ansprechen. Dadurch sind wir in der Lage, auch Schichtgruppen weiterer Gebiete miteinander zu vergleichen.

Wählen wir, um zu zeigen, wie durch Vergleich verschiedener Gebiete allmählich eine große Schichtfolge und damit Altersfolge gewonnen werden konnte, als Ausgangspunkt Süddeutschland. Geht man vom Schwarzwald in südöstlicher Richtung gegen die Schwäbische Alb, so finden wir nacheinander folgende deutlich voneinander durch die Gesteinsbeschaffenheit, Schichtzusammensetzung sowie den Versteinerungsinhalt verschiedene Schichtgruppen:



Fig. 9. Profil durch die Trias und den Jura Schwabens.

(Nach Kayser, Geologie.)

Zunächst über dem „Urgebirge“, über dem Granit und den kristallinen Schiefen des Schwarzwaldes folgt eine Reihe von bunten, oft rotgefärbten Sandsteinen, Tonschiefer, nur selten kalkigen Bänken mit Landpflanzen, Fährten, spärlich (meist in den Kalkbänken) marinen Formen. Man hat nach dem vorwaltenden Gestein die Gruppe als „Buntsandstein“ bezeichnet.

In der nächsten Abteilung treten hauptsächlich fossilreiche Kalkbänke (und Mergel) auf, die dieser Gruppe den Namen „Muschelkalk“ gaben.

Eine in der Zusammensetzung etwas ähnliche Schichtgruppe wie der Buntsandstein folgt über dem Muschelkalk: bunte Mergelgesteine neben sandigen Schichten, Gips usw.; Landpflanzen, Landtiere sind die häufigsten Fossilien. Nach dem fränkischen Lokalnamen für bunte Mergel wurde die ganze Gruppe als „Keuper“ bezeichnet.

Später, als man erkannt hatte, daß diese drei Schichtgruppen nach der Verwandtschaft ihrer Versteinerungen als größere Einheit (Formation) zusammengefaßt werden können, hat man diese Formation nach ihrer Gliederung in die drei obengenannten Stufen als „Triasformation“ bezeichnet.

Ebenso wurden die über dem Keuper nun folgenden drei Gruppen als eine Formation zusammengefaßt und, da sie den Fränkisch-schwäbischen Jura aufbauen, die „Juraformation“ genannt.

Ihre untere Gruppe besteht aus Tonschiefern, Sanden und Mergeln von vorwiegend dunkler bis schwarzer Farbe, (daher „Schwarzer Jura“), in der mittleren Stufe treten zahlreiche Sandsteine, Kalke, Oolithe von brauner Farbe mit Brauneisenflözen auf, daher „Brauner Jura“, während schließlich die Oberstufe helle Mergel und massige helle Kalke zusammensetzen, die ihren Namen „Weißer Jura“ bedingten. Außer dieser Dreiteilung können noch eine viel größere Zahl von „Horizonten“ unterschieden werden, die alle wieder ihre ganz charakteristischen Leitversteinerungen besitzen.

Dieses Beispiel hat uns gezeigt, wie die Aufstellung und Benennung der Formationen zustande kam. Bei der fortschreitenden Entwicklung unserer stratigraphischen Kenntnisse, nach Untersuchung auch anderer, ferner Gebiete kamen zwar eine Fülle neuer Lokalbezeichnungen für einzelne Horizonte und Untergruppen hinzu, die meisten Formationsnamen blieben aber und werden auch für jene Gegenden angewandt, wo ganz andere Ablagerungsverhältnisse herrschten, daher die historische Bezeichnung oft widersinnig ist. So spricht man auch außerhalb des Jura gebirges von einer Juraformation, „Jura“ schlechtweg, von Trias, wo diese Formation keine Dreiteilung erkennen läßt, z. B. im Alpengebiet, in Amerika usw.

Gehen wir nach Norden in die Rheingegend oder in den Harz, so ergänzt sich unsere Reihe nach unten. Im Rheinischen Schiefergebirge liegt der Buntsandstein nicht unmittelbar auf Urgebirge auf, sondern auf gefalteten und zum Teil wieder abgetragenen marinen Schichten.

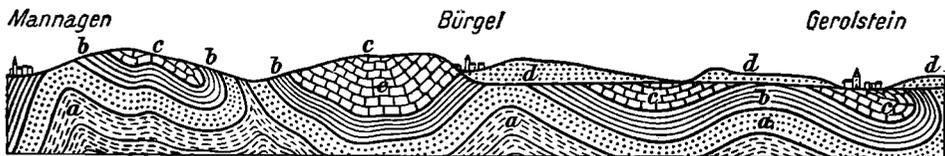


Fig. 10. Durchschnitt durch einen Teil der Eifel.

Nach Baur. (Kayser, Geologie.)

*a* Älteres Unterdevon (Grauwacke), *b* jüngeres Unterdevon (Schiefer und Sandstein), *c* Mitteldevon (Eifeler Kalk), *d* Buntsandstein.

Die unterste Abteilung bilden vorwiegend grobe Sandsteine, Quarzite mit zahlreichen Versteinerungen, besonders Armfüßlern usw. und dunkle Dachschiefer mit Trilobiten, Kopffüßlern und prachtvoll erhaltenen Seesternen (Hunsrück-schiefer); darüber folgen harte und mürbe Grauwackensandsteine, plattige weiße Quarzite, ebenfalls fossilreich, besonders an Armfüßlern (Spirifer). Die mittlere

Stufe ist dagegen überwiegend kalkig entwickelt mit vielen Brachiopoden, Seelilien, Kopffüßlern, Korallen.

Schließlich zeigt die obere Stufe dieser Formation (in unserem Profile nicht vorkommend): Mergel, Dolomite und Schiefer (Goniatitenschiefer mit verkiesten Ammoniten). Diese Formation ist nach der englischen Grafschaft Devonshire als Devonformation bezeichnet worden, ihre Entwicklung ist hier eine ganz ähnliche wie im rheinischen Gebiete. Weiter im Norden vertritt ein mächtiger versteinungsarmer roter Sandstein (Old red sandstone) die Formation. Er ist — im Gegensatze zu den früheren Bildungen — nahe einem alten Festlande gebildet worden. Diese Ausbildung ist in den russischen Ostseeprovinzen, Podolien usw. verbreitet.

Gehen wir nun nach Südwesten in das bekannte Kohlengebiet an der Saar und Nahe, so erkennen wir, daß zwischen diesen Schichten der Devonformation und dem bunten Sandstein noch weitere Gesteinsgruppen einzuschalten sind.

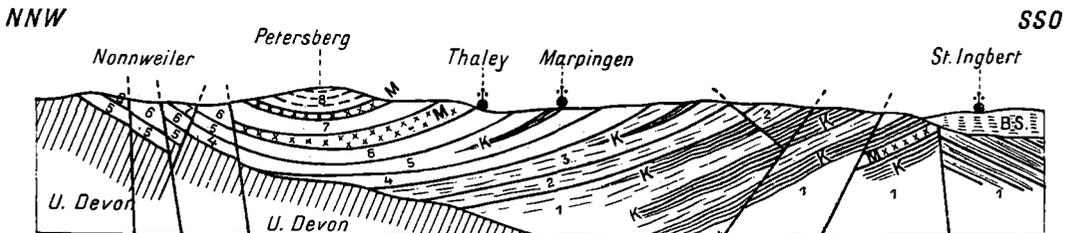


Fig. 11. Durchschnitt durch die Steinkohlenmulde des Saar-Nahe-Gebietes.

Nach Nasse. (Kayser, Geologie.)

1—3 Produktive Steinkohlenformation: 1 Untere und mittlere Saarbrückener Schichten, 2 obere Saarbrückener Schichten, 3 Ottweiler Schichten. 4—7 Unteres Rotliegendes: 4 untere, 5 obere Cuseler Schichten, 6 untere, 7 obere Lebacher Schichten. 8 Oberes Rotliegendes. K Kohlenflöze. M Melaphyrdecken. BS Buntsandstein.

Über den steil aufgerichteten, unterdevonischen Schichten liegt, durch eine Anzahl von Verwerfungen gestört, eine Mulde von verschiedenen Sandsteinen, Konglomeraten, Schiefertönen usw. mit zahlreichen Kohlenflözen. Zahlreiche Pflanzenreste ließen mehrere Floren von ganz altertümlichem Charakter (Fehlen der höheren organisierten Pflanzengruppen, Riesenformen von Kryptogamen aus den Gruppen der Schachtelhalme, Bärlappe und Farne) erkennen und gestatteten eine weitere Gliederung in Unterstufen. In den höheren Schichten treten die Kohlenflöze zurück und in den oberen roten Sandsteinen, Letten usw. fehlen sie ganz. Dagegen sind Decken von Eruptivgestein (Porphyry und Melaphyr) häufig. Im Südosten greift über die unteren flözführenden Schichten unregelmäßig der Bunt-Sandstein des Wasgenwaldes und Hartgebietes über.

Die unteren flözreichen Schichtgruppen wurden als Steinkohlenformation (oder Karbonformation) bezeichnet<sup>1)</sup>.

Der obere rote Sandstein wird zusammen mit einer kalkig-tonigen Schichtgruppe, welche z. B. am Nordabhange des Riesengebirges, am Harz, Thüringer-, Franken- und Odenwald über ihm lagert, als die nächst jüngere Formation bezeichnet. Diese obere kalkige Gruppe enthält im Gebiete zwischen Harz und Thüringerwald eigentümliche bituminöse Schiefer mit fein verteilten Kupfererzen, Schwefelkies, Bleiglanz, welche den Kupferbergbau des

<sup>1)</sup> In neuerer Zeit wird die Grenze meist etwas tiefer gelegt und die oberen Flöze schon zur Permformation gerechnet. Vgl. die Erklärung zur obigen Figur!

Mansfeldischen ins Leben riefen. Man hat nach den Kupferzechen das Gestein als „Zechstein“, den darunter liegenden erztauben Sandstein als das Rote (Tote) Liegende bezeichnet. Nach dieser Zweiteilung wurde die ganze Formation „Dyasformation“ genannt. Da der Zechstein aber nur geringe Verbreitung besitzt, in den meisten Gebieten die ganze Formation nach Art des Rotliegenden entwickelt ist, so hat sich in neuerer Zeit der nach einem russischen Gouvernement gebildete Name „Permformation“ mehr eingebürgert.

In dem gewählten Beispiel der Saarmulde gehen die Karbon- und Permformation ohne scharfe Grenze in einander über. In vielen anderen Gegenden greift das Rotliegende in ähnlicher Weise wie in Fig. 10 und 11 der jüngere Buntsandstein über ältere Schichten transgredierend über und enthält keine Kohlenflöze. Auch die Karbonformation ist nicht überall gleich entwickelt und flözförend. Die tiefere Abteilung (der Kulm), welche in der Saarmulde nicht sichtbar ist, ist in den meisten Gebieten marin (als Kalke, Schiefer mit Meeresfaunen) entwickelt (Fig. 12). In anderen Gegenden (Rußland, Ural usw.) ist die ganze Formation durch marine Kalke vertreten, so daß der eingebürgerte Name „Kohlenformation“ hier wenig zutrifft.

Gehen wir weiter nach Norden in die baltischen Provinzen, nach Skandinavien oder England, so treffen wir paläozoische Gesteine an, mit einer noch älteren Fauna beziehungsweise Flora, als sie in der Devonformation auftreten. Man konnte eine große Zahl von Schichtgruppen mit charakteristischen Faunen unterscheiden. Die tieferen Schichten hat man als Kambrische Formation (nach Cambria, der alten Bezeichnung für Wales) bezeichnet, sie enthalten die älteste bekannte Fauna. Die höheren Schichten wurden (nach dem alten Volke der Silurer, welche zur Römerzeit das westliche England bewohnten) als Silurformation bezeichnet.

Aber auch schon nähere Beispiele zeigen uns diese ältesten Formationen unter den uns schon bekannten devonischen Schichten.

Im Thüringerwald, Fichtelgebirge, Frankenwald und Vogtland finden wir beide Formationen in einer Gliederung, wie sie das beistehende Profil zeigt.

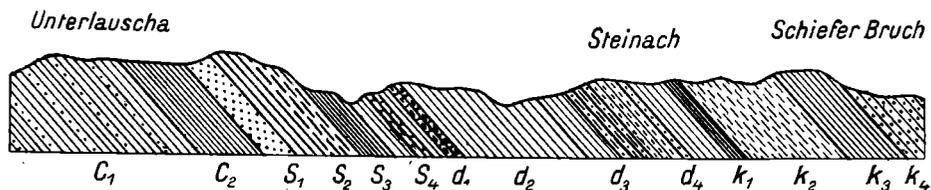


Fig. 12. Durchschnitt durch die paläozoischen Schichten des Steinachtals.

(Nach Credner, Geologie.)

Kambrium:  $c_1$  Quarzite und graugrüne Schiefer,  $c_2$  Schiefer mit Tangen (Phycodes).  
 Untersilur:  $s_1$  Thuringitschiefer,  $s_2$  Griffelschiefer,  $s_3$  Lederschiefer. Obersilur:  $s_4$  Graptolithenschiefer und Ockerkalk. Unterdevon:  $d_1$  Knollenkalk mit Tentaculiten,  $d_2$  Schiefer mit Nereiten und Dachschiefer. Mitteldevon:  $d_3$  Lehmschiefer, Wetzsteinschiefer. Oberdevon:  $d_4$  Cypridinschiefer und Clymenienkalk. Unterkarbon:  $k_1$  Lydit,  $k_2$  schwarze Bröckelschiefer,  $k_3$  Lehestener Dachschiefer,  $k_4$  Kulmgrauwacke.

In Mittelböhmen sind in einer durch zahlreiche Längsbrüche in grabenartigen Streifen zerlegten Mulde die altpaläozoischen nebst präkambrischen Schichten dem kristallinen Grundgebirge aufgelagert. Auch hier konnten wieder schon seit langer Zeit eine größere Anzahl von faunistisch deutlich charakterisierten Stufen unterschieden werden (vgl. das umstehende Profil!).

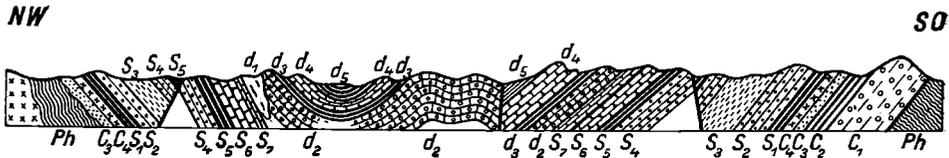


Fig. 13. Schematischer Durchschnitt durch die altpaläozoischen Schichten Böhmens.  
(Nach Katzer.)

*Ph* Phyllit des Urgebirges mit Porphyr. **Kambrium**:  $c_1$  Přibrammer Grauwacke,  $c_2$  Paradoxideschiefer,  $c_3$  Grauwacke,  $c_4$  Diabas und Roteisensteinstufe. **Silur**:  $s_1$  Schwarze Schiefer,  $s_2$  Quarzit,  $s_3$  Grauwackenschiefer, glimmerig,  $s_4$  Graptolithenschiefer,  $s_5$  Cephalopodenkalk,  $s_6$  dunkle plattige Kalke und Schiefer mit Tentaculiten usw. **Devon**:  $d_1$  weißer, fossilreicher Koniepruser Kalk,  $d_2$  Knollenkalk, bunter Kalk,  $d_3$  Tentaculitenschiefer,  $d_4$  Cephalopodenkalk,  $d_5$  dunkle Schiefer und Goniatitenpflanzen usw.

Ferner treten hier unter dem Kambrium noch fossillere phyllitische Schiefer mit Quarziten, Grauwacken, Kalken, Kieselschiefern usw. auf, welche stark gefaltet sind und diskordant von den kambrischen Konglomeraten überlagert werden. Sie gehören einer noch älteren Formation an, die man erst in neuerer Zeit als eigene Schichtgruppe zwischen dem archaischen Grundgebirge und dem Kambrium eingeschaltet hat und als eozoische oder archäozoische Formation bezeichnet. Aus ihr sind nur ganz spärliche, oft fragliche Fossilreste (Protozoen, Cölenteraten, Mollusken, Molluskoiden, Echinodermen, Würmer usw.) bekannt, z. B. aus den Alaunschiefern der Bretagne. Ihre größte Verbreitung haben Ablagerungen dieser Formation in Nordamerika, Skandinavien und Finnland, Schottland. Da, wie gesagt, Fossilien fast immer fehlen, ist für das Erkennen des Alters die diskordante Lagerung gegenüber dem archaischen Urgebirge wie dem Kambrium maßgebend.

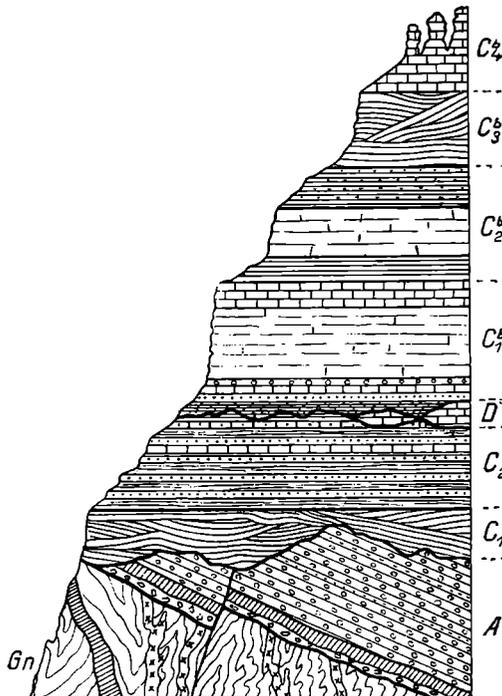


Fig. 14. Durchschnitt durch die Wand des Grand Cañon des Colorado.

(Nach F. Frech.)

*Gn* Archaischer Gneis mit Granit-, Pegmatit- und Diabasgängen. *A* = Algonkian (Eozoische Formation), 400 m mächtig. **Kambrium**:  $C_1$  Unterer,  $C_2$  oberer Torntonsandstein, *D* Devonkalkstein (Denudationsreste). **Karbonformation**:  $C_1^b$  Unterkarbon, Kalkstein.  $C_2^b$ — $C_4^b$  Oberkarbon:  $C_2^b$  Aubrey-Sandstein und Schiefer,  $C_3^b$  weißer Sandstein,  $C_4^b$  Aubrey-Kalk und Dolomit.

Die bisher angeführten Beispiele haben uns die vollständige Reihe der Formationen von der Juraformation und Triasformation abwärts kennen gelehrt. In gleicher Weise können wir diese Reihe nach oben durch die jüngeren Formationen ergänzen, wenn wir uns z. B. von Süddeutschland nach Westen ins Pariser Becken begeben.

Vom Kamme des Wasgenwaldes ausgehend, treffen wir an seinem Westabhange die gleiche Schichtfolge an, wie wir sie am Ostabhange des Schwarzwaldes im ersten Beispiele kennen lernten. Kristallines Grundgebirge, stellenweise darüber das Rotliegende oder sogleich die drei Abteilungen der Trias, dann die Juraformation, welche vom Westende der Ardennen im großen Bogen über die lothringische Hochebene bis zum Nordfuß des französischen Zentralplateaus ziehen und sich dabei gegen das Innere des Pariser Beckens senken, wo sie von einer Reihe jüngerer Formationsstufen überlagert werden.

So folgen im Gebiete der Champagne usw. über der obersten Juraformation Mergel, Tone, Kalke, Sandsteine usw. mit Ammoniten (darunter aufgerollte Formen), Belemniten, Austern usw., darüber Grünsande und weiter beckeneinwärts folgen hauptsächlich Kreide, Kreidemergel und Kalke mit charakteristischen Belemniten, Inoceramen, Ostreen usw.

Man hat nach dem Auftreten dieser Kreideablagerungen, die auch in England und Norddeutschland verbreitet sind, die ganze Formation, als die man diese Schichtgruppen zusammenfaßt, Kreideformation genannt<sup>1)</sup>.

Man pflegt sie ferner in eine obere (die eigentlichen kreidereichen Ablagerungen) und eine untere Gruppe (die sandig-mergeligen Schichten mit reicher Ammonitenfauna usw.) zu trennen und jede wieder nach dem Fauneninhalte in eine Zahl Stufen zu zerlegen<sup>2)</sup>.

Über dem Pisolithkalk mit *Nautilus danicus* usw., welcher den obersten Horizont der Kreideformation bildet, folgen noch weiter gegen das Innere des Beckens marine Sande, Mergel, Kalke (Nummulitenkalk, Grobkalk usw.), welche eine marine Molluskenfauna enthalten, der die in den mesozoischen Formationen verbreiteten Arten und Gattungen, wie Ammoniten, Belemniten usw., vollständig fehlen und deren Muscheln und Schnecken den heute im Mittelmeere und marinen Meeren lebenden Schnecken und Muscheln schon recht ähnlich und verwandt sind.

Diese Schichtengruppen bilden die untere Abteilung der Tertiärformation<sup>3)</sup>, die man auch als Paläogen<sup>4)</sup> bezeichnet hat, welches man wieder in zwei oder drei Stufen einteilt: Paläocän<sup>5)</sup> (oft zur folgenden Stufe gezogen), Eocän<sup>6)</sup> und Oligocän<sup>7)</sup>.

Ganz einen analogen Aufbau zeigt Südengland (Fig. 15).

<sup>1)</sup> In vielen (den meisten) Gebieten, wo gleichalterige Schichten verbreitet sind, fehlen Kreidegesteine (Böhmen, Alpen, Mittelmeergebiet); daher ist der trotzdem gebräuchliche Name Kreideformation wenig zutreffend.

<sup>2)</sup> Die Unterkreide in die Berriasstufe, Valangin-, Hautrive-, Barrême- und Aptstufe, die oft als Neokom zusammengezogen werden und das Albien oder der Gault; die Oberkreide in das Cenoman, Turon, Senon und Danien. Die ersten Namen sind nach südfranzösischen Lokalitäten gebildet, Neokom von Neocomium = Neuchâtel, Cenoman von Cenomanum = Le Mans, Turon von Tours, Senon von Sens im Dep. Yonne. Danien von Dänemark. Gault, engl. Lokalname für fette Tone.

<sup>3)</sup> Der Name stammt aus der Zeit, wo statt paläozoischer und mesozoischer Epoche primäre und sekundäre Epoche gebräuchlich war und die jüngeren Schichten als tertiäre und quartäre Epoche bezeichnet wurden.

<sup>4)</sup> παλαιός- (= palaios) alt und γένος- (= genos) Abstammung, Stamm von γίγνομαι (gignomai) entstehen.

<sup>5)</sup> παλαιός und καινός (= kainos) = neu. (Sande am Bracheu, Tone mit Kohlen.)

<sup>6)</sup> εως (= eos) = Morgenröte, Beginn und καινός. (Unterer und mittlerer Meeressand, Grobkalk.)

<sup>7)</sup> ὀλιγος (= oligos) wenig und καινός. (Gips von Montmartre, oberer Meeressand usw.)

NW

SO

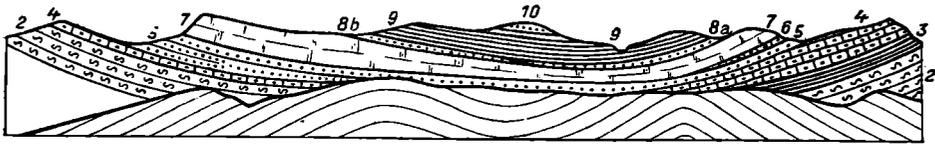


Fig. 15. Profil durch das Londoner Becken.

Nach Whitacker. (Toula, Lehrbuch, 1906.)

1 Älteres Grundgebirge. 2 Oolithmergel (Ob. Jura). 3 Süßwasserschichten der untersten Kreideformation. 4 Unterer Grünsand (Unt. Kreideform), 5 Gault-Mittelkreide. 6 Oberer Grünsand. 7 Weiße Kreide (Ob. Kreideform). 8 Thanetsand und Glaukonitsand (Paläocän). 9 Londonton (Unt. Eocän). 10 Bagshotsande (Mittel-Eocän).

Von den jüngeren Ablagerungen der Tertiärformation, des Neogen<sup>1)</sup>, sind im Pariser Becken nur wenige verbreitet, z. B. südlich von Orléans. Dafür ist in Südfrankreich im Becken der Garonne die vollständige Tertiärformation entwickelt, desgleichen in Belgien am Nordabhange des Devon-Karbonegebirges der Ardennen und als Überlagerung des belgischen Kohlengebietes.

In Deutschland ist im kleinen Mainzer Becken das Oligocän und das untere Neogen, das Miocän<sup>2)</sup>, vorhanden, ebenso in dem „Molasse“-Gebiet des Schweizer Hügellandes. Im benachbarten Rhonebecken trifft man hauptsächlich das Jungtertiär, das man in das tiefere Miocän und Pliocän<sup>3)</sup> zerlegt. Auch die bekannten österreichischen Tertiärbecken erfüllt nur Jungtertiär (Wiener Becken), während das Alttertiär noch zum gefalteten Gebirge gehört.

Mit dem Jungtertiär endet die Reihe der in Europa vorkommenden marinen Ablagerungen. Die noch jüngeren Schotter, Sande, Lehme usw., welche das Jungtertiär der Tertiärbecken vielfach bedecken, sind auf dem festen Lande gebildete, glaziale und fluviatile, zum Teil auch äolische Ablagerungen. So bedecken umgelagerte Glazialschotter (fluvioglaziale Ablagerungen) in weiter Fläche das Tertiär der südbayerischen Hochebene. Deltaschotter nehmen den ganzen innern Teil des Wiener Beckens ein, ein vom Winde angewehter Lehm (der Löß) bedeckt weite Flächen im außeralpinen und inneralpinen Tertiärbecken, desgleichen in Ungarns Ebenen.

Die jüngsten zum Teil noch heute sich bildenden Ablagerungen treffen wir in dem Inundationsgebiete der großen Flüsse, an ihren Deltaküsten. Auch die Dünenbildungen der Flachküsten, die Sand- und Schuttaufläufungen in den Wüsten gehören zu den rezenten Bildungen.

Diese jungen Ablagerungen, mit Ausnahme einiger mariner Ablagerungen an Küsten, welche in der allerletzten Zeit in Hebung begriffen waren, durchwegs Landablagerungen, hat man als die Quartärformation bezeichnet. Die Einteilung in das ältere Diluvium und das Alluvium (Jetztzeit) erfolgt in der Weise, daß man die Bildungen, welche nach der Beendigung der großen Vereisung Europas entstanden sind, zum Alluvium<sup>4)</sup> rechnet. Bekanntlich traten nach dem Ende der warmen Tertiärzeit große klimatische Veränderungen ein, so daß im älteren Quartär große Teile Europas teils vom nördischen Inlandeis, teils durch die großen Gebirgsgletscher vereist waren. Man könnte daher statt

<sup>1)</sup> νέος (= neos) neu und γίγνομαι.

<sup>2)</sup> μείων (= meion) weniger und καινός.

<sup>3)</sup> πλείων (= pleion) mehr.

<sup>4)</sup> Alluvium von alluere = anschwellen.

des wenig passenden Namen Diluvium<sup>1)</sup> besser Eiszeiten oder Eiszeitalter gebrauchen, da ja ein mehrmaliger Vorstoß und Rückzug der Vereisung, also mehrere Kälteperioden, mit wärmerer Zwischenzeit (Zwischeneiszeiten) wechselten. Ihre Zahl wird aus den Alpen mit 4—5, aus den nördlichen Gebieten mit 3, aus Großbritannien mit 6 angegeben.

Paläontologisch charakterisieren das Diluvium die großen an das kalte Klima angepaßten Dickhäuter, Raubtiere usw. Sonst ist die Fauna ganz modern, daher auch der Name Pleistocän<sup>2)</sup> für Diluvium.

So ergänzt sich die im oben genannten Beispiele angeführte Formationsreihe zu dem vollständigen Formationsschema, das wir heute besitzen und das sich, wie die fortschreitenden Untersuchungen zeigten, mit Erfolg für das ganze bisher bekannte Gebiet der Erde anwenden ließ.

Dieses Schema unterscheidet somit folgende Formationen und Perioden:

Perioden:			Formationen:
Neuzeit (Känozoikum)	}	Tertiär	Gegenwart (Alluvium), rezente Fauna und Flora.
			Diluvium (Pleistocän), Eiszeiten.
			Pliocän
			Miocän
Mittelzeit (Mesozoikum)	}	Kreideformation	Oligocän
			Eocän
			Senon
			Turon
			Cenoman
		Juraformation	Gault
			Neokom
			Ober-Jura (= Malm)
		Triasformation	Mittel-Jura (= Dogger)
			Unter-Jura (= Lias)
Altzeit (Paläozoikum)	}	Jüngeres Paläozoikum	Keuper
			Muschelkalk
		Steinkohlenformation (Karbon)	Buntsandstein
			Zechstein ↑
		Devonformation	Rotliegendes
			Produktives Karbon ↑
			Kulm u. Kohlenkalk
		Älteres Paläozoikum	Silurformation
Mittel-Devon			
Unter-Devon			
Old Red. Sandst.			
Kambrium	Silurformation	Ober-Silur	
		Unter-Silur	
		Ober-Kambrium (Olenus-Sch.)	
Urzeit (Archaikum)	}	Mittel-Kambrium (Paradoxides-Sch.)	
		Unter-Kambrium (Olenellus-Sch.)	
			Eozoische Formation
			Azoische Formation (kristalline Schiefer z. T.)

Diese Formationsfolge, welche zunächst aus dem Studium der Gesteinslagerung gewonnen wurde, also eine „Gesteinsfolge“ darstellt, dient dem

<sup>1)</sup> Diluvium von diluere = überschwemmen. Man brachte im Beginne der geologischen Forschungen diese Zeit mit der biblischen Sintflut in Zusammenhang.

<sup>2)</sup> πλειστον (= pleiston) das meiste und καινός.

Geologen zugleich als Zeitmesser. Denn, da jede Gesteinsschichte die Wirkung gesteinsbildender Vorgänge eines bestimmten Zeitabschnittes darstellt, entspricht auch jede der angeführten Stufen einem bestimmten größeren oder kleineren Zeitraume. So ist die Formation aus dem ursprünglichen Begriffe eines größeren Schichtkomplexes zur geologischen Zeiteinheit geworden. Doch gestattet sie nur einen Schluß auf das relative Alter; wir sind nicht in der Lage, diese Einheiten in die uns gebräuchlichen Zeitmaße umzurechnen. Auch entsprechen die einzelnen Formationen absolut nicht gleichgroßen Zeiträumen, die jüngeren Formationen, von denen uns weit mehr Schichten und Fossilien erhalten sind, werden natürlich weit genauer studiert und entsprechen daher weitaus kleineren Zeiträumen als die alten Formationen der obigen Tabelle, die somit eine rein künstliche Einteilung darstellt.

Nirgends auf der Erde finden wir sämtliche Formationen regelmäßig übereinander, wie es dem Schema entspricht, es fehlt bald diese, bald jene Gruppe. Die obigen Beispiele aus verschiedenen Gebieten haben uns gezeigt, wie sich die Vorkommen verschiedener Gegenden ergänzen.

Wir haben dabei auch gelegentlich erwähnt, daß ein und dieselbe Formation oder Stufe in verschiedenen Gebieten oft ganz verschieden ausgebildet ist, z. B. erwähnten wir, daß die Steinkohlenformation im Osten gänzlich marin entwickelt ist, in Deutschland die obere (produktive) Steinkohlenformation eine limnische Landbildung darstellt. Die Triasformation zeigt z. B. in den Alpen nicht die charakteristische Dreiteilung in zwei ufernah gebildete, sandig-tonige Stufen und eine eingeschaltete kalkig-marine Stufe, sondern baut sich über der ähnlich entwickelten Untertrias vorwiegend aus hochmarinem Kalkgestein auf. Die Kreideformation in Böhmen, Sachsen usw. ist im Gegensatz zur weißen Schreibkreide der nördlicheren Gegenden nur aus Sandsteinen und Tonen aufgebaut (Quadersandsteinformation). Am Nordsaum der Alpen und Karpaten wird sie wieder durch ganz anders aussehende Sandsteine und tonig-sandige Schiefer vertreten (Flysch), in den Mittelmeerländern wieder durch harte weiße Kalke mit den eigentümlichen Muscheln der Rudistengruppe. Das Jungtertiär des Wiener Beckens zeigt die altersgleichen, doch so verschiedenen Gesteinstypen des Leithakalkes, Leithakonglomerates, Tegel, Sand usw.

So ändert sich das Aussehen einer Formation je nach den Verhältnissen, unter denen die Sedimente gebildet wurden, und mit den Ablagerungsverhältnissen vielfach auch der Charakter der Fauna. In der Brandungszone eines Meeres wurden grobe Konglomerate und Gerölle gebildet und konnten nur schwerschalige Tierformen leben, die oft in ganzen Bänken vorkommen, in ruhigen Tiefen setzten sich die feinsandigen-tonigen Materialien nieder, lebten zartschalige Tierformen, die Fauna ist artenreicher, das Auftreten der Einzelformen nicht so massenhaft. Andere Formen leben im trüben, schlammigen Wasser einer Flachküste, andere an den Korallenriffen der warmen klaren See usw. Wir bezeichnen das verschiedene Aussehen einer Formation, den stofflichen und faunistischen Charakter je nach den Bildungsumständen als die Fazies und sprechen von litoraler Fazies, Tiefseefazies (pelagische Fazies), limnisch-fluviatiler Fazies (Flußanschwemmungen, Seenablagerung), äolischer Fazies (Dünenbildungen, Wüstenabsätze) usw.

## II. Verhältnis der Paläontologie zur Stratigraphie.

Wir sehen, welch innige Beziehung zwischen der Stratigraphie und dem Teile der Paläontologie besteht, welcher die Kunde von den Leitfossilien

bildet. Ist doch die Paläontologie aus der Geologie, und zwar speziell der Stratigraphie hervorgegangen, und war lange Zeit nur eine Hilfswissenschaft für die letztere. Heute können wir von zwei Teilen der Paläontologie sprechen:

1. der Leitfossilienkunde, deren Wesen und Bedeutung für die stratigraphische Geologie und damit auch für die physikalische Geographie aus den obigen Erörterungen genügend erhellt, 2. der Paläontologie im eigentlichen Sinne des Wortes, welche nach zoologischen (beziehungsweise botanischen) Gesichtspunkten und Methoden die Lebewesen der früheren Perioden studiert, beschreibt, gegenseitige Verwandtschaft und Beziehung zur heutigen Lebewelt, ihre Abstammung und Weiterentwicklung lehrt; und so wie die moderne Zoologie und Botanik das biologische Moment stark berücksichtigt, werden in neuester Zeit auch in der Paläontologie biologische Fragen mehr und mehr berücksichtigt. Es scheint sich in der „Paläobiologie“ ein neuer Zweig zu entwickeln. Diese „reine Paläontologie“ hat demnach die innigste Berührung mit Zoologie und Botanik. Für die Stratigraphie und Geographie kommt sie weniger in Betracht und kann daher hier füglich übergangen werden. Hier handelt es sich darum, 1. ein Gesamtbild der Fauna, beziehungsweise Flora einer Stufe oder Formation zu gewinnen, 2. aus der großen Zahl der Versteinerungen die Formen kennen zu lernen, welche wegen ihres beschränkten Auftretens in einer bestimmten Formation oder Stufe Leitfossilien für diese Stufen darstellen; dann sich besonders mit jenen Leitfossilien vertraut zu machen, welche relativ häufig vorkommen, so daß die Wahrscheinlichkeit, sie zu finden, eine größere ist.

In allen Lehrbüchern, welche die Stratigraphie etwas genauer behandeln, sind daher eine größere Zahl der Leitfossilien genannt und abgebildet.

Eine gewisse Schwierigkeit für das Selbststudium besteht allerdings darin, daß die stratigraphischen Lehrbücher die Leitfossilien meist nur anführen und zum Teil abbilden. Eine genauere Beschreibung der Gattungs- und Artmerkmale wird in der Regel nicht gegeben und man ist darauf angewiesen, diese aus systematisch geordneten Lehr- und Handbüchern der Paläontologie, mitunter sogar aus der Originalliteratur zu suchen, somit gleichzeitig mit mindestens zwei Lehrbüchern zu arbeiten.

Ferner ist es nicht gerade leicht, aus der oft ziemlich großen Zahl der angeführten Leitfossilien, die in den Lehrbüchern angeführt sind, die heraus zu finden, welche in der Praxis, bei geologischen Exkursionen, am häufigsten angetroffen werden, sei es, weil sie eine allgemeine Verbreitung über weite Regionen haben, oder weil sie gerade in den in Betracht kommenden Gegenden, wo der Lehrer wirkt, reichlich vorhanden sind. Wenn es angeht, volkstümliche Worte zu gebrauchen: die „Allerweltsbummler“ und die „Lokaltypen“ sollen wir kennen lernen.

Längere Erfahrung gehört wohl dazu und die Anleitung eines guten, mit der Gegend vertrauten Lehrers ist daher beim Studium der Leitfossilien schwer entbehrlich.

Immerhin wird einem in Bälde eine Anzahl der auffallendsten Typen und ihre stratigraphische Bedeutung vertraut. Bald weiß man, daß die charakteristischen Dreilapperkrebse, die Trilobiten, nur im älteren Paläozoikum in größerer Artenzahl auftreten; in der Steinkohlenformation aussterben, oder daß die Belemniten, deren Scheiden zu den verbreitetsten Fossilresten gehören, nur vom Lias bis zur Oberkreideformation reichen. Die typischen Ammonshörner oder Ammoniten treten in großer Artenzahl in der Trias- und Juraformation und Unterkreide auf und erlöschen in der oberen Kreideformation. Die mit einfacheren Kammer-scheidewänden versehenen primitiveren Gruppen der Goniatiten und Clymenien

sind dagegen Leitformen im jüngeren Paläozoikum (Devon, marines Karbon), während die verschieden gestalteten Nautilidengattungen im Paläozoikum verbreitet sind und nur mit der normal aufgerollten Gattung *Nautilus* in die jüngeren Formationen und die Jetztzeit reichen. Die Foraminiferengattung der Nummuliten ist gar nur auf das Alttertiär beschränkt, also eine wichtige und doch leicht erkennbare Leitform.

So genügt in manchen Fällen schon die Kenntnis der Tierklassen, um eine gewisse stratigraphische Begrenzung vorzunehmen. Viel genauer gelingt dies natürlich, wenn man sich bereits mit dem Aussehen einzelner Gattungen und gewisser Spezies vertraut gemacht hat.

**Paläozoische Leitfossilien:** So lernt man unter den Trilobiten bald die Gattung *Paradoxides* (Fig. 16) als speziell kambrische kennen, zu der in den nordschein Gebieten noch *Olenus* und *Olenellus* als Leitformen kommen.

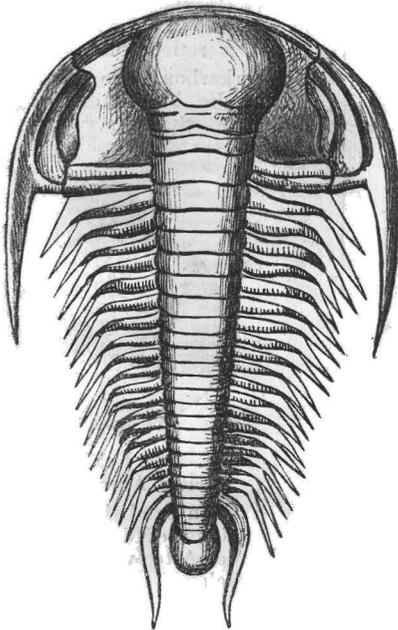


Fig. 16.<sup>1)</sup> *Paradoxides bohecusmira*.  
Kambrium. Kleiner Schwanzschild.  
Pleuren mit langen Spitzen, Kopf  
mit starkem Mittelfeld und deutlichen  
Augenwülsten.

Auf das Untersilur beschränken sich *Asaphus* (Fig. 17), *Illänus*, *Trinucleus* (Fig. 18) u. a., während die meisten obersilurischen Gattungen, wie *Acidaspis*, *Cheirurus*, *Bronteus*, *Harpes*, ins Devon hinüberreichen. *Phacops* und *Dalmania* dagegen sind rein devonische Typen, im Karbon ist *Philippsia* der letzte Nachkomme des Stammes.

Auch von den Nautiliden<sup>2)</sup>, der durch ihren Formenreichtum nächst

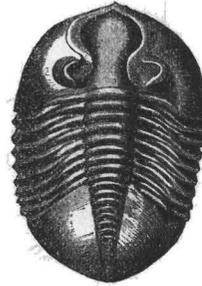


Fig. 17. *Asaphus expansus*.  
Untersilur. Kopf- und  
Schwanzschild groß,  
Pleuren glatt.

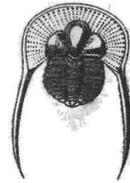


Fig. 18. *Trinucleus Goldfossi*.

Untersilur. Charakteristisch die langen Hörner des Kopfschildes, Wangen und Mittelfeld drei hohe Höcker.

wichtigsten Tiergruppe des Paläozoikums, lassen sich eine Zahl von Leitformen leicht erkennen und merken. Von den geradgestreckten Orthoceratiten ist für

<sup>1)</sup> Die Fossilabbildungen Fig. 16—73, sind aus F. Löwl, Geologie, Fr. Deuticke, Wien, 1906 entnommen.

<sup>2)</sup> Nach dem Typus des lebenden Perlmutterbootes (*Nautilus pompilius*) gebaut, unterscheiden sie sich von den Ammonshörnern hauptsächlich durch die einfachen, wenig gebogenen Scheidewände der Luftkammern, geringe Schalenverzierung und die meist zentrale Lage des Siphokanals.

das Untersilur Endoceras (mit sehr dickem Siphokanal), *Lituities* (Fig. 19) wichtig. *Orthoceras* selbst (mit engem Siphokanal Fig. 20), das bogenförmige *Cyrthoceras*, *Pragmoceras* mit verengter Mündung, *Gomphoceras* (dick und kurz) mit T-förmiger Mündung u. a. sind obersilurische Leitformen.

Zu den Nautiliden kommen im Devon die primitivsten Vertreter der Ammonoidea, die *Goniatiten*, deren Schale vielfach mit der des *Nautilus*



Fig. 19. *Lituities lituus*.  
Der gestreckte Teil unvollständig.

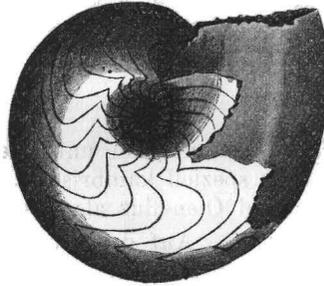


Fig. 21. *Goniatites intumescens*.  
Obersilur. Schale zum Teil abgesprengt.

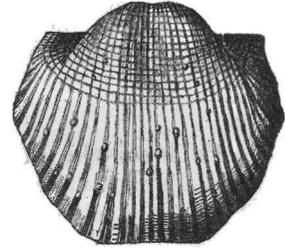


Fig. 25. *Productus semi-reticulatus*.  
Oberkarbon. Die Warzen sind die Ansatzstellen der Stacheln.



Fig. 20. *Orthoceras tumidum*.  
Obersilur. Schale abgesprengt, Unten Septum mit Siphokanal.

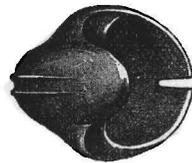


Fig. 22. *Bellerophon bicarenus*.  
Karbon.



Fig. 23. *Tentaculites ornatus*.  
Obersilur. Vergrößert.

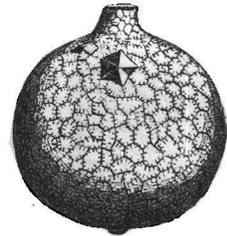


Fig. 26. *Echinospaerites Aurantium*.  
Oben der halsartig verlängerte Mund, darunter der After von 5 pyramidalen Klappen, daneben die Genitalöffnung. Unten die warzenförmige Anhaftstelle.

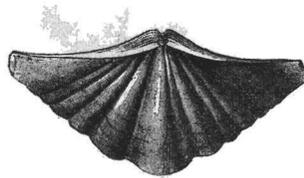


Fig. 24. *Spirifer speciosus*.  
Mitteldevon. Die Armgerüste sind erst nach Aufbrechen der Schalen sichtbar.

Ähnlichkeit hat, deren Kammerscheidewände einfache, winkelig gebogene Naht zeigen, daher auch der Name (vgl. Fig. 21). Sie setzen sich ins Karbon

und Perm fort und gehen in die echten Ammoniten des Perm und Mesozoikums über.

Die übrigen Mollusken (Muscheln und Schnecken) sind als Leitfossilien weniger wichtig. Eine leicht erkennbare, ausschließlich paläozoische Schneckenfamilie sind die *Bellerophontiden* mit symmetrisch aufgerollter Schale und

geschlitzter Außenlippe. Bellerophon (Fig. 22) besonders im marinen Karbon und Perm.

Wichtig sind die Tentakuliten, kleine, kegelige mit Querringen verzierte Röhren, die im Silur und Devon oft massenhaft auftreten. Wahrscheinlich gehörten sie Pteropoden (oder Flügelfüßlern) an (Fig. 23).

Dagegen haben die Armfüßler oder Brachiopoden<sup>1)</sup> im Paläozoikum ihre größte Entwicklung. Hornige, schalenlose Formen erscheinen schon im Kambrium, die schloßtragenden Kalkschalen sind erst vom Silur an häufig, doch fällt ihre Bestimmung dem Anfänger nicht leicht.

Besonders auffällig sind die im Obersilur beginnenden Arten mit großem, spiralgewundenem Armgerüste, die im folgenden Devon und Karbon ihre Blütezeit erreichen und auch noch aus dem Perm bekannt sind. Z. B. Spirifer (Fig. 24).

Eine im Karbon und Perm wichtige Leitform ist die Gattung Productus, die an der stark gewölbten Bauchklappe, geradem Schloßrand und dem Besitz hohler Stacheln leicht zu erkennen ist (Fig. 25).

Von den übrigen wirbellosen Tierstämmen wird der Geograph nicht so viele auch für den Nichtfachmann leicht erkennbare Leitformen finden. Von den Stachelhäutern tritt im Kambrium bis Karbon die primitive Gruppe der Cystoideen oder Beutelstrahler von kugelig bis beutelförmiger Gestalt mit zahlreichen, unregelmäßig angeordneten Platten auf. Sie sind aber nur in manchen untersilurischen Ablagerungen als Leitformen wichtig, z. B. Echinospaerites (Fig. 26).

Von Obersilur und Devon an treten dann auch zahlreiche Crinoiden (Haarsterne oder Seelilien) auf. Wohlerhaltene ganze Exemplare sind nicht zu häufig, massenhaft treten dagegen die Stielglieder auf; und es ist nicht unwichtig, die Gestalt der Stielglieder einiger der häufigsten Leitformen kennen zu lernen. So z. B. besitzt Cupressocrinus des Devon vierseitige kurze Stielglieder mit fünf Nahrungskanälen, Ctenocrinus flache sanduhrförmige Glieder, die besonders im Negativ als Steinkerne im Unterdevon häufig sind usw. Die übrigen Familien Seesterne, Seeigel kommen nur ganz lokal als Leitfossilien auch für den Geographen in Betracht.

Unter den palaeozoischen Korallen<sup>2)</sup>, die vom Obersilur an vielfach massenhaft vorkommen, geben einige größere Einzelformen gute Leitfossilien ab. Z. B. Zaphrentis (Fig. 27), Streptelasma, bei dem man die fiederstelligen Septen durchschimmern sieht, Ophyma mit kreuzweise stehenden Hauptsepten, zahlreiche Böden im Kelchraum, Wurzelanhänge; alle silurisch. Höchst auffällige Formen sind die gedeckelten Arten, wie Calceola aus dem Devon mit pantoffelartiger Gestalt (Fig. 28), Goniophyllum mit vierteiligem Deckel aus dem Obersilur.

Die zweite wichtige Korallengruppe sind die ihrer systematischen Stellung nach noch zweifelhaften Tabulaten; stockbildende Formen mit röhrenförmigen oder prismatischen Zellen, fehlenden oder ganz schwach angedeuteten Sternleisten und zahlreichen Querböden.

Im Devon und Obersilur sind massige Stöcke von Favosites (Fig. 29) häufig.

<sup>1)</sup> Der Name ist wegen der blattförmigen Spiralarms gegeben, welche als Kiemen und Organ zum Herbeistrudeln der Nahrung für die festsitzenden Tiere dienen. Meist sind sie durch ein größeres oder kleineres Kalkgerüst gestützt. Sie nehmen den größten Raum innerhalb der Schale ein, deren beide symmetrische Klappen bauchwärts und rückwärts liegen (nicht seitlings wie bei den Muscheln). Die Bauchklappe besitzt eine Öffnung für einen Haftstiel, die meist in einer schnabeligen Verlängerung liegt.

<sup>2)</sup> Sie gehören zur Gruppe der Tetrakorallen, bei denen die Sternleisten nicht radiär und sechszählig, sondern meist symmetrisch angeordnet sind, daher vierzählig.

Ähnliche Stöcke bildet sehr häufig im Kohlenkalk die Gattung *Chaetetes*, deren prismatische Zellen sehr dünn und lang sind. An unsere lebenden Orgel-



Fig. 27. *Zaphrentis cornucopiae*.

Karbon. Oben das lange Hauptseptum, unten Gegenseptum, links und rechts je ein Nebenseptum.

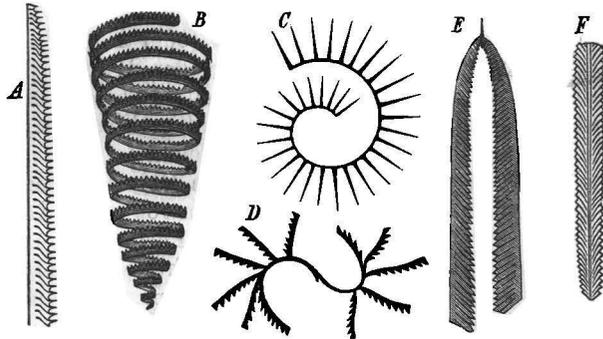


Fig. 30. Graptolithen.  
(Nach Steinmann.)

*A* *Monograptus colonus*, Obersilur. *B* *Monograptus turriculatus*, Obersilur. *C* *Rastrites Linnei*, Obersilur. *D* *Coenograptus gracilis*, Untersilur. *E* *Didymograptus Murchisoni*, Untersilur. *F* *Diplograptus palmeus*, Obersilur.



Fig. 28. *Calceola sandalina*.

Deckel entfernt, so daß die schwachen fiederigen Septen sichtbar sind.



Fig. 29. *Favosites gotlandica*.  
Obersilur.



Fig. 31. *Fusulina cylindrica*.  
Karbon. Von der Seite und der Mündung.

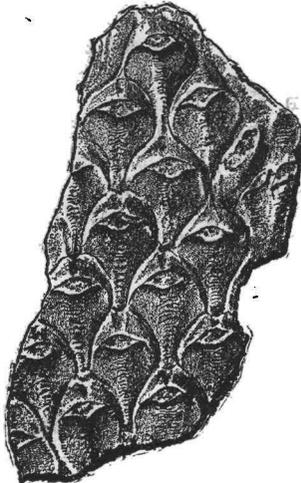


Fig. 32. *Lepidodendron Volkmanni*.  
Karbon. Blattnarben in diagonalen Reihen.

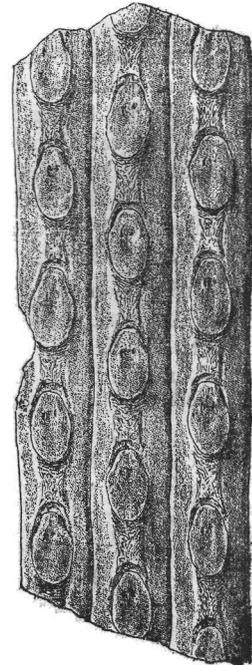


Fig. 33. *Sigillaria elongata*.  
Oberkarbon. Blattnarben in vertikalen Reihen.

korallen erinnert *Halysites* oder die Kettenkoralle, bei der die Röhren in gewundenen sich kreuzenden Reihen verwachsen sind. Im Obersilur eine häufige Leitform.

Sehr wichtig als Leitfossilien sind die ausgestorbenen, auf das Silur beschränkten Graptolithen; in einigen Gebieten sind Graptolithenschiefer (Tiefseebildung) die einzigen Fossilhorizonte<sup>1)</sup>.

Nach der Gestalt der Rhabdosomen werden eine größere Zahl von Gattungen und Arten unterschieden (Monograptus mit einer, Diplograptus mit zwei Zellreihen, Rastrites spiralgewunden, Phyllograptus vierreihig und breit blattförmige usw.) Fig. 30.

Von den Urtieren sind nur die kalkschaligen Foraminiferen wichtig. Die verhältnismäßig größeren Gattungen Fusulina (Fig. 31) und Schwagerina, erstere spindelförmig, letztere kugelig aufgerollt mit vollständig sich umhüllenden Umgängen und Längsscheidewänden, treten im marinen Karbon gesteinsbildend auf.

Die höheren Wirbeltiere, welche in Silur und Devon mit den eigenartigen Panzerfischen und Schmelz-

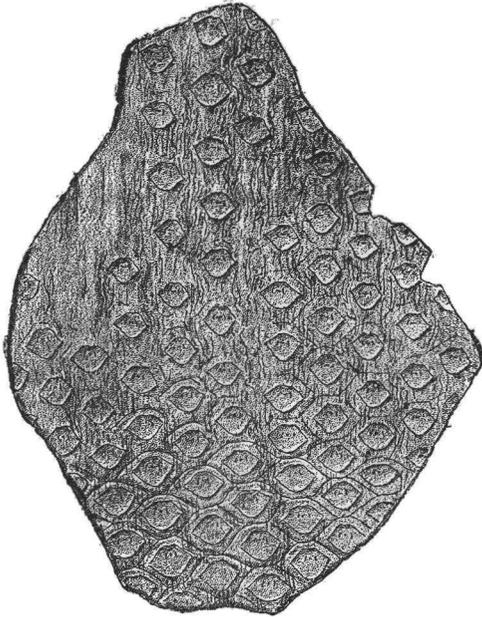


Fig. 34. *Subsigillaria Brardi*. Perm.  
Blattpolster gegen oben hin ohne scharfe  
Begrenzung, Rinde ungefurcht.

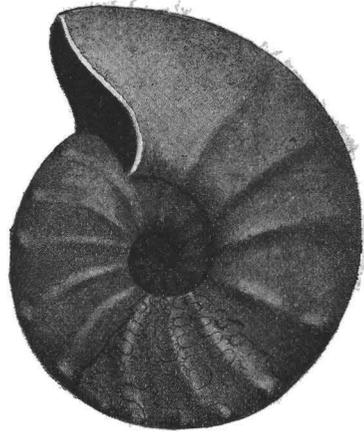


Fig. 35. *Ceratites nodosus*.  
Mitteltrias; mit vollständigem Mundrand.  
Schale fehlt, daher Lobenlinien sichtbar.

schuppen beginnen, zu denen im Karbon und Perm noch Amphibien und Reptile kommen, haben wir bei unserer Besprechung weggelassen, da sie nur selten und lokal als Leitformen in Betracht kommen.

Dagegen spielen Pflanzenreste in den Landablagerungen des Paläozoikums — besonders im produktiven Karbon und Perm — eine so große Rolle als Leitfossilien, daß das Erkennen der wichtigsten Gattungen auch für den Geographen unentbehrlich ist.

Eine karbone Flora von den Floren der jüngeren kohlenführenden Horizonte (z. B. terrestrischer Ober-Trias und Lias) zu unterscheiden, ist nicht besonders schwer. Leicht erkennt man die Calamitenschäfte an der längsgestreiften und

<sup>1)</sup> Man schließt diese zweifelhafte Gruppe jetzt meist an die Hydrozoenpolypen an. Die chitinösen Gehäuse, die auf dem Schiefer meist nur durch die Färbung erkennbar sind, stellen kleine becherförmige, ein- oder mehrreihig an eine gemeinsame Achse angereihte Zellen dar. Diese Kolonien waren vermutlich in größerer Zahl an einem quallenartigen Schwimmtier oder an einer Haftscheibe befestigt. Diese sind aber sehr selten erhalten, die stabförmigen Kolonien (Rhabdosomen) massenhaft.

quergegliederten Oberfläche, obgleich sie meist im zusammengequetschten Zustand erhalten sind. Nicht selten sind auch die wirtelig gestellten einfachen Blätter (im Gegensatz zu den Schachtelhalmen sind sie nicht zu einer Scheide verwachsen!), welche als *Annularia* bezeichnet wurden.

Unter den bärlappartigen Formen sind die Schuppenbäume (*Lepidodendron*) und Siegelbäume (oder *Sigillarien*) nach der Rindenbeschaffenheit leicht kenntlich (Fig. 32—34).

Die Stigmarien genannten Wurzelstöcke sind bei beiden ähnlich, mit runden, weit stehenden Wurzelnarben bedeckt. Diese drei Gattungen genügen meist, um eine karbonisch-permische Flora zu erkennen. Farne, welche massenhaft vorkommen, treten auch noch in jüngeren Floren auf. Außer einigen Gymnospermen (besonders *Cordaites*) fehlen höhere Pflanzenformen, die dafür in den jüngeren Floren dominieren.

**Mesozoische Leitfossilien:** Unter den Leitfossilien des Mesozoikums sind die Ammoniten weitaus die wichtigsten. Ihre große und rasche Veränderlichkeit und weite regionale Verbreitung macht sie zu ganz vorzüglichen

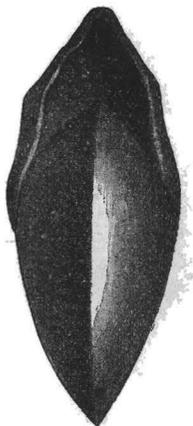


Fig. 36. *Arcestes gigantogaleatus*.  
Obere Trias. Von der Externseite gesehen.



Fig. 37. *Pinacoceras Metternichi*, verkl.  
Von der Mündung gesehen.

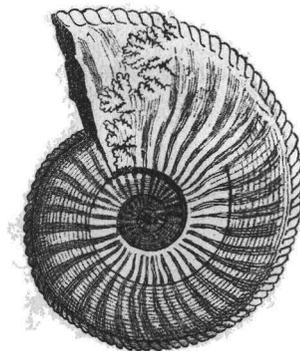


Fig. 38. *Amaltheus margaritatus*.  
Unterer Lias. Zopfkiel, stark zerschlitzte Lobenlinie.

Leitformen. Die Zahl der bekannten Arten ist jedoch eine ganz gewaltige und erfährt fortwährend noch Zuwachs. Auch nur die wichtigsten Leitformen zu nennen, führt weit über den Rahmen unseres Kapitels und muß dem Studium stratigraphischer und paläontologischer Werke überlassen bleiben. Wir nennen und bilden nur einige Arten ab, um eine Vorstellung der Formenmannigfaltigkeit zu geben.

Leitform in außeralpinem Muschelkalk ist *Ceratites* (Fig. 35), durch die einfache Lobenlinie mit runden Sätteln und gezähnelten Buchten charakterisiert. Von der Artenfülle der alpinen Trias, besonders in den Hallstätter Kalken, einer Lokalfazies, seien hier nur einige Gattungen angeführt, wie:

*Arcestes* mit breiter bis kugelig, engnabeliger Schale, fein zerschlitzter Lobenlinie mit engen Stämmen (Fig. 36).

Cladiscites, ungenabelt, abgeplattet, spiral gestreift, Lobenlinie stark verästelt, Sättel<sup>1)</sup> ganz dünn.

Trachyceras, reich verziert durch gespaltene Rippen und spiral angeordnete Knoten, Furche auf der Außenseite.

Pinacoceras (Fig. 37), engnabelig, sehr schmal mit scharfer Außenseite, zahlreiche, überaus fein zerschnittene Loben und Sättel.

Sehr zahlreich und formenreich sind die Ammoniten ferner in der Juraformation, sowohl des alpinen wie außeralpinen Gebietes, vertreten.

Als liasische Gattungen seien erwähnt: Arietites (besonders Unterlias), weitnabelig, Außenseite mit einem Kiel zwischen zwei Furchen, radiale Rippen,

Amaltheus mit knotigem Kiel (Fig. 38). Ähnlich ist Oxynoticeras mit scharfem Externkiel.

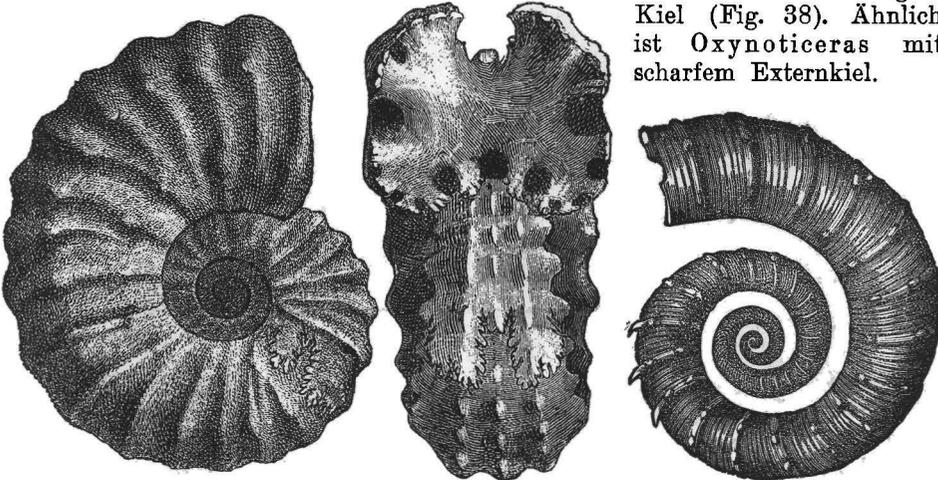


Fig. 39. *Acanthoceras rotomagense*.  
Mittlere Kreideformation. Rücken mit 3 Knotenreihen.

Fig. 40. *Crioceras Duvali*.  
Untere Kreideformation.

Andere im Lias beginnende Arten reichen auch in den Dogger und Malm und können daher nur in den Spezies als Leitformen dienen, so *Harpoceras* mit sichelförmigen Rippen und Zuwachslinien; ferner die im ganzen alpinen Jura häufigen Gattungen *Phylloceras*<sup>2)</sup> und *Lytoceras*<sup>3)</sup>. Besonders im Oberjura verbreitet sind die Gattungen *Aspidoceras* (mit dicken Umgängen, Rippen auf den ersten, ein bis zwei Knotenreihen auf den späteren Umgängen, Lobenlinien mit breiten Sätteln), dann *Perisphinctes* (weitnabelig, Rippen zahlreich, außen zwei- oder mehrfach gegabelt und mit fein zerschnittener Lobenlinie), *Virgatites* mit vierteiligen, einseitig bündelförmigen, durch tiefe Furchen getrennten Rippen, ist besonders im russischen Oberjura häufig, wo die Schale oft noch mit Perlmutterglanz erhalten ist.

Von den Ammoniten der Kreideformation ist *Hoplites* weitnabelig, mit gespaltenen, am Nabel und am Rande der glatten Außenseite geknoteten Rippen. Lobenlinie sehr fein zerschlitzt; in der Unterkreide häufig. Ebenso die schon im Oberjura auftretende, weitnabelige, dicke Gattung *Holcostephanus*

<sup>1)</sup> Die nach vorn gerichteten Ausbuchtungen der Lobenlinie heißen Sättel, die nach rückwärts gerichteten Einbuchtungen Loben.

<sup>2)</sup> Nach den blattförmigen Enden der stark zerteilten Sättel benannt. Schale engnabelig gerundet, meist glatt.

<sup>3)</sup> Die gerundeten Umgänge berühren sich wenig oder lösen sich ab, daher der Name. Glatt oder fein gestreift, stark geschlitzte zweiteilige Sättel.

ausgezeichnet durch dichte Rippenbündel, die mit einem Nahtknoten beginnen. In der mittleren und oberen Kreide ist ferner *Acanthoceras* (Fig. 39) zu finden, breite Formen mit einfachen oder gespaltenen, nach außen verdickten und geknoteten Rippen.

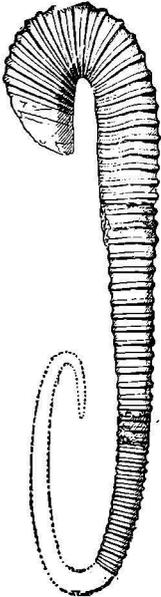


Fig. 41. *Hamites rotundatus*.  
Untere Kreideformation.

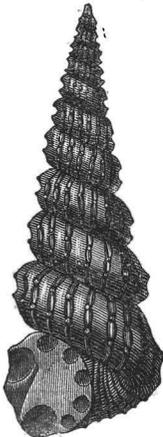


Fig. 42. *Turritites catenatus*.  
Untere Kreideformation.

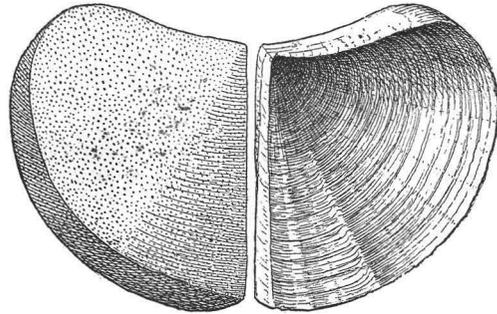


Fig. 43. *Aptychus laevis*.  
Oberer Jura, von außen und innen.  
(Nach Zittel.)



Fig. 44. *Belemnites minimus*.  
Untere Kreideformation.

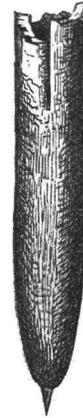


Fig. 46.  
*Belemnitella mucronata*.  
Obere Kreide. (Bauchseite.)

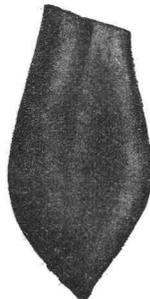


Fig. 45. *Belemnites (Duvalia) dilatatus*.  
Untere Kreideformation.

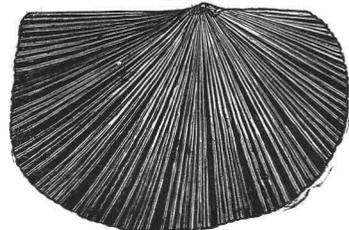


Fig. 47. *Halobia Lommeli*.  
Mittlere alpine Trias.

Leicht kenntlich ist die oft durch Riesenformen von ein bis mehrere Meter Durchmesser vertretene oberkretazische Gattung *Pachydiscus*.

Sehr auffallend sind ferner die in der unteren und zum Teil auch oberen Kreide auftretenden sogenannten Nebenformen der Ammoniten, bei denen die

Schale keine geschlossene Spirale bildet, sondern die Umgänge sich voneinander ganz oder teilweise ablösen.

Formen mit aufgelöster Spirale, *Crioceras* (Fig. 40), sind typisch für die Unterkreide, desgleichen die Formen, bei denen sich überdies der letzte Umgang gerade streckt und dann hakenförmig umbiegt, *Ancyloceras*.

*Scaphites*, mit einem engnabeligen, involuten Gehäuse, von dem sich nur der Schlußumgang ablöst und kahnförmig umbiegt, tritt in der mittleren und oberen Kreide auf.

Der stabförmige, gerade *Baculites* (also bis auf die verzweigte Lobenlinie ganz dem *Orthoceras* ähnlich) ist besonders in der Oberkreide häufig (*Baculiten-Tone!*).

*Hamulina* und *Hamites* (Fig. 41), ein- oder zweimal hakenförmig gebogen, sonst ziemlich gerade und *Turrilites* (Fig. 42), eine schneckenartig hochgewundene Form mit gerippten Umgängen, treten gleichfalls in der Kreideformation auf.

Während die Kenntnis der Ammoniten schon größere Studien erfordert, sind die in manchen Schichten, besonders in dem Mergel des obersten alpinen Jura und der Unterkreide, die zweiklappigen Ammonitendeckel oder *Aptychen* (Fig. 43) leicht erkennbare Fossile und wegen ihrer Verbreitung auch für den Geographen wichtig. So ist *Aptychus lamellosus*, länglich, mit leicht geschwungenen Längsfalten, für den obersten Jura; *Apt. Didayi* etwas kürzer, mit scharfen, hakenförmigen Falten, für die unterste Kreide charakteristisch. Beide gehören zu ziemlich hochmündigen Ammoniten. Der dicke und breite *Aptychus laevis*, ebenfalls eine oberjurassische Form, gehört zu den breiten *Acanthoceras*-formen.

Eine zweite, als Leitfossilien für die Jura- und Kreideformation wichtige Kopffüßlergruppe sind die *Belemniten*, die Vorfahren der heutigen zwei-kiemigen Tintenfische (*Sepia*, *Loligo* usw.) und selbst vielleicht aus den *Orthoceren* des Paläozoikums hervorgegangen. Die Schale war bei ihnen wie bei den Lebenden bereits zu einem Innenorgan geworden und vom Mantel gänzlich verhüllt. Die vollständige Schale bestand aus einem gekammerten Hohlkegel, der nach vorn in einen löffelförmigen Schulp auslief und dessen Spitze in eine massive radiaifaserige, zylindrische, kegelförmige oder keulenförmige Kalkscheide oder *Rostrum* eingesenkt war. Meist ist nur das massive *Rostrum* fossil erhalten. Wegen ihres häufigen Vorkommens auch in sonst versteinungsarmen Ablagerungen und ihrer großen Verbreitung sind sie für den Geologen im Felde für die erste Orientierung von großer Wichtigkeit, obgleich sie sich oft nicht näher bestimmen lassen. *Belemnitenrostren* auch im schlechtesten Erhaltungszustande mit Sicherheit als solche zu erkennen, gehört zum ABC des Geologen sowie jedes Geographen, der mit mesozoischen Ablagerungen zu tun hat. Sie reichen, wie schon gesagt, nur vom Unterjura bis zur Oberkreide. Als ihr Vorläufer kann die in der Trias (besonders Hallstätter Kalken) auftretende Gattung *Aulacoceras* gelten, welche noch sehr *Orthoceras* ähnlich ist, zumal sich meist nur die großen gekammerten Hohlkegel oder *Phragmocone* vorfinden, die kleineren keulenförmigen Rostren selten sind.

Bei den echten *Belemniten* ist das Größenverhältnis zwischen Scheide und *Phragmocon* umgekehrt. Die Form der Scheide allein gestattet oft schon einen Schluß auf das nähere Alter und man hat eine Anzahl von Untergattungen aufgestellt. So sind Rostren ohne alle Furchen nur im unteren Lias vertreten (*Pachyteutis*); solche mit zwei oder drei kurzen Furchen an der Spitze kommen vom Mittellias bis zur Unterkreide vor. Rostren mit zwei tiefen seitlichen Furchen, kurzer oder fehlender Venturfurche (*bipartite* Bel.)

von Oberlias bis Unterkreide, Rostren mit langer Ventralfurche (canaliculate Bel.) von Dogger bis Mittelkreide (Fig. 44). Die seitlich breitgedrückten Rostren der Untergattung *Duvalia* (Fig. 45) sind für den obersten Jura und die Unterkreide, die Untergattung *Actinocamax* und *Belemnitella* (Fig. 46), beide mit kurzer, aber tiefer Ventralfurche am oberen Rande und zylindrischer (bisweilen vierseitig abgeplatteter) Scheide, sind Leitformen für die Oberkreide.

Die übrigen Mollusken, wie Muscheln und Schnecken, sind im Mesozoikum zwar zahlreich vertreten, aber doch spielen nur einige Gattungen eine solche Rolle als Leitfossilien, wie die Ammoniten und Belemniten, denn die Mehrzahl der Formen gehört langlebigen, im Laufe der Zeit sich nur wenig ändernden Gattungen an. Einige Ausnahmen wollen wir nennen: Aus der Familie der einmuskeligen Aviculiden sind die Gattungen *Halobia* (Fig. 47) flache, radial gerippte Formen mit geradem, langem Schloßrand, und *Monotis*, (schräge Form, nach hinten verlängert, kurzer gerader Schloßrand und deutliches Hinterohr, ebenfalls radial gefasert), in der Trias kosmopolitisch verbreitet und erfüllen in den alpinen Triasschichten oft ganze Bänke.

Die gleichfalls zu dieser Familie gehörigen Aucellen mit dünnen, konzentrisch gerippten Schalen, kleinem, zahnlosem Schloß, gewölbter linker Klappe mit eingerolltem Wirbel und flacher rechter Klappe sind Leitformen des obersten Jura und der unteren Kreideformation, besonders im russischen Gebiete. Als Leitformen in der mittleren und oberen Kreideformation, besonders der außeralpinen, sind die gerundeten meist konzentrisch gefalteten *Inoceramen* mit deutlich quergefaselter Schale häufig, z. B. der grobgefaltete große *I. Bronyniarti* im böhmisch-sächsischen Turon, der feiner gefaltete *I. Crispi* besonders im Senon (Fig. 48), (auch in der alpinen Kreideformation.)

Auch unter Austern sind eine Anzahl guter mesozoischer Leitformen. So *Gryphea* (Fig. 49), die eine flache Deckelklappe und große linke Klappe mit eingerolltem Wirbel besitzt. *Exogyra*, ähnlich, ungleich klappig, beide Wirbel nach der Seite gedreht, Oberjura, Kreide. *Alectryonia*, festgewachsen und beide Klappen kammartig stark gerippt ebenfalls im Jura und der Kreideformation.

Wichtig als Leitformen sind schließlich einige gänzlich ausgestorbene Familien und Gattungen. So die Gattung *Megalodon*, welche in der alpinen Trias sehr häufig durch große Formen vertreten vorkommt. Die herzförmigen Querschnitte sind besonders im Dachsteinkalk häufig zu sehen („Kuhtritte“ von der Bevölkerung genannt). (Fig. 50).

In den Riffkalken des Oberjura ist die Gattung *Diceras* (Fig. 51) eine häufige Leitform. Von den sehr dicken, ungleich großen Schalen, mit starken nach außen gekrümmten Wirbeln und grobzahigem Schlosse sind bisweilen nur die Abdrücke und die viel schmälern widdernhornartigen Steinkerne zu finden („Hörndl“).

Noch ungleichklappiger ist *Requienia*, eine Leitform der marinen Unterkreide Südeuropas. Bei ihr war die große spiral gedrehte linke Klappe festgewachsen, die rechte flach zu einem Deckel umgebildet.

Wichtig ist ferner die eigentümliche Familie der Rudisten, welche für die oberen Kreideformationen des Mittelmeergebietes, Westeuropas, der alpinen „Gosau“-Formation und einiger außereuropäischer Gebiete charakteristische Leitformen bilden. Die linke Klappe bildete einen niedrigen Deckel und griff mit sehr langen Zähnen vertikal in die tiefen Schloßgruben der kegelförmigen oder zylindrischen (rechten) Unterklappe ein. Diese war mit der Spitze festgewachsen und die Schale bestand aus einer dicken prismatischen Außenschichte und einer querblättrigen Porzellanschichte. Bei der Gattung *Hippurites* war die Unter-

klappe verlängert, oft sehr groß, die Deckklappe porös (Fig. 52), bei Radiolites ist die Deckelklappe glatt, die Unterklappe kegelig bis schüsselförmig.

Ebenfalls auf die Kreideformation beschränkt ist die Familie der Capriniden, welche ähnlich ungleich klappig und festgewachsen waren, bei denen die Unterklappe kegelig oder spiral gewunden, die freie, linke Klappe aber eingekrümmt bis spiral ist. Caprina mit größerer Oberklappe und kegeliger Unterklappe, in der südlichen Oberkreide häufig.

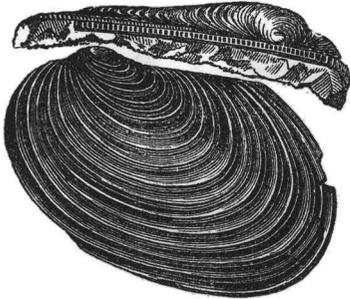


Fig. 48. *Inoceramus Cripsi*.  
Obere Kreideformation. Schloß  
zahnlos, zahlreiche Bandgruben.

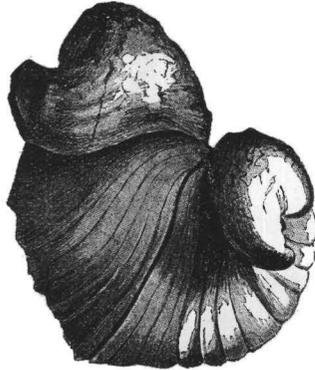


Fig. 51. *Diceras arietinum* (1/2).  
Oberer Jura.

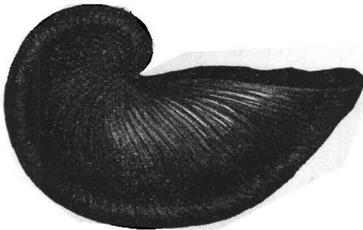


Fig. 49. *Gryphaea arcuata*.  
Untere Lias. Von der Seite.

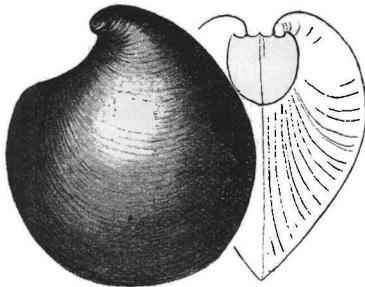


Fig. 50. *Megalodon scutatus*.  
Obere alpine Trias.

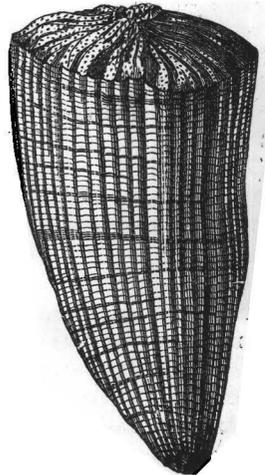


Fig. 52. *Hippurites gosa-*  
*viensis*.

Obere südliche Kreide-  
formation.  
(Nach Zittel.)



Fig. 53. *Nerineari*  
*trinodosa*.

Oberer Jura. Oben  
Schale, unten Steinkern.  $F_1$  Innenlippen-  
falte,  $F_2$  Spindelfalte,  
 $F_3$  Außenlippenfalte.  
(Nach Steinmann.)

Unter den mesozoischen Schnecken gibt es noch weniger gute Leitformen. Eine aber nur auf Jura und Kreideformation beschränkte Familie sind die Nerineiden, charakterisiert durch kräftige Falten an der Spindel und den Wänden der Umgänge, daher am besten an Steinkernen oder Querschnitten zu sehen. Spindel oft hohl. Die meisten Formen sind turmförmig hochgewunden. (Fig. 53).

Von den kretazischen Schnecken sei hier die in der südlichen Oberkreideformation (und „Gosau“) häufige *Actaeonella* mit glattem, bauchigem, dickschaligem Gehäuse, das drei starke Spindelfalten trägt, erwähnt.

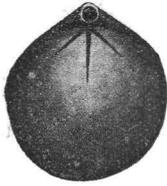


Fig. 54. *Terebratula vulgaris*.  
Mittlere Trias.



Fig. 55. *Terebratula gregaria*.  
Oberste Trias.



Fig. 56. *Terebratula diphya*.  
Oberster Jura.

In den linnischen Gosaubildungen tritt *Melania* und besonders die verwandte *Pyrgulifera*<sup>1)</sup> mit treppenförmigen, stark vertikal gerippten Umgängen, runder Mündung häufig auf.

Der Formenreichtum der Brachiopoden nimmt in der mesozoischen Formation stark ab, nur die Gattungen *Terebratula* (mit schleifenförmigem, aufsteigendem Armgerüst, mannigfach gestalteter, meist glatter Schale) und *Rhynchonella* (meist gefaltete und radial gerippte Formen mit kurzem, hakenförmigem Gerüst) sind in großer Artenzahl vertreten. Sie treten beide auch schon im Paläozoikum (Devon) auf.



Fig. 57. *Encrinus liliiformis*.  
Mittlere Trias.  
Unten ein Stielglied.

Als spezielle leicht zu merkende Leitformen sind *Terebratula vulgaris* aus dem Muschelkalk (Fig. 54), *Terebratula gregaria* aus der obersten Trias besonders der Alpen und Karpaten (Fig. 55), die flachere runde *Terebratula numismalis* aus dem Unterjura, die zweizipfelige *Terebratula digona* aus dem Mitteljura und die zweiflügelige, gelappte bis durchlochte *Terebratula diphya* (Fig. 56) aus dem obersten Jura der Alpen zu nennen.

Von den Stachelhäutern haben die Seelilien oder Crinoiden nicht mehr jene Formenfülle aufzuweisen wie im Paläozoikum, die meisten gehören zu den im Paläozoikum noch fehlenden Artikulaten, welche leicht bewegbare, von einem Nahrungskanal durchsetzte Arme besitzen. Sehr häufig sind wieder die Stielglieder zu finden. Eine Leitform der Trias ist *Encrinus* mit kleiner Kapsel und fünf einmal oder zweimal geteilten starken Armen. Die charakteristischen runden, mit Radialleisten besetzten Stielglieder erfüllen im Muschelkalk oft ganze Bänke.

Ähnlich häufig treten in der obersten Trias und im Unterjura (aber auch in jüngeren Formationen!) die fünfseitigen bis sternförmigen, auf den Gelenkflächen mit fünf ovalen Blättchen verzierten Stielglieder der Gattung *Pentacrinus* auf. Der Kelch dieser Gattung ist klein, die Arme dafür groß und vielfach verästelt. Der Stiel besteht aus vielen, oft über 1000, Gliedern und hat Seitenranken.

<sup>1)</sup> Leben heute nur noch als Reliktenfauna im Tanganjikasee.

Seeigel spielen eine weit größere Rolle. Bis zur mittleren Juraformation kommen nur regulär (radial) gebaute Formen mit polar stehendem After vor (Typus des lebenden Echinus). Im Oberjura treten auch irreguläre Seeigel auf, bei denen der After außerhalb des oberen Poles gelegen ist, dem Rande genähert oder sogar auf die Unterseite gerückt. Die Gesamtgestalt ist ebenfalls bei den meisten einsymmetrisch.

Aus dem Oberjura, wo die Regulären noch überwiegen, soll *Cidaris* genannt werden, mit schmalen Porentafeln und breiten Zwischentafeln, die auf großen Warzen keulen- oder stabförmige Stacheln trugen. Cidaritenstacheln sind oft isoliert zu finden.

Die Irregulären sind besonders für die Kreideformation als Leitformen von Wichtigkeit, so *Toxaster* (Unter- und Mittelkreide), *Micraster* (Oberkreide) und ihre Verwandten; alles ausgesprochen symmetrische Formen mit nach vorn gerücktem Mund, After in der abgeplatteten Hinterseite.

*Galerites* (mit radiärer, halbkugelförmiger oder kegelförmiger Schale, aber randlich stehendem After) ist Leitform für die mittlere und obere Kreide.

Korallen waren auch im Mesozoikum als Riffbauer von Wichtigkeit. Sie gehörten — wie alle jüngeren Korallen — zu den streng radiär gebauten Sechserkorallen. In den obertriadischen Riffkalken und besonders in Kalkbänken der Kössener Schichten sind häufig die langgestreckten, verzweigten, rundlichen

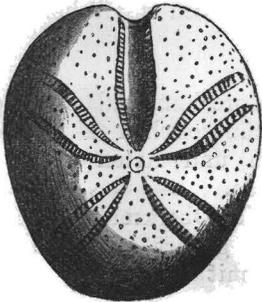


Fig. 58. *Toxaster complanatus*.  
Untere Kreide. Von oben  
gesehen.

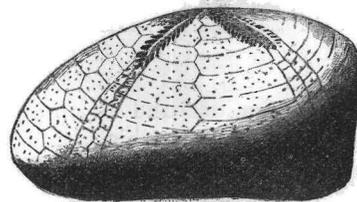


Fig. 59. *Micraster cortestu dinarium*.  
Obere Kreide. Von der Seite  
gesehen.

Lithodendren zu finden, die mit der Gattung *Thecosmilia* zusammengestellt werden, meist aber stark deformiert sind.

Auch in der südlichen Oberkreide und Gosauformation sind Korallen verbreitet. Einzelne sind leicht zu erkennende Leitformen, z. B. *Cyclolithes*, eine Einzelkoralle, mit scheibenförmiger, konzentrisch gewellter flacher Wand, auf der die hut- oder halbkugelförmige Mundpartie mit zahlreichen Septen aufsitzt, oder die keilförmige, kurz gestielte *Placosmilia* oder *Leptoria*, eine Stockkoralle, bei der die Individuen zu irrwegartigen Reihen zusammengelassen sind.

Von den noch primitiveren Tiergruppen sind Schwämme oder Spongien besonders im Oberjura und der nördlichen Fazies der Oberkreide häufig, doch sind die meisten nicht so leicht bestimmbar, um auch für den Nichtspezialisten als Leitformen zu dienen. Eine Ausnahme macht *Coeloptychium* der Oberkreide, dessen pilzförmige Gestalt mit abgeplattetem Schirm auffällt.

Unter den Wirbeltieren dominieren bekanntlich im Mesozoikum die Reptilien, von denen Land, Wasser und Luft bewohnende Saurier bekannt

geworden sind; ferner zahlreiche Fische, und zwar überwiegend schon Knochenfische, doch sind die Funde von Wirbeltieren nicht so häufig, daß sie für den Geographen als Leitfossilien allgemein in Betracht kommen. Dasselbe gilt für die Insekten, von denen nur die Solnhofener Schiefer eine reiche Fauna lieferten und die Krebse, die durch Decapoden (langschwänzige oder Macruren) und Krabben vertreten sind.

**Pflanzen:** Die Floren, welche in den terrestrischen Ablagerungen der Trias- und Juraformation auftreten, zeigen einen moderneren Charakter als die Steinkohlenflora; Siegel- und Schuppenbäume fehlen<sup>1)</sup> und statt der Calamiten treten die moderneren Schachtelhalme der Equisetaceen auf. Farne sind nicht selten. Die herrschenden Formen aber sind Cycadeen und Coniferen. Zu ersteren gehört das in den Lunzer Schichten der Alpen und im außeralpinen Keuper häufige Pterophyllum, dessen lange Wedel mit bandförmigen, parallel nervigen Fiedern besetzt sind.

Eine wesentlich anders zusammengesetzte Flora tritt jedoch in der Oberkreideformation in Europa auf<sup>2)</sup>. Sie gleicht der jüngeren Tertiärflora und hat durch das Vorherrschen von Laubhölzern bereits das moderne Gepräge der heutigen Flora wärmerer Klimate. Neben den noch lebenden Formen, wie Weide, Pappel, Feige usw. gibt es auch einige ausgestorbene Gattungen, z. B. die im deutschen Cenoman häufige Credneria mit großen rundlichen Blättern, ähnlich denen der Platanen.

**Känozoische Epoche:** Kürzer als bei der Besprechung paläozoischer und mesozoischer Leitfossilien können wir uns bei den känozoischen fassen. Seit der Tertiärformation sind die fremdartigen Gattungen und Arten ausgestorben, welche in der Alt- und Mittelzeit die Erde belebten.

Die Ammoniten und Belemniten sterben in der Oberkreide aus, nur der zählebige Nautilus lebte bis heute weiter. Hierher gehört auch die im Alt- und Mitteltertiär vorkommende Gattung Aturia mit stark involuter hochmündiger Schale und einem tiefen spitzen Seitenlobus.

In der marinen Fauna herrschen Muscheln, Schnecken, Seeigel usw., und zwar mit Gattungen, die heute noch die wärmeren Meere besiedeln, so daß der Faunencharakter wenig Fremdes hat. Mit der Annäherung an das Ende der Tertiärformation nimmt naturgemäß die Zahl der noch lebenden Spezies zu, die pliocäne marine Fauna hat schon überwiegend noch lebende Arten (80—90%) Vergleiche die Abbildungen! Wir können den Formenreichtum hier nicht annähernd schildern und müssen auf Spezialliteratur verweisen.

Von den Stachelhäutern sind nur Seeigel von Wichtigkeit, und zwar irreguläre Formen.

*Conoclypeus*, durch seine Größe und hochgewölbte Kuppenform, die breiten Zwischenporenfelder und große Siebplatte am Scheitel kenntlich, ist im Eocän verbreitet (Fig. 68).

*Echinolampas* (flach, mit fünf breiten Radialfeldern, zentralem Mund und randlichem After) ist eine Oligocänform.

Von der größten Wichtigkeit als Leitform des marinen Alttertiär sind dagegen die Nummuliten (Fig. 69), die in den Alpen, Karpaten, Mittelmeer-

<sup>1)</sup> Als große Seltenheit kommt noch eine *Sigillaria* im Buntsandstein vor.

<sup>2)</sup> In Nordamerika tritt diese Flora bereits in der Unterkreide auf; die großen Landgebiete, welche hier bestanden, sind als die Heimat unserer Laubwaldflora anzusehen.

ländern usw. vielfach gesteinsbildend auftreten (Nummulitenkalke, Nummulitensandsteine). Es sind das münzen- oder linsenförmige, kalkschalige

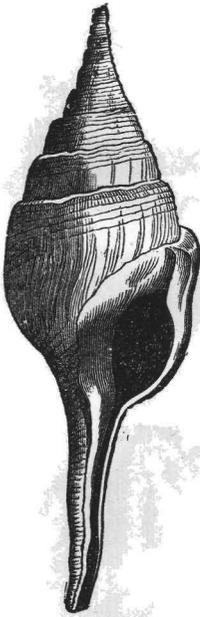


Fig. 60. *Fusus longaevus*. Hochgewunden mit langem Kanal. Schwache Spiralstreifen. Eocän.

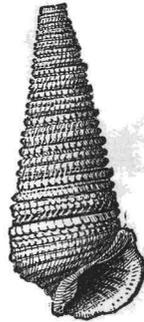


Fig. 62. *Cerithium margaritaceum*. Oligocän im Wiener Becken, auch unteres Miocän. Charakteristisch sind die gleichmäßigen perlenartigen Knotenreihen.

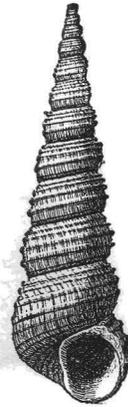


Fig. 64. *Turritella turris*. Jungtertiär. Mit gewölbten Umgängen und fünf Spiralreifen.



Fig. 63. *Turritella imbricata*.

Alttertiär. Turmschnecke mit runder Mündung. Gerade Umgänge.

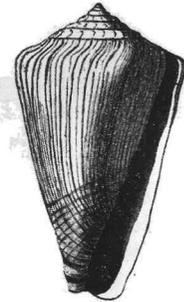


Fig. 65. *Conus ponderosus*. Miocän.

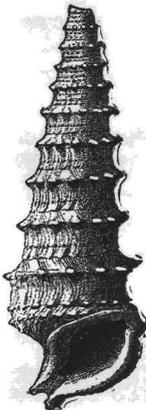


Fig. 61. *Cerithium serratum*. Eocän. Turmschnecke mit kurzem Ausguß. Eine spirale Dornenreihe.

Foraminiferen, die eine spiralg in einer Ebene aufgewundene durch quere Scheidewände gekammerte Schale besitzen. Die größten erreichen Talergröße, die kleinsten 2 mm (Fig. 69). Sie sind auf das Alttertiär beschränkt.

Die äußerlich vielfach ähnliche Gattung Orbitoides, im Querschnitt aber durch eine mediane Schichte großer Kammern leicht kenntlich, reicht aus der Oberkreide bis ins Jungtertiär.

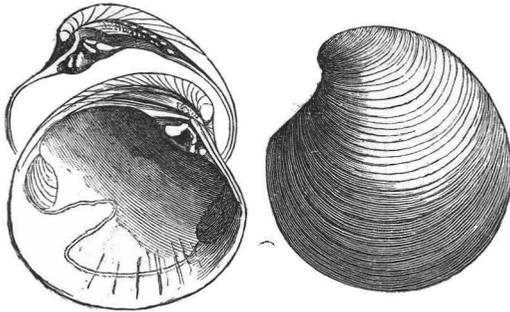
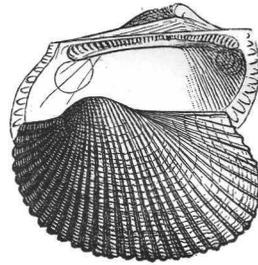
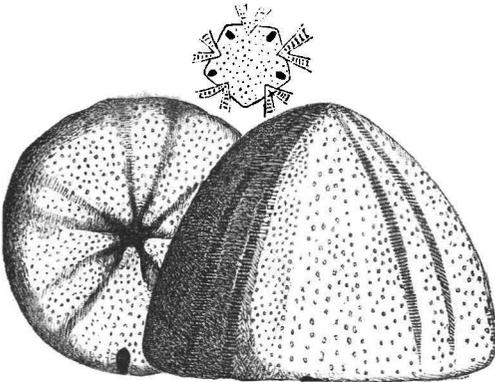
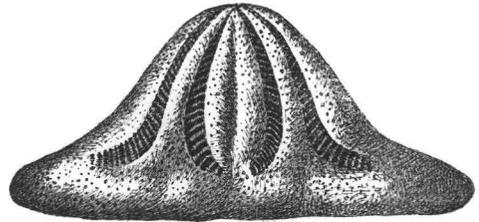
Fig. 66. *Cytherea incrassata*. Oligocän.Fig. 67. *Arca diluvii*. Jungtertiär.Fig. 68. *Conoclypeus conoides* ( $\frac{1}{2}$ ). Alttertiär. Mund zentral, durch die vorspringenden Inter-radialfelder verengt. After randlich.

Fig. 69. Nummulit, von der Seite und im Querschnitt.

Fig. 70. *Clypeaster aegyptiacus* ( $\frac{1}{2}$ ). Jungtertiär. Fünfseitig. Ambulacralfelder in Rosettenreform.

Aus dem Jungtertiär sind besonders die noch lebenden Seeigel: Clypeaster, hutförmig (Fig. 70) und die flachschildförmige Scutelta zunennen.

In den größeren Tertiärbecken Mitteleuropas tritt früher oder später eine Aussüßung der Meeresbecken ein und es ändert sich dementsprechend der Faunencharakter, von der Marinfrauna zu einer Brackwasserfauna und schließlich Süßwasserfauna. In den Brackwasserfaunen sind vor allem die Cerithien (Fig. 61, 62), Cardien usw. häufig (Cerithiensichten des Mainzer Beckens = oberoligocän, des Wiener Beckens = jungmiocän). In den noch mehr ausgesüßten pliocänen Schichten des Wiener Beckens sind Congerien und Melanopsiden die Leitformen. *Melania*, *Paludina* (Fig. 71) usw. sind ausgesprochene Süßwasserformen, welche erst in den gänzlich entsalzten Becken massenhaft vorkommen. Paludinschichten Kroatiens usw. = pliozän, Hydrobienkalke des Mainzer Beckens = untermiocän, Süßwassermolasse Süddeutschlands = miocän usw.

In solchen Fällen ist es leicht, nach dem Fossilcharakter die Altersstufen auseinanderzuhalten, bei rein mariner Entwicklung fällt es selbst dem Fachmanne oft schwer, miozäne, pliozäne und selbst diluviale Faunen zu unterscheiden.

Wirbeltierreste sind im Tertiär häufiger als in älteren Formationen zu finden; das Bestimmen erfordert paläontologische Spezialkenntnisse, welche über das Maß hinausgehen, in welchem die Paläontologie für den Geographen in Betracht kommt. Am häufigsten hat man es bei stratigraphischen Studien mit Zähnen zu tun, und zwar in marinen Ablagerungen besonders mit Haifiszähnen, z. B. *Carcharias* (groß, dreieckig mit gesägten Rändern), *Lamna* (schmal,

spitz mit zwei kleinen Nebenspitzen), *Notidanus* (mit einer größeren Anzahl von Spitzen, die der Größe nach geordnet sind). Von Landsäugetern werden am häufigsten Knochen und Zähne von Elefanten gefunden (*Mastodon* mit vier Stoßzähnen, Backenzähne mit rundlichen, in Querreihen stehenden Höckern Fig. 72), *Dinotherium* (mit abwärts gekrümmten Unterkieferstoßzähnen und zwei Schneiden auf Backenzähnen, Fig. 73), *Rhinozeros*, *Cerviden* usw.

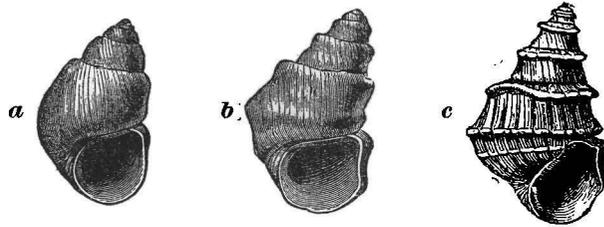


Fig. 71.

*a* *Paludina Brusinae*, *b* *Paludina Forbesi*, *c* *Paludina Hoernesii*. Eine Entwicklungsreihe von glatten zu gekielten Formen. (Nach Neumayr.)

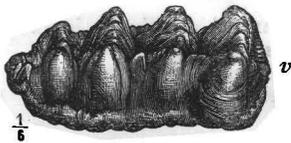


Fig. 72.

Letzter Mahl Zahn von *Mastodon*.  
*v* Vorderrand.

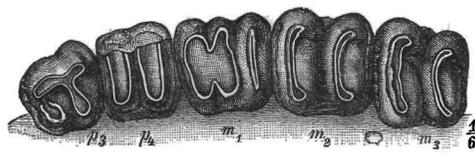


Fig. 73.

Backenzähne von *Dinotherium*. (Pliocän).  
*p* Prämolaren, *m* Molaren.

Von der diluvialen und alluvialen Ablagerung kommen in unseren Gegenden fast nur Land- und Süßwasserbildungen in Betracht. Dem entsprechend werden im Diluvium besonders Knochen und Zähne von Säugetieren gefunden, wie vom Mammut (*Elephas primigenius*), dessen zu einem Dreiviertelkreis gebogene Stoßzähne und vieljochigen Backenzähne durch Abbildungen sattsam bekannt sind; in Höhlen häufig die von *Ursus spelaeus* (dem Höhlenbär), von der Höhlenhyäne u. a. Im jüngsten Diluvium finden sich Renntier, Ur, Bison usw. Landschnecken, und zwar durchwegs noch lebende Typen, sind im diluvialen Löß sehr häufig (*Helix*, *Succinea*, *Pupa* usw.).

Diese Anführung einer größeren Anzahl von Leitfossilien ist, wie schon erwähnt wurde, in jeder Hinsicht lückenhaft und soll weder ein Stratigraphielehrbuch noch ein paläontologisches Handbuch ersetzen. Wenn hier dennoch diesem Abschnitt so viel Raum gewidmet wurde, geschah es deshalb, weil es erfahrungsgemäß dem Anfänger Schwierigkeiten zu bereiten pflegt, aus der Fülle von Fossilien, welche in den größeren Lehrbüchern angeführt werden, sogleich die wichtigsten herauszufinden. Im vorangehenden wurde auf einige Gattungen und Arten hingewiesen, die dem Verfasser nach seiner Praxis als Lehrer und Aufnahmegeologen als die wichtigsten erschienen. Für die verschiedenen Gegenden wird natürlich die Auswahl verschieden zu treffen sein. Besonders wurden daher im obigen solche Fossilgruppen hervorgehoben, wo schon das Erkennen der Familie oder großen Gattung eine gewisse stratigraphische Begrenzung der in Frage stehenden Schichten gestattet. Mit einem solchen Grundstock von Fossilkenntnis ausgestattet, wird es dem Lehrer leichter fallen, sich die Kenntnis der für seine Gegend als Leitformen am meisten in Betracht kommenden kleineren Gattungen und Spezies anzueignen.

Nur eines sei noch besonders betont. Die etwas ausführlichere Behandlung der Stratigraphie- und Leitfossilienkapitel soll keineswegs den Glauben

erwecken, daß ein besonderes Betonen dieses Geologiekapitels beim Geographieunterricht beabsichtigt ist. Hier sollten sie in ausführlicherer Weise behandelt werden, da diese Gegenstände dem Geographielehrer am fernsten zu liegen pflegen und doch für seine weitere Studien oft sehr notwendig sind. Über die Verwendung im Unterrichte selbst wird erst weiter unten gesprochen werden.

## Literatur.

Es wurde schon früher auseinandergesetzt, daß die verschiedenen kleineren Formationskunden den Bedürfnissen des Schulgeographen wenig entsprechen und er auf Spezialarbeiten angewiesen ist. Größere Lehrbücher, welche den Stoff ziemlich komplett behandeln, sind vor allem:

E. Kayser, Lehrbuch der geologischen Formationskunde, 3. Aufl. Stuttgart, 1909.

H. Credner, Elemente der Geologie. 10. Aufl. Leipzig 1906. Doch sind auch hier die österreichischen Vorkommen oft ziemlich knapp behandelt.

Von kleineren Büchern sind zu nennen:

F. Toula, Lehrbuch der Geologie, 7. Aufl. Wien, 1906. Behandelt die Formationskunde mehr tabellarisch, enthält aber einen reichen Fossilatlas.

F. Löwl, Geologie. Wien, 1906. Ist speziell für den Studierenden der Geographie geschrieben, behandelt die Stratigraphie kurz, aber mit sehr geschickter Auswahl der Fossilien und besonderer Berücksichtigung Österreichs.

O. Abel, Bau und Geschichte der Erde. Wien—Leipzig, 1909.

Als stratigraphisches Grundwerk, das die verschiedenen Ausbildungsarten und Verbreitungsbezirke der Formationen behandelt und zahlreiche Leitfossilien abbildet, ist bis jetzt die noch unvollendete von F. Roemer begonnene und F. Frech fortgesetzte „Lethaea geognostica“, Stuttgart, 1879, anzusehen. Erschienen:

I. Teil: Paläozoikum, F. Roemer 1879 und neubearbeitet von F. Frech, 1902.

II. Teil: Mesozoikum. 1. Bd. Trias von E. Philipp, F. Noethling und G. v. Art-haber. 1906. 3. Bd. 1 H. Unterkreideformation von W. Killian.

III. Teil: Känozoikum. 2 Bd. Quartär von F. Frech und G. Geinitz. 1904.

Eingehend wird auf die verschiedenen Entwicklungsgebiete Österreichs in dem Werke von F. E. Sueß, C. Diener, V. Uhlig und R. Hoernes „Bau und Bild Österreichs“, Wien, 1903, Rücksicht genommen.

Für das Deutsche Reich:

Lepsius, Geologie von Deutschland. Stuttgart, 1887—1903. 1. Bd.: West- und Süddeutschland, II. Bd. I. Teil: Sachsen, Lausitz, Ostthüringen usw. (Noch unvollständig.)

Paläontologische (systematische) Handbücher sind:

K. A. Zittel, Handbuch der Paläontologie. München und Leipzig, 1887—1890. 4 Bände Paläozoologie, 1 Band Phytopaläontologie.

— Grundzüge der Paläontologie. I. Wirbellose. 3. Aufl. von F. Broili. München und Berlin, 1910.

G. Steinmann, Einführung in die Paläontologie. 2. Aufl. Leipzig, 1907.

Felix, Die Leitfossilien aus dem Tier- und Pflanzenreich. Leipzig, 1906.

R. Hoernes, Paläontologie. Sammlung Göschen, Nr. 95. (Für die meisten Bedürfnisse viel zu knapp.)

Für Leitfossilien:

E. Koken, Die Leitfossilien. Leipzig, 1896. Mit systematischen Bestimmungsschlüsseln ohne die Tertiärfossilien.

Im Erscheinen begriffen:

G. Gürich, Die Leitfossilien. Tafelwerk nach Formationen geordnet. Erschienen Kambrium bis Devon. Berlin, 1908.

Ein billiges für Schüler und Sammler berechnetes vorzügliches Büchlein ist

E. Fraas, Der Petrefaktensammler. Deutscher Lehrerverein für Naturkunde. Stuttgart, 1910. (Berücksichtigt besonders die reichsdeutschen Verhältnisse.)

Außerdem sind einige kleinere Bücher erschienen, welche nur gewisse Formationen behandeln, z. B.:

K. Wanderer, Die wichtigsten Tierversteinerungen aus der Kreide des Königreiches Sachsen. Jena, 1909.

Für Österreich nur: Der paläontologische Anhang über die tertiären Mollusken des Wiener Beckens in

F. X. Schaffers Geologischem Führer für Exkursionen im inneralpinen Wiener Becken, II. Teil

und die Tafeln in

J. Blaas' Kleiner Geologie von Tirol. Innsbruck, 1907.

### III. Paläogeographie.

Die Besprechung der obigen stratigraphischen Beispiele hat uns gezeigt, daß ein und dieselbe Formation in verschiedenen Gegenden durch ganz verschiedene Ablagerungen, hier durch hochmarine, dort durch landnahe Meeresbildungen, an anderen Orten wieder durch Süßwasser- oder Festlandsbildungen vertreten sein kann. Sie haben uns auch gezeigt, daß in der Schichtfolge eines Ortes Ablagerungen verschiedener Fazies mehrfach wechseln, daß also ein Wechsel in den Verteilungsverhältnissen zwischen Land und Meer stattfand.

Wir streifen damit das Gebiet eines weiteren Kapitels der Geologie, eines Kapitels, welches, wie schon sein Name sagt, mit der Geographie die innigste Verwandtschaft besitzt, die Paläogeographie.

Seit erkannt wurde, daß die heutigen Festlandsumrisse nur das augenblickliche Endresultat einer langen wechselvollen Geschichte darstellen, war man bemüht, das Aussehen der Erdoberfläche für jede einzelne Formation zu rekonstruieren. Trotz der noch großen Lücken, welche unsere Kenntnis über die Verbreitung und Ausbildung der Formationen in den exotischen Gebieten aufweist, können wir doch bereits im großen die frühere Verbreitung von Meeren und Ländern sowie ihre wechselnden Veränderungen angeben.

Es ist wohl überflüssig, hier neuerdings darauf hinzuweisen, welche Wichtigkeit die Kenntnis dieser Entwicklungsgeschichte für das richtige Verständnis der Oberflächenformen der Gegenwart besitzt.

Wie verständlich wird uns die Atlantische Küste Frankreichs, Englands und Nordamerikas, das beiderseits des Ozean zubeobachtende Abbrechen der hinausreichenden Gebirgsketten, wenn wir hören, daß diese Ketten tatsächlich einst in Verbindung standen und daß dieser Teil des Atlantischen Ozeans ziemlich jugendlichen Datums ist, da bis in die Juraformation noch ein einheitliches Festland Nordamerika und Westeuropa verband.

Die Paläogeographie läßt uns auch den Verlauf älterer Faltengebirge, ähnlich großartiger wie unsere Alpen, erkennen, sie zeigt uns z. B., daß die einzelnen Rumpfgebirge Mitteleuropas, Sudeten und Herzynisches Gebirge, Thüringer Wald, Harz, die Rheinischen Gebirge, Schwarzwald, Vogesen, das Zentralplateau Frankreichs stehen gebliebene Reste eines später zerstückelten einheitlichen Gebirges darstellen, das von Südwest nach Nordost strich, dann gegen Süden umbog; ferner daß die Gebirge der Bretagne und Normandie, Südwales' einen ähnlichen zweiten Gebirgsbogen bildeten.

Durch spätere Einbrüche wurde der zusammenhängende Gebirgsbogen zerstückelt und die heutige Begrenzung der Gebirge geschaffen, welche so ganz anderen Charakter besitzt wie die Kettengebirge und welche mit dem inneren Bau des Gebirges, mit dem Streichen der Faltenzüge meist in keinerlei Zusammenhang steht. Man vergleiche z. B. das Abschneiden der Ardennen gegen das Pariser Becken, die NW—SO gestreckte Form des Harzes bei umgekehrtem Schichtstreichen, die eigentliche Begrenzung des Böhmisches Massivs mit dem NW-Sporn des Thüringer Waldes usw. Auch den ganz anderen Oberflächencharakter dieser Gebirge, die keine Ketten- und Faltenzüge besitzen

wie unsere Alpen, sondern ebene oder hügelige Hochflächen darstellen, erklärt uns die geologische Geschichte dieser Gebirge, indem sie uns zeigt, daß seit der Auffaltung in der Karbonzeit keine neue gebirgsbildende Kraft mehr einsetzte und ihre Faltenzüge und Gebirgskämme seither teils in den folgenden Kontinentalperioden abgetragen wurden, teils bei Neuüberflutungen seitens der umgebenden Meere von den vorrückenden Brandungsfuten abgehobelt wurden. So können wir z. B. über den vollständig horizontal abgeschnittenen Falten des Devon die landnahgebildeten Buntsandsteine flach liegen sehen. (Vgl. S. 114, Fig. 10).

Das landschaftlich von seiner Umgebung so verschiedene Bild unserer Ebenen (Ungarisches Tiefland, Wiener Becken) wird verständlich, wenn man die Verbreitung des tertiären Meeres kennen lernte und weiß, daß die Ebenen damals Meeresbuchten waren und die Tone, Sande usw., die sie erfüllen und die ihre Fruchtbarkeit bedingen, die Ablagerungen dieser jungen Meere sind, die Konglomerate und organischen Kalkfelsen an den Gebirgsrändern die alten Strandablagerungen und Riffe bilden. Die mächtigen diluvialen Schotter- und Sandablagerungen der norddeutschen Ebene, die zahlreichen erratischen Blöcke werden verständlich, wenn man die Verbreitung des großen Nordlandeises im Diluvium kennt. Und solcher Beispiele könnten Dutzende gegeben werden.

Auf stratigraphischen Ergebnissen und Beobachtungen baut sich die Paläogeographie auf, die Stratigraphie muß daher auch im Studium vorangehen, sollen die aus Lehrbüchern geschöpften paläogeographischen Daten nicht verständnislos angehäuft werden.

Die Kenntnis der verschiedenen Meeres- und Landablagerungen zeigt uns, daß die heutigen Festländer in der Vergangenheit eine sehr verschiedene Rolle gespielt haben. So waren Afrika (mit Ausnahme des Mittelmeergebietes) und zum größeren Teile auch Südamerika durch fast alle Formationen Festland. Vermutlich hingen sogar beide längere Zeit hindurch (Paläozoikum bis Trias) zusammen. Dieser große Südkontinent dürfte sich im Paläozoikum über Madagaskar, Vorderindien bis Australien erstreckt haben. Nachdem sich schon früher Australien und einzelne Inseln abgetrennt hatten, zerfiel in der Jura- und besonders der Kreideformation die indo-afrikanisch-amerikanische Landmasse in drei Teile, wobei die Umrisse Afrikas und Südamerikas bereits in den großen Zügen geschaffen wurden. Der südliche Atlantische Ozean hat somit eine ähnliche Vergangenheit wie der nördliche. Im Gebiete des heutigen Indischen Ozeans geht die Zerstücklung dann weiter. Im Jungtertiär lösen sich Madagaskar und Indien, welches nach Auffaltung des Himalaya und der Trockenlegung dieses Gebietes an die bisher durch einen Meeresarm getrennte asiatische Festlandsmasse angegliedert wird.

Nicht nur die Verbreitung der Meeres- und Landablagerungen hat den früheren Zusammenhang dieser Länder erkennen lassen, sondern auch die Verbreitung gewisser fossiler Floren (Glossopteris-flora in Perm-Untertrias) und Faunen, z. B. der Theromorphen, jener eigentümlichen Sauriergruppe der Perm-Triasformation, von welcher möglicherweise die Säugetiere abstammen, spricht dafür, da sie auf diese Gebiete beschränkt sind.

Wechselvoller noch ist die geologische Geschichte der nördlichen Festlandsmassen. Hier ist das nördliche Asien ein alter Festlandskern (Paläarktischer Kontinent), der sich mit mehrfachen Verschiebungen seiner Grenzen und teilweiser Überflutung (besonders im Devon) seit dem Paläozoikum vergrößerte. Eine zweite große Festlandsmasse, die jedoch erst seit der Triasformation mit dem heutigen Kontinente so ziemlich zusammenfällt, bildet Nordamerika.

Im ältesten Paläozoikum (Kambrium) war der größte Teil Nordamerikas — vom Gebirgsland an der pazifischen Küste immer abgesehen — trocken und hing mit den Inseln im Norden und Grönland zusammen. In der folgenden Zeit (Silur, Devon) wurde der größte Teil des heutigen Nordamerika überflutet, dagegen vergrößerte sich das Festland nach Osten über Skandinavien, das seit dem Devon trocken lag.

Zugleich bildet sich vom Silur an um das Gebiet der heutigen westindischen Inseln ein Festland, welches bald größere, bald kleinere Gebiete des südwestlichen Nordamerika, Zentralamerika und zeitweilig auch Südamerikas umfaßt. Dieses Festland dürfte im Karbon und Perm die größte Ausdehnung besessen haben; in der Trias hing es möglicherweise mit Südamerika zusammen.

Von der Steinkohlenformation an vergrößert sich das nördliche Festland (der nearktische Kontinent, wie ihn Sueß nannte) mehr und mehr über das westliche und mittlere Nordamerika und dürfte an der Wende des Paläozoikums die größte Ausdehnung gehabt haben. Nicht nur daß, vom pazifischen Rande und Mexiko abgesehen, fast ganz Nordamerika dazugehörte, erstreckte er sich nach Osten über den größten Teil Mitteleuropas, Skandinaviens und Polens, so daß nur ein schmaler Meeresarm damals zwischen den beiden großen Nordkontinenten bestanden haben konnte<sup>1)</sup>. (Gegend des Ural).

Nach Trockenlegung dieses Meeresteiles hingen in der Triasformation die nördlichen Landmassen sogar zusammen. Doch beginnt dafür im Südosten in Mitteleuropa das Vordringen des Meeres, der Kontinent löst sich hier in eine Anzahl Inseln auf. (Böhmen, westliche Pyrenäenhalbinsel, Westfrankreich usw.) Im Jura schreitet die Auflösung des Kontinentalrandes hier weiter, auch Skandinavien mit Finnland, Polen mit Westrußland werden vom Festlande abgetrennt, welches somit nur bis Irland gereicht haben dürfte. In der Kreidezeit wurde vermutlich der größte Teil des nördlichen Atlantischen Ozeans überflutet und fand eine Verbindung des nearktischen und paläarktischen Kontinentes und in der jetzt landgewordenen Polarregion statt. Auch in Nordamerika tritt während der oberen Kreidezeit bedeutender Landverlust ein, am pazifischen Rande bleibt nur ein schmaler Inselsaum von dem alten zentralamerikanischen Festlande trocken.

Vom Alttertiär an näherte sich der nearktische Kontinent in seinem Umriß dem heutigen Festland, blieb aber noch durchs ganze Tertiär über die Beringsstraße und die Aläuten mit dem asiatischen Kontinent im Zusammenhang. Ebenso trat die Zerstücklung des arktischen Gebietes und Abtrennung Grönlands erst später ein. Auch in Zentralamerika und dem westindischen Inselgebiete nimmt das Land an Umfang zu, dann aber löst sich die zusammenhängende Masse in die heutigen Inselketten auf.

Der Bogen der Antillen wie der der Aläuten entspricht den Fortsetzungen des großen ganz Nordamerika durchziehenden tertiären Gebirgsbogens der Rocky Mountains (Felsengebirge) usw., an die sich Südamerika durch das venezolanische Gebirge und die Andenkordillern anreihet. Die jetzige Landenge zwischen beiden Festländern ist noch jugendlicheren Alters.

In Europa und Westasien bildet sich die heutige Landverteilung noch später heraus. Wohl erheben sich im Gebiete des alten Thetysmeeres seit der Kreide mehr und mehr Landmassen, besonders nach der letzten tertiären Gebirgsfaltung, welche Alpen, Apennin, Atlas, Karpaten, Balkan, Dinariden, die kleinasiatisch-taurischen Gebirge, Kaukasus, die zentralasiatischen Ketten,

<sup>1)</sup> Im oberen Perm reichte noch ein schmaler Arm dieses Meeres weit nach Westen, vielleicht bis Neufundland. Zechstein!

Hindukusch, Himalaya, die hinterindisch-malayischen Ketten usw. schuf. Die Vereinigung Indiens mit dem paläarktischen Kontinente ist eine Folge dieser Gebirgsbildung und Landwerdung. Doch blieb am Außensaum der Alpen-Karpaten ein Meeresarm zurück, der bis in die Gegend des Aralsees reichte, große Teile im Norden und Osten des Apennins, Ungarns, Nordafrikas, Syriens u. a. blieben bis Ende des Tertiärs vom Meere bedeckt.

Gelegentlich dringt lokal das Meer noch vor. So infolge des Einbruches des Wiener Beckens zwischen Alpen und Karpaten. Dadurch wurde die Verbindung des Meeressaumes oder außeralpinen Meeresarmes mit dem ungarischen Becken geschaffen, die wieder die Anlage der heutigen Entwässerung Zentral-europas bedingte, damit auch die späteren kulturellen und sonstigen Schicksale des Menschengeschlechtes nicht unwesentlich beeinflusste.

Zu den Veränderungen noch jüngeren Datums, wahrscheinlich erst diluvial, gehört der Einbruch des Ägäischen Meeres, durch den der letzte Rest des nördlichen tertiären Meeresarmes mit den Resten des südlichen, das Schwarze Meer mit dem heutigen Mittelmeer, verbunden wurde; wahrscheinlich auch die Überflutung der nördlichen Adria und die Abtrennung Großbritanniens. Die Entstehung des heutigen norddeutschen Flußsystems an Stelle eines einheitlichen, entsprechend der heutigen Weser und Elbe, mündenden Stromsystems, trat erst nach dem Diluvium, nach dem Rückzug des großen Inlandseises ein, ist also, geologisch gesprochen, eine ganz jugendliche Erscheinung.

Wir ersehen aus diesem ganz kursorischen Überblick, wie verschiedenartig die Vergangenheit der heutigen Länder ist, während die einen Gebiete uralte Festlandsteile darstellen, sind andere Gebiete erst in den letzten Formationen Land geworden. Diese Veränderung blieb nicht ohne Einfluß auf die Entwicklung der Tier- und Pflanzenwelt, sie spiegelt sich noch in den heutigen tiergeographischen und pflanzengeographischen Grenzen wider. (Verteilung der Beuteltiere, Kloakentiere usw.)

Vielfach auch ist die heutige morphologische Beschaffenheit ein Bild der paläogeographischen Verhältnisse. (Verteilung der verschiedenen Gebirgstypen.)

Ganz besonders wechselvoll war aber die Vergangenheit gerade unserer Heimatgebiete, wie schon aus obigem Überblick hervorgeht.

Gerade diese schicksalsreiche Vergangenheit unseres Kontinentes läßt aber den Lehrer die Paläogeographie und das richtige Verständnis der Morphologie, der Verbreitungsbezirke der heutigen Tier- und Pflanzenwelt, mitunter auch selbst der geschichtlichen Entwicklung besonders beim eingehenden Studium der Heimat schwer vermissen.

Bezüglich aller Einzelheiten müssen wir auf spezielle Literatur verweisen. Besonders sei die kleine, vorzügliche Paläogeographie F. Kossmats erwähnt.

### Literatur.

- F. Kossmat, Paläogeographie. Sammlung Göschel, Bd. 406. Leipzig, 1908. Die hier ziemlich kleinen Kartenbeilagen sind größer und zahlreicher in L. Waagen: Unsere Erde, 2. Band: Von Himmel und Erde. München, 1909.  
Th. Arldt, Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig, 1907 (Bes. Biogeographie).  
Lapparent, Traité de Géologie. V. édit., 3 Bde., Paris, 1906.

## IV. Über die Bedeutung der Stratigraphie und Paläogeographie für den Geographieunterricht.

Wiederholt ist betont worden, daß die verschiedenen Teile der Geologie nicht gleichmäßig beim geographischen Schulunterrichte zu berücksichtigen

sind. Alle Autoren, welche sich für die Betonung des geologischen Momentes im Geographieunterricht einsetzen, scheinen darin einig zu sein, daß der dynamischen Geologie die Hauptrolle für das Verständnis der geographisch-morphologischen Formen zukommt.

Die Kapitel der historischen Geologie, welche sich mit der Zusammensetzung und Aufeinanderfolge der einzelnen Schichtgruppen (der Formationen), mit der Verteilung von Festländern und Meeren in den früheren Erdperioden und mit den tierischen und pflanzlichen Lebewesen derselben beschäftigen, also Stratigraphie, Paläogeographie und Paläontologie, kommen erst in weiterer Hinsicht und in geringerem Ausmaße in Betracht. Nur in der obersten Stufe des Schulunterrichtes kann möglicherweise darüber im Zusammenhange ein Bild gegeben werden.

Einzelne Tatsachen davon wird jedoch der Geographieunterricht, besonders die Heimatkunde, nicht umgehen können.

Wie erwähnt, bildet die Stratigraphie die Grundlage für das Verständnis des Gebirgsbaues, überhaupt jeder tektonischen Frage.

Der Lehrer wird beim Schulunterricht — abgesehen von der Heimatkunde — allerdings in seltenen Fällen in die Lage kommen, auf den tektonischen Bau eines Gebietes näher einzugehen, meist wird die Kenntnis der Verwitterung, Erosionserscheinungen des Wassers, Windes, des Gletschereises usw. für das Verständnis der Morphologie genügen. In Fällen aber, wo der Gebirgsbau sich klar und deutlich im Landschaftsbilde ausprägt, z. B. beim Schweizer Kettenjura, wird das Eingehen auf denselben und die Erörterung der nötigen stratigraphischen Voraussetzung wenigstens in der Oberstufe keinen Ballast, sondern eine Erleichterung des Unterrichtes bilden und namentlich soll das für den Unterricht in der Heimatkunde gelten.

Den auffallendsten Zug im Landschaftsbilde des dalmatinischen Küstengebietes bilden z. B. die langgestreckten vorgelagerten Inseln, Halbinseln und die schmalen Meeresskanäle, welche ins Festland eingreifen oder die Inseln abtrennen. Schon auf der kleinsten Schulkarte fällt der Gegensatz der dalmatinischen Küste zu der italienischen Adriaküste auf.

Die Einzelgliederung der dalmatinischen Küste steht im engsten Zusammenhang mit dem geologischen Aufbau. Nord- und Mitteldalmatien bildet ein einfaches Faltengebirge, dessen Falten in Nordwest-Südostrichtung streichen.

Zwei Formationen nehmen im wesentlichen am Aufbau des Landes Anteil, die obere Kreideformation und die ältere Tertiärformation. Die erstere besteht aus harten Kalken und Dolomiten und bildet die Hauptmasse des Landes. Ihre Gesteine treten in allen Faltenstätteln zutage<sup>1)</sup>.

Vom Alttertiär sind fossilreiche Kalke als tiefere Stufe (Nummulitenkalke) und sandig mergelige Gesteine in der oberen Stufe (Flyschgesteine) verbreitet.

Diese weicheren, sandig-mergeligen Gesteine sind nur in den Faltenmulden erhalten geblieben und fallen der Abtragung und Verwitterung rasch zum Opfer. Das Meer dringt vielfach in die Faltenmulden ein, während die

<sup>1)</sup> Von den in Istrien und stellenweise in Dalmatien entwickelten Süßwasserschichten des untersten Alttertiärs wurde natürlich nichts erwähnt, desgleichen nichts vom Jungtertiär; beide spielen im großen Landschaftsbilde keine Rolle. Auch die hier der Orientierung halber angeführten Formationsnamen und Stufen können eventuell im Unterricht wegfallen und nur schlechtweg von Karstkalken (Kreideformation und alttertiäre Nummulitenkalke) einerseits und von der sandig mergeligen Schichtgruppe (Flysch) des Alttertiärs andererseits gesprochen werden.

widerstandsfähigeren Kalke der Faltensättel als Halbinseln und Inseln erhalten bleiben. Besonders deutlich sieht man dieses Verhältnis an den Inseln Arbe, Lussin, Pago usw. (Vgl. Fig. 74<sup>1)</sup>).



Fig. 74. Zusammenhang zwischen dem geologischen Aufbau und den Oberflächenformen in der Gegend von Spalato.

Nach einem Bilde von F. v. Kerner in der geolog. Reichsanstalt, Wien.

(Aus L. Waagen, Unsere Erde.)

Dieses Beispiel zeigt uns zugleich, daß ein grundsätzlicher Unterschied in der Behandlung der Stratigraphie im geographischen und naturwissenschaftlichen Unterrichte besteht. Wenn im Anhang an den naturwissenschaftlichen Unterricht Stratigraphie behandelt wird, so ist ihr Zweck, einen kurzen Überblick über die Vergangenheit der Erde, über die Entwicklung der Lebewesen, die Aufeinanderfolge der Faunen und Floren usw. zu geben. Dabei können die einzelnen Formationen in ähnlicher Weise behandelt werden, wie sie in unseren gebräuchlichen Schulbüchern beschrieben sind.

Hier werden einige der auffallendsten Charakterformen der fossilen Lebewesen beschrieben, dann eventuell noch für jede Formation ein Gebiet näher beschrieben, wo sie besonders charakteristisch und fossilreich entwickelt ist, meist das Gebiet, wo sie zuerst beobachtet und beschrieben wurde oder das ihr den Namen gab. Z. B. für Juraformation das Schwäbisch-fränkische Juragebirge, Triasformation: Mitteldeutschland, wo sie deutlich aus drei Stufen zusammengesetzt ist usw. Sonst wird über die weitere Zusammensetzung, z. B. über den Gesteinscharakter, ob massige Kalke in diesem, Sandsteine oder tonige Schichten in jenem Gebiete dieselbe Formation vertreten, nichts gesagt.

Für die Ausgestaltung des landschaftlichen Bildes ist jedoch gerade dieser Umstand maßgebend, wie schon das obige Beispiel zeigte. Für den Geographen wird es sich daher zwar nur immer um einzelne Kapitel der Stratigraphie handeln, aber diese können nicht in der summarischen Art und Weise, wie sie die Formationsübersichten der kürzeren Schulbücher geben, behandelt werden.

Hier ist es nicht gleichgültig, ob eine Formation durch massige Kalke oder weiche Schiefer vertreten wird, ob sie eine einheitliche oder eine wechselreiche petrographische Gesteinszusammensetzung besitzt und welche Gesteine beziehungsweise welche Unterstufen dann an Mächtigkeit überwiegen, denn davon hängt das verschiedene Verhalten gegen Abtragung und Verwitterung usw. ab. Was in der Geologie unter der Fazies der Formationen zusammengefaßt wird, kommt hier alles stark in Frage.

<sup>1)</sup> Das Klischee zu Fig. 74 wurde von der Allgemeinen Verlagsgesellschaft in München für das Werk in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellt.

Mit einem Worte, der Geograph braucht statt eines Abrisses der Stratigraphie eingehendere<sup>1)</sup> Lokalstratigraphien.

Ein Beispiel aus der Heimatkunde Niederösterreichs sei noch gegeben, welches die Abhängigkeit der morphologischen Gliederung vom Gebirgsbau wie der stratigraphischen Zusammensetzung deutlich zeigt, betreffend den Bau der östlichsten Kalkalpen.

1. Zunächst wäre im allgemeinen auf die steileren Bergformen hinzuweisen, die die Kalkalpen gegenüber den niedrigeren sanften Bergen und Hügeln der Sandsteinzone und gegenüber den zwar oft hohen und massigen, aber doch dabei sanfter geböschten Gipfeln der aus kristallinen Massengesteinen bestehenden Berge der Zentralalpen besitzen. Das Vorkommen von Felsskanzeln, Klammern, Wandabstürzen usw., ist bedingt durch das Vorwiegen widerstandsfähiger Kalke (und Dolomite).

2. Entstehung und Alter der Kalke und Dolomite:

Der Alpenkalk<sup>2)</sup> (und Dolomit) ist eine Meeresbildung, und zwar aus Kalkriffen entstanden, die, ähnlich den heutigen Korallenriffen der warmen Meere, in einem alten Meere gebildet wurden. Dieses Meer bestand hier während der ganzen mittleren Erdperiode (Mesozoikum). Die Hauptmasse der Kalke und Dolomite gehört aber der unteren der drei mesozoischen Formationen, der Triasformation an.

Zur Erklärung der geringeren Verbreitung dieser Kalke in den Zentralalpen und des Fehlens in der Sandsteinzone kann eventuell noch hinzugefügt werden, daß dieses Meer zwar auch nach Norden und Süden sich weiter ausdehnte, daß aber in der Sandsteinzone seine Ablagerungen von späteren Meeresbildungen, Sandsteinen und Schiefen verdeckt wurden; in den Zentralalpen sind sie dagegen infolge der höheren Emporrichtung der Zentralalpen bis auf gewisse Partien bereits abgetragen worden. (Hinweis auf die ähnlichen steileren Bergformen im triadischen Semmeringkalk: Adlitzgraben, Sonnwendstein.)

3. Einteilung und spezielle Morphologie der östlichen Kalkalpen.

Wir können in den Kalkalpen zwei landschaftlich sehr verschieden gebaute Zonen erkennen. Die Kalkhochalpen und die Kalkvoralpen. Die ersteren sind, wie der Name schon sagt, weitaus höher und zeigen mächtige, rings mit steilen Wänden abstürzende Plateauberge (Schneeberg, Raxalpe, Hochschwab, Ötscher). Die niedrigeren Kalkvoralpen zeigen ein viel abwechslungsreicheres Landschaftsbild, in welchem langgestreckte Käme und Ketten vorherrschen, welche teils Faltenzügen, teils übereinander geschobenen Schichtpaketen entsprechen. Dieser Gegensatz im landschaftlichen Aussehen ist im geologischen Bau begründet und geht in letzter Hinsicht auf die stratigraphische Zusammensetzung zurück. Maßgebend für den orographischen Aufbau ist nämlich die Triasformation<sup>3)</sup>, der, wie erwähnt, die Hauptmasse des „Alpenkalkes“ angehört. Diese ist nun in den Hochalpen und Voralpen verschieden zusammengesetzt. Gleich ausgebildet ist nur die untere Stufe, in Form meist

<sup>1)</sup> Natürlich ist damit nicht gemeint, daß jede kleine Unterstufe erwähnt werden soll. Details und, soweit sie das morphologische Bild beeinflussen! Namen der einzelnen Stufen sind nach Tunlichkeit ganz wegzulassen und, wo es angeht, größere Komplexe zusammenzufassen.

<sup>2)</sup> Der alte Name „Alpenkalk“, für den Geologen jetzt ein lang überwundener Begriff, dürfte im geographischen Schulunterricht eine brauchbare Bezeichnung für die Trias- und Jurakalke sein. Er bildet landschaftlich einen deutlichen Kontrast zu den verschiedenen kalkarmen Horizonten der Tiefenlinien, wie besonders Werfener Schichten und Gosauformation.

<sup>3)</sup> Die zerstreuten Jura- und Unterkreideablagerungen können wohl meist, wo nicht lokales Interesse sie verlangt, unberücksichtigt bleiben.

rot oder bunt gefärbter, sandiger und toniger Schiefer (Werfener Schiefer)<sup>1)</sup>. Darüber baut sich in den Hochalpen die ganze mittlere und obere Triasformation als einheitlicher mächtiger Kalkkomplex auf. In den Kalkvoralpen dagegen treten kalkarme Zwischenhorizonte auf. Der triadische Alpenkalk ist durch eine kalkarme, sandig-schieferige Zwischenschichte (Lunzer-Schichten usw.) in eine untere und obere Kalkgruppe getrennt, und nach oben folgen neuerdings kalkärmere Schichten (Kössener Schichten). Bei der wiederholten Aufaltung, welcher die Kalkalpen ausgesetzt waren, setzte die einheitliche, massige Schichtfolge der heutigen Hochalpen der Zusammenfaltung größeren Widerstand entgegen als die wechselreichere, kalkärmere Schichtfolge der Kalkvoralpen. Diese letztere wurde daher verhältnismäßig leicht in Falten gelegt, während die starren Hochalpenkalke in Tafeln zerbarsten und so die heutigen von Brüchen vielfach durchsetzten Plateauberge entstanden. In den Voralpen bilden die härteren Kalkkomplexe die Höhenlinien der Kämme und Gipfel; Beispiel: Mandling, Anninger, Reisalpe, Untersberg usw., den weichen Zwischenschichten folgen die Tiefenlinien und diesen die menschliche Besiedelung, Verkehrswege usw. Solche Tiefenlinien bilden besonders die sandig-tonige Untertrias (Werfener Schichte), Beispiele: Tiefzone bei Puchberg—Grünbach, Brühl—Heiligenkreuz, Altenmarkt; der oft kohlenführende, kalkarme Horizont zwischen dem unteren und oberen Triaskalk (Lunzer Schichte), Beispiel: Ybbstal zwischen Lunz und Göstling. Ferner bilden die gleichfalls meist sandig-schieferigen Ablagerungen des jüngeren (Kreide-)Meeres, welches in das schon teilweise aufgerichtete Kalkalpengebirge eingriff (Gosauformation), vielfach Tiefenregionen. Diese Ablagerungen ähneln oft denen der Sandsteinzone und sind im großen ganzen diesen altersgleich. Beispiele: Neue Welt, Gießhübel—Alland usw.

4. Eventuell kann noch auf die wirtschaftliche Bedeutung der einen oder der andern Schichtgruppe hingewiesen werden. So auf die Kohlenführung der Gosauformation (Neue Welt), die Kohlen der Lunzer Schichten (Lunz, Lilienfeld), Gipsführung der Werfener Schichten (Vorderbrühl, Altenmarkt, Puchberg usw.). Ihre Bedeutung als wichtigster Quellhorizont (Wiener Hochquellenleitung) usw. Das wird vom lokalen Interesse abzuhängen haben.

Es wird überhaupt dieses hier gegebene Beispiel aus dem heimatkundlichen Unterricht, das etwa für die oberste Stufe gedacht ist, in jeder Schulstadt gewisse Veränderungen erfahren müssen. Bald wird das eine oder andere oben Erwähnte kürzer zu fassen sein oder ganz wegzufallen haben, anderes dafür einzuschieben sein. So wird man etwa in der Gegend bei St. Pölten auf die Kirchberg—Frankenfelder Tiefenzone hinzuweisen haben und daher die oben ganz aus der stratigraphischen Übersicht weggelassenen Jura-Unterkreidefleckenmergel erwähnen müssen. In den Orten am Ostfuß des Wiener Waldes wird es sich vielleicht empfehlen, der jungtertiären Buchten zu gedenken, welche in die Kalkalpen eingreifen. (Gaadener Bucht, Kohlen von Grillenberg usw.). Oder man wird die NO—SW streichenden Querbrüche zu erwähnen haben, welche die morphologische Form der Hohen Wand und Dürren Wand bedingen<sup>2)</sup> usw.

<sup>1)</sup> Bezüglich der Stufennamen gilt auch hier das Seite 147 in der Anmerkung Gesagte.

<sup>2)</sup> Eine ausführliche Behandlung dieses Themas siehe A. Grund, Veränderungen in der Topographie im Wiener Walde und Wiener Becken. Pencks Geograph. Abh. VIII, 1, 1901. N. Krebs, Die nördlichen Kalkalpen zwischen Enns, Traisen und Mürz. Ebenda VIII, 2, 1908. Vgl. ferner: G. Rusch. Landeskunde von Niederösterreich. 3. Aufl., Wien, Lechner 1908.

H. Vettters, Geologie der weiteren Umgebung Wiens. Wien, Verlag der Österr. Lehm.-Anst. 1910.

Wir sehen, es läßt sich nicht einmal für ein ganz kleines Heimatgebiet, für ein einziges Kapitel der Heimatkunde ein allgemein geltendes Schema skizzieren. Damit ist aber die größte Schwierigkeit berührt worden, welche die Stratigraphie dem Lehrer bereitet.

Kaum bei einem andern Kapitel der Geologie wird der Lehrer so sehr auf sein eigenes Taktgefühl in der Auswahl und methodischen Behandlung des Stoffes angewiesen, wie hier. Die meisten, ja fast alle Lehrbücher lassen ihn im Stich. Meist wird er gezwungen sein, aus größeren Werken, womöglich Originalabhandlungen, sich die (Lokal-)Stratigraphie seines Gebietes kurz zusammenzustellen und schulgerecht umzuarbeiten. Eine gewisse Erleichterung erfährt zwar diese Arbeit des Lehrers dadurch, daß für viele Gegenden übersichtliche Heimat- oder Länderkunden erschienen sind, welche den geologischen Bau und die Stratigraphie behandeln oder wenigstens bei der geographischen Beschreibung stark berücksichtigen. Solche Landeskunden sind von den meisten reichsdeutschen Staaten und Provinzen erschienen, darunter auch solche, welche selbst für den Gebrauch der Volksschule zugeschnitten sind. Das schon oben angeführte Buch von J. Walther: Vorschule der Geologie, — nicht eindringlich genug für die erste Einführung und für die Schulmethodik der Geologie zu empfehlen — enthält in seiner dritten Auflage<sup>1)</sup> ein reiches Verzeichnis solcher Werke besonders für Deutschland, aber auch für Österreich und die Schweiz. Für die österreichischen Länder existieren schon weniger methodisch bearbeitete Landeskunden. Zu erwähnen wären hier die als Texte zu den Schul- und Handkarten von K. Schober erschienenen Landeskunden<sup>2)</sup> von Böhmen, Mähren, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark, von denen die Landeskunde von Niederösterreich in ihrer neuen dritten Auflage auch die stratigraphische Geologie eingehend behandelt. Auch die verschiedenen Geologischen Führer, welche im Kapitel „Exkursionen“ angegeben sind, können oft als Hilfsmittel dienen.

Die Hauptarbeit bleibt aber immer, um es zu wiederholen, dem Lehrer selbst überlassen.

Nach dem bisher Gesagten ist zugleich angedeutet, in welchem Umfange die Paläontologie und die Paläogeographie für den Geographieunterricht in Frage kommt.

Paläontologie im strengen Sinne des Wortes, d. h. das Behandeln der ausgestorbenen Faunen und Floren nach zoologischer, beziehungsweise botanischer Einteilung, ferner die Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Tier- und Pflanzenstämme und Arten fällt natürlich für den Geographen von vornherein weg. Das ist Sache des naturwissenschaftlichen Unterrichtes. Hier ist die Paläontologie berufen, den (bisher hauptsächlich beschreibenden) Unterricht der modernen Lebewesen zu ergänzen und einen Abschluß zu bilden, wie in anderer Richtung eine allgemeine Biologie.

Nur als Kunde von den Leitfossilien wird sie im bescheidenen Umfange — sozusagen als Hilfswissenschaft zweiten Grades — mit in Betracht kommen. Und auch hier wird sich die Auswahl nur auf die allerwichtigsten Gattungen und Formen beschränken, also auf solche Leitformen, bei denen die ganze Gattung für eine bestimmte Epoche, Formation oder Unterstufe des Heimatgebietes charakteristisch ist und auf Artmerkmale nicht eingegangen werden muß, z. B. Trilobiten für das ältere Paläozoikum, Belemniten für

<sup>1)</sup> Gustav Fischer, Jena, 1908.

<sup>2)</sup> R. Lechner, Wien.

Jura- und Kreideformation, Rudisten für Gosauformation und medit. Oberkreide, Ammoniten für Mesozoikum, Nummuliten für Alttertiär usw. Spezies erwähnen wir nur dann, wenn sie so charakteristisch und leicht erkennbar sind, daß sie von den Schülern wieder erkannt werden, z. B. *Terebratula diphyia* für südalpinen Oberjura, große *Megalodonten* für den Dachsteinkalk, *Ceratites nodosus*, deutscher Muschelkalk, *Belemnitella mucronata*, Oberkreide nordischer Entwicklung.

Also es muß wieder das lokale Bedürfnis stark in die Wage fallen, Formen, welche bei Exkursionen zu erwarten sind, oder welche die Schüler selbst bei Ausflügen häufig finden, werden zu erwähnen sein, d. h. nicht bloß dem Namen nach zu erwähnen, sondern nach allen wichtigen Merkmalen zu besprechen, soferne nicht der naturwissenschaftliche Unterricht hier schon vorgearbeitet hat.

Je weniger Beschreibungen einzelner Leitfossilien der Lehrer in den Unterricht selbst bringen soll, desto mehr wird er bemüht sein müssen, sich selbst eine genügende Kenntnis der heimischen Leitfossilien zu verschaffen, damit er die Stratigraphie des Heimatgebietes und durch sie die Tektonik desselben bis ins Einzelne verstehe. Denn erst wer über eine umfassende Kenntnis verfügt, wird mit glücklicher Hand das für den Unterricht Wichtigste zu wählen wissen.

Auch die Paläogeographie wird nicht als eigenes Kapitel, sondern nur im Anschlusse an die Stratigraphie für den Geographieunterricht in Betracht kommen.

Wenn hier von Meeresablagerungen, von ufernahen, Tiefsee- oder Landablagerungen einer Formation gesprochen wird, so stellt sich von selbst die Frage ein, wo die Grenzen dieser Meeresteile und Festländer in dem eben behandelten Gebiete lagen, welche Ausdehnung die Meere und Kontinente besaßen und welche Unterschiede gegenüber der heutigen Verteilung bestehen. So wird, wie es in dem oben angeführten Beispiel geschah, nach Konstatierung der Tatsache, daß die Gesteine unserer Kalkalpen überwiegend marine Ablagerungen sind, sich sogleich hinzufügen lassen, daß es sich um ein Meer handelt, das sich, ähnlich dem heutigen Mittelmeere, in Ost-Westrichtung erstreckte, welches aber viel größere Ausdehnung besaß, nämlich aus Zentralasien über Europa bis nach Mittelamerika sich erstreckte, daß ferner dieses Meer bei ständiger Verschiebung der Küstenlinien seit der altzeitlichen Epoche (Paläozoikum) durch die ganze Mittelzeit bestand und aus ihm dann die jungen, daher jetzt noch hohen Kettengebirge emporgefaltet wurden.

In einem andern Gebiete wird man wieder eine andere Formation als Beispiel wählen, um auf die Tatsache hinzuweisen, daß die Verteilung der Festländer in früheren Epochen eine andere war als jetzt und mehrfach wechselte. So wird man in Böhmen bei Besprechung des Quadersandsteingebirges der böhmisch-sächsischen Schweiz, der Adersbacher und Weckelsdorfer Felsen auf die Verbreitung des Oberkreidemeeres zu sprechen kommen und auf die Transgression hinweisen können, welche sich am Beginn der Oberkreide hier in Böhmen wie in ganz Europa geltend machte und von der unter anderm auch die seit Formationen bestandene böhmische Festlandsinsel überflutet wurde. Auf die gleiche Erscheinung wird man in den Alpenländern zu sprechen kommen, wenn von der Gosauformation die Rede ist.

In den Ländern, wo größere Gebiete von Jungtertiär eingenommen

werden, wird die Verbreitung des jungtertiären Meeres in den Kreis der Besprechung zu ziehen sein. In diesem Fall läßt sich dann leicht auf die Entstehung der jetzigen Festlands- und Meeresgrenze übergehen.

In längerem Zusammenhange durch mehrere Formationen den Wechsel der Festlands- und Meeresgrenzen zu besprechen, dazu wird sich jedoch im Unterrichte kaum Zeit und Gelegenheit bieten. Höchstens kann dies in der Heimatkunde bei Besprechung eines engeren Gebietes im Anschluß an die Stratigraphie geschehen, besonders bei Ländern, welche, wie z. B. Niederösterreich, eine geologisch mannigfaltige Zusammensetzung zeigen. Bei diesem Beispiele führt die Besprechung des Waldviertels auf die Rolle, welche das böhmische Massiv als Festland während des jüngeren Paläozoikums und Mesozoikums spielte; der Aufbau der Alpen läßt auf das mesozoische Mittelmeer, die Gosauformation der Kalkalpen und die Sandsteinzone auf die Oberkreidetransgression und das alttertiäre Meer am Außenrande der Alpen und Karpaten, die Ebenen und Hügelländer zwischen Alpen und Waldviertel auf die jungtertiären Meeresbecken usw. zu sprechen kommen. Die jungen Schotterablagerungen und die Verteilung des Lösses führt schließlich zu den klimatischen und sonstigen Verhältnissen, welche in der letzten vergangenen Formation, im Diluvium, herrschten. So liegt es dann nahe, in Form einer paläogeographischen Zusammenfassung die Fälle der neuen Eindrücke zu wiederholen. Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, daß auch bei diesem Kapitel der Grundsatz herrschen soll: Nicht zu viel Material, doch eingehende Behandlung des Gebotenen.

Schließlich noch einige Worte über die bildliche Darstellung des Schichtenbaues. Sehr häufig findet man die stratigraphische Zusammensetzung eines Gebietes in Form eines idealisierten Profils dargestellt, in denen die einzelnen Schichtglieder (soweit sie in dem betreffenden Lande vorkommen) vollständig und in ungestörter Lagerung übereinander dargestellt sind. Dadurch wird von der Mächtigkeit der einzelnen Stufen und Formationen ein anschauliches Bild gegeben. Auch die petrographische Beschaffenheit, besonders die Widerstandsfähigkeit gegen die Verwitterung usw., wird oft mit angedeutet, indem man gewissermaßen die Verwitterung und Erosion an einer senkrechten Wand dieser kompletierten Schichtserie angreifen ließ und die harten, widerstandsfähigen Gesteine vorspringend oder mit steiler, die weichen, wenig widerstandsfähigen Schichtgruppen mit flacherer Böschung nach außen treten läßt. Diese Darstellung entspricht den Verhältnissen, wie wir sie tatsächlich bei horizontaler oder wenig geneigter Lagerung, etwa am Abbruch eines Tafellandes, beobachten. Für solche Gebiete ist diese Darstellungsart der stratigraphischen Zusammensetzung sehr zweckmäßig und anschaulich.

Für ein Gebiet jedoch, in dem die Schichten stark aufgerichtet und gefaltet sind, empfiehlt sich diese Darstellungsart weniger, da sie leicht eine falsche Vorstellung über die Lagerung erweckt und das Hervortreten der einzelnen härteren und mächtigen Schichtglieder als Kämme und Gipfel nicht zum Ausdruck bringt.

Will man hier doch eine solche schematische Darstellung der gesamten Schichtenfolge geben, so dürfte es sich mehr empfehlen, sie schräg gestellt, etwa unter 45 Grad ansteigend, zu zeichnen. Trägt man dabei die relative Mächtigkeit der einzelnen Stufen, wie sonst in der senkrechten Richtung, auf dieser schrägen Basis auf und bringt die verschieden große Widerstandsfähigkeit gegen die Abtragung in ähnlicher Weise wie sonst zum Ausdruck, so werden die oben geschilderten Übelstände behoben und ein ziemlich anschauliches Bild gegeben. Zugleich lassen sich hier die Begriffe der wahren und schein-

baren Schichtenmächtigkeit leicht demonstrieren. Im folgenden ist die Trias der östlichen Kalkvorpalen zum Vergleiche mit dem oben angeführten Beispiele nach beiden Arten dargestellt<sup>1)</sup>.

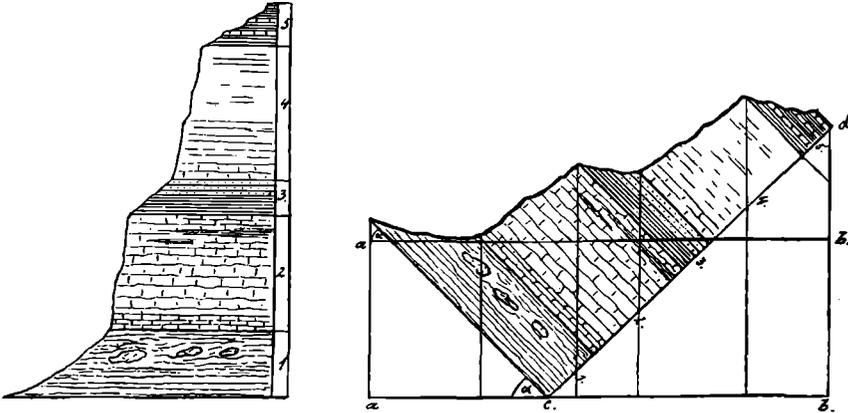


Fig. 75. Schematische Darstellung der stratigraphischen Zusammensetzung der Triasformation der niederösterreichischen Voralpen: 1. Untere kalkarme Gruppe (Werfener Schiefer mit Gipsstöcken), 2. untere Kalkgruppe (Guttensteiner Kalk, darüber Reiflinger Kalk gegen oben mit Mergeleinschaltungen), 3. mittlere kalkarme Gruppe (Reingrabener Schiefer, Lunzer Sand), 4. obere Kalkgruppe (Opponitzer Kalk und Dolomit, Hauptdolomit und Dachsteinkalk), 5. obere kalkarme Gruppe (Kössener Schichten). *a* Nach der meist gebräuchlichen Weise in horizontaler Lagerung dargestellt, *b* dieselbe Schichtfolge in geneigter Stellung dargestellt, wobei die natürlichen Lagerungsverhältnisse im gefalteten Gebirge und die morphologische Bedeutung der Schichtgruppen (Höhen- und Tiefenzonen) zum Ausdruck kommen. Linie *c-d* gibt die wahren Mächtigkeiten, *a-b* die scheinbaren Mächtigkeiten (des Kartenbildes), wenn *a* der Fallwinkel ist.

<sup>1)</sup> Die zerstreut auftretenden Juraablagerungen sind hier weggelassen worden. Solche Vorkommen lassen sich schwer mit darstellen, ohne vom natürlichen Bilde allzusehr abzuweichen.