

D I E N E U E B R E H M - B Ü C H E R E I

DIE VORZEITLICHEN FISCHARTIGEN UND FISCHE

von

PROFESSOR DR. OSKAR KUHN, München

Mit 96 Abbildungen



A. ZIEMSEN VERLAG · WITTENBERG LUTHERSTADT · 1967

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	3
2. Die Skelettbildungen der Fische	4
3. Das System der Fische und seine Probleme	21
4. Kieferlose Wirbeltiere (Agnatha)	28
4.1. Rundmäuler (Cyclostomen, panzerlose Agnatha)	30
4.2. Ostracodermen (gepanzerte Agnatha)	31
5. Placodermen	39
5.1. Arthrodira	43
5.2. Rhenanida	54
5.3. Antiarchi	64
5.4. Stachelhaie (Acanthodi)	66
6. Knorpelfische (Chondrichthyes, Chondropterygii)	69
6.1. Elasmobranchii (Haiartige)	72
6.1.1. Cladoselachii	72
6.1.2. Pleuracanthodi (Xenacanthi, Ichthyotomi)	73
6.1.3. Selachii (Euselachii, Plagiostomi, Haie und Rochen)	73
6.2. Holocephali (Chimärenartige)	77
7. Knochenfische (Osteichthyes, Teleostomi)	79
7.1. Lungenfische (Dipnoer)	80
7.2. Quastenflosser (Crossopterygier)	84
7.3. Strahlflosser (Actinopterygier)	93
7.3.1. Ganoiden	95
7.3.2. Teleostier (Knochenfische im engeren Sinne)	112
8. Literaturverzeichnis	127

1. Vorwort

Die Neue Brehm-Bücherei, die sich nach dem Urteil bedeutender Biologen weit über den deutschen Sprachraum hinaus zunehmender Bedeutung und großer Anerkennung erfreut, hat schon zahlreiche Bändchen den lebenden Fischen und Fischartigen (Rundmäuler, Cyclostomen) gewidmet. So drängte sich der Gedanke auf, auch die vorzeitlichen Vertreter darzustellen und den großen stammesgeschichtlichen Zusammenhang zwischen allen Fischen und Fischartigen herzustellen. Ich bin sicher, daß viele, die sich bisher nur mit den lebenden Fischen beschäftigt haben, dieses neue Bändchen mit Interesse lesen und mir zustimmen werden, daß man lebende (rezente) und vorzeitliche Fische nicht mehr getrennt, sondern nur als geschlossene Einheit behandeln kann. Andernfalls gehen die historischen Zusammenhänge verloren, und es kommt zu Fehlurteilen, wie sie in der Vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere noch um die Jahrhundertwende sehr zahlreich waren, da man die fossilen Formen damals noch nicht berücksichtigte. Heute kennt man sie in ungeahntem Umfang, und die Schlüsse aus ihnen sind von grundsätzlicher Bedeutung.

Das vorliegende Büchlein ist keine leichte Nachtschlektüre. Wollte ich schon die wichtigsten Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte dem Leser vermitteln, dann mußte auch ein größeres Tatsachenmaterial geboten werden. Fachausdrücke ließen sich weder ganz vermeiden noch immer verdeutschen. Sie werden dem aufmerksamen Leser durch die Abbildungen ohnehin klar.

Der hier behandelte Stoff war mir nicht neu, da ich schon im Jahre 1940 ein Buch über die fossilen Agnatha und Fische geschrieben habe und den Text durch Nachträge auf dem laufenden hielt. Durch die ausgezeichnete und noch viel umfassendere Publikation des hervorragenden sowjetischen Ichthyologen Berg ist meine Arbeit von 1940 überholt. Der Darstellung von Berg (1958) bin ich hier vielfach gefolgt. Die dort unterschiedenen 119 Ordnungen und 618 Familien konnten natürlich nur zum Teil berücksichtigt werden. Eine Einführung muß sich beschränken, sonst würde sie verwirren: Es ist der hier gebotene Stoff schon umfangreich genug und seine Darstellung nicht ganz einfach. Eine große Schwierigkeit lag schon darin, daß die niederen Fische Knochenelemente aufweisen, die sich mit denen der höheren Fische nicht homologisieren lassen und daher andere Namen tragen. Ich habe diese Namen nicht systematisch besprechen können, sondern jeweils auf die Abbildungen verwiesen, denen man sie entnehmen kann.

Eine weitere Schwierigkeit lag darin, daß viele Gruppen mehrere Namen haben, deren Priorität nicht zu klären war. Ich habe daher die gebräuchlichsten Namen verwendet und die anderen in Klammern beigegeben. Für die Ordnungen und höheren Ränge gelten übrigens die Prioritätsregeln nicht mehr.

Vor der systematischen Übersicht habe ich versucht, in einem größeren Abschnitt in die Vergleichende Anatomie des Fischeskeletts einzuführen. Dieses basiert weitgehend auf den besser bekannten und zugänglicheren Verhältnissen bei den höheren Fischen und den Vierfüßern, die ja aus Fischen im Devon hervorgegangen sind. Großes Interesse wird vor allem der Abschnitt über die Wirbelbildungen erfahren, denn diese sind denen der höheren Wirbeltiere keineswegs gleichwertig.

Ich möchte auch hier dem Verlag herzlich dafür danken, daß er dieses Bändchen wieder mit zahlreichen Abbildungen ausgestattet hat und dadurch dem Leser die Möglichkeit gibt, ein anschauliches Bild von diesen teils hundert und mehr Millionen Jahre alten Gestalten zu gewinnen.

2. Die Skelettbildungen der Fische

Unter Skelett versteht man eine für die Wirbeltiere charakteristische Einrichtung des Körpers, die aus festen Geweben besteht und der Festigung und Stützung des Körpers dient. Das Skelett zerfällt nach seiner Herkunft in zwei große Bezirke:

- I. Außenskelett (Exoskelett¹, Deralskelett, Hautskelett; aus Hautknochen bestehend)
- II. Innenskelett (Endoskelett)
- | | |
|---|---|
| 1. Skelett des Stammes; Wirbelsäule und Hirnkapsel (Endokranium) | } |
| 2. Skelett der Körperanhänge (Flossen, Beine) | } |
| 3. Viszeralskelett (aus den Viszeral- = Kiemenbogen hervorgehend) | } |

Bei den niederen Wirbeltieren, auch noch bei den primitiven Amphibien (Labyrinthodontia, Batrachosauria; vgl. Abb. 2—6) stehen sich diese Teile meist scharf getrennt gegenüber. Im Laufe der Stammesgeschichte wachsen sie immer mehr zusammen, und bei den höheren Wirbeltieren, besonders den Säugetieren, ist die verschiedene Herkunft der Skelettelemente nur zu erkennen, wenn man diese verglei-

¹ Dementsprechend unterscheidet man auch ein Exokranium und Endokranium (Kranium, griech. Schädel), wie später noch genauer dargestellt werden soll.

chend anatomisch untersucht und den Weg der Herausbildung in den Entwicklungsreihen zurückverfolgt.

Was bei niederen Wirbeltieren der Augenschein lehrt, wird durch histologische (gewebekundliche) Untersuchungen bestätigt. Die im Corium¹ der Haut entstehenden Deckknochen (Hautknochen) des Exoskeletts und die Ersatzknochen (knorpelig vorgebildet und in tieferen Lagen entstanden) des Endoskeletts sind auch histogenetisch (hinsichtlich der Entstehung der Gewebe) verschieden. Erstere sind dermal, letztere enchondral. So ergibt sich eine Synthese von morphologischen, histogenetischen und paläontologischen Erkenntnissen.

Sehr viele Wirbeltiere haben zum Schutz vor mechanischen Schädigungen, aber auch für spezielle Funktionen besondere Hautorgane. Das sind Schuppen, Schilder, Krallen, Stacheln, Nägel, Hörner, Federn oder Haare. An ihrer Bildung beteiligen sich die äußere Haut (Epidermis) und tiefere Hautschichten (Corium) oder nur die Epidermis. Die Knochenplatten entstehen immer in tieferen Hautschichten (Unterhaut). Die Plakoidschuppen der Knorpelfische sind klein und gleichmäßig über die Haut verteilt. Normalerweise bestehen sie aus einem im Corium gebildeten Knochenplättchen mit einer Höhle (Pulpa), in die eine Papille des Coriums hineinreicht, und einem zahnförmigen Gebilde, das mit hartem, von der Epidermis abgesondertem Schmelz überzogen ist. Im Mund gehen die Plakoidschuppen in die Zähne über. Entsprechend ihrer Lage haben die Zähne eine ganz andere Aufgabe als die Plakoidschuppen, aber sie sind homologe Gebilde. Die Schuppen der Knochenfische ragen gewöhnlich aus der Oberhaut nicht heraus.

Wie die Plakoidschuppen entstehen auch die Knochenplatten der Fische und Reptilien in der Unterhaut. Die auf den Knochenplatten der Schildkröten anzutreffenden Hornschilder sind hingegen ein Produkt der Epidermis.

Alles Binde- und Stützgewebe entsteht normalerweise im Mesoderm. Das Knorpelgewebe der Wirbeltiere zeichnet sich dadurch aus, daß zwischen den verstreut liegenden Zellen und Zellgruppen Schleimsubstanz mit dichten oder derben elastischen Fasern abgelagert wird. Das Knochengewebe enthält locker angeordnete, verzweigte Zellen (Osteoblasten), die durch Fortsätze miteinander verbunden sind. In der abgesonderten Zwischensubstanz finden sich Fibrillen, denen Kalksalze und andere Stoffe angelagert sind. In kompakten Knochen sind die Fibrillen wie in einem Schwammgerüst verteilt, in Röhrenknochen sind die Osteoblasten und Fibrillen in konzentrischen

¹ Corium ist die mesodermale Unterhaut (Lederhaut), vorwiegend aus Bindegewebe bestehend. Darüber liegt als Abschluß die ektodermale Haut (Epidermis), die nur bei Wirbeltieren mehrschichtig ist. Die Keimschicht schaltet sich dazwischen.

Lamellen um kleine Kanäle (Haverssche Kanäle) angeordnet, in denen Gefäße und Nerven verlaufen.

Die Fische haben ein umfangreiches Außenskelett, nämlich die Schuppen und die aus ihnen durch Verwachsung hervorgegangenen größeren Knochenplatten. Die schuppenlose, nackte Haut der Rundmäuler gilt als sekundärer Zustand, ebenso die Nackthäutigkeit der Frösche und Salamander. Auch verschiedene Teleostier haben ihr Schuppenkleid abgebaut.

Hingegen haben die Panzerfische (Ostracodermen und Placodermen) des Silur und Devon ein derbes Außenskelett. Seine feingewebliche Struktur hat sich bis zu den primitiven Knochenfischen mit gewissen Veränderungen erhalten. In diesen Knochenplatten ist stets eine mittlere spongiöse Knochenschicht vorhanden, die wohl Blutgefäße enthielt. Die innere und äußere Schicht war kompakt. Die Außenseite der Knochenplatten der Panzerfische ist meist mit Leisten und Höckern verziert (tuberkuliert). Diese Oberflächenstrukturen bestehen aus einem

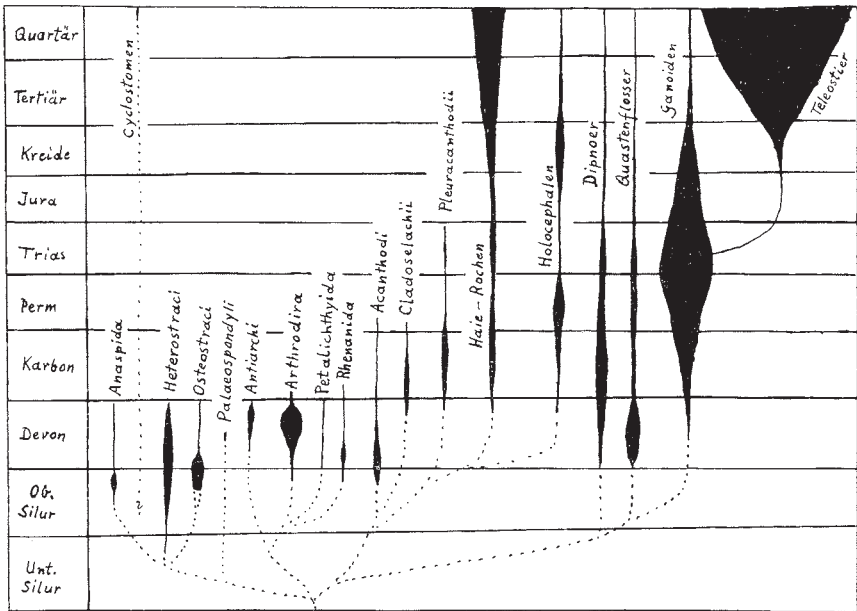


Abb. 1. Die Stammesgeschichte der Fischartigen und Fische; es sind nur die größeren Gruppen dargestellt. Original

Material, das dem Zahnbein (Dentin) der Zähne ähnelt, und darüber einem glänzenden Überzug, dem Zahnschmelz vergleichbar.

Bei den primitiven Knochenfischen finden wir zwei Typen der Platten- und Schuppenstruktur. Die primitiven Quastenflosser und Lungenfische haben die Cosmoidschuppe, benannt nach dem Cosmin, das die Höcker aufbaut. Cosmin ist dentinartig, aber seine Kanälchen verlaufen verzweigt, nicht einzeln, zur Pulpahöhle. Später vereinfachten sich diese Verhältnisse, die lebenden Lungenfische zeigen das deutlich.

Die Ganoidschuppe ist der zweite Typus, der sich bei den Ganoidfischen weit verbreitet findet. Hier wird auf der Oberfläche der Schuppe während deren Wachstum, Schicht für Schicht, das glänzende, schmelzähnliche Ganoin abgelagert. Heute haben nur noch *Polypterus* und die Löffelstöre den Ganoinbelag. Die lebenden Teleostier haben dünne, einfache Schuppen aus biegsamem, knochenähnlichem Gewebe.

Vom Skelett des Stammes (Achsen skelett, bestehend aus Wirbelsäule und Schädel) ist zunächst die Wirbelsäule zu besprechen. Sie hat bei niederen Wirbeltieren einen Vorläufer, die Chorda. Dieser weiche Strang vertritt bei allen niederen Fischartigen und bei *Amphioxus* die Wirbelsäule. Bei den Rundmäulern bleibt er zeit lebens erhalten. Von den Placodermen an bilden sich um die Chorda herum knorpelige Spangen, die Vorläufer der knöchernen Wirbel. Echte knöcherne Wirbel scheint es schon bei *Palaeospondylus* und Stegose-lachiiern zu geben. Die Teleostier sind die erste große Fischgruppe, wo allgemein verknöcherte Wirbel vorkommen. Die Wirbel, zur Wirbelsäule zusammengeschlossen, garantieren große Festigkeit unter Erhaltung der Biegsamkeit. Aber „Wirbel“ ist nicht bei allen Wirbeltieren dasselbe. Allgemein unterscheidet man den Wirbelkörper (Zentrum) und den Oberen Bogen, der das Rückenmark von oben her schützend umhüllt, als Bestandteile des Wirbels.

Wirbelkörper treffen wir, wie gesagt, erstmals bei *Palaeospondylus* (Abb. 23), was diese Form so ungemein interessant macht und mit größten Bedenken gegen die Einreihung bei den Agnatha erfüllen muß. Ist ja hier sogar ein Beckengürtel vorhanden! Zudem sind die Wirbelkörper einheitlich, nicht zusammengefügt. Sollte es sich also etwa um eine Larvenform handeln? Über Wirbelbildungen bei Ostracodermen ist nichts bekannt, auch die meisten Placodermen hatten wohl noch keine. Die Rhenanida und Stensioeellida hingegen haben bereits Wirbelbildungen aufzuweisen (Abb. 43, ferner Abb. 37—39, Rhenanida).

Bei Knorpelfischen finden wir Chordawirbel, die den Bogenwirbeln der Knochenfische nicht homolog sind. Sie entstehen im Bereich der Chorda selbst und verknöchern nicht. Ihre Festigkeit gewinnen sie durch Einlagerung von Kalk (Abb. 82, 8). Solche Haiwirbel sind oft sehr kompliziert gebaut und noch nicht restlos deutbar. Im übrigen verweise ich auf die Abschnitte über Haie und Holocephalen selbst, besonders

über die Chondrenchelyes, wo ringförmige Wirbelkörper bzw. zahlreiche Ringe pro Segment vorkommen.

Die primitiven Ganoiden haben noch keine Wirbelkörper, man findet um die persistierende Chorda herum nur Obere und Untere Bogen. Abb. 82 zeigt die große Verschiedenheit des Wirbelaufbaus der Ganoiden. Vielfach kann man sehr deutlich ein vorderes Element, das Hypozentrum, und ein hinteres, das Pleurozentrum, unterscheiden. Bei der rezenten *Amia* sind die zwei genannten Stücke locker auf einem „Wirbelkörper“ aufgelegt und bedecken ihn nur wenig.

Auf die Wirbel der Crossopterygier (Abb. 82, 9) wird noch besonders hingewiesen, da sie in ihrem Bau mit den primitivsten Amphibien gut übereinstimmen. Bei den Amphibien kann sowohl das Pleurozentrum als auch das Hypozentrum allein den Wirbelkörper bilden. Es kommen auch Doppelwirbel vor, die man als embolomer bezeichnet. Sie haben sich in verschiedenen Linien unabhängig herausgebildet und finden sich auch bei Ganoiden (Abb. 82, 6). Meist sind die Wirbel der Ganoiden temnospondyl, d. h. aus Hypozentrum und Pleurozentrum aufgebaut. Diese legen sich spangenartig um die Chorda herum. Aus dem Hypozentrum (Interzentrum) wächst der Untere Bogen zum Schutz der Blutgefäße des Schwanzes heraus; der Obere Bogen ist selbständig. Er endet meist in einem verlängerten Processus spinosus (Dornfortsatz) und umhüllt von oben her das Rückenmark.

Der „Schädel“ ist ein vulgärer, wissenschaftlich erst zu klärender Begriff, denn er umfaßt Teile sehr verschiedener Herkunft. Betrachten wir das Lanzettfischchen *Amphioxus* (Abb. 14)! Dieses ist in vieler Hinsicht ein Wirbeltier; es hat gleichmäßig segmentierte Körpermuskulatur und Kiemenspalten wie die Fische und weist zudem die Chorda dorsalis auf, doch fehlt die Wirbelsäule, überhaupt jedes Knochengerüst, der Schädel, das Wirbeltiermaul und die Gliedmaßen. Ob das als primärer oder sekundärer Zustand aufzufassen ist, bedarf noch der Klärung. Gegenbaur, der Meister der Vergleichenden Anatomie, hat die ganze lange Kiemenregion des *Amphioxus* dem Schädel bzw. der Kopfreion der Wirbeltiere gleichgesetzt, van Wijhe (1889) aber nur den kurzen vordersten Teil der Kiemenregion. Die Lage der Nierenkanälchen bekräftigt die Deutung von van Wijhe, denn sie entspricht der Lage der Vornieren der Kopfwirbeltiere, d. h. dem ältesten Teil des Nierensystems. Wir sehen, wie schwierig unser Thema „Schädel“ (bzw. Kopf) ist.

Nach Romer ist der Schädel im weitesten Sinne die Summe aller Skelettbildungen der Kopfreion. Der Kopf hat den Schädel nur als Träger, als Gerüst, zu dem Muskulatur, Zunge, Sinnesorgane, Blutgefäße, Nerven und schließlich das Gehirn selbst hinzukommen.

Bei den Neunaugen (Abb. 6 A, 14) ist der Schädel aus der Hirnkapsel und dem darüber weit nach hinten reichenden Viszeralskelett

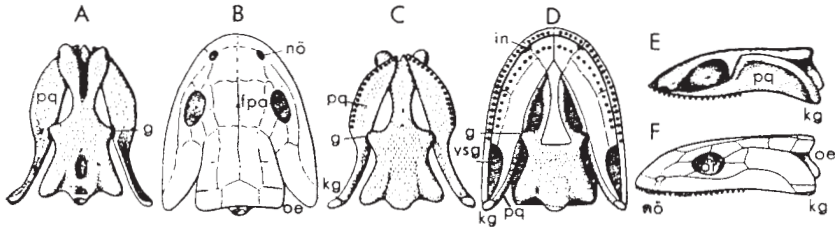


Abb. 2. Außenskelett (Exoskelett) und Innenskelett (Endoskelett) des Schädels in ihren gegenseitigen Beziehungen. A Innenskelett, Hirnkapsel und Oberkiefer, beide knorpelig. B bedeckt vom Außenskelett (knöchernes Schädeldach). C knorpelige Hirnkapsel und Oberkiefer in Unteransicht. D Deckknochen des Außenskeletts verstärken den Gaumen. E Hirnkapsel mit anliegendem Oberkiefer. F das dazugehörige Außenskelett. Zugrunde gelegt sind die Verhältnisse der Haie oder der Embryonen höherer Fische beim Innenskelett; beim Außenskelett dienen die Verhältnisse primitiver Amphibien aus dem Karbon als Vorbild. *pq* Palatoquadratum (Oberkieferknorpel); *nö* Nasenöffnung; *oe* Ohrschlitz (wo bei Amphibien das Trommelfell ausgespannt ist); *g* Basalgelenk (wo der Oberkiefer mit der Hirnkapsel „gelenkt“); *kg* Unterkiefergelenk; *in* Choanen (innere Nasenöffnungen, Choanen; am Gaumen gelegen); *vsg* hintere Gaumengrube (Fenestra basitemporalis); *fpa* Foramen parietale. Nach A. S. R o m e r

aufgebaut. Beide Teile stehen sich streng gesondert gegenüber. Erst viel später in der Stammesgeschichte wird jener einheitliche Zustand der Säugetiere herausgebildet, dem man die verschiedene Herkunft seiner Teile zunächst gar nicht anzusehen vermag. Der Schädel der Knochenfische bis zu den Säugetieren ist eine strukturelle Einheit, wobei Hirnkapsel und Oberkiefer durch dermale Skelettelemente zusammengefügt sind. Der Unterkiefer ist nicht darin eingeschlossen. Die Ostracodermen und Placodermen, auch als Panzerfische bezeichnet, besaßen wohl durchweg ein zusammengesetztes Schädelskelett.

Die Schädelkomponenten gliedern wir mit Romer wie folgt (Abb. 2, 3):

- A. dermales Schädeldach; mit den Augenlöchern, hinten die Einkerbung für das Trommelfell bei Amphibien (der Ohrschlitz)
 - a) zahntragende Randknochen (Maxillare und Prämaxillare)
 - b) paarige Elemente nahe der Mittellinie (Nasale, Frontale usw.)
 - c) zirkumorbitale Elemente, d. h. rings um die Augenlöcher (Orbita) gelegene Elemente, wie Postfrontale, Jugale, Postorbitale, usw.
 - d) temporale Reihe (Temporalregion = Schläfenregion); mit Tabulare und den Temporalia (Intertemporale, Supratemporale)
 - e) Quatradum-Reihe; Squamosum (Schuppenbein) und Quadratojugale; auch als Wangenreihe bezeichnet.

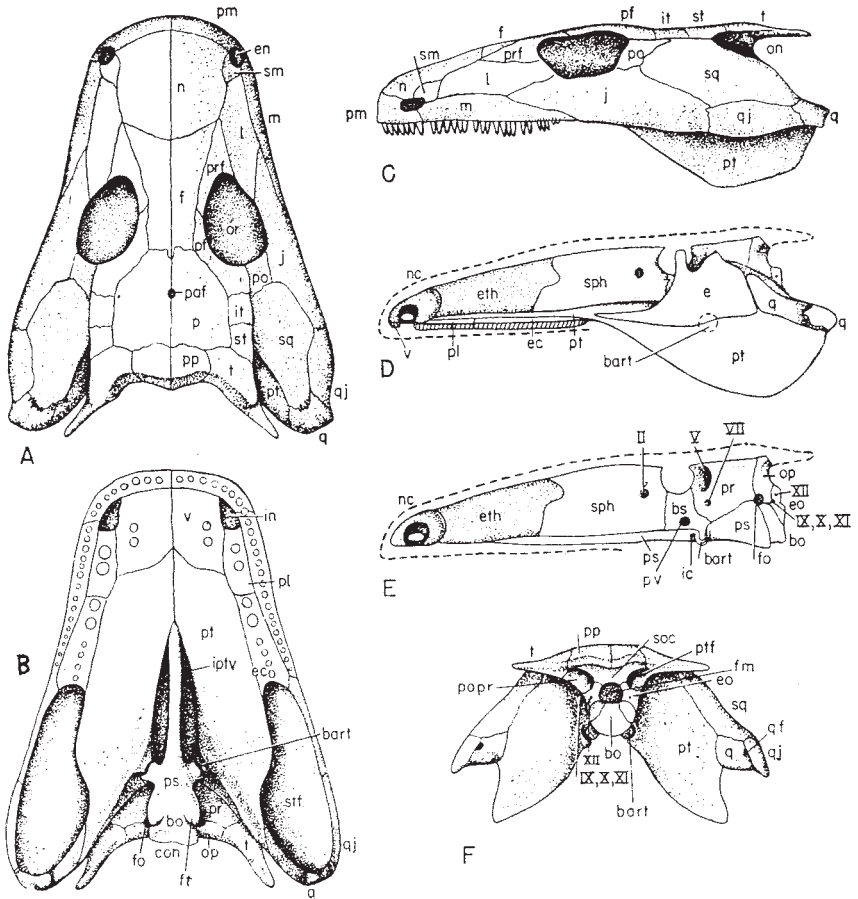


Abb. 3. Aufbau des primitiven Vierfüßerschädels (*Palaeogyrinus decorus* Watson), Karbon, Amphibia (Ordnung Anthracosauria, die man jetzt mit den Seymouriamorpha als Batrachosauria zusammenfaßt). A Schädeldach. B Schädelunterseite (Gaumen). C Seitenansicht. D Hirnkapsel mit der Ethmoidalregion, Schädeldach entfernt, aber Pterygoid und Epipterygoid sind noch stehengeblieben. E wie D, hier sind Pterygoid und Epipterygoid entfernt. F Hinterhaupt (Occiput). Nach D. M. S. Watson, aus A. S. Romer. V—XII Austrittsstellen (Foramina) der Gehirnnerven V—XII; *a* Angulare; *bart* Basalgelenk (Processus basiptyergoides); *bo* Basioccipitale; *con* Condylus occipitalis; *e* Epipterygoid, *en* äußere Nasenöffnung; *eo* Exoccipitale; *eth* Ethmoidregion; *f* Frontale; *ic* Foramen für die innere Carotis; *in* innere Nasenöffnung (Choanen); *it* Intertemporale; *j* Jugale; *l* Lacrimale; *m* Maxillare; *n* Nasale; *on* Ohrschlitz für das Trommelfell; *op* Opisthoticum; *p* Parietale; *paf* Foramen parietale; *pl* Palatin; *pm* Prämaxillare; *pp* Exoccipitale (Interparietale); *pr* Prooticum; *ps* Parasphenoid; *pt* Pterygoid; *q* Quadratum; *qf* Foramen quadrati; *qj* Quadratojugale; *sph* Sphenoidregion; *sq* Squamosum; *t* Tabulare.

- B. dermales Munddach (palatinaler — oder Gaumenkomplex); mit Vomer, Palatin, Pterygoid und Ektopterygoid (Transversum). Diese 4 Knochen tragen primär Zähne, da sie ja zum Außenskelett gehören. Knochen des Innenskeletts, also Knorpelknochen sind niemals bezahnt!
- C. Neurokranium (Neuralkranium, Hirnkapsel); von Knorpel des Endoskeletts gebildet, der weitgehend oder ganz verknöchern kann. Unten in der Mitte liegt zum Schutz meist ein großer Deckknochen, das Parasphenoid (Abb. 2, 3).

Diese bei den primitiven Amphibien vorhandenen Verhältnisse lassen sich auch bei den Knochenfischen wiedererkennen, wenn auch mannigfaltig modifiziert. Hier kommen noch die Kiemendeckel hinzu, die bei den Vierfüßern wegfallen. Ursprünglich war das Außenskelett des Schädels mit dem dermalen Schultergürtel (Außengürtel) verbunden, bei den primitivsten Amphibien hat sich das zuweilen noch erhalten.

Viele Lungenfische und Quastenflosser haben gegenüber den Vierfüßern eine wesentlich höhere Zahl von Knochen im Schädeldach, besonders in der Schnauzenregion¹. Ihre lange, von den Vierfüßern getrennte Sonderentwicklung macht es verständlich, daß man die Knochen ihres Schädeldaches nur schwer oder gar nicht mehr mit denen der Vierfüßer identifizieren kann. Am besten gelingt das noch mit den paarigen, längs der Mittellinie entwickelten sowie den am Kiefernrand gelegenen Elementen. Ganz unmöglich ist die Identifizierung mit den Knochen der Panzerfische. Hier ist ein anderer Bauplan verwirklicht.

Das Neurokranium der Wirbeltiere kann man von hinten nach vorne in mehrere Regionen gliedern. Hinten vermittelt die

Die nachstehende Tabelle nach W. K. Gregory zeigt, daß im Laufe der Stammesgeschichte die Zahl der Einzelknochen im Schädel der Wirbeltiere abgenommen hat.

	Schädelknochen
<i>Esox</i> (Hecht)	165 —
<i>Eusthenopteron</i> , ein devonischer Quastenflosser	143 —
<i>Palaeogyrinus</i> , ein karbonisches Amphib	90 —
<i>Eryops</i> , ein permisches Amphib	93 —
<i>Rana</i> (Frosch)	36 —
<i>Triturus</i> (Salamander)	41 —
<i>Diadectes</i> , permisches Reptil	62 —
<i>Sphenodon</i> , die lebende Brückenechse	52 —
<i>Boa</i> (Riesenschlange)	43 —
<i>Homo</i> (Mensch)	27 —

¹ Ein von Williston aufgestelltes Gesetz, auch Willistonsches Gesetz genannt, besagt, daß der Organismus im Laufe seiner Geschichte die Zahl seiner Teile zu verringern sucht. Es gibt allerdings eine Anzahl von Ausnahmen, so daß man besser von Willistonscher Regel spricht. Ausnahmen sind die starke Wirbelvermehrung bei den zahlreichen Vierfüßern (viele Schwanzlurche, Paddelchsen, Gymnophionen; Schlangen mit bis zu 565 Wirbeln) und einigen Fischen (aalförmige Fische mit bis zu 260 Wirbeln) oder die zusätzlichen Finger der Fischechsen.

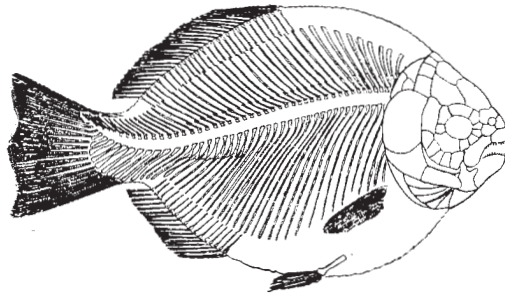
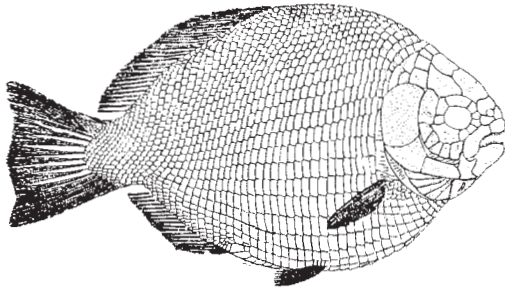


Abb. 4.
Dapedius, ein Ganoid-
 fisch des Lias (Holostei,
 Fam. Semionotidae),
 Länge gegen 25 cm.
 Oben: ganzer Fisch,
 (Außenskelett).
 Unten: derselbe Fisch,
 doch Schuppen und
 Schädelknochen (Exo-
 skelett) entfernt.
 Man sieht die knorpelige
 Wirbelsäule, der ver-
 knöcherte Wirbelkörper
 fehlt. Nach A. Smith-
 Woodward

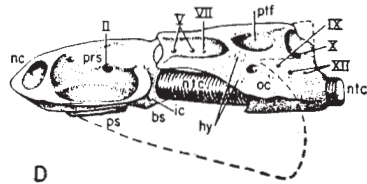
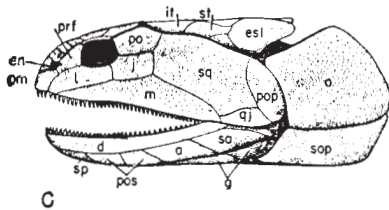
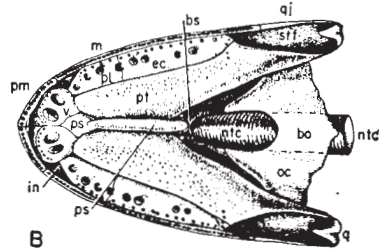
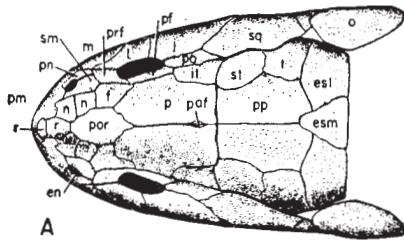
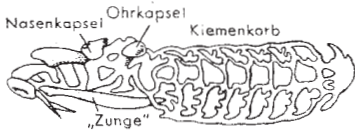
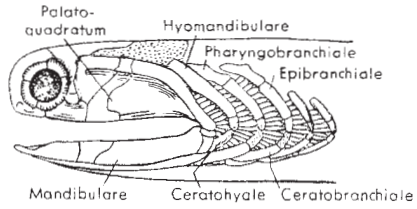


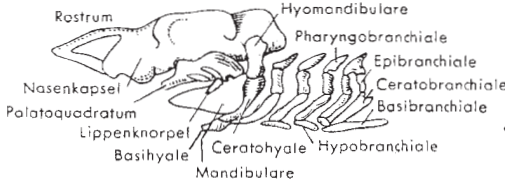
Abb. 5. Schädel eines devonischen Quastenflossers, Rekonstruktion nach A. S. Romer. A Schädeldach. B Gaumen. C Seitenansicht. D Gehirnkapsel. Bei den Vierfüßern kommen die Knochen des Kiemendeckels (*o* Operkulum; *sop* Suboperkulum) in Wegfall. Auch hier erkennt man sehr gut das Exokranium (A—C) in seiner Selbständigkeit gegenüber dem Endokranium (Gehirnkapsel, Neuralkranium). Etwa $\frac{1}{3}$. Nach A. S. Romer



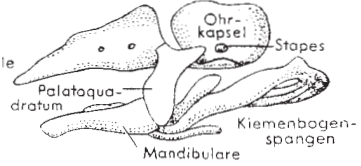
A Petromyzon



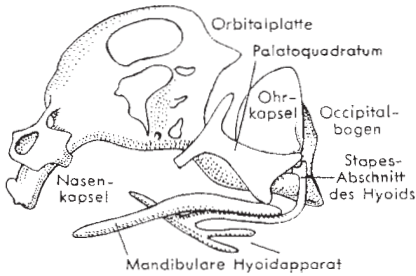
B Acanthodes



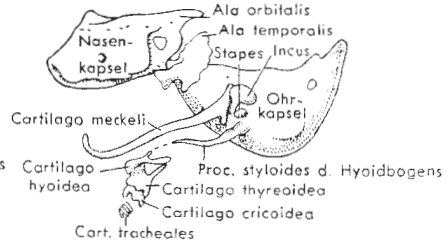
C Mustelus



D Amblystoma



E Sphenodon



F Homo

Abb. 6. Viszeralskelett und Hirnschädel von Vertretern aus sechs Wirbeltierklassen: A—C adulte Stadien; D—F Embryonen. Knorpel: punktiert; Knochen: weiß. A Neunauge; spezialisiertes knorpeliges Kopfskelett, das dem Neuro- und Viscerocranium anderer Vertebraten nicht ohne weiteres vergleichbar ist; der Kiemenkorb ist in seinem vorderen Abschnitt mit dem Hirnschädel verschmolzen. B Palaeozoischer Stachel„hai“ aus der Klasse der Placodermi; Kiefer sind vorhanden, das Hyomandibulare ist jedoch noch nicht spezialisiert (die Sklerotikalplatten der Orbita und ein schlanker Deckknochen ventral vom Mandibulare sind ebenfalls in der Abb. dargestellt). C Hai; hyostyler Typ der Kieferbefestigung. D Schwanzlurch; das Palatoquadratum ist reduziert, die Branchialbogen sind selbst im Embryonal- bzw. Larvalstadium rückgebildet. E Reptil (Sphenodon); der Hirnschädel ist unvollkommen ausgebildet. Hyoid- und Branchialbogen sind zu Hyoidapparat und knorpeligem Stapesabschnitt des Hyoids reduziert. F Menschlicher Fetus; das Neurokranium bildet nur die Basis und die Seitenwände des Schädelcavums. Das Palatoquadratum ist zu Alisphenoid und Incus (= Quadratum) reduziert. Der Meckelsche Knorpel (Mandibulare) ist ebenfalls rückgebildet, der proximale Abschnitt im adulten Zustand zum Malleus (Hammer) geworden. Andere Viszeralbogen- teile bilden Zungenbein, Processus styloideus, Stapes, Larynx- und Tracheal- knorpel. Nach A. S. R o m e r