

# GESCHICHTE DER NATUR

- Zeitraum: Sommersemester 2000  
Dozenten: Herr Aberhan (Geologie, Paläographie)  
Frau Mohr (prähistorische Pflanzen)  
Frau Mess (Wirbeltiere, Mensch)  
Literatur: Stanley, S.M.: Historische Geologie, Spektrum, 1994  
Press/Siever: Allgemeine Geologie, Spektrum, 1995  
van Andel, T.H.: New views on an old planet, Cambridge University, 1994  
Ziegler, B.: Einführung in die Paläobiologie, Schweizerbart, 1986-1998  
Lehmann/Hillmer: Wirbellose Tiere der Vorzeit, 1997

## I. DOKUMENTE DER ERDGESCHICHTE – DIE GRUNDLAGEN

Dokumente der Erdgeschichte sind:

- Gesteine
- Fossilien

### 1. Aktualitätsprinzip

Bei der Untersuchung der Erdgeschichte geht man vom **Grundprinzip des Aktualismus** (Aktualitätsprinzip) aus:

*Die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit*

Im Klartext: Prozesse, die heute stattfinden, haben so auch schon früher stattgefunden (Vulkanausbrüche, Bildung von Flussbetten, Meteoriteneinschlag).

Beispiel 1: findet man ein Gestein, das genauso aussieht, wie ein Eruptivgestein aus dem heutigen Hawaii, so geht man davon aus, dass es ebenfalls bei einem Vulkanausbruch entstanden ist.

Beispiel 2: Korallen in Kalkstein deuten auf ein fossiles Korallenriff hin. Daraus lässt sich folgern, dass am Fundort früher Bedingungen geherrscht haben, die das Überleben eines Korallenriffes möglich machten: klares, flaches und sauerstoffreiches Wasser (Meer).

Aber:

Immer haut die ganze schönen Theorie doch nicht hin:

- Evolution:  
Die Dinosaurier sind (vermutlich durch einen Meteoriten von 10 km Durchmesser, der in Mexiko einschlug und ziemlich viel Verwirrung in der Erdatmosphäre verursachte) vor etwa 65 Mio. Jahren ausgestorben, d.h. wir können von keinem aktuellen Lebewesen auf sie zurückschließen:
- Bevor der Sauerstoff auf der Erde auftauchte, gab es auch andere Gesteine, d.h. manche Gesteine werden heute gar nicht mehr gebildet.
- Manche Gesteine werden in über 10 km Tiefe gebildet, wo es zu heiß zum Bohren ist, deshalb kann die Gesteinsbildung hier nur mit Laborversuchen nachempfunden werden.

## 2. Gesteine unter aktualistischem Blickwinkel

### 2.1. Gesteinsbildende Minerale

Gesteine bestehen aus Mineralen (= Mineralien).

Kennzeichen:

- kommen natürlich vor
- bestehen aus festen anorganischen Verbindungen
- haben eine bestimmte chemische Zusammensetzung (z.B. 2 Sauerstoffatome und 1 Siliziumatom ergibt Quarz)
- sind kristallin, d.h. nach bestimmten Strukturen aufgebaut.

Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien sind:

- Silikate (Verbindungen mit Silizium Si)
  - Quarz ( $\text{SiO}_2$ ), Merkmal: durchscheinend
  - Feldspäte: häufigste Minerale der Erdkruste, Silikate, Gerüstsilikate, Merkmal: grau, dicht
  - Glimmer: Silikat, Merkmal: schimmernd
  - Hornblende: Silikat, Merkmal: dunkel, linienförmig
  - Pyroxen: Silikat: Merkmal: dunkel, ähnlich Hornblende, aber andere Winkel der Kristalle
- Karbonate (Verbindungen mit Kohlenstoff und Sauerstoff, z.B.  $\text{CO}_3$ )  
z.B. Calcit
- Sulfide (Verbindungen mit Schwefel S)  
z.B. Bleisulfid, Pyrit ( $\text{FeS}_2$ )
- Oxide (Verbindungen mit Sauerstoff O)

Die zehn häufigsten Elemente der Erdkruste sind:

1.	Sauerstoff	O	46,6 %
2.	Silicium	Si	27,7 %
3.	Aluminium	Al	8,1 %
4.	Eisen	Fe	5,0 %
5.	Calcium	Ca	3,6 %
6.	Natrium	Na	2,8 %
7.	Kalium	K	2,6 %
8.	Magnesium	Mg	2,1 %
9.	Titan	Ti	0,4 %
10.	Helium	H	0,1

### 2.2. Unterscheidungsmerkmale

Nach folgenden Kriterien lassen sich Minerale bestimmen:

- Härte
- Spaltbarkeit
- Bruch
- Glanz
- Farbe
- Strich
- Dichte

Die Härteskala:

Härtegrad:	entspricht Mineral:	Test:
1	Talk	
2	Gips	<u>bis 2,5: Fingernagel ritzt Mineral</u>
3	Calcit	
4	Fluorit	
5	Apatit	<u>bis 5,5: Messer ritzt Mineral</u>
6	Feldspat	
7	Quarz	<u>ab 6: Mineral ritzt Fensterglas</u>
8	Topas	
9	Korund	
10	Diamant	

## 2.3. Gesteinstypen

### a) Magmatische Gesteine

Entstehen durch Abkühlen einer Gesteinsschmelze (*Magma*) bis zur Kristallisation. Geschieht das Abkühlen an der Erdoberfläche, bezeichnet man die Gesteinsschmelze als *Lava*. Die Gesteinsschmelzen werden immer im Erdinneren, in etwa 40 bis 60 Metern Tiefe, unter hoher Temperatur (T) und hohem Druck (p) gebildet.

Diese Magma kann auch weiter nach oben in Richtung Erdoberfläche dringen und dort wie eine Blase eine Magmakammer bilden (⇒ Abb. 1).

- Vulkanite

Durch hohen Druck oder Erdbeben kann es zum Ausfließen der Magma kommen, die dann sofort auskristallisiert.

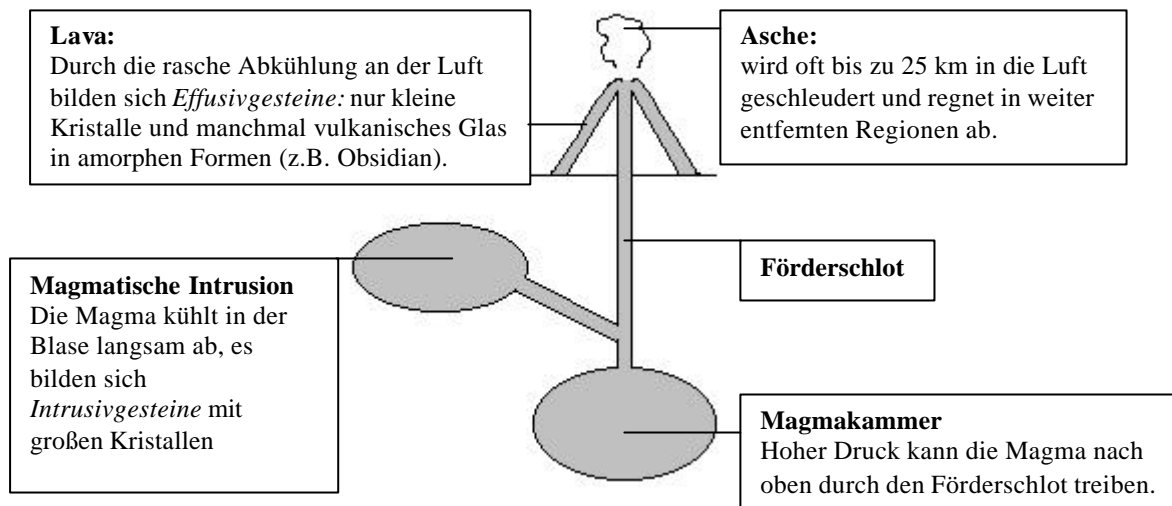
Diese Gesteine bezeichnet man als *Ergußgesteine* oder *Vulkanite*.

Merkmale: sehr feinkörnig, kaum Minerale erkennbar, weil kein Kristallwachstum stattfindet. Basalt ist ein typisches Vulkanit. Bei sehr schnellem Abkühlen entstehen amorphe Gesteinsformen, wie z.B. beim vulkanischen Glas Obsidian.

- Plutonite

Wenn die Magma im Erdinneren erstarrt, bilden sich erst die Minerale mit hohem Schmelzpunkt, die dann besonders schöne Formen bilden, da sie sich noch voll entfalten können. Hingegen bleibt den Mineralen mit niedrigem Schmelzpunkt nur der verbliebene Raum, weshalb sie sich oftmals nicht zur vollen Kristallform ausbilden können.

Diese Gesteine bezeichnet man als *Tiefengesteine* oder *Plutonite*.



**Abb. 1: Formen magmatischer Gesteinsbildung**

### b) Sedimentäre Gesteine

Sedimentäre Gesteine (=Ablagerungsgesteine) entstehen in mehreren Stufen:

1. **Verwitterung:** an der Erdoberfläche werden durch Regen, Frost, etc. Minerale locker, es kommt zur
2. **Erosion**, es folgt der
3. **Transport** vom Ausgangsort (durch Wasser, Gletscher, Wind), gefolgt von der
4. **Ablagerung** am neuen Ort als Lockersediment, wird mit der Zeit gedeckt und kommt in größere Tiefen, wo die
5. **Kompaktion**, d.h. das Zusammenpressen und Verdichten der Partikel. Als letzter Schritt erfolgt die
6. **Lithifikation** (= Zementation, „Steinwerdung“): Minimale Wassermengen zirkulieren durch die Poren der Sedimente, mit der Zeit setzen sich Stoffe aus dem Wasser, z.B. Kalziumionen, zwischen den Mineralen ab und verbinden, zementieren diese. Kalk und Quarz sind die häufigsten Zementbildner.

Sedimentgesteine treten immer schichtförmig auf, ihre Bildung erfolgt schubweise. Man unterscheidet:

- Klastische Sedimente:  
aus festen Bestandteilen bestehende Sedimente, z.B. Sand (unter 2 mm), Kies (ab 2 mm). Verfestigten Kies bezeichnet man als Konglomerat.
- Chemische Sedimente:  
in Wasser gelöste Sedimente, z.B. Gips oder Steinsalz, die bei hohen Temperaturen oder hohem Druck wieder auskristallisieren (⇒ Abb.2).
- Biogene Sedimente:  
Sedimente, die von Organismen aufgebaut werden, z.B. Muschelkalk.

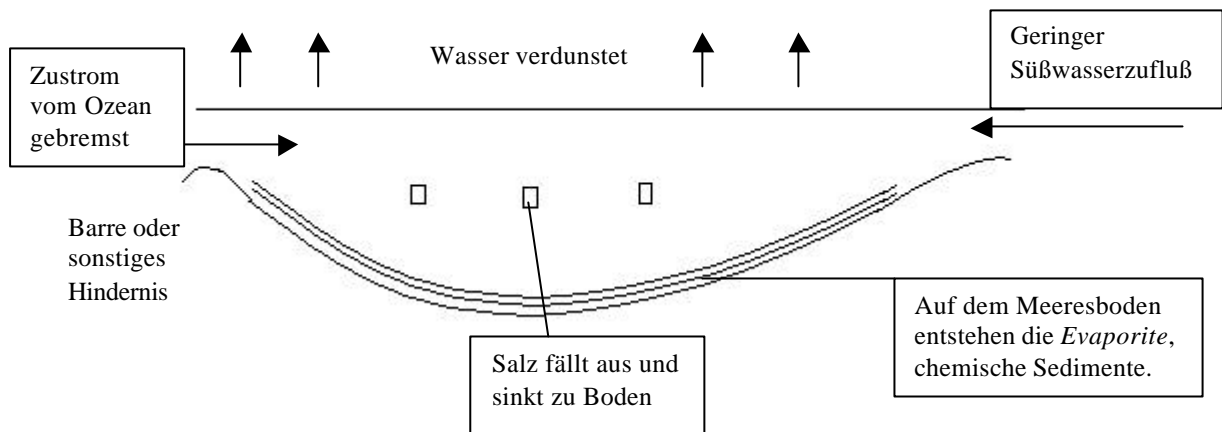
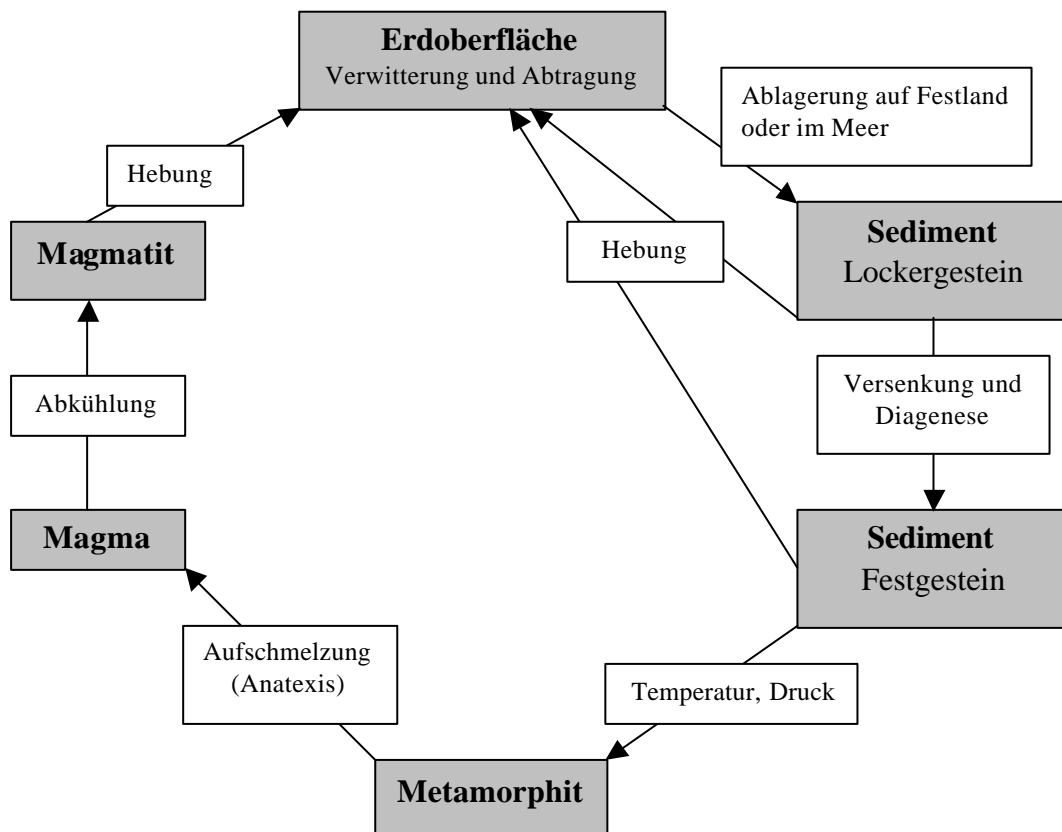


Abb.2: chemische Sedimentation am Beispiel von Steinsalz

### c) Metamorphe Gesteine

Die Bildung von Metamorphen (= umgewandelten) Gesteinen findet im Erdinnern unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur, aber ohne Schmelzen, statt. Der Geologe spricht von *Regionalmetamorphose* wenn das Gestein unter hohem Druck im Zusammenhang mit einer sogenannten tektonischen Deformation entsteht. Dagegen spricht er von *Kontaktmetamorphose* wenn das Gestein an der Kontaktstelle zu einer Magmakammer unter hohen Temperaturen entsteht. In beiden Fällen bilden sich neue Minerale im festen Zustand, mit einem vollständig neuen Gefüge (Größe, chemische Zusammensetzung, räumliche Anordnung). Sichtbar kann eine solche Metarmorphose beispielsweise an Bänderungen (z.B. Gneis) oder Schieferungen (z.B. Tonschiefer) werden.

### 2.4. Der Kreislauf der Gesteinsbildung



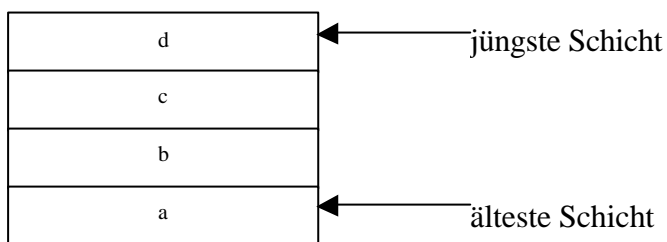
### 3. Die Dimension Zeit

Je weiter wir in der Erdgeschichte zurückgehen, desto schwieriger wird eine konkrete Zeitbestimmung. Bei sehr weit zurückliegenden Ereignissen können wir die Zeit nur noch relativ bestimmen. Hierbei helfen uns Gesteine und Fossilien. An einem Aufschluß (offen liegende Gesteinsschichten, z.B. in einem Steinbruch) kann ein Teil der Erdgeschichte für eine Region rekonstruiert werden.

#### 3.1. Vier Geologische Grundprinzipien der relativen zeitlichen Einordnung:

1. *Das Lagerungsgesetz:*

Es gilt für alle Ablagerungsgesteine, die im Laufe der Erdgeschichte abgelagert wurden und Schichten bildeten. Kurz gefasst besagt es, dass die oberste Schicht immer die jüngste ist, je tiefer man kommt, desto früher wurden die Gesteine abgelagert.

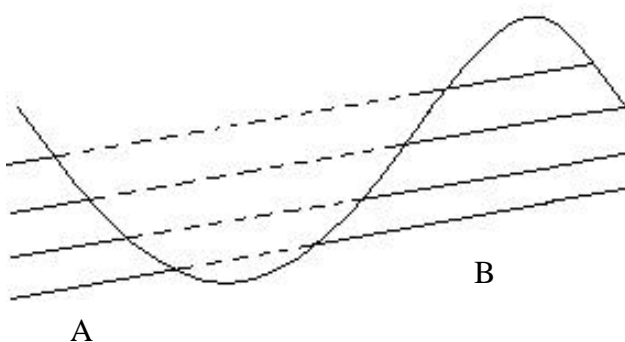


2. *Das Prinzip der ursprünglich horizontalen Lagerung:*

Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Gesteine ursprünglich horizontal abgelagert wurden. Ist dies nicht der Fall, d.h. liegt die Schichtung schräg, muss diese Störung später als die eigentliche Ablagerung erfolgt sein.

3. *Das Prinzip der lateralen Kontinuität:*

Gleiche Schichtung an unterschiedlichen Orten deutet darauf hin, dass einst ein Zusammenhang bestand:



Die Schichten in Erhebung A entsprechen denen in Berg B  
⇒ früher waren beide miteinander verbunden, der Zwischenraum kann z.B. durch die Bildung eines Flußbettes entstanden sein.

4. *Das Prinzip der Cross-cutting-relations:*

Kann sehr grob mit „Durchschlagende Ereignisse“ übersetzt werden. Es besagt, dass Störungen wie Verwerfungen, Vulkanschlote, usw. immer jünger sind als die Schichten, die von ihnen durchstoßen werden.

### 3.2. Fossilien als Datierungshilfen

Ende des 18. Jahrhunderts bemerkte der Kanalarbeiter William Smith (später nur noch „Schichten-Smith“ genannt), dass nicht in jeder Gesteinsschicht die selben Fossilien auftreten. Vielmehr kommen sie in bestimmter Abfolge vor, Smith konnte sogar aufgrund seiner Kenntnisse vorhersagen, welche Fossilien in welchen Gesteinsschichten auftreten würden. Schichten-Smith hatte damit einen Teil der Evolutions-Theorie vorweggenommen. Zu verschiedenen Zeitaltern haben verschiedene Lebewesen existiert und ihre Spuren hinterlassen. Wie hilft das der Geologin weiter?

Nun, nach dem Aktualitätsprinzip können schon einige Aussagen gemacht werden:

Korallen brauchen zum Beispiel flaches Wasser. Sterben sie aus, muss das Flachwasser entweder verlandet sein oder das Wasser an dieser Stelle tiefer geworden sein.

Um ein Gestein nach seinen Fossilien zu bestimmen zu können, wird vor allem ein *Leitfossil* benötigt, das eine relative Zeitmessung ermöglicht. Es muss:

- häufig
- weit verbreitet
- unabhängig vom Lebensraum/in vielen Lebensräumen verbreitet sein (Experten-Blabla: *Faziesunabhängig*)
- gut bestimmbar
- von relativ kurzer Lebensdauer (die Art darf nur kurze Zeit existiert haben)

sein. Z.B. waren die Amoniten und die Foraminiferen (im Oberflächenwasser schwimmendes Zeug) gute Leitfossilien.

### 3.3. Die geologische Zeitskala – Absolute Zeitmessung

Mit dem Zerfall radioaktiver Isotope können genaue Zeitangaben gemacht werden. Dieser Zerfall geschieht nicht willkürlich, sondern nach chemischen Gesetzmäßigkeiten, die sich nicht von irgendeiner bekannten Kraft (Temperatur, Druck...) beeinflussen lassen.

Das magische Wort dieser Zeitmessung ist: die *Halbwertszeit*. Es beschreibt die Zeit, nach der nur noch die Hälfte der Radioaktivität vorhanden ist, weil sich der Rest als  $\alpha$ -Strahlen (z.B. Röntgenstrahlung),  $\beta$ -Strahlen und  $\gamma$ -Strahlen (wie Helium) verflüchtigt hat.

Stoffe an denen Zeitmessungen vorgenommen werden können:

Ursprünglich	wird wenn es nicht mehr radioaktiv ist zu	Halbwertszeit
Uran 238	Blei 206	4,5 Milliarden Jahre
Kalium 40	Argon 40 Calcium 40	1,3 Milliarden Jahre
Rubidium 87	Strontium 87	47 Milliarden Jahre
Kohlenstoff 14	Stickstoff 14	5730 Jahre (mit dem Zeug kann man im Zeitraum zwischen 100 bis 70000 Jahren datieren: für den Historiker super, für die Geologin vollkommen ungeeignet – neumodisches Glomp)

#### 4. Und sie bewegt sich doch – Plattentektonik

[Tektonik = Verformung, Bewegung, Verschiebung]

*Grundsätzlich ist die Erde in Schalen aufgebaut:*

- dünne Kruste: fest, 5-40 km
    - ozeanische Kruste: dünn, schwer, große Dichte, besteht hauptsächlich aus Basalt.
    - kontinentale Kruste: dicker, leicht, dort wo Berge sind reicht die Kruste auch unten weiter in den Mantel, besteht hauptsächlich aus Granit und Gneis.
  - Mantel: teils plastisch, teils flüssig, 40-2891 km
  - Kern:
    - äußerer Kern: flüssig, 2891-5150 km
    - innerer Kern: fest, 5150-6370 km
- Kruste + oberster Mantel:  
*Lithosphäre*  
Fest, starr, ca. 70-100 km

Oberer Mantel:  
*Astenosphäre*  
Plastisch, ca. 100-250 km

*Wie ist dieser Aufbau nachweisbar?*

Bei Vulkanausbrüchen kommt Material aus dem Erdinneren, das untersucht werden kann. *Seismische Wellen*, wie sie bei Erdbeben und Atomtests entstehen, laufen zum Teil an der Erdoberfläche entlang, einige dringen jedoch auch ins Erdinnere und werden dort zurückgeworfen oder gebrochen. Diese Wellen werden von Seismographen, die überall rumstehen gemessen. Je nachdem wo das Ausgangsereignis (Erdbeben) war und wo die Wellen aufgenommen wurden lassen sich Aussagen über die Dichte der durchwanderten Schicht machen.

Man unterscheidet *P*(rimär)-*Wellen* und *S*(ekundär)-*Wellen*. *S*-Wellen sind in Flüssigkeiten nicht nachweisbar. Dadurch ist feststellbar, dass der äußere Kern flüssig ist.

*Kontinentaldrift*

ALFRED WEGENER machte irgendwann eine schlaue Entdeckung: Afrika und Südamerika sahen von der Form her aus, als könnte man sie zusammenpuzzeln. Außerdem traten in Südamerika und Afrika versteinerte Überreste des Mesosaurus auf. Dieses Viech konnte ganz schlecht schwimmen, konnte also nur über den Landweg auf die beiden Kontinente gekommen sein. Daraufhin entwickelte er die Theorie der *Kontinentaldrift*. Sie besagt, dass alle Kontinente vor etwa 250 – 200 ma (Millionen Jahren) ein großer Urkontinent *Pangäa* [Alles Land] waren, der dann auseinanderdriftete. Natürlich wurde diese Theorie aufs heftigste bekämpft. Ein Gegenmodell ging davon aus, dass einmal eine Landbrücke bestanden hat, die mit der Zeit vom Ozean verschluckt wurde. Das ist allerdings kaum möglich, da ein Teil der kontinentalen Kruste eigentlich nicht spurlos verschwinden kann. Insbesondere kann ein leichtes Stück Erdkruste nicht unter eine ozeanische Kruste verschwinden, da letztere viel schwerer ist.

Wenn zwei Erdplatten aufeinandertreffen gibt es mehrere Möglichkeiten:

- kontinental trifft ozeanisch: die schwere ozeanische Kruste wird unter die leichte kontinentale Kruste geschoben. Der Experte spricht natürlich nicht von „Reinschlotten“ sondern von *Subduktion*. Die ozeanische Kruste wird meist in Tiefseerinnen *subduziert*.
- ozeanisch trifft ozeanisch: eine von beiden wird subduziert.
- kontinental trifft kontinental: können nicht verschluckt werden, sie türmen sich auf und ergeben Gebirge mit Vulkanismus.

### *Erdmagnetismus*

Im äußeren Kern der Erde wird das Erdmagnetfeld erzeugt. Alle 10 – 50000 Jahre polt sich dieses Erdmagnetfeld aus unerklärlichen Gründen um. Erkennbar wird das an dem Gestein, das am transatlantischen Rücken austritt: Es ist eisenhaltig und richtet sich beim Erkalten am Erdmagnetfeld aus. Bei dem bereits ausgetretene Gestein im Atlantik lässt sich feststellen, dass sich die Richtung des Erdmagneten schon mehrmals geändert hat.

### *Die Erde heute*

Die gute alte Erde ist ganz schön aktiv: Z.B. spuckt die Öffnung am transatlantischen Rücken Jahr für Jahr 5 cm neue Erdoberfläche aus. Dafür schlotzt die San Andreas Störung vor der kalifornischen Küste (bei San Francisco) jedes Jahr 1 cm Meeresboden ins Erdinnere. Die Nazca-Platte bewegt sich mit 17,2 cm/a. Die Alpen heben sich pro Jahr 0,2 mm, ohne das ein doofer Touri das mitkriegt.

## II. DIE GESCHICHTE DER ERDE

### 1. Die Entstehung unseres Sonnensystems und unserer Erde

#### *Der Urknall*

Die inzwischen wahrscheinlichste Theorie zur Entstehung der Erde ist die des *Urknalls*. Sie besagt, dass vor etwa 17 Milliarden Jahren sich einmal alle Energie an einem Punkt vereinigt hat und dann auseinander barst. Aus der herumirrenden Energie materialisierten sich Universen und Galaxien.

#### *Unser Sonnensystem*

Vor ca. 4,6 Milliarden entstand der *solare Urnebel*, eine Staub/Gas-Wolke. Die *Sonne* entstand aus einer Zusammenballung von Staubkörnchen im Zentrum dieses Urnebels. Hauptsächlich handelte es sich dabei um Wasserstoff- und Heliumatome, die sich bei der Zusammenballung erhitzen und fusionierten. Heute ergibt diese Fusion das Sonnenlicht. Durch die Zusammenballung rotierte die Staubwolke schneller, was zur Scheibenform des Sonnensystems führte, und dazu, dass sich um die Sonne weitere Materie zusammenballte. Im inneren Bereich entstanden *Merkur, Venus, Erde* und *Mars*, die hauptsächlich aus Gesteinen bestehen: Eisen, Nickel, Aluminium, Magnesium, Kalium, Calcium, Natrium,... sind die (schweren) Hauptsubstanzen mit hohem Schmelzpunkt. Im äußeren Bereich entstanden dagegen Planeten, die hauptsächlich aus Gasen bestehen.

#### *Die Erde*

Als das Sonnensystem einigermaßen entstanden war, heizte sich die Erde plötzlich auf. Mögliche Ursachen (wahrscheinlich von allem etwas):

- heftiger Meteoriteneinschlag (auf allen Planeten). Die Bewegungsenergie wandelte sich in Wärme um, was heute noch beim Asteroidengürtel zu beobachten ist.
- Die Eigengravitation der Erde. Die Kompression von Materie führte zur Erwärmung.
- Radioaktivität

Auf jeden Fall wurde die Erde verflüssigt. Das schwere Eisen wanderte nach innen und bildete den Erdkern, die restlichen Elemente bildeten einen großen Magmazoan von 100 km Dicke.

Die Wärmeenergie wurde mit der Zeit abgestrahlt, die Erde kühlte ab. Es entstand die erste Kruste. Sie teilte sich noch nicht in ozeanische und kontinentale Kruste. Vielmehr bestand diese *Urkruste* hauptsächlich aus schweren Elementen wie Basalt. Diese Kruste wurde stellenweise immer wieder subduziert, es begann ein Kreislauf des Aufschmelzens und Erstarrens. Dabei schmolzen Minerale mit niedrigem Schmelzpunkt zuerst, z.B. Quarz und Feldspat. Diese stiegen dann wieder an die Oberfläche, wo sie in Vulkanausbrüchen zutage traten. Sie bildeten die leichten Gesteine Gneis und Granit und bildeten schließlich Inseln und später Kontinente. So entstanden nach und nach ozeanische und kontinentale Krusten. Dieser Vorgang vollzog sich in der Vorgeologischen Ära, der Zeit von der Entstehung des Sonnensystems (ca. 4,6 Milliarden Jahre) und den ersten überlieferten Gesteinen ( $\pm$  3,9 Milliarden Jahre).

Die ältesten Gesteine dieser Erde:

- der Acasta-Gneis (Kanada), ein metamorphes Gestein (logisch!): 3,9 Milliarden Jahre
- Isua-Formation (Grönland), gebänderte Eisenerze: 3,8 Milliarden Jahre alt

## *Der Mond*

Zwei Theorien über die Entstehung des Mondes (die erste ist wahrscheinlicher):

- Ein Planet oder großer Meteorit (ca. Marsgroß) traf die Erde und ein Stück dieses Planeten oder ein herausgeschlagenes Stück Erde blieb in der Erdumlaufbahn. Für diese Theorie spricht die stark geneigte Erdachse.
- Ein Planet, der an der Erde vorbeikam besaß eine so hohe Anziehungskraft, dass er ein Stück aus der Erde herausriß.

## **2. Das Präkambrium**

Zeit: vor etwa 4 Milliarden Jahren bis ca. 0,54 Milliarden Jahre  
Das Präkambrium ist das Zeitalter der Bakterien.

*Welche Hinweise auf Leben im Präkambrium gibt es?*

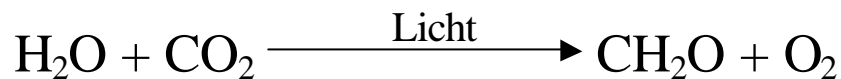
1. geochemische Hinweise:  
Kohlenstoff kommt in verschiedenen Varianten vor, am Häufigsten  $^{14}\text{C}$   $^{13}\text{C}$   $^{12}\text{C}$   
Organisches Material baut gern  $^{12}\text{C}$  aus der Atmosphäre ein. Er kommt also in Pflanzen und Tieren vor. Stellt man also in einer Gesteinsschicht eine  $^{12}\text{C}$ -Konzentration fest, die über dem damaligen  $^{12}\text{C}$ -Gehalt der Atmosphäre liegt, wird von Leben ausgegangen.
2. Stromatolithe:  
Es treten Gesteine mit einer merkwürdigen Struktur auf: Sehr sehr feine, dicht übereinanderliegende Schichten, z.B. in laminiertem Kalk. Wie kommt das? Hier hilft wieder das Grundprinzip des Aktualismus weiter:  
Heute gibt es in einer Bucht in Australien ein ähnliches Phänomen: Hier bilden Bakterien domförmige Objekte: Am Tag wachsen diese Bakterien und machen Photosynthese. In der Nacht sterben sie ab und fangen dabei noch Sedimente aus dem Wasser ein. Nachts wächst darüber ein anderes Bakterium. Mit der Zeit bilden sich dann solche schichtenweise aufgebauten, domartigen Gebilde, wie sie auch im Präkambrium auftauchen – auch dies ein Hinweis auf bakterielles Leben.
3. Mikrofossilien:  
Manchmal sind auch erste Mikroorganismen fossil überliefert:  
Einzeller, sog. Prokaryoten ohne Zellkern im Archaikum (Zeit vor dem Präkambrium)  
Einzeller mit Zellkern (mit gebündelter Erbinformation), sog. Eukaryoten im Proterozoikum (letzter Abschnitt des Präkambriums)
4. Ediacara-Fossilien:  
Im Proterozoikum treten auch die ersten Vielzeller auf: Die sogenannten Ediacara-Fossilien. Sie sind weder Tier noch Pflanze. Manchmal drückt sich so ein Weichkörper in einem Sandstein ab und wird überliefert.

*Die Entstehung „unserer“ Atmosphäre im Präkambrium*

Die Ur-Atmosphäre bestand hauptsächlich aus Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ),  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2$ , hatte also keinen Sauerstoff. Man spricht von anoxischer Atmosphäre. Nachweisbar ist diese an der roten Farbe mancher Sandsteine.

Dass dies anders wurde, verdanken wir den Cyano-Bakterien. Sie sind die Erfinder der Photosynthese und damit die Urheber des atmosphärischen Sauerstoffs.

Mit Hilfe von Licht wandeln sie Wasser (H<sub>2</sub>O) und CO<sub>2</sub> in organische Substanz (CH<sub>2</sub>O) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) um, der dann in die Atmosphäre entweicht. Also:



Seit 2 Milliarden Jahren haben wir eine oxische Atmosphäre.

### 3. Das Paläozoikum - Erdaltertum

#### 3.1 Kambrium

Zeit: vor 590 Millionen Jahren

##### *Das Antlitz der Erde im Kambrium*

Eine große Kontinentalmasse, der erste Superkontinent „*Gondwana*“ in äquatorialer Lage beherrschte das Bild. *Laurentia* (mit dem heutigen Nordamerika), *Sibiria* und *Baltica* (mit dem heutigen Europa) waren als Stücke des einstigen Superkontinents *Megagäa* schon abgedriftet.

Wie hat man diese Verteilung feststellen können?

- Paläomagnetik: eisenhaltige Gesteine (z.B. Basaltlava) richtet sich am Erdmagnetfeld aus. Anhand der Ausrichtung bzw. Neigung zu den Magnetpolen kann man den Breitengrad bestimmen.
- Klimasensible Gesteine sind charakteristisch für die jeweilige Klimazone. So sind Evaporite (Salze) für trockene Gebiete in Äquatornähe kennzeichnend, Kohlelagerstätten (gilt für spätere Zeitalter) deuten auf feuchte Gebiete der mittleren Breiten. [Organische Substanzen wie umgefallene Bäume bilden Sümpfe, die wenn sie unter Druck geraten zu Steinkohle werden].
- Fossilien: Korallenriffe deuten auf tropisches Klima hin.

##### *Die Erde als Schneeball*

Im Jungkambrium muss es zu einer großen Vereisung der gesamten Erde gekommen sein. Hinweise sind Gletscherschrammen, die sogar in den damals tropischen Regionen zu finden sind.

##### *Die Innovation: Schalen und Skelette*

Im Kambrium entstehen skelettragende Organismen. Vorher gab es nämlich außer einer Ediacara-Art keine Viecher mit Hartteilen. Das bietet mehrere Vorteile:

- die Organismen sind besser gegen Fressfeinde geschützt
- Gelenke und Muskeln können aufgebaut werden
- Weiches Gewebe kann gestützt werden

Für die beginnende Skelettbildung gibt es mehrere Erklärungen. Die wahrscheinlichste scheint zu sein, dass im Kambrium erste Fressfeinde entstehen, die zu Zeiten des „Garten von Ediacara“ [Lieblingsterminus der Geologen für die Zeit der blühenden Ediacara-Fauna im

Präkambrium] noch nicht vorhanden waren. Die Ediacara-Fossilien waren übrigens zu diesem Zeitpunkt fast alle ausgestorben.

Weitere Erklärungen:

Die Schalen und Skelette boten Möglichkeiten, überschüssige Stoffwechselelemente in einem Art Depot abzulagern.

Die chemische Zusammensetzung der Meere hatte sich verändert.

### *Die Kambrische Explosion*

Im Kambrium kommt es auch zur sogenannten „Kambrischen Explosion“ über 100 Tierstämme entstehen neu, darunter alle, die wir heute kennen! Auch hierfür haben die Paläontologen mehrere Erklärungen:

- ökologische Hypothese: Die Konkurrenz war niedrig, so konnten sich viele Lebensformen gefahrlos bilden. Krux dieser These: Solche Situationen gab es in der Erdgeschichte mehrmals, ohne dass so eine Explosion stattfand.
- Genom-Hypothese: in diesem frühen Stadium waren die „Baupläne“ der Organismen noch recht einfach, komplexe Strukturen existierten noch nicht. Daraus folgt, dass es zu diesem Zeitpunkt noch recht einfach war, neue Kombinationen des genetischen Materials auszuprobieren. Die neuen Stämme wären also Ergebnis dieser Experimentierphase. Wenn das nicht nach Schöpfungsmythos klingt....
- Garten-von-Ediacara-Hypothese: im Ökosystem des Präkambrium waren die Nahrungsketten sehr kurz (keine räuberischen Arten). Es gab eine Vielzahl von Nährstoffen, auf dessen Aufnahme sich Organismen spezialisieren konnten. So konnten Stämme entstehen, die die Biomatten aus Stromatolithen abweideten. So konnte sich ein komplexeres Ökosystem herausbilden.

### *Die Fossilien des Kambriums*

- Trilobiten: Dreilappkrebse, hauptsächlich mit Calciumphosphatschale, sind das Leitfossil des Kambriums. Sie stellen 60% der Arten,
- Brachiopoden: Armfüßer, phosphatische Schale, stellen 30% der Arten.

## **3.2. Ordovizium**

Zeit: vor 505 Millionen Jahren

### *Das Antlitz der Erde im Ordovizium*

Gondwana wandert weiter in Richtung Südpol, Baltica und Laurentia nähern sich an. Es findet eine weitere große Vereisungswelle statt. Die Vereisung ist ein sich selbst verstärkender Prozess: Das Eis hat eine hohe Rückstrahlkraft, wirft also einen großen Teil der Sonnenstrahlen wieder ins All zurück und trägt so zur weiteren Abkühlung bei.

### *Leben im Ordovizium*

Trilobiten sind nicht mehr so häufig wie im Kambrium. Führend werden die Kopffüßer, Verwandte der bekannten Ammoniten. Durch sogenannte *adaptive Radiation* entstehen viele neue Arten im marinen Bereich.

Am Ende des Ordoviziums kommt es zu einem großen Massenaussterben, bei dem 60-70% der Arten und einige Tierstämme aussterben.

### 3.3. Silur

Zeit: vor 440 Millionen Jahren

#### *Das Antlitz der Erde im Silur*

Gondwana ist endgültig am Südpol angekommen. Baltica und Laurentia kollidieren auf Äquatorbasis, es kommt zur Gebirgsbildung der Appalachen in Amerika und der Kaledoniden in Norwegen. Man spricht von der *Caledonischen Gebirgsbildung*.

#### *Leben im Silur*

Erneut kommt es zur adaptiven Radiation. Kopffüßer sind die beherrschenden Organismen. Sie bilden ein ausdifferenziertes Kammersystem aus, das es ihnen erlaubt durch Gasaustausch in den Kammern ihrer Schale auf- und abzustiegen.

Auch die Korallen gewinnen zunehmend an Bedeutung, ebenso Seelilien (Armfüßer).

#### *Das Leben erobert die Kontinente*

Im Silur treten die ersten Landpflanzen auf. Sie mussten folgende Dinge entwickeln, um dort zu überleben:

- stabiler Stiel gegen Wind und Wetter
- Wurzelsystem, um Nährstoffe aus dem Boden zu ziehen
- Leitssystem, das die Nährstoffe aus dem Boden in sämtliche Teile der Pflanze transportiert

Diese Pflanzen waren allerdings noch ans Wasser gebunden, also nur in Küstennähe zu finden.

### 3.4 Devon

Zeit: vor 410 Millionen Jahren

#### *Das Antlitz der Erde im Devon*

Gondwana hat seine Lage kaum verändert. Laurentia und Baltica sind endgültig ein Kontinent, der „Old red sandstone continent“.

#### *Leben im Devon*

Die Triloiden (Seelilien) und die Armfüßer sind die vorherrschenden Lebewesen. Fische werden häufiger. Im Oberdevon finden sich die ersten hohen Bäume und die ältesten Samen, d.h. ab jetzt ist die Fortpflanzung nicht mehr ans Wasser gebunden. Am Ende des Devon treten auch die ersten Landbewohner, die Tetrapoden, auf.

Am Ende des Devon kommt es wieder zu einem Massenaussterben, das allerdings auf den marinen Bereich beschränkt bleibt und vor allem die Riffgemeinschaft betrifft.

### 3.5. Karbon

Zeit: vor 360 Millionen Jahren

#### *Das Antlitz der Erde im Karbon*

Gondwana wandert Richtung Äquator. Im Oberkarbon kollidiert sie mit dem Euroamerikanischen Kontinent und verursacht dabei die sogenannte *variszische Gebirgsbildung*: Schwarzwald, Harz, Vogesen und der Hunsrück entstehen. Der nächste Superkontinent, *Pangäa*, ist im Entstehen begriffen.

#### *Leben im Karbon*

Auf der Erde entstehen die Sümpfe, aus denen später die großen Steinkohlevorkommen resultieren. Riesige Bäume, Schachtelhalme, Farne, Bärlab und Rieseninsekten (Libellen aber auch schon Insekten mit faltbaren Flügeln), sowie Amphibien prägen das Bild auf dem Land. Im Meer sind es immer noch die Armfüßer, die vorherrschen. Im Perm gibt es keine großen Revolutionen, nur eine Weiterentwicklung des schon Bestehenden.

Am Ende des Karbons steht die Permokarbone Vereisung mit einem weiteren Massenaussterben.

### 3.6. Perm

Zeit: vor 285 Millionen Jahren

#### *Das Antlitz der Erde im Perm*

Fast alle Kontinente sind jetzt zusammen in Äquatornähe, eine Anschweißstelle ist der Ural. Nur China fehlt noch zum Superkontinent Pangäa. Es herrscht trockenes Klima, feststellbar an den vielen Salzen.

#### *Leben und Sterben im Perm*

Am Ende des Perm steht das größte Massenaussterben der Erdgeschichte, dem 96% der Arten zum Opfer fallen. Trilobiten und Korallen sterben vollständig aus, ebenso viele Arm- und Kopffüßer.

Mögliche Ursachen:

- Vereisung auch der Tropen
- Intensiver Vulkanismus erhöht den CO<sub>2</sub>-Anteil der Atmosphäre beträchtlich
- Die Zirkulation im Ozean bricht zusammen, es gibt keinen freien Sauerstoff mehr

## 4. Das Mesozoikum - Erdmittelalter

### 4.1. Trias

Das Trias gliedert sich in drei Zeitabschnitte: *Buntsandstein*, *Muschelkalk* und *Keuper*. Während der Trias-Zeit ist der Superkontinent Pangäa noch vollständig intakt, er wird vom Ozean *Thetys* umschlossen. Für das Zeitalter des Buntsandsteins sind rötliche Sandsteine, die von Flüssen abgelagert wurden, charakteristisch. Im Muschelkalk werden die großen Gebirge weiter abgetragen, gleichzeitig steigt der Meeresspiegel. In dieser Zeit sind sehr reine Kalke vorherrschend. Im Keuper hat sich das Meer wieder etwas zurückgezogen.

Große, freistehende Felsmassive in den Alpen sind oft Überbleibsel von Triasriffen. Sie sind Hinweis darauf, dass es in der Triaszeit große Flachwassergebiete gab, in denen sich solche Korallenriffe bilden konnten, da Korallen Sonnenlicht brauchen.

Die marine Tierwelt der Triaszeit weißt vor allem Muscheln auf. Neu sind muschelartige Organismen, die sich vollständig in den Meeresboden eingraben und nur durch Siphone aus Weichteilen Kontakt mit dem Wasser und damit der Nahrungsquelle haben. Ein Grund für diese Entwicklung ist das Zunehmen von räuberischen Organismen mit wirkungsvollen Jagdwaffen: Fische mit stabilen, kräftigen Kiefern, Krebse mit leistungsfähigen Scheren, Raubschnecken, die Muschelschalen anbohren können.

Die Ammoniten erleben nach ihrem fast vollständigen Aussterben an der Perm/Trias-Grenze eine Renaissance und werden zu Leitfossilien des Trias.

### 4.2. Jura

Der Jura gliedert sich ebenfalls in drei Abschnitte: *Lias*, *Dogger* und *Malm*. Während des Jura bricht der Superkontinent Pangäa langsam auseinander. Im Unteren Jura (*Lias*) steigt der Meeresspiegel an, es finden sich keine im Meeresboden lebende Fossilien mehr. Besonders bedeutend ist der Posidonienschiefer, ein Tonstein.

Im Oberjura (*Malm*) sind eisenreiche Sande und weiße Kalke vorherrschend. Bedeutend sind die Plattenkalke von Solnhofen, in denen bedeutende Fossilfunde gemacht wurden. Der Urvogel *Archäopteryx* wurde hier entdeckt. Ein neuer Typus von Korallen, die nichts mit den mesozoischen Korallen gemein haben, entsteht.

### 4.3. Kreide

In der Unteren Kreide zerfällt Pangäa und die Welt erhält in etwa ihr heutiges Gesicht, außer dass Antarktis und Australien noch zusammenhängen. In Mitteleuropa herrscht ein humides Klima. Typisch für die Untere Kreide sind Grünsandsteine.

In der Oberkreide ist Mitteleuropa ein großer Flachmeerbereich. Wichtig ist die Schreibkreide, die, wie der Name schon sagt, zum Schreiben verwendet werden kann.

An der Grenze zum Tertiär kommt es erneut zu einem großen Massenaussterben. Es ist das 5. und das bestuntersuchte, da bei diesem Massenaussterben die Dinosaurier ausstarben. Nur am Rande bemerkten auch die Ammoniten hier vollständig aus. Also: Warum starben die Dinos aus? Auf diese Fragen gab es lange die abstrusesten Antworten: Unverträglichkeit auf neue Pflanzen („Das große Kotzen“), Klimaveränderung, Zerrüttung der Dinosaurier durch Plattentektonik (die Männchen waren auf einer Platte, die Weibchen auf der anderen, plötzlich drifteten die Platten auseinander – das Ende von Sex und Fortpflanzung).

Inzwischen gilt folgende These als gesichert:

Ein Meteorit von 10 km Durchmesser schlug bei Yukatan auf der Erde ein. Beim Aufprall wird viel Gestein verdampft, die Asche wird in die Atmosphäre katapultiert und verteilt sich

weltweit. In der Folge verdunkelt sich der Himmel so stark, dass viele Pflanzen keine Photosynthese mehr betreiben konnten und eingingen. Keine Pflanzen – keine Tiere – Ende der Dinos! Warum gibt es dann überhaupt noch Leben auf der Erde? Bestimmte Pflanzen sind nicht auf Photosynthese angewiesen, andere brauchen für die Photosynthese eine bestimmte Lichtfrequenz, die durch die verdunkelte Atmosphäre hindurchdrang – leider keine Pflanzen, die für Dinos bekömmlich sind. Aber auch das ist nur graue Theorie, alles was wir haben sind ein paar tote Dinosaurier und kein Motiv für die Tat.

## **5. Das Känozoikum - Erdneuzeit**

*Tertiär und Quartär – die Erde, wie wir sie kennen*

Die Erdneuzeit umfasst zwei Zeitabschnitte: *Tertiär* und *Quartär*. Beim Übergang von Tertiär zu Quartär rücken die Kontinente an ihren heutigen Platz, der Atlantik entsteht. Die Alpen, der Himalaja und die Rocky Mountains entstehen.

Nachdem die Dinosaurier ausgestorben sind, kommt eine neue, erfolgreiche Tiergruppe zum Zug: Die Säugetiere und schließlich ein ganz merkwürdiges Viech: Der Mensch. Dieser nackte Affe tritt aber erst im Holozän, also vor schlappen 10 000 Jährchen auf.

In das Zeitalter des Quartär fällt auch die letzte, die *pleistozäne Eiszeit*. Diesmal vereist sogar die Südhalbkugel. Diese Vereisung verstärkt sich selbst, so dass die ganze Erde davon betroffen ist (siehe unter 3.2. Ordovizium).

### III. PALÄOBOTANIK

#### 1. Paläobotanik im Museum

Die *Botanik* ist die Wissenschaft von den Pflanzen, im Alltagsgebrauch wird dieser Begriff meist auf *rezente*, d.h. noch existente, Pflanzenarten angewandt. Die *Paläobotanik* ist ein Unteraspekt der Botanik, sie ist die Wissenschaften von den *fossilen*, bereits ausgestorbenen Pflanzen. Botanik und Paläobotanik sind hauptsächlich in Botanischen und Naturhistorischen Museen wichtig. Aber auch in Technik-, Bergbau-, Regional- und Heimatmuseen können sie eine Rolle spielen. Pflanzen begegnen uns auf Besucherseite:

- als Darstellung der Gliederung der Großgruppen der Botanik, also als biologische Systematik oder Taxonomie
- als Darstellung ökologischer Zusammenhänge, z.B. in Dioramen
- Im Zusammenhang der Bedeutung der Pflanzen für die Menschen, z.B. als Nahrungsmittel oder Rohstofflieferanten (vom Urzeitgewächs zum Kohleflöz)
- In Form fossiler Pflanzen und in deren Rekonstruktion

In wissenschaftlichen Sammlungen spielen vor allem *Herbarien*, Sammlungen getrockneter Pflanzen, eine Rolle. Wichtig ist hierbei die *Erstbeschreibung*, das erste Exemplar einer entdeckten und beschriebenen Art.

#### 2. Taxonomie – Ordnung in das Chaos

Um die Vielzahl der existenten und nicht mehr Existenten Tiere und Pflanzen einordnen zu können, wird ein biologisches System, die *Taxonomie*, benötigt. Dabei kann man entweder von praktischen Fragestellungen ausgehen (z.B. essbar oder nichtessbar?), oder von einem natürlichen System (z.B. gleichartige Blätterform). Erste Systematiken gab es schon vor 2000 Jahren.

Eine genaue wissenschaftliche Einordnung wurde allerdings erst mit der Erfindung des Mikroskops möglich. Erst jetzt konnte man Details eingehender betrachten und erkannte z.B., dass die Blütenform eine viel entscheidendere Rolle für die Einordnung einer Pflanze spielt als die Blätterform.

Die heute in der Biologie verwendete Taxonomie stammt von dem schwedischen Biologen CARL VON LINNÉ. Er entwickelte eine binäre Nomenklatur, die sich auf Tiere, Pflanzen und paläontologische Objekte anwenden lässt. Jedes Lebewesen erhält einen „Doppelnamen“, bestehend aus der

**Gattung** (*genus*) [z.B.: Rosa (Rose) oder Homo (Mensch)] und der **Art** (*species*) [z.B. Rosa canina (Wildrose/Hundsrose), Homo sapiens (der wissende Mensch), Homo museologensis (der museologisch interessierte Mensch, eine nicht ganz ernst zu nehmende Art, die in Bezug auf die Evolution sicherlich eine Sackgasse darstellt ;-)].

Diese Lebewesen können auch in noch größere Gruppen, die **Familien** zusammengefasst werden [z.B. Rosaceae (Rosengewächse)].

### 3. Grundbaupläne paläobotanisch interessanter Pflanzen

Nach dem Grundprinzip des Aktualismus (s. I 1.) muss man zunächst in die heutige Natur sehen, um die urgeschichtliche Natur zu verstehen und daraus Rückschlüsse ziehen zu können. So müssen wir uns zunächst ein paar „Baupläne“ von rezenten Pflanzengattungen ansehen, die in anderer Form in der Frühgeschichte der Landpflanzen von Bedeutung waren. Was hat das alles für einen Sinn? Nun, außer dass es für die Paläobotanikerin interessant ist, was früher auf der Erde so rumwucherte, können Pflanzenfunde auch paläontologische Thesen stützen: So erreichen z.B. Farne in den heutigen Tropen und Subtropen eine ziemlich große Artenvielfalt. Für die Paläobotanikerin wichtig, denn: finden sich nun in einer untersuchten Gegend fossile Spuren vieler farnartiger Pflanzen, so lag diese wahrscheinlich mal in einem tropischen oder subtropischen Bereich. Die Farne können somit die These von der Verschiebung der Kontinente stützen.

#### 3.1. Farnartige Pflanzen/Gefäßsporenpflanzen

##### *Farne*

Farne haben langgestreckte, federartige Blätter. An den Blättern der Farne wachsen *Sporophyllen*, in denen die *Sporangien* (Sporenbhälter) enthalten sind. Diese Sporangien fallen auf die Erde, bilden dort als Vorkeim männliche und weibliche Geschlechtsteile aus, aus denen dann die neue Farnpflanze entsteht.

##### *Schachtelhalme*

Auch Schachtelhalme vermehren sich durch Sporangien. Am Stängel haben sie Quirle, zurückgebildete Seitenäste.

##### *Bärlappgewächse*

Vermehren sich auch durch Sporangien, allerdings gibt es zwei Arten Sporen: die großen, weiblichen *Makrosporen* und die kleinen, männlichen *Mikrosporen*. Wichtige Bärlappe sind *Selagnella* und *Lycopodium*

#### 3.2 Nacktsamer/Gymnospermen

Im Perm gewannen die Nacktsamer im Baumbestand an Bedeutung, während die farnartigen Pflanzen an Bedeutung verloren. Auch Nacktsamer sind als Bestandteil der Karbonisch-Permischen Wälder Bestandteil der Steinkohle.

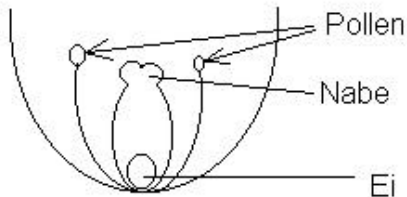
Nacktsamer werden unterteilt in:

- Nadel- bis Gabelblättrige (*Coniferophytina*)
- Fiederblättrige (*Cycadophytina*)

Die Nacktsamer vermehren sich durch Samen, es gibt männliche Pollen und weibliche Eier, die in verschiedenen Zapfen gebildet werden.

### 3.3 Blütenpflanzen/Bedecktsamer/Angiospermen

Die Ursprünge der Blütenpflanzen liegen im Dunkeln. Sie tauchen in der Kreidezeit (vor ca. 140 –130 Millionen Jahren) plötzlich auf und setzen sich in der Folgezeit immer mehr durch. Heute sind sie die wichtigste Nahrungsquelle des Menschen. Ein besonderer Vorteil ist, dass sie mit ihren Wurzeln und Knollen als Speichermedien bestens auf das Überleben auch in kargen Regionen ausgerichtet sind. So gibt es in der Wüste Pflanzen, die jahrelang nur als Knollen vor sich hin vegetieren, um dann, wenn es endlich regnet, blitzschnell aufzublühen und sich fortzupflanzen.



Der ungeheure Erfolg der Bedecktsamer lässt sich schwer erklären. Zum einen sind sie sehr Anpassungsfähig, zum anderen ermöglichen die Samen eine weitere Verbreitung.

Die männlichen Pollen sind vom weiblichen Ei getrennt angebracht. Kommen Pollen auf die Nabe, wächst von dort aus ein Pollenschlauch zum Ei, wo die Befruchtung stattfindet.

Die ersten Hinweise, die wir auf Bedecktsamer haben, sind fossile Pollenkörner. An Ihnen lässt sich die Entwicklung verfolgen: Die ersten Pollen hatten nur eine Öffnung. Rezente Formen bestehen aus drei regelmäßig angeordneten Teilen (*Tetraden*). Die Öffnungen sind entweder Schlitzförmig, Porenförmig, oder eine Mischform.

Die Entwicklung der Blätter geht von einfachen Formen zu komplex zusammengesetzten Blättern.

### 4. Der Vormarsch der Pflanzen: Vom Erdaltertum in die Neuzeit

Grundsätzlich gilt immer: Die Floren gehen den Faunen voraus, d.h. erst das Gestrüpp, dann das Viechzeug. Es werden drei verschiedene Arten von Vermehrung unterschieden, die sich auch in der führenden Rolle als Landpflanzen ablösen:

1. Die Farnartigen: Vermehrung durch Sporangien, die ersten Landpflanzen
2. Die Nacktsamer oder *Gymnospermen*: Vermehrung durch Zapfen
3. Die Bedecktsamer oder *Angiospermen*: Samen werden von einer Frucht geschützt

#### 4.1. Die ersten Pflanzen vom Ordovizium bis zur Kreide

Moore gibt es schon seit dem *Ordovizium*, die eigentliche Geschichte der Landpflanzen beginnt jedoch erst im *Silur*. Als Vorfahren aller heute existierenden Pflanzenarten gelten die Psilophyten (Nacktfarne): es sind farnartige, bischofstabförmig eingerollte Pflanzen und haben einen typisch farnartigen Vermehrungszyklus. Sie haben noch keine richtigen Wurzeln, sondern „rezoide“ wurzelartige Organe, die die Nährstoffversorgung übernehmen (mehr wusste die Pflanzen-Tussi dazu auch nicht).

Im *Devon* treten wahrscheinlich die ersten Schachtelhalme auf, jedenfalls gibt es aus dieser Zeit fossile Überlieferungen. Im *Karbon* gibt es dann große, baumartige Schachtelhalme, die Sphengophyllen, nachweisbar z.B. an fossilen Baumstümpfen in Schottland.

Die Vorläufer der Nacktsamer sind die Farnsamer, die zwar wie Farne aufgebaut sind, sich aber schon durch Samen und nicht durch Sporangien fortpflanzen. Sie treten im *Karbon* erstmals auf.

Die hauptsächlich aus farnartigen Pflanzen bestehenden Karbonischen Wälder bilden die heutigen Steinkohleflöze. Das kam so: Die karbonische Landschaft war eine Sumpflandschaft. Wenn Bäume abstarben, fielen sie um und wurden Teil des Sumpfes. Der Sumpf wurde später mit anderem Material zugedeckt, immer mehr Schichten lagerten sich darüber und unter dem ungeheuren Druck wurden aus den Pflanzenresten Steinkohle. Im *Perm* werden die Nacktsamer vorherrschend, während die farnartigen Pflanzen seltener werden. Im *Trias* entwickeln sich Nacktsamer, die in Anordnung und Bau der Fortpflanzungsorgane den Bedecktsamern schon recht ähnlich sind.

#### **4.2. Der Siegeszug der Blütenpflanzen: von der Oberkreide zur Erdneuzeit**

Zur Zeit der *Oberkreide* war Mitteleuropa ziemlich Überschwemmt. Nur wenige Stellen, z.B. der Harz, waren Festland. An den Riffzonen wuchsen Blütenpflanzen. Zum Teil hat sich noch deren Skelett im Original erhalten. Es gibt Fossilien, die sehr für herbstlichen Laubfall sprechen.

Die Paläobotaniker haben eine etwas andere Vorstellung vom Aussterben der Dinosaurier als die Geologen: Dinosaurier konnten anfangs nur die wenig Nährstoffhaltigen und schwer verdaulichen Farne und Nacktsamer fressen. Dazu mussten sie auch noch Steine im Magen haben, um diese Nahrung aufzuschließen. Einen Vorteil hatten alle Tiere, die die neuen Blütenpflanzen fressen konnten. Die Säugetiere hatten also die besseren Karten, wenn sich auch einige Dinos anpassten. Laut manchen Paläobotanikern waren die Dinos also schon auf dem absterbenden Ast, als der Meteorit einschlug.

Seit der Oberkreide gibt es auch Insekten, die sich auf die Bestäubung der Blütenpflanzen spezialisiert haben, wie z.B. Wespen und Bienen.

Im *Tertiär* wurden die heutigen Braunkohleflöze aufgebaut, hauptsächlich aus Sumpfympressen. Im Tertiär gibt es zwei bedeutende Pflanzensysteme:

- Die Paläotropischen Floren, wärmeliebende, immergrüne Gruppen, die in wärmeren Klimaten zu finden sind, z.B. Palmen, Mastixiaceae.
- Die Arcto-Tertiärfloren, sommergrüne Gruppen, die in gemäßigten Klimaten zu finden sind

Im Laufe der Vereisung der Erde im *Eozän* und *Oligozän* des Tertiär wanderten die Arcto-Tertiärfloren immer weiter in den Süden.

## IV. TIERE

### 1. Eine Systematik für Tiere

Bei der Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Tiere ist es sinnvoll, von Verwandtschaftsverhältnissen auszugehen. Diese Systematik heißt *Phylogenetische Systematik* und wurde 1950 von einem Zoologen und Insektenforscher namens Willi Hennig begründet. Die Tiere werden in Gruppen unterteilt, die sich jeweils durch bestimmte Merkmale auszeichnen. Es werden unterschieden:

- *plesiomorphe* Merkmale: können mehreren Gruppen gemeinsam sein
- *apomorphe* Merkmale: eine Gruppe unterscheidet sich eindeutig durch gemeinsame Merkmale von anderen Gruppen.

„Fische“ sind nach dieser Systematik keine natürliche Einheit. Je nach Merkmal gehören sie in verschiedene Verwandtschaftsgruppen. Neunaugen gehören z.B. zu den Rundmäulern, Haie zur Gruppe der Chondrichthyes.

„Reptilien“ ist ebenfalls ein ungenauer Begriff. Die meisten verstehen darunter so ziemlich alles, was so rumkriecht, Schuppen hat und tendenziell eher widerwärtig ist, also Krokodile, Schlangen, Schildkröten, Eidechsen. Das ist zwar schon richtig, aber zur gleichen Gruppe gehören auch die Vögel. Deshalb ist es stammesgeschichtliche einwandfreier zu sagen: „Sauropsida“, oder „Reptilien, inklusive Vögel“.

Eine natürliche Verwandtschaft bezeichnet man als *monophyletische Gruppe*. Die Tiere sind:

- alle miteinander verwandt
  - haben gemeinsame Vorfahren, die nur dieser Gruppe gemeinsam sind
- Alle nicht monophyletischen Gruppen, die man dann allerdings auch nicht als Gruppe bezeichnen darf, heißen *paraphyletisch*.

### 2.1 Entstehung und Großgliederung der Wirbeltiere

(siehe Schaubild)

### 2.2. Vorteile der einzelnen Merkmale

*Wozu sind Knorpel und Knochen gut?*

- Stütze des Körpers, Stützskelett ist notwendige Bedingung zur Eroberung des Festlands
- Schutz für innere Organe
- Bewegungsfähigkeit: Skelett dient als Ansatzpunkt für die Muskulatur
- Nährstoffspeicher

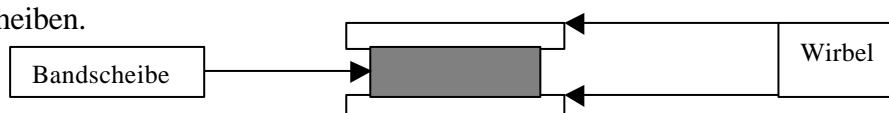
*Wozu sind Schuppen gut?*

- Schutz vor Feinden
- verhindern Verdunstung

Federn und Schuppen sind Derivate der Haut, sie bestehen nicht aus lebenden Zellen

*Wo ist die Corda geblieben?*

Die Chorda wurde beim Übergang zu den Wirbeltieren zwar zurückgebildet, entfiel aber nicht. Sie wurde vom Wirbel ummantelt und ein Rest davon sind heute noch die Bandscheiben.



### *Vom Dottersack zur Plazenta*

Bis zu Entstehung der *Amniota* hatten alle Embryos einen Dottersack zur Ernährung. Mit der Eroberung des Festlands musste ein spezieller Schutz für den Nachwuchs her, wenn man als Viech nicht ans Wasser gebunden bleiben wollte.

Die *Amniota* haben deshalb

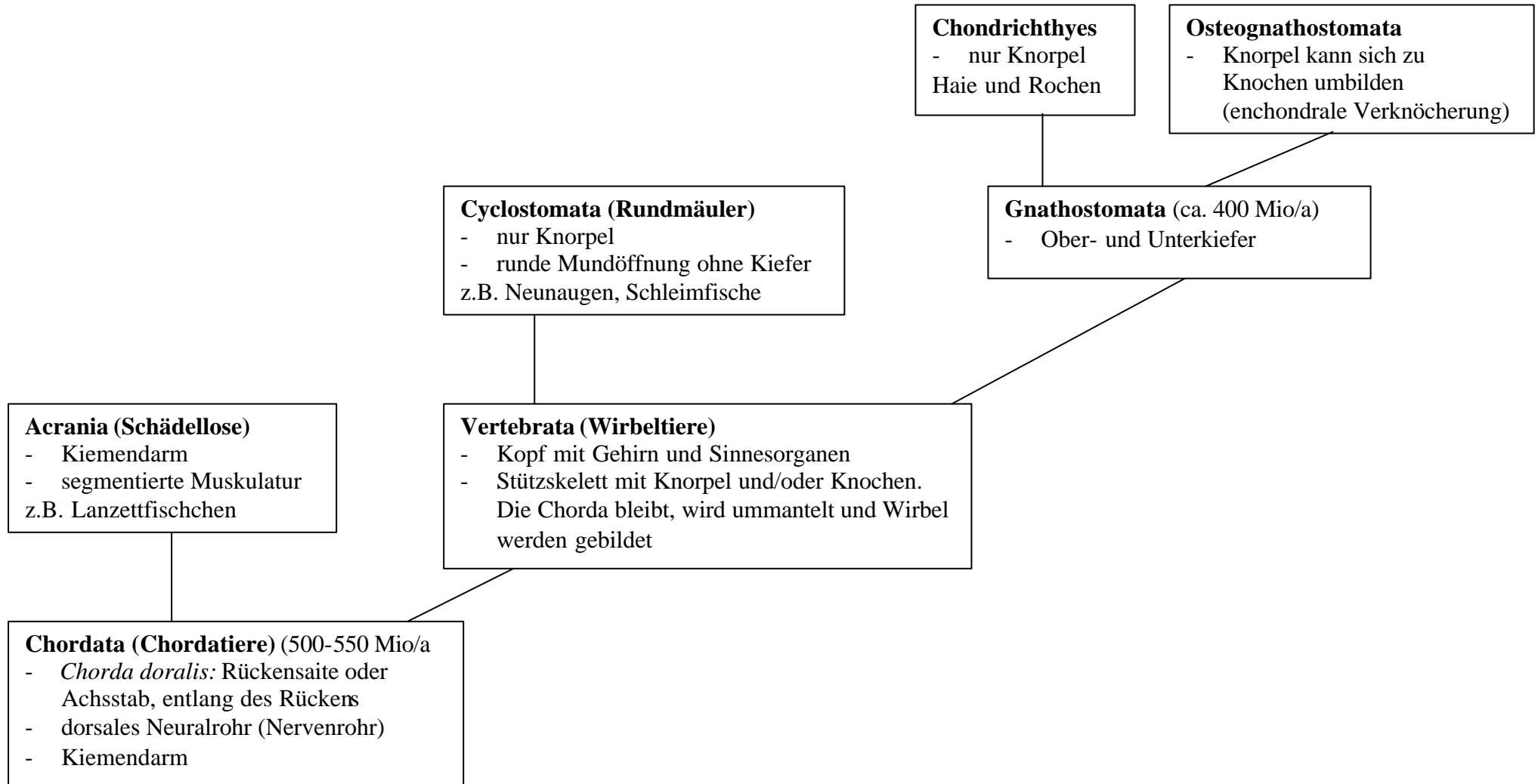
- eine Eierschale zum Schutz des Embryos
- eine Eihülle (*Chorion*), ebenfalls zum Schutz des Embryos
- die *Allantois*, eine embryonale Harnblase für die Entsorgung von Stoffwechselprodukten
- einen Dottersack zur Ernährung des Embryos
- eine Blase mit *Amnion-Flüssigkeit*, die den Embryo umgibt und ihn mit Flüssigkeit versorgt, was ihn vom Wasser unabhängig macht

Die *Mammalia* entwickelten spezialisierte Drüsen, mit denen sie ihre Jungen mit Milch versorgen konnten, die Milchdrüsen oder Zitzen, die die sogenannte *Laktation* ermöglichen. Auch die eierlegenden Säugetiere (z.B. Schnabeltier) säugen ihre Jungen, obwohl sie nicht vivipar, d.h. lebendgebärend, sind.

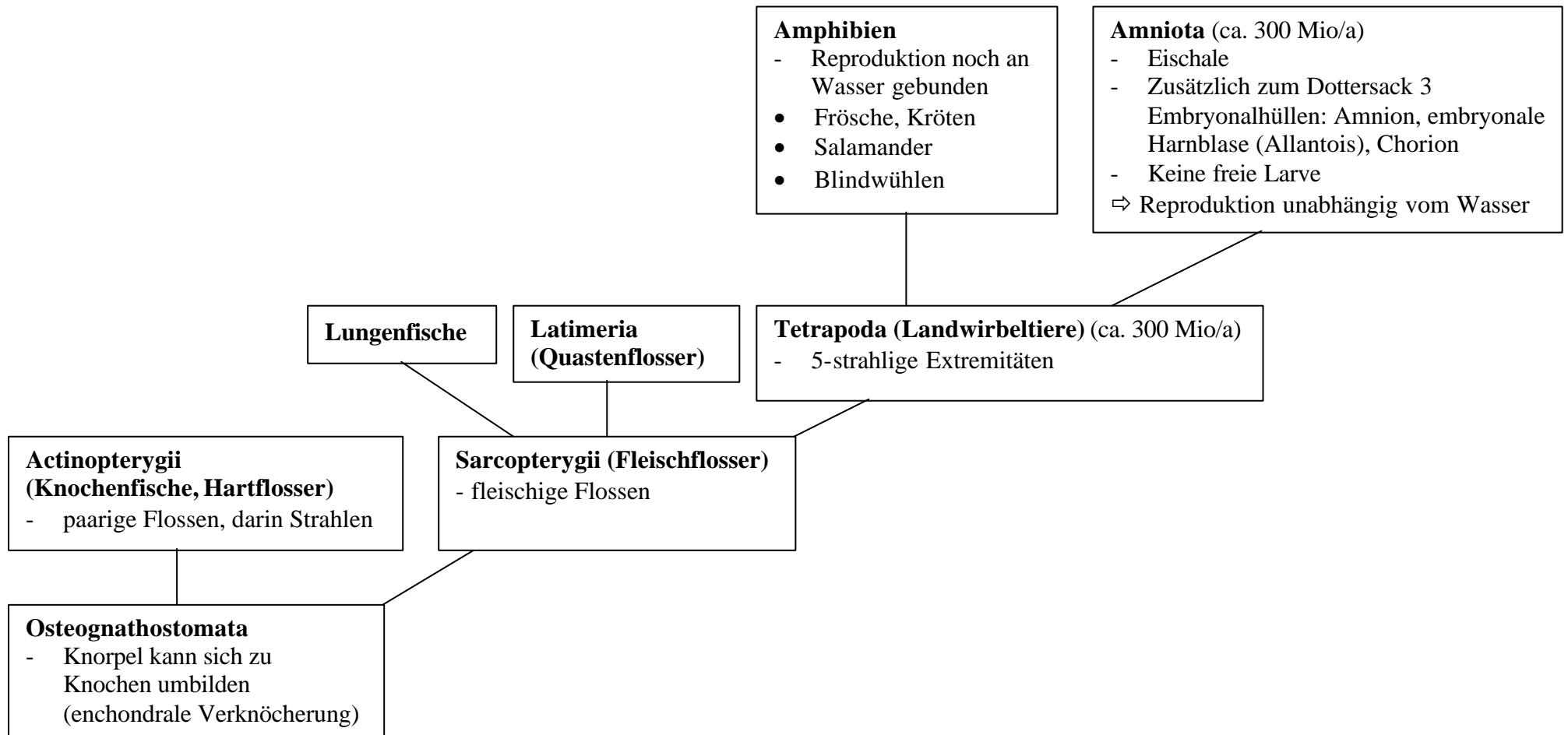
Die *Theria* (Lebendgebärende Säugetiere) bringen ihre Jungen lebend zur Welt, d.h. ein Großteil der Entwicklung findet direkt im Mutterleib statt. Bei den *Marsupalia* (Beuteltieren) ist das Junge noch sehr unfertig. Bei den Kängurus krabbelt es nach der Geburt in den Beutel der Mutter, wo es mit der Milchdrüse verwächst, bei den Beutelratten tut es im Prinzip dasselbe, nur das hier kein Beutel vorhanden ist, und es am Bauch der Mutter mitgetragen wird.

Bei den *Plazentatieren* findet das wichtigste Stadium der Entwicklung im Mutterleib statt. Der Embryo wird über eine *Plazenta* (Mutterkuchen) vom mütterlichen Organismus ernährt. Das *Chorion* ist mit der Gebärmutterschleimhaut verbunden, so dass zwischen mütterlichem und kindlichem Blut ein Stoffaustausch stattfinden kann. Das Blut der Mutter transportiert Nährstoffe, Sauerstoff, Vitamine und Immunstoffe zum Embryo, gibt diese in der Plazenta an das Blut des Embryos weiter und nimmt dort vom Embryo Kohlendioxid und Stoffwechselschlacken auf. Mütterliches und kindliches Blut bleiben aber durch Membrane streng voneinander getrennt.

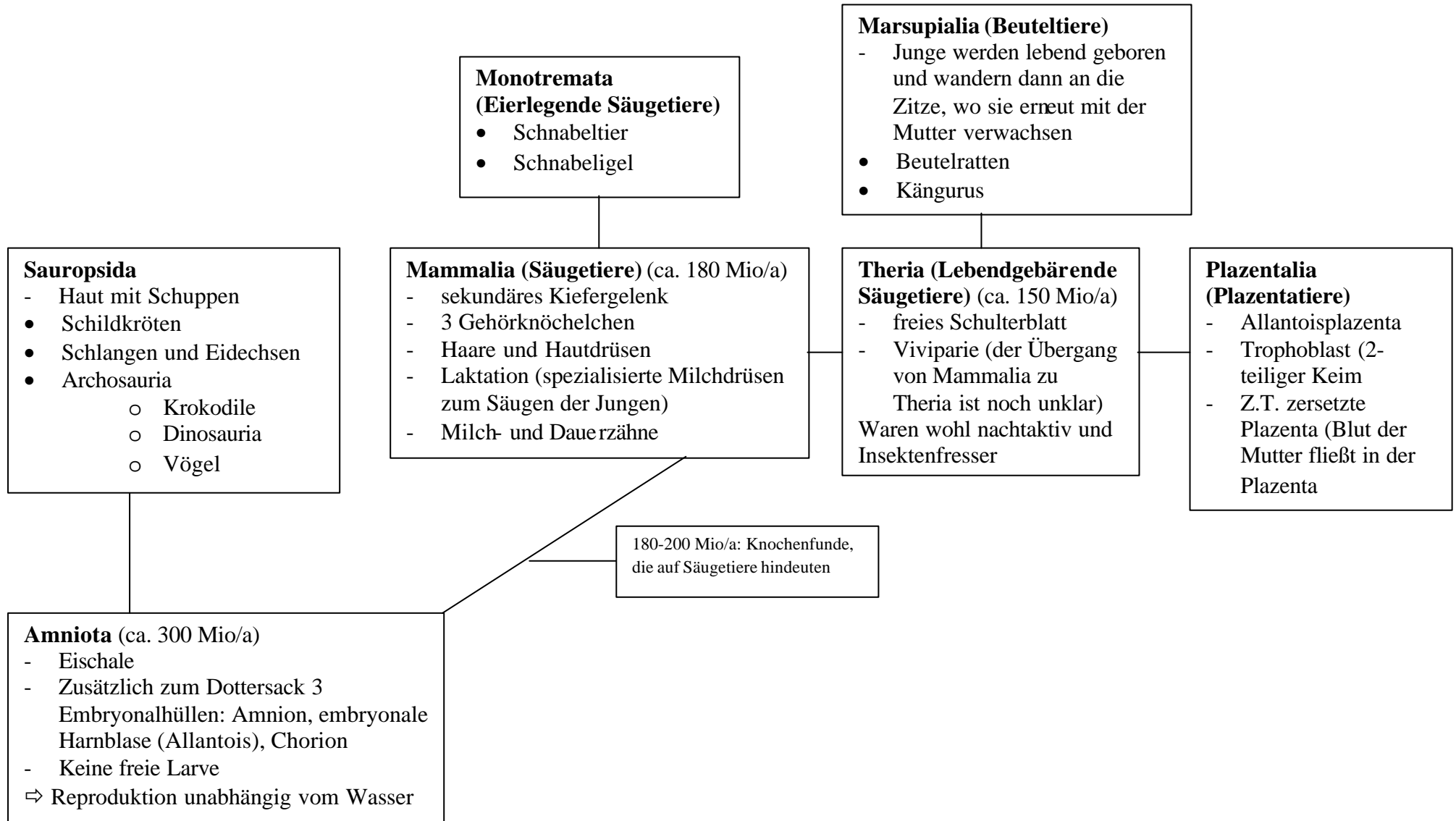
## 2.1 Entstehung und Großgliederung der Wirbeltiere – Von der Chorda zum verknöchernden Knorpel



## 2.1 Entstehung und Großgliederung der Wirbeltiere – Vom verknöchernnden Knorpel zur wasserunabhängigen Reproduktion

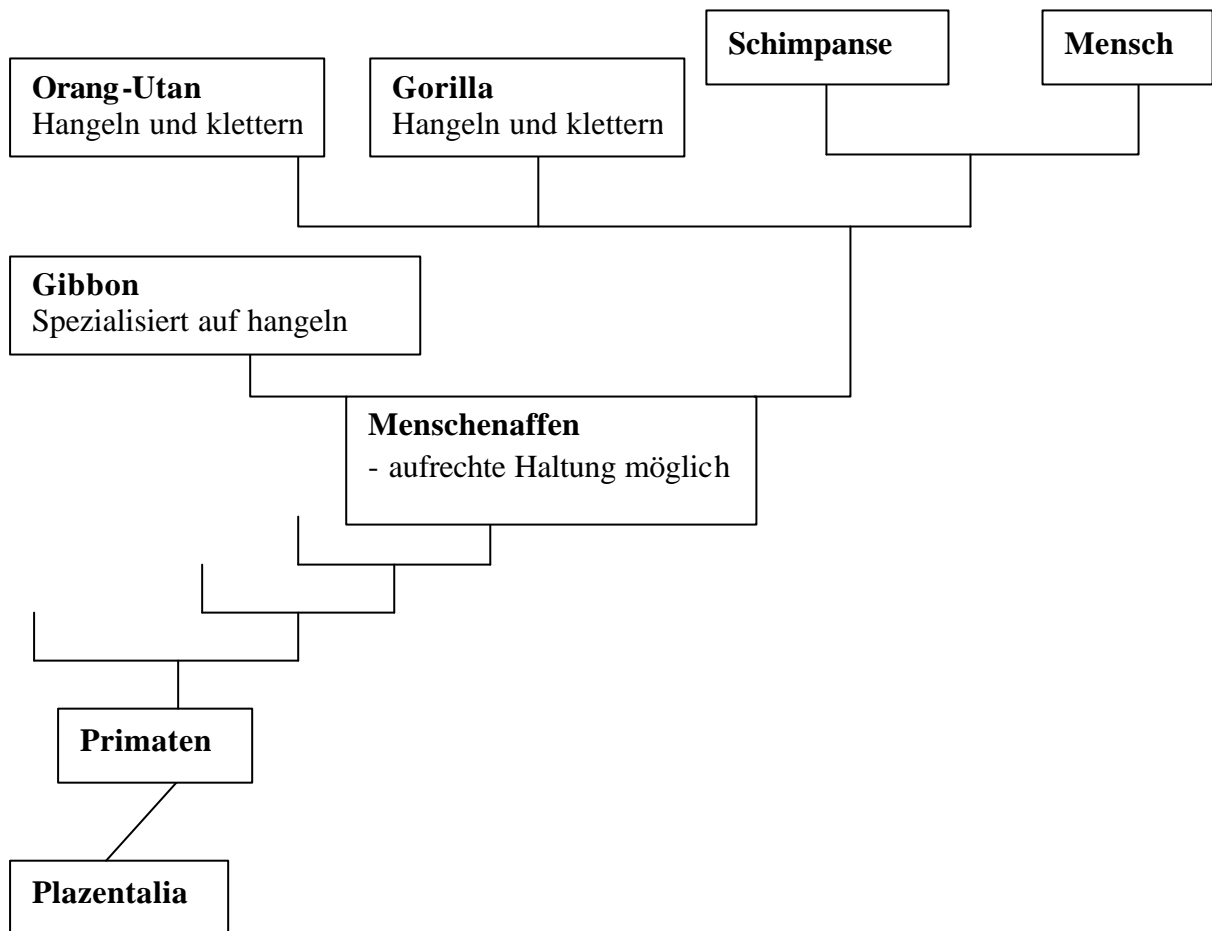


## 2.1 Entstehung und Großgliederung der Wirbeltiere – Von der wasserunabhängigen Reproduktion zur Viviparie



### 2.3 Der Mensch stammt vom Affen ab?

*Stammbaum des Menschen:*



© Angela Kipp 2000