

Vorlesung Allgemeine Zoologie I

Teil: “Cytologie, Anatomie und Phylogenie der Wirbeltiere”

Prof. Dr. Uwe Wolfrum,
Institut für Zoologie, Abt. 1



Funktionseinheiten des Lebens:

Die Zelle: *(1. Teil der Vorlesungsrunde)*

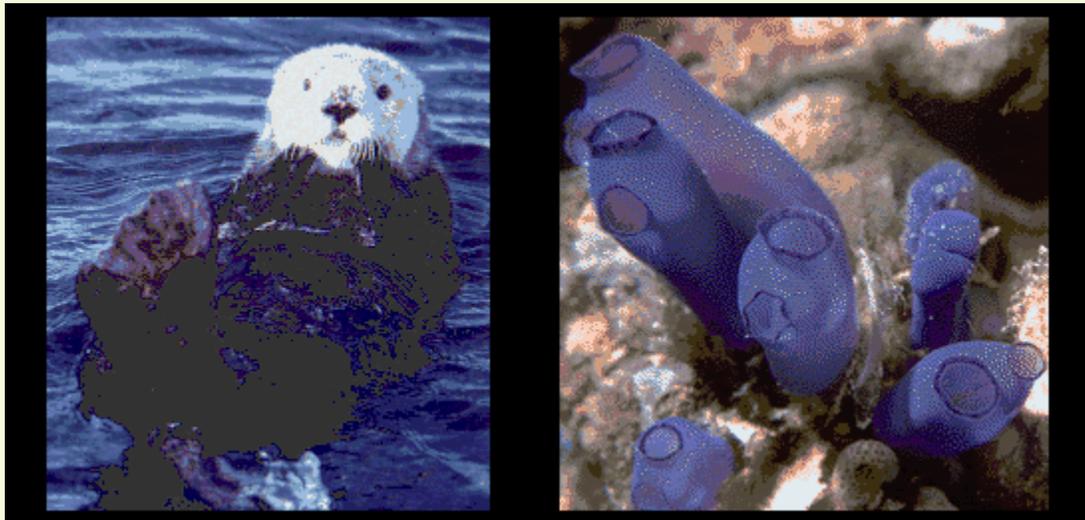
Gewebe: *(1. Teil der Vorlesungsrunde)*

Organe und Organsysteme: *(3. Teil der Vorlesungsrunde)*

Organismen: Vertebraten *(2. Teil der Vorlesungsrunde)*

Stammesgeschichte der Vertebraten I

1. Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen
2. Methoden der Phylogenie
3. Ursprung der Chordaten und System des Stamms Chordata
4. Grundmerkmale der Chordata



Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen (Evolutionstheorie)

(Phylogenie = Stammesgeschichte (*phylos* griechisch Stamm))

Die Ursprünge von Naturerkenntnis bzw. Biologie
vor ca. 2500 Jahren:

Anatomie und Physiologie:

- medizinische Tradition in Ägypten und bei Hippokrates

Naturgeschichte (Systematik, vergleichende Disziplinen)
und Klassifikation

- ionische Naturphilosophie bei Aristoteles (* 384 v. Chr.)

Beginn der modernen Biologie im 19. Jahrhundert, 1859
veröffentlicht Charles Darwin:

„*On the origin of species by means of natural selection*“

Methoden der Phylogenie

1. Vergleich morphologischer Strukturen

Die reine deskriptive wurde dabei mehr und mehr um funktionelle Gesichtspunkte erweitert:

Funktionsmorphologie

2. Paläontologie

3. Biogeographie

4. Verhaltensforschung

5. Parasitologie

6. Molekulare Methoden der Biochemie und Molekularbiologie

Molekulare Methoden der Biochemie und Molekularbiologie in der Phylogenieforschung

Analyse von Seren, Isoenzymen, Inhaltsstoffen und Sequenzanalysen von Proteinen und Nukleinsäuren.

Bei molekularen Stammbaumanalysen hat sich z.B. die Sequenz der mitochondrialen DNA als besonders geeignet erwiesen:

1. Gute Zeitauflösung, da die DNA-Polymerase in den Mitochondrien mehr Fehler macht.
2. Da nur DNA der Mutter weitergegeben wird, kommt es nicht zu Rekombinationen, die die Analyse stören würde.

Das neue moderne Methodenspektrum ließ die Teildisziplin der Systematik/ Phylogenie wieder neu aufblühen. Häufig bestätigten die Ergebnisse der neuen Ansätze die morphologisch erarbeiteten Daten.

Homologie

Allen Ansätzen der Verwandtschaftsforschung ist gemeinsam: Es dürfen nur homologe Merkmale, Strukturen, Gene, Organe etc. miteinander verglichen werden.

Homologiebegriff:

Merkmale, die sich auf eine gleiche Grundform zurückführen lassen, nennt man homolog.

Homologiekriterien (Morphologie):

1. Lage im Bauplan

z.B.: Schädelknochen der Vertebraten bzw. Extremität der Tetrapoden

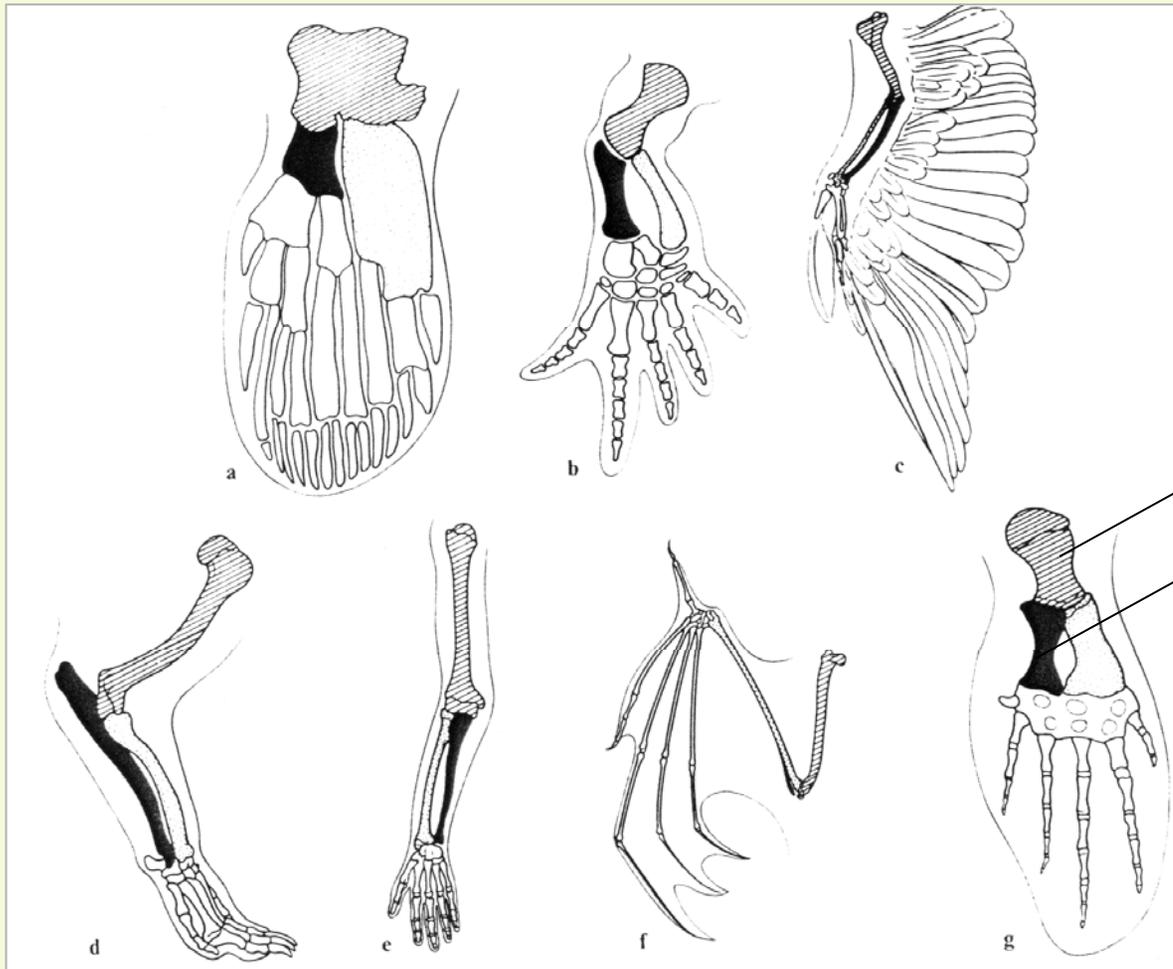
2. Spezifische Qualität (Übereinstimmung von Sondermerkmalen)

z.B.: Beutelknochen bei Beuteltieren und Kloakentieren

3. Stetigkeit (Übergangsformen?)

z.B.: Extremität der Tetrapoden

Homologie



Vorderextremitäten von
Tetrapoden im Vergleich

Humerus

Radius (Elle)

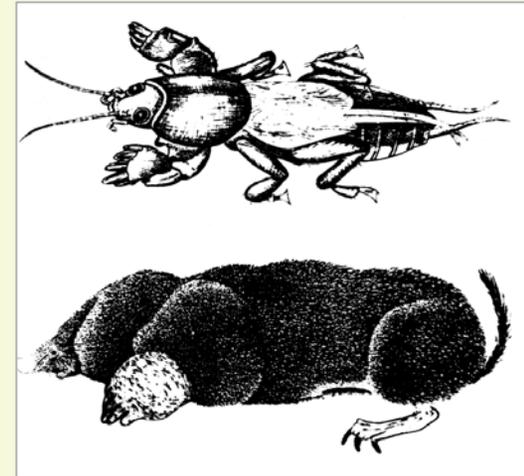
Homologiekriterium: Lage im Bauplan

(Stetigkeit: Übergangsformen der Extremitäten bei Pferden)

Analogie/Konvergenz

Analogien (im engeren Sinn) oder **Konvergenzen** werden den Homologien gegenübergestellt. Analoge Strukturen entstehen konvergent unter gleichem Selektionsdruck.

z.B. Grabbein von Maulwurf und Maulwurfsgrille
oder Konvergenz im Habitus und in der
Fortbewegungsart von:



Metatheria (Beuteltiere)

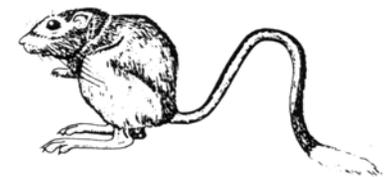
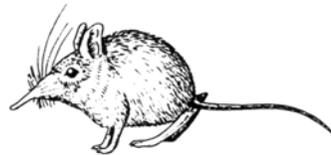
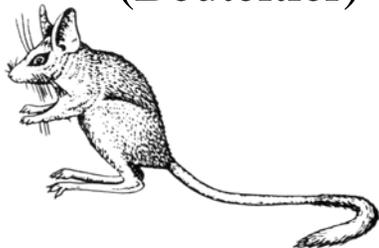
Eutheria (Placentatiere)

Antechinomys
(Beuteltier)

Elephantulus
(Rüsselspringer)

Dipodomys
(Rodentia)

Dipus
(Rodentia)



Achtung: Homoiologien sind analoge Strukturen, die stammesgeschichtlich unabhängig voneinander an homologen Strukturen auftreten.
(z.B. Flügel der Fledermäuse und der Flugsaurier)

Protostomia - Deuterostomia

Protostomia:

Urmund oder Blastoporus wird zum späteren Mund.
After bricht sekundär durch.

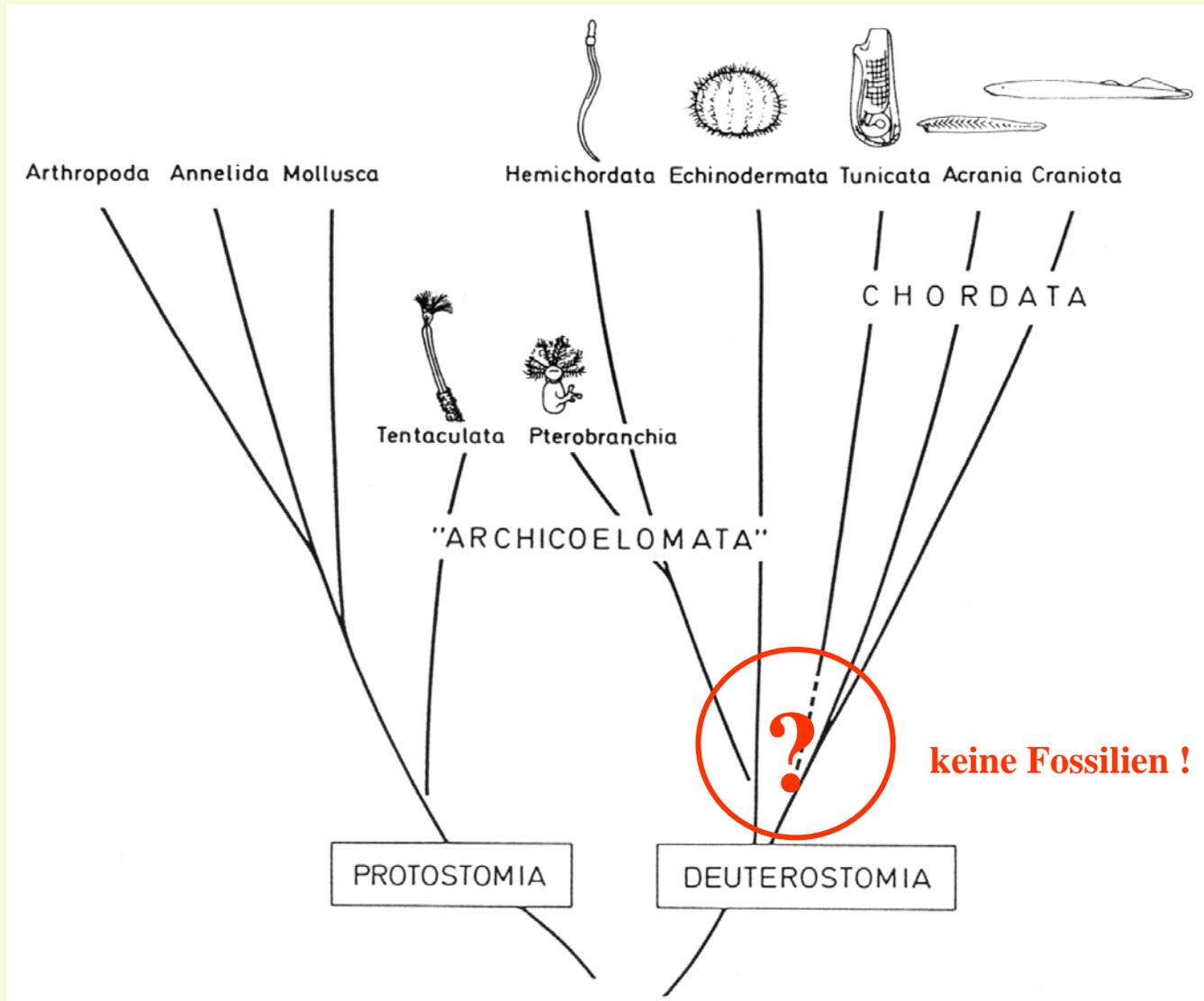
Bauplankonsequenz: ZNS liegt ventral

Deuterostomia („Zweitmünder“):

Urmund oder Blastoporus verschwindet.
(Ursprünglich, z.B. bei den Echinodermata, entsteht daraus der After.)
Mund wird aus Ektodermtasche sekundär neu gebildet.

Bauplankonsequenz: ZNS liegt dorsal

Ursprung der Chordata



Hauptstämme der Coelomata

Chordata

Phylum: Chordata

Subphylum: Tunicata (Manteltiere)

Ascidia (Seescheiden)

Thaliacea (Salpen, Feuerwalzen)

Copelata (Appendiculata) (geschwänzte Manteltiere)

Subphylum: Acrania (Cephalochordata, Schädellose)
(z.B. Branchiostoma)

Subphylum: Vertebrata (Craniota, Schädeltragende,
Wirbeltiere)

<http://phylogeny.arizona.edu/tree/eukaryotes/animals/chordata/chordata.html>

http://zoologie.forst.tu-muenchen.de/HEITLAND/BSWT/_ORDERS/

<http://www.zoologie-online.de/Systematik/Metazoa/Chordata/>

Merkmale der Chordata

Deuterostomia; bilateral-symmetrische Tiere.

- 1. *Chorda dorsalis* („notochord“):** elastischer Stützstab zwischen Neuralrohr und Darm; mesodermaler Ursprung; unterschiedlicher Aufbau: dotterreiche Zellstränge (Tunicata) Muskelzellen (Acrania); vakuolenreiche Zellen (Vertebrata)
- 2. Neuralrohr:** dorsal über Chorda; ektodermaler Ursprung; am Vorderende differenziert sich Gehirn aus.
- 3. Kiemendarm:** von Kiemenspalten durchbrochener Vorderdarm - Nahrungsaufnahme später Atemorgan
- 4. Geschlossenes Blutkreislaufsystem:** ventral; Antriebsorgan (Sinus venosus - später Herz)
- 5. *Canalis neurentericus*:** Verbindung zwischen Urdarm und Neuralrohr, die später geschlossen wird.

Subphylum: Tunicata (Manteltiere)

Klasse: Ascidia (Seescheiden) ~ 2000

Klasse: Thaliacea (Salpen, Feuerwalzen) ~ 40

Klasse: Copelata (Appendiculata) (geschwänzte Manteltiere) ~ 60

Tunica = celluloseartiger Mantel aus Mucopolyacchariden und Mucoproteinen



Subphylum: Tunicata

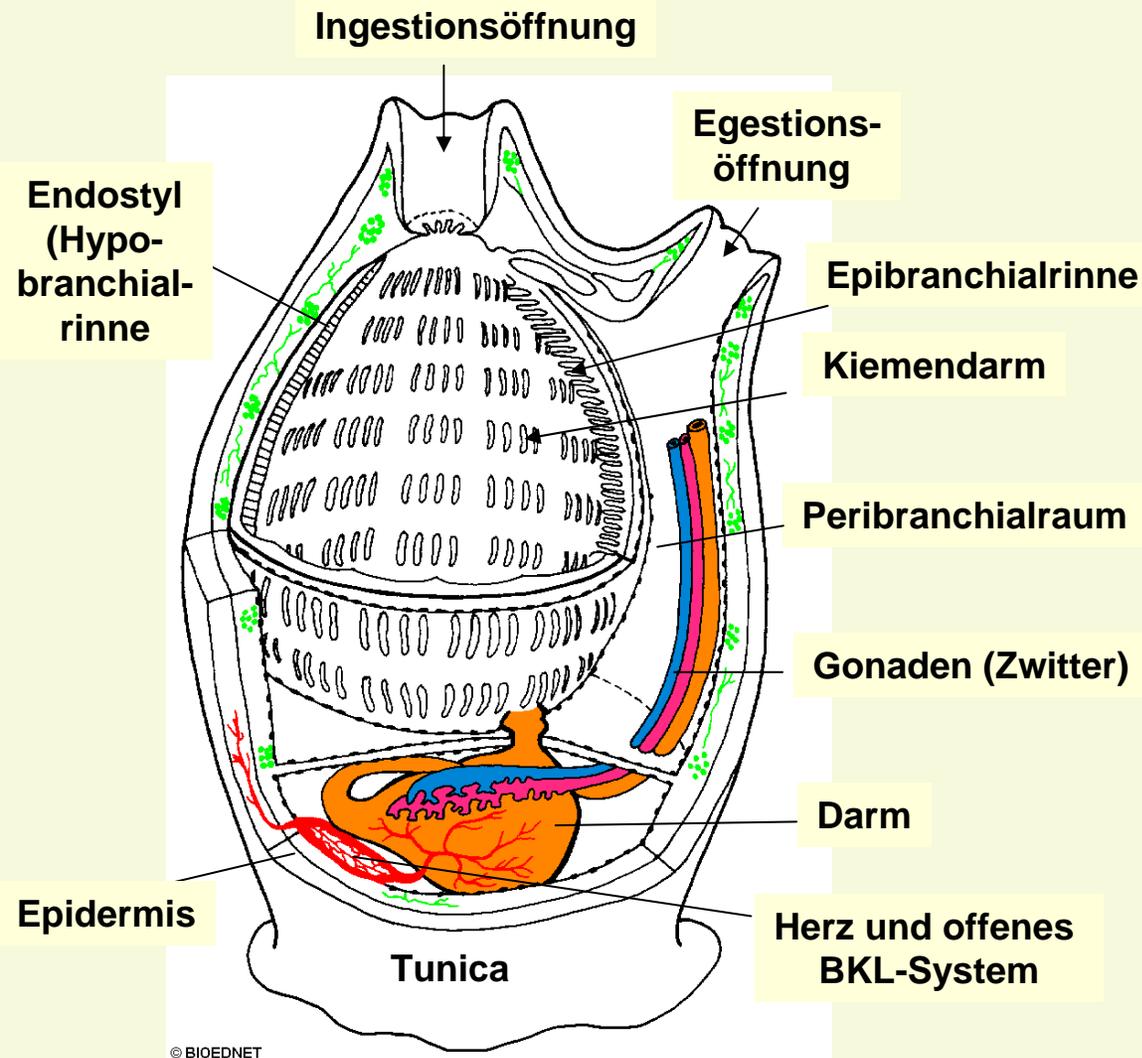
Klasse: Ascidia (Seescheiden)

Reduktion:

Neuralrohr

Chorda dorsalis

Flossensaum

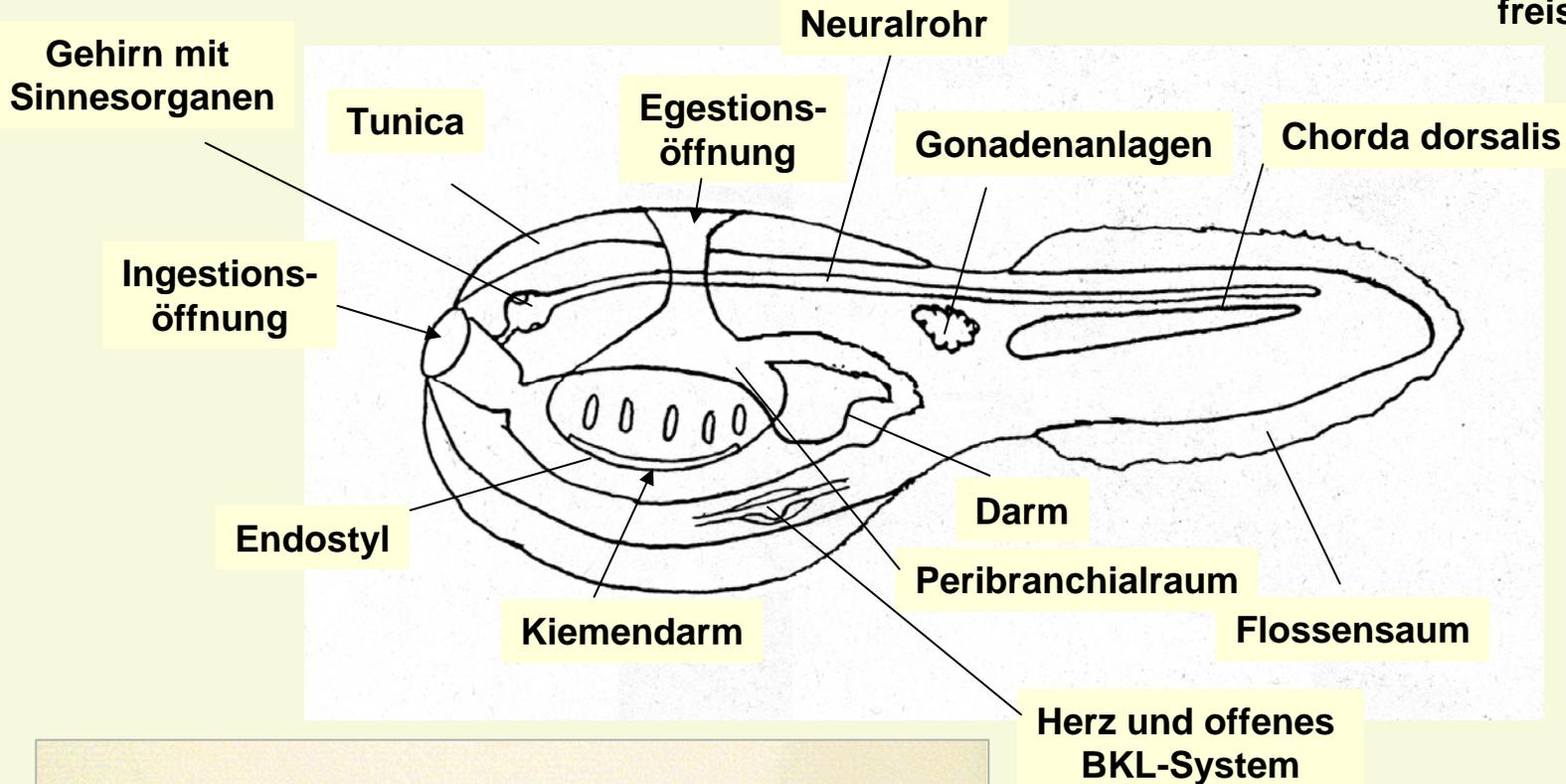


Subphylum: Tunicata

Klasse: Ascidia (Seescheiden)

Larve

freischwimmend



freischwimmende Larve:

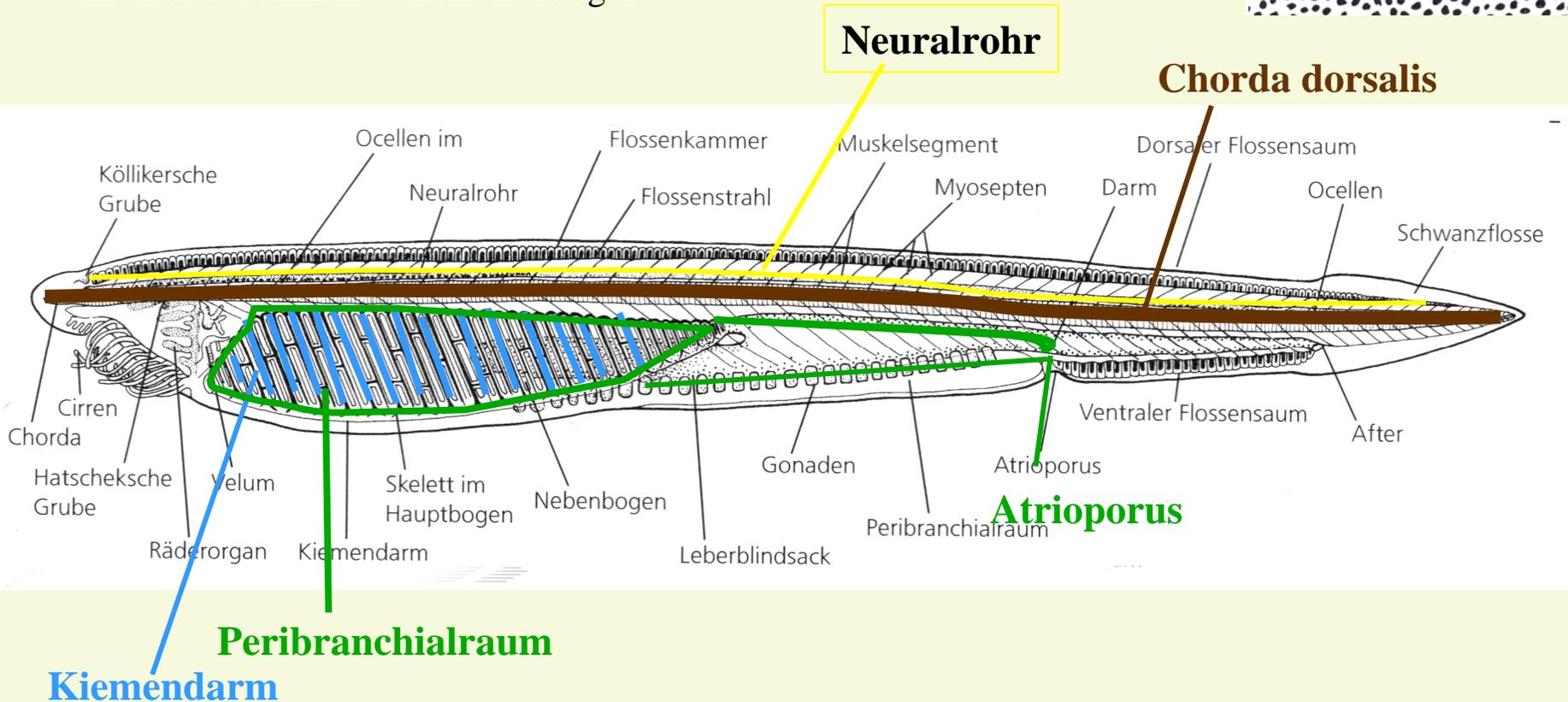
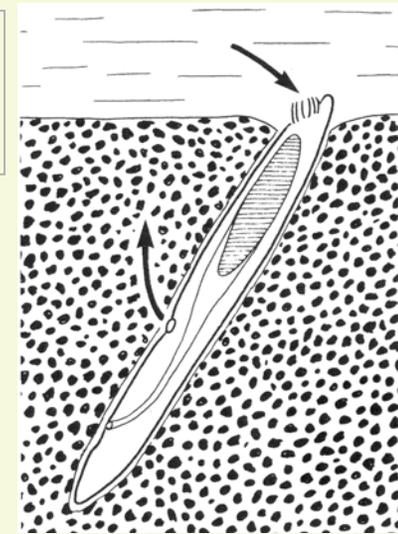
- Ruderschwanz (mit Chorda)
- „hochentwickeltes“ Nervensystem mit Sinnesorganen

Subphylum: Acrania (Cephalochordata)

~ 30 rezente Arten, alle Meere der warmen u. gemäßigten Zone

Cephalochordata: Chorda durchzieht gesamten Körper
Kiemendarm mit 50 und mehr Spalten

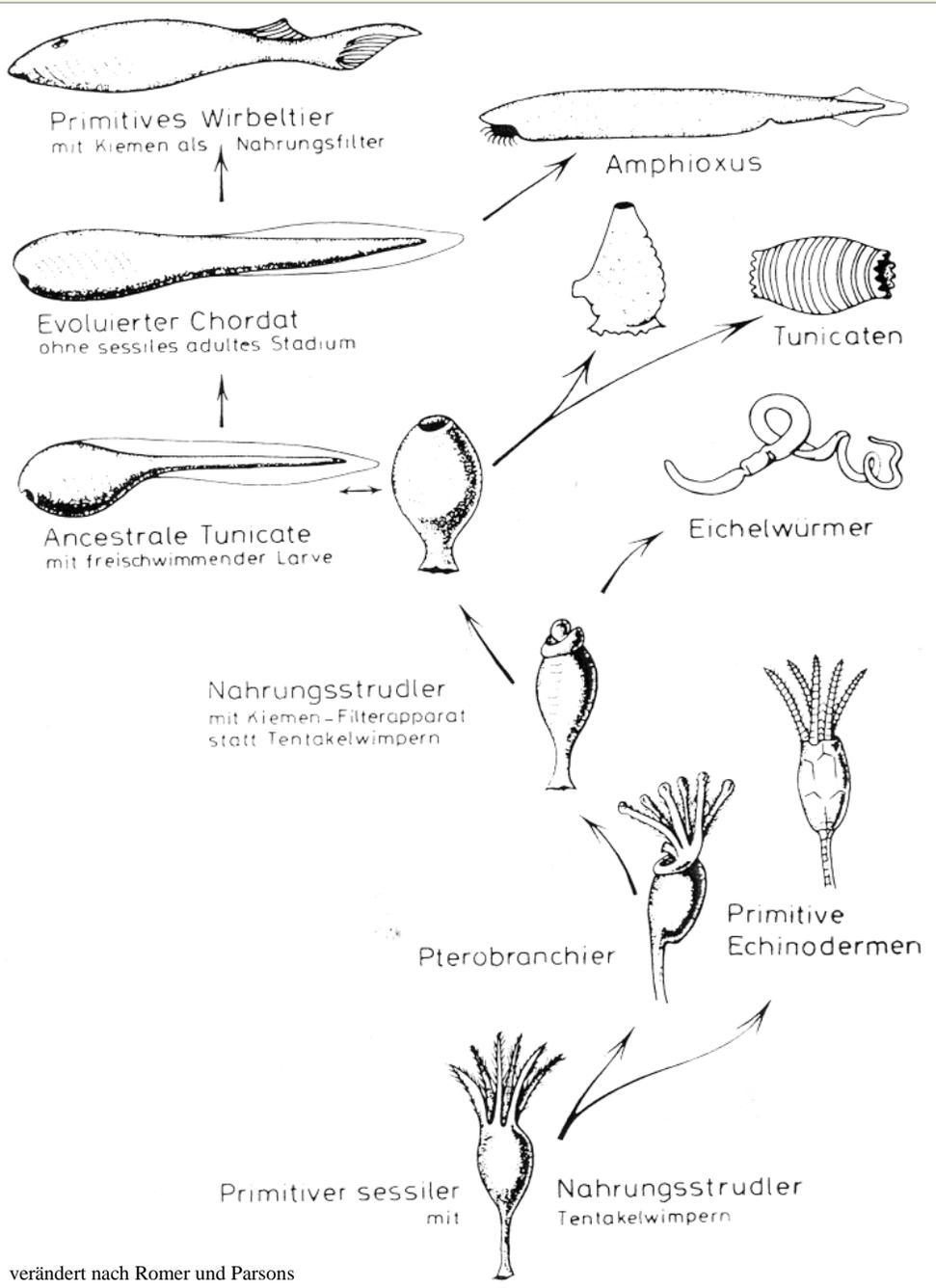
Schwestergruppe Yunnanozoon (†) 1995 fossil in China entdeckt;
mit höherer Anzahl von Kiemenbögen.



Ursprung der Chordata

„Strudler Hypothese“

Yunnanzoon (†) aus dem Kambrium



verändert nach Romer und Parsons



Erdzeitalter und die Phylogenie der Vertebrata

Kainozoikum

Erdzeitalter	Periode	Epoche, Abt.	Beginn n Millionen Jahre vor heute	
Kainozoikum 65 Millionen Jahre	Quartär	Holozän (Jetztzeit): Alluvium Pleistozän (Eiszeit): Diluvium	2	
	Tertiär	Pliozän } Jungtertiär Miozän }	65	
		Oligozän } Alttertiär Eozän } Paleozän }		
	Mesozoikum 165 Millionen Jahre	Kreide	obere Kreide untere Kreide	135
		Jura	Malm Dogger Lias	180
Trias		Keuper Muschelkalk Buntsandstein	230	
		Perm	Zechstein Rotliegendes	280
Paläozoikum 340 Millionen Jahre	Karbon	Oberkarbon (Mississippian) Unterkarbon (Pennsylvanian)	350	
	Devon	Oberdevon Mitteldevon Unterdevon	400	
		Silur	Obersilur (Gotlandium) Untersilur (Ordovizium)	500
	Kambrium	Oberkambrium Mittelkambrium Unterkambrium	570	
Präkambrium Proterozoikum	Algonkium Archaikum			

Hominiden

Dinos

Mammalia & Aves

Mesozoikum

Paläozoikum

erste Reptilien

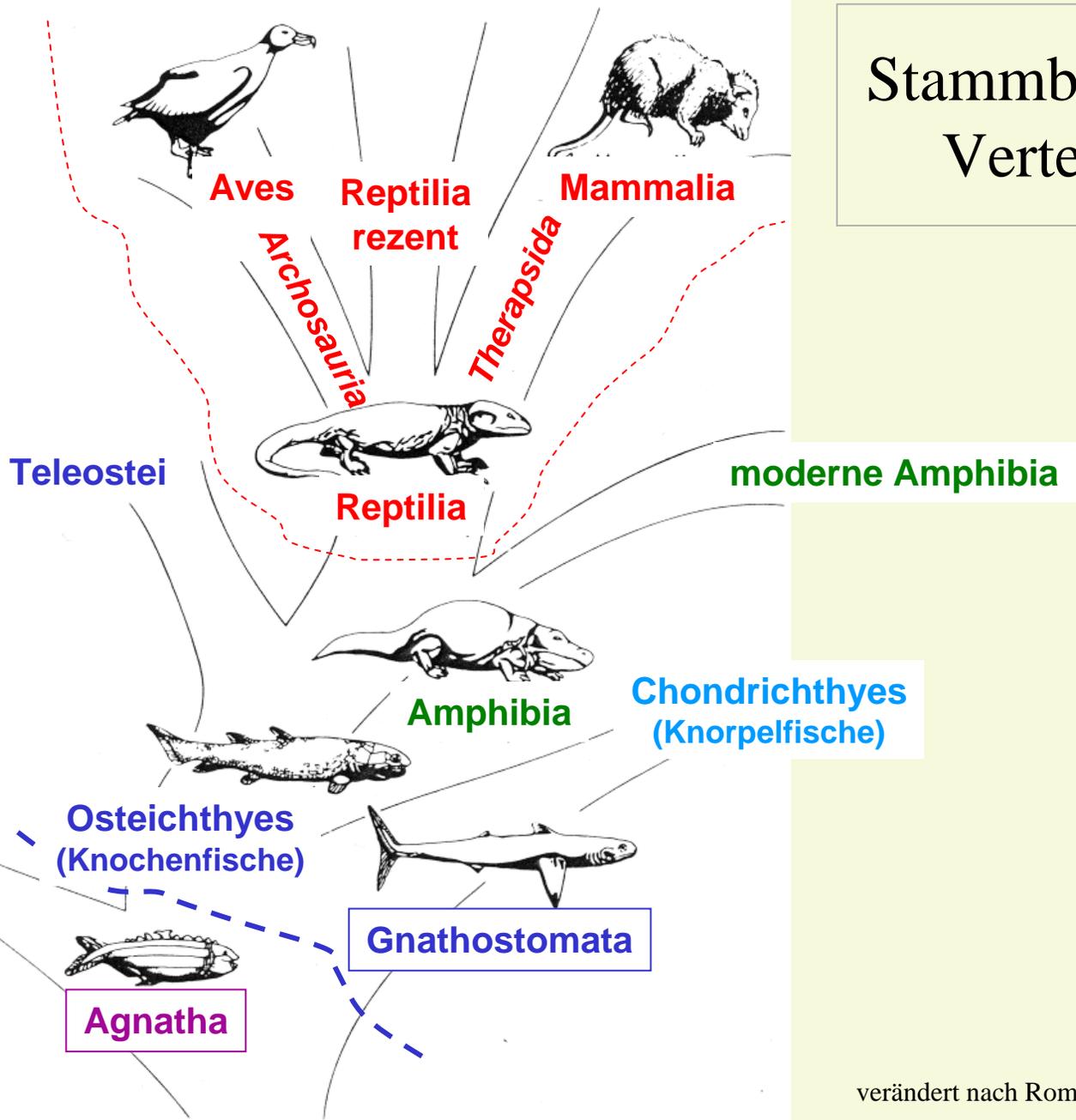
Altfische

erste Vertebraten

älteste Chordaten

rezentes Arten-
spektrum
~ 2 Mio. Jahren

Stammbaum der Vertebrata



verändert nach Romer und Parsons

Agnatha (Kieferlose)

Kl. Ostracodermata (kieferlose Panzerfische) (†)

Kl. Cyclostomata (Rundmäuler) (2 Ordnungen)

1. Petromyzontoidea (Lampetra = Neunauge)

2. Myxinoidea (Inger, Schleimaale etc.)

zu Ostracodermata: (ab Untersilur - Devon)

Gruppe von mehreren Ordnungen; keine rezenten Arten.

Panzerartiges knöchernes Exoskelett; durchweg klein!

Detritus-Fresser am Gewässergrund.

Steckbrief:

ursprünglichste Wirbeltiere

Schädel

knöcherne u. knorpelige Skeletteile

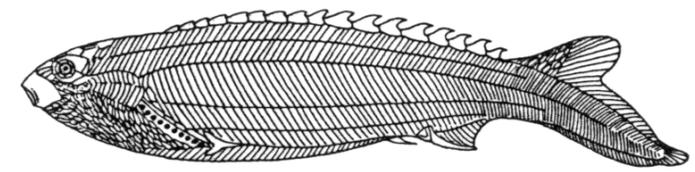
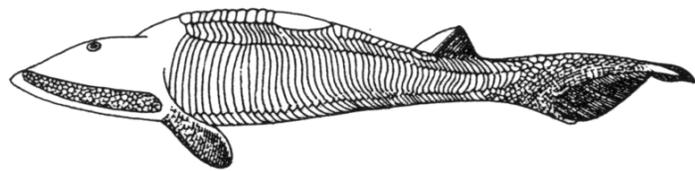
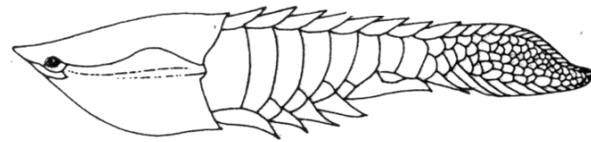
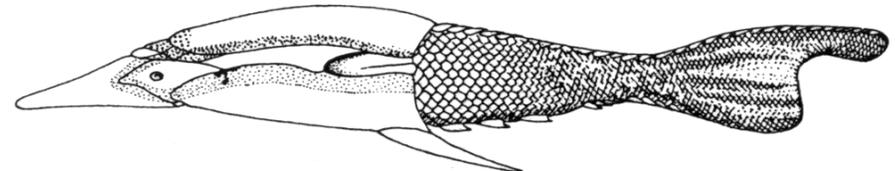
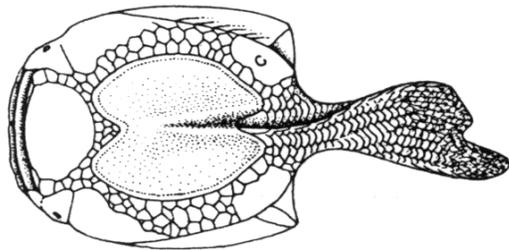
5-teiliges Gehirn

gegliedertes Herz

Kiemen als Atemorgane (adult)

keine Kiefer - Wirbel - Extremitäten

_____ (Chorda zeitlebens)



Agnatha (Kieferlose)

zu Cyclostomata: aalförmig; kein Exoskelett; Hypophysen-Nasengang; unpaare Nasenöffnung.

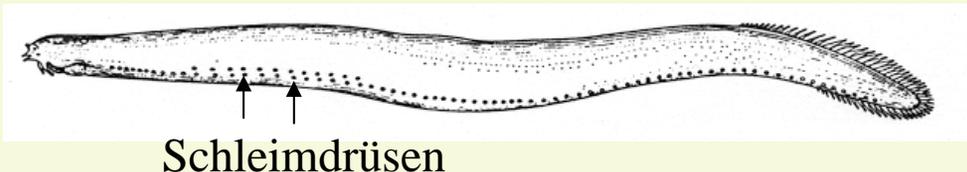
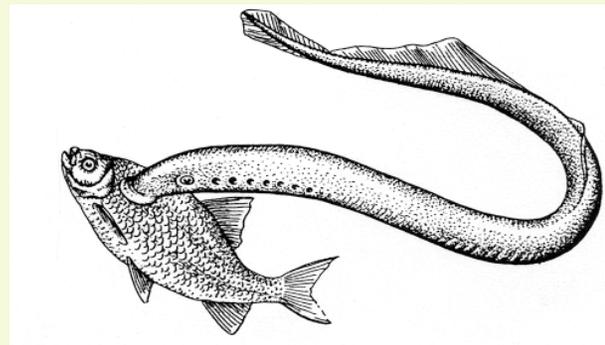
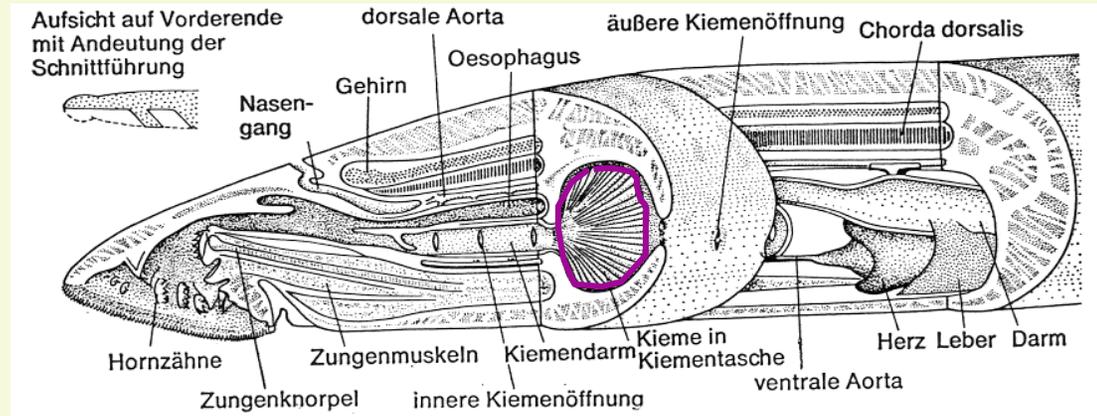
Petromyzontoidea:

permanent (Flußneunauge) bzw. zur Entwicklung im Süßwasser - adult marin (Meeresneunauge); Spezialisierung zu Ektoparasiten: Hornzähne an Saugmund und auf Raspelzunge; Beutelkiemen; Wassergang.

Ammocoetes-Larve

Myxinoidea:

rein marin; direkte Entwicklung. Aasfresser: schleimt Aas ein; 1 Hornzahn; Mund mit Tentakeln; Augnrückbildung; olf. Organ stark entwickelt; Nasenöffnung frontal.



Gnathostomata

Kl. Placodermi (kiefertragende Panzerfische) (†)
& alle weiteren Klassen der Vertebraten

Zu Placodermi: (ab Obersilur - Devon)

Ukl. Acanthodii (Stachelhaie) (†)

- ohne Panzer
- extrem heterocerce Schwanzflosse

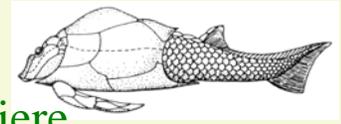
Ukl. Arthrodira = Placodermi (†)

(Panzerfische im engeren Sinne)

- 2-teiliger, beweglicher Knochenpanzer über Kopf-Kiemen- u. vordere Rumpfregion

- mannigfaltige, 20 cm - 10 m lange Fische
- Kiefer mit Zähnen
- Schnappbewegungen durch Gelenk zwischen Panzerteilen verstärkt
- schnell gewandte Schwimmer,
- als Räuber am Ende der Nahrungskette

Steckbrief:

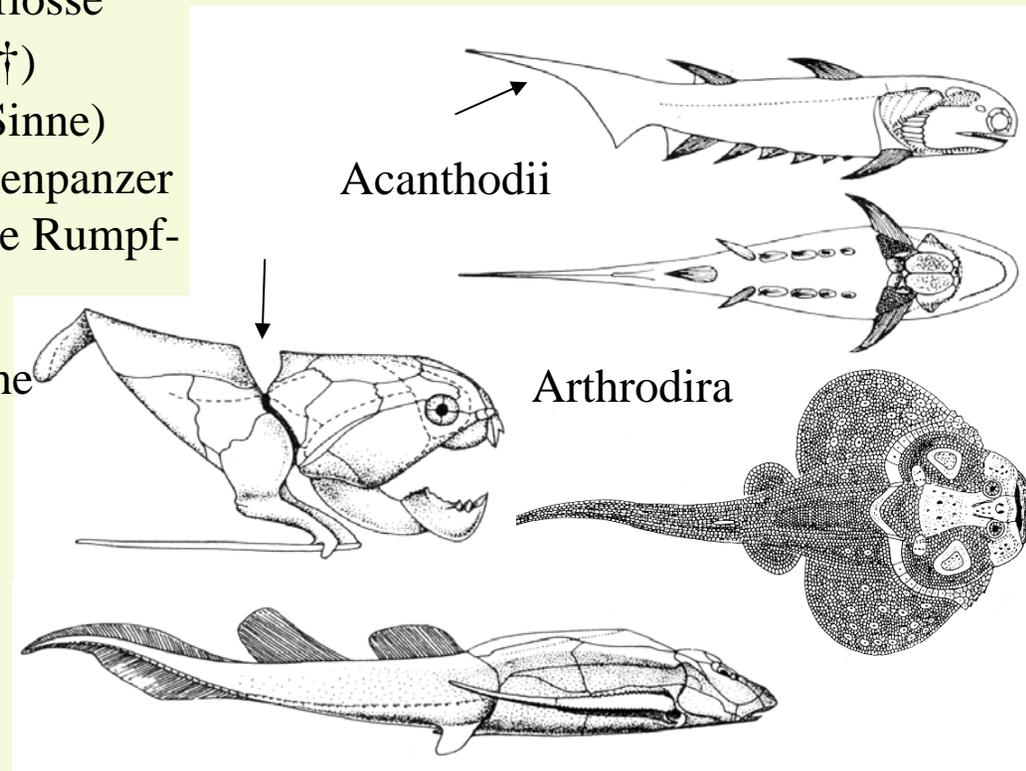


alle übrigen Wirbeltiere

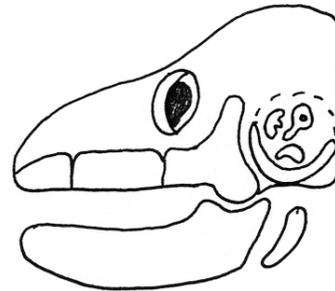
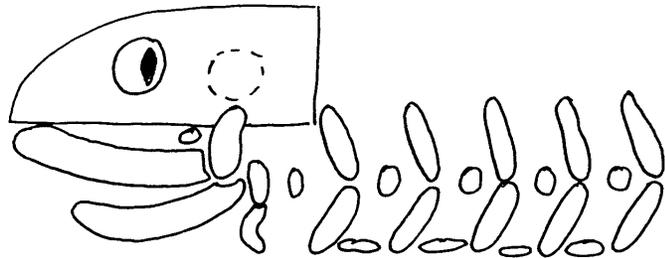
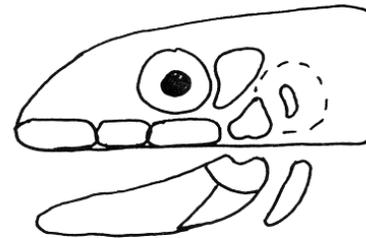
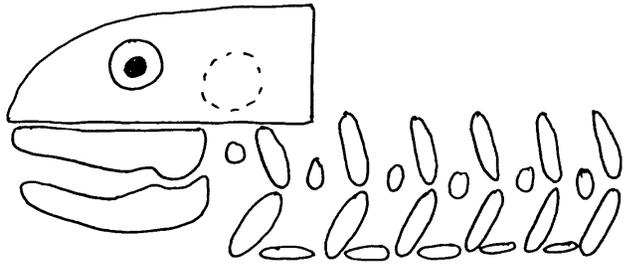
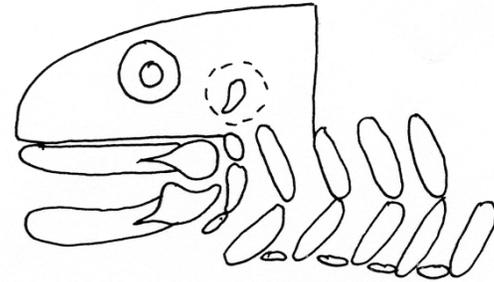
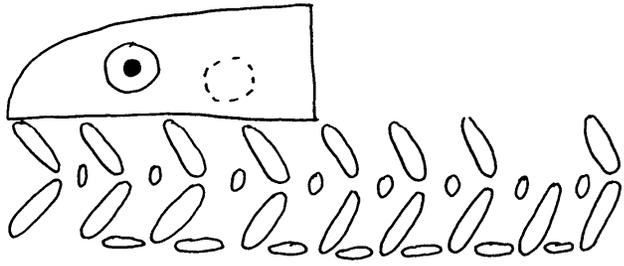
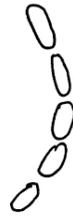
Kiefer: Palatoquadratum (Ober-) und Mandibulare (Unter-) (umgewandelter Kiemenbogen)

Hypophyse von paarigem Nasengang getrennt.

Statisches Organ: 3 Bogengänge
paarige Extremitäten (Flossen etc.)



Kiemenbögen - Kieferapparat



Chondrichthyes (Knorpelfische)

Kl. Chondrichthyes

Ukl. Elasmobranchii (Plattenkiemer)

Selachii (Haie)

Rajiformes (Rochen)

Ukl. Holocephali (= Chimaera, Seekatzen,)

Steckbrief:

Knorpel im Stützskelett

Placoidschuppen

stark ausgeprägter

Geruchssinn

keine Schwimmblase

zu Ukl. Holocephali:

- marine Bodenbewohner

- Zahnplatten:

Nahrung: Muscheln

- Autostylie oder Holostylie:

Palatoquadratum ist ganz in
Schädeleinbezogen (Hyoidbogen
ist noch echter Kiemenbogen)

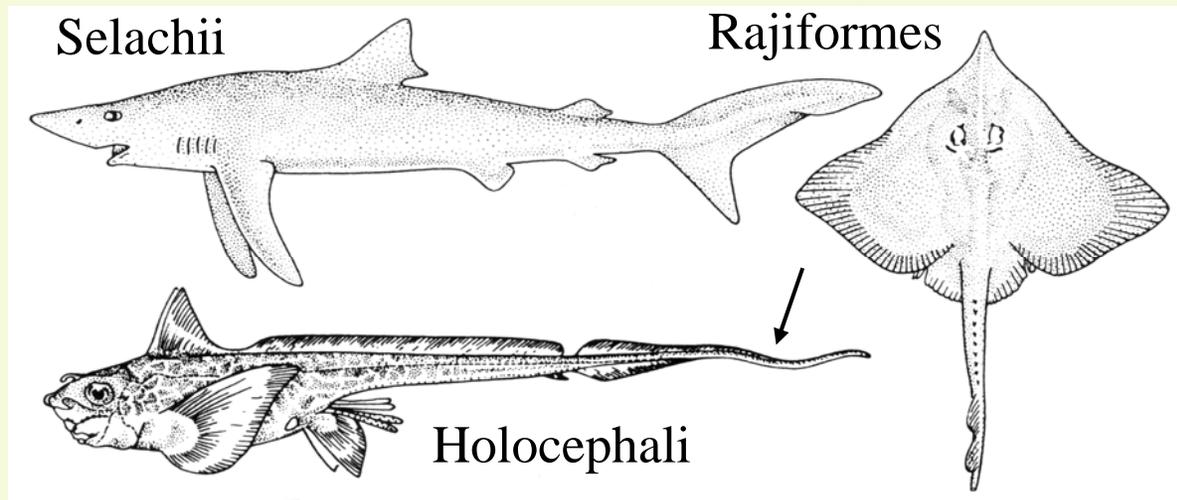
- Schwanzflosse reduziert

- Operculum bedeckt Kiemen-
öffnung

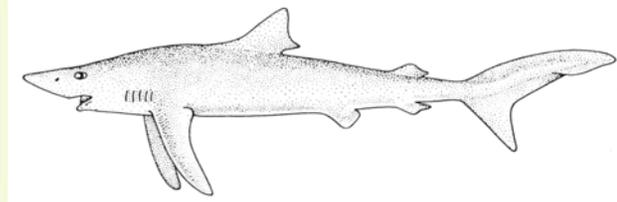
- enge Verwandtschaft zu
Arthrodira

zu Rajiformes (Rochen): junge Gruppe aus Trias

- Bodenbewohner - abgeflachter Körper - sekundär freischwimmende Formen (Manta); - Brustflossen ausgedehnt - Bauch- und Schwanzflossen reduziert - Spiraculum dient dem Wassereinstrom.

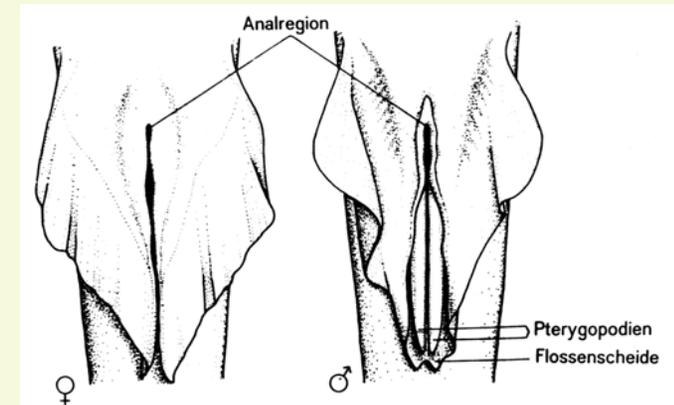
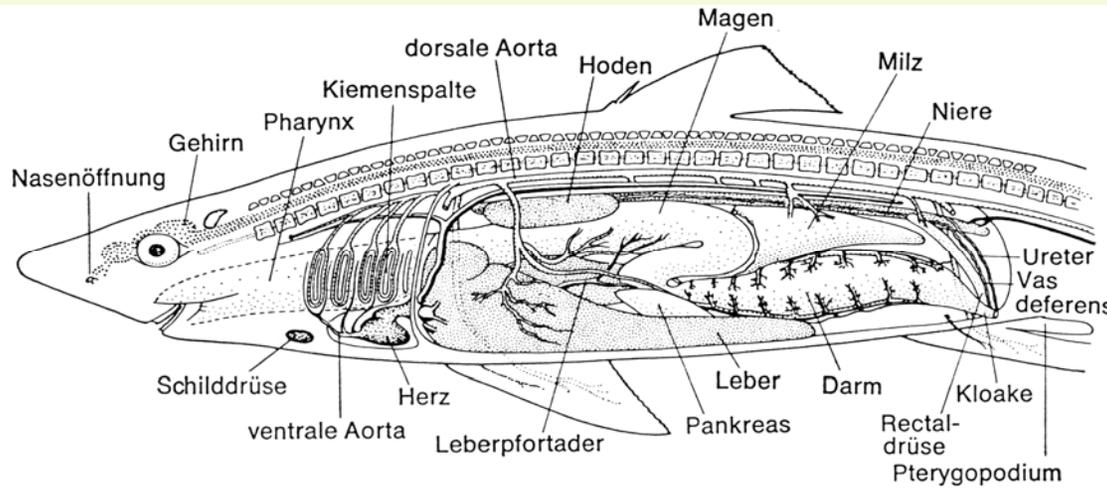
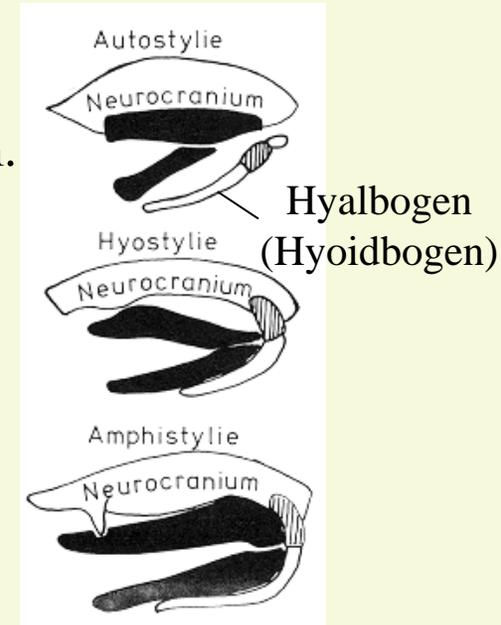


Chondrichthyes (Knorpelfische)



zu Selachii (Haie): seit dem Devon (300 Mil. Jahren) fast unverändert.

- Kieferapparat: Hyostylie - bewegliche Aufhängung des Palatoquadratum über Hyalbogen am Schädel.
- schlitzförmige Kiemenspalten; 1. Kiemenspalte = Spiraculum.
- Spiraldarm
- hochentwickeltes Seitenlinien- und Riechorgan
- komplexe Fortpflanzung:
 - männliche Kopulationsorgane aus Bauchflosse
 - Pterygopodium - innere Befruchtung
 - Viviparie häufig; dotterreiche Eier mit Hornschale.



Steckbrief:

- knöchernes Skelett behalten bzw. vervollkommen
- knöcherner Kiefer, Schädel-Spezialisierungen
- Operculum = Kiemendeckel
- 4 Paar Kiemen
- knöcherne Schuppen (Hautknochenpanzer)
- Lungen später Schwimmblase

Osteichthyes (Knochenfische)

Kl. Osteichthyes

Ukl. Actinopterygii (Strahlenflosser)

Chondrostei (Knorpelganoide, Störe)

Polypteri (Flösselfische)

Holostei (Knochenganoide)

Teleostei (Knochenfische i.e.S.)

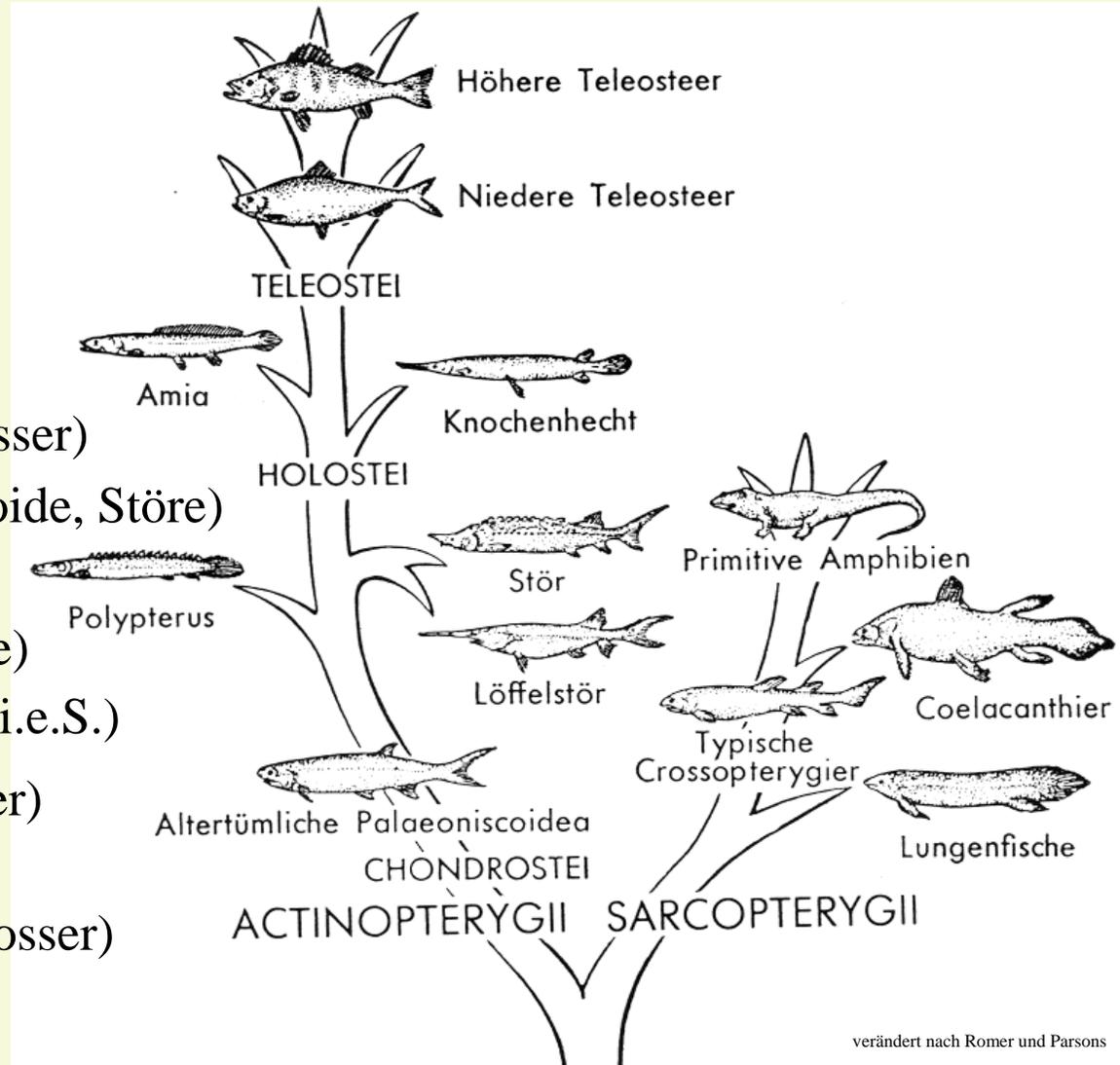
Ukl. Sarcopterygii (Fleischflosser)

Dipnoi (Lungenfische)

Crossopterygii (Quastenflosser)

Rhipidistia (†)

Coelacanthini



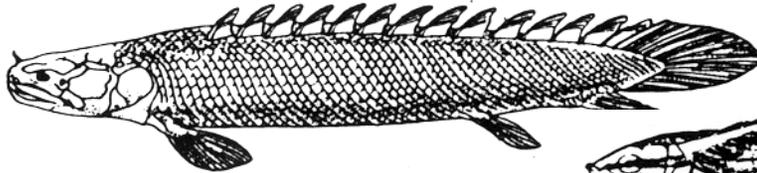
Actinopterygii (Strahlenflosser): Altfische



Acipenser (Stör)

Chondrostei (Knorpelganoide, Störe)

- Stammform der Actinopterygii, älter als Chondrichthyes
- rezente Arten: knöchernes Schuppenkleid reduziert.
knöchernes Innenskelett durch Knorpel ersetzt.



Polypterus (Flösselhecht)

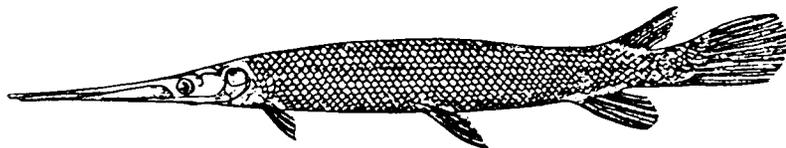
adult



Larve

Polypteri (Flösselfische)

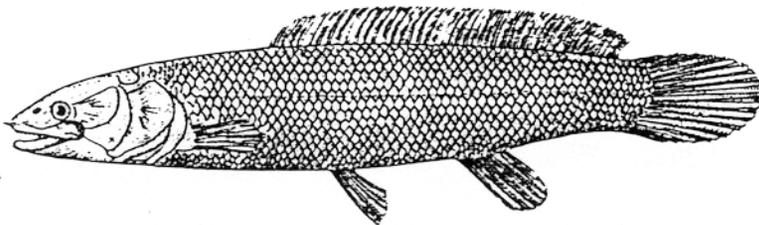
- früher Seitenzweig der Actinopterygii
- 14 rezente Arten im tropischen Afrika
- Lungen
- „fleischige“ Flossen ≠ Sarcopterygii



Lepisosteus (Kaimanfisch)

Holostei (Knochenganoide)

- dominierende Fische im Mesozoikum
- Einwanderung ins Meer (marine Vertreter †)
- Befähigung zur Luftatmung (Schwimmlase/Lunge)
- Kieferumkonstruktion → Teleostei
- Tendenz zur homozerken Schwanzflosse → Teleostei
- 2 rezente Gattungen (im Süßwasser, Nordamerika)



Amia (Schlammsfisch)

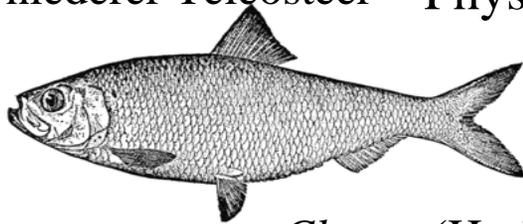
Lepisosteiformes (Knochenhechte)

Amiiformes (Amia, Kahlhecht)

Teleostei

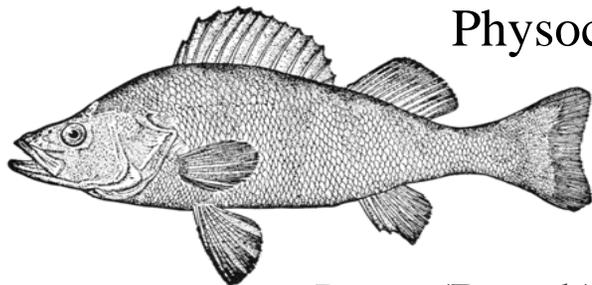
- Knochenfische im engeren Sinne
- Abstammung: direkt von Holostei
- Ausserordentliche Formenvielfalt
- über 30.000 rezente Arten; rezente Arten übertreffen ausgestorbene fossile Formen
- besiedeln alle Lebensräume der Meere und des Süßwassers
- mehrere adaptive Radiationen
- Schwimmblase als Aussackung des Vorderdarms (- Lunge):
 - **Physostomen** mit Ductus pneumaticus zwischen SB und VD; **Physoclisten** -
- evolutive Vorteile gegenüber Holostei: **a. Nahrungserwerb** **b. Lokomotion**

niederer Teleosteer Physostom



Clupea (Hering)

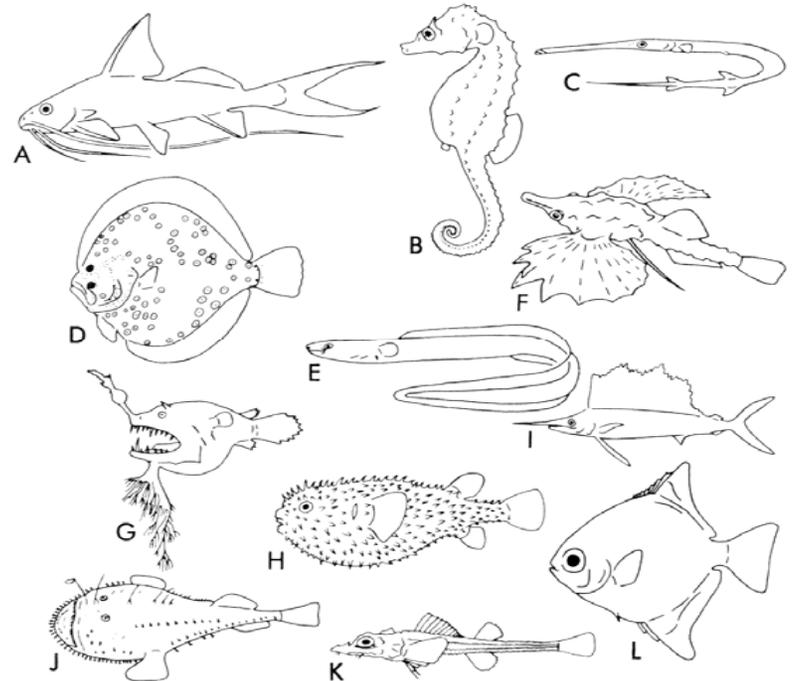
evoluiertes Teleosteer



Perca (Barsch)

Physoclist

Formenvielfalt der Teleostei



Sarcopterygii (Fleischflosser)

Sarcopterygii (Fleischflosser)

Dipnoi (Lungenfische)

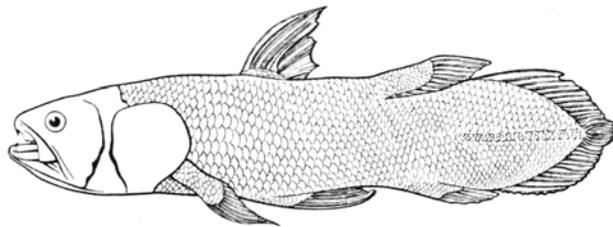
Crossopterygii (Quastenflosser)

Rhipidistia (†)

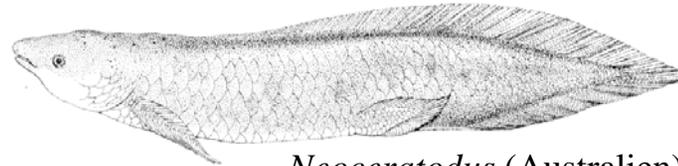
Coelacanthini

Steckbrief Sarcopterygii:

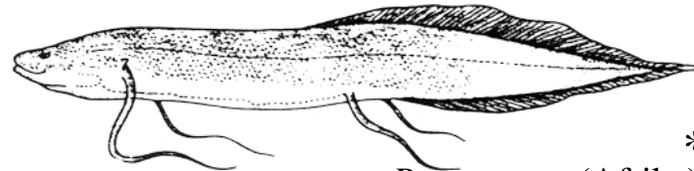
fleischig-lappige paarige Flossen
innere Nasenöffnungen Choanen
Cosmoïdschuppen ≠ Actinopterygii-
schuppen
Lungen: Aussackungen des Vorder-
darms



Latimeria (Crossopterygii)



Neoceratodus (Australien)



Protopterus (Afrika)

o.Abb. *
Lepidosiren
(Südamerika)

zu: Dipnoi (Lungenfische):

- 3 Gattungen, Räuber
- Kiemen- und Lungenatmung* (teilweise perfektioniert)
(z.B.: *Protopterus* „ertrinkt“)
- rezente Arten leben in Trockengebieten;
Trockenperioden werden in Schlammlöchern überdauert.*
- Baueigentümlichkeiten mit Amphibien:
Seitenverwandte der Tetrapoden
- * Jungtiere mit äußeren Kiemen Amphibien-ähnlich

Crossopterygii (Quastenflosser)

Rhipidistia (†)

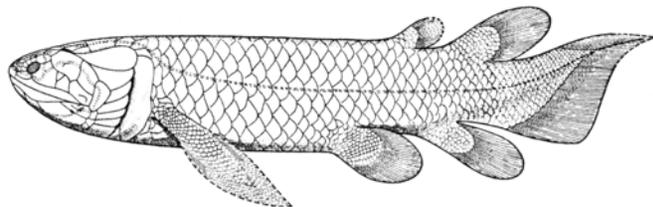
Coelacanthini

Crossopterygii

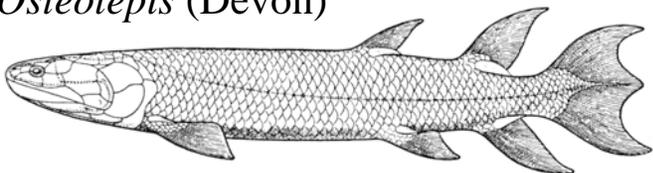
- Rhipidistia sind Stammgruppe der Tetrapoden; Räuber
- vorderes Extremitätenskelett läßt Ableitung der Tetrapodengliedmaßen zu.
- dermales Knochenmuster des Schädels = Amphibienschädel
- „Doppelatmer“: Kiemen - Lungen-Schwimmblasenorgan

zu: Rhipidistia (†):

- Stammgruppe der Tetrapoden
- Süßwasserbewohner (Devon - Perm)
- 3 Nasenöffnungen: a. vorderer Naseneingang; b. Tränennasengang
c. Choanen (innere Nasenöffnung)



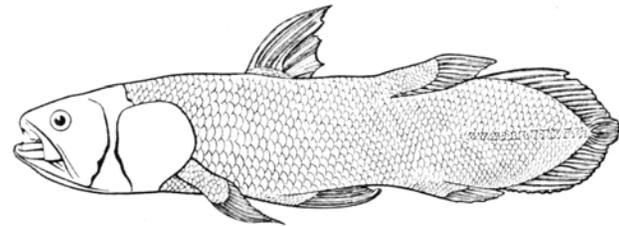
Osteolepis (Devon)



Eustenopteron (Oberdevon)

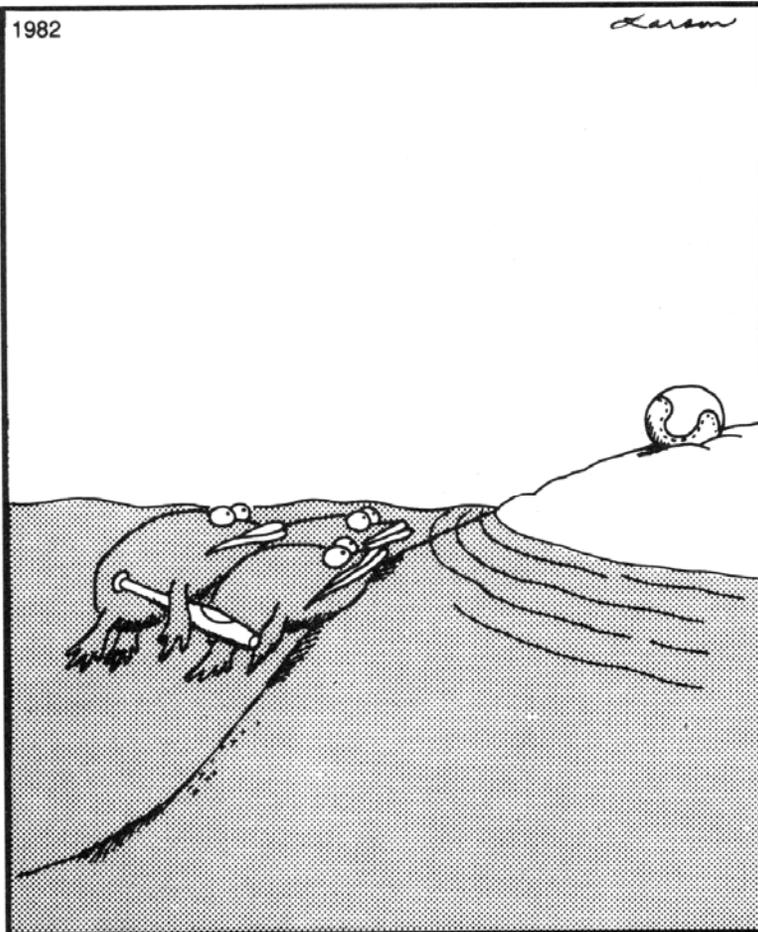
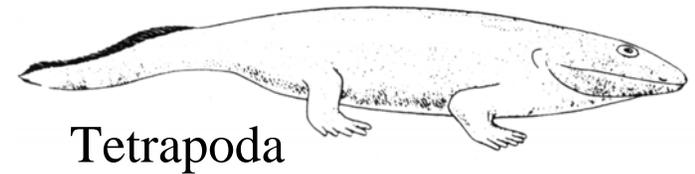
zu Coelacanthini (= Actinistia):

- besonderer Seitenzweig der Crossopterygii
- seit Devon: einzige rezente Art (s.u.)
- stumpfe Schnauze, kleines Gehirn
- zunächst im Süßwasser später marin



Latimeria chalumnae (rezent)

Great moments in evolution



Great moments in evolution

Übergang Wasser - Land: entscheidende Etappe der Vertebraten-Evolution.

- starker ökologischer Selektionsdruck im Devon durch periodische Trockenphasen.
- Crossopterygii/Rhipidistia bringen die Voraussetzungen mit, um diese Umweltbedingungen zu meistern:
 - a. Umstellung von Wasser- zur Luftatmung (Kiemen - Lungen)
 - b. Lokomotion: Schwimmen - Kriechen
- Im Süßwasser lebende Rhipidistia dürften Urahn der auf das Süßwasser beschränkten Amphibien sein.
- Amphibien nach wie vor in der Lage im Wasser und an der Luft zu leben.



Kl. Amphibia

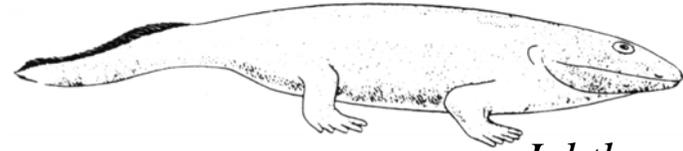
Amphibia

Ord. Stegocephalia (Uramphibien: Labyrinthodontia, Lepospondyli)

Ord. Urodela (Schwanzlurche: Molche, Salamander)

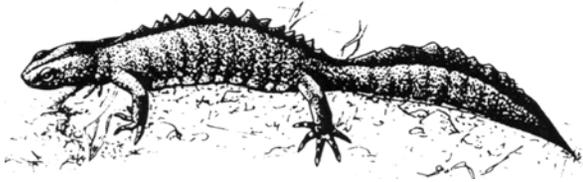
Ord. Anura (Froschlurche: Frösche, Kröten)

Ord. Gymnophiona (Blindwühlen, Apoda)



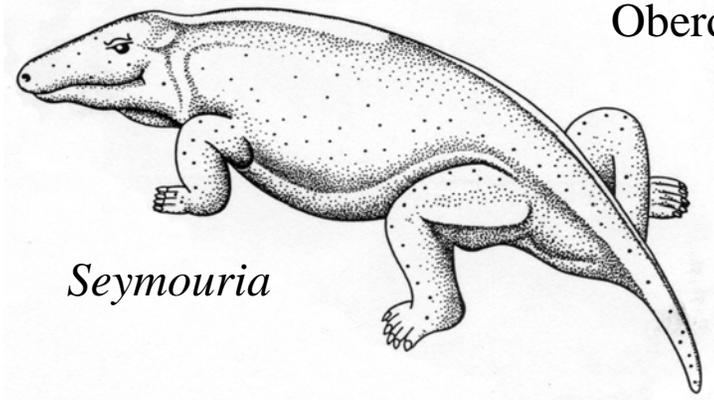
Stegocephalia (†)

Ichthyostega
(ältestes Amphib
Oberdevon)



Triturus

Urodela



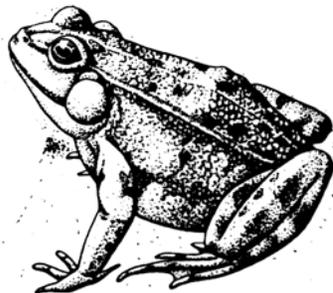
Seymouria



Salamandra

Anura

Bufo



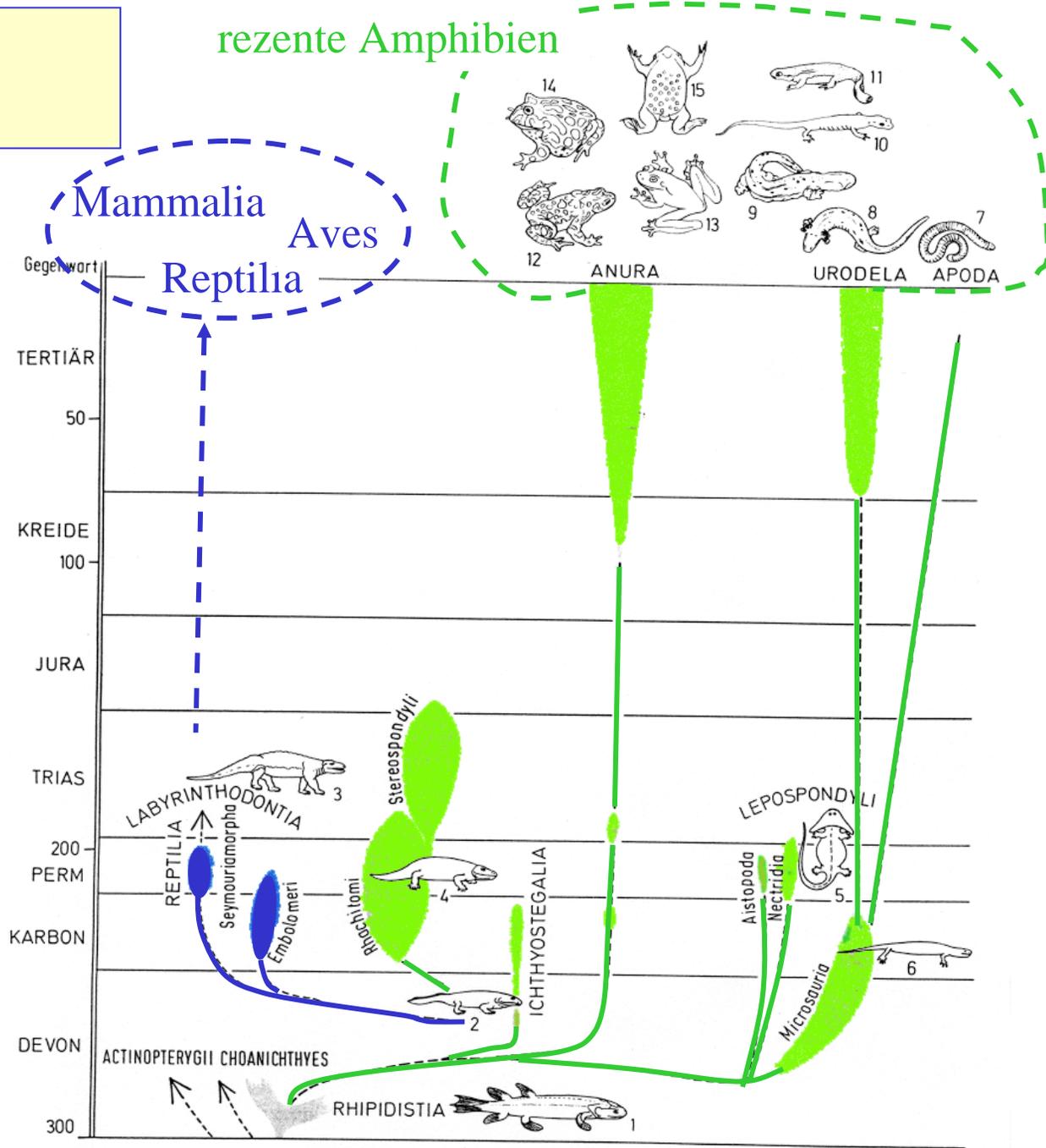
Rana

Gymnophiona



Ichthyophis

Amphibia



„Reptilia“

Cotylosauria (Stammreptilien)

Chelonia (Schildkröten)

Lepidosauria

Rhynchocephalia (Brückenechse)

Squamata (Schuppenkriechtiere)

Lacertilia (Eidechsen)

Ophidia (Schlangen)

Plesiosauria

Ichthyosauria

Archosauria

Crocodylia (Krokodile)

„Dinosauria“

Aves

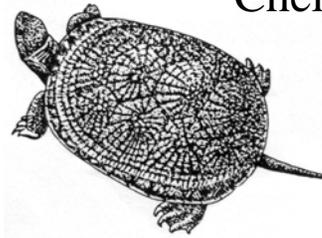
Pterosauria (Flugsaurier)

Synapsida

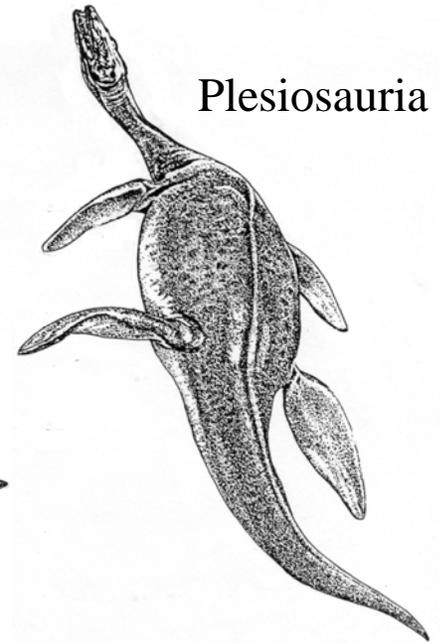
Pelycosauria

Therapsida

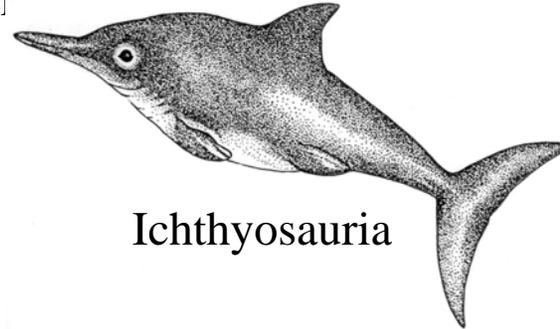
Chelonia



Plesiosauria



Ichthyosauria

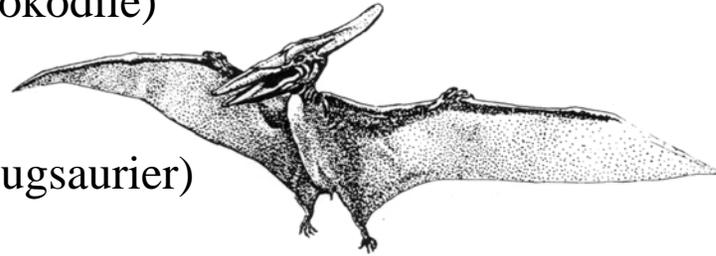


Crocodylia (Krokodile)

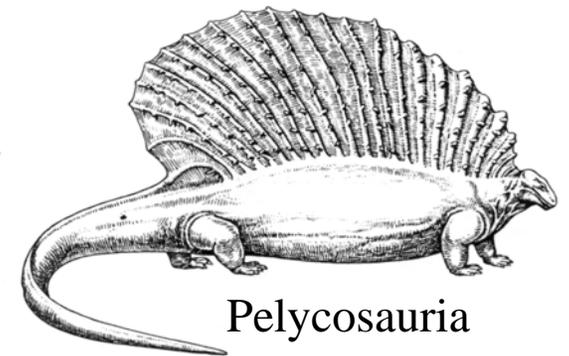
„Dinosauria“

Aves

Pterosauria (Flugsaurier)



Pterosauria

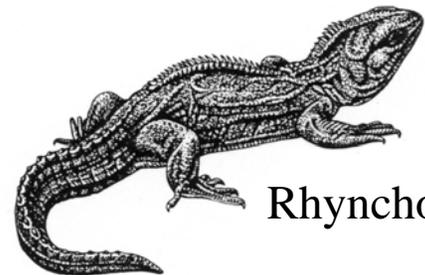


Pelycosauria

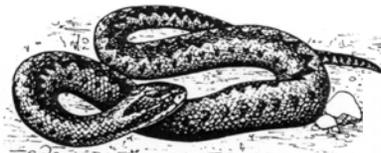
Synapsida

Pelycosauria

Therapsida



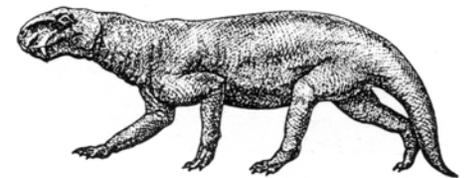
Rhynchocephalia



Ophidia



Lacertilia

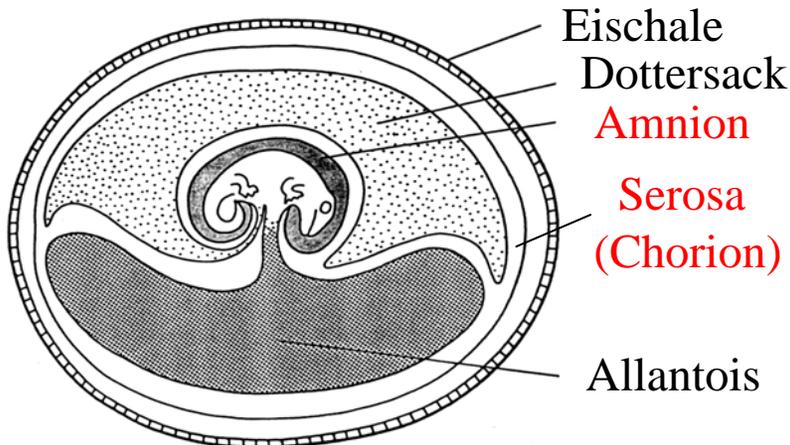


Therapsida

Reptilia

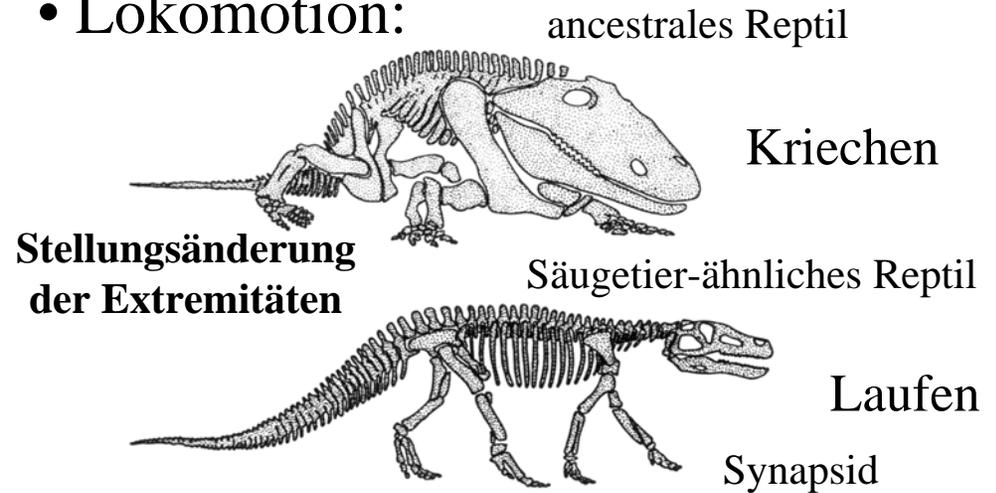
- Aufhängung des Schädels:
Atlas-Axis-Gelenk
(Bewegungsfreiheit ↑)
- Höherentwicklung des ZNS
- Verdunstungsschutz:

Reptilien-Ei = Amnioten-Ei:

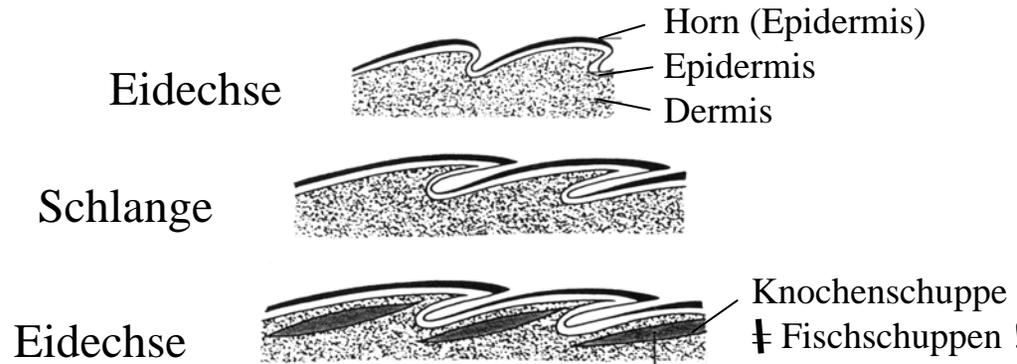


Amniota: Reptilien, Vögel, Säuger
Anamnia: Fische, Amphibien

• Lokomotion:



Hornschuppen ≠ Fischechuppen !



Federn - abgeleitet von Hornschuppen
(manche Archosauria)

Haare - manche Flugsaurier

Die großen Stämme der Reptilia

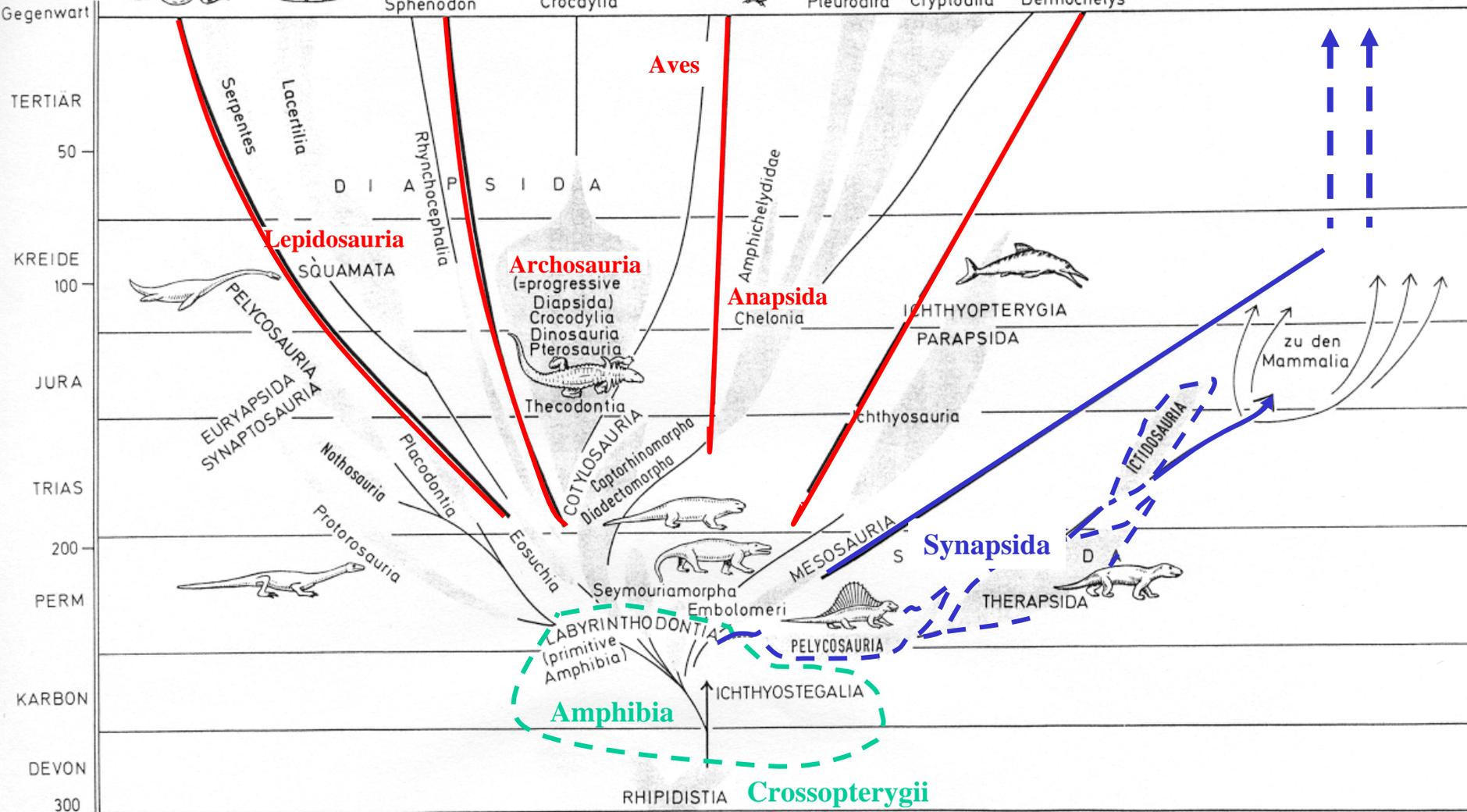
Schlangen Eidechsen

Brückenechse

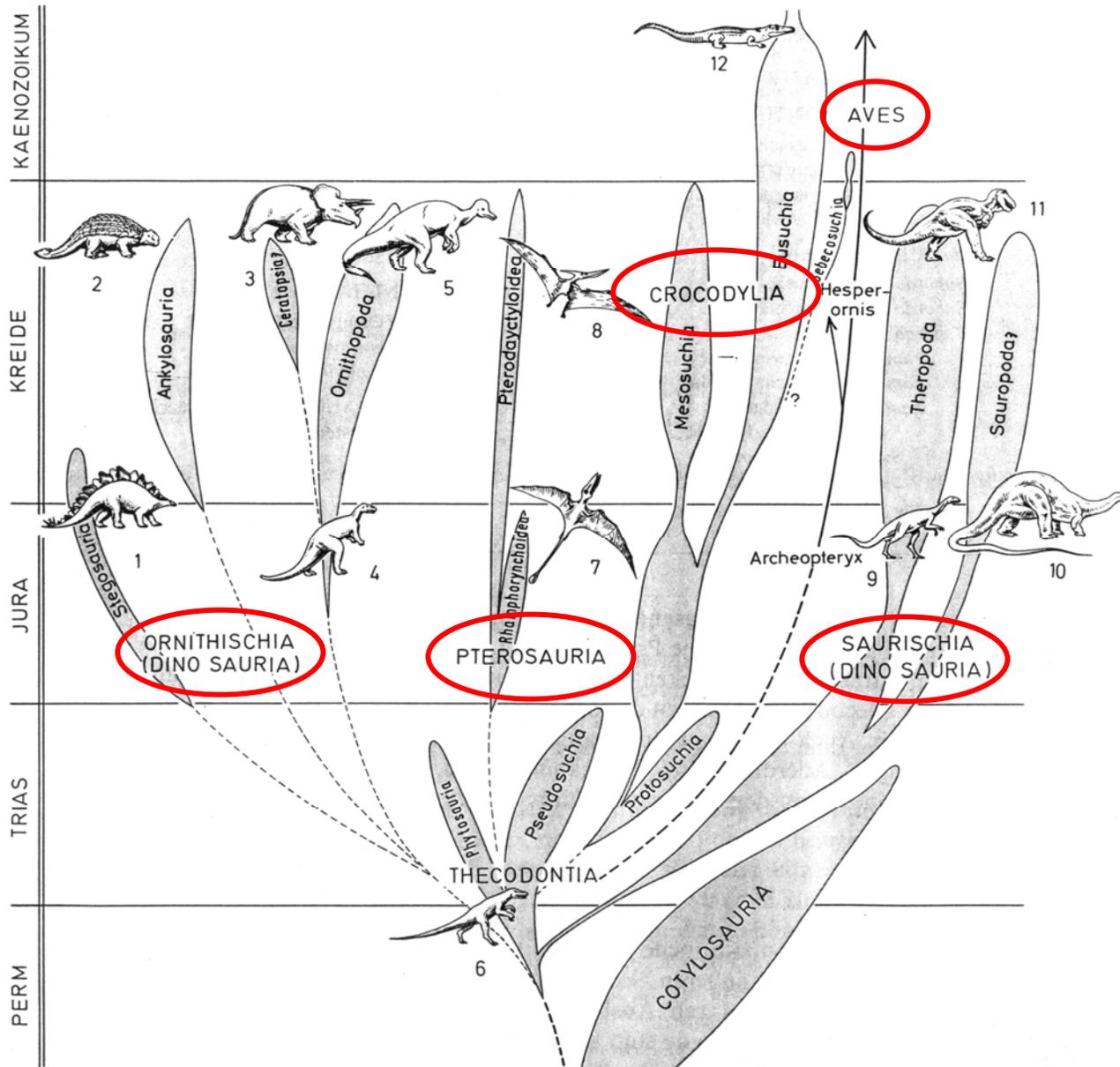
Krokodile Vögel

Schildkröten

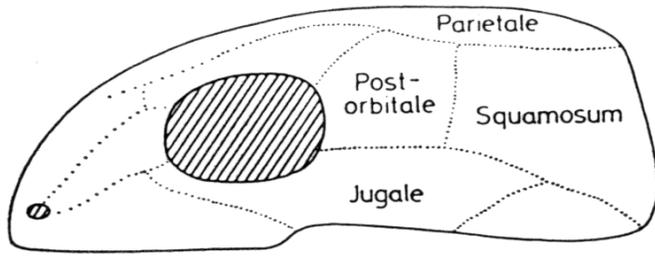
Mammalia
(Säugetiere)



Stammesgeschichte der Archosauria



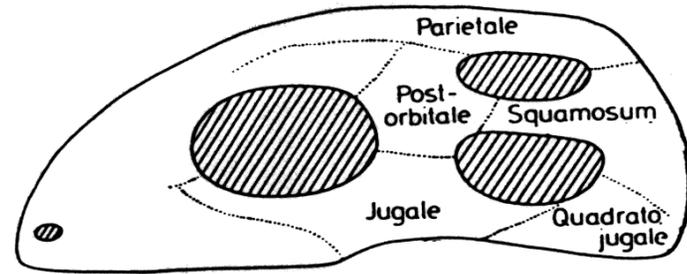
Reptilia



anapsid

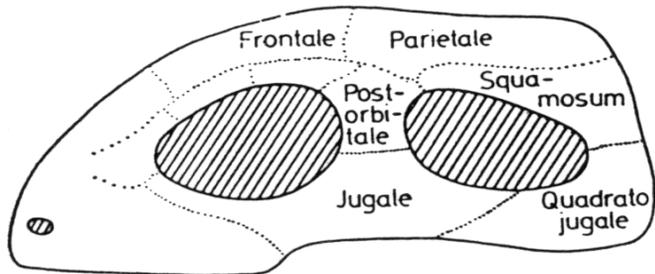
- Urreptilien (Cotylosauria)
- Schildkröten

Schädel Fenster



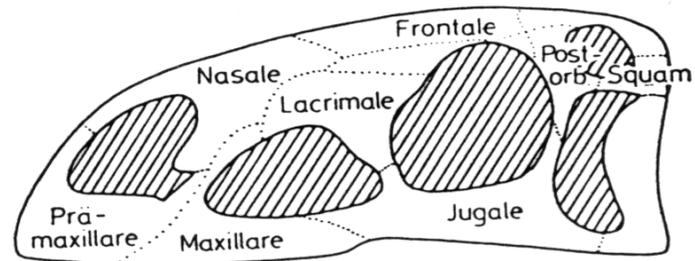
diapsid

- Lepidosauria
- Archosauria mit Aves



synapsid

- Synapsida
- = Säuger und Ahnen



triapsid

- Pterosauria
- (Flugsaurier)

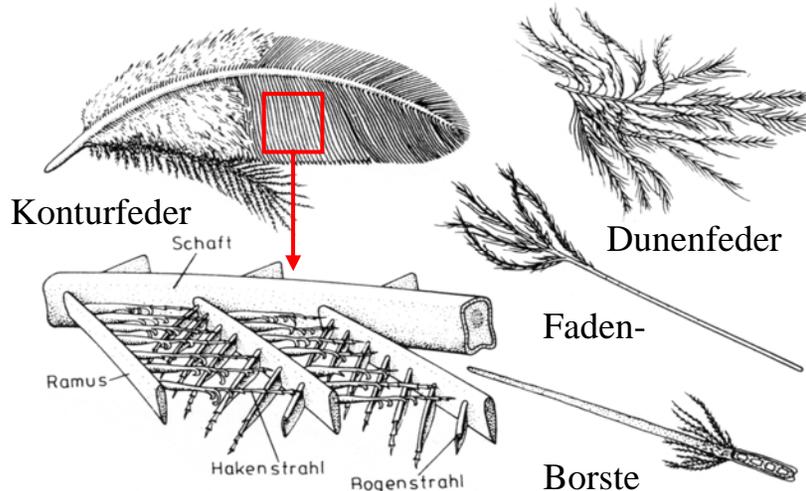
(eurapsid: oberes Fenster ausgebildet; Ichthyosauria)

Aves

- arider Ursprung der Vögel
- Exkretionsprodukt Harnsäure
- alle Vögel sind biped und ovipar
- pneumatisierte Knochen ?
- Umkonstruktion des Schultergürtels u. Beckengürtels, Schwanz reduziert zu Pygostyl

Leistungsfähige Flugmaschienen

Federn: homolog zur Reptilienschuppe ?
- ermöglicht Homoiothermie



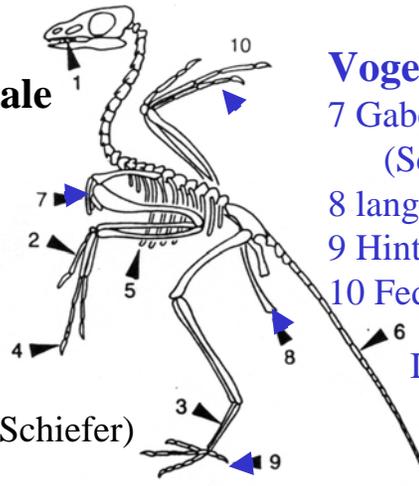
fossile Übergangsform(en) zwischen „Reptilia“ und Aves

Archaeopteryx

Reptilien-Merkmale

- 1 Zähne
- 2 Mittelhandknochen
- 3 Mittelfußknochen
- 4 Krallen
- 5 Rippen frei
- 6 Schwanz

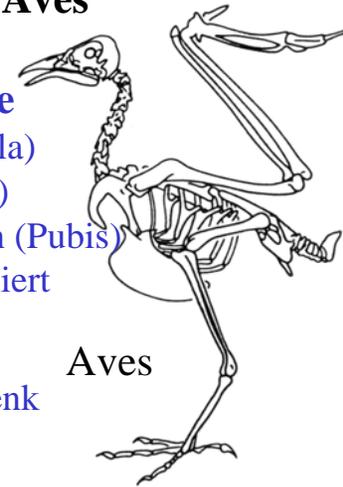
(Jura, Solnhofener Schiefer)



Vogel-Merkmale

- 7 Gabelbein (Furcula) (Schlüsselbeine)
- 8 langes Schambein (Pubis)
- 9 Hinterzehe opponiert
- 10 Federn (?)

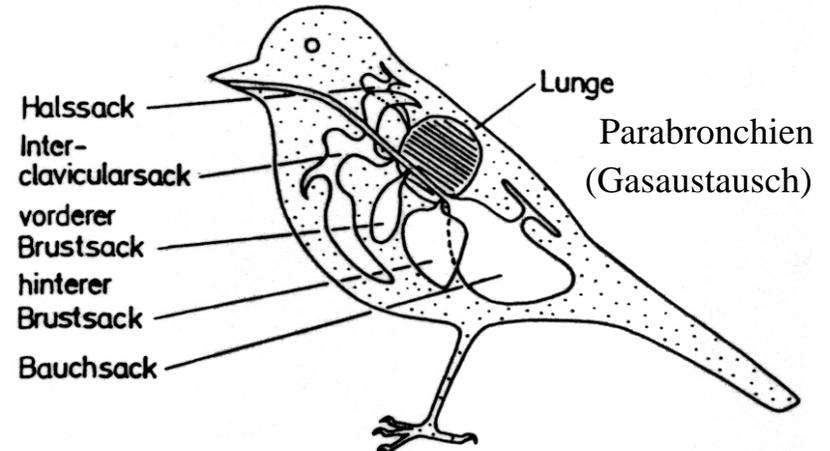
Intertarsalgelenk



Aves

- Versteifung des Rumpfes (Thorakalwirbel verwachsen)
- Brustbein mit Carina: Ansatz für Flugmuskulatur

- Vogellunge: leistungsfähige Atmung



Luftsäcke nicht an Gasaustausch beteiligt.

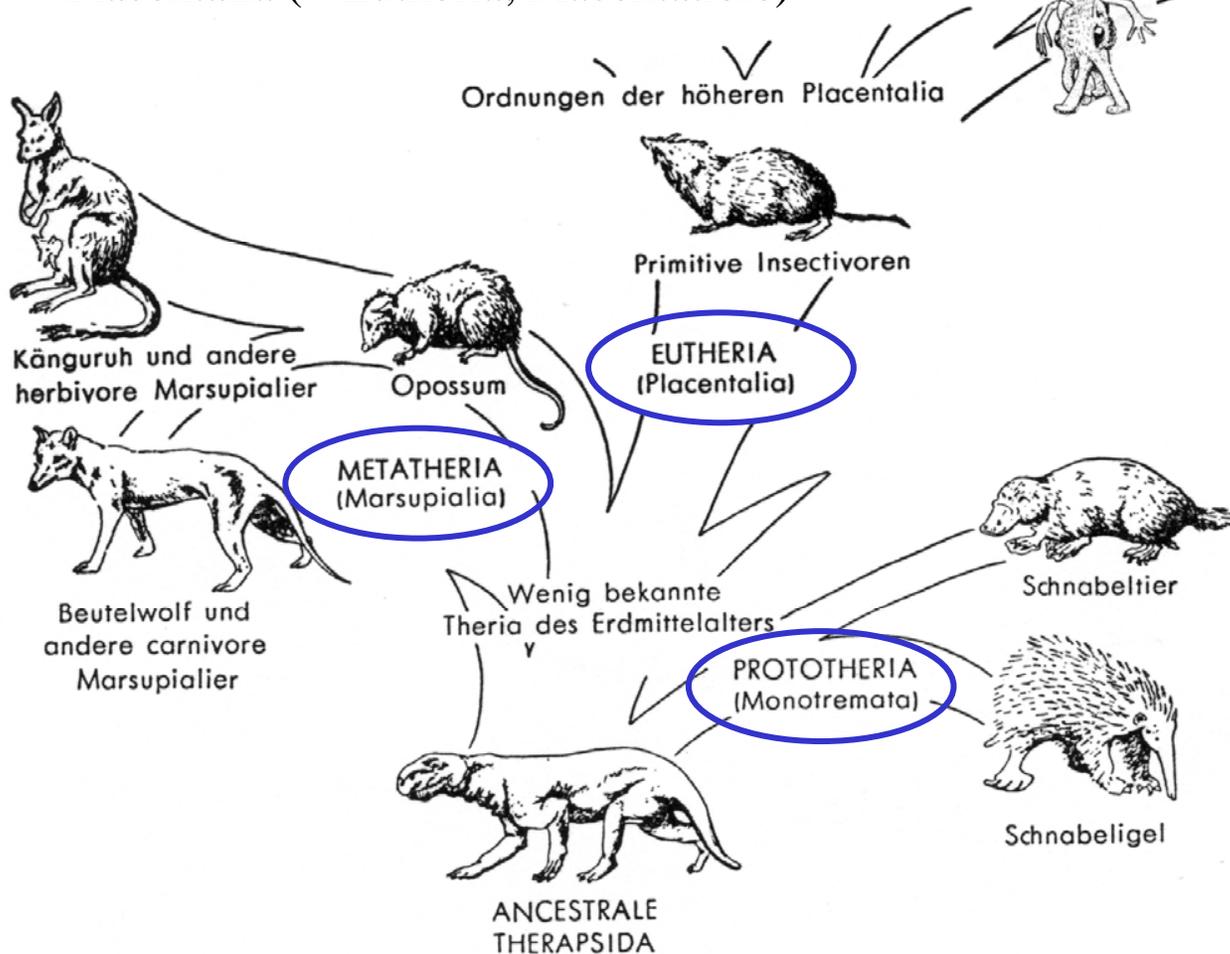
Stammesgeschichte der Mammalia

Mammalia (Säugetiere)

Monotremata (= Prototheria; Kloakentiere)

Marsupialia (= Metatheria; Beuteltiere)

Placentalia (= Eutheria; Placentatiere)



Unterschiede zu Reptilia:

Ernährung: Kauapparat
 sekundäres Kiefergelenk
 Heterodontie
 Diphyodontie (2 Zahngen.)
 knöchener sekundärer Gaumen
 (ermöglicht Atmen bei der Nahrungsaufnahme und Saugen)

Brutpflege:

Milchdrüsen
 Viviparie (außer Monotremata)
 Placenta der Placentalia

ZNS:

Entfaltung neuer Gehirnareale
 (zunächst Bulbus olfactorius)
 - zunehmende Plastizität
 des Verhaltens

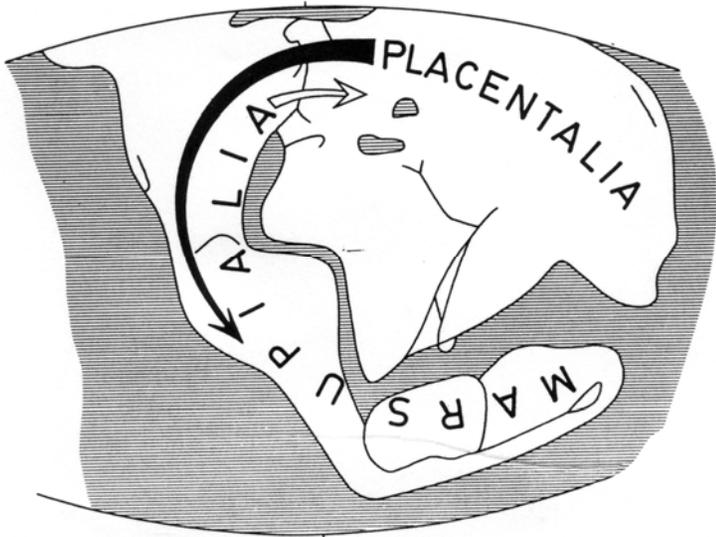
Homoiothermie: ?
 (konst. Körpertemp. 36-38°C)

Haare, Schweißdrüsen
 - höherer Energieumsatz
 - höheres Leistungsvermögen

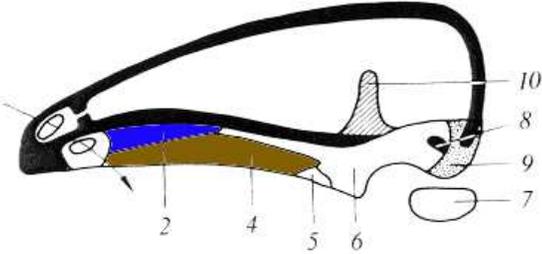
Abstammung: Sauropside Reptilien

Ursprung der Placentalia und Marsupialia
in der Kreide in Eurasien bzw. Südamerika.

Mammalia

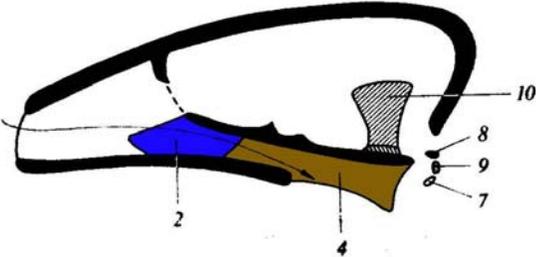


Ausbildung des sekundären Gaumens:



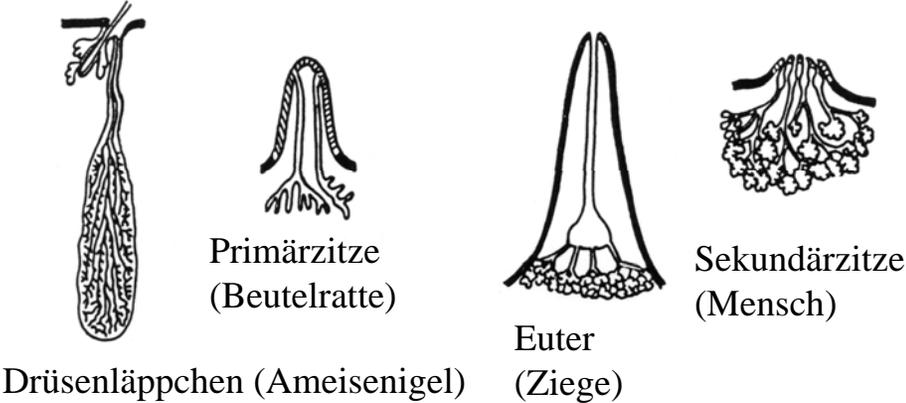
primitiver Therapside

Palatinum
Vomer

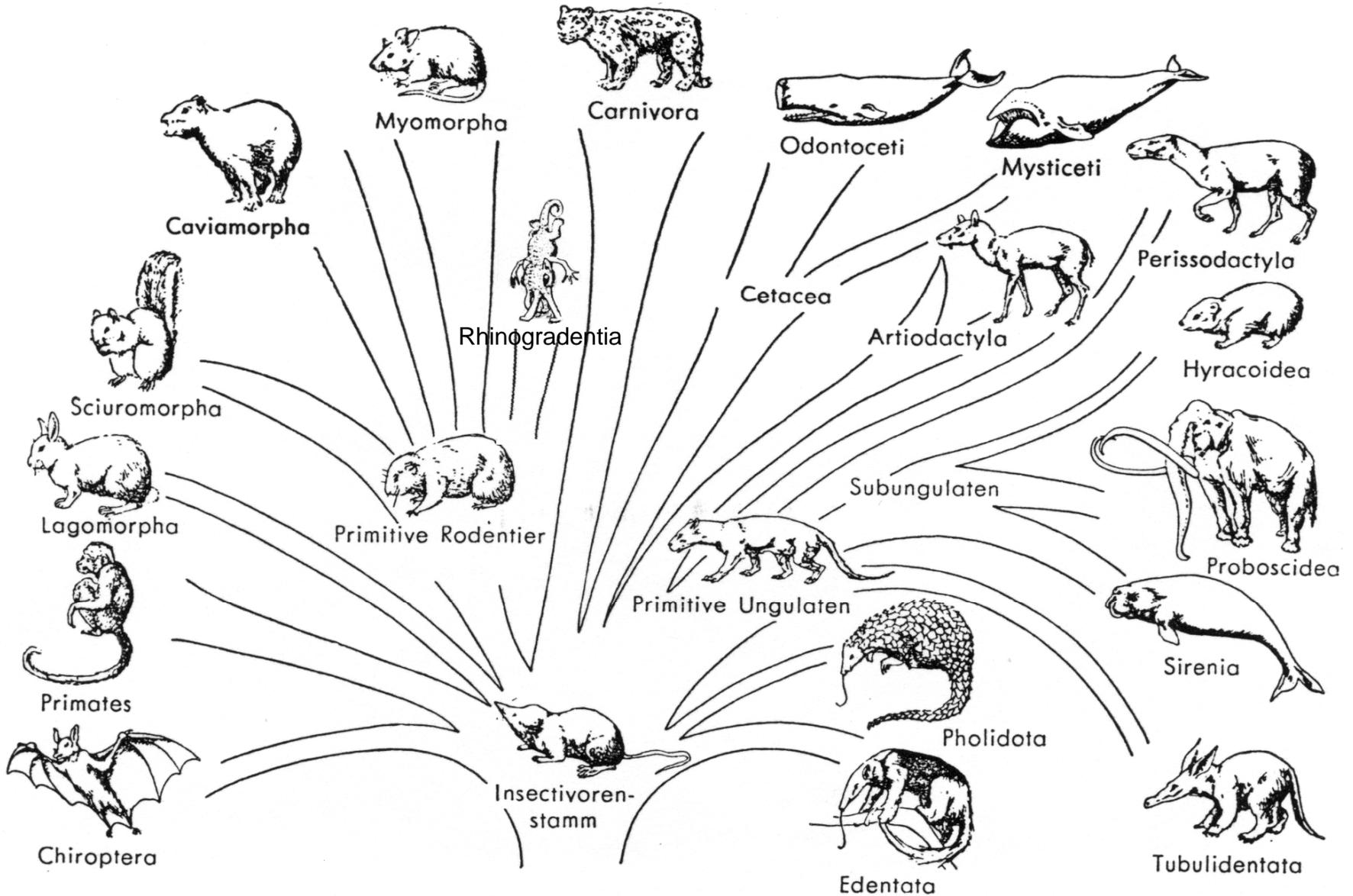


Mammalia

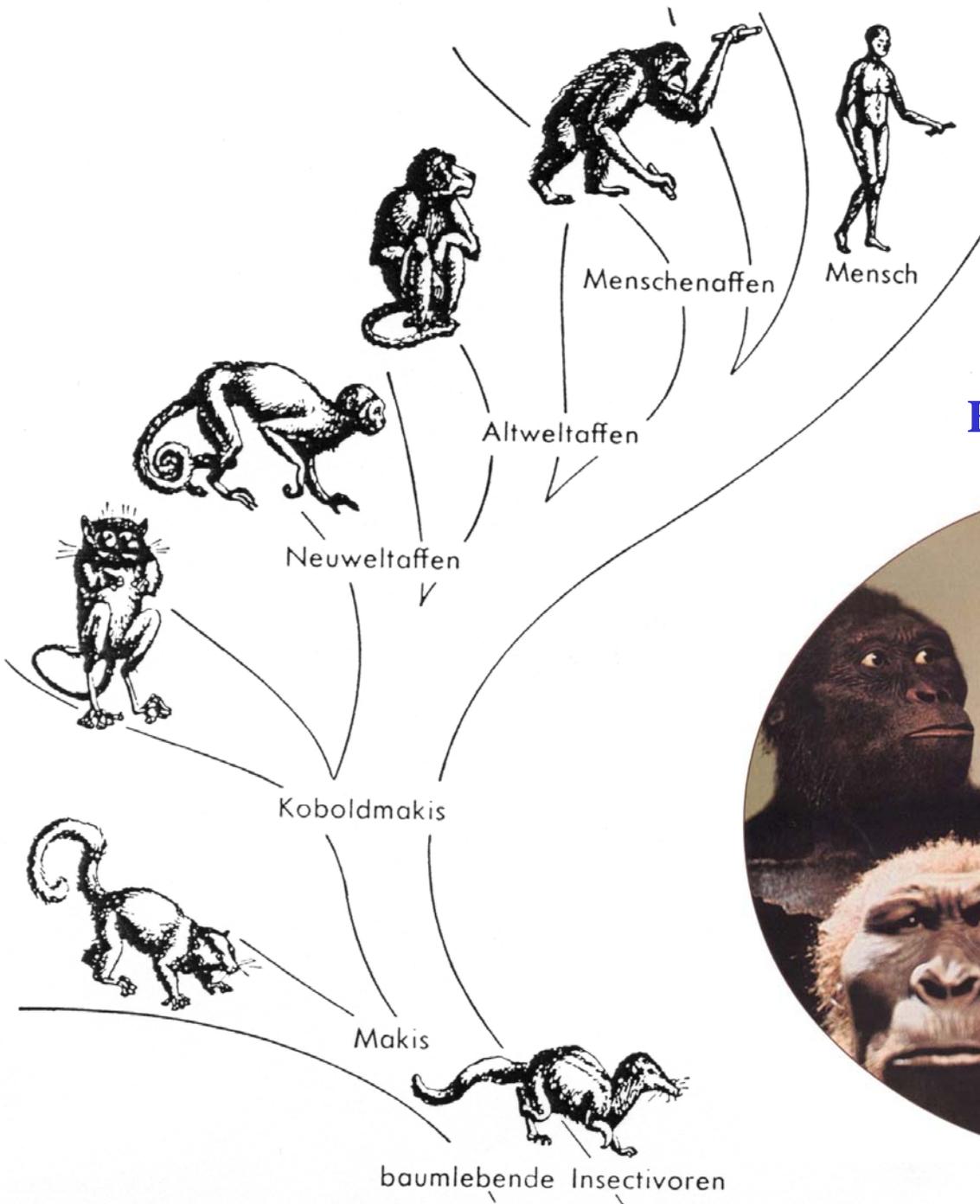
Milchdrüsen:



Stammbaum der Eutheria (Placentalia)

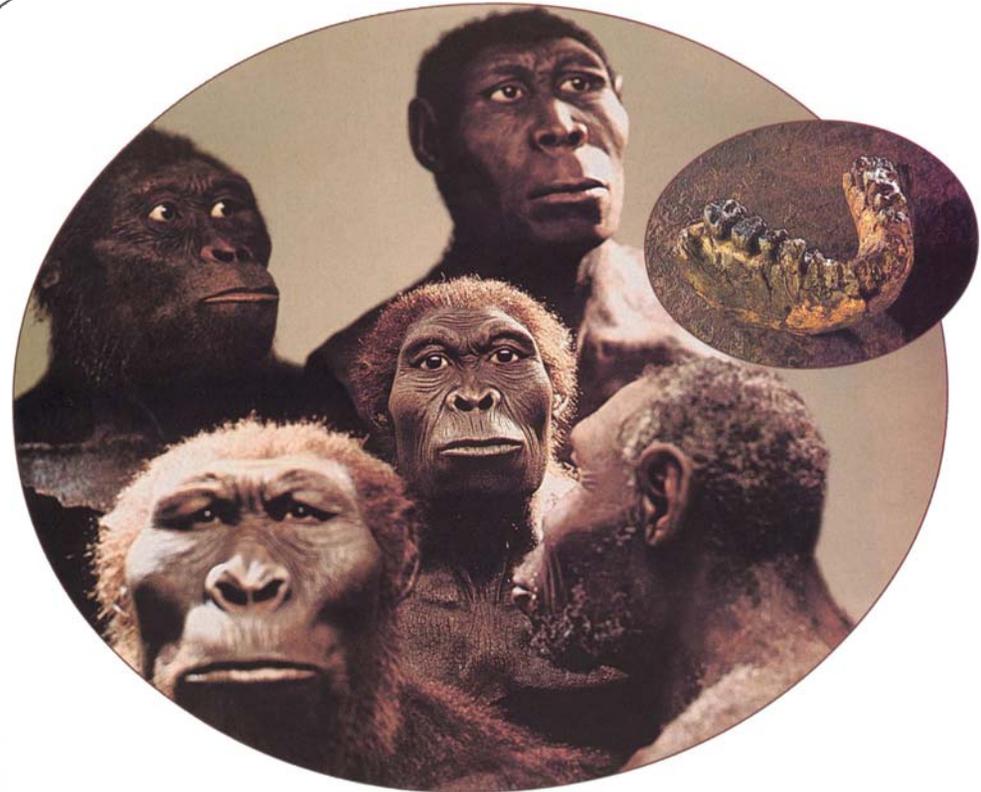


Stammbaum der Primaten



Hominiden

Homo rudolfensis
(ca. 2,5 Mio. Jahre)



- Ursprung der Hominiden in Südost-Afrika vor ca. 3,5 Mio. Jahren
- Weitere Ausbreitung und Entwicklung v.a. durch klimatische Veränderungen

Urmenschen:

grazile Australopithecinen
 Gattung Paranthropus
 Gattung Homo

