



Der Senator für Wissenschaft und Kunst
Der Senator für Bildung

Arbeitsmappe
Schule und Museum

Lebensraum „Meer“

Evolution

Nordseemuseum Bremerhaven
1982

Arbeitsmappe Schule und Museum

Lebensraum "Meer"

Evolution



Kartographie auf dem 10. Jahrestag

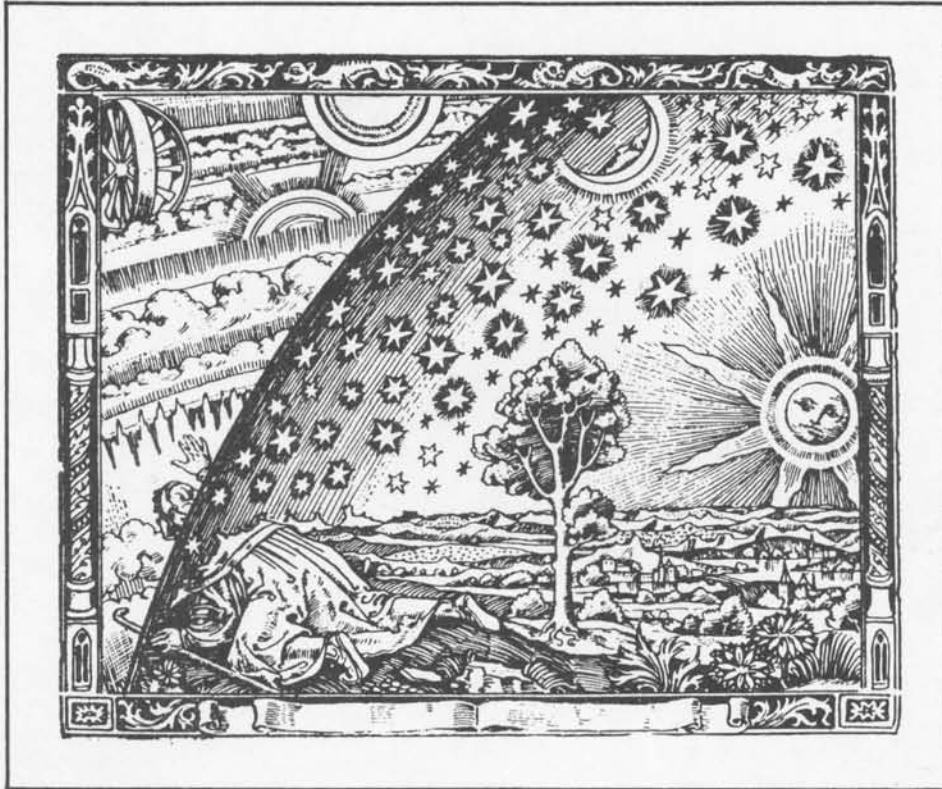
Die Kartographie ist ein wichtiges Instrument der Vermessung und dient dazu, die räumliche Anordnung von Objekten in der Natur oder in der Stadt zu veranschaulichen. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil der Geographie und der Raumforschung.

Die Kartographie hat eine lange Geschichte und hat sich im Laufe der Jahrhunderte ständig weiterentwickelt. Von den ersten einfachen Zeichnungen bis hin zu den heutigen digitalen Karten sind die Möglichkeiten der Kartographie unendlich.

Geographische Karte von M. Wolff

Geographische Karte von M. Wolff

Geographische Karte von M. Wolff



Holzchnitt aus dem 16. Jahrhundert

Impressum: Veröffentlichung mit Unterstützung des
museumspädagogischen Dienstes beim
Senator für Wissenschaft und Kunst.

Verantwortlich
für den Inhalt: Günther Behrmann

Didaktik und
pädagogische Beratung: W. Wolff

Grafik: M. Wolff

Design: H. Westphal

Bremerhaven 1982

Arbeitsmappe Schule und Museum

Lebensraum "Meer"

Evolution

Zum Unterrichtsthema "Evolution" der Sekundarstufen I und II bietet das Nordseemuseum über 300 Anschauungsobjekte an. Ergänzt wird die Sammlung durch Rekonstruktionen und Modelle, wodurch kleine Schritte der Entwicklung sichtbar werden.

Jeder Lehrer kann sich aus der Fülle des Gebotenen das für seinen Unterricht Passende herausuchen. Darüberhinaus steht magaziniertes Handmaterial auf Anforderung zur Verfügung.

Günther Behrmann

Erdzeitalter

Ära	Formation	Epoche	begann vor Millionen Jahren
Archaikum			ca. 4800
Algonkium	Präkambrium 750		3200
Paläozoikum	Kambrium		580
	Ordovicium		
	Silur	Gotlandium	500
	Devon	Unterdevon Mitteldevon Oberdevon	395
	Karbon	Unterkarbon Oberkarbon	345
	Perm	Rotliegendes Zechstein	280
Mesozoikum	Trias	Buntsandstein Muschelkalk Keuper	225
	Jura	Lias Dogger Malm	195
	Kreide	Neokom Gault Cenoman Turon Senon	136
Neozoikum	Tertiär	Paläozän Eozän Oligozän Miozän Pliozän	65
	Quartär	Pleistozän = Diluvium Alluvium	2

Die Entwicklung und Veränderung der Erde bis heute

Die Grundgedanken zur Weltentstehung wurden im 18. Jahrhundert von dem Philosophen Kant und von dem Physiker und Mathematiker Laplace gelegt. Große Fortschritte brachten die letzten Jahre durch die Weltraumforschung. Weitere Erkenntnisse konnten auch auf experimentellem Wege gewonnen werden. Doch alle Fakten, die bis heute bekannt sind, reichen nicht aus, um sagen zu können: "So war es!" Man kann immer nur sagen: "So kann es gewesen sein!"

Aus der Kant/Laplace'schen Weltentstehungstheorie ergaben sich zwei neue Theorien, die heute miteinander konkurrieren. Beide Theorien gehen vom selben Ausgangspunkt aus, beide verfügen über Fakten, beide erreichen dasselbe Ziel, nur im Wege dahin unterscheiden sie sich.

Ausgangspunkt für beide Theorien sind die Urteilchen, aus denen sich der Kosmos zusammensetzt. Niemand weiß, woher sie kamen, niemand weiß, wie die Protonen, die Elektronen und die vermuteten kleineren Materieteilchen entstanden sind.

Zur ersten Theorie:

Alle freien Urteilchen strebten aufeinander zu, wodurch große Hitze entstand, die zu einer gigantischen Explosion führte. Das ist die sogenannte "Big-Bang-Theorie" = Urknall.

Beweis: Alle Gestirne streben voneinander weg. Rechnet man die Geschwindigkeit aus, mit der das Weltall heute auseinanderstrebt und rechnet dann die Wegstrecke der Gestirne zurück, so treffen sich alle Bahnen zu bestimmbarer Zeit an einem Punkt. Wenn der Urknall überhaupt stattgefunden hat, dann war es vor 13 Milliarden Jahren.

Nun flog die gesamte Materie - von der Explosion zerrissen - hinaus ins All. Einige Stücke begannen zu rotieren, schlossen sich zusammen; Nebel, Wolken, Planeten entstanden.

Unsere Erde flog als glühender Klumpen durch das All, rundete sich durch die Rotationskräfte und erkaltete langsam. Brocken, die noch nachfolgten, trafen auf die Erde und formten sie weiter aus. Seit der Bildung der Urerde ist täglich etwa 6 000 000 kg Materie aus dem All hinzugekommen, was im Laufe der Zeit zu einer Schicht von 15 Kilometern Mächtigkeit wurde.

Nachdem die Erde soweit abgekühlt war, daß das Wasser nicht mehr verdunstete, sondern sich sammelte, entstand in den ersten Pfützen das Leben.

Zur zweiten Theorie:

Die im kalten Weltall auf einer gekrümmten Bahn fliegenden Urteilchen schlossen sich aufgrund ihrer Anziehungskraft zusammen. Es kam zur Bildung von Atomen, und aus den Atomen entstanden die Moleküle. Viele der für die Entstehung des Lebens so wichtigen Elemente wie Methan, Kohlenmonoxid, Formaldehyd, Blausäure, Ameisensäure, Helium, Wasserstoff, Neon, Stickstoff und andere bildeten sich. Diese Verbindungen schweben heute noch in Form von Wolken im All, und immer neue werden entdeckt.

Die Moleküle schlossen sich zusammen. Je größer diese Zusammenschlüsse wurden, desto größer wurde die Hitze, die durch die Reibung der unterschiedlichen Massen entstand. War die Hitze zu groß, gab es Explosionen, wobei auch größere Brocken abgesprengt wurden, die bis heute auf die Planeten treffen.

Durch den Druck, der beim Zusammenschluß der Materie zu Planeten entstand, wurde auch das eingebettete Wasser nach außen gedrückt, wodurch Verdunstungskälte entstand, die erheblich mithalf bei der Abkühlung der Planeten.

Auf der Erde sammelte sich das Wasser und die ständig aus dem Weltall herabrieselnde Materie brachte die Grundlagen mit, aus denen dann auf der Erde Lebensformen keimten.

Wenn mehr Fakten vorliegen, wird sich herausstellen, welche Theorie der Wahrheit am nächsten liegt.

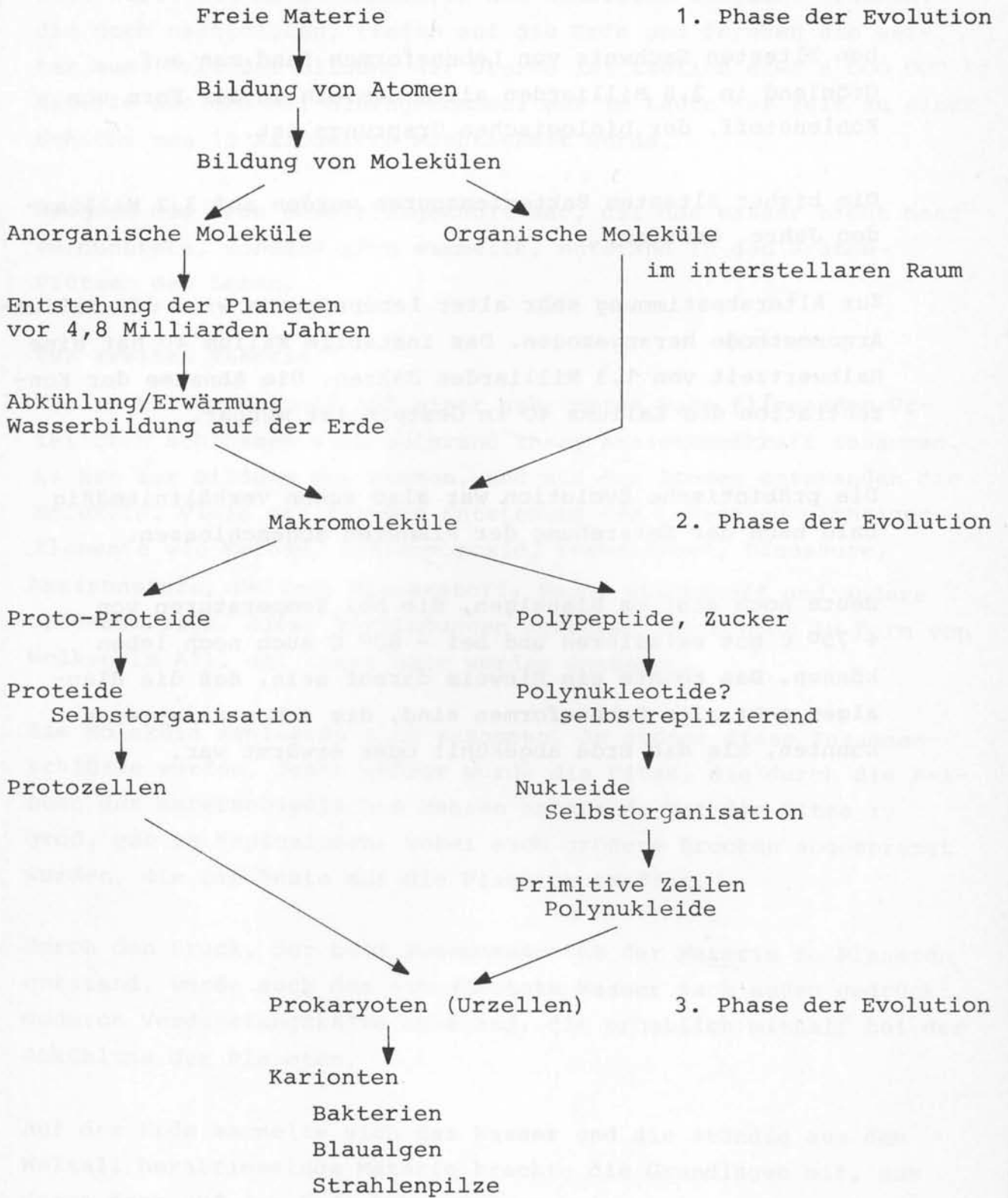
Den ältesten Nachweis von Lebensformen fand man auf Grönland in 3,8 Milliarden altem Gestein in der Form von Kohlenstoff, der biologischen Ursprungs ist.

Die bisher ältesten Bakterienspuren wurden auf 3,2 Milliarden Jahre bestimmt.

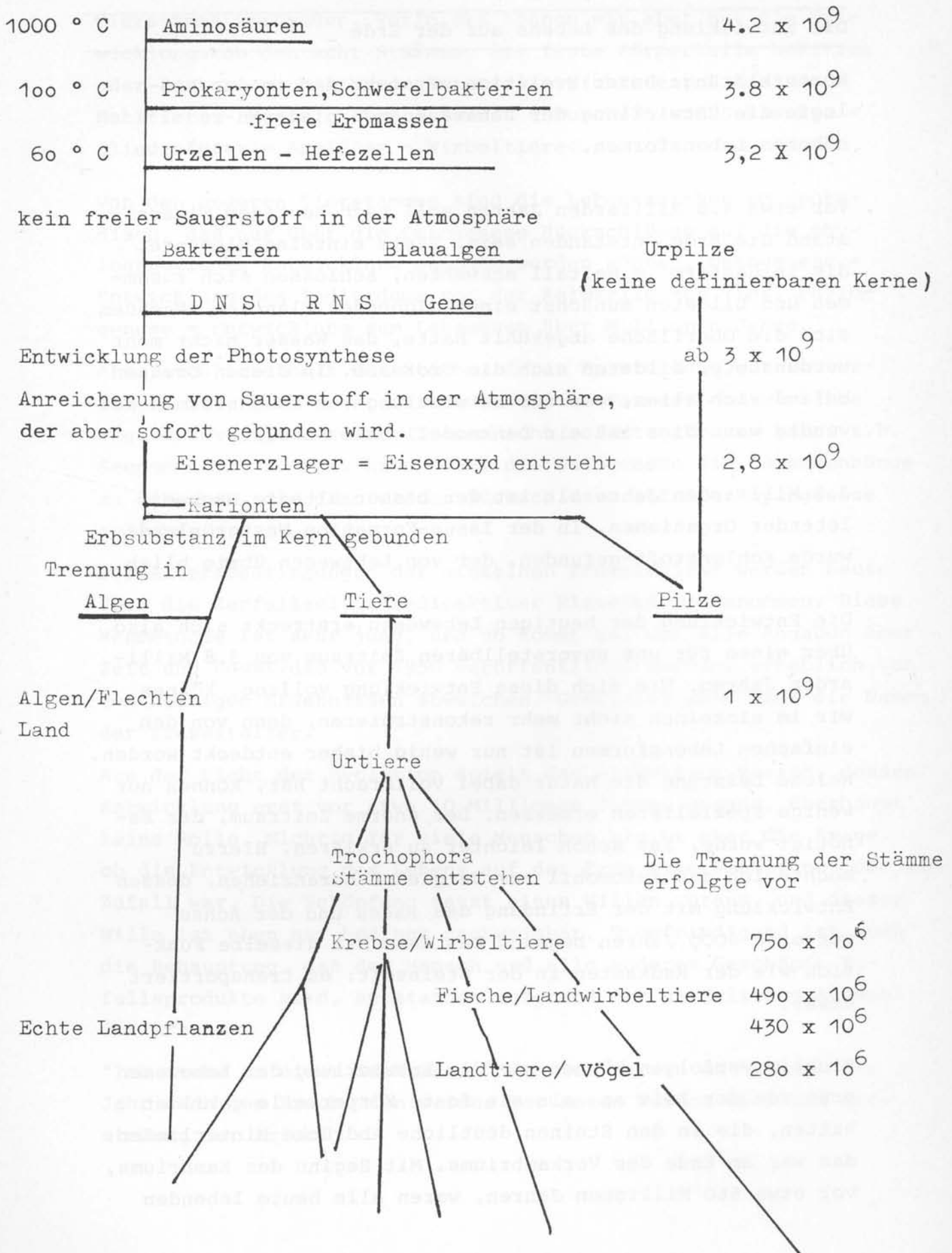
Zur Altersbestimmung sehr alter Lebensformen wird die Kalium-Argonmethode herangezogen. Das instabile Kalium 40 hat eine Halbwertszeit von 1,3 Milliarden Jahren. Die Abnahme der Konzentration des Kaliums 40 im Gestein ist meßbar.

Die präbiotische Evolution war also schon verhältnismäßig bald nach der Entstehung der Planeten abgeschlossen.

Heute noch gibt es Blaualgen, die bei Temperaturen von + 75° C gut existieren und bei - 80° C auch noch leben können. Das könnte ein Hinweis darauf sein, daß die Blaualgen sehr alte Lebensformen sind, die schon existieren konnten, als die Erde abgekühlt oder erwärmt war.



Ablauf der biologischen Evolution



Die Entwicklung des Lebens auf der Erde

Wörterklärung: Unter Evolution versteht man in der Biologie die Entwicklung der Lebewesen von niederen zu höheren Lebensformen.

Vor etwa 4,8 Milliarden Jahren soll nach heutigem Wissensstand die Erde entstanden sein. Viele einzelne Elemente, die in Gasform im Weltall schwebten, schlossen sich zusammen und bildeten zunächst einen glühenden Planeten. Nachdem sich die Oberfläche abgekühlt hatte, das Wasser nicht mehr verdunstete, bildeten sich die Ozeane. In diesen Ozeanen befand sich alles, was zur Entwicklung von Lebensformen notwendig war. Dies ist ein Denkmodell ohne Beweise.

3,8 Milliarden Jahre alt ist der bisher älteste Nachweis lebender Organismen. In der Issua-Formation Westgrönlands wurde Kohlenstoff gefunden, der von Lebewesen übrig blieb.

Die Entwicklung der heutigen Lebewesen erstreckt sich also über einen für uns unvorstellbaren Zeitraum von 3,8 Milliarden Jahren. Wie sich diese Entwicklung vollzog, können wir im einzelnen nicht mehr rekonstruieren, denn von den einfachen Lebensformen ist nur wenig bisher entdeckt worden. Welche Leistung die Natur dabei vollbracht hat, können nur wenige Spezialisten ermessen. Der enorme Zeitraum, der benötigt wurde, ist schon leichter zu erklären. Hierzu möchte ich das Automobil zum Vergleich heranziehen, dessen Entwicklung mit der Erfindung des Rades und der Achse vor etwa 6000 Jahren begann. Das Auto hat dieselbe Funktion wie der Radkasten in der Steinzeit: es transportiert etwas.

Richtig verfolgen können wir die Entwicklung der Lebewesen erst von der Zeit an, als sie feste Körperteile gebildet hatten, die in den Steinen deutliche Abdrücke hinterließen: das war am Ende des Vorkambriums. Mit Beginn des Kambriums, vor etwa 660 Millionen Jahren, waren alle heute lebenden

Tierstämme vorhanden. Verfolgen können wir aber nur die Entwicklung von den acht Stämmen, die feste Körperteile besitzen oder Bauten aus haltbarem Material errichteten: Einzeller - Hohltiere - Moostierchen - Würmer - Muscheln und Schnecken - Gliederfüßer - Armfüßer - Wirbeltiere.

Von den anderen Tierstämmen sind die Lebenszeichen so sporadisch, daß nur über die Ontogenese Rückschlüsse auf die phylogenetische Entwicklung gezogen werden können. Ontogenese = Entwicklung des Individuums von der Keimzelle zum Tier, Phylogenese = Entwicklung zum Lebewesen über Millionen Jahre.

Aber auch innerhalb der Stämme, deren Entwicklung gut zu verfolgen ist, gibt es so unterschiedliche Formen, daß man ihre Zugehörigkeit zum selben Stamm nicht sofort erkennen kann, z.B. Seepocke und Hummer. Hier hilft die Ontogenese die Zusammenhänge zu erkennen, die dann wieder Rückschlüsse auf die Phylogenese erlauben.

Die Altersbestimmungen der einzelnen Erdzeitalter werden heute über die Zerfallzeiten radioaktiver Elemente vorgenommen. Diese Meßmethode ist sehr jung, und so kommt es, daß alle Angaben über Zeit und Dauer, die vor 1950 veröffentlicht wurden, erheblich von den heutigen Ergebnissen abweichen. Geblieben sind aber die Namen der Erdzeitalter.

Aus der Sicht der Evolution spielt das Wirbeltier Mensch, dessen Entwicklung erst vor etwa 10 Millionen Jahren begann, überhaupt keine Rolle. Wichtig für viele Menschen bleibt aber die Frage, ob die Entwicklung des Lebens auf der Erde eine Schöpfung oder ein Zufall war. Die Schöpfung setzt einen Willen voraus, und dieser Wille ist eben nur bedingt nachweisbar. Unbefriedigend ist auch die Behauptung, daß der Mensch und alle anderen Geschöpfe Zufallsprodukte sind, entstanden aufgrund der natürlichen Auswahl der Arten.

"Ich stehe in einer Sackgasse!" schrieb Darwin an Lamarck ein Jahr nach dem Erscheinen seines berühmten Werkes über die Entstehung der Arten.

Virusmodell 1,5:1 Millionen

Der Virus T_2 , ein Bakterienfresser, ist der am besten erforschte Virus.

Viren werden als Grenzwesen zwischen anorganischer und organischer Materie angesehen. Sie können sich nur vermehren, wenn sie fremde organische Substanzen finden. Der Virus T_2 landet auf einem Bakterium und gibt seinen Körperinhalt, bestehend aus Erbinformationen in Form eines sehr langen Desoxyribonukleinsäurestranges in das Bakterium ab. Danach löst er sich auf. Im Bakterium entwickeln sich nun etwa 200 neue Viren, und das Bakterium stirbt ab.

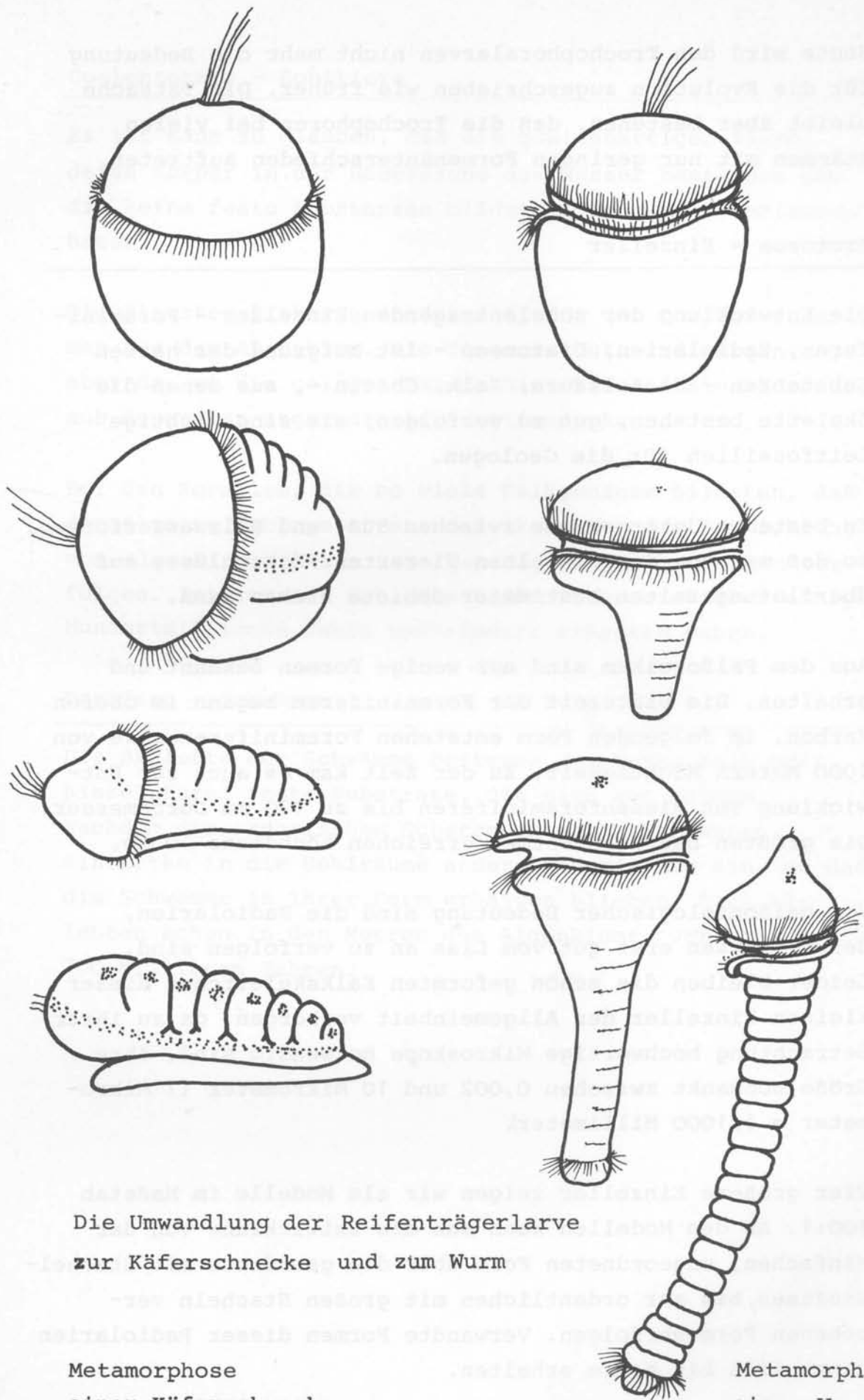
Reifenträgerlarven - Trochophora

Die sich ähnelnden Reifenträgerlarven, genannt nach dem aus feinen Wimpern bestehenden Kranz, beweisen die Verwandtschaft der Tierstämme untereinander.

Die oberste Form, ein heute im Meer lebender Einzeller, stellt die Grundform dar, aus der sich die Formen der einzelnen Stämme entwickelten.

Die untere Form könnte sich zu einem Wurm oder zu einer Seelilie entwickeln. Die mittlere Reifenträgerlarve zeigt die Umwandlung (Metamorphose) zu einer Käferschnecke.

Die Verbreitung sich ähnlich sehender Trochophoralarven bei verschiedenen Stämmen führte im vorigen Jahrhundert zu phylogenetischen Spekulationen. Man glaubte, in ihnen die Ahnen aller Tiere zu erkennen.



Die Umwandlung der Reifenträgerlarve
zur Käferschnecke und zum Wurm

Metamorphose
einer Käferschnecke

Metamorphose
eines Wurmes

Heute wird den Trochophoralarven nicht mehr die Bedeutung für die Evolution zugeschrieben wie früher. Die Tatsache bleibt aber bestehen, daß die Trochophoren bei vielen Stämmen mit nur geringen Formenunterschieden auftreten.

Protozoa = Einzeller

Die Entwicklung der schalentragenden Einzeller - Foraminiferen, Radiolarien, Diatomeen - ist aufgrund der harten Substanzen - Kieselsäure, Kalk, Chitin -, aus denen die Skelette bestehen, gut zu verfolgen; sie sind wichtige Leitfossilien für die Geologen.

Es bestehen Unterschiede zwischen Süß- und Salzwasserformen, so daß man von den einzelnen Tierarten Rückschlüsse auf Überflutungszeiten bestimmter Gebiete ziehen kann.

Aus dem Paläozoikum sind nur wenige Formen bekannt und erhalten. Die Blütezeit der Foraminiferen begann im oberen Karbon. Im folgenden Perm entstehen Foraminiferenkalke von 1000 Metern Mächtigkeit. Zu der Zeit kam es auch zur Entwicklung von Riesenforaminiferen bis zu 120 mm Durchmesser. Die größten heutigen Formen erreichen höchstens 10 mm.

Von paläontologischer Bedeutung sind die Radiolarien, deren Klassen erst gut vom Lias an zu verfolgen sind. Leider bleiben die schön geformten Kalkskelettchen dieser kleinen Einzeller der Allgemeinheit verborgen, da zu ihrer Betrachtung hochwertige Mikroskope notwendig sind. Ihre Größe schwankt zwischen 0,002 und 10 Mikrometer (1 Mikrometer = 1/1000 Millimeter).

Vier größere Einzeller zeigen wir als Modelle im Maßstab 100:1. An den Modellen kann man die Entwicklung von der einfachen, ungeordneten Form über die geordnete mit Stachelansätzen, bis zur ordentlichen mit großen Stacheln versehenen Form verfolgen. Verwandte Formen dieser Radiolarien haben sich bis heute erhalten.

Coelenterata - Hohltiere

Es ist kaum zu glauben, daß die quallenartigen Tiere, deren Körper in der Hauptsache aus Wasser bestanden und die keine feste Substanzen bildeten, Spuren hinterlassen haben.

Die ältesten bisher gefundenen Spuren von Quallen stammen aus dem Algonkium. Die Tiere selbst sind vergangen, aber da, wo sie gelegen haben, hinterließen sie Abdrücke, aus denen man sogar die Art bestimmen kann.

Bei den Korallen, die so viele Kalkgehäuse bildeten, daß davon ganze Gebirge entstanden, kann man die Entwicklung vom Algonkium bis zum heutigen Tage sogar lückenlos verfolgen. Interessant ist, daß viele Arten sich über einige Hundertmillionen Jahre unverändert erhalten haben.

Porifera - Schwämme

Die Skelette der Schwämme bestehen aus Horn, Kalk oder Kieselsäure, feste Substrate, die sich gut halten. Nachdem die organischen Substanzen vergangen waren, sinterten in die Hohlräume andere Materialien ein, so daß die Schwämme in ihrer Form erhalten blieben. Auch sie lebten schon in den Meeren des Algonkiums, vor über 700 Millionen Jahren.

1. Stamm Tentaculata

Alle Kranzfühler (Tentaculata) sind hochentwickelte Tiere, die mit Hilfe von Wimpern ihre Nahrung einstrudeln.

2. Klasse der Graptolithen

Graptolithen waren kleine, kolonienbildende Tiere, die säge- oder schriftähnliche Spuren hinterließen. Man findet sie in den Gesteinen vom Kambrium bis zum Karbon. Im Karbon starben sie aus. Die zunächst für Pflanzen gehaltenen Graptolithen wurden erst Mitte des 19. Jahrhunderts als Tiere erkannt. Ihre Hauptverbreitungszeit war im Silur, wo sie in so großen Mengen auftraten, daß sie als Leitfossil verwendet werden konnten.

Die heute noch lebenden Verwandten der Graptolithen die kolonienbildenden Bryozoen - Moostierchen kennen wir besser. Von den über 20 000 bekannten Arten leben heute noch etwa 4000. Ihre Blütezeit war das Zechsteinmeer, in dessen Formationen große Bryozoenriffe gebildet wurden. Sie bevölkern die Meere seit dem Kambrium. Graptolithen und Bryozoen haben ihre Gehäuse aus Chitin oder Kalk aufgebaut, dauerhafte Materialien, die gut sichtbare Spuren hinterlassen.

Eine weitere Klasse der Tentaculata sind die Brachiopoden. Bis ins 19. Jahrhundert hielt man die Armfüßer für Mollusken, was nicht verwunderlich ist, denn diese festsitzenden Tiere sehen äußerlich den Muscheln ähnlich. Ihre stattlichen Kalkgehäuse findet man gut erhalten in allen Erdschichten, wodurch ihre Entwicklung von der vorgeschichtlichen Zeit bis heute gut zu verfolgen ist. Der älteste Fund ist etwa 700 Millionen Jahre alt.

3. Vermes - Würmer

Wohnröhren und Kriechspuren haben die Würmer viele hinterlassen, sie selber sind vergangen und nur die aus Chitin bestehenden Borsten und Kiefer blieben erhalten. Im Paläozoikum waren sie schon so verbreitet

wie heute, so daß man davon ausgehen kann, daß sie schon in vorkambrischer Zeit die Erde bevölkerten.

Evolutionär kommen die niederen Würmer als Ahnen vieler Tierstämme in Betracht. Gestützt wird die Theorie auf eine gemeinsame Larvenform - Reifenträgerlarve -, die in abgewandelter Form unter anderem bei den Mollusken und Echinodermen vorkommt.

4. Stamm Mollusca

Muscheln/Schnecken/Tintenfische/Ammoniten/Belemniten.

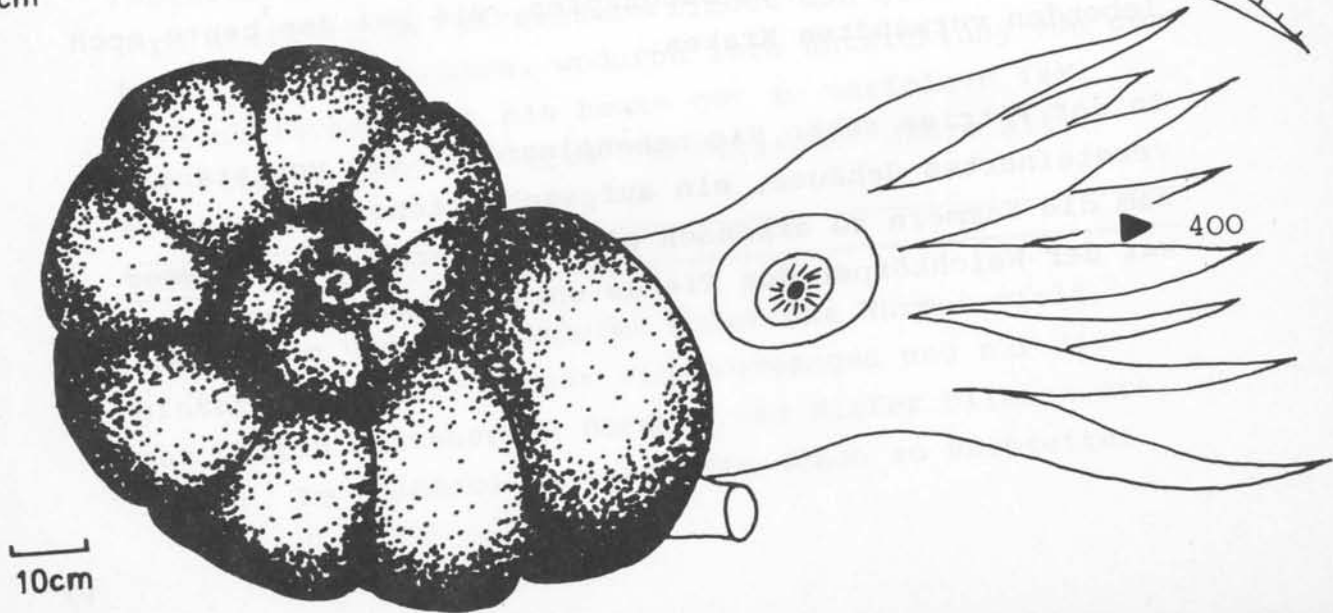
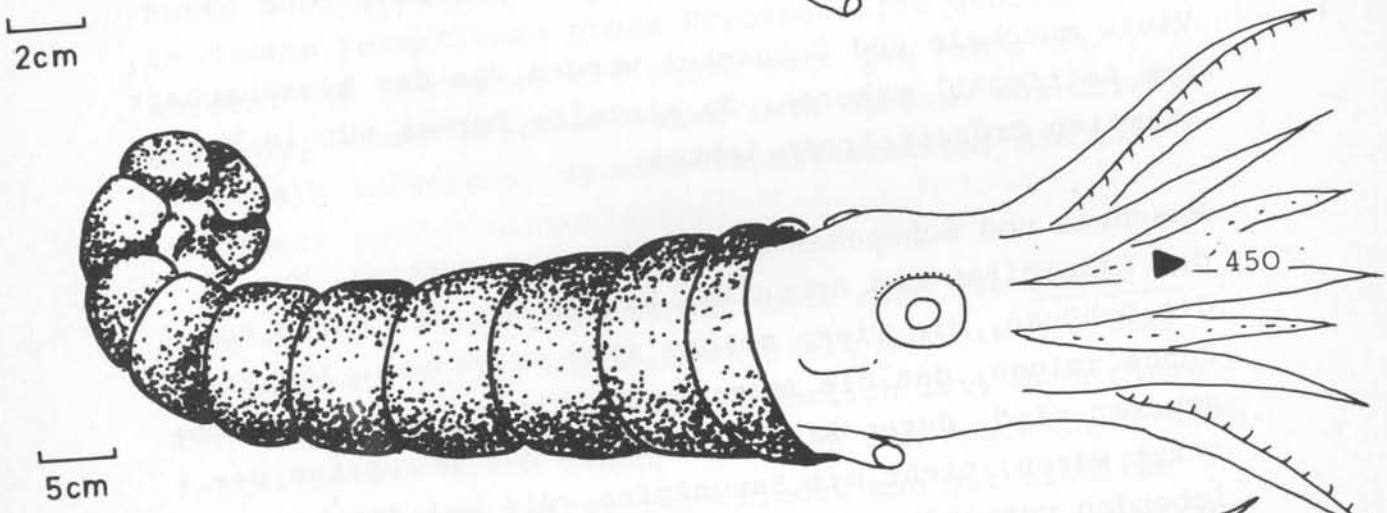
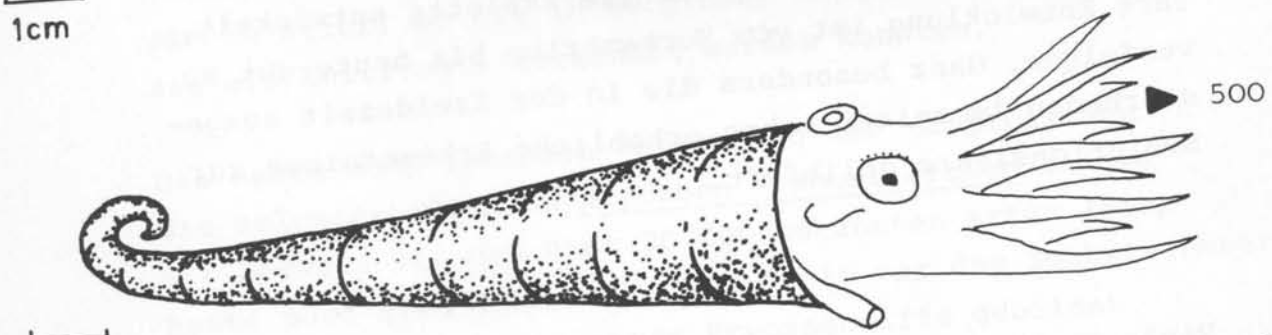
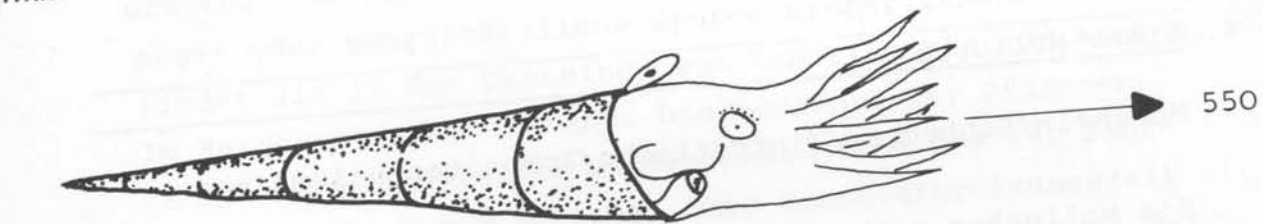
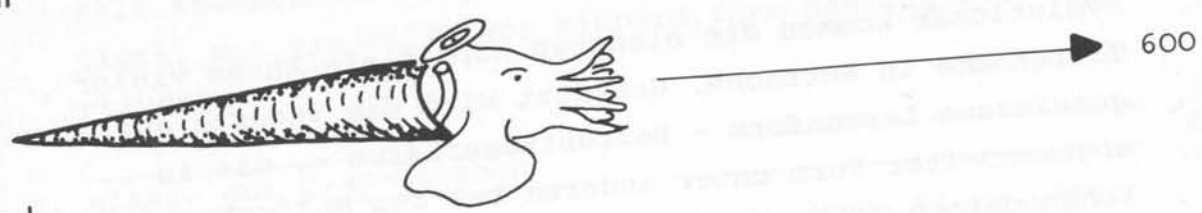
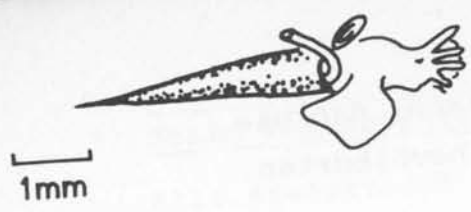
Die Mollusken haben sehr stabile Skelette entwickelt, ihre Entwicklung ist vom Vorkambrium bis heute gut zu verfolgen. Ganz besonders die in der Kreidezeit ausgestorbenen Ammoniten haben erhebliche Erkenntnisse zur Evolutionslehre geliefert.

Viele Muscheln und Schnecken wurden von der Wissenschaft zum Leitfossil erkoren, da einzelne Formen nur in bestimmten Erdzeitaltern lebten.

Muscheln und Schnecken sind allgemein bekannt. Von den Belemniten und Ammoniten kennen wir bis heute nur die Gehäuse, die Tiere selbst sind vergangen. Jüngere Funde zeigen, daß die Ammoniten achtarmige Tintenfische gewesen sind, deren Arme jedoch nur mit Hornhaken besetzt waren, nicht mit Saugnäpfen, wie bei den heute noch lebenden verwandten Kraken.

In der Vitrine sehen Sie nebeneinander: ein vollständiges versteinertes Gehäuse, ein aufgeschnittenes Gehäuse, in dem die Kammern zu erkennen sind. In der letzten Kammer war der Weichkörper des Tieres untergebracht. Dazu eine

Die Entwicklung der Ammoniten vor 700 Millionen Jahren .



Rekonstruktion eines vollständigen Tieres, die nach den derzeitig bekannten Funden erarbeitet wurde.

Die Belemniten sind die versteinerten inneren Schalen von tintenfischähnlichen Tieren; wie sie ausgesehen haben, weiß noch niemand. Wie sie ausgesehen haben könnten, zeigt die Rekonstruktion.

Lamarck und Cuvier, zwei berühmte Naturforscher des 18. Jahrhunderts, sahen die Würmer als Ahnen der Mollusken an. Leider sind keine Übergänge bekannt, so daß kein Beweis ihrer Behauptung zu führen ist.

Die Entwicklung der Ammoniten begann vor etwa 700 Millionen Jahren. Die ältesten Funde ähneln kleinen Flügelschnecken und sind nur wenige Millimeter groß. Im Laufe der Zeit wurden sie größer und begannen sich vom Nabel her einzurollen. Im Karbon hatten sie sich zu schneckenartigen Gebilden entwickelt. In der Kreidezeit kam es zu Riesenformen, danach starben sie aus (s. Abb. Seite 18).

5. Arthropoda = Gliederfüßer

Alle Gliederfüßer besitzen ein äußeres Skelett, aufgebaut aus Chitin, in dem Kalk eingelagert werden kann.

Im unteren Kambrium waren die Trilobiten schon voll entwickelt; Krebsfunde aus dem Kambrium sind nicht selten. Aus dem Ordovizium stammen die ältesten Funde der Riesenruderfußkrebse; 3 Meter große Tiere mit Scheren von 50 cm Länge wurden gefunden. Die kleineren Formen der Ruderfußkrebse werden als Ahnen der Skorpione angesehen.

Bitte beachten Sie das Modell des Ur-Ruderfußkrebsses.

Aus der Zeit des oberen Karbon wurden die Reste großer Libellen gefunden, so daß man davon ausgehen kann, daß sie sich im Devon entwickelt haben.

Vermutlich haben sich die Gliederfüßer aus den Ringel-

Vor etwa 750 Millionen Jahren begann die Entwicklung der Wirbeltiere.

Die ersten Wirbeltiere, die Fische, haben sich aus weichhäutigen Chordaten entwickelt. Diese hatten keinen Schädel, aber ein deutlich unterscheidbares Vorder- und Hinterteil und ähnelten dem heute noch lebenden Lanzettfisch.

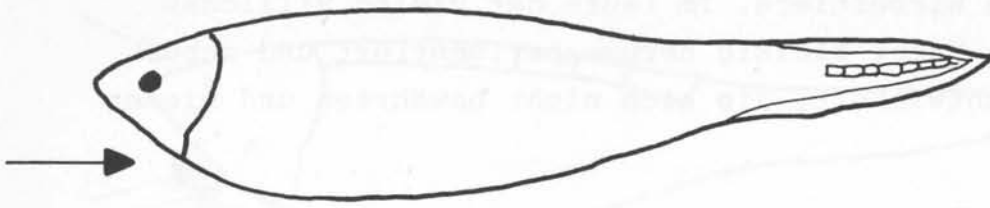
Wie diese Bindeglieder zwischen kopflosen und den ersten mit Kopf versehenen Wirbeltieren ausgesehen haben, vermag noch niemand zu sagen, denn bisher wurden diese Tiere nicht gefunden. Vielleicht hat es wie das kleine schwarze Fischmodell in der Vitrine - rechts unten - ausgesehen.

Am Ende des Ordoviciums und im folgenden Gotlandium, vor etwa 480 bis 400 Millionen Jahren, ist das Meer schon von richtigen Fischen mit voll ausgebildeten Schädeln und Augen bewohnt. Allerdings fehlten diesen Fischköpfen zunächst noch die Kiefer, die sich erst in den folgenden Zeiträumen bildeten. Diese kieferlosen Fische nannte man Agnathen = Kieferlose oder Rundmäuler. Von diesen Urformen der Fische haben sich einige Arten bis auf den heutigen Tag erhalten (Meerneunauge-Myxine/Vitrine Nr. 20). Der runde zahnlose Mund war, wie die Irisblende beim Fotoapparat, zu öffnen und zu schließen.

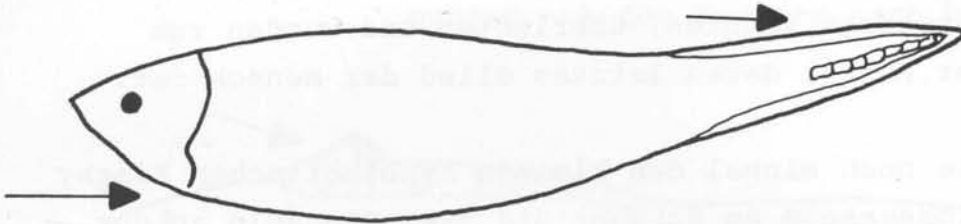
Die Nahrung der Urfische muß also sehr fein gewesen sein und kann aus Pflanzenresten (Detritus), kleinen Algen oder wirbellosen Kleintieren bestanden haben.

Geatmet wurde durch Kiemen, wie es die heute lebenden Fische immer noch tun. Allerdings war die Anzahl der Kiemenlöcher größer als heute, bis zu 15 auf jeder Seite. Aus den ersten Kiemenbögen entwickelten sich später die Unterkiefer. Bei den Modellen der Agnathen ist dies deutlich herausgehoben.

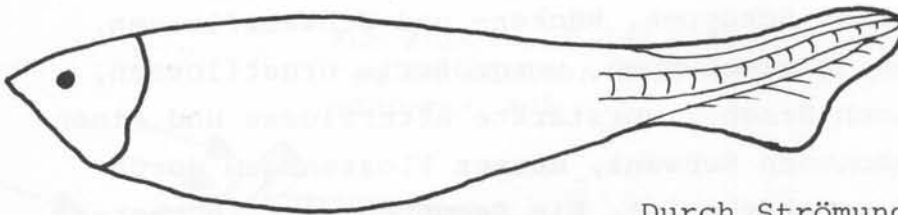
Die Entwicklung der Schwanzflosse beim Fisch
- als Beispiel für einen Entwicklungsabschnitt -



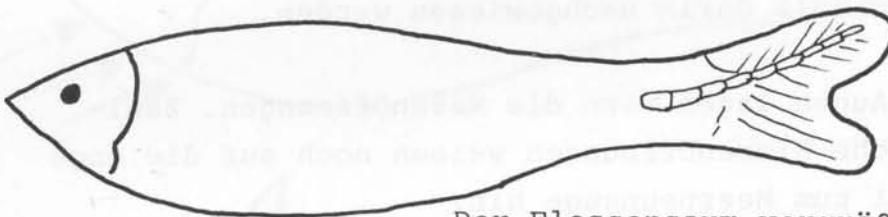
Urform des Fisches



Um den Strömungsdruck auszugleichen,
wird der Schwanz gehoben (heterocerk)



Durch Strömungsabriß entsteht
ein Flossensaum



Der Flossensaum vergrößert sich,
die Schwanzwirbel werden zurückgebildet



Der Flossensaum wird durch Knochenstrahlen
verstärkt



Die letzten Schwanzwirbel sind verschwunden

Aus den Urfischen entwickelten sich letztlich alle auf der Erde lebenden Wirbeltiere. Im Laufe der vielen Millionen Jahre hat die Natur fleißig herumexperimentiert und dabei auch Formen entwickelt, die sich nicht bewährten und wieder ausstarben.

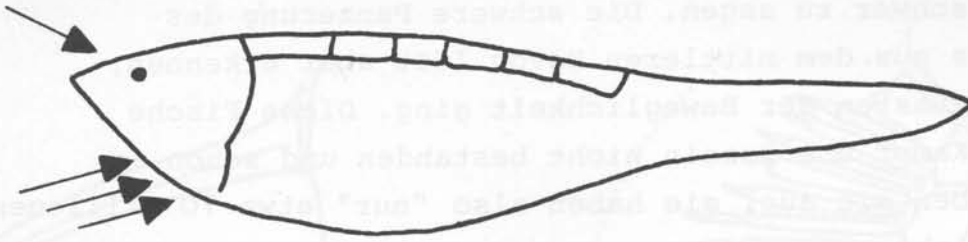
Nur die Tierarten, die sich den gegebenen Bedingungen des Lebens voll anpassen konnten, überlebten und wurden zum Bindeglied der Kette, deren letztes Glied der Mensch ist.

Betrachten Sie noch einmal den kleinen hypothetischen Fisch, an dem ein Flossensaum am Schwanz und zwei Stacheln an der Brust zu erkennen sind. Die nächste Entwicklungsstufe, eine Rekonstruktion des *Pterolepis nitidus* (1:1), dessen versteinerte Reste im Gotlandium Norwegens gefunden wurden, hat schon Schuppen, Rücken- und Schwanzflossen, Kopf mit Augen, Kielschuppen, vergrößerte Brustflossen, eine durch einen Stachel verstärkte Afterflosse und einen nach unten gebogenen Schwanz, dessen Flossensaum durch einen Stachel verstärkt ist. Die Schuppen waren höchstwahrscheinlich noch sehr weich, denn es konnten weder Dentin noch Schmelz darin nachgewiesen werden.

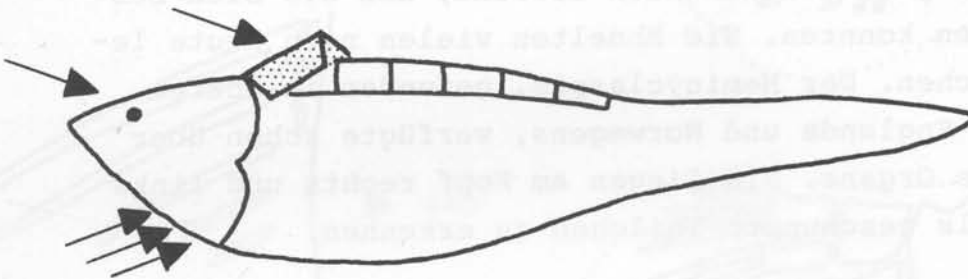
Zwischen den Augen lagen vorn die Nasenöffnungen. Zahlreiche rundliche Kiemenöffnungen weisen noch auf die enge Verwandtschaft zum Meerneunauge hin.

Irgendwo in den Kettengliedern zuvor müssen sich die Agnathen auch zu den Hai- und Rochenformen entwickelt haben. Eine Übergangsform stellt der *Thelodus scotius* dar, dessen Modell (1:1) die Umwandlung zum Rochen andeutet. Die Augen sind auseinandergewandert, die Riechgruben liegen in der Mitte, und auch die Kiemen sind noch seitlich in großer Zahl zu finden. Die Haut ist mit Dentinstacheln besetzt, der Schwanz hypocerk und gespalten.

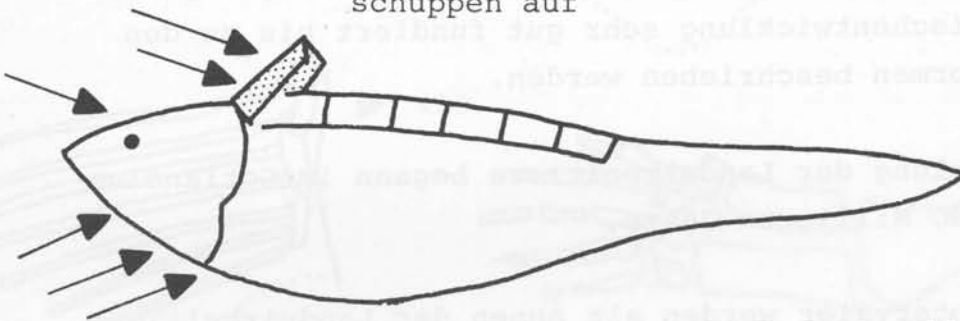
Die Entwicklung einer Rückenflosse beim Fisch
 - als Beispiel für einen Entwicklungsabschnitt -



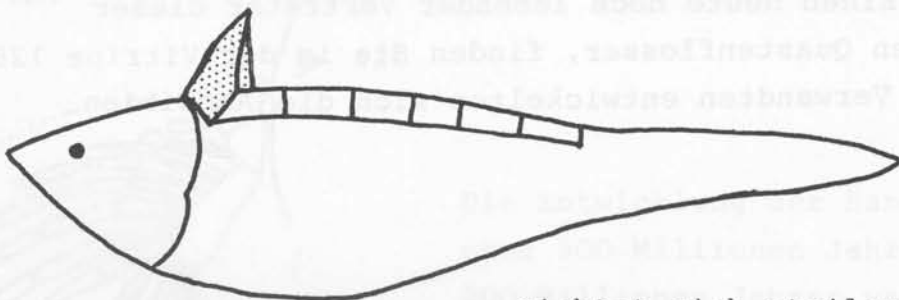
Beim Schwimmen wird der Fisch durch den Strömungsdruck des Wassers nach unten gelenkt



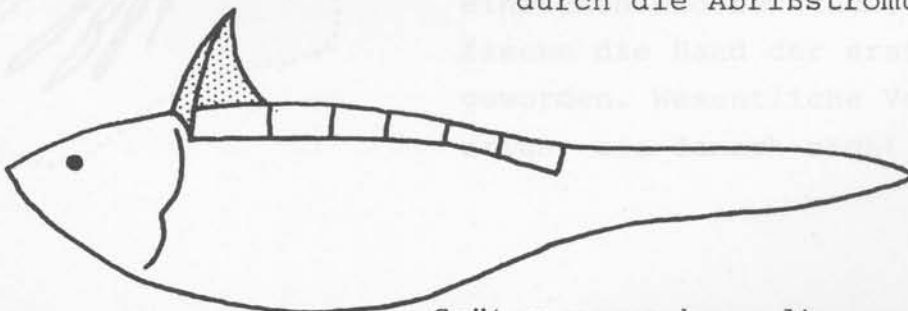
Zum Ausgleich des Druckes auf die untere Kopfregion stellen sich eine oder mehrere Rückenschuppen auf



Die dachziegelförmige Schuppe



richtet sich steiler auf und wird durch die Abrißströmung ausgeformt



Später verwachsen die zwei Seiten der Dachziegelschuppe, werden stachelartig und eine Flossenhaut entsteht

Im Devon haben sich die Fische eine Panzerung zugelegt, warum ist schwer zu sagen. Die schwere Panzerung des Pterichthys aus dem mittleren Devon läßt aber erkennen, daß sie zu Lasten der Beweglichkeit ging. Diese Fische haben den Kampf ums Dasein nicht bestanden und schon im Devon starben sie aus, sie haben also "nur" etwa 70 Millionen Jahre überlebt.

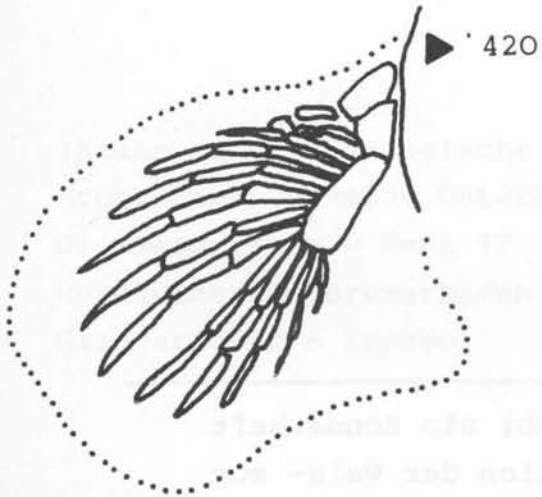
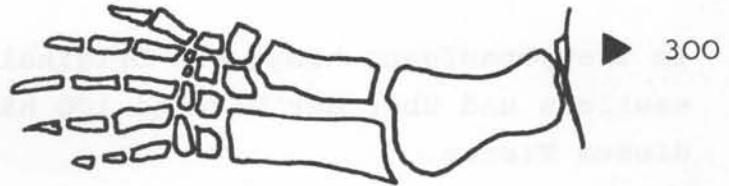
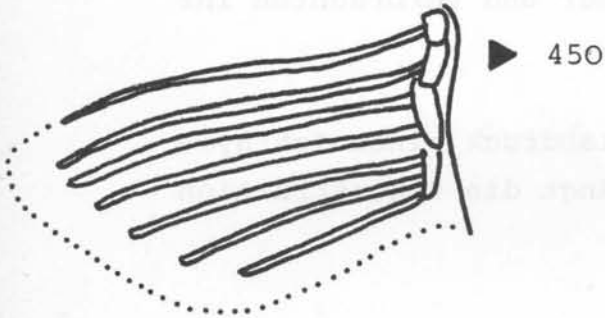
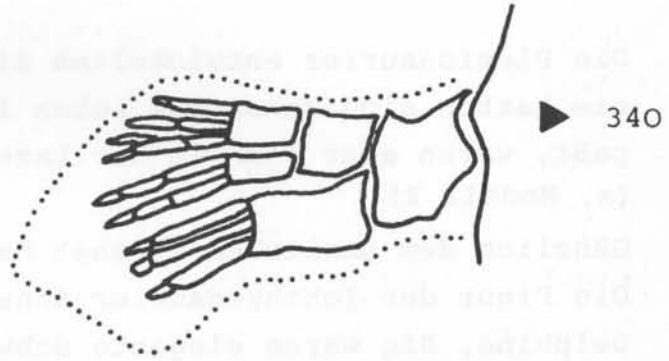
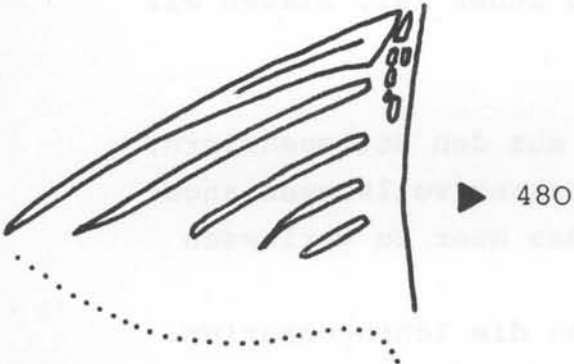
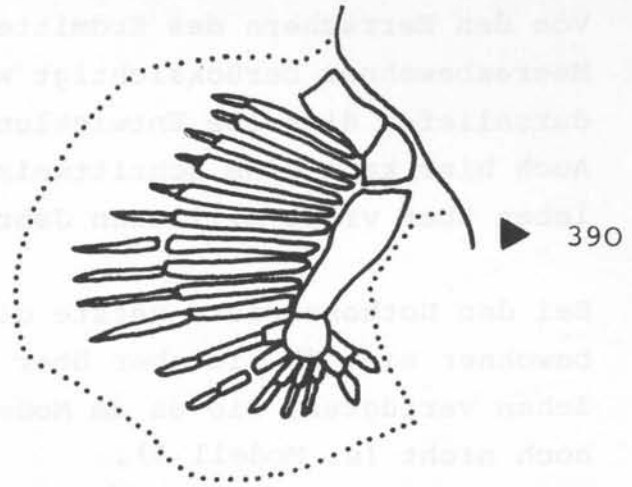
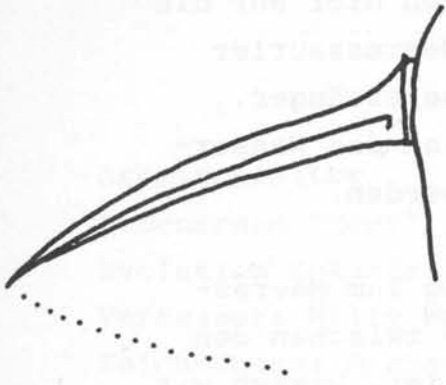
Bei den nur mäßig gepanzerten Agnathen der Oberordnung Osteostraci wird der Eindruck erweckt, daß sie sich besser anpassen konnten. Sie ähnelten vielen noch heute lebenden Fischen. Der Hemicyclaspis, gefunden im oberen Gotlandium Englands und Norwegens, verfügte schon über elektrische Organe. Sie liegen am Kopf rechts und links und sind als geschuppte Teilchen zu erkennen.

Alle diese Urfische sind als Urahnen unserer heutigen Fische anzusehen. Da es viele versteinerte Zeugen gibt, kann die Fischentwicklung sehr gut fundiert bis zu den heutigen Formen beschrieben werden.

Die Entwicklung der Landwirbeltiere begann im Gotlandium vor etwa 480 Millionen Jahre.

Die Crossopterygier werden als Ahnen der Landwirbeltiere angesehen. Einen heute noch lebender Vertreter dieser Ordnung, den Quastenflosser, finden Sie in der Vitrine 128. Aus seinen Verwandten entwickelten sich die Amphibien.

vor ▶ 500 Millionen Jahren



Die Entwicklung der Hand begann vor etwa 500 Millionen Jahren. Nach 200 Millionen Jahren war aus dem einfachen Flossenstachel der Ur-fische die Hand der ersten Landtiere geworden. Wesentliche Veränderungen erfuhr sie danach nicht mehr.

Saurier

Von den Herrschern des Erdmittelalters sollen hier nur die Meeresbewohner berücksichtigt werden. Die Meeressäurier durchliefen dieselbe Entwicklung wie die Meeressäuger. Auch hier kann eine schrittweise Anpassung an das Wasserleben über viele Millionen Jahre verfolgt werden.

Bei den Nothosauriern setzte die Entwicklung zum Meeresbewohner ein. Ob sie aber über Schwimmhäute zwischen den Zehen verfügten, wie es am Modell zu sehen ist, wissen wir noch nicht (s. Modell 1).

Die Plesiosaurier entwickelten sich aus den Nothosauriern, sie hatten sich schon dem Leben im Wasser vollkommen angepaßt, waren aber noch in der Lage, das Meer zu verlassen (s. Modell 2).

Gänzlich dem Landleben entsagt hatten die Ichthyosaurier. Die Figur der Ichthyosaurier ähnelt sehr der Form der Delphine. Sie waren elegante Schwimmer und verbrachten ihr ganzes Leben im Wasser (s. Modell 3).

Im Treppenaufgang hängt ein Originalabdruck eines Ichthyosauriers und über der Vitrine 100 hängt die Rekonstruktion dieses Tieres.

Säugetiere

Zur Entwicklung der Meeressäuger steht ein Sonderheft der Reihe "Lebensraum Meer" - Evolution der Wale- zur Verfügung.

Lernen im Nordseemuseum

Arbeitsblätter

Lebensraum "Meer"

Evolution Sekundarstufe I + II

Verfasser: Willy Wolff

Zeichnungen: Michael Wolff

(Siehe auch: Pädagogische Arbeitsstelle der Stadt
Bremerhaven - Reihe Unterrichtsmaterialien für
die Schupraxis - Heft 17
Nordseemuseum Bremerhaven - Evolution der Wale
Gliederfüßer - Krebse)

Die Abstammungslehre kann man, da sie sich auf Vorgänge in der Vergangenheit bezieht, nicht durch Beobachtungen beweisen, sondern nur durch Tatsachen erschließen, wie

1. die durch Fossilfunde historisch nachweisbare Höherentwicklung der Lebewesen im Sinne einer schrittweisen Differenzierung des Körperbaus,
2. das Vorhandensein eines gemeinsamen Grundbauplanes innerhalb bestimmter Tier- und Pflanzengruppen,
3. das Auftreten von Übergangsformen oder Brückengliedern zwischen verschiedenen systematischen Gruppen,
4. die Existenz rudimentärer (zurückgebildeter) Organe,
5. die durch das natürliche System deutlich gewordene Verwandtschaft der Lebewesen,
6. Parallelen in der Keimesentwicklung, die Rückschlüsse in der Stammesentwicklung zulassen,
7. das Auftreten von sprunghaften Erbänderungen, die zur Entstehung neuer Arten führen können,
8. die Entwicklung einer isolierten Lebensräumen angepaßten Tier- und Pflanzenwelt.

Das Nordseemuseum kann nur Beispiele zu den Punkten 1 - 4, allenfalls zu Punkt 5 bringen, und zwar in Bezug auf die Tierwelt.

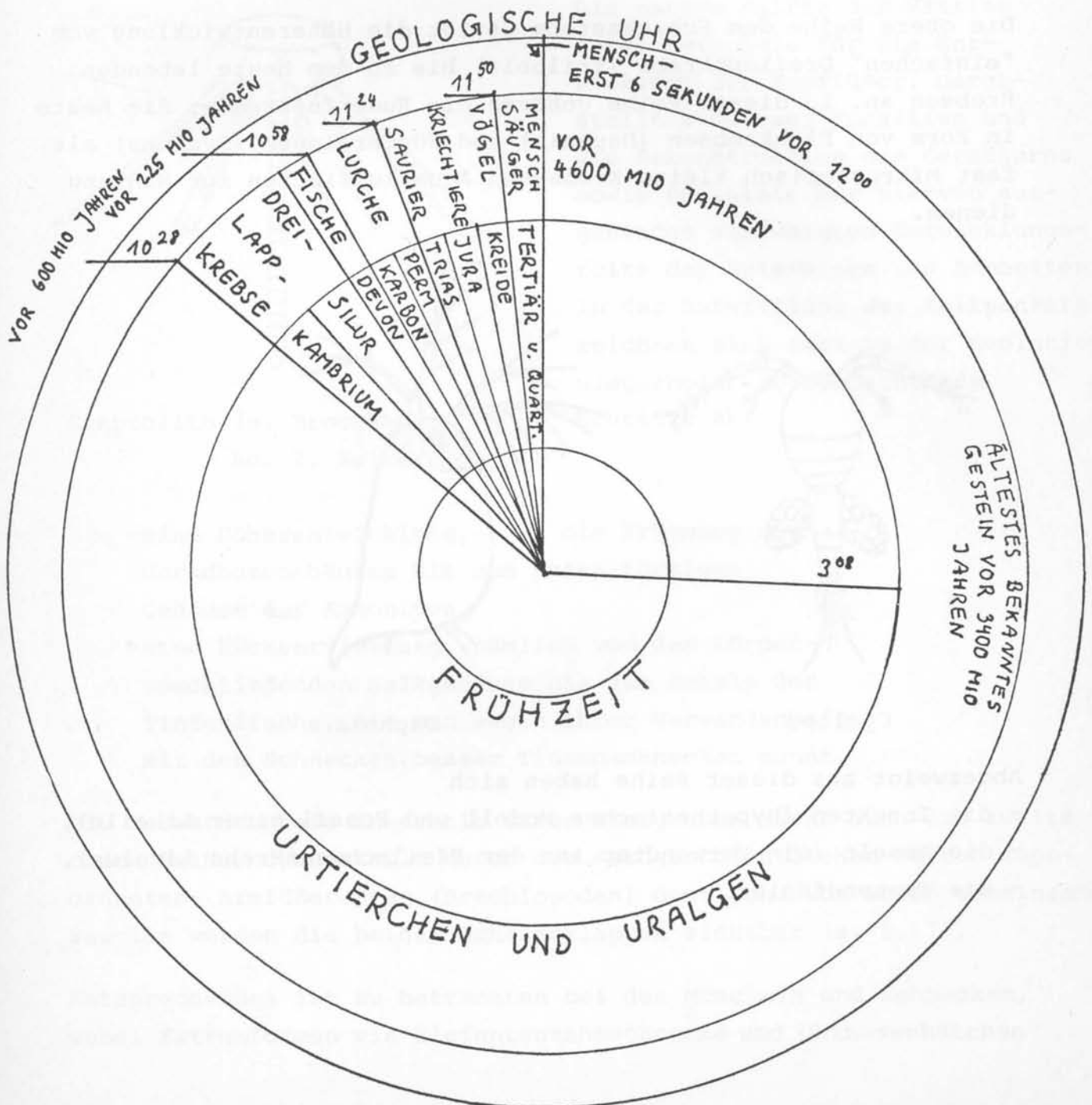
Gehen wir an die Arbeit!

Vitrine 100: Am oberen Rand der Vitrine ist eine Zeitleiste angebracht, die, von rechts nach links betrachtet, in drei sich verkleinernden Maßstäben die Zeiträume veranschaulicht, in denen sich das Leben auf der Erde entwickelt hat.

Jeweils 10 Millionen Jahre werden dargestellt im

- Paläozoikum = Altertum durch 4 cm.
- Mesozoikum = Mittelalter durch 10 cm,
- Känozoikum = Neuzeit durch 20 cm.

Die "geologische Uhr" überträgt die Zeit von der Verfestigung der Erdkugel aus einem glutflüssigen Zustand bis zur Gegenwart auf ein 12-Stundenzifferblatt.

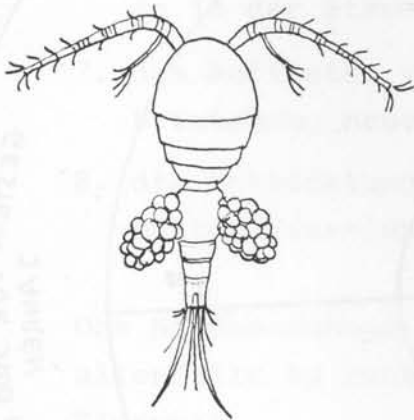


Die Vitrine enthält Fossilien, Modelle ausgestorbener Tiere sowie Rekonstruktionen und hypothetische Formen in verschiedenen Maßstäben.

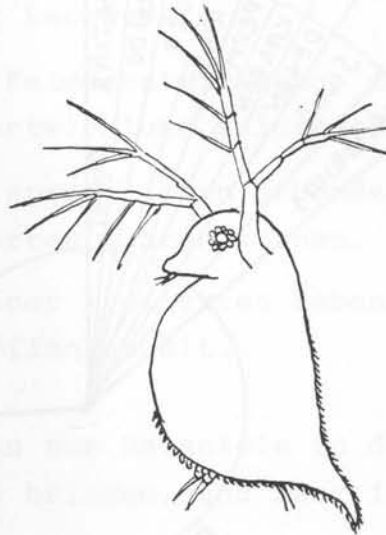
Aus der frühesten Zeit des Lebens sind kaum Spuren nachzuweisen. Erst höher entwickelte Vielzeller hinterließen deutliche Beweise ihrer Existenz und blieben z.T. in versteinelter Form erhalten. Im Beginn des Kambriums waren bereits alle Tierstämme vorhanden.

Das Modell des Virus T_2 an der rechten Innenwand steht für ein Beispiel des Übergangs von der belebten zur unbelebten Natur. Viren vermehren sich aber ausschließlich in lebenden Zellen. In der heute bekannten Form können sie also nicht am Beginn alles Lebendigen gestanden haben.

Die obere Reihe des Schaukastens deutet die Höherentwicklung vom "einfachen" Dreilappkrebs (Trilobit) bis zu den heute lebenden Krebsen an. Zu dieser Reihe gehören die Ruderfußkrebse, die heute in Form von Flohkrebse (Daphnia) und Hüpferlingen (Cyclops) als fast mikroskopisch kleine Krebschen Aquariumfischen zur Nahrung dienen.



Cyclops



Daphnia

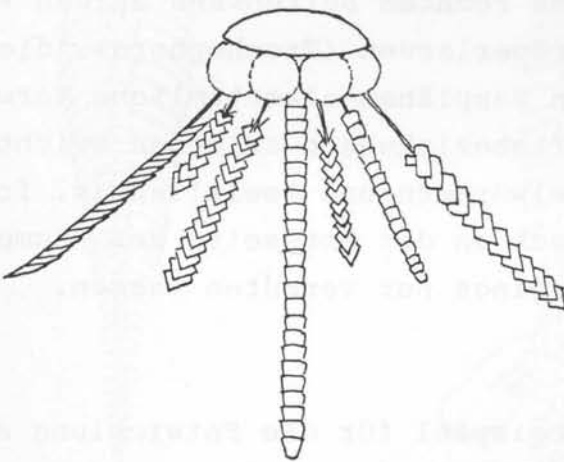
Abgezweigt aus dieser Reihe haben sich

- die Insekten (hypothetisches Modell und Fossil einer Libelle),
- die Asseln (ein Verwandter ist der Pfeilschwanzkrebs Limulus),
- die Tausendfüßler.

Die Gliedertiere belebten also nicht nur das Wasser, sondern eroberten bereits die Lebensräume Land und Luft.

Trilobiten sind heute ausgestorben. In den verschiedenen Abschnitten des Erdaltertums beherrschten sie in vielen Arten die Meere. Erdschichten mit bestimmten Trilobiten könne somit einem Zeitabschnitt der Geologie zugeordnet werden. Trilobiten sind deshalb Leitfossilien.

Graptolithen, deren Kolonien schrift- oder sägeblattförmig als Fossilien im Gestein erscheinen, sind Leitfossilien des Silur.



Graptolith (n. Brockhaus,
Bd. Z, Seite 240)

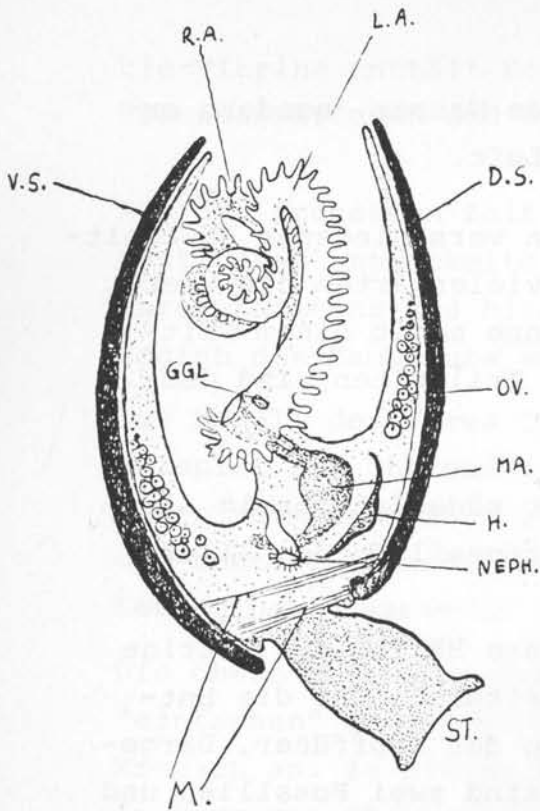
Die untere Hälfte der Vitrine zeigt Beispiele für die Entwicklung der Kopffüßer. Dargestellt sind zwei Fossilien und die Rekonstruktion des Geradhorns sowie Beispiele der hiervon ausgehenden verzweigten Entwicklungsreihe der Belemniten und Ammoniten. In der Entwicklung des Kalkpanzers zeichnen sich zwei in der Evolution wiederholt zu beobachtende Schritte ab:

- eine Höherentwicklung, z.B. die Krümmung des Geradhorngehäuses bis zum spiralförmigen Gehäuse der Ammoniten
- eine Rückentwicklung, nämlich von dem körperumschließenden Kalkgehäuse bis zum Schulp der Tintenfische, die man wegen ihrer Verwandtschaft mit den Schnecken besser Tintenschnecken nennt.

Die Verwandtschaft innerhalb einer Tiergruppe macht auch die zweite obere Reihe, dargestellt durch die -erdgeschichtlichen Zeiten zugeordneten- Armfüßerarten (Brachiopoden) deutlich. Von ihrem gemeinsamen Bauplan werden die beiden Schalenklappen sichtbar (s. S. 7).

Entsprechendes ist zu betrachten bei den Muscheln und Schnecken, wobei Extremformen wie Elefantenzahnschnecke und Chinesenhütchen

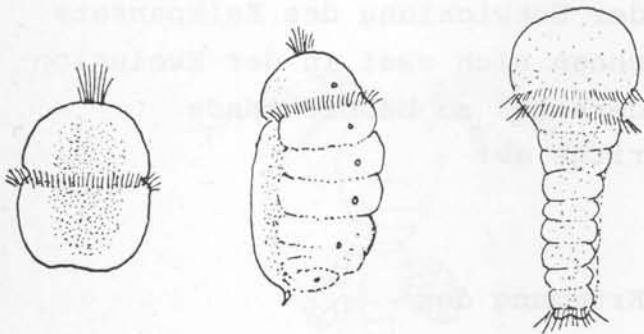
Brachiopode(n. Kühn, Grundriß der
allgemeinen Zoologie, S. 34)



- R.A. rechter Arm
- L.A. linker Arm
- V.S. Bauchschale
- D.S. Rückenschale
- GGL. Nervenknoten
- Ov. Eierstock
- MA. Magen
- H. Hoden
- NEPH. Nieren
- ST. Stiel
- M. Muskeln

besonders auffallen, Drei Modelle an der rechten Seitenwand zeigen Reifenträgerlarven (Trochophora), die in ihren Bauplänen altertümliche Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Weichtieren, Ringelwürmern und Seelilien (s. fossilen Abdruck an der Nordseite des Raumes) allerdings nur vermuten lassen.

Trochophoralarven:



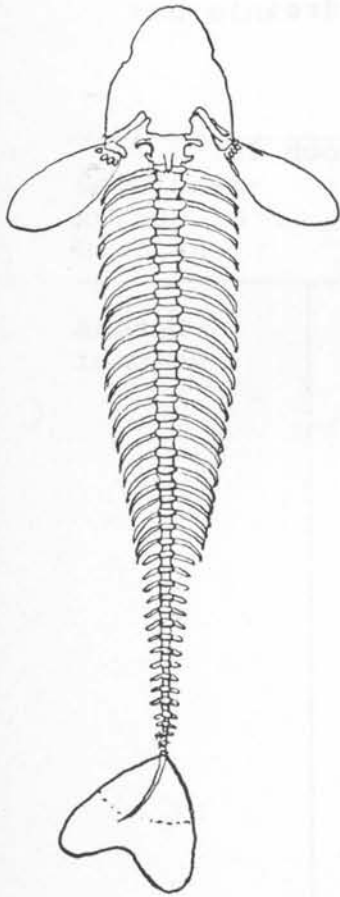
Einzeller Käferschnecke Wurm

Als Beispiel für die Entwicklung aus einer gemeinsamen Urform sind unten rechts sechs Modelle urtümlicher Fische ausgestellt mit der fortschreitenden Ausbildung von Flossen und Kopf. Bestimmte Tierarten treten als Brückentierarten zwischen verschiedenen Gruppen auf, so z.B. im Erdmittelalter der Schwammhalssaurier zwischen dem Notho-

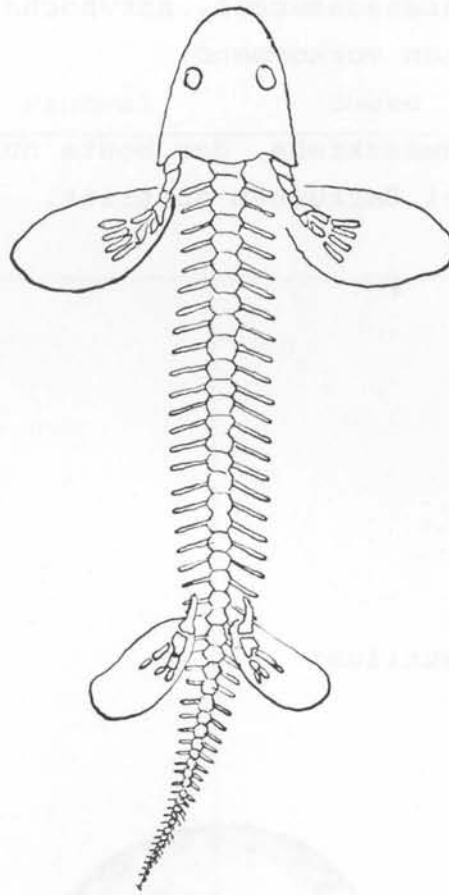
saurier als Landtier und dem Fischeisaurier als optimal angepasstes Wassertier. Brückentiere werden äußerst selten gefunden, so fehlt noch das Glied zwischen Landsaurier und dem Flugsaurier (Pterodactylus). Ebenfalls ist die Lücke zwischen dem Vorfahr der Wale, dem Mesonyx obtusidens, einem insekten- und fleischfressenden Landtier, und dem Urwal, einem ausschließlich im Wasser lebenden Säuger noch nicht geschlossen. Diese Lücke ist aber durch Fossilfunde so stark eingengt, daß das hypothetische Modell dem Aussehen des fehlenden Zwischengliedes wahrscheinlich sehr nahe kommt.

Angedeutet bei den drei Modellen sind die Rückbildung der hinteren Gliedmaßen, die Entwicklung des Schwanzes zum Antriebsorgan und die Verlagerung der Nasenöffnung von vorne nach oben.

Wenden wir uns jetzt anderen Schaustücken zu!



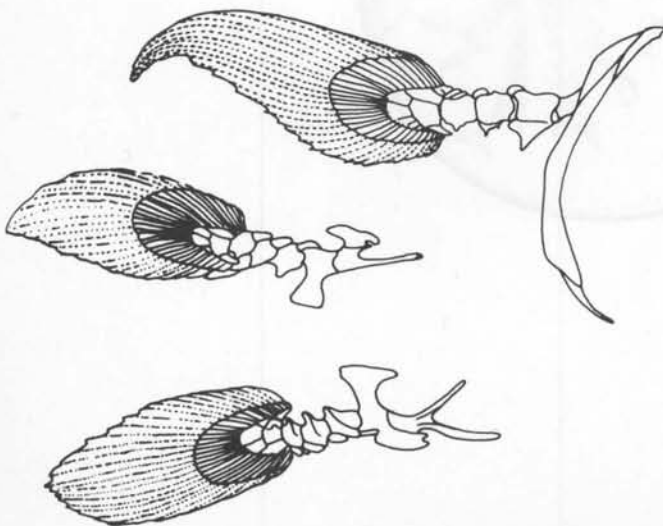
Karpfen



Latimeria

(n. Kruse/Stengel Bd.3, S. 114)

Der Quastenflosser *Latimeria* ist ein Brückentier zwischen Fisch und Lurch. Als "lebendes Fossil" wurde er 1938 im Indischen Ozean gefangen. Sein Skelett gleicht eher dem Gliedmaßenskelett der Lurche als dem Flossenskelett der Fische. Aus einer Untergruppe der Quastenflosser gingen im Devon die ersten lurchähnlichen Vierfüßer hervor, die durch Lungen atmeten und als erste Landbewohner in dem neuen Lebensraum ohne Konkurrenten günstige Entwicklungsbedingungen fanden.



Skelette einer Brust-, Rücken- und Afterflosse (nach v. Wahlert).

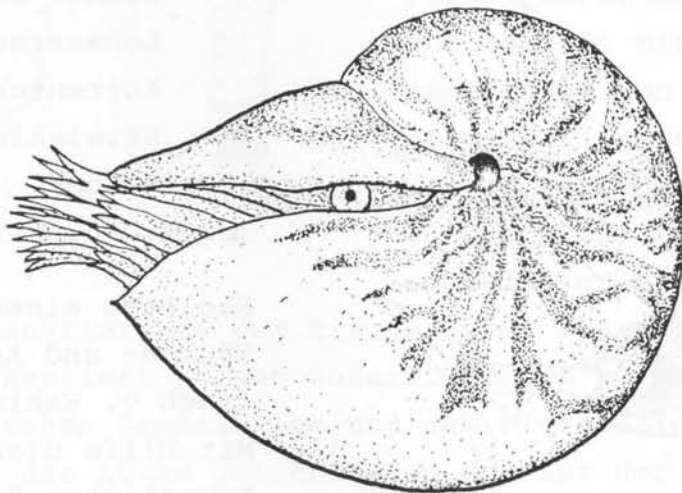
Mit Hilfe dieser sehr beweglichen Gliedmaßen kann sich der Quastenflosser auf dem Meeresboden wie ein Landtier und im freien Wasser wie ein Fisch bewegen.

Andere lebende Fossilien sind in Vitrine 114 die Zungenmuschel Lingula, ein Armfüßer. Fossil sind über 10 000 Arten bekannt, heute sind kaum noch 280 Arten vertreten.

Vitrine 113 das Perlboot (Nautilus), eine Unterklasse der Tintenschnecken, nur noch in drei Arten vorkommend.

Vitrine 112 der Pfeilschwanzkreb, der heute nur noch in drei Gattungen auftritt.

Perlboot (Nautilus)



Aufgaben. Diese beziehen sich alle auf die Umformung aus einem Grundbauplan.

1. Vergleichen Sie die ausgestellten Skelette des Finnwals, einer Robbe (Vitr. 126), eines Pinguins (Vitr. 126) und eines Fisches (Vitr. 205) miteinander.

	Finnwal	Robbe	Pinguin	Fisch
Gemeinsamkeiten im Bauplan				
Abwandlungen				

2. Die Skeletteile der Vordergliedmaßen von Wirbeltieren lassen sich trotz Anpassung an völlig verschiedene Aufgaben auf den gleichen Bauplan zurückführen. Sie bilden homologe Organe. Vergleichen Sie den Greifarm des Menschen mit den Vordergliedmaßen von Walen, Robben, des Pinguins, der Seekuh (Sirene oder Dugong), des Pterodactylus (Vitr. 100-fossil), eines Ichthyosaurus (im Treppenaufgang - fossil). Welche Skeletteile kommen immer wieder vor?



3. Nennen Sie die rudimentären Organe

beim

Finnwal:

Schwertwal:

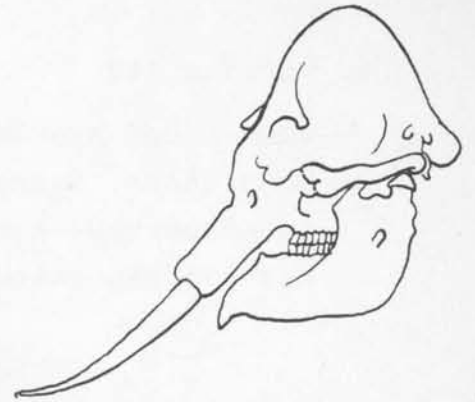
bei der

Seekuh:

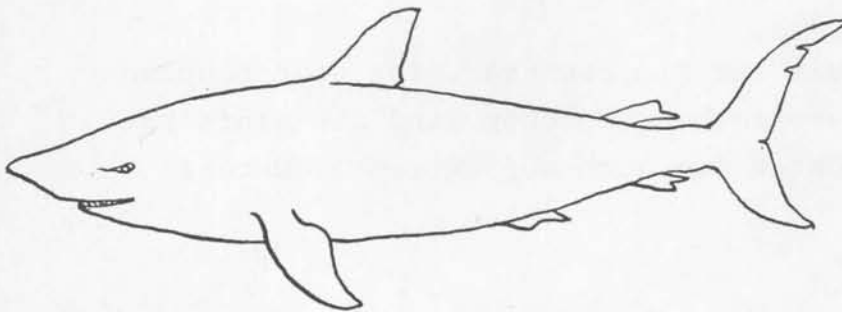
(Sirene oder

Dugong)

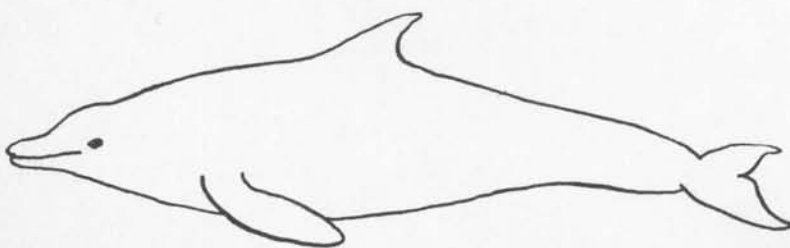
4. Die Seekuh ist nicht mit den Robben, sondern mit dem Elefanten verwandt! Woran wird das deutlich?



5. "In Anpassung an eine ähnliche Lebensweise können unabhängig von ihrer natürlichen Verwandtschaft verschiedene Organismen eine weitgehende Übereinstimmung in der Form und Gestalt des Körpers und seiner Organe aufweisen; man spricht deswegen auch von Konvergenz". (Osche, Evolution, S. 54).



Hai



Delphin

Die Strömungslehre zeigt, daß die Körperform der schnellen Beutejäger, die im Wasser hohe Geschwindigkeiten erreichen müssen, optimal ist.

Die Skizzen bringen Beispiele zweier Wirbeltierklassen mit verschiedenen Antriebsformen. Suchen Sie in der Schausammlung nach ähnlichen Konvergenzkriterien für Knochenfische, Reptilien, Pinguin und Robben.

Robben stoßen beim Schwimmen das zwischen den nach innen gekehrten Sohlen der Hinterrfüße befindliche Wasser nach hinten (Rückstoßprinzip), Pinguine "fliegen" mit raschen Schlägen ihrer Flossenflügel durch das Wasser.

6. Vitrine 112

Hummer und Krabben gehören zu den höheren Krebsen, den Zehnfüßern. Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Körperbau! Achten Sie auch auf die rücklings liegenden Krabbenpräparate!

	Hummer	Krabbe
Gemeinsamkeiten		
Unterschiede		

7. Vitrine 301

Versuchen Sie, soweit für Sie sichtbar, den Grundbauplan der Seesterne zu beschreiben. Welches sind die einfachst gebauten Formen? Achten Sie auch auf Extrembildungen!

