

UNTERSUCHUNGEN  
ZUR  
VERGLEICHENDEN ANATOMIE  
DER  
WIRBELTHIERE

VON

Dr. CARL GEGENBAUR,  
PROFESSOR DER ANATOMIE IN JENA.

ERSTES HEFT.  
CARPUS UND TARSUS.

MIT SECHS TAFELN.

---

LEIPZIG,  
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1864.

21

2381-142

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

5

141098

SCIENCE

150  
500  
G23  
1-2

## Vorwort.

Einige umfangreichere Untersuchungen, die ich, zum Theil schon seit längerer Zeit, über theils weniger bekannte, theils in ihren grossen Zusammenhängen nicht näher gewürdigte Organreihen der Wirbelthiere begonnen habe, beabsichtige ich in mehreren Heften zu veröffentlichen, von welchen ich das erste den Fachgenossen hiermit vorlege.

In der dieses Heft füllenden Abhandlung übergebe ich eine Arbeit, welche versuchen soll, eine bis jetzt bestandene, nicht unbedeutende Lücke der vergleichenden Osteologie auszufüllen. Während über alle grösseren Skelettheile nicht bloss in zahlreichen Monographien, sondern auch in grösseren, zusammenfassenden Werken beschreibendes Material und vergleichende Beurtheilungen zahlreich vorliegen, waren Carpus und Tarsus relativ nur gering beachtete Theile und ausser gelegentlichen Beschreibungen dieser Abschnitte und wenigen vergleichenden Bemerkungen, wie wir sie z. B. Owen verdanken, lagen keine belangreichen Vorarbeiten vor. Von Cuvier werden zwar in dessen „Ossemens fossiles“ von Reptilien mehrfache, von Säugethieren zahlreiche Beschreibungen vor der Hand- und Fusswurzel gegeben und die Correctheit der schriftlichen wie der bildlichen Darstellung machte das berühmte Werk auch für die genannten Zwecke zu einer wichtigen Fundgrube: allein Amphibien und Vögel sind so gut wie gar nicht berücksichtigt und alle Vergleichen einfach auf die beim Menschen sich treffenden Einrichtungen bezogen, so dass eigentlich nur die Organisation des Carpus und Tarsus der Säugethiere darin eine strengere vergleichende Beurtheilung erfährt. Aehnlich verhält sich die bekannte Abhandlung von Dugès über die Amphibien, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Erklärungen, ohne Berücksichtigung der Kluft, die gerade zwischen den unge-

schwänzten Amphibien und den Säugethieren besteht, meist ganz willkürlich oder unter unbegründeten Voraussetzungen aus der menschlichen Anatomie entnommen wurden. Die meisten der sehr zahlreichen Osteographen sind diesen Vorgängern entweder einfach gefolgt oder glaubten mit einer Angabe der Anzahl der betreffenden Knochenstücke allen Anforderungen Genüge geleistet zu haben. Bei dieser Sachlage war es für mich nöthig nicht bloss das anatomische Material, welches die letzten 60 Jahre zu Tage gefördert, vergleichend zu benutzen, sondern auch zahlreiche eigene Untersuchungen anzustellen, wobei mir die Berücksichtigung der embryonalen Zustände von grossem Werthe war und in mehr als einem Falle von günstigem Erfolge begleitet wurde. Wie aber die Berücksichtigung der früheren Zustände des Individuums für die Beurtheilung der späteren vom wichtigsten Einflusse ist, so musste auch hier von den einfacheren Zuständen der Organismen zu den complicirteren höheren vorgeschritten werden. Die Untersuchung der bezüglichen Organisation der Amphibien war mir daher unerlässlich und ich glaube dadurch nicht nur das, worin ich mit den Vorgängern übereinstimme, fester begründet, sondern auch die Punkte, in welchen ich von früheren Ansichten abweichen musste, genügend aufgeklärt zu haben. Weshalb ich auch hier die Fische noch ausser Betracht liess, habe ich ausführlich in dem Abschnitt über den Carpus dargelegt.

Meine Aufgabe zerfällt in einen allgemeinen und einen besonderen Theil, beide innig vereinigt. Bezüglich des allgemeinen Theils meiner Aufgabe wollte ich versuchen, ob und wie die bei den höheren Wirbelthieren gegebenen Verhältnisse aus den unteren Formen ableitbar wären, ob gewissermassen gemeinsame Verhältnisse den Einrichtungen aller Classen zu Grunde lägen, und in welcher Art die Modificationen sich verhielten, welche die, die einzelnen Abtheilungen auszeichnenden Einrichtungen bedingten. So sehr auch von vorn herein eine Uebereinstimmung der Einrichtung des Carpus und Tarsus, aus der bei den meisten Wirbelthieren bestehende äusseren Aehnlichkeit von beiderlei Extremitäten zu bestehen scheint, die vielleicht dem weniger Kundigen grösser sich darstellt als dem mit den Organisationsverhältnissen Vertrauten: so geht doch aus den schon zu Cuvier's Zeit bekannten Thatsachen soviel hervor, dass an den gleichen Abschnitten der Extremitäten verschiedener Wirbelthierclassen ganz gewaltige Veränderungen der specielleren Organisation vorhanden sind. Diese, beim ersten

Blicke höchst abweichenden Verhältnisse aufzuhellen, indem ich sie aus successiven, bald im Individuum bald in niederstehenden Zuständen hervorgegangenen Umwandlungen nachwies, war mir mehr angelegen als eine Zusammenstellung der formenreichen Variationen einzelner bereits erklärter Theile innerhalb engerer Ordnungen. Daher waren auch die Säugethiere relativ am wenigsten berücksichtigt worden. Mit Zugrundelegung der von mir aufgestellten Gesichtspuncte der Beurtheilung wird es Jedem leicht sein auch jene Variationen aus dem ohnehin zur Genüge vorliegenden Materiale auszusuchen und zu verstehen.

Das Speciellere meiner Aufgabe ist dahin gerichtet, neben den Verhältnissen der Zahl und des Volumens der einzelnen Theile das Charakteristische der Verbindungsweise derselben und der Gestaltung hervorzusuchen und es mit niederen und höheren Zuständen des Gesamtorganismus in Einklang zu bringen. Für jede einzelne untersuchte Abtheilung der Wirbelthiere konnten so ziemlich scharf umgrenzte Merkmale aufgestellt werden, aus denen vielleicht auch für die Zoologie — die Paläozoologie mit inbegriffen — noch manche Förderung erwächst. Indem ich nachweisen konnte, dass selbst innerhalb kleinerer Abtheilungen im Carpus — und Tarsusbaue ganz bestimmte Modificationen bestehen, wird es möglich, diese bis jetzt nur wenig zur Beurtheilung des ganzen Organismus verwendeten Abschnitte des Skeletes gründlicher in Betracht zu ziehen und besonders zur Aufklärung der Verwandtschaftsverhältnisse grösserer Classen zu benützen. In der Beurtheilung der Extremitäten des schon früher einmal von mir berücksichtigten *Compsognathus*, sowie der Hand- und Fusswurzel der *Protosauri* habe ich versucht, schon jetzt die an den lebenden Amphibien und Reptilien getroffenen Thatsachen für die untergegangenen zu verwerthen und hätte gern gewünscht, Solches in einem grösseren Maasstabe ausführen zu können, da ich der Ueberzeugung bin, dass in den Skeletelementen des Carpus und Tarsus mindestens ebenso charakteristische und für die Beziehungen des Gesamtorganismus zu anderen wie zur Aussenwelt ebenso wichtige Bildungen, wie in den übrigen dem Volum nach ansehnlicheren Theilen des Skeletes sich vorfinden. Leider sind aber viele der paläontologischen Werke bei aller Genauigkeit und Sorgfalt, die auf Beschreibung und Abbildung verwendet ist, für obige Zwecke nicht gut dienlich und es bedürfte auch hier wieder der nur im seltneren Falle durchführbaren Autopsie.

Es zog sich also auch hier eine Grenze, wie sie auf der andern Seite durch die Absicht, alle für die Vergleichung überflüssige Detailbeschreibung zu vermeiden,

sich erhob; die Fasslichkeit wird darunter nicht gelitten haben. Zudem geben die Abbildungen, welche der geehrte Herr Verleger beizugeben gestattet hat, auch dem mit den Objecten nicht unmittelbar Vertrauten die nöthigen Unterlagen der Anschauung.

So glaube ich nicht nur durch die vorstehende, wenn auch in gar vielen Stücken noch lückenhafte Untersuchung die Erkenntniss der Organisation der Wirbelthiere um Einiges zu fördern, sondern hoffe auch Anregung zu geben für das Verständniss allmählichen Werdeus, durch welches allein die vergleichende Anatomie ihre wissenschaftliche Bedeutung empfängt.

Jena, im Mai 1864.

C. Gegenbaur.

# Inhalt.

## Erster Abschnitt.

	Seite
<b>Vom Carpus</b> . . . . .	1
Carpus der Salamandrinen . . . . .	3
Siredon, Menobranhus . . . . .	8
Menopoma, Cryptobranhus, Proteus . . . . .	9
Carpus der ungeschwänzten Amphibien . . . . .	12
Vergleichung des Carpus der ungeschwänzten Amphibien mit dem der Urodelen . . . . .	16
Schildkröten . . . . .	18
Eidechsen . . . . .	22
Beurtheilung der Carpusreste der Protorosauri . . . . .	27
Enaliosaurier . . . . .	31
Crocodile . . . . .	32
Vergleichung des Crocodilcarpus mit dem der anderen Reptilien . . . . .	37
Vögel . . . . .	38
Verwandschaft zwischen Crocodil- und Vogelcarpus . . . . .	41
Säugethiere . . . . .	42
Rückblicke . . . . .	51

## Zweiter Abschnitt.

<b>Vom Tarsus</b> . . . . .	54
Geschwänzte Amphibien . . . . .	54
Proteus . . . . .	55
Salamandrinenlarven . . . . .	55
Siredon, Menobranhus, Menopoma, Cryptobranhus . . . . .	56
Tarsus der ausgebildeten Salamandrinen . . . . .	58

	Seite
Ungeschwänzte Amphibien . . . . .	59
Vergleichung des Tarsus der ungeschwänzten Amphibien mit dem der geschwänzten	67
Reptilien . . . . .	67
Schildkröten . . . . .	68
Eidechsen . . . . .	71
Fossile Saurier mit der Tarsusbildung der lebenden Eidechsen . . . . .	81
Protosauri . . . . .	82
Compsognathus, Mittelstufe zwischen Reptilien und Vögeln . . . . .	85
Crocodile . . . . .	87
Vögel . . . . .	93
Entwicklung des Fuss skelets der Vögel . . . . .	95
Vergleichung des Vogelfusses mit dem der Reptilien . . . . .	105
Säugethiere . . . . .	109
Rückblicke . . . . .	111

### Dritter Abschnitt.

Vergleichung zwischen Carpus und Tarsus . . . . .	115
---	-----

## Erster Abschnitt.

---

### Vom Carpus.

Eine vergleichend-anatomische Untersuchung des Handwurzelskelets müsste, wie jede ähnliche Arbeit, der herrschenden Meinung gemäss mit der die niederste Stufe der Wirbelthiere einnehmenden Classe der Fische beginnen, hier die Ausgangspuncte suchen, von denen zu den höheren Formen vorzuschreiten wäre, und somit in den niedersten Organisationszuständen eine feste Basis für die Beurtheilung des Weitergebildeten gewinnen. Von vornherein halte auch ich die Behandlung vergleichend osteologischer Gegenstände nach jener Auffassung für vollkommen richtig und wünschenswerth, aber eine sorgfältige Erwägung der Sachlage hat mich belehrt, dass es für jetzt nicht möglich ist in der Classe der Fische die Grundlagen für die Vergleichung des Extremitätenskelets der Wirbelthiere aufzufinden. Wenn es auch möglich war die diesseits des Carpus gelegenen Abschnitte der Vorderextremität der Fische auf ihre Homologa bei den übrigen Wirbelthieren zurückzuführen, wie aus der gründlichen Arbeit Mettenheimer's\*) hervorgeht, so widerstrebt gerade der als Carpus anzusehende Abschnitt an der Hand der Fische jeder specielleren Deutung seiner einzelnen Theile, ebenso wie die Theile der Mittelhand und der jenseits derselben liegenden Flossengebilde. Der Umstand, dass bei den Knochenfischen und Ganoiden eine einzige Reihe von Knochen als Carpus angesehen werden kann, verbietet diese Stücke mit dem mehrreihigen Carpus der Wirbelthiere in engeren Zusammenhang zu bringen, sowie auf der andern Seite der vielgliedrige Carpus bei Selachiern (Rajidae) und Dipnois durch das Uebermaass der an ihm hintereinander gefügten Stücke jede speciellere Vergleichung unmöglich macht. Wir müssen uns somit begnügen bei den Fischen einen Abschnitt der Extremität zu kennen, der dem Carpus der übrigen Vertebraten in toto entsprechen mag, der aber in seinem

---

\*) Disquisitiones anatomico-comparativae de membro piscium pectorali institutae in Museo regio Berolinensi. Berolini 1847. 4.

engeren Verhalten eine Vergleichung der Einzelstücke für jetzt wenigstens als unzulässig erachten lässt. Auch darin bietet sich bei den Fischen, jedenfalls unter den Knochenfischen, eine Erscheinung dar, die uns diese Abtheilung als eine von den übrigen Wirbelthieren weiter entfernte zu erkennen giebt, indem sie uns das Vergebliche der Bemühung zeigt, die Vergleichung bis auf die kleinere Ausführung der Theile fortzusetzen. Es fehlen eben die Zwischenformen, durch welche die Fische mit den übrigen Wirbelthieren verbunden sind.

Da es aber sicherlich besser ist, Dinge die noch ganz ausserhalb des Bereiches der Vergleichung liegen, Verhältnisse, für welche bis jetzt noch gar keine engere Verbindung mit den übrigen Vertebraten nachweisbar ist, gar nicht in den Kreis der Betrachtung zu ziehen, als durch mehr künstliche als natürliche Erklärungsversuche der Natur Gewalt anzuthun, durfte ich auch zu dieser Untersuchung die Fische nicht herbeiziehen. Mögen also spätere Forschungen das bis jetzt noch Fremdartige des als *Carpus* angesehenen Abschnittes der vorderen Extremität der Fische, durch Nachweis von Zwischengliedern morphologisch verständlich machen, Forschungen die eher auf dem Gebiete der Palaeontologie, als durch Untersuchung lebender Formen gefördert werden möchten \*).

---

\*, Anmerkung. Die Zusammensetzung des Skelets der gesamten vorderen Extremität bietet bekanntlich bei den Teleostiern und Ganoiden so viele Eigenthümlichkeiten dar, dass sich dadurch gegen alle übrigen Wirbelthiere eine viel tiefere Kluft ergibt, als die ist, welche zwischen den einzelnen Abtheilungen der letzteren sich findet. Es erscheint mir selbst das gänzliche Fehlen oder die rudimentäre Bildung der Extremitäten in einzelnen Gruppen nicht so sehr wichtig, als die sonderbaren Verbindungsweisen und Anfügungen der einzelnen Stücke am Schultergürtel. Selbst wenn man zugiebt, dass alle jene Skelettheile in der Weise wie es z. B. von Mettenheimer geschah, gedeutet werden dürfen, bleibt soviel des Eigenthümlichen übrig, dass an einen Uebergang in die Verhältnisse der höheren Organismen kaum gedacht werden kann. Für die Beurtheilung der Extremitätengebilde genannter Fische sind nach meiner Meinung zwei Gesichtspunkte denkbar. Erstlich könnte man sie einfach als niedere Bildungen ansehen, von denen die höheren sich ableiteten; zweitens können sie als Zustände betrachtet werden die, von einfacheren ausgegangen, in complicirtere zwar, allein nicht weiter sich fortsetzende, übergegangen wären. Prüfen wir diese beiden Auffassungsweisen näher. Im ersten Falle würden die genannten Gebilde gewissermassen als embryonalen Zuständen analog zu betrachten sein. Sie müssten denn die Charaktere der Biegsamkeit an sich tragen, einfachere Verhältnisse bieten, als die entsprechenden Theile der höheren Thiere. Davon ist aber keine Spur vorhanden. Die dem Armskelet entsprechenden Theile sind um vieles mehr complicirt als bei den übrigen Wirbelthieren, die Verbindungen völlig abweichend. Auf die Verhältnisse des Radius, der so oft in grosser Ausdehnung mit der Clavicula verbunden ist, auf jene der Ulna die als platter Knochen ebenfalls der Clavicula angefügt ist, aufmerksam zu machen, bedarf es wohl nicht. Da ist nichts was unentschieden wäre, was das Armskelet nur vorbildete. Alles ist vielmehr in starre Formen, in feste Beziehungen getreten. Damit ergibt sich denn die zweite Auffassung von selbst als die richtigere; eine dritte ist unmöglich. Die

So mag also die Darlegung meiner Untersuchungen über den Carpus sogleich mit den Amphibien beginnen, von welchen ich zuerst die Urodelen vorführe, da bei diesen sich solche Verhältnisse finden, die für die ganze Lehre vom Baue des Carpus von grosser Wichtigkeit sind. Da mir aber die Entwicklung des Carpus nur bei den Salamandrinen zugänglich war, aus der Entwicklung jedoch gar Manches für das Verständniss des Carpus anderer Amphibien Erspriessliche hervorgeht, so muss ich die Salamandrinen den Peremibranchiaten und Dero-tremen vorgehen lassen.

Vom Carpus der Salamandrinen finden sich durch Cuvier \*) ausführlichere Beschreibungen gegeben, welche wahrscheinlich den nicht speciell genannten gefleckten Landsalamander zum Objecte hatten. Bis auf Unbedeutendes finde ich die Cuvier'schen Angaben zutreffend. Ebenso genau sind die Angaben von Dugès über Triton marmoratus. Man zählt am Carpus erwachsener Exemplare vom Salamander sieben Stücke, von denen fünf aus verkalkten platten Knorpeln bestehen, an denen nur die Ränder noch unverändert knorpelig zu treffen sind, indess im Innern vielfach fetttröpfchenhaltige Zellen einen Markraum ausfüllen. Der grösste dieser Knochen entspricht der Ulna, und nimmt auch noch die Hälfte des distalen Endes des Radius auf. (Taf. I. Fig. 2. *ul.*) Am radialen Rande dieses Carpusstückes schliesst sich ein viel kleineres nur mit einem unansehnlichen central gelagerten Knochenkerne versehenes knorpeliges Stück (*r*) an, welches gegen den Metacarpus zu ein zweites noch kleineres, ähnlich beschaffenes Knorpelstückchen (*2*) trägt. Ulnarwärts von diesem trifft man ein fast die Mitte des Carpus einnehmendes verkalktes Stück (*e*), welches zum Theil von den schon beschriebenen Stücken, zum Theil von den drei noch übrigen begrenzt wird. Die letztern bieten die Anfügstellen für die vier Metacarpusstücke. An das, von dem Ulnarrande aus gerechnet, erste Stück fügt sich das vierte Metacarpale, das dritte an das zweite, und das erste und zweite ist

---

vordere Extremität der Fische scheint in der Form wie wir sie kennen durch eine Reihe von Umbildungen entstanden zu sein, die von einer auch in die übrigen Wirbelthiere (zunächst Amphibien) sich fortsetzenden einfacheren, oder Grundform, ausging, aber allmählich sich von dieser Grundform viel weiter verlor als die Extremitäten der übrigen Wirbelthiere, welche unter sich in der Extremitätenbildung mehr gemeinsames besitzen als mit den Fischen, und, in den unteren Classen wenigstens, in der ganzen Anlage des Extremitätenskelets, durch grössere Einfachheit ausgezeichnet sind. Dass mit dieser Auffassung auch die anatomischen Verhältnisse der übrigen Organisation zusammenstimmen, ist nicht sehr schwer zu erkennen.

\*) Ossemens fossiles. Ed. IV. vol. X. p. 324. — In der Abbildung die Cuvier auf Pl. 254 in Fig. 15 vom Vorderarm des „Wassersalamanders“ (Salamandre aquatique) gegeben hat, finden sich nicht unbedeutende Abweichungen von der citirten Beschreibung, bei welcher sich übrigens nicht auf die Figur speciell bezogen wird.

am ersten Carpusstücke dieser Reihe befestigt, welches zu diesem Behufe zwei in einem Winkel zusammenstossende Gelenkflächen besitzt.

Da bei den Amphibien mit vierfingerigen Vorderextremitäten der innerste Finger oder Daumen verkümmert und schwindet — wie das bei den ungeschwänzten Amphibien sich erweisen lässt — so ist es der zweite und dritte Metacarpusknochen, den wir an einem einzigen Carpalstücke befestigt finden, während der 4. und 5. sein eigenes Carpusstück besitzt. Darin muss ich von Cuvier's Angaben abweichen, dass — beim erwachsenen Thiere — jedes Metacarpusstück seinen Carpusknochen besitze, in welchem Falle das zweite Knorpelstück an der Radialseite des Carpus den Träger für das zweite \*) Metacarpale abgeben würde, der mit einer ganz kleinen Parthie seines Basalknorpels es allerdings berühren kann. Bei alledem ist Cuvier's Angabe nicht ganz unrichtig, denn bei ganz jungen Larven (Taf. I. Fig. 1) ist das zweite Metacarpusstück (II) jenem ersten knorpeligen Carpusstücke <sup>2</sup> angefügt, und es ist leicht möglich, dass ein solches Verhalten persistiren kann.

Es ist ersichtlich, dass nach dem Geschilderten eine Anordnung der Handwurzelstücke in Querreihen, und zwar ganz speciell in drei aufeinander folgende, wie solches manchmal sich angegeben findet, in keiner andern Weise erkannt werden kann, als wenn man offenbar zusammengehörige in Eine Reihe zu rechnende Stücke, wie z. B. jene drei, welche die Metacarpusknochen tragen, als mehreren Reihen angehörig ansieht, was doch durchaus unstatthaft ist. Zudem ist mit einer solchen Vertheilung für die Deutung, für die eigentliche Erklärung der einzelnen Stücke gar nichts geleistet, da ja damit nicht nachgewiesen wird, wie die den Reptilien und Säugethieren zukommenden Carpusbildungen, die von jener vermeinten dreireihigen Anordnung so sehr abweichen, daraus hervorgehen. Lassen wir also zunächst jegliche Beurtheilung der Reihenbildung zur Seite, und nicht minder jegliche in weitem Sprunge von dem Säugethiercarpus entlehnte Deutung, die uns, wie das durch Stannius \*\*) geschah, den inmitten der übrigen Carpusstücke liegenden Knochen als Os lunatum bezeichnen liesse: oder den diese Verhältnisse unter allen Autoren sonst am richtigsten beurtheilenden Dugès \*\*\*) dazu brachte, in dem inmitten aller übrigen gelegenen Knochen das Pisiforme zu vermuthen, und das Hamatum in einem Knochen zu suchen der nur einen einzigen Finger trägt. Suchen

---

\*) Anmerkung Bei der Bezeichnung der Metacarpusknochen will ich fortan jeden mit der ihn bei der fünffingerigen Hand treffenden von der Radialseite aus gezählten Ziffer belegen, so dass also bei den vierfingerigen Amphibien der erste Metacarpusknochen als zweiter u. s. f. aufgeführt werden soll.

\*\*) Zootomie der Amphibien pag. 81.

\*\*\*), Recherches sur l'ostéologie et la myologie des Batraciens. pag. 166.

wir vielmehr vor Allem die realen Verhältnisse genauer und in grösserem Kreise als das bisher geschah festzustellen. In dieser Beziehung bietet der Carpus neugeborner Larven manchen interessanten Anschl. (Vergleiche Taf. I. Fig. 1.) Alle Stücke sind in diesem Stadium zwar vollständig differenziert, allein noch durchaus knorpelig. Das distale Ende des Radius ( $R$ ) ist im Vergleiche mit späteren Stadien etwas breiter, in einen griffelförmigen Fortsatz am äusseren Rande ausgezogen. Statt der zwei Knochen beim Erwachsenen fügen sich drei einzelne Stücke an den Vorderarm an. Einer ( $r$ ) entspricht dem Radius, verbindet sich mit einem Theile von dessen Endfläche, und ist im Carpus des erwachsenen Thieres das nur mit einem kleinen Knochenkern versehene radiale Stück. An der Stelle des sowohl der Ulna als auch dem Radius sich anfügenden, grösseren Stückes, sind bei der Larve zwei völlig discrete Knorpel vorhanden, von denen der eine grössere ( $r$ ), beiden Vorderarmknochen correspondirende, an seiner ulnaren Seite eine Concavität besitzt, in welche der kleinere, am ulnaren Rande des Carpus gelegene ( $u$ ) und mit einem kleinen Theile der Ulna verbundene Knorpel eingreift. Die Grenzmarke zwischen diesen beiden Knorpeln ist schmaler, unansehnlicher, als die zwischen den übrigen, aber es lässt sich dennoch die Selbständigkeit beider Stücke zweifellos darthun, und eine Trennung kann leicht zu Stande gebracht werden. Während in späteren Zuständen die Grenze zwischen beiden Knorpeln aufhört und eine völlige Verschmelzung beider selbst noch vor der Verkalkung auftritt, so ist in früheren Stadien, z. B. bei Embryen, deren Dottersack noch einen beträchtlichen Umfang besitzt, eine bedeutendere Selbständigkeit zu erkennen. Es verhalten sich die drei Stücke dann so, dass je eines der beiden äusseren einem der Vorderarmknochen entspricht, in vollständigem und genauem Anschlusse an das Ende derselben, während das mittlere, von dem wir bei Larven schon einen Anschluss an das ulnare Stück sahen, in unentschiedenen Beziehungen zu beiden sich findet. Es hat eine langgestreckte Gestalt und ragt fast zur Hälfte zwischen die in jenem Entwicklungsstadium mit ihren distalen Enden divergirenden Stücke des Vorderarmskelets. Das Verhalten dieses Stückes wie überhaupt der drei an den Vorderarm sich anschliessenden ist so ganz ähnlich den Zuständen des Tarsus auf derselben Entwicklungsstufe, dass ich in dieser Hinsicht auf die vom Tarsus eines Salamanderembryon gegebene Abbildung (Taf. IV. Fig. 1) verweisen darf. Es geht aus Obigem zur Genüge hervor, dass ursprünglich drei vollkommen selbständige Knorpel- oder Skeletstücke eine erste Reihe im Carpus bilden, und dass zwei dieser Knorpel sich später zu einem Stücke verbinden. Die im Verlaufe meiner Untersuchungen über den Carpus gemachten Erfahrungen lassen mich auf jene Thatsache grosses Gewicht legen und der Umstand, dass wir jenen drei Stücken noch öfter begegnen und sie vielfach ganz selbständig bleiben sehen, mag recht-

fertigen, wenn ich sie jetzt schon mit besonderen Benennungen unterscheide. Das an den Radius gereilte Stück mag *Os carpi radiale*, das der Ulna entsprechende: *Os carpi ulnare*, das zwischen beiden und sogar theilweise noch zwischen Radius und Ulna gelagerte mag *Os carpi intermedium* heissen. Die so auffallende Beziehung des Intermedium zu den Vorderarmknochen schwindet sehr bald; bei den oben erwähnten Larven springt es nur wenig in den an der Vereinigungsstelle von Radius und Ulna gelegenen Winkel vor, bei halberwachsenen Thieren ist selbst von diesem Verhalten kaum eine Andeutung erhalten, woraus zu ersehen, dass im Verlaufe der Entwicklung auch in den Verhältnissen von Radius und Ulna nicht unbedeutende Veränderungen vor sich gehen.

Die Verschmelzung des Intermedium mit dem Ulnare findet sich auch bei Tritonen vor, wenigstens bei *Triton taeniatus*, deren Carpus durch ein im Vergleiche zu den übrigen, zum Unterschiede von *Salamandra maculosa* völlig verkalkten Knorpelstücken, sehr grosses Intermedio-ulnare besitzt (Fig. 7. *uv*). Das Radiale ist wie bei *Salamandra discret*, verfällt aber beim Erwachsenen der Verkalkung. Bei *Tr. taeniatus* verschmilzt es mit dem ersten radialen Stück der folgenden Reihe (Fig. 7. 2). Bei *Triton Wurfbainii*, dessen Carpusstücke gleichfalls völlig verkalken, während sie bei *Triton palmatus* zum grossen Theile knorpelig bleiben, ist das Intermedium mit dem Ulnare längere Zeit hindurch so eng verbunden, dass man beide an trockenen Präparaten für einen einzigen Knochen halten möchte; am frischen Objecte ist das Getrenntsein beider leicht zu erweisen; sobald man mit der Präparirnadel die Verbindung zu lösen sucht. Wenn sie jedoch noch nicht zu einem Ganzen verbunden sind, so deutet doch die ganz enge Aneinanderlagerung das bei den anderen Arten erfolgreichere Bestreben der Verschmelzung an, welche letztere auch wirklich noch eintritt. Bei einer grösseren Anzahl ausgewachsener Exemplare habe ich ein Intermedio-ulnare gesehen, an dem keine Spur einer Trennung wahrzunehmen war. Auch bei *Tr. palmatus* ist ein Intermedio-ulnare vorhanden, ja dieses verwächst sogar zuweilen mit dem mittleren, centralen Stücke, welches ich seiner Lagerung wegen als *Os centrale carpi* bezeichnen will. Dieses bei alleiniger Berücksichtigung des menschlichen Carpus ganz unverständliche Stück, von dem Dugès \*) sagt, dass es ein Knochen sei, der am meisten seine gewöhnlichen Beziehungen verloren habe, wenn man nicht in ihm das Pisiforme erkennen wolle, zeigt uns am deutlichsten die Nothwendigkeit einer objectiven Auffassung. Stannius vergleicht es, wie schon erwähnt, dem Lunatum, wobei er freilich die Gründe verschweigt. Dass weder an ein Pisiforme noch an ein Lunatum gedacht werden kann, scheint auf der Hand zu liegen, und ebenso ist zweifellos, dass der

\*) op. cit. p. 166

indifferentere Name unter diesen Umständen vorzuziehen. Die Beziehungen des Centrale sind bei Salamandra wie bei Triton die gleichen: es wird ringsum von allen übrigen Carpusknochen begrenzt, nur das Ulnare macht bei Salamandra-Larven davon eine Ausnahme, indem es durch das da bestehende Intermedium davon abgeschlossen ist. Bei Triton *Wurfbainii* wird das Centrale noch an einer kleinen Stelle vom Ulnare berührt.

Bezüglich der noch übrigen vier Carpusknochen gelten die für Salamandra erwähnten Verhältnisse auch für die Tritonen. Doch ist bei *Tr. Wurfbainii* das Metacarpale II mit dem an der Radialseite gelegenen Stücke, welches auf das Radiale folgt in Beziehung, was bei allen Tritonlarven noch viel ausgesprochener ist. Aus diesem Umstande, dass in früheren Entwicklungsstadien das Metacarpale II an ein besonderes Carpusstück angefügt ist (wie auch das Metacarpale III sein eigenes Stück besitzt) und erst im Laufe der Entwicklung seine Beziehungen zum Carpus ändert, möchte ich den Schluss ziehen, dass jenes Carpusstück nicht einem sonst den Daumen tragenden Trapezium (*Multangulum majus*) entsprechen kann, wie das Dugès aufstellt, sondern ein dem zweiten Metacarpale ursprünglich zugetheilter, also etwa mit dem Trapezoideum (*Multangul. minus*), wenn man will, übereinkommender Knochen ist.

Es ergibt sich also die Beziehung des Metacarpale II und III zum Carpus als eine secundäre, nicht ursprünglich vorhandene, und dadurch entstanden, dass das Metacarpale II von seinem Carpusstücke sich allmählich entfernt, und endlich mit dem Metacarpale III gemeinsam von einem von vornherein diesem letzteren angehörigen Carpusstücke getragen wird. Jedem der vier Metacarpusstücke kommt also bei den Salamandrinen ein gesondertes Stück des Carpus zu, und so verstehen sich diese vier Stücke als Metacarpusträger, durch welche die Beziehungen der Hand zum oberen Carpusabschnitt ebenso vermittelt werden wie die des Vorderarmes zum unteren Carpusstücke durch Radiale, Ulnare und Intermedium.

Wenn ich oben gezeigt habe, dass das zweite Metacarpale ein später von ihm verlassenes Carpusstück besitzt, welches nicht das Trapezstück sein kann, so ergibt sich daraus mit Nothwendigkeit, dass auch das zweite jener Carpusstücke nicht dem Trapezoideum entsprechen könne, sowie ferner das dritte kein Capitatum und das vierte und letzte kein Hamatum ist, wie Dugès diese Stücke benannt hat. Auf welche Theile der Handwurzel der Säugethiere sie zurückgeführt, oder richtiger, welche Theile aus ihnen abgeleitet werden können, wird sich im weiteren Verlaufe dieser Mittheilungen ergeben. Vorläufig dürfte es besser sein, auch hier jede vorschnelle Vergleichung ruhen zu lassen und die mit dem Metacarpus in Beziehung stehenden Carpusstücke einstweilen durch indifferentere Namen zu unterscheiden. Sie können vielleicht am einfachsten als Carpalstücke bezeichnet werden.

bei denen ein beigefügter Exponent der Nummer des dazu gehörigen Metacarpusknochen entspricht, und so zugleich diese wichtige Beziehung ausdrückt. Am Carpus der Salamandrinen wird das, von der Radialseite aus gerechnet, erste Stück als Carpale<sup>2</sup>, das letzte, am ulnaren Rande gelegene, als Carpale<sup>5</sup> zu bezeichnen sein. —

Unter den Perennibranchiaten finde ich bei Siredon in der Carpusbildung die grösste Aehnlichkeit mit den Salamandrinen. Der Carpus (Taf. I. Fig. 3) ist im Ganzen flach, besteht aus einzelnen, mosaikartig an einander gelagerten Knorpelstücken, an denen keine Spur einer Verkalkung wahrzunehmen ist\*). Alle Knorpelstücke sind platt und gleichmässig dicht an einander gefügt. An den Vorderarm stossen drei gesonderte Stücke. Ulnare und Radiale von gleich grossem Umfange fassen ein viel beträchtlicheres Intermedium zwischen sich, welches in einem von den distalen Endflächen von Ulna und Radius gebildeten Winkel vorspringt und so an die Verhältnisse erinnert, die es vorübergehend bei den Salamanderlarven besitzt: das Intermedium verbindet sich mit einer langen Fläche mit dem Centrale und um dieses lagern noch vier Carpalia, die ich wie jene bei den Salamandrinen aufzufassen mich berechtigt glaube, da im Ganzen dieselben Verhältnisse obwalten.

Das Carpale<sup>2</sup> trägt einen Theil der Basalfläche des Metacarpale II, welche zum andern Theile an das Metacarpale III angefügt ist. Carpale<sup>4</sup> et <sup>5</sup> sind ausschliesslich mit je einem Metacarpale verbunden.

Nur wenig verschieden von Siredon ist Menobranchus. Der Carpus (Taf. I. Fig. 4) bleibt gleichfalls vollständig knorpelig und ebenso verhalten sich die Enden von Radius und Ulna und die Basen der Metacarpalien. Ulnare und Intermedium sind inniger mit einander verbunden, als bei den übrigen, so dass an die vorübergehenden Zustände von Salamandra lebhaft erinnert wird. Zwischen beiden tritt ein Blutgefäss hindurch und in der Nähe dieser Stelle ist die Trennung am deutlichsten. Das Intermedium (*i*) grenzt nur an einer ganz kleinen Strecke an die Ulna, nimmt dagegen einen grossen Abschnitt des unteren Endes des Radius auf und stösst mit seinem inneren Rande an das Radiale (*r*). Das Centrale (*c*) ist in einen vom letzteren und dem Intermedium gebildeten, einspringenden Winkel eingebettet und wird nach abwärts oder vorn von 3 Carpalien begrenzt, von denen jedes einem der drei ersten Finger (II. III. IV) entspricht: ein viertes Carpale (*s*) an das Ulnare und Carpale<sup>3</sup> stossend, trägt den vierten Finger. Das zweite ist das breiteste und nimmt noch einen Theil vom ersten Metacarpale auf.

\* Anmerkung. Auch an den langen Knochen des Skelets von Siredon, wie bei Proteus, Menobranchus und Menopoma sind grosse Stücke an den Enden vollkommen knorpelig.

Einige geringe Abweichungen von den bisher gegebenen Befunden des Carpus zeigt *Menopoma* (Taf. I. Fig. 6), bei dem übrigens die Texturverhältnisse der bezüglichen Skelettheile ganz mit denen der aufgeführten Perennibranchiaten übereinstimmen. Ulnare (*u*) und Intermedium (*i*) sind kleiner als bei den übrigen, das letztere ragt zwischen Ulna und Radius ein. Auch das Radiale (*r*) ist unansehnlicher, es gestattet dem Centrale (*c*) bis zum Radius sich emporzustrecken, so dass der letztere an 3 Carpusstücke stösst. Von den 4 unteren Carpalien ist das erste bei grosser Breite des zweiten nur an einer ganz kleinen Stelle mit dem bezüglichen ersten Metacarpalknochen (II) verbunden, von dem der grösste Theil seiner Basalfläche dem Carpale<sup>2</sup> (<sup>3</sup>) mit angefügt ist. Das Carpale<sup>2</sup> begrenzt mit dem 3. und 4. den unteren, convexen Rand des Centrale, welches also sehr wechselnde Beziehungen haben kann, bald mehr gegen den inneren Rand des Carpus, bald mehr gegen den äusseren Rand vorrückend. Der gesammte Carpus von *Menopoma* besitzt eine mehr rhomboïdale Form, indem der Radius weiter vorragt, als die Ulna und diesem Verhalten entsprechend die 4 Metacarpalien in schräger Linie angeordnet sind.

Für *Cryptobranchus* scheinen nach den neueren Veröffentlichungen\*) über den Bau dieses Thieres keine bedeutenden Abweichungen zu bestehen, es ist mir aber nicht möglich, aus den nur allgemein gehaltenen Angaben, wie aus der unbestimmt gehaltenen bildlichen Darstellung des Carpus, die nicht genau unterscheiden lässt, was etwa noch dem Radius oder der Ulna angehört, sichere Anhaltspunkte für eine Deutung zu schöpfen. Radiale, Intermedium und Ulnare sind am wenigsten scharf unterscheidbar, dagegen erkennt man das Centrale und 4 Carpalia, von denen das zweite, breiteste, wie vorhin 2 Metacarpalien trägt.

Die grosse Uebereinstimmung im Baue des Carpus der Perennibranchiaten, Derotremen und Salamandrinen, wie ich sie bisher darlegen konnte, lässt schliessen, dass auch *Cryptobranchus* nicht wesentlich abweiche. Dies wird selbst dadurch wohl nur im geringeren Grade beeinträchtigt, dass bei *Proteus* andere, beim ersten Blicke sehr abweichende Zustände des Carpus gegeben sind. *Rusconi*\*\*\*) bildet fünf discrete Stücke ab, von denen *Meckel*\*\*\*\*) mit Recht vermuthet, dass einer von ihnen nur die knorpelige Epiphyse des Radius sei, indessen die beiden

\*) Anmerk. Während in v. Siebold's *Fauna japonica* Carpus wie Tarsus des *Cryptobranchus* nur als eine einzige Masse dargestellt sind, haben die neueren Mittheilungen über die Anatomie des *Cryptobranchus* von F. J. J. Schmidt, G. J. Goddard und J. van der Hoeven Haarlem 1862. 4. genauere Abbildungen gebracht (Taf. II. Fig. 5) und auch kurze Beschreibungen geliefert.

\*\*) Monogr. del Proteo anguino Pavia 1819.

\*\*\*\*) Syst. d. vergl. Anat. Bd. II. p. 457.

vorderen der ersten Reihe nur durch künstliche Trennung des dritten entstanden wären. Ich finde den Carpus (Taf. I. Fig. 5) nur aus 3 Stücken gebildet, die wie bei den anderen Perennibranchiaten platt, polygonal gestaltet und völlig knorpelig sind, wie auch die Enden der Vorderarmknochen und die Basen der 3 Metacarpalien ansehnliche Knorpel vorstellen. An Ulna und Radius fügen sich 2 Stücke an, eines quergelagert (*u*), an beide Vorderarmknochen stossend, das andere (*v*), der Länge nach gerichtete, nur dem Radius angefügt und an seinem unteren Ende den ersten Metacarpusknochen (II) tragend. Es bildet somit dieses ein Stück den ganzen inneren Rand der Handwurzel. Das dritte Stück (*x*) setzt sich an die beiden vorerwähnten an und trägt 2 Metacarpalien (III. IV). Die bei allen übrigen geschwänzten Amphibien getroffenen Verhältnisse sind somit in einer auffallenden Weise abgeändert; wie sie mit den anderen in Zusammenhang stehen, ist von vornherein nicht mit Gewissheit zu sagen, denn es ist weder in der Entwicklungsweise des Carpus der Urodelen, noch im fertigen Zustande desselben eine Anordnung der Carpusstücke vorhanden, welche auf die des Proteus sofort bezogen werden kann. Wenn ich dennoch versuche, eine Deutung der letzteren vorzunehmen, so kann es nicht ohne die Erklärung geschehen, dass ich damit keineswegs eine definitive Deutung aufzustellen beanspruche. Die Untersuchung des Carpus von Amphiuma, welches Thier mir nicht zu Gebote stand, vielleicht auch die Auffindung neuer Perennibranchiaten-Formen wird die für jetzt noch bestehende Lücke ausfüllen und an die Stelle einer nicht auf unmittelbare Beobachtungen gestützten Deutung eine fester begründete treten lassen. Wir haben bei der Beurtheilung des Carpus von Proteus auch die Reduction der übrigen Hand in Betracht zu nehmen. Es bestehen 3 Finger, die Metacarpalien von ziemlich gleicher Länge, am ersten, radialen, sind 2 Glieder, am zweiten, mittleren wiederum 2, am ulnaren ist 1 Glied vorhanden. Der mittlere Finger ist der längste. Da gezeigt worden ist, dass jedem Metacarpale ursprünglich ein Carpale entspricht und da es höchst wahrscheinlich ist, dass mit dem Schwinden von Fingern auch die bezüglichen Carpalstücke ihre Selbständigkeit verlieren oder verschwinden, so ist es nicht unwichtig, zunächst auf eine Deutung der Finger einzugehen. In dieser Beziehung bemerke ich, dass die Verkümmernng eines radialen Fingers, die bei einzelnen Urodelen z. B. den Salamandrinen vorkommt, es wahrscheinlich macht, dass, wenn wir fünf Finger für die typische Grundform annehmen, ausser dem auch sonst fehlenden ersten radialen Finger noch der ulnare zu Verluste ging, so dass die 3 vorhandenen den drei mittleren dem 2., 3. und 4. Finger entsprechen. Es müssten also das Carpale <sup>2, 3, 4</sup> vorhanden sein, statt welcher wir nur ein einziges, den mittleren und den ulnaren Finger tragendes Stück antreffen, während der radiale Finger mit einem dem Radiale entsprechenden Carpusstücke verbunden ist.

Dass sich ein Stück der zweiten Reihe mit dem Radiale verbinden kann, ist oben bei Triton erwähnt worden (Vergl. oben S. 6. und Taf. I. Fig. 7. r. 2). Es ist also nicht ohne alle Analogie, dass auch hier ein solcher Vorgang stattgefunden hat und ebenso möchte ich annehmen, dass das andere, eigentliche Stück der zweiten Reihe gleichfalls aus einer Verschmelzung hervorging. Es bleibt somit nur ein einziges, allerdings am schwierigsten zu deutendes Stück, das oben an die Ulna und auch noch an einen Theil des Radius angefügt ist. Dass in ihm das Ulnare und Intermedium, welches schon bei den Tritonen nicht mehr durchgehend getrennt ist, sondern bei manchen als ein einziges Stück erscheint, erkannt werden müsse, scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen. Wie es sich aber mit dem Centrale verhalte, ist mir vollständig dunkel und ich muss es dahin gestellt sein lassen, ob dieses ebenfalls in dem ulnaren Stücke mit aufgegangen ist, oder ob es in allmählicher Rückbildung einfach verschwand. \*)

---

\*) Anmerkung. Es könnte hier die Frage aufgeworfen werden, ob der einfachere Zustand der Hand bei Proteus nicht als eine niederstehende Einrichtung angesehen werden könnte, aus der die anderen, eine grössere Fingerzahl und reichlichere Carpusstücke besitzenden Formen hervorgegangen wären. Es würde sich so jener Zustand als ein embryonaler ansehen lassen, der mit Hinblick auf den Carpus die später sich trennenden Elemente vereinigt besässe. Diese Auffassung könnte einige Berechtigung haben, wenn durch sie an jene höheren Formen angeknüpft werden könnte, oder wenn sie eine Vermittlung gegen andere niedere Zustände, so z. B. an die bei Fischen gegebene, bildete. Es trifft sich aber keines von beiden. Dagegen steht ihr die Thatsache entgegen, dass das Vorkommen grösserer Summen von Einzelstücken am Skelete ein Characteristicum niederer Zustände ist. Wir sehen, wenn wir gerade speciell die Entwicklungsverhältnisse der Hand- oder Fusswurzel betrachten, wie Veränderungen der Zahl der Stücke immer nur Verminderungen sind, die durch Verschmelzung mehrerer untereinander zu Stande kommen und es besteht kein einziger Fall, in welchem schon selbständig praeformirte Stücke sich wiederum theilten. (Dass ich jene Fälle, in welchen durch das Auftreten mehrerer Knochenkerne in einem einzigen Knorpelstücke scheinbar eine Mehrzahl von Skelettheilen aus einer Anlage hervorgeht, nicht hier in Anschlag bringen darf, ist selbstverständlich. Sie müssen von einem ganz anderen Gesichtspunct aus beurtheilt werden). Somit dürfte auch hier die geringe Zahl der Stücke viel eher aus einer Rückbildung hervorgegangen sein, als aus einer noch nicht stattgefundenen Differenzirung. Auch das Verhalten der übrigen Handtheile stimmt damit überein. Es ist unverkennbar, dass der Metacarpus wie die Phalangen bei Proteus mit den gleichen Theilen einer vollständigen Hand übereinstimmen. Wir können sie nur auf solche, nicht aber auf niedere Zustände, wie sie bei den Fischen vorkommen, beziehen, und es ist viel naturgemässer, dass eine geringere Fingerzahl aus einer grösseren, durch Verkümmern und Schwinden einzelner sich ableitet, als dass die Minderzahl, weil sie für sich eine einfachere Bildung vorstellt, zugleich einem niederen Zustand entspricht, aus dem sich erst ein durch eine Mehrzahl von Fingern charakterisirter herausbildete. Alle diese Erwägungen führen uns dahin, die Extremitäten von Proteus als rückgebildete anzusehen. Es sind derartige Fragen und ihre Erörterungen von der grössten Wichtigkeit für die Auffassung

Der Carpus der ungeschwänzten Amphibien wurde in seinen einzelnen Theilen zuerst durch Dugès' \*) Untersuchungen genauer bekannt, denn die Darstellungen Cuvier's \*\*) beschränken sich auf ganz kurze Angaben und auch das was Meckel \*\*\*) angeht, reicht an Vollständigkeit lange nicht an die vom erstgenannten Forscher gegebene Schilderung. Von den übrigen Autoren vor Dugès verdient nur Martens †) noch besondere Beachtung, da dieser zwar eine ganz kurze Beschreibung aber eine in manchen Stücken ganz treffende Deutung giebt. Wenn ich nun zwar den von Dugès dargelegten Thatbestand in allem Wesentlichen anerkenne, so kann ich in keiner Weise mit den von ihm vorgenommenen Deutungen einverstanden sein. Es geht auch Dugès von der vorgefassten Meinung aus, im Carpalskelet der Amphibien die Repräsentanten der Knochen des menschlichen Carpus sofort erkennen zu können, und zu dieser Vergleichung hält er Pelobates für vorzüglich geeignet. Ich erachte es hier wieder für richtiger, erst die Anschlüsse an die geschwänzten Amphibien herzustellen. Pelobates und Bombinator bieten die grössere Zahl von Carpusstücken, Rana und Bufo eine geringere. Da bei den Salamandrinen eine Verminderung der Stücke aus nachgewiesenen Verschmelzungen einzelner abgeleitet werden konnte, ist es zweckmässiger, Pelobates und Bombinator hier den Fröschen und Kröten vorangehen zu lassen.

Den beiden Knochen des Vorderarmes entsprechen bei Pelobates und Bombinator zwei knorpelig bleibende (im Alter nur durch Verkalkung veränderte) Carpusstücke (Taf. I. Fig. 8. u. v.), von denen das Ulnare von Dugès als „Pyramidale“, das Radiale als „Semilunaire“ angesehen worden ist. Beide sind ziemlich von gleicher Grösse und stossen mit einer ansehnlichen Fläche aneinander. Sie stellen die Knochen der ersten Reihe vor. In welcher Weise wir sie den Salamandrinen gegenüber zu deuten haben, ist schwer zu sagen, da dort drei Stücke vorhanden sind. Das dem Radials angefügte Stück könnte dem Radiale der Salamandrinen, das der Ulna angefügte dem Ulnare entsprechen, wenn ein Intermedium vorhanden wäre. Da letzteres fehlt, auch bei sehr jungen Larven nicht vorhanden

---

der Organisationsverhältnisse, für das eigentliche Verständniss derselben, und wenn sie bis jetzt nur wenig gewürdigt worden sind, so mag daraus hervorgehen, dass man sich um die morphologische Bedeutung der Organe in der Thierreihe eben wenig gekümmert hat und es mag sich dadurch unsere im Vergleiche zur Kenntniss des Einzelnen, thatsächlich Gegebenen noch sehr geringe Erkenntniss der Beziehungen des Einzelnen zu grösseren Organenreihen erklären.

\*) op. cit. p. 70.

\*\*) Anat. comp. ed. séc. vol. I. p. 441. und Oss. foss. X. p. 302.

\*\*\*) Syst. d. vergl. Anat. Bd. II. p. 459.

†) Anatomiae Batrachiorum prodromus. Diss. 8. Halae. 1820.

ist, können wir nicht sagen, ob es, wie allerdings der bei den Salamandrinen gefundene Verschmelzungsvorgang zu berechtigen scheint, schon in der Anlage des Ulnare mit eingeschlossen ist, so dass also letzteres einem Intermedio-ulnare entspräche, oder ob es gar nicht vorhanden, und etwa in jenen Zuständen, aus denen die ungeschwänzten Batrachier sich hervor entwickelten, verloren gegangen sei. So sehr die Analogie der Verschmelzung bei den Salamandrinen sich auch geltend zu machen scheint, so wenig halte ich ihre Annahme für durchaus nothwendig, denn eine andere Thatsache kann für den Anfall des Intermedium sprechend angesehen werden. Das ist die Verschmelzung der Vorderarmknochen. Es ist oben gezeigt worden, dass das Intermedium ursprünglich sich ebenso zwischen Radius und Ulna einschiebt, wie es zwischen dem Radiale und Ulnare liegt, dass also seine Function zwischen Carpus und Antibrachium getheilt ist. Wo nun durch Verschmelzung von Radius und Ulna einem Intermedium seine Beziehung zu diesen Knochen von vornherein genommen wird, ist es gewiss nicht unwahrscheinlich, dass in der allmählichen Bildung jenes Verschmelzungsprocesses auch der Untergang des Intermediums gegeben ist. Doch ist dies ebenfalls nur eine Annahme und es ist ebenso nicht unwahrscheinlich, dass der Vorgang der Verschmelzung der Vorderarmknochen erst nach der Vereinigung des Intermedium mit dem Ulnare aufgetreten ist. An das Radiale lenkt ein ansehnliches Stück, auf welches bei Bombinator wie bei Pelobates fünf vom Ulnarrand des Carpus gegen den Radialrand zu an Grösse abnehmende Stücke folgen, die, besonders deutlich bei Bombinator, das erstere rings umgeben, bis auf die Fläche, welche dem Radiale angefügt ist. Ich muss zuerst diese fünf Stücke näher vorführen. Das erste, von Dugès als „Crochu“ bezeichnet, ist von der Grösse des Radiale; es liegt breit dem Ulnare an und stösst bei Pelobates noch mit einer kleinen, bei Bombinator mit einer sehr grossen Fläche ans Radiale und trägt bei beiden Thieren den Metacarpusknochen des fünften Fingers. Das zweite kleinere Stück dieser Reihe hat Dugès als „Capitulum“, das dritte noch kleinere als „Trapézoide“ und das vierte kleinste als „Trapèze“ aufgefasst. Jedes dieser Stücke trägt je einen Metacarpusknochen. Das fünfte, vom ulnaren Rande an gerechnet, wird als „Metacarpe du pouce“ bezeichnet, da dem entsprechend ein letzterem angefügtes bei Pelobates conisch gestaltetes, bei Bombinator sehr kleines, elliptisches und knorpelig bleibendes Stück als Phalange des Daumen angesprochen worden ist. \*) Für letztere Annahme, und damit auch Deutung des kleinen Stückes als Metacarpale, ist gar kein Grund vorhanden. Jenes,

\*) Anmerkung. Bei Bombinator ist der sogenannte Metacarpus pollicis ein conischer mit einer flachen Vertiefung einem anderen Carpusstücke angefügter Knorpel, an dessen Spitze die gleichfalls knorpelige „Phalanx“ mit einer ebenfalls vertieften Seitenfläche aufsitzt.

vom Radialrand an gerechnet, erste Metacarpusstück des Dugès liegt vollständig im Carpus, sowie die Daumenphalange Dugès' im Metacarpus liegt. Ich sehe daher in der angeblichen Daumenphalange das Rudiment des Metacarpale I, im vorgeblichen Carpalstück des Daumen ein echtes Carpusstück, ganz von demselben Werthe wie die übrigen vier, mit denen es in einer und derselben bogenförmig gekrümmten Reihe sich findet. Nach dieser Auffassung kann natürlich auch den übrigen von Dugès gegebenen Deutungen keine Geltung mehr zugestanden werden. Die Unrichtigkeit dieser Deutungen wird übrigens auch ohne das klar sein, denn das Capitatum trägt bekanntlich das dritte Metacarpale, hier nach Dugès das vierte; und so finden sich auch die übrigen Stücke in ganz anderen Beziehungen als man nach ihren vom menschlichen Carpus hergenommenen Bezeichnungen fordern müsste. Alle fünf, den aus ebensoviel Stücken bestehenden Metacarpus tragenden Carpusstücke, halte ich jenen homolog, die — bei den vierfingerigen Urodelen nur zu viere vorhanden — den Larven der Salamandrinen zukommen, und bei diesen, wie bei *Menobranchus* und *Siredon* dauernd, je ein Mittelhandstück an sich befestigt haben.

Es erübrigt noch, dem zwischen jenen fünf Carpalstücken und dem Radiale gelegenen grösseren Knorpelstücke (*c*) eine Stellung anzuweisen. Bei *Bombinator* wird es nicht gar schwer, darin das Centrale der Salamandrinen, *Perennibranchiaten* und *Derotremen* zu erkennen, denn es wird wie bei den Salamandrinen, fast ganz von den übrigen Carpusstücken umgrenzt, und nur das Ulnare hat diese Beziehung zum Centrale aufgegeben. Bei *Pelobates* wird es weniger ungeschlossen und bildet sogar einen Theil des radialen Carpusrandes, was vielleicht Dugès veranlasste, es als „Scaphoide“ zu erklären.

Bei *Rana* (*R. temp.* und *escul.*) verhalten sich Radiale und Ulnare wie bei den vorher erwähnten Gattungen, sie bilden die erste Reihe (Taf. I. Fig. 8. *u. r.*), welcher Meckel noch das von mir dem Centrale der Urodelen entsprechend gehaltene beizählt. Diese Auffassung ist insofern für *Rana* irrig, als hier das Centrale nie mit den Vorderarmknochen zusammenstösst, dagegen passt sie für *Bufo*, wo wirklich drei Knochen mit dem Antibrachium verbunden sind (Taf. I. Fig. 11. *u. r. c.*). Das bei *Bombinator* vom Vorderarm noch ganz entfernte, bei *Pelobates* und *Rana* durch Verschmelzung des Radiale dem Radius näher gerückte Centrale setzt sich bei *Bufo* (*B. variabilis* und *cinereus*) in eine den Radiusabschnitt des Vorderarms erreichende Verlängerung fort und trägt dort noch eine dem Antibrachium zugewandte Gelenkfläche. Dadurch ist die Deutung dieses Knochens an sich sehr erschwert, und nur die Kenntniss der ganzen Reihe liefert eine sichere Basis zur Beurtheilung. Auch *Pseudis* besitzt das Centrale vom Antibrachium entfernt, so dass nur Radiale und Ulnare die erste Reihe bilden. Zur Aufnahme eines

Fortsatzes des den inneren Carpusrand mit bildenden Centrale ist das Radiale mit einem tiefen Einschnitte versehen. Aehnlich verhält sich Phryniscus (Ph. crueiger), nur dass hier das Centrale noch weiter gegen die Ulna zu am Ulnare sich mit einem Fortsatze emporschiebt, ohne aber die Ulna zu erreichen.

Man könnte hier eine der meinigen entgegengesetzte Reihe der Schlussfolgerung aufstellen und sagen: da sich bei Bufo drei Knochen in der ersten Reihe dem Vorderarm angefügt vorfinden, ist es naturgemässer diese drei den drei der primitiven Handbildung der geschwänzten Amphibien zukommenden zu vergleichen, und in ihnen Radiale, Intermedium und Ulnare gegeben finden; dann wäre bei Bombinator u. Pelobates das Radiale als aus der Reihe gerückt zu betrachten, und somit für dasselbe nicht weniger verlangt als von mir für das Centrale bei Bufo. So bestechend für den ersten Augenblick diese Auffassung auch sein mag, um so mehr als sie das Verhältniss des von mir für die ungeschwänzten Amphibien zweifelhaft gelassenen Intermedium aufzuklären scheint, so wenig kann ich sie für die correctere halten. Ich habe drei sehr wichtige Bedenken dagegen. Erstlich würde durch die Adoptirung jener Auffassung die offenbar ganz richtige Deutung der übrigen Handwurzelstücke eine andere, und das mit der Handwurzelbildung der geschwänzten Amphibien Uebereinstimmende würde vollständig aufgelöst, das Centrale der letzteren müsste hier als fehlend angesehen werden, wogegen ein durch die Verhältnisse der Vorderarmknochen viel eher als fehlend anzunehmender Knochen, das Intermedium, als vorhanden erklärt würde. Zweitens ist gegen jene Auffassung einzuwenden, dass der bei Bufo scheinbar als Radiale sich darstellende Knochen, das eigentliche Centrale, bei Bombinator wie bei Pelobates das Carpale<sup>1</sup> trägt, sowie auch die übrigen Carpalia sich angefügt hat, welche Function noch in keinem Falle beim Radiale gefunden worden ist. Endlich möchte ich noch als dritten Grund, und bedeutendsten, die Entwicklung geltend machen, welche nachweist, dass jenes fragliche Radiale ursprünglich vom Vorderarme (resp. Radius) ganz getrennt ist, und erst allmählich dieses sein an Bombinator und Pelobates sich anschliessendes Verhalten aufgiebt, indem es sich an die Aussenseite des eigentlichen Radiale legt und an diesem zum Vorderarme emporwächst. Ich bin der Meinung, dass dieser letzte positive Grund, dem die anderen theoretischen Erwägungen stützend zur Seite stehen, die Bedeutung des fraglichen Knochens als Centrale sattsam feststellen wird.

Nach dem bei Pelobates und Bombinator im Anschlusse an die geschwänzten Amphibien für die übrigen Stücke des Carpus Erörterten ergiebt sich die Erklärung derselben Theile auch für Rana und Bufo sehr leicht. Es sind drei Stücke die vom Ulnarrand gegen den Radialrand an Grösse abnehmen. Das, vom Ulnarrand an gerechnet, erste Stück ist das ansehnlichste (Fig. 9, <sup>5</sup>, <sup>4</sup>, <sup>3</sup>, <sup>2</sup>, <sup>1</sup>), Cu-

vier legt ihm keine besondere Deutung zu. Martens erklärt ihm, wie später ersichtlich sein wird, ganz richtig dem Hamatum und Capitatum entsprechend, während ihn Dugès aus jenen beiden letztgenannten Knochen und dem Multangulum minus entstanden sich denkt. Da er auf drei gelenkkopfartigen Vorsprüngen drei Metacarpusknochen trägt, will ich ihn einfach als aus drei Carpalien, dem Carpale<sup>3-5</sup> entstanden ansehen. Bei jungen Exemplaren, oder noch deutlicher bei Larven von *Bufo* ist der das Metacarpale III tragende Theil dieses grossen quer im Carpus liegenden Knochen ein gegen die übrige Masse durch eine ringförmige Einschnürung abgegrenztes Stück, welches auf senkrechtem Durchschnitte seine Trennung noch deutlicher zeigt. Bei Larven von *Rana* habe ich solches nicht beobachten können, hier ist das Einheitliche des Stückes schon bei der frühesten Sonderung des Carpus gegeben. Bei *Phryniscus* dagegen entspricht das grosse Stück nur zwei Carpalien, trägt auch nur zwei Mittelhandknochen und ihm folgt radialwärts ein kleiner rundlicher Knochen (Taf. I. Fig. 10, 3), an den das dritte Metacarpale gereiht ist. Hier ist aber derselbe Theil ein discreter Knochen, der bei Larven von *Bufo* nur durch eine ringförmige Furche vom Hauptstücke abgesetzt war.

Auf das grosse Stück folgt ein kleineres dem das Metacarpale II angefügt ist, es entspricht den „Trapèze“ von Dugès und ist mir Carpale<sup>2</sup>, während ich als Carpale<sup>1</sup> ein noch kleineres, bei Kröten zuweilen vermisstes, bei *Rana* und bei *Phryniscus* aber leicht darstellbares und häufig ganz knorpelig bleibendes Stück bezeichne, welches das Rudiment des Metacarpale I trägt.

Dieses Carpale<sup>1</sup> ist dasselbe, welches Dugès bei *Rana* wie bei *Pelobates* als Metacarpe du pouce bezeichnete. Bei jungen Exemplaren von *Rana* ist es nur ein ganz unansehnliches, beim Skeletiren der Hand leicht mit den Weichtheilen sich entfernendes Stückchen. Verhältnissmässig ansehnlich ist es in der von Cuvier von der Hand eines amerikanischen Frosches gegebenen Abbildung\*). Das hieran angefügte Metacarpale des Daumen — nach Dugès Phalange des Daumen — kann ich bei unsern einheimischen Fröschen nie so beträchtlich finden, wie es Dugès abgebildet hat, es entspricht an Grösse und Form vielmehr der vorhin citirten Darstellung Cuvier's. Bei *Bufo vulgaris* habe ich das Carpale<sup>1</sup> (Taf. I. Fig. 11. 1) dicht neben das Carpale<sup>2</sup> gerückt getroffen, so dass das Metacarpale II auf beiden Knochen aufsass.

Vergleichen wir den gesammten Carpus der ungeschwänzten Amphibien mit dem der geschwänzten, so haben wir zuerst zu constatiren dass, mit Ausnahme des Intermedium, alle dort getroffenen Knochen auch hier vorhanden sind, ja sogar noch ein Carpale mehr, da noch ein dem Daumen entsprechender Finger, wenn

\*) Ossemens fossiles. Pl. 252. Fig. 38. c.

auch nur im Rudimente vorhanden ist. Der ersten Reihe ist eigenthümlich das Radiale und Ulnare, welchen bei *Bufo* noch das Centrale radialwärts sich anreihet. Dieses letztere Stück hat bei allen seine bei den Salamandrinen wie bei *Menopoma*, *Menobrachus* und *Siredon* noch ganz centrale Lage aufgegeben, rückt an den Radialrand des Carpus, wenig bei *Bombinator*, mehr bei *Pelobates* und *Pseudes*, noch mehr bei *Rana* und *Phryniscus* und am meisten bei *Bufo* vortretend. Es steht dieses allgemeine Verhalten des Centrale vielleicht in Zusammenhang mit der geringeren Entwicklung der ersten Finger, die nur zwei Phalangen besitzen, indess die beiden letzten dreigliedrig sind \*). Der letzte Finger besitzt also eine Phalange mehr als bei den Salamandrinen. Man könnte hier einwenden, dass auch bei den letzteren die beiden ersten Finger eine geringe Gliederzahl aufweisen, der erste eine Phalange, der zweite zwei, allein der ganze Carpus ist da, wie sogleich gezeigt werden soll viel indifferent. Die Grössen-Abnahme der Carpalia vom Ulnarrand gegen den Radialrand spricht ebenfalls für die das Vortreten des Centrale mit bedingende Erscheinung der Verkümmernng der radialen Hälfte der Hand. Eine fernere Eigenthümlichkeit des Carpus, die aber nur einen Theil der Amphibia anura trifft, ist das Vorkommen eines einzigen Carpalstückes an der Stelle des dritten, vierten und fünften oder nur das des vierten und fünften Carpale der Urodelen. Bei *Pelobates* und *Bombinator* sind alle Carpalia discret, zwei Carpalia sind bei *Phryniscus* verschmolzen, drei bei *Rana* und *Bufo*.

Während die Carpalstücke der Amphibia anura auch in histiologischer Beziehung mit jenen der Urodelen übereinkommen, entweder aus reinem Hyalinknorpel \*\*) bestehen, oder, wenn auch zumeist sehr spät nur durch Knorpelknochen dargestellt werden, so ergibt sich eine bis jetzt kaum gewürdigte Verschiedenheit in der Art der Differenzirung der einzelnen Stücke. Bei den Urodelen gleich-

---

\*) Anmerkung. Eine Ausnahme macht *Pseudes*, bei welchem die Gliederreihe der Finger folgende ist: 3. 3. 4. 4. Als neues, zugefügtes Glied giebt sich das vorletzte jedes Fingers zu erkennen. Es ist eigenthümlich gestaltet, etwas dicker als die vorhergehenden und auch beträchtlich kürzer, so dass es sammt dem gleichlangen Endgliede noch nicht die Länge des vorhergehenden Gliedes erreicht. An seinen Gelenkflächen, welche an beiden Enden Pfannen sind, besitzt es auch bei Larven einen ganz dünnen Knorpelüberzug. Alles übrige besteht aus verkalktem Knorpel. —

\*\*) Anmerkung. Der Carpus vieler fossiler Amphibien war wohl gleichfalls dauernd knorpelig gebildet, da sich von ihm durchaus keine Ueberreste erhalten haben, indess sowohl Vorderarm als Mittelhand in situ sich finden. Ausser *Andrias Scheuchzeri* sind ungeschwänzte Amphibien anzuführen: *Latonia Seyfriedi*, *Palaeophrynos Gessneri*, *Pelophilus Agassizii*, *Palaeophrynos dissimilis*, vergl. H. v. Meyer z. Fauna der Vorwelt. Fossile Säugethiere, Vögel, Reptilien aus dem Molasse Mergel von Oenigen, fol. mit 12. Taf. Frankfurt a/M. 1845. —

artige oder doch nur wenig in formeller Beziehung von einander verschiedene Gebilde, mit zumeist ebenen und schmalen Flächen aneinandergefügt, und ebenso mit Vorderarm und Mittelhand verbunden, sind die gleichen Carpusstücke der Anura sowohl unter sich verschieden, durch stumpfe Fortsätze, und andere Reliefverhältnisse der Oberfläche charakteristisch gebildet. Das Gleichartige der Form ist offenbar verschwunden und hat einer einen höheren Entwicklungsgrad aussprechenden Differenzirung und Individualisirung Platz gemacht. Schon während des Larvenzustandes ist solches zu erkennen, vollkommener kommt es zum Ausdruck da wo Verkalkung des Knorpels eintritt. Damit ist endlich auch eine Vervollkommnung der Gelenke verbunden, und die zumeist ebenen oder doch nur wenig gekrümmten Berührungsflächen der Carpusstücke der Salamandrinen werden durch stark gewölbte fast gelenkkopfartige Bildungen, welchen pfannenähnliche Vertiefungen der nächsten Skeletstücke entsprechen, vertreten. So wird der ganze Carpus und damit auch die Haut, ein von dem Homologon der geschwänzten Amphibien anatomisch und damit auch functionell sehr wesentlich verschiedenes Gebilde.

---

Es bieten also unter den Amphibien die Ungeschwänzten, wie sonst in ihrem Skeletbaue, auch in der Carpusbildung einen eigenthümlichen, aus dem Carpusbaue der Geschwänzten zwar ableitbaren, allein, wie sofort nachgewiesen werden soll nicht in höhere Organismen übergehenden Zustand dar. Das geht recht deutlich aus einer Untersuchung des Carpusbaues der Reptilien hervor, welche in keiner ihrer Abtheilungen an die Amphibia anura angeschlossen werden können. Wohl aber finden sich bei ersteren sehr auffallende Uebereinstimmungen mit den geschwänzten Amphibien, indem die einzelnen Theile des Carpus der Chelonier aus dem bei den Salamandrinen wie bei den Perennibranchiaten und Derotremen dargelegten Verhalten unmittelbar abgeleitet werden können.

Da es am zweckmässigsten ist das Einfachere, leichter Ueberschaubare, dem, durch Complicationen dem raschen Verständniss Entzückten vorausgehen zu lassen, beginne ich mit der Schilderung des Carpus von Chelydra (Taf. II. Fig. 1). Hier finden sich neun gesonderte, in Grösse wie in Form wenig von einander abweichende Stücke, von denen eines an die Ulna, ein anderes an den Radius stösst, und ein drittes (*i*) von diesen beiden wie von den Vorderarmknochen begrenzt wird. Es ist das ganz zweifellos derselbe Knochen der bei den Urodelen als Intermedium bezeichnet wurde. Unter dem Intermedium und seitlich von Radiale und Ulnare begrenzt, ist ein viertes Stück (*i*) inmitten des Carpus eingebettet, dem von mir als Centrale bei den Amphibien bezeichneten Knochen homolog, und hat hier

genau dieselben Lagerungsbeziehungen wie bei den Larven der Urodelen. Cuvier \*) bezeichnet denselben Knochen als: „os intermédiaire qui parait correspondre à l'os trapézoïde qui l'on voit dans les singes“. Wie richtig des berühmten Anatomen Urtheil ist, wird später erwiesen werden \*\*). Nach diesen vier Knochen, von denen Radiale, Centrale und Ulnare in einer Querreihe liegen, folgt wieder eine aus fünf, oberflächlich mehr quadratisch gestalteten Knochen bestehende Querreihe, welche den Metacarpus trägt. Das Carpale <sup>1</sup> und Carpale <sup>2</sup> verbinden sich mit je einem Metacarpale. Das Metacarpale III mit dem dritten und vierten Carpale, das Metacarpale IV mit dem vierten und fünften, und letzteres trägt ausserdem noch das Metacarpale V. So finde ich das Verhalten am trockenen Skelete. Berücksichtigt man nun, dass jeder Carpusknochen mit einem, namentlich an den Verbindungsflächen nicht unbeträchtlichen Knorpelüberzuge versehen ist, so kann man wohl annehmen, dass der ganze Carpus am lebenden Thiere mehr in die Breite gezogen erscheinen musste, wobei dann jedem Carpale ein Metacarpale entsprochen, und sich ihm mit seiner Basalfläche verbunden haben musste.

Während das distale Ende der Ulna bei Chelydra nur wenig gegen das des Radius zurückgetreten ist, wird dieses Verhältniss ausgeprägter bei den anderen typischen Formen, und dadurch wird eine Störung der Reihenordnung erzeugt. Bei Chelys, die sich sonst an Chelydra wohl am meisten anschliesst, erstreckt sich der Radius fast dicht ans Carpale <sup>1</sup>, und bei anderen Gattungen wird durch die ungleiche Grösse der einzelnen Stücke eine ähnliche Störung bezweckt. Sehr gross und wie die übrigen Stücke abgeplattet, ist das quadratische Ulnare bei Chelonia (Taf. II. Fig. 2), dem das ähnlich gestaltete Intermedium (?) radialwärts angefügt ist. Es tritt das nicht an den distalen Rand, sondern an eine Seitenfläche des Radius, und wird mit dem Ulnare gleichmässig an den distalen Ulnarrand befestigt. Cuvier hat beide Knochen für die einzigen der ersten Reihe

\*) Ossemens fossiles. vol. IX. p. 428.

\*\*\*) Da Cuvier die Beziehungen des von mir als Centrale bezeichneten Carpusstückes zu dem bei den Säugethieren als Intermedium benannten, ganz bestimmt erkannt hat, so müsste ich dem Centrale den älteren Cuvier'schen Namen „Intermedium“ belassen, und es käme meinem Intermedium eine andere Bezeichnung zu. Die Verhältnisse meines Intermedium zu den Vorderarmknochen, wie jene des Centrale zu den übrigen Knochen des Carpus lassen mich diese Benennungen für passender, bezeichnender erachten; zudem glaube ich, dass mir der Versuch einer ersten vergleichend-anatomischen Behandlung eines Skeletabschnitts einiges Recht giebt zur Veränderung von Bezeichnungen, die nicht auf tiefer durchgeführte Vergleichen begründet waren. Zudem wird derselbe Knochen, den Cuvier bei den Säugethieren als „Intermediaire“ bezeichnet, bei den Reptilien (Chamaeleon) als „Centrale“ aufgeführt. Vergl. Oss. foss. X. p. 97.

gehalten, da ihm das Radiale entgangen zu sein scheint\*). Das letztere ist aber, wenn auch als ein sehr kleiner Knochen, vorhanden (Taf. II. Fig. 2. r). Wie bei *Chelys* sind auch bei *Trionyx* (nach Cuvier's Darstellung) die ersten drei Carpusknochen vorhanden. Bei *Emys* und *Testudo* ist jedoch das Radiale mit dem Centrale zu einem einzigen quergerichteten Stücke vereinigt, und bei *Emys* (Fig. 3) wird die ursprüngliche Beziehung des Intermedium (*i*) dadurch festgehalten, dass es sich zwischen die distal getrennten Vorderarmknochen (*R. U.*) einschleibt. Bei *Chelonia*, *Chelys* und *Trionyx* ist es wie bei *Chelydra* ein selbständiger Carpusknochen.

Die fünf den Metacarpus tragenden Knochenstücke der zweiten Reihe sind wiederum nur bei den zuletzt erwähnten Gattungen discret, fast gleich gross: nur bei *Trionyx* sind die beiden letzten Stücke grösser, welches Verhältniss bei *Chelonia* noch mehr ausgeprägt ist, so dass also hier nach dem oben vom Ulnare bemerkten eine Vergrösserung des ganzen ulnaren Carpustheiles zu Stande kommt. *Emys* und *Testudo* zeigen in der Reihe dieser Carpusstücke Verwachsungen, und zwar ist bei *Emys* statt des vierten und fünften Carpale (Taf. II. Fig. 3, 4, 5), bei *Testudo* statt des ersten und zweiten nur ein einziger Knochen vorhanden, der die bezüglichen Metacarpalia trägt. Wenn Meckel das Verhältniss der Gattung *Testudo* von der geringen Entwicklung des Daumens ableitet, so ist dabei übersehen, dass auch den letzten mit besonderen Carpalien correspondirenden Fingern keine grössere Selbständigkeit zukommt.

Es wird aus der vorgeführten Vergleichung des Carpus der Schildkröten ersichtlich sein, dass eine enge Verbindung mit dem Carpus der Amphibia urodela besteht und dass keine einzige Thatsache vorhanden ist, welche die Wiedererkennung der bei den Amphibien gefundenen Stücke nur einigermassen erschwert. Dass ich bei den Urodelen die vergleichende Betrachtung begonnen, dürfte somit schon dadurch gerechtfertigt sein. Aus der Uebereinstimmung des Carpus der Urodelen mit dem der Chelonier geht aber auch hervor, dass, wo bei letzteren eine Vermehrung der Carpusknochen im Vergleiche mit anderen Gattungen auftritt, solche nicht aus einem „Zerfallen“ einzelner Stücke abgeleitet werden darf, vielmehr als das Fortdauern des ursprünglichen zahlreichere Theile aufweisenden Carpusbaues angesehen werden muss, wogegen die geringeren Zahlen durch Verschmelzung einzelner Stücke entstanden, sich herausstellen werden. Ob eine solche Verschmelzung bei den Schildkröten in der That vor sich geht, ist mir, der ich keine Embryen zu Gebote hatte, nicht ermittelbar gewesen, allein selbst für den Fall des Bestehens einer dem späteren Zustande entsprechenden Anlageform des Carpus, wird eine Verschmelzung

\*) Auf Pl. 240. Fig. 15 der *Ossemens fossiles* ist das Radiale nicht abgebildet.

angenommen werden müssen und zwar als ein Vorgang, der in einem früheren Zustande der bezüglichen Art oder Gattung sich vollzogen haben wird.

Zu den aus früheren Lebensformen mit herübergekommenen Theilen des Carpus treten bei den Schildkröten noch andere, neue, die wir als accessorische Knochen zu deuten haben. Bei Emys findet sich am ulnaren und am radialen Rande des Carpus ein solches Knöchelchen (Taf. II. Fig. 3. s. s) vor, das auf keinen der bei den Amphibien getroffenen zu beziehen ist, und am ulnaren Carpalrande von Testudo, Trionyx und Chelonia ist der accessorische Knochen (s) gleichfalls vorhanden, bei den beiden erstgenannten Gattungen dem Ulnare, bei Chelonia, wo er eine ansehnliche Ausdehnung nach aussen zu erreicht (Taf. II. Fig. 2. s), dem Carpale<sup>5</sup> angefügt. Dieser accessorische Knochen ist von allen Anatomen dem Carpus beigerechnet worden, ohne dass jedoch bis auf Cuvier eine Deutung versucht war. Cuvier bezeichnet den Knochen des Ulnarrandes geradezu als „Pisiforme“ und betrachtet ihn als „Os hors de rang“. Da der Knochen den Amphibien abgeht, erst bei den Reptilien und zwar in inconstanter Lagerung auftritt, und weder zum Vorderarm, noch zu den Knochen des Metacarpus wie zu denen des Carpus bestimmte Beziehungen besitzt, möchte ich ihn nicht bloss als „ausserhalb der Reihe“ liegend, sondern als ein dem Carpus fremdes Stück ansehen, welches allerdings dem Pisiforme der Säugethiere entspricht. Durch letzteren Umstand wird aber das Os accessorium carpi der Schildkröten noch lange nicht zu einem typischen Carpusstücke, vielmehr ist umgekehrt daraus zu schliessen, dass eben das Pisiforme der Säugethiere (und natürlich auch des Menschen) kein dem Carpus angehöriger Knochen ist, wozu ihn die traditionelle Anatomie gestempelt. Dass man ihn an der menschlichen Hand als ein der Sehne des Extensor carpi ulnaris eingefügtes Sesambein auffassen kann, ist bekannt\*) und bestätigt nur die aus der Vergleichung gewonnene Anschauung.

---

Ein ähnlicher Mangel von Uebergangsformen im Carpusbaue, wie er bei den Amphibien zwischen den Anuren und Urodelen besteht, findet sich auch bei den Reptilien, so dass weder die Schildkröten mit den Eidechsen, noch beide mit den Crocodilen im Carpus unmittelbar nachweisbare Verbindungen erkennen lassen. Jedem kommt seine besondere bei den Reptilienformen der gegenwärtigen Periode der Erdentwicklung noch unvermittelte Eigenthümlichkeit zu.

---

\*) Vergl. H. Meyer, Lehrbuch der physiolog. Anatomie des Menschen. Leipzig 1856. S. 98 und 204.

Der Carpus der Eidechsen zeigt acht reguläre Stücke, die in genauerer Beschreibung zuerst bei Cuvier aufgeführt sind, ohne dass sie jedoch eine consequente Deutung erfahren. Im Anschlusse an die beiden Knochen des Vorderarmes findet sich ein Radiale und ein Ulnare (Vergl. Taf. II. Figg. 4—11 *r. u.*), welche beide meist flach gestaltete, gegen die Vorderarmknochen mit Gelenkvertiefungen versehene Stücke sind. Bei den Ascalabotae (Figg. 10—11. *r. u.*) sind sie ansehnlicher als bei den Scincoiden, Agamen, Lacerten und bei Chamaeleo. Sie sind immer durch einen nicht unbeträchtlichen von einem keilförmig zwischen sie von unten her eindringenden Knochen ausgefüllten Ramm voneinander getrennt. Mit Ausnahme von Chamaeleo, bei dem Radius und Ulna fast in einer und derselben Fläche mit den beiden ersten Carpusknochen articuliren, sind die distalen Enden der Vorderarmknochen schräg von innen nach aussen gewölbt, so dass Radiale und Ulnare mit mehr oder minder grossen Theilen in den Zwischenknochenraum sehen. Die Vorderarmknochen fassen so den Carpus zwischen sich. Am meisten ausgebildet ist dies Verhalten bei den Ascalabotae, bei denen der Radius an seinem Ende etwas nach innen gekrümmt ist. Auch bei Draco (Fig. 6) ist ein solches Verhalten sehr deutlich zu beobachten.

Zwischen Radiale und Ulnare schiebt sich von der Mitte des Carpus her ein Knochen ein, der für das Intermedium genommen werden könnte (Figg. 4—11 *c.*). Er ist platt, keilförmig bei Iguana, Draco, Platydactylus, Phyllodaetylus; gedrungener, auf dem Querschnitte drei- bis viereckig bei Lygosoma, Lacerta, Monitor. Bei den erstgenannten Gattungen tritt er weit zwischen Radiale und Ulnare ein, ohne jedoch über den oberen Rand dieser Knochen vorzustehen. Bei allen erwähnten Gattungen finde ich ihm jedoch mit seiner Hauptmasse unterhalb der beiden ersten Carpusstücke gelagert, von diesen von oben her, von den Metatarsusträgern von unten her umschlossen. Diese Beziehung macht es klar, dass wir in diesem Knochen nicht das Intermedium, sondern das Centrale zu suchen haben. Ein Intermedium, das bei den Schildkröten allgemein vorkam, fehlt demnach, und es entsteht nun die Frage, ob es mit einem der beiden vorhandenen ersten Stücke im Laufe der Entwicklung des Embryon verschmolzen, oder ob es schon in der Anlage ausgefallen. Nach Untersuchungen an Eidechsen-Embryen muss ich mich für letzteres aussprechen: es fehlt das Intermedium den Saurieren schon von Anfang an. Dieser Mangel kann auf eine doppelte Weise entstanden sein: es kann erstens das Intermedium in den zu den Sauriern hinführenden Zwischenformen allmählich seine Bedeutung verloren haben und unter fortschreitender Volumsabnahme endlich verschwunden sein, oder zweitens: es kann wie bei den Salamandrinen mit dem Ulnare sich vereinigt haben, und indem dieser Vorgang sich auf immer früheren Stadien der Entwicklung einleitete, endlich ganz in das Ulnare aufge-

gangen sein, so dass also, obschon ein Intermedium als discretus Stück selbst nicht einmal in der Anlage vorhanden ist, es doch potentia noch existirt und in dem Ulnare zu suchen wäre. Welche von diesen beiden Hypothesen dem wirklichen Verhalten entspricht, kann nur annäherungsweise vermuthet werden, es scheint mir die letztere zu sein, da sie auf einen denselben Skeletttheil betreffenden Vorgang gestützt ist, der noch dazu in einer niederen stehenden Abtheilung — bei den Salamandrinen — sich findet. Inwiefern aber meine Meinung das richtige getroffen, darüber wird die Entscheidung von Seiten palaeontologischer Thatsachen abzuwarten sein.

Abweichende Verhältnisse bietet *Chamaeleo* dar. Ulnare und Radiale sind hier dicht nebeneinander gerückt und bilden eine gegen das unter ihnen liegende Centrale (welches auch Cuvier\*) hier so nennt) gerichtete, die gelenkkopfartige Wölbung desselben aufnehmende Vertiefung. In diesem Gelenke findet die Hauptbewegung der Hand statt, sowohl Streckung als Beugung, dann auch Drehbewegungen werden hier vorzugsweise vollzogen, indess bei den anderen Sauriern das Brachio-carpalgelenk das in dieser Hinsicht wichtigste ist.

Mit den fünf Metacarpalknochen finde ich bei allen oben erwähnten Sauriern fünf *Carpalia* in Verbindung, die je einem Metacarpale entsprechen. Bei den *Ascalabotae* besitzen sie mehr abgerundete Oberflächen, aber wie bei den übrigen Eidechsen, je nach dem Finger dem sie angehören, ganz charakteristische Formen. In dieser Hinsicht unterscheiden sie sich nicht wenig von ihren Homologis bei den Schildkröten, die nur wenig Grösse- und Formwechsel in dieser Reihe aufweisen. Bei den *Ascalabotae* ist das *Carpale*<sup>1</sup> (Taf. II. Fig. 10, 11, <sup>1</sup>) immer kegelförmig gestaltet; seine breitere Basis trägt das ansehnliche, capitulumartige Basalstück des Metacarpale I, die Spitze ist zwischen Radiale und Centrale eingeschoben. Bei weitem das grösste Stück ist das *Carpale*<sup>3</sup> bei vielen Eidechsen, an Grösse von den übrigen nur wenig verschieden ist es bei *Draco* und *Phyllodactylus*. Bei anderen *Ascalabotae* dagegen sogar ansehnlicher als das Radiale. Die Kanten zwischen den Berührungsflächen sind bei *Monitor*, wie bei den *Agamen* und *Lacertiden*, scharf ausgeprägt. Mehr gleichartig sind die fünf *Carpalia* bei *Chamaeleo*, bei denen nur das *Carpale*<sup>3</sup> durch grössere Breite sich von den anderen unterscheidet. Alle ordnen sich hier um das Centrale, und zeigen noch die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit in ihrer Form an kurze, gedrungene Metacarpusknochen zu erinnern. In der That stimmen sie auch in ihrem feineren Baue viel eher mit den Metacarpalien als mit den Carpusstücken anderer Saurier überein, und könnten zeigen, dass auch ein Abschnitt des Carpus in der Richtung

\*) *Ossemens fossiles*. vol. X. p. 97.

des Metacarpus sich fortentwickeln kann, wie umgekehrt der letztere an einzelnen Stellen zu carpalknochenähnlichen Stücken sich rückbildet (wie bei *Pelobates*, *Bombinator*). Diese Auffassung des Thatbestandes, so plausibel sie scheint, kämpft aber mit der Schwierigkeit, dass die sonst bei den Sauriern sehr constanten Zahlenverhältnisse der Phalangenstücke der Finger sich anders gestalten als bei den Uebrigen, indem alle Finger nur ein Glied weniger besitzen würden. Durch die Betrachtung dieses Umstandes, sowie der von mir aufgefundenen Gleichartigkeit des feinem Baues der Carpalia mit dem der Metacarpalien anderer Saurier gewinnt die Cuvier'sche Deutung\*) der Carpalia des *Chamaeleon*, nach welcher sie aus den mit den Metacarpalien verschmolzenen Carpalien bestehen sollen, einige Wahrscheinlichkeit. Der Nachweis analoger Verhältnisse an der Hinterextremität, nämlich die Verschmelzung von Tarsusstücken mit den Metatarsalien kann das noch bestärken, aber immer möchte ich die definitive Entscheidung darüber von der unmittelbaren Beobachtung abhängig gemacht wissen.

Das Accessorium (3) hat bei den Sauriern eine constantere Beziehung als bei den Schildkröten gewonnen, es liegt immer am Ulnare, zumeist nach aussen von demselben oder gegen die Aussenseite der Ulna gerückt (Taf. II. Fig. 5 s), so dass es kann mehr dem Carpus zugerechnet werden kann, bei *Chamaeleo* hinter ihm, und bei der Wirkung des an es tretenden Beugemuskels der Hand noch etwas gegen den Radius zu ausweichend.

Die nicht unbedeutende Uebereinstimmung, welche der Carpus der fünffingerigen Saurier aufweist, findet sich, wie zu erwarten, da nicht mehr vor, wo eine Reduction der Fingerzahl stattfand\*\*). Von den hierher gehörigen Formen habe ich nur einen dreizehigen *Scincoiden* der Gattung *Seps* (*S. chalcides*) untersuchen können (Taf. II. Fig. 8). Radiale und Ulnare sind wie bei Lacerten gestaltet, und auch das Intermedium hat eine dem der Lacerten ähnliche Gestalt, ist aber um vieles manschnlicher. Ausser diesen drei Knochen sind nur noch zwei im Carpus vorhanden, von denen einer, mit dem Intermedium gelegener, einen Theil des Metacarpale des radialen Fingers und das des mittleren Fingers trägt. Der zweite, grössere Knochen (Fig. 8, 3) liegt mit einer breiten Fläche dem Ulnare (u) an, und verbindet sich theils dem Metacarpale (III) des dritten Fingers, theils einem besonderen an der Ulnarseite der Hand gelegenen Stücke, welches in die Mittelhand einragt. Obgleich das letztgenannte Stück, wie die sämtlichen

\*) *Ossicmens fossiles*. vol. X p. 97.

\*\*| Anmerkung. Eine vortreffliche Uebersicht der Reductionen an Fingern und Zehen bei den *Scincoiden* hat *Agassiz* gegeben. *Essai on classification*, im ersten Bande der *Contributions to the natural history of North-America*. p. 44

Carpustheile nur aus verkalktem Knorpelgewebe besteht, kann ich es doch nicht zum Carpus rechnen, sondern sehe in ihm einen auch histiologisch rückgebildeten Metacarpusknochen. Die Deutung der anderen Stücke wird bestimmt werden müssen durch die Deutung der drei vorhandenen Finger. In dieser Hinsicht besteht keine grosse Schwierigkeit, denn der Finger der Radialseite besitzt ein so charakteristisch gestaltetes Metacarpale, dass in ihm nur der erste Finger der fünf fingrigen Saurier zu erkennen ist. Er trägt zwei Glieder wie bei den übrigen Sauriern, der Mittelfinger ist dann der zweite und der äussere der dritte, während ein vierter Finger nur durch ein Metacarpal-Rudiment (IV) vorgestellt wird. Der zweite wie der dritte Finger besitzt je drei Gliederstücke, so dass also nur der erste und zweite die Normalzahl enthalten, der dritte dagegen ein Glied weniger. Dieses Verhalten läuft parallel mit der Verkümmernng der Ulnarseite, und zeigt dass dieselbe sich nicht nur auf das Fehlen der beiden ulnaren Finger beschränkt, sondern auch eine Verminderung der Gliederzahl des dritten Fingers und überdies noch eine Verkürzung der Länge gegen den zweiten Finger mit sich brachte. Mit dem Metacarpale der ersten Zehe ist aber ausser dem Radiale, an welches der grösste Theil der gelenkkopfartigen Basis des genannten Mittelhandknochens sich angelenkt hat, nur das Carpalstück (Fig. 8, <sup>2</sup>) in Verbindung, welches noch das zweite Metacarpale trägt, während der nächste Knochen (3) ausschliesslich für das dritte Metacarpale bestimmt ist. Es kommt also dem ersten Finger kein besonderes Carpalstück der zweiten Reihe zu, und es scheint das bezügliche Stück, welches auch bei andern Sauriern (*Zonurus*, *Phyllodactylus*,) sehr gering an Volum ist, hier ganz verloren gegangen zu sein, so dass also die beiden anderen Carpalia der zweiten Reihe dem zweiten und dritten des normalen Eidechscarpus entsprechen.

Ist der knöcherne Carpus der Schildkröten von dem der Eidechsen in seinen allgemeinsten Beziehungen durch sehr wesentliche Dinge verschieden, so ergeben sich bei speciellerer Betrachtung noch weiter gehende Unterschiede. Die Form der Carpusstücke der Schildkröten ist zwar nicht mehr so einfach wie bei den Amphibien, namentlich den Urodelen, und von den letzteren besonders bei *Emys*, *Chelydra* und *Testudo* durch bedeutendere Dickedurchmesser ausgezeichnet, aber es sind diese Stücke doch lange nicht so mannichfaltig gestaltet, und ihre Form ist weniger scharf und präcis in ihren Umrisen als die der Carpusstücke der Eidechsen. Die einzelnen Stücke sind, mit Ausnahme des grösseren Radiale und Ulnare, und wenn bei den anderen durch Verwachsungen nicht gleichfalls grössere Stücke erzeugt werden, wenig von einander verschieden, jedes einzelne Carpusstück ist bei zwar deutlich ausgeprägter polyedrischer Bildung nicht so charakteristisch in seinen Flächen und Winkeln als die einzelnen Carpusstücke der Eidechsen es sind, welche selbst bei noch ganz knorpeligem Zustande scharfe und

specifische Kanten und Flächen aufweisen. Wenn man in Erwägung zieht, dass der Carpus der Säugethiere (mit alleiniger Ausnahme der Cetaceen) dadurch gegen die Carpusbildung der Urodelen sich unterscheidet, und der indifferentere Zustand eines Skeletstückes gegen den differenzirteren eine niedrigere Stufe einnimmt, wird man nicht unhin können den Carpus der Eidechsen in der Formausbildung seiner einzelnen Stücke gegen den der Schildkröten höher zu stellen. Damit will ich aber in keiner Weise andeuten, dass von den Eidechsen her Anschlüsse an die höheren Wirbelthiere, nämlich die Säugethiere, sich ergeben, vielmehr bemerke ich ausdrücklich, dass ich in dem Fehlen des Intermedium — das wir bei den Säugethieren wieder auffinden werden — ein Verhältniss erkennen möchte, das die Annahme eines solchen Anschlusses geradezu verbietet. Aber auch von den Schildkröten her einen Uebergang abzuleiten, ist in Anbetracht der übrigen Organisation derselben verwerflich, und wenn im Carpus der Chelonier diese nämlichen Elemente in wesentlich denselben Beziehungen wie an der Handwurzel der Säugethiere vorhanden sind, so können wir daraus für die verwandtschaftlichen Beziehungen der Wirbelthiere nur soviel erkennen, dass die Chelonier näher an Formen stehen werden, aus denen die Säugethiere hervorgingen, als die Saurier der Jetztwelt, bei denen der Carpusbau sich vom indifferenten Zustande zwar weiter entfernt hat, aber in dieser Fortentwicklung eine Richtung einschlug, die von der zu den Säugethieren aufsteigenden Linie nicht unbeträchtlich divergirt.

Bezüglich der Textur der Carpuselemente verhalten sich die bisher betrachteten Abtheilungen gleichfalls voneinander verschieden. Die Eidechsen bieten in ihren Carpusstücken vorzugsweise verkalkten Knorpel, der mehr oder minder zahlreiche Markräume zeigt. Das die Amphibien charakterisirende Vorkommen grösserer mit Fettzellen gefüllter Räume innerhalb der verkalkten Knorpelmasse ist sehr selten, dagegen ist die Wandung der netzförmig verbundenen Markräume häufig mit einer Knochenschichte ausgekleidet, die als secundäre Ablagerung von dem Markraume selbst hervorging. Bei den Schildkröten ist jedes Knochenstück des Carpus von einem äusserst reichen Netzwerke von Markräumen durchzogen, so dass dadurch das Verhalten der Substantia spongiosa der Säugethierknochen im Kleinen gegeben erscheint. Alle Markräume sind mit knöchernen, aus concentrisch geschichteten Lamellen bestehenden Wandungen umgeben, die bis nahe an die Oberflächen des Stückes vorhanden sind. Dasselbst laufen die Markräume in die knorpelige, aussen hyalin bleibende, innen aber verkalkende Corticalsehichte aus. Zwischen den geschichteten Wandungen der Markeanäle bleiben noch kleine Inseln von Knorpel auch in Mitte des Knochens bestehen, die jedoch nach und nach dadurch ossificiren, dass die Knorpelzellen in Knochenzellen sich umwan-

deln \*). Der Carpus der Chelonier ist demnach von jenem der Saurier durch reichlichere Knochensubstanzbildung unterschieden, entfernt sich dadurch noch weiter von dem Carpus der urodelen Amphibien, dem er in anatomischer Hinsicht näher stand, und erhebt sich auch, da wir den knöchernen Zustand des Carpus in der höchsten Classe der Wirbelthiere am vollkommensten treffen, über den bei den Sauriern sich erhebenden Befund.

---

Wenn wir wissen, und aus dem bis jetzt vorgetragenen geht es schon zur Genüge hervor, dass die Unterschiede, welche der Carpus in seinem Baue, in der dazu verwendeten Zahl der Stücke, in den äusseren Formverhältnissen derselben, sowie auch in der Textur zeigt, innerhalb der kleineren Abtheilungen, wie z. B. jener die man als Familien zu bezeichnen pflegt, unbedeutender sind, als innerhalb der grössern Abtheilungen, wie der Ordnungen und der Classen, und wenn wir so auch in dem Carpus die Eigenthümlichkeiten der Abtheilung, von welcher Rangklasse sie auch sein mag, ebenso festgehalten sehen, wie sie an andern Theilen des Organismus sich bestimmt offenbaren, so werden wir nicht umhin können auf diese bisher nur sehr wenig beachteten, unterhalb der Säugethiere kaum näher gekannten Skelettheile einen eben so hohen Werth zu legen als er den übrigen Theilen des Knochengeriistes längst zuerkannt ist. Es werden Thiere deren Carpus-

---

\*) Anmerkung. Die Verwandlung der in den Markeanal-Interstitien zurückgebliebenen Knorpelreste in Knochen ist nicht gar schwierig zu ermitteln. Man sieht stellenweise grössere Knorpelparthieen, homogene, auf dem Querschnitte netzförmig angeordnet erscheinende Zwischen-substanz mit Zellen. Erstere ist zwar von den benachbarten Faserknochenlamellen durch die Schichtung der letzteren verschieden, aber sonst von ganz gleichartiger Beschaffenheit, indem die Kalksalze gleichmässig in ihr vertheilt sind und nicht in Krümeln und Körnchen, wie es bei der Knorpelverkalkung meist der Fall ist, vorkommen. Die einzelnen einer Knorpelinsel angehörigen Zellen zeigen hin und wieder deutliche Kapseln mit innen angelagerten Verdickungsschichten. An mit Säuren behandelten Knochen ist das ganz deutlich. Die Contour der Kapsel ist ringsum erkennbar, und die Kapselwand ist bis auf ein kleines zackiges, oder ausgebuchtetes Lumen verdickt. In anderen ist das Lumen mit strahligen Ausläufern versehen, und würde von der Höhlung eines gewöhnlichen Knochenkörperchen nicht verschieden sein, wenn nicht andere in demselben Netze der Grundsubstanz liegende Zellen sich als Knorpelzellen unzweifelhaft beurkundeten, und wenn nicht die noch vorhandene Kapselcontour eine andere Genese bezeugte. Als Untersuchungs-object diente Chelydra. Uebrigens ist, wie nebenbei hier bemerkt sein soll, nicht nur an anderen Knochen von Schildkröten dasselbe Verhalten zu treffen, sondern (wie auch Kölliker und Lieberkühn gezeigt haben) auch sonst, wenn auch nicht in der Ausdehnung wie es Lieberkühn wollte, zu finden.

bau von dem Carpusbaue jener, welchen man sie für nahestehend erachtete, bedeutend abweicht, wohl auf Grund dieses Umstandes anders beurtheilt werden müssen. In einem solchen Falle befindet sich nach meinem Dafürhalten die Gattung *Protorosaurus*.

Die uns erhaltenen Reste der von H. v. Meyer aufgestellten Gattung *Protorosaurus* wurden bekanntlich nach mannichfachen Schicksalen von Cuvier\*) als den Monitoren ganz nahe verwandten Eidechsen angehörig angesehen, ja sogar derselben Gattung zugerechnet, da einzelne Skelettheile, Extremitätenknochen, Wirbel, mit denen des Monitor bis auf wenige Unterschiede, wie z. B. die grössere Länge der Dornfortsätze an den Rückenwirbeln, übereinkommen. Dass das thecodonte Gebiss dieser „Monitoren des Kupferschiefers“ wichtigere Unterschiede abgibt, ist später von H. v. Meyer gezeigt worden, aber gerade die sonst am meisten erhaltenen Theile, die Extremitäten, wurden nicht für verschieden befunden. Vergleicht man aber den Carpus mit dem der lebenden Eidechsen, so müssen sehr belangreiche Differenzen anerkannt werden. Bezüglich der Zahlenverhältnisse der Carpuselemente, worauf man bis jetzt allein Rücksicht genommen zu haben scheint, ist wenig bemerkenswerthes vorhanden. Es sind sieben bis höchstens neun Stücke wahrnehmbar, von denen eines oder das andere auf der Gesteinsmasse nur wie eine Andeutung erscheint. Neun Stücke sind in keinem der von H. v. Meyer\*\*) genauer beschriebenen und abgebildeten Exemplare gleich deutlich vorhanden. Am vollständigsten erhielt sich die Lagerung der einzelnen Stücke sowohl in den gegenseitigen Beziehungen als zum Vorderarm und zur Mittelhand, in dem Link'schen Exemplare in Waldenburg. Fünf Stücke correspondiren ebensoviel Metacarpalien, und drei liegen darüber so dass zwei davon an die Vorderarmknochen stossen, und das dritte, dem Centrale ähnlich, zwischen jenen und den Stücken der zweiten Reihe liegt. Bei den andern Exemplaren lässt sich eine ähnliche Anordnung herausfinden. Das Carpale<sup>4</sup> trägt noch einen Theil des Metacarpale V, welches nur mit einer kleinen Fläche dem als Carpale<sup>5</sup> zu denkenden Stücke verbunden ist. Dieses letztere Stück — an dem Link'schen Exemplare — könnte man daher auch als Ulnare ansehen, zumal es wirklich mit der Ulna in Beziehung zu stehen scheint. Dann wäre aber ein Intermedium vorhanden. Bei den anderen Exemplaren ist je ein Metacarpale mit nur einem Carpale in Beziehung. Sehr

\*) *Oss. foss.* vol. X, p. 110. 111. „On ne comptera donc plus les animaux de Spener et de Linck parmi les crocodiles, ne celui de Swedenborg parmi les guenous ou les sapajous; mais on les rangera tous parmi le monitons ou tupinambis.“

\*\* Zur Fauna der Vorwelt. Saurier aus dem Kupferschiefer der Zechsteinformation. fol. Frankfurt a. M. 1856.

deutlich erkennbar ist das in der von H. v. Meyer l. e. gegebenen Abbildung Taf. II. Fig. 1 eines Exemplars aus dem Kupferschiefer von Schweina. Von dem Vorhandensein eines Accessorium (Pisiforme des Menschen) liegt keine Andeutung vor. Die Knochen sind an Grösse nicht sehr voneinander verschieden. Sowohl am Link'schen Exemplare von *Protorosaurus Speneri*, wie an dem der Berliner Sammlung, welches einer anderen Art angehört (*Pr. macronyx*) ist das *Carpale*<sup>2</sup> das kleinste. Das *Carpale*<sup>5</sup> (wenn meine obige Deutung richtig ist, was ich nicht zu behaupten wage) ist bei allen das grösste Stück. Bei keinem einzigen der von mir in Untersuchung gezogenen lebenden Saurier ist das der Fall, ebensowenig als bei den *Protorosauris* Stücke vorkommen, die den grossen Radial- und Ulnar-Stücken der lebenden Saurier vergleichbar wären. Die in der ersten Reihe liegenden Stücke sind sämmtlich viel kleiner als die distalen Endflächen der Vorderarmknochen. Man könnte hier auf den Gedanken kommen, dass diese kleinen Stücke nur die Knochenkerne grösserer knorpelig gewesener *Carpuselemente* seien, und ich muss gestehen, dass in Anbetracht der nur wenig scharfen Abgrenzung dieser Theile solches mir nicht unwahrscheinlich ist, aber dann wird die Uebereinstimmung des *Carpus* mit dem der lebenden Saurier ebensowenig erwiesen, ja es entsteht erst eine rechte Verschiedenheit, da im *Carpus* der lebenden Saurier sehr früh sich Knorpelknochen erzeugt wird.

Prüft man noch die Gestaltverhältnisse der einzelnen Knochen des *Carpus* der *Protorosauri*, so findet man nur platte, rundliche, vieleckige Stücke, von welchen keines auch nur annähernd eine jener charakteristischen Gestalten besitzt, wie sie bei den lebenden Sauriern vorkommen und oben von mir dargelegt worden sind. Die platte Beschaffenheit in dem einen Falle contrastirt sehr stark mit dem meist sehr bedeutenden Dickedurchmesser der Knochen im anderen Falle. Auch besondere Gelenksculpturen, concave Flächen an einem, convexe Flächen am anderen Knochen, gehen dem *Carpus* der *Protorosauri* gänzlich ab, und wo, wie bei dem Link'schen Exemplare, die einzelnen Knochen noch in ihren natürlichen Beziehungen zu erkennen sind, stossen sie mit ebenen Seitenflächen aneinander. Endlich sei noch einer Eigenthümlichkeit gedacht, welche den *Carpus* der *Protorosauri* auszeichnet, es ist das die Vertiefung der Oberfläche der Knochen, welche namentlich bei den grösseren Stücken deutlich ist. Unter den Reptilien kommt eine solche Beschaffenheit nur den Cheloniern (*Chelonia*) zu, bei den Amphibien finde ich sie an trockenen Skeleten der Salamandrinen. Bei den letzteren entsteht die Vertiefung während des Eintrocknens durch ein Einsinken der verkalkten Oberfläche gegen den mit Fettzellen gefüllten, sich verkleinernden Binnenraum (Vergl. oben S. 26). Ob die Zustände des *Protorosaurus-Carpus* auf ähnliche Weise entstanden, vielleicht als eine Folge von Druck sich ergaben, wage ich nicht zu entscheiden. Genügt

doch schon das einfache Factum, um eine neue Verschiedenheit vom Carpus der lebenden Saurier aufzudecken. Somit findet sich im Baue des Carpus der Protorosauri keinerlei Einrichtung, welche einen Anschluss böte an den Carpus der Saurier der Jetztwelt, und es ist dadurch ein sehr triftiger Grund gegeben, nicht nur die ältere Cuvier'sche Ansicht \*) von der nahen Verwandtschaft speciell mit den Varanen für unhaltbar zu erklären, sondern auch die verwandtschaftlichen Beziehungen zu den lebenden Sauriern im Allgemeinen als sehr entfernte zu betrachten, wenn auch Mittelhand und Finger keine bedeutenden Verschiedenheiten aufweisen. Durch die Uebereinstimmung des Endabschnittes der Hand mit jenem der lebenden Saurier wird ja das Eigenthümliche des Carpus keineswegs aufgewogen, sondern es geht daraus nur das Eine hervor, dass an einer und derselben Extremität Bildungen gegeben sein können, die sonst nicht mehr zusammen vorkommen, indem die eine für einen niederen die andere für einen höheren Zustand charakteristisch wird.

Fragt man nun nach näher stehenden Carpusbildungen, so werden wir zu den Salamandrinen geführt, wo abgesehen von der in Folge des Fehlens eines Fingers verminderten Zahl der Stücke dieselben Formen und Verbindungsweisen bestehen, wie bei Protorosaurus. Wenn auch in manchem Einzelnen, wie z. B. im Verhalten der an den Vorderarm sich anschliessenden Carpusknochen einige nicht einmal genau zu bestimmende Verschiedenheiten vorkommen, so ist doch gerade die Form und die Anfügung der Stücke an den Metacarpus ganz wie bei den Salamandrinen. Ich trage daher kein Bedenken, die Protorosauri für eine noch indifferente Wirbelthierform zu erklären, bei welcher in der Extremitätenbildung (dem auch für den Fuss werde ich Aehnliches nachweisen können) Eigenschaften der heutigen geschwänzten Amphibien mit denen der Reptilien verbunden sind,

---

\*) Anmerkung. Auch Pictet stützt sich noch auf die Uebereinstimmung der Extremitäten mit denen der Varanen: „Les pieds, qui sont tres bien conservés, sont tout à fait ceux des monitors.“ *Traité de paléontologie. Sec. edit. Tome I. Paris 1853 p. 501.* — Da Pictet nicht etwa noch von Hinterfüssen spricht, scheint er unter „pieds“ auch die Vorderfüsse mit zu verstehen, und in diesem letzteren Sinne kann die Aehnlichkeit nur auf die Mittelhand und die Finger sich beziehen, welche allerdings mit denen der Monitoren, aber ebenso sehr mit jenen der meisten übrigen Saurier übereinkommen. —

Dass auch die Vorderarmknochen der Protorosauri mit denen der Eidechsen nur die allgemine Aehnlichkeit besitzen, wird Jeder, der eine Vergleichung darüber anstellen mag, zugeben, es sind gedrungene, unten wie oben verdickte Formen, die nichts von der Schlankheit des Vorderarmskelets der lebenden Saurier besitzen, und die auf keinen Fall am distalen Ende auseinanderweichen, um den Carpus zwischen sich zu fassen, wie das bei den Sauriern der Gegenwart (mit Ausnahme von *Chamaeleo*) der Fall ist.

denen also eine unterhalb der Reptilien der Gegenwart stehende Stufe wird angewiesen werden müssen.

Eine noch eigenthümlichere Handform bieten die Enaliosaurier dar, bei welchen es für jetzt noch nicht möglich ist den Einklang mit den über den Fischen stehenden Wirbelthieren herzustellen, vielleicht ist das ebendeshalb der Fall weil hier manches noch fischähnlich ist, so dass hier einmal ein Anknüpfungspunct gegen diese vielgestaltige Classe hin gefunden werden kann. Als solche jedoch mehr allgemeine Beziehungen müssen folgende Verhältnisse hervorgehoben werden: Gleichartigkeit der Skeletstücke der vorderen Extremität jenseits des Humerus bei Ichthyosaurus, jenseits des Carpus bei Plesiosaurus; Vermehrung der Strahlen der Extremität bei Ichthyosaurus, und in beiden Gattungen Vermehrung der Glieder dieser Strahlen, weit über die, bei den über den Fischen stehenden Säugethieren ersichtlichen Normen \*).

Dagegen vermag die Einsicht in die Anlage der vorderen Extremität der Amphibien doch auch für die Enaliosaurier einiges über die bis jetzt geläufigen Anschauungen hinausgehende zu fördern. Bei Ichthyosaurus sieht man auf den unzweifelhaften Humerus zwei breite, flache Knochenstücke folgen, die von Cuvier \*\*) als Knochen des Vorderarms gedeutet wurden, die durch ihre Gestalt und Beziehungen gewissermassen noch mit in den Carpus mit übergenommen sind und die erste Reihe desselben bilden. Darauf folgen drei Stücke als erste Reihe des wirklichen Carpus. Sie entsprechen vollständig dem Radiale, Intermedium und Ulnare der ungeschwänzten Amphibien, und dürfen gewiss in dieser Weise gedeutet werden, während für die nächste aus vier Stücken bestehende Querreihe, die Cuvier gleichfalls zum Carpus gehörig ansieht, keine bestimmte Erklärung zur Zeit gefunden werden kann. Zwischen dieser Querreihe und der folgenden besteht keinerlei Grenze, es ist vielmehr ein ganz allmählicher Uebergang in die Ordnungen der Längsreihenstücke der Flosse vorhanden, die auch durch Dichotomie an die Weichflossenstrahlen der Fische erinnern. Eine specielle Deutung ist daher unausführbar. In der Vorderextremität der Ichthyosauri ist eben ein Scheidungsprocess der Handbildung der höheren Wirbelthiere und der Flossenbildung der Fische gegeben.

---

\*) Anmerkung. Man hat durch diese Vermehrung der Gliederzahl der Finger wie durch die Aehnlichkeit der Gestaltung der Arm- und Handknochen geleitet, die Flossen der Enaliosaurier jenen der Wale zur Seite gestellt, allein es geht diese Aehnlichkeit nicht über das Allgemeine durch die Flossennatur bedingte hinaus und jede Vergleichung der einzelnen Stücke scheidet schon in der zweiten Reihe des Carpus.

\*\*) Oss. foss. vol. X. p. 437.

und Alles was jenseits der drei genannten Stücke des Carpus liegt, kann nur als Flosse beurtheilt werden.

Bei Plesiosaurus ist die Scheidung weiter gediehen. Vorderarmknochen tragen nicht mehr den Charakter indifferenter mosaikartig angeordneter Carpalstücke. Von den letzteren sind zwei Reihen, eine zu drei, die andere zu vier Stücken unterscheidbar. Sie sind alle von den Metacarpus- und Phalangenstücken unterscheidbar. Der Carpus hat sich hier aus der Flosse vollständig differenzirt, die drei der ersten Reihe weisen wiederum auf die Gleichartigkeit mit den Amphibien hin. Ob das von Cuvier\*) dieser Reihe zugewiesene vierte Stück wirklich als Pisi-forme anzusehen ist, wage ich nicht zu entscheiden, und ebensowenig kann ich auf die Erklärung der übrigen Stücke eingehen, von denen mir nicht sicher scheint, ob die kleineren nicht blosse Knochenkerne grösserer knorpeliger Carpalien waren. Der Umstand, dass sich in den Ueberresten der Thiere der Vorzeit nur die knöchernen Theile des Skeletes erhielten, legt uns besondere Vorsicht auf, gerade bei der Beurtheilung von Amphibien- oder Reptilienformen, von denen wir wissen, dass auch bei den lebenden Repräsentanten noch viele und nicht die unwichtigsten Skelettheile des Carpus wie des Tarsus in dem leicht vergänglichen Zustande des Knorpels vorhanden sind.

Es erübrigt noch die Untersuchung der Crocodile, die ich hier unter den Reptilien zuletzt stelle, da ihre Handwurzel am meisten von den Zuständen abweicht, welche uns den Ausgangspunct boten. Dass bei den Crocodilen unter den Reptilien der am wenigsten vollständige Carpus vorhanden sei, hat Cuvier bereits erkannt, allein, wie wir sehen werden nur unvollständig, und ohne dass eine Beziehung zu den Carpusbildungen anderer Reptilien herzustellen versucht worden wäre. Cuvier findet nur vier Knochenstücke, die in der ersten Auflage der „Leçons sur l'anatomie comparée“ nur ganz kurz aufgezählt sind, später, in der zweiten Auflage, genauer und besonders in ihren gegenseitigen Beziehungen vorgeführt wurden. In den „Ossemens fossiles“ endlich treffen wir den im Wesentlichen mit den ersten Angaben übereinstimmenden Text noch durch eine Figur im Atlas erläutert. Ueberall werden vier Knochen angegeben, von denen zwei, ein radialer und ein cubitaler der ersten Reihe angehören: ein dritter dem ulnaren Carpusknochen wie der Ulna angefügter „kann als eine Art Erbsenbein betrachtet werden“. Endlich ist nach Cuvier ein vierter, linsenförmiger zwischen dem Ulnare und dem Meta-

---

\*. Oss. foss. vol. X, p. 160.

carpale des zweiten und dritten Fingers eingelagert. Offenbar liegt hier ein Irrthum in der Aufzählung der Finger vor, denn derselbe Knochen befindet sich in der von Cuvier gegebenen Abbildung \*) zwischen dem dritten und vierten Metacarpale, und mit ihm verbindet sich eher noch das fünfte als das zweite Metacarpusstück.

Nach Meckel \*\*) besitzen die Crocodile eine viel grössere Anzahl von Carpusstücken, indem zu den auch von Cuvier für die erste Reihe angegebenen, noch vier der vorderen Reihe angehörige hinzukommen sollen. Von diesen an die Mittelhand stossenden Knochen soll der zweite und grösste dem zweiten und dritten Metacarpale entsprechen. Diesen letzteren Angaben pflichtet nach eigener Anschauung Stannius \*\*\*) im wesentlichen bei, so dass also eine Aufklärung dieser Differenzen nur durch eine neue Untersuchung des Objectes selbst zu erwarten ist.

Mir sind zunächst die Verhältnisse des Carpus von Alligator sowohl an Erwachsenen als an jungen Individuen näher bekannt geworden, und ich kann nach diesen keine der beiden oben angeführten sich widersprechenden Angaben bestätigen. Das Pisiforme (mein Accessorium) mit eingerechnet finde ich sechs discrete Stücke. Das grösste vom Radius getragene (Taf. III. Fig. 1. *v*) hat im Ganzen die Gestalt die Cuvier und Andere dem gleichen Knochen zuschreiben, es ist in der Mitte seiner Länge eingeschnürt, oben und unten verbreitert, oben mit einer zur Aufnahme des Radius dienenden seichten Vertiefung versehen, unten dagegen gewölbt. Seitlich an ihm liegt ein fast um ein Viertel kleinerer Knochen (*w*) von gleicher Gestalt, er entspricht der Ulna, ist aber von dieser am äusseren Carpusrande um etwas wenigens durch das keilförmig gestaltete Accessorium (das Pisiforme Cuvier's) getrennt. Mit diesem ulnaren Knochen (os cubitale Cuv.) verbindet sich mittels einer pfannenartigen Vertiefung ein breites erst spät und dann unvollständig ossificirendes Stück (os quatrième du carpe Cuv.), welches an seiner convexen distalen Fläche einen Theil des zweiten, dann das dritte, vierte und fünfte Metacarpale trägt. An trockenen Skeleten hat dieses Stück eine geringere Ausdehnung, indem die das zweite und fünfte Metacarpale tragenden Parthieen, welche grösstentheils aus Knorpel bestehen, dann eingeschrumpft sind. Junge, 1 Fuss lange Exemplare von Alligator lucius besitzen dieses Stück fast ganz aus Knorpel und

\*) op. cit. Pl. 232. Fig. 13.

\*\*) System d. vergl. Anatomie. II. S. 462.

\*\*\*) Handb. d. vergl. Anat. der Wirbelthiere. Berlin 1846. S. 144. Anm. 3. und Handb. d. Zootomie (Zootomie der Amphibien). Berl. 1856. S. 83. An diesem letzteren Orte sind die Angaben etwas von denen am früheren verschieden, worauf ich später zurückkommen werde.

mit einem rundlichen, dem Metacarpale III entsprechenden Knochenkerne versehen. Dasselbe finde ich bei jungen Individuen der Gattung *Crocodylus*.

Aehnlich diesem Stücke, nur schmaler und um mehr als die Hälfte dünner, findet man dem Radiale ein fünftes Carpusstück angefügt. Es trägt das erste Metacarpale und legt sich noch über eine Strecke des vorhin beschriebenen Stückes hinweg. Bei jungen Exemplaren ist es verhältnissmässig grösser als bei alten, und an trockenen Skeleten ist es, da es nur ganz wenig verkalkte Masse besitzt, völlig eingeschrumpft und kaum zu erkennen. In frischem Zustande tritt es durch die ganze Dicke des Carpus hindurch und trennt den Metacarpus vom Radiale. Der knorpeligen Beschaffenheit dieses Stückes ist es wohl zuzuschreiben, dass sowohl Cuvier als auch Tiedemann\*) in der Darstellung von Crocodilhänden, die sonst im Wesentlichen mit den von mir gesehenen übereinkommen, es übersehen haben.

Die geschilderten Carpustheile sind an Weichpräparaten sehr leicht an der Oberfläche des Carpus wahrzunehmen, und scheinen bei solcher Betrachtung die einzigen zu sein. Unter dem an das Radiale (Fig. 1 B<sub>r</sub>) angefügten Knorpelstücke (*c*) liegt aber noch ein fünftes resp. sechstes Carpalstück. Mit der Basis des Metacarpale I. hängt nämlich noch ein kleineres Knorpelstück (*x*) mittelst einer dünnen Lamelle zusammen, welches nach vorn scharf anlaufend, hinten dicker werdend zwischen die beiden Stücke der zweiten Reihe sich einschiebt, und die Unterfläche derselben zu einer Ebene vervollständigt. Es trägt dieses Stück einen Theil der Basalfläche des Metacarpale II.

Das letzterwähnte verborgene Carpusstück ist für die Deutung des ganzen Carpus von grösster Wichtigkeit. Obgleich ich es nur bei Alligator auffand, zweifle ich nicht daran, dass es auch den Crocodilen zukommt, deren Handskelet sonst gar nichts vom Alligator Verschiedenes bietet.

Welche Deutung den einzelnen Stücken gegeben werden müsse, gehört zu den schwierigeren Fragen, da alle Theile offenbar in ganz anderen Form- und Volumsverhältnissen als bei den Schildkröten und Eidechsen entfaltet sind, und auch ein Auffinden von Uebergängen zu jenen bis jetzt noch nicht geglückt ist. Für die erste Reihe liegen verhältnissmässig mindere Schwierigkeiten vor. Das grosse an den Radius gefügte Stück wird dem Radiale der übrigen Reptilien, das kleinere Ulnare dem Ulnare der Eidechsen homolog sein, da kein Knochen vorhanden ist, der einem Intermedium entspräche. Das dritte mehr an der Oberfläche der Hand an Ulna und Ulnare gelagerte Stück, welches mit der zweiten Carpalreihe in keiner Weise

---

\*) Tiedemann, Oepel und Liboschitz. Naturgeschichte der Amphibien. fol. München 1817. Taf. II.

n Verbindung steht, und überdies noch die Sehnen ulnarer Bogenmuskeln aufnimmt, kann nur als accessorisches Stück gelten, als welches es schon von Cuvier angesehen ward. Eigenthümlich ist die beträchtliche Vergrößerung des Radiale, welches wie auch das Ulnare den äusserlichen Charakter eines „Röhrenknochen“ trägt. Man könnte aus diesem vergrösserten Volum des Radiale schliessen, dass es das Intermedium angenommen habe, dass also im Vergleiche zu den Salamandrinen etc. andere Vorgänge obgewaltet hätten. Eine solche nur auf das Volum eines Knochens und nicht auf den das Volum bedingenden thatsächlichen Vorgang gestützte Annahme muss aber als grundlos zurückgewiesen werden. Ueberdies liegen noch Thatsachen vor, welche mit der starken Ausbildung des Radiale und der geringen Entwicklung des Ulnare offenbar in Zusammenhang stehen. Es ist das die stärkere Entwicklung des ganzen Radialtheiles der Hand im Gegensatz zum ulnaren. Ein Blick auf Taf. III. Fig. 1 A. und Fig. 2 wird zur Erkenntniss dieses Verhaltens genügen.

Es liegt also nicht einmal eine entfernte Nothwendigkeit vor, die Grösse des Radiale aus einem Verschmelzungsvorgange erklären zu müssen, und wir können begreifen, dass das Radiale, wenn es auch ursprünglich der kleinere Knochen gewesen, mit der ungleichen Entwicklung der übrigen in gleichen Vorgang eintrat, und so allmählich das Uebergewicht über das Ulnare erlangt hat. Wenn auch selbstverständlich die Verbindung des Intermedium mit dem Ulnare hier nicht mehr nachweisbar ist, so sind doch gewiss noch dieselben Gründe, die diese Verschmelzung bei vielen Amphibien festhalten liessen, in Kraft geblieben, und lassen auch hier das Ulnare noch das Intermedium mit einschliessend ansehen. In dieser Hinsicht kann das Verhältniss des Crocodilcarpus zu den niederen Formen so gedacht werden, dass die drei primordialis Stücke auch jenem zu Grunde liegen. Ulnare und Intermedium verschmelzen, um dann nur einen auch in der ersten Anlage einheitlichen Knochen vorzustellen, der, anfänglich grösser als das Radiale, später mit der Ausbildung des radialen Uebergewichtes zurücktrat, um schliesslich unter Fortsetzung dieses Vorganges dem Radiale für allemal den Vorrang zu lassen.

Die auf die beiden grösseren Stücke der ersten Reihe folgenden, könnten beim ersten Blicke als Repräsentanten der Carpalia der zweiten Reihe genommen werden, so dass ein Centrale fehlte, das erste knorpelige Carpalstück zwei, das andere theilweise verknöchernde dagegen drei Metacarpalia trüge. Zieht man aber in Betracht, dass unter dem Knorpelstücke *c* (Taf. III. Figg. 1, 2) noch ein anderes Stück verborgen ist, welches, sowohl Cuvier als Meckel n. A. unbekannt geblieben, theils dem ersten Mittelhandknochen sich verbindet, theils dem zweiten sich angelenkt hat, so kann nicht daran gedacht werden, den genannten Knorpel *c* der zweiten Reihe zuzuzählen. Als Repräsentant der zweiten Reihe ist nur der ver-

borgenliegende, vorn und hinten von *c* überragte, und dann der ulnarwärts gelagerte ossificirende Knorpel *ca* anzusehen. Der letztere zeigt auch die Nichtzugehörigkeit von *c* zur zweiten Reihe dadurch an, dass er sich eine Strecke weit unter *c* radialwärts vorschiebt, und letzteres dadurch vom Metacarpus auf eine grössere Ausdehnung hin trennt. (Vergl. Taf. III. Fig. 1 A. B.) Indem der kleinere verborgene Knorpel noch an *ca* stösst, setzt er das *c* vom Metacarpus abschliessende Verhältniss fort, und würde bei einer geringeren Ausdehnung der beiden ersten Metacarpalbasen die letzteren vollständig von *c* trennen. Zur Erklärung dieser Beziehungen habe ich das auf Taf. III. Fig. 1. B dargestellte schematische Bild eines Längsdurchschnittes des Alligatorcarpus gegeben, wo *x* den von *c* überdeckten Knorpel vorstellt. Es ist also nur das den Crocodilen eigenthümliche wieder mit der stärkeren Entwicklung der Radialseite der Hand im Zusammenhange stehende Breiterverhältniss der Metacarpalbasen, wodurch eine vollständige Trennung des Knorpelstücks *c* vom Metacarpus verhindert wird. Wenn nun das Stück *c* nicht zur zweiten Reihe des Carpus zu zählen ist, so kann es, da es auch der ersten nicht angehört, nur zwischen beide Reihen eingeschaltet gedacht werden, welches Lagerungsverhältniss dahin führt, *c* als Centrale zu deuten. Seine Lagerung am inneren Handrande entspricht der Verbreiterung des Stückes, und seine Beziehungen zu den übrigen Carpustheilen sind sonst in der Hauptsache ganz dieselben, die das Centrale bei den Amphibien wie bei den Schildkröten und Eidechsen besitzt. Hinsichtlich der beiden letzten Theile des Carpus kann kein Zweifel sein, dass sie allen fünf sonst discret vorhandenen Carpalstücken der zweiten Reihe entsprechen, so dass das erste (Fig. 1. B. *x*.) einem ersten und zweiten, das zweite (*ca*) einem dritten, vierten und fünften Carpale homolog ist, welche ein einziges Stück bilden wie bei den ungeschwänzten Amphibien.

Das von mir bei Alligator lucius ausführlicher untersuchte und beschriebene Verhalten des Carpus, welches ich, soweit ich die Gattung Crocodilus (*Cr. biporeatus* und *niloticus*) untersucht habe, auch für diese bestätigt finde, stimmt am meisten mit den Angaben Cuvier's überein, wenn man in Erwägung zieht, dass dieselben wohl auf trockenere, die Verhältnisse der Knorpelstücke nicht erkennen lassende Skelete begründet sein mochten. Dass letzteres der Fall war, geht auch aus der bezüglichen Abbildung der Crocodillhand im Atlas (Planche 232. Fig. 13) der „Ossemens fossiles“ hervor, wo überdies das Accessorium in einer ganz unnatürlichen Lage sich findet. Etwas deutlicher sind die Verhältnisse zu erkennen in der Abbildung, die A. Camper \*) vom Carpus eines Crocodils gegeben hat. Während sich die Cuvier'schen Angaben aus ungenügendem Untersuchungsmaterial

\*) Annales du Museum, T. XIX, Paris 1812. Pl. 13, Fig. 22.

erklären lassen, vermag ich nicht anzugeben, auf welcher Basis die Angaben Meckel's bezüglich des Vorkommens von vier Stücken in der zweiten Reihe, sowie die von Stannius über das Vorhandensein von drei bis fünf solcher Stücke beruhen. Ich habe von diesen Theilen ebensowenig gesehen, als von einem zwischen beiden grösseren Knochen der ersten Reihe liegenden „Os lunatum“, welches von letztgenanntem Autor \*) angegeben wird.

Wie aus dem Vorkommen der beiden grossen Knochenstücke der ersten Reihe bei den gavialartigen *Myriosauriern* zu schliessen ist, hatten diese Reptilien einen dem der lebenden *Crocodilinen* ganz ähnlichen Carpusbau. Aus dieser Uebereinstimmung des Ulnare und Radiale sowie des den äusseren Carpalstücken der zweiten Reihe entsprechenden Knochenkerns darf man folgern, dass auch die knorpeligen Theile des Carpus in gleicher Weise wie bei den heutigen *Crocodilinen* ergänzend vorhanden waren.

Begeben wir uns, nachdem die anatomischen Thatsachen festgestellt, zu einer vergleichenden Betrachtung des Carpusbaues der *Crocodile*, mit Berücksichtigung der bisher untersuchten Reptilien, so finden wir vor Allem zwei Verhältnisse deutlich ausgesprochen. Eine beträchtliche Entwicklung der Knochen der ersten Reihe und eine Reduction der der zweiten Reihe zukommenden Stücke. Die Knochen der ersten Reihe (Radiale und Ulnare) sind nicht nur in ganz beträchtlicher, besonders am Radiale sich äussernder Volumsentwicklung, sondern auch in ihrer histiologischen Beziehung ausgezeichnet, indem sie, gleich den langen Röhrenknochen, eine periostale Knochenlage aufweisen, die den Carpuselementen der übrigen Reptilien, etwa die langen Carpusknochen der Seeschildkröten abgerechnet, mangelt. Durch alle diese Verhältnisse entfernt sich der Carpusbau der *Crocodile* viel weiter von den Zuständen, die wir zum Ausgang unserer Untersuchung gewählt haben, als der aller übrigen Reptilien, und dieser Satz wird auch durch den Befund der zweiten Reihe bestätigt. Die bei Schildkröten und Eidechsen zum grössten Theil völlig discreten *Carpalia*, an welche die entsprechenden *Metacarpalia* sich anfügen, sind nur durch zwei grossentheils knorpelig bleibende Stücke vertreten, die sich nicht weiter differenziren, und von denen nur das eine eine regelmässige, im Innern einnehmende Verknöcherung zeigt. Indem so der ulnare Abschnitt der Hand nicht mit selbständigen Carpuselementen articulirt, verliert er offenbar auch an Bedeutung und es ist gewiss eine damit im engsten Zusammenhang stehende Erscheinung, dass die beiden letzten Finger keine Krallen tragen,

---

\*) *Zootomie der Amphibien*. S. 83. Dass damit das Accessorium, Cuvier's *Pisiforme*, gemeint sein sollte, ist zwar möglich, allein dann müsste man annehmen, dass Stannius die Theile in ganz unnatürlicher Lage vor sich gehabt hätte.

schwächer entwickelte Phalangen besitzen (die Endphalangen sind sogar nur knorpelig), und dass endlich der vierte und fünfte Finger ein Phalangenstück weniger besitzt als der entsprechende Finger der Eidechsen. \*) Bei Alligator ist die ulnare Verkümmerng schon am Ende des dritten Fingers bemerkbar, indem die letzten Glieder beträchtlich schlanker sind als jene des ersten und zweiten Fingers, und so die Verhältnisse des zweiten und vierten Fingers vermitteln. Es wird also hierin wiederum eine Beziehung zum Armskelete der Vögel erkannt werden dürfen, so dass die Summe der verwandtschaftlichen Verhältnisse zwischen beiderlei Abtheilungen keine ganz geringe ist. Dazu kommt noch der Umstand, dass die Verbindung der Vorderarmknochen mit Humerus und Carpus auf die gleiche von den übrigen näher stehenden Thieren abweichende Weise geschieht, indem Radius und Ulna am Ellbogen- und Handgelenk selbständige Charniere besitzen, sich somit aneinander verschieben. \*\*)

Einen Theil der bei den Crocodilen gesehenen Eigenthümlichkeiten sehen wir wieder im Handskelete der Vögel. Der Carpus bietet in dieser Classe mit Ausnahme des Apteryx und des neuholländischen Casuar, die nur einen einzigen Carpusknochen besitzen, bekanntlich zwei Stücke dar, von welchen das eine (Taf. II. Fig. 3. r) dem Radius, das andere (u) der Ulna angefügt ist. Wir könnten sie einfach als Ulnare und Radiale bezeichnen, und damit ausdrücken, dass wir sie den auch bei Reptilien und Amphibien so genannten Knochen für homolog erachten. Da sie aber die einzigen Stücke des Carpus sind, also den ganzen in den unteren Formen der Handbildung aus neun discreten Stücken bestehenden Skeletabschnitt der Handwurzel repräsentiren, so entsteht die Frage, ob die im Vogelcarpus gegebene Reduction aus einer Verschmelzung mehrerer Stücke zu Einem (wie solches in mehrfachen Beispielen bereits oben von mir nachgewiesen ward), oder durch das allmähliche Verkümmern und endliche Ausfallen einzelner Stücke zu Stande kam. Die Untersuchung der Entwicklung der Vorderextremität der Vögel, wie

\*) Anmerkung. Während die Gliederzahl der Finger der fünf fingrigen Eidechsen folgende ist:

I.	II.	III.	IV.	V.
2	3	4	5	4

ist die der Crocodile folgende:

2	3	4	4	3.
---	---	---	---	----

\*\*) Anmerkung. Auf das Vorkommen dieser Einrichtung bei Vögeln und Crocodilen hat Henke aufmerksam gemacht. Handb. d. Anatomie und Mechanik der Gelenke. Leipzig und Heidelberg 1863. S. 25.

ich sie vornehmlich am Hühnchen angestellt habe, giebt auf beide Fragen keine befriedigende Antwort. Es sind schon zu der Zeit der ersten Differenzirung des Knorpelskelets nur jene zwei Stücke vorhanden, und an diesen Anlagen keinerlei Spuren einer Verschmelzung erkennbar, so dass wir also nur durch die Vergleichung mit der zunächst unter den Vögeln stehenden Thierclassen zur Beurtheilung des Vogelcarpus dienende Anhaltspunkte erhoffen dürfen. Es sind aber unter den Reptilien nur die Crocodile, die eine Verkümmernng des Carpus aufweisen, und zwar in einer Weise, die dem bei den Vögeln vorhandenen Zustande entspricht. Radiale und Ulnare bilden den Haupttheil des Carpus der Crocodile, und an der Stelle einzelner die Metacarpalien tragender Stücke der zweiten Reihe sind nur zwei Knorpelstücke vorhanden, von denen das eine, kleinere von dem gleichfalls knorpelig bleibenden Centrale bedeckt wird. Ich habe hinsichtlich dieser letzteren oben auseinandergesetzt, dass wir sie als einen in der Rückbildung begriffenen Abschnitt des Carpus anzusehen haben, in welchem einmal die den Metacarpalien entsprechenden Stücke sich nicht mehr differenziren, und dann sowohl an Volum als an Textur auf niederer Stufe bleiben. In voller Entwicklung sind daher auch bei den Crocodilen nur zwei Stücke des Carpus, wenn wir wie geziemend das Accessorium nicht mit in Betracht ziehen.

Wir können somit sagen, dass in dem Vogelcarpus das bei den Crocodilen bereits angebahnte Verhalten ausgeführt ist, und vermögen von den übrigen Reptilien aus durch die Crocodile zu den Vögeln eine Entwicklungsreihe zu führen, welche freilich manche, durch die ganz geringe Kenntniss der untergegangenen Formen nothwendig entstandene Lücke aufweist. Wir müssen aber auch hier berücksichtigen, dass in jenen einander verwandten Zuständen, die wir aneinanderreihen müssen, weil uns die sie unmittelbar verbindenden Formen abgehen, uns nur die Endpunkte auf sehr differenten Stufen stehender Entwicklungsreihen vorliegen, deren in längst vergangenen Zeiten vorhanden gewesene innigere Verknüpfungen uns thatsächlich unbekannt sind. \*)

---

\*) Anmerkung. Die Ableitung der Verwandtschaftsverhältnisse des Baues der Organismen führt häufig auf ein Gebiet, auf dem sich ebensogrosse Wahrheiten erschliessen, als uns Irrthümer daselbst umstricken können, und nicht minder gross sind die Missverständnisse, die aus nur kurzen Andeutungen über jene Verhältnisse entspringen.

Eine ausführlichere Darlegung der oben angeführten Anschauung ist daher gewiss am Platze. Ich habe oben von Verwandtschaft der Crocodile mit den Vögeln gesprochen, von einer Ableitung der bei den Vögeln vorhandenen Organisation des Carpus von jenem der Crocodile, woraus man leicht schliessen könnte, dass ich die Vögel überhaupt als eine aus den Crocodilen hervorgegangene Lebensform mir dächte, beide einer und derselben continuirlichen Reihe angehörig, und zwischen beiden zahlreiche Uebergangsformen, die ausgestorben und deren Reste noch unbe-

Dass aber die vorgeführte Vergleichung des Carpus die verwandtschaftlichen Verhältnisse der Handbildung keineswegs erschöpft hat, lehrt die nähere Untersuchung des Metacarpus und der Finger. Ich habe oben auf die Verkümmernng des ulnaren Handabschnittes der Crocodile hingewiesen. Bei den Vögeln fehlt bekanntlich der ganze ulnare Abschnitt. Vom Metacarpus entwickeln sich nur drei mehr oder minder miteinander verschmelzende Stücke. Sie sind bei Embryen ganz deutlich getrennte, isolirbare Knorpelstücke, die am carpalen Ende meist ganz innig miteinander verwachsen, und von denen das erste, kleinste Stück den beiden anderen längeren, in der Mitte ihrer Länge häufig voneinander getrennt bleibenden so sich anfügt, dass man bei blosser Kenntniss der ausgebildeten Vogelhand das erste meist einzige Glied des Daumens für das Metacarpale pollicis selbst halten könnte. (Vergl. Taf. III. Fig. 3.)

Tiedemann\*) lässt den Metacarpus der Vögel nur aus zwei Knochen entstehen, und sieht den aus dem Metacarpale I gebildeten Abschnitt des gesammten Metacarpus mit Wiedemann als eine blosse Apophyse an. v. Baer\*\*) hat dann znerst das richtige Verhalten der Handbildung der Vögel treffend nachgewiesen, und auch auf die vor der Phalangenentwicklung stattfindende Bildung des Metacarpus aufmerksam gemacht.

Bei manchen Vögeln bleibt das Metacarpale I an einem distalen Ende eine Strecke weit frei, und ist auch am verschmolzenen Metacarpus leicht als selbständiges Skelettheil noch unterscheidbar, in keiner Weise wie eine blosse radiale Apophyse des Metacarpus sich darstellend, so z. B. bei Struthio, noch mehr bei Colymbus, wo es zugleich eine ansehnliche Länge erreicht. Diese drei schon bei Cuvier\*\*\*) als selbständige Stücke angegebenen Metacarpalien nehmen ulnarwärts

kannt sind. Das kann aber nicht meine Meinung sein, denn wenn auch bei den Crocodilen so manche bei den Vögeln wiederkehrende Organisation sich findet, so ergeben sich ebensolche verwandtschaftliche Beziehungen zwischen den Vögeln und anderen Reptilienabtheilungen, und es ist für jetzt noch schwer, wenn nicht ganz unmöglich, zu sagen, welche Einrichtung für die Erkennung eines näheren Verwandtschaftsgrades den Ausschlag giebt. An der Erkenntniss jener verwandtschaftlichen Beziehungen festhaltend, möchte ich daher aus jenen Thatsachen nur den Schluss ziehen, dass die Crocodile und die Vögel von einander sehr nahe stehenden Geschöpfen ihre Abstammung ableiten, dass das beiden Gemeinsame aus einem für beide die Grundform abgebenden Zustande mit herübergenommen ist, und in einer für jede Reihe eigenthümlichen Weise unter mannichfachen Wandelungen sich verschiedengradig weitergebildet hat.

\*) Anatomie und Naturgeschichte der Vögel. Bd. I. Heidelberg 1810. S. 240.

\*\*) Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion. Erster Theil. Königsberg 1828. S. 94.

\*\*\*) Leçons. Sec. Ed. T. I. p. 438.

an Länge zu. Das erste ist schon oben als das kleinste bezeichnet, das zweite und dritte wird gewöhnlich von gleicher Länge angegeben. Dem ist aber nicht so, vielmehr ist das dritte als das längste anzusehen, wenn es sich auch nicht über das Ende des zweiten hinaus erstreckt. (Vergl. Taf. III. Fig. 3). Es beschreibt einen gegen die Ulnarseite der Hand convexen Bogen und legt sich dann mit seinem Capitulum an das Capitulum des zweiten Metacarpale an, daselbst wieder mit diesem verwachsend. Diese offenbare Verlängerung des Metacarpale III ist mit einer schon beim Embryon erkennbaren dünneren, schlankeren Beschaffenheit verbunden, wodurch dieses Stück namentlich an der Hand der erwachsenen Vögel ganz beträchtlich gegen das starke Metacarpale II contrastirt.

Bei den Eidechsen wie bei den Crocodilen ist das Längenverhältniss der Metacarpusknochen ein ähnliches, die Länge nimmt gegen den dritten zu, aber während bei den Eidechsen der dritte Metacarpus ebenso stark ist wie der zweite, ist bei den Crocodilen der dritte etwas schlanker. Am meisten ist das bei *Crocodylus biporcatus* ersichtlich, \*) weniger finde ich es bei *Alligator lucius* ausgedrückt. Wie bei den Crocodilen der relativ geringere Dikedurchmesser der drei ulnaren Metacarpalien, die auch an den Phalangen der Finger wahrnehmbare Verkümmern der Ulnarseite ausspricht, so ist auch das schwache Metacarpale III der Vögel auf die gleiche Erscheinung zu deuten. Der vierte und fünfte Metacarpusknochen fehlt da gänzlich und am dritten Finger entwickelt sich nicht mehr als ein einziges Glied. Dieser letztere Umstand ist besonders deswegen von Wichtigkeit, weil dem dritten Finger der meisten Reptilien vier Glieder zukommen, während der erste nur zwei, der zweite nur drei besitzt. Die letztern Zahlenverhältnisse kehren auch bei den Vögeln wieder, wenn auch nicht bei allen, und dann besitzt der Daumen und der zweite Finger ein Nagelglied. Ein solches findet sich bekanntlich an den beiden ersten Fingern der straussartigen Vögel, dann vieler Stelz- und Schwimmvögel. Wenn wir aber auf die constanten Grössenverhältnisse der Metacarpalien der Vögel, wie geziemend, einigen Werth legen, so können wir daraus in Vergleichung mit der Mittelhand der Crocodile den Schluss ziehen, dass die drei vorhandenen Finger der Vogelhand dem ersten, zweiten und dritten der fünffingrigen Reptilien entsprechen, dass also der Ausfall nur an der Ulnarseite und nicht auch gleichzeitig an der Radialseite stattfand. Diese letztere Deutung ward von Owen \*\*) gegeben, der wohl durch das Verhalten der Hinterextremität, vielleicht auch durch die Reduction der Gliederzahl des dritten Fingers

\*) vergl. Cuvier, *Ossemens fossiles*. Pl. 232. Fig. 13.

\*\*) *On the Archetype etc.* p. 186.

veranlasst ward, die Finger der Vogelhand als dem zweiten, dritten und vierten der Hand der Crocodile entsprechend anzusehen. \*)

Mit dem Nachweise der Spuren verwandtschaftlicher Verhältnisse der Hand der Vögel mit jener der Crocodile, wie sie aus der Würdigung des Carpus und Metacarpus sich herausstellen, ist aber auch die Kluft erweitert, die zwischen Vögeln und Säugethieren besteht: denn alle jene von mir hervorgehobenen Verhältnisse des Carpus und Metacarpus sind Einrichtungen, die bei den Säugethieren nicht wiederkehren und damit bei den Vögeln ihr Ende finden.

Durch diese Vergleichung und die daraus gewonnene Erkenntniss der allerdings in der lebenden Schöpfung ausserordentlich lückenhaften verwandtschaftlichen Beziehungen, mag zugleich die morphologische Bedeutung der vorderen Gliedmassen der Vögel concreter sich darstellen, d. h. die Entstehung des Flügels aus einer Form, die mit den vorderen Gliedmassen der Crocodile wenigstens unter allen lebenden Reptilien die grösste Aelmlichkeit besass. \*\*)

Für den Carpus der Säugethiere sind die Thatsachen bis jetzt am genauesten festgestellt, und es ist namentlich Cuvier's sorgfältigen Monographien \*\*\*)

\*) Owen legt offenbar zuviel Gewicht auf die „Homotypie“, auf das übereinstimmende Verhalten der vorderen Extremität mit der hinteren, welche beide einander parallel laufende Modificationen erleiden sollen. Wenn ich auch zugestehe, dass unter gleichen functionellen Verhältnissen beider Extremitäten gleiche Modificationen an ihnen aufreten können, so ist doch von vornherein noch keine Nothwendigkeit dazu vorhanden, und noch weniger macht sich eine solche da geltend, wo beiderlei Gliedmassen in verschiedene Verwendung gesetzt sind, wo jeder Theil sich selbständig den von ihnen geforderten Leistungen anpasst. In demselben Maasse als hiedurch physiologische Verschiedenheiten zwischen beiderlei Extremitäten auftreten, wird auch eine anatomische Verschiedenheit gegeben sein.

\*\*) Anmerkung. Bereits Nitzsch (Osteographische Beiträge zur Naturgesch. der Vögel. Mit 2 Kupfertaf. 8. Leipzig 1811. p. 89) führte aus, dass dem Flügel der Vögel nur eine „Fussbildung“, womit er die Bildung einer zum Gehen, Laufen etc. dienenden Vordergliedmasse mit vollständigerer Entwicklung der Finger meint, zu Grunde liegen könne. Er sagt: „Die Analogie, welche die Flügel der Vögel mit den Vorderfüssen der Säugethiere und Reptilien haben, zeigt sich auch in den Spuren von Nagel- oder Klauenbildung, welche an den Fingern jener Glieder oftmals gefunden werden. Diese Bildung macht es zugleich wahrscheinlich, dass die Urform der Flügel in der Fussform oder doch in einer, dieser sehr ähnlichen bestand; denn die Nägel gehören den Füssen an, sie haben im Kreise der Flügelfunction keine Bedeutung, und sind da wohl nur durch zweckloses Nachahmen und Ueberbleiben der Fussform.“ Diese der damaligen naturphilosophischen Richtung entsprungene Anschauungen entsprechen den Thatsachen offenbar viel besser als andere ähnliche berühmter Zeitgenossen.

\*\*\*) In den „Ossemens fossiles“.

zu danken, dass uns aus allen Ordnungen und einer grossen Anzahl von Familien Beschreibungen und Abbildungen jenes Skeletabschnitts vorliegen. War deshalb die Anstellung zahlreicher eigener Untersuchungen für die Säugethiere weniger geboten, als es für die Amphibien und Reptilien der Fall war, so ist dennoch eine wichtige Aufgabe zu erledigen, die bisher nur unvollständig und ungenügend unternommen war, nämlich der Versuch, die Vergleichung, die von den Amphibien aus begonnen wurde, auf die Säugethiere fortzusetzen. Die Deutung der einzelnen Stücke und die daraus sich ergebenden Folgerungen für die Beziehungen der höchsten Wirbeltierclassen zu den unteren Classen sind die beiden unzertrennlichen Theile dieser Aufgabe.

Während man bisher fast ganz allgemein die Vergleichung nur innerhalb der Classe betreibt, und, von einer anderen Auffassung der vergleichenden Anatomie ausgehend, im Säugethiercarpus die Theile des immer sehr nahe verwandten menschlichen Carpus nachwies, mag hier versucht werden, im Carpus der Säugethiere die Skeletelemente zu erkennen, die wir von den Amphibien an durch vielfache Wandelungen verfolgten. Einzelnes hat in dieser Richtung bereits Cuvier begonnen, weit mehr aber leistete Owen, in dem die Vergleichung der einzelnen Extremitätenknochen behandelnden „On Serial homology“ betitelten Abschnitte seiner vergleichenden Osteologie. \*) Von zahlreichen anderen Autoren wurden einfach die Namen der menschlichen Carpusknochen auf die der Säugethiere übertragen, und wo man eine grössere Anzahl von Knochenstücken vorfand, liess man die Vermehrung durch Trennung eines oder des anderen Stückes in Zwei entstehen, und erklärte die Fälle einer Verminderung aus Verschmelzung mehrerer Knochen in einen, beides ohne positiven Nachweis.

Die Anzahl der dem Carpus angehörigen Knochen erhebt sich bei den Säugethieren in höchstem Maasse auf neun, und dadurch unterscheidet sich der Säugethiercarpus vor allem von jenen der Vögel, der Crocodile und Eidechsen, nähert sich dagegen auffallend jenen der Schildkröten und Perennibranchiaten wie der Derotremen. Wir haben drei Knochen der ersten Reihe, fünf der zweiten Reihe, die Metacarpalien tragend, und endlich einen zwischen beide Reihen eingeschalteten, das Centrale zu unterscheiden. Reductionen in der Zahl, für die einzelnen Abtheilungen charakteristisch, müssen auf dieselbe Weise erklärt werden wie bei Amphibien und Cheloniern, durch Verschmelzung oder durch Ausfall, der letztere, der im ganzen nur selten vorkommt, ist durch Reductionen der Fingerzahl bedingt, oder doch damit meist verbunden, der erstere, auf bis jetzt noch nicht zu würdigenden Bedingungen fussend, die aber zweifellos mit Beziehungen des Carpus zum

\*) On the Archetype etc. p. 164. — Wichtig ist auch die Tafelerklärung. p. 190.

Bewegungsmechanismus der Hand in Verbindung stehen. Die durch eine Verkümmernng einzelner Finger am Carpus sich äussernde Verringerung der Stücke ist das seltene Vorkommen, und bleibt immer auf die Stücke der zweiten Reihe beschränkt, so dass die Zahl der Stücke in der ersten Reihe von der Fingerzahl völlig unabhängig sich darstellt. Dieselbe Unabhängigkeit erweist sich auch in Beziehung auf den Vorderarm, indem jene drei Stücke sowohl mit Radius und mit Ulna, wie auch bei dem Fehlen des distalen Endes eines dieser beiden Stücke, mit nur einem jener Knochen articuliren können.

Bei jenen Säugethieren, deren beide Vorderarmknochen den Carpus erreichen, articulirt, mittelbar oder unmittelbar, einer der drei Carpusknochen mit der Ulna, (es ist das Triquetrum des Menschen), der andere entspricht dem Radius, (Scaphoideum) und zwischen beiden findet sich, als Intermedium, das Semilunare (oder Lunatum) eingefügt. Es ist nicht schwer in diesen drei Stücken das Radiale, Intermedium und Ulnare der Perennibranchiaten, Derotremen, der Salamandrinen (im Larvenzustande) und der Schildkröten zu erkennen, wenn es auch fast durchgehend seine primitiven Beziehungen zu den Vorderarmknochen aufgegeben hat. Bei den Delphinen, nicht bei den eigentlichen Walen, zeigt es diese Beziehungen noch deutlich genug, und es ist darin bei diesen Säugethieren ein Rückfall in frühere Zustände des Carpus ausgedrückt.

Bei den Carnivoren, Insectivoren, unter den Nagethieren beim Bieher, Eichhorn, den Mäusen, Murmeltieren, beim Aguti und Capybara, beim Paca und beim Meerschweinchen, ferner bei den Volitantia\*), dann bei den Monotremen, unter den Edentaten bei Orycteropus und bei Manis ist es nicht mehr als selbständiger Knochen vorhanden, sondern scheint mit dem Radiale (Scaphoideum) zu Einem Stücke vereinigt zu sein. Obgleich Untersuchungen an Embryen in sofern zu keinem Resultate führten, als Radiale und Intermedium auch in der knorpeligen Anlage durch Ein Stück vertreten waren, glaube ich doch, an der Auffassung Cuvier's hier festhaltend, jenen einzigen Knochen als zweien entsprechend ansehen zu müssen, da seine Beziehungen zu den benachbarten Stücken dieselben sind, wie sie sonst dem Radiale und Intermedium zukommen. Auch bei Halicore sind nach Cuvier nur zwei Knochen in der ersten Reihe vorhanden, indess bei Manatus das mittlere Stück

\*) Anmerkung. Meckel beschreibt von den Fledermäusen höchst merkwürdige Verhältnisse des Carpus (Syst. d. vergl. Anat. Bd. II. Abth. II. S. 395), die ich wenigstens für unsere einheimischen Chiroptern nicht bestätigt finde. Die einzelnen Knochen zeigen zwar eigenthümliche Verbindungen mittelst Sattelgelenkflächen, so dass eine grosse Beweglichkeit gegeben ist, allein das allgemeine Verhalten ist in keiner Weise von dem anderer Säugethiere abweichend, wie aus der von mir gegebenen Abbildung des Carpus von Rhinolophus (Taf. III. Fig. 7) erschen werden kann.

gesondert bleibt. So bleibt das Intermedium auch bei allen übrigen Walthieren, dann bei allen Wiederkäuern, Dickhäutern, Einhufern; unter den Edentaten bei *Myrmecophaga*, *Dasybus*, *Bradypus*; unter den Nagethieren bei *Lepus* (Taf. III. Fig. 4 *z*); unter den Insectivoren bei *Talpa* (Taf. III. Fig. 6. *z*), ein selbständiger Knochen, in gleicher Weise wie bei den Halbaffen, den Affen und dem Menschen.

Für die zweite Reihe der Carpusknochen sind wieder wenige Differenzen zu constatiren, da nur eine einzige im Carpus selbst liegende Veränderung des als ursprünglich angenommenen Zustandes vorkommt, (nämlich eine Verwachsung zweier Stücke zu Einem) und alle Verschiedenheiten in der Zahl mehr oder weniger von der Anzahl der bestehenden Finger beherrscht werden, somit von ausserhalb des Carpus liegenden Zuständen abhängig sind.

Bei allen Säugethieren kommt für das vierte und fünfte Metacarpale nur Ein Carpale vor, das *Os hamatum*, eine Erscheinung, für die weder bei Amphibien, noch bei Reptilien\*) eine Analogie sich findet, die also für die Säugethiere charakteristisch ist.

Von den vier Carpalstücken sind die drei äusseren bei allen Säugethieren vorhanden, gleichviel wie die Ausbildung der übrigen Hand, bezüglich der Fingerzahl sich gestaltet hat. Untersuchen wir den Carpus der Pachydermen, bei welchen die Reduction der Fingerzahl eingeleitet wird, so treffen wir bei allen jene drei Knochen an. Beim Elephanten und bei Hippopotamus, dann beim Tapir trägt das Hamatum die zwei entwickelten unteren Finger, ebenso beim Daman, dem Schweine und beim Pekari. Da bei den letzteren der fünfte Finger nur schwach entwickelt ist, hebt sich die Beziehung des Hamatum zum Mittelhandknochen des vierten Fingers. Dieses Verhältniss ist beim Tapir schon angedeutet, beim Nashorn und bei *Palaeotherium* noch mehr hervorgetreten, da hier der fünfte Finger nur durch einen Rest des Mittelhandknochens vertreten ist. Dieses namentlich beim Nashorn sehr unansehnliche Knochenstückchen kann ich nicht mit Cuvier für ein accessorisches Gebilde ansehen, es wird vielmehr durch das Verhalten bei *Palaeotherium*\*\*\*) (*Pal. minus*) zweifellos dem Metacarpus beizuzählen sein, in welcher Richtung auch

---

\*) Anmerkung. Wenn Owen angiebt, dass er bei alten See-Schildkröten zuweilen ein Verschmelzen der beiden bei den Säugethieren das Hamatum bildenden Carpalia beobachtet habe, so kann dieser Fall, da er keine Regel voraussetzt, nicht ohne Weiteres hierher bezogen werden, um so mehr als auch das Carp.<sup>3</sup> (*Capitatum*) von Owen bei *Chelone Mydas*, mit jenen beiden äusseren sich verbindend, getroffen ward. (Vergl. *Archetype*, p. 191).

\*\*) Vergleiche Cuvier, *Ossemens fossiles*. Pl. 145. — Bei anderen *Palaeotherien* erscheint das Rudiment des Metacarpus V ähnlich wie beim *Rhinoceros*, so bei *Pal. crassum*. *Oss. foss.* Pl. 139. Fig. 1. *k*.

Meckel sich äusserte. Aehnlich ist auch beim Rinde das Metacarpale V ein rudimentäres griffelförmiges Knochenstück, welches anscheinend nicht einmal das Hamatum mehr erreicht.

Mit dem Schwinden des fünften Fingers geht das Hamatum noch Beziehungen ein, die jenseits seiner ursprünglichen Bedeutung liegen. Es betheiligt sich nämlich an der Verbindung des dritten Mittelhandknochens mit dem Carpus. Sehr auffallend ist dies Verhalten bei den Einhuferu, deren einzig entwickelter Mittelfinger fast mit einem Drittheile seines Metacarpale ans Hamatum sich anfügt. Ausserdem trägt er nur noch das äussere Griffelbein, das rudimentäre Metacarpale IV. Dieses Verhalten zum Metacarpale III wird durch die bei den Schweinen, bei Palaeotherium und bei Rhinoceros gegebenen Zustände vermittelt, welche letzteres schon an einer ansehnlichen Fläche jene Verbindung aufweist, so dass ein ganz allmählicher Uebergang zu der auffallenden Einrichtung der Einhufer vorhanden ist.

Für die übrigen Knochen der zweiten Reihe bemerke ich, dass Carpale<sup>3</sup> und <sup>2</sup> bei den Pachydermen durchgehend vorhanden sind: das Carpale<sup>3</sup> (Capitulum) trägt den überall am meisten entwickelten Mittelfinger, das Carpale<sup>2</sup> (Trapezoidum, Multangulum minus) hat ausser dem zweiten Finger immer noch ein eigenthümliches Knochenstück angefügt, welches von Cuvier in den einzelnen Fällen sehr verschieden beurtheilt wurde. Bei Hyrax wurde dieses dem Trapezoidbeine ausitzende Stück als Trapezbein erklärt, wo dann der diesem angefügte kleine Knochen das Rudiment eines Metacarpale I wäre. Bei Hippopotamus, wo es in ganz gleicher Lage sich findet, erwähnt es Cuvier als „petit os pointu assez semblable à un pisiforme“, während ein bei Rhinoceros vorhandenes, welches weiter nach oben gerückt ist, und fast zwischen Radiale und Carpale<sup>2</sup> erscheint, als „tient lieu du pouce“ betrachtet wird. Noch eigenthümlicher ist das vom Trapezoid getragene Stück beim Elephanten. Es ist hier ein länglicher, oben und unten breiter, in der Mitte dünnerer Knochen, der völlig in der Reihe der Metacarpalia liegt, und dem noch zwei, ein grösserer mit einem kleineren terminalen, sich verbinden. Cuvier und Meckel fassen ihn als Trapezbein auf. Auch beim Tapir ist noch ein Knochen nach aussen am Carpale<sup>2</sup> befestigt, der aber noch mit dem Metatarsale II in Verbindung steht: bei den Schweinen wie bei Dicotyles fehlen derartige Knochen. Es entsteht nun die vor der Beurtheilung dieser Knochen zu erörternde Frage, ob alle diese Gebilde gleichartige sind, oder ungleichartige, bald Elemente des Carpus, und damit dem Carpale<sup>4</sup> (Trapezium) entsprechend, bald Elemente des Metacarpus in rudimentärer Form vorstellend. Hier ist zunächst zu bemerken, dass durchaus kein zwingender Grund besteht, alle jene Knochen für identisch zu halten, ihre Form- und Lagerungsbeziehungen sind dazu viel zu mannichfaltig und zu verschieden, aber daraus erwächst auch kein Beweis

für die typische Verschiedenheit. Sehen wir also wie weit für die einzelnen Fälle die Untersuchung uns führen kann.

Am einfachsten scheinen die Verhältnisse beim Elephanten zu liegen. Der von den genannten Anatomen als Trapezium erklärte Knochen articulirt nur mit dem Trapezoid, liegt weit entfernt vom Radiale, und ist, wie oben erwähnt, in gleicher Reihe mit dem Metacarpus. Ein so gänzlich aus der Reihe gerücktes Carpale ist ganz ohne Analogie. Wenn wir nun den Knochen als Metacarpale ansähen, so würde das zwar noch durch die Form des Knochens bedeutend unterstützt, aber dann würde das Carpale<sup>1</sup> dem Elephanten fehlen, oder es würde als mit dem Carpale<sup>2</sup> verschmolzen anzusehen sein. Für solche Verbindungen von Carpalknochen einer und derselben Reihe sind vielfache Belege von mir gegeben worden, und im Hamatum haben wir sogar einen für die Säuger durchgreifenden Fall. Es wäre sonach beim Elephanten ein vollständiger, zweigliedriger, nur an Volum reducirter Daumen vorhanden, dessen Metacarpale mit dem des zweiten Fingers an ein und dasselbe Carpusstück angefügt ist. Was bezüglich der Lagerungsverhältnisse des in Frage gewesenen Knochens beim Elephanten vorgebracht wurde, gilt auch für Hyrax und Hippopotamus. Es ist auch da der dem Trapezoideum angefügte kleine Knochen nur als rudimentäre Metacarpale zu verstehen, und es würde auch bei diesen Pachydermen-Gattungen allen vom Carpus geltenden Thatsachen widerstreben, wenn man ihm als ausgestossenes Carpale<sup>1</sup> betrachten wollte. Es ist also bei Hyrax mit dem Metacarpusrudiment des Daumens nur ein Phalangenrest in Verbindung, bei Hippopotamus fehlt auch dieser, und damit stellt sich in der Rückbildung des Daumens vom Elephanten aus eine continuirliche Reihe her. — Es bleibt somit nur noch für Rhinoceros und den Tapir die Erklärung zu geben. In beiden zeigt sich der fragliche Knochen mit mehreren Theilen des Carpus in Zusammenhang, immer mit Trapezoideum und Scaphoideum (Radiale). Das möchte ihn als Trapezium (Carpale<sup>1</sup>) deuten lassen. Aber dennoch nehme ich Anstand, es zu thun, erstlich ist bei den übrigen Dickhäutern kein Carpale<sup>1</sup> nachweisbar, zweitens zeigt er selbst bei beiden genannten Thieren eine ziemliche Verschiedenheit in der Lagerung, indem er bei Rhinoceros ganz vom Metacarpus entfernt ist, beim Tapir eine Strecke weit über's Metacarpale II hinwegragt, so dass, wenn man denselben Grad der Verschiedenheit weiter fortgesetzt annähme, man ganz dieselben Verhältnisse fände wie beim Hippopotamus. Ohne also geradezu behaupten zu wollen, dass jener Knochen im Nashorn- und Tapir-Carpus einem ersten Metacarpusrudiment entspräche, muss ich doch eine solche Annahme für höchst wahrscheinlich halten.

Einen ferneren Beleg für die Richtigkeit meiner Meinung liefert der Carpus der den Pachydermen verwandten Sirenen. Bei Manatus sind nur drei discrete

Carpalia der zweiten Reihe vorhanden, welche fünf Metacarpalia tragen, der rudimentäre, aber unverkennbare Metacarpusknochen fügt sich hier mit dem des zweiten Fingers an denselben Carpusknochen, welcher somit Carpale<sup>1</sup> und <sup>2</sup> zugleich sein wird. Bei *Halicore* ist die ganz gleiche Beziehung der Metacarp. I und II gegeben. Hier wird sogar Hamatum und Capitatum, also Carpale<sup>5, 4, 3</sup> durch ein einziges Knochenstück vorgestellt, so dass in der zweiten Carpusreihe nur zwei Knochen liegen. Bei den Einhufern und den Kameelen unter den Wiederkäuern bleiben Hamatum, Capitatum und Trapezoideum als gesonderte Stücke bestehen; bei den übrigen Wiederkäuern ist das Trapezoideum nur während des Fötallebens ein besonderes dem Capitatum angelagertes Knorpelstückchen, welches später durch einen selbständigen Knochenkern ossificirt und bei neugeborenen Thieren schon ganz mit dem Capitatum vereinigt ist. Ich habe diesen Vorgang, den auch Meckel anzunehmen scheint, ohne sich bestimmter zu äussern, ob er ihm wirklich gesehen oder nur vermuthet, bei der Ziege und beim Rinde beobachtet. Es gehört also das Vorkommen von drei Knochen in der zweiten Reihe des Carpus zu den Eigenthümlichkeiten der Hufthiere, die durch alle in der Fingerbildung ausgeprägten Modificationen der Vorderextremität sich erhält.

Bei den mit den Pachydermen verwandten Walthieren herrscht im Carpusbaue eine so beträchtliche Verschiedenheit, dass es nicht leicht ist, das mit den übrigen Säugethieren Gemeinsame von dem erst innerhalb dieser engeren Abtheilung Hinzugekommenen abzulösen. Diese Verschiedenheiten treffen gerade den zweiten Abschnitt, während der erste gewöhnlich die drei typischen Stücke besitzt, die bei Delphinen durch die theilweise Einlagerung des Intermedium (Lunatum) zwischen die Enden von Radius und Ulna sogar noch die ganz primordialen Verhältnisse bieten. Bei *Hyperoodon* \*) wie nach Cuvier bei *Balaena*, finden sie sich schon in einer gleich scharf gegen die Vorderarmknochen abgegrenzten Reihe, und beim Zwergwal \*\*) scheint Lunatum und Triquetrum durch ein einziges Stück repräsentirt zu werden, so dass wie bei *Halicore* nur zwei Stücke der ersten Reihe angehörig sind. — Was die zweite Reihe angeht, so sind nur bei *Hyperoodon* vier und zwar gleichartige und grösstentheils knorpelige Stücke vorhanden, die wie bei den übrigen Säugethieren zu deuten sind. Bei *Balaena* hat sich ihre Anzahl um Eines vermindert. Bei *Delphinus* dagegen existiren deren nur zwei, da ich das von

\*) W. Vrolik, *Natuur- en ontleedkundige Beschouwing van den Hyperoodon*. Haarlem 1848. 4. p. 50. Taf. III.

\*\*) Eschricht, *Untersuchungen über die nordischen Walthiere*. 1. Band. Leipzig 1849. fol. Taf. VII. Fig. D.

Cuvier \*) als dritter Carpusknochen betrachtete Stück an der Radialseite besser als Metacarpale des ersten Fingers ansehe, wie es auch von Cuvier selbst in der Erklärung der Tafel (Pl. 224. Fig. 22) als „Metacarpien du pouce“ aufgeführt ward. Die zwei Carpalstücke der zweiten Reihe, die auch bei Balaena — nach Eschricht's Abbildung von dem Brustflossenskelet eines Keporkak-Fötus — bestehen, und wegen geringer Quer-Entwickelung den ersten Metacarpalknochen zum grossen Theile sich mit dem Scaphoidcum verbinden lassen, werden aus den bei den Manatis und bei den Paehydermen vorkommenden Reductionen zu erklären sein. Mit der geringeren Bedeutung der einzelnen Finger schwindet die Selbständigkeit der sie tragenden Carpustheile. Der höchste Grad dieser Reduction trifft sich beim Zwergwal, wo die beim Keporkak, nach Eschricht's Zeichnung, wie bei Delphinus noch getrennten beiden Carpalia durch ein einziges, allerdings grösseres und sehr in die Quere gezogenes Stück vorgestellt werden, welches noch im fötalen Zustande ohne Trennungsspur erscheint. Es ist somit von Hyperoodon aus eine Reihe der Zahlenreduction der Carpalia zu erkennen, die bis zum Vorkommen eines einzigen Stückes an der Stelle von vieren führt. Die Vorstellung, dass diese Reduction durch Verschmelzungen vor sich ging, kann aber nur dann für diese Fälle Geltung haben, wenn man sich die Verbindung mehrerer Stücke zu Einem nicht im Laufe der individuellen Entwicklung denkt, sondern während grosser Entwicklungsperioden, denn es ist in keinem der Reductionsfälle für die Annahme des Bestehens einer embryonalen Trennung ein Anhaltepunkt vorhanden. Wenn wir also das einzige Carpalstück der zweiten Reihe beim Zwergwal als vieren entsprechend betrachten, so darf damit nicht der Gedanke verbunden werden, dass in der Anlage dieses Stückes vier getrennte Theile vorhanden gewesen wären, die sich zu Einem vereinigt hätten. Ein solches Getrenntsein der Stücke wird vielmehr nur für jene uns unbekannt, vielleicht auch unbekannt bleibenden Formen zu supponiren sein, aus denen die mit Reductionen versehenen Formen sich ableiten.

In den anderen Säugethierordnungen ist das Vorhandensein von vier Stücken in der zweiten Reihe die Regel, indem das Carpale<sup>1</sup> (Trapezium) selbst da sich findet, wo der Daumen bis auf einen unansehnlichen metacarpalen Ueberrest geschwunden ist. Die Form- und Grössenverhältnisse der einzelnen Knochen, die wie auch sonst den übrigen Verhältnissen beigeordnet sind, halte ich nicht für meine Aufgabe hier auseinanderzusetzen.

Noch habe ich des neunten der primitiven Carpusstücke zu gedenken, des Os. centrale, welches unter Amphibien wie Reptilien verbreitet war. Obgleich Owen \*\*) zuerst seinen morphologischen Werth erkannt hat, indem er es mit dem

\*) Ossemens fossiles. T. VIII. P. II. p. 145.

\*\*) On the Archetype etc. p. 191.

gleichen Stücke der Schildkröten verglich, betrachtete er es doch nur als ein abgelöstes Stück des Scaphoideum. Bei den Säugethieren tritt es nur in wenigen Abtheilungen auf. Es fehlt den Huftieren gänzlich, ebenso den Cetaceen, den Carnivoren, Volitantia, Marsupialia, Monotremen und Edentaten. Bei den Nagethieren kommt es sehr verbreitet vor, wie schon Cuvier angegeben, der es für ein losgelöstes Stück des Carpale<sup>3</sup> (Capitatum) ansah. Dass wir es nach dem früher von mir Mitgetheilten ganz anders beurtheilen müssen, und in ihm ein aus einem früheren Zustande stammendes ächtes Carpusselement erkennen müssen, halte ich über jedem Zweifel stehend. Wo es aber in den Fällen, wo es fehlt, hingekommen, ist noch nicht ermittelt. Meine Bemühungen durch Untersuchung von Embryen, sowohl des Menschen, als vieler Säugethiere, einen Fingerzeig zu erhalten, waren alle vergeblich und ich kann nur sagen, dass weder für die Annahme seiner Verbindung mit dem Capitatum (Cuvier), noch mit dem Scaphoideum (Owen) Gründe bestehen. Bei den Nagethieren hat es zuweilen insofern einige seiner früheren Beziehungen verändert, als es meist nur zwischen drei Knochen des Carpus eingebettet ist, also nicht mehr in dem Verhältnisse central, wie bei den Amphibien. Bei Hydrochoerus (Taf. III. Fig. 5. c.) ist es in einen einspringenden Winkel des Capitatum gebettet, und verbindet sich ausser diesem nur noch mit dem Trapezoideum und dem Scaphoideo-lunare, man könnte es so für einen Theil des Capitatum nehmen. Bei anderen aber, z. B. bei Lepus (Taf. III. Fig. 4. c.) wird es von sämtlichen Carpusknochen umgrenzt, hat somit seine ursprünglichen Beziehungen festgehalten. Unter den Insectivoren hat es beim Maulwurfe (Fig. 6. c.) wiederum eine beschränktere Umgrenzung, es liegt keilförmig, mit der breiteren Basis ans Scaphoideum grenzend, zwischen Capitatum und Trapezoideum, und konnte so von Meckel der zweiten Carpusreihe zugezählt werden.

Bei den Affen wird das Centrale als regelmässiges Vorkommen angegeben. Cuvier sagt: „Le carpe des singes a un os de plus que celui de l'homme.“ Auch die Halbaffen besitzen es, wie aus den Monographien von Fischer<sup>\*)</sup>, Burmeister<sup>\*\*)</sup> und Van Campen<sup>\*\*\*)</sup> hervorgeht. Beim Orang hat es Vrolik zuerst nachgewiesen, nachdem frühere Autoren, darunter Camper und Owen den Orangcarpus als mit dem menschlichen mehr oder minder übereinstimmend dargestellt hatten. Vrolik†) giebt es auch beim Gibbon an. Beim Chimpanse fehlt es.

Bezüglich des Pisiforme habe ich mich schon oben mehrmals ausgesprochen: es fehlt den Manatis und Delphinen, ist bei den Robben und Faulthieren bekannt-

\*) Anatomie der Maki. Frankfurt a.M. 1801. 4.

\*\*\*) Beiträge zur näheren Kenntniss der Gattung Tarsius. Berlin 1846. 4.

\*\*\*\*) Ontleedkundig onderzoek van den Poot van Bosman. Amsterdam 1859. 4.

†) Recherches d'Anatomie comparée sur le Chimpanse. Amsterdam 1841. fol.

lich sehr klein, und wechselt auch vielfach in Umfang und Gestalt, sowie in seinen Lagerungsverhältnissen zum *Os triquetrum*. Wenn es auch in vielen Fällen, besonders da, wo es von calcaneusartiger Ausdehnung ist, einen functionell wichtigen Theil des Carpus skelets vorstellt, so ist doch nicht zu vergessen, dass es einen der ursprünglichen Zusammensetzung des Carpus Fremden, einen gewissermassen erst erworbenen Theil vorstellt, wie das *Os falcatum* an der Radialseite der Hand des Maulwurfs (Taf. III. Fig. 6. *f.*), oder andere weniger constante Sesambeinbildungen an der Volarfläche.

Der Einblick in die Verhältnisse des Carpus der Wirbelthiere zeigt uns eine Entwicklungsreihe von niederen zu höheren Organisationen. Unter den Amphibien sind es bei den Perennibranchiaten und Derotremen platte, mosaikartig mit einander verbundene Knorpelstücke, die den Carpus zusammensetzen, ohne ausgesprochene Gelenkconstructionen einzugehen. Acht, oder, wenn wir uns die Hand dieser Thiere fünffingerig denken, neun an der Zahl, bilden sie das Material aus welchem durch histiologische und gestaltliche Differenzirung und vielfältigen Wechsel des Volums, sowie der gegenseitigen Beziehungen, die vielartigen Carpusbildungen der grösseren und kleineren Abtheilungen der Wirbelthiere hervorgehen, jede wieder in ganz besonderen Verhältnissen zu den Bewegungen der Hand, und dadurch in bestimmten Beziehungen zum Gesamtorganismus.

Die Ruderhand der obengenannten Amphibien erhält in ihrem carpalen Theile einige Veränderungen bei den nur theilweise im Wasser lebenden Salamandrinen. Der Knorpel der Carpusstücke verkalkt, und zwei Stücke, Ulnare und Intermedium verbinden sich zu einem einzigen. Das Radiale wie das Centrale behält seine Beziehungen, aber fast beständig tritt Eines der vier sonst je Ein Metacarpale tragenden Stücke ausser Beziehungen zu jenen.

Bei den ungeschwänzten Amphibien ist vor Allen eine grössere Individualisirung aller einzelnen Stücke bemerkbar. Keines ist mehr dem andern gleich, selten eines dem anderen ähnlich gestaltet. Gelenke, Köpfe und Pfannen, sind an den einzelnen Stücken entwickelt. Das Intermedium ist definitiv verschwunden, wahrscheinlich schon in den Uebergangsstufen mit dem Ulnare vereinigt. Das Centrale rückt an den inneren Rand des Carpus, kann sogar in die erste Reihe scheinbar eintreten (*Bufo*), die fünf *Carpalia* der zweiten Reihe, fast immer von ungleicher Grösse (*Pelobates*, *Bombinator*), gehen häufig Verbindungen unter einander ein, das vierte mit dem fünften, oder das dritte mit beiden (*Rana*, *Bufo*).

Bei den Reptilien sind es die Schildkröten, die bezüglich der Zahl und Anordnung ihrer Carpusstücke an die Perennibranchiaten Anschluss bieten. Aber

jedes einzelne Stück ist formell eigenthümlicher entwickelt, und von innen her wirklich ossificirt. Bei den Land-, Fluss- und Sumpfschildkröten sind die Carpusstücke von geringer Oberfläche-Ausdehnung bei den Seeschildkröten werden sie durch grössere Verbreiterung zur Bildung der Ruderhand verwendet. Verwachsungen einzelner Stücke sind nicht selten, das Centrale verbindet sich zuweilen mit dem Radiale, das Carpale<sup>4</sup> der zweiten Reihe mit dem Carpale<sup>5</sup> zu einem das constante Hamatum der Säugethierhand in vereinzeltm Falle vorbildenden Stücke.

Den Carpus der Eidechsen charakterisirt der Mangel des bei Schildkröten beständigen Intermedium; es ist dieses Stück wohl wie bei den Salamandrinen und Anuren in das Ulnare eingegangen. Das Centrale dagegen besteht, nur in seiner Gestalt verändert, und meist noch zwischen Radiale und Ulnare mit scharfer Kante sich einschiebend, fort. Die fünf Carpalia der zweiten Reihe schwinden nur theilweise mit der Reduction der Finger bei den Scincoiden, und sind sonst, wie immer auch sie an Grösse von einander differiren können, regelmässig nach den Metacarpalien vertheilt. Nur die kleineren Stücke solidificiren durch Verkalkung, die meisten verknöchern von den Wänden weiter Markeanäle aus.

Unter allen Reptilien am schwierigsten auf die bei den Amphibien erkannte einfachere Form, die ich vielleicht am Ende der Untersuchung als Grundform bezeichnen darf, zurückführbar, ist der Carpus der Crocodile. Das Intermedium ist nie discret vorhanden, dass es ins Ulnare eingegangen, ist nur durch Vergleichung mit den niederen Zuständen zu erschliessen. Radiale und Ulnare bilden die mächtigsten Theile, sie verknöchern frühzeitig und vollständig. Das Radiale ist das anschliessende von beiden, und hat ein breites dünnes knorpeliges Centrale an einem Ende sitzen, unter welchem ein kleineres Carpalstück, mit den ersten und zweiten Metacarpale in Beziehung verborgen, während ein zweites, grösseres theilweise verknöchernes gegen die Ulnarseite des Carpus hervor zu Tage tritt. Letzterem sind in der Regel die drei letzten Metacarpalia angefügt. Diese beiden Carpalstücke entsprechen den fünf getrennten der Eidechsen und Chelonier. Der Mangel ihrer Sonderung in Einzelstücke, wie ihre relativ geringe Grösse, sowie die grossentheils knorpelige Beschaffenheit, Verhältnisse, die auch für's Centrale gelten, weisen nach, dass der ganze Endabschnitt des Crocodilecarpus eine geringe Ausbildung besitzt, im Vergleiche zum homologen Theile der Eidechsen und Schildkröten sogar in einer regressiven Umwandlung sich findet. Bei allen genannten Ordnungen der Reptilien treten noch neue Theile an den Carpus heran. Sesambeine finden sich am Ulnar- und Radialrande des Carpus der Schildkröten. Das ulnare Sesambein, bald mit der ersten, bald mit der zweiten Reihe des Carpus verbunden, erhält Beständigkeit bei den Eidechsen und Crocodilen, wo es nie der zweiten Reihe angehört.

An den Carpus der Crocodile lassen sich die Verhältnisse des Carpus der

Vögel anknüpfen. Zwei Knochen (dem Hauptstücke des Crocodilcarpus entsprechend) bilden den ganzen Carpalabschnitt der Hand, indem weder vom Centrale noch von Carpalien der zweiten Reihe eine Spur vorhanden ist. Damit ist also ausgeführt, was bei den Crocodilen sich im Beginne zeigte.

Für die Säugethiere können die Verhältnisse des Carpus weder aus den bei Vögeln noch bei Crocodilen und Eidechsen vorhandenen Zuständen erläutert werden. Nur da wo die drei Stücke der ersten Reihe, dann das Centrale und die einzelnen Metacarpus-tragenden Carpalia sich finden, ergeben sich Anschlüsse, denn alle jene Stücke sind bei Säugethieren vorhanden. Radiale (Scaphoideum) und Intermedium (Lunatum) sind oft miteinander verschmolzen (z. B. bei Raubthieren, Nagern, Chiroptern). Das Centrale ist nur bei einigen Nagern, Insectenfressern und den meisten Affen vorhanden, aber fast in den gleichen Beziehungen wie bei den Amphibien, und von den fünf Carpalien der zweiten Reihe bleiben nur die drei ersten discret, das Trapezium, Trapezoideum und Capitatum vorstellend, indess die Stelle der beiden letzten, ulnaren, stets durch ein einziges Stück, das Hamatum, vertreten wird. Alle Modificationen in der Zahl, Grösse und den speciellen Formverhältnissen sind jenen allgemeinen Verhältnissen untergeordnet und fallen zusammen mit der Verschiedenheit der functionellen Beziehungen der Extremität.

---

## Zweiter Abschnitt.

---

### Vom Tarsus.

Den Ausgangspunct, den ich zu einer vergleichenden Darstellung der Hinterextremität wähle, bilden wiederum die Amphibien. Allen bisher gemachten Erfahrungen zufolge lassen sich von den Fischen aus durchaus keine klaren Uebergänge in die Extremitätenbildung der höheren Wirbelthiere nachweisen, und wenn man auch an der Hand der Analogie mancherlei, namentlich in Beziehung auf die Entwicklung der Extremität Uebereinstimmendes zu erkennen glauben möchte, so fehlt doch durchweg ein sicherer Boden und man muss gestehen, dass alle die Fische herbeiziehenden Vergleichungen, gerade in Betreff der Hinterextremität, höchst willkürlicher Natur sind und mehr in instinctiven Vorstellungen, als in beweisenden That-sachen wurzeln. Ich beziehe mich hier auf das, was ich beim Carpus ausführlicher vorgetragen, und möchte ihm für den Tarsus die gleiche Geltung sichern.

Wenn wir so eine grosse Abtheilung von Wirbelthieren wegen Mangel an Verbindungsgliedern zur Zeit noch ausschliessen müssen, so gelingt es dagegen für alle übrigen Wirbelthiere einen continuirlichen Bildungsgang nachzuweisen und die zahlreichen Verschiedenheiten, welche die Tarsusbildung der Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere aufweist, auseinander abzuleiten.

Die Skelettheile des Ober- und Unterschenkels habe ich ebensowenig wie vorher die des Ober- und Unterarmes zum speciellen Vorwurf genommen und nur da ihre Verhältnisse berührt, wo sich auch für sie Neues und Wichtiges herausstellte. Dasselbe gilt vom Mittelfuss und den Phalangen.

Unter den Amphibien sind es wiederum jene, welche auch beim Carpus wegen der weniger nach bestimmten Richtungen hin modificirten Extremitäten den Anfang machen konnten: die Perennibranchiaten, Derotremen und Salamandrinen. Bis auf eine einzige Ausnahme (Proteus) waltet hier eine grosse Uebereinstimmung. Die Zahl der Tarsusstücke beläuft sich bei Ausbildung von fünf Zehen durchweg auf neun, nur bei Proteus findet sich eine viel geringere Zahl, die nicht blos aus

der Reduction der Zehen zu erklären ist. Ich finde drei Fusswurzelstücke, die sämmtlich knorpelig persistiren, (Taf. IV. Fig. 1), Eines davon (*t*) verbindet sich mit der Tibia, nimmt auch einen Theil der Basis des einen Metatarsale auf, und ist mehr in die Länge als in die Breite entwickelt. Ein zweites Stück (*f*) fügt sich an das untere Ende der Fibula und an einen Theil der Tibia, nach abwärts trägt es das dritte Stück (*ta*), welches das innere Metatarsale zum grossen Theile, das zweite oder äussere Metatarsale dagegen vollständig sich angefügt hat. Diesen Befund, den ich an zwei Exemplaren bestätigt finde, treffen wir im Widerspruche mit den Angaben Meckel's,\*) der für Proteus zwei Reihen von Fusswurzelstücken annimmt, noch mehr aber mit der von Owen\*\*) gegebenen Darstellung. Darnach kommen Proteus fünf Tarsusstücke zu, die in drei Reihen sich lagern. Es ist anzunehmen, dass diese Darstellung nicht der Natur entnommen wurde, vielmehr eine schematisch construirte ist. — Eine bestimmte Deutung des Tarsus von Proteus muss ich gänzlich unterlassen, denn ich kann keine Beziehungen zu den bei den nächsten Verwandten wahrgenommenen Einrichtungen auffinden und ziehe vor, diese Frage noch offen zu lassen und nur das Eine darüber zu äussern, dass bei der Verkümmern der Zehen, einer Reduction von fünf auf zwei, auch gewiss Tarsusstücke verschwunden sind, während andere bei dem geringen functionellen Werthe der beiden vorhandenen Zehen sich untereinander vereinigt haben können. So kann das Stück *t* aus einer Vereinigung des Tibiale mit einem Carpale der zweiten Reihe, wie es sich z. B. bei Triton findet, entstanden sein und dadurch Beziehungen zum Metatarsus erlangt haben. *f* mag das Intermedium und Fibulare zusammen vorstellen, und *ta* aus den Centrale und Tarsalien der zweiten Reihe hervorgegangen sein. Ueber die Beziehungen der rudimentären Extremitäten zu den vollkommener entwickelten habe ich mich oben beim Carpus ausführlicher ausgesprochen, und will auch von hier aus darauf verweisen. Vielleicht lässt die Zukunft uns noch jene Formzustände erkennen, welche den Extremitätenbau von Proteus zu deutlicherem Verständnisse bringen.

Bei den übrigen geschwänzten Amphibien finden sich unserer Einsicht zugänglichere Verhältnisse. Die oben erwähnten neun Stücke zeigen sich entweder nur im vorübergehenden Zustande, während des Larvenlebens, oder bleibend in folgender Anordnung. Ein Stück correspondirt der Tibia, ein anderes der Fibula und ein drittes liegt zwischen beiden. Die beiden dem Unterschenkelknochen angefügten will ich als Tibiale und Fibulare, das dazwischenliegende als Intermedium bezeichnen. Fünf Stücke tragen die fünf Metatarsalia, sie sollen nach Analogie des beim Car-

\*) System der vergl. Anatomie Th. II. Abth. 1. S. 487.

\*\*) On the Archetype. Pl. II. Fig. 10. 6s.

pus Vorgeführten als Tarsalia mit den bezüglichlichen Zahlenexponenten unterschieden werden. Zwischen der Reihe dieser fünf Tarsalia und der von den drei erstgenannten Stücken gebildeten Reihe liegt ein neuntes Stück, welches ich wiederum dem Carpus analog als Centrale benennen will. So finde ich die Vertheilung und Lagerung bei neugeborenen Larven des gefleckten Erdsalamanders (Taf. IV. Fig. 2), da nicht nur die ganze Fusswurzel noch ohne jegliche Verkalkung ist, sondern auch das zwischen den Knorpelstücken befindliche Gewebe als indifferent erscheint, aus weichen, rundlichen oder spindelförmigen Zellen gebildet. So finde ich auch das Verhalten des Tarsus bei ausgewachsenen Exemplaren von *Siredon* und *Menopoma*. Es könnte sofort eine Vergleichung dieser einzelnen Stücke mit denen des Säugethiertarsus vorgenommen werden, da aber alle Tarsalelemente noch durchaus von jenen Beziehungen ferne sind, die sie in der höchsten Wirbelthierklasse erhalten, so halte ich die Anwendung der dem menschlichen Tarsus entnommenen Bezeichnungen für unstatthaft, sie ist auch geradezu unmöglich, da hier noch Theile existiren, aus deren Vereinigung erst Stücke des Säugethiertarsus hervorgehen.

Was die speciellen Verhältnisse des Tarsus zunächst von *Siredon* angeht, so sind hier alle Stücke völlig knorpelig und in gleichartiger Verbindung untereinander, (Taf. IV. Fig. 7). Das Fibulare (*f*) ist das grösste, das Tibiale (*t*) das kleinste der vordersten Reihe, das Intermedium (*i*) schiebt sich wenig zwischen die distalen, gleichfalls knorpelig bleibenden Enden von Tibia und Fibula ein. Die fünf Tarsalia ordnen sich bogenförmig um den innern und unteren Rand des Centrale und Unterrand des Fibulare. Das Tarsale<sup>2</sup> ist das grösste, es trägt das Metatarsale I und II, so dass das Tarsale<sup>1</sup> keine directen Beziehungen zu dem ihm zugehörigen Metatarsale hat, und es diesem ganz fremd schiene, wenn nicht an den Larven des Salamander (Fig. 2), auf's Deutlichste zu erkennen wäre, dass dem Tarsale<sup>1</sup> das Metatarsale I zukomme. Die übrigen drei Tarsalia sind fast quadratisch gestaltet und jedem ist genau das betreffende Metatarsale angefügt.

Ganz übereinstimmend mit *Siredon* finde ich den gleichfalls knorpelig bleibenden Tarsus von *Menopoma* (Taf. IV. Fig. 6). Das Intermedium (*i*) trägt hier noch deutlicher die bei den Salamanderlarven vorhandenen Beziehungen zu den beiden Knochen des Unterschenkels, indem es weit zwischen jene emporragt. Das Tibiale ist relativ grösser als bei *Siredon*, aber das Fibulare ist auch hier das grösste Stück. Um das quergestellte Centrale lagern sämmtliche übrigen Tarsusstücke mit Ausnahme des Tarsale<sup>5</sup>, welches durch das weiter nach oben sich drängende Tarsale<sup>4</sup> davon abgeschlossen ist. Das Tarsale<sup>1</sup> trägt nur einen kleinen Theil des Metatarsale I, welcher zum grösseren Theile dem breiten Tarsale<sup>2</sup> ansitzt.

Bei *Cryptobranchus* ist die Gestaltung des Tarsus ähnlich wie bei

Menopoma, und es besteht derselbe aus platten, pflasterartig aneinander gefügten Stücken, wie aus der Darstellung von Schmidt, Goddard und J. van der Hoeven\*) hervorgeht. Die Zahl der Stücke beträgt jedoch zehn, und wenn ich dieselben mit denen von Siredon, Menopoma und den Salamandrinen vergleiche, so möchte es scheinen, als ob das Centrale durch zwei gesonderte Stücke vertreten wäre.

Etwas abweichend ist der gleichfalls noch knorpelige Tarsus von Menobranchnus (Taf. IV. Fig. 5) gebildet; da Tibia und Fibula mit ihren distalen Enden einander berühren, schiebt das Intermedium sich nicht trennend zwischen beide Unterschenkelknochen ein, sondern bildet nur einen gegen beide Knochen gerichteten Vorsprung. Tibiale und Fibulare sind in der Form wenig von denen bei Siredon verschieden, aber das Fibulare zeigt sich eine Strecke weit mit dem Intermedium continuirlich verbunden, was namentlich von der dorsalen Fläche sehr deutlich ist. Dadurch wird ein Verhältniss angedeutet, welches erst bei den Reptilien durchbricht. Das Centrale wird nur an einer ganz kleinen Stelle vom Fibulare berührt und um es lagern nach abwärts drei Tarsalia. Das erste hat wieder wie bei Menopoma ganz geringe Beziehungen zum Metatarsale I, das zweite breite trägt das Metatarsale I und II und dem dritten Tarsale ist das Metatarsale III und IV angefügt. Es fragt sich nun, ob die Beschränkung der Tarsalia in ihrer Anzahl durch ein einfaches Ausfallen, Verschwinden eines Stückes zu Stande kam, oder durch Verschmelzung zweier entstand. Für beiderlei Vermuthungen liegen keine directen Beobachtungen bei Menobranchnus vor. Es zeigt das genannte Tarsale (Taf. IV. Fig. 5, <sup>3</sup>, <sup>4</sup>) keine Spuren einer Zusammensetzung aus Zweien und wenn man nicht etwa den Umstand verwerthen wollte, dass das Fibulare etwas weiter nach aussen ragt, als das genannte Tarsale anscheinend erfordert, so fehlen Anhaltspuncte für den Ausfall eines Stückes gänzlich. Da wir aber Umwandlungen des Tarsusbaues durch Verschmelzung mehrerer Stücke viel häufiger treffen, als einen einfachen Ausfall, da ferner in den nächst verwandten Amphibien jedem Metatarsale ein Tarsale entspricht und dieser Zustand auch dann noch vor-

---

\*) Aanteekeningen over de Anatomie von den Cryptobranchnus japonicus. Haarlem 1862. 4. — Eine genauere Beschreibung des Tarsus liegt auch in dieser Abhandlung nicht vor, auch keine Vergleichung. Es sind nur (p. 12) die in den einzelnen Reihen vorhandenen Stücke der Zahl nach angegeben. Aus der Beschreibung dieser Reihen ersehe ich, dass in der bezüglichen Abbildung (Pl. II. Fig. IV) die Tibia als Fibula und umgekehrt, bezeichnet ist, was auch aus der Gestalt der Knochen, namentlich der wie bei Salamandern stark gekrümmten Fibula, sowie endlich aus den gleichfalls mit Salamandra übereinstimmenden Zahlenverhältnissen der Fingerglieder zu erschliessen ist.

handen ist, wenn das Metatarsale dem ihm zugehörigen Tarsalstücke sich entfremdet hat, so glaube ich auch hier in dem ohnehin sehr in die Quere entwickelten das Metatarsale III und IV tragenden Tarsale das dritte und vierte Stück suchen zu dürfen.

Für die Salamandrinen habe ich die Verhältnisse des Tarsus bei Larven bereits oben beschrieben. Der Tarsus des erwachsenen Erdsalamanders weicht nur im Einzelnen von dem in der Anlage gesehenen ab. Die einzelnen Stücke selbst sind bei allen Salamandrinen platt, pflasterartig aneinandergefügt, wie jene der Perennibranchiaten und Derotremen, und zeigen mehr oder minder vollständige Verkalkung, die von einem Punkte aus beginnt, und die bei Triton weiter fortschreitet, als bei Salamandra. In dieser Texturveränderung des Tarsus möchte ein Entwicklungsfortschritt zu erkennen sein. Die drei Stücke der ersten Reihe bleiben bei allen gesondert, das Intermedium verliert aber bei den erwachsenen Thieren seine ursprünglichen Beziehungen zu den Unterschenkelknochen und ragt nur bei Salamandra maculosa weiter an der Aussenseite der Tibia empor. Das Intermedium und Tibiale zusammen dem Astragalus entsprechen hat Dugès \*) von der Untersuchung von Triton her als höchst wahrscheinlich hingestellt. Dass dem gewiss so ist, wird im Verlaufe dieser Abhandlung hervorgehen. Das Centrale ist bei Triton und bei Salamandra ziemlich übereinstimmend, bei letzterem etwas mehr in die Quere entwickelt. Es wird sowohl von den Stücken der ersten Reihe und zwar von oben her, als von den Stücken der zweiten Reihe von unten her umgeben. Die Tarsalia sind bei Salamandra zu fünf vorhanden, es ist aber das Tarsale<sup>1</sup> nicht mehr in Beziehung zu dem ihm nach Ausweis des Larvenverhältnisses angehörigen Mittelfussknochen, sondern begrenzt mit seinem freien Rande den Innenrand des Tarsus. Das Tarsale<sup>2</sup> trägt dem entsprechend den ersten und zweiten Mittelfussknochen, welche Verhältnisse schon bei den Perennibranchiaten angebahnt waren. Den übrigen drei Tarsalien entspricht genau je ein Metatarsale. Bei den Tritonen findet sich das erste Tarsale in verschiedenen Verhältnissen, bei Triton palmatus ist es noch mit einem Theile des ersten Mittelfussknochen in Verbindung, bei anderen Arten dagegen verhält es sich wie bei Salamandra und es sind dann dem Tarsale<sup>2</sup> zwei Mittelfussknochen angefügt. Während das Tarsale<sup>3</sup> immer genau den mittleren Zehen entspricht, zeigt sich für die beiden letzten primitiven Tarsalia insofern eine Veränderung als sie durch ein einziges Stück, welches meist eine bedeutende Grösse erreicht, repräsentirt werden. Dugès hat dieses Stück mit Recht als „Cuboide“ bezeichnet, sowie er eben so richtig die drei inneren Tarsalia den drei Keilbeinen und das Centrale dem Sea-

\*) Op. cit. p. 167.

phoideum der Säugethiere verglich. In der Bildung eines einzigen Stückes aus den zwei letzten Tarsalien ist somit ein Unterschied gegeben gegen die Verhältnisse bei Salamandra, Siredon und Menopoma. Es scheint dieser Unterschied ein nicht erst im Laufe der individuellen Entwicklung erworbener zu sein, denn ich finde dieselben Verhältnisse schon bei Larven von Tritonen.

Von diesen bei den geschwänzten Amphibien verbreiteten Einrichtungen des Tarsus zweigt sich noch innerhalb der Amphibien eine Form der Fusswurzelbildung ab, welche nicht in höhere Zustände der Wirbelthiere sich fortentwickelt. Es beschränken sich diese Verhältnisse auf die ungeschwänzten Amphibien, vielleicht können auch die bei Proteus getroffenen Zustände als solche abgeleitete sich herausstellen, indess fehlen, wie bereits oben bemerkt, hierfür alle thatsächlichen Anhaltspunkte.

Betrachten wir die gesammte Gliedmaassenbildung der ungeschwänzten Amphibien, so treffen wir mit einer relativ grösseren Beweglichkeit eine vollstündigere Entwicklung der Gelenke; der Fuss ist nicht ausschliesslich, oder doch vorzugsweise Ruderorgan, sondern vermittelt noch die Bewegung beim Sprunge, er bewegt sich vornehmlich in zwei Gelenken, einem Tarso-crural- und einem Tarsotarsalgelenke. Das Eigenthümlichste der Fusswurzel bei den Urodelen besteht in einer Verminderung der Anzahl der Tarsusstücke und einer Verlängerung der Stücke der ersten Reihe. Letzterer gehören nur zwei Stücke an, von denen das innere als Astragalus, das äussere als Calcaneus gedeutet wird, nachdem der durch Schüler Rudolphi's gewagte Versuch aus diesen beiden Stücken ein „crus secundarium“ zu bilden scheitern ging. Ob aber die obige Deutung wirklich eine genügende ist, scheint mir noch keineswegs ausgemacht; wenn ich die Verbreitung des Vorkommens von drei Stücken in erster Reihe in Erwägung ziehe und dabei noch den Umstand berücksichtige, dass überall da, wo bei den Amphibien die erste Reihe des Tarsus nur aus zwei Stücken besteht, die beiden Knochen des Unterschenkels verwachsen sind, so möchte ich zwischen diesen beiden Thatsachen einen inneren Zusammenhang erkennen und mich der Annahme hinneigen, dass das Intermedium gänzlich fehle, schon in jenen Zuständen, aus denen die ungeschwänzten Amphibien sich zunächst hervorbildeten, durch allmähliches Schwinden zum Ausfall gekommen sei. Es wäre dann kein Astragalus vorhanden, sondern nur ein Tibiale mit einem dem Calcaneus wirklich entsprechendem Fibulare. Bezüglich der Ableitung des Verschwindens des Intermedium vom Verwachsen der beiden cruralen Knochen ist das ursprüngliche Auftreten des Intermedium zwischen den Enden von Tibia und Fibula von grosser Wichtigkeit. Jedenfalls dürfte die angeführte Ansicht, die sich auf nahe vorausgegangene Formzustände stützt, mehr Berücksichtigung verdienen, als die andere von weit entfernten Vergleichsobjecten hergenommene.

Doch sei hier nicht übergangen, dass ich diese meine Ansicht noch nicht als Behauptung hinstellen möchte.

Die beiden ersten Stücke des Tarsus zeigen die Tendenz sich an beiden Enden eng mit einander zu verbinden, am vollkommensten ist das bei den Fröschen der Fall, wo ein gemeinsamer Epiphysenknorpel, der im späteren Alter verkalkt, eine innige Verbindung bewerkstelligt. Bei *Pelobates* finde ich am unteren Ende beider Stücke einen zwar gemeinsamen, aber sehr dünnen Knorpel angefügt. Die Kröten besitzen eine ursprüngliche Trennung auch an den knorpeligen Enden, so dass also jedes Stück seinen besonderen Epiphysenknorpel aufweist. So finde ich es bei jüngeren Exemplaren von *Bufo vulgaris* und *Bufo variabilis*. Bei sehr alten Exemplaren von *Bufo vulgaris* finde ich sowohl oben als unten eine Vereinigung durch den verkalkten Epiphysenknorpel zu Stande gekommen. Bei *Bufo biporcatus* (Taf. IV. Fig. 12. A. C.) sind die unteren Epiphysen zwar gleichfalls getrennt, aber ihre Knorpelstücke liegen mit einer ansehnlichen Fläche dicht aneinander, dorsal betrachtet fast das Ansehen einer Verschmelzung bietend. Ein horizontaler Querschnitt zeigt, dass auch die deutlichere plantare Trennung nur eine äusserliche ist, und dass wenig unter der Oberfläche eine Verwachsung stattfindet. Bei *Bombinator* (Taf. IV. Fig. 11. A. C.) ist die Trennung an beiden Enden eine vollständige.

Zwischen dem Metatarsusabschnitte des Fusses und den beiden mit einander verbundenen ersten Tarsusstücken liegt nur eine einzige Reihe von grösstentheils knorpelig bleibenden Tarsalelementen, welche von der Innenseite nach aussen hin rudimentär werden. Man nimmt nach Dugès in diesem Abschnitte fünf Stücke an. Beim ersten Anblicke dieser Reihe möchte man glauben, dass sie die Aussenseite des Fusses nicht erreiche und dass die beiden äusseren Metatarsalien dem Fibulare (Calcaneus der Antoren) unmittelbar angefügt seien. Ein solches von den früheren Untersuchern allgemein angenommenes Verhalten\*) ergibt sich durchgehend an trockenen Skeleten. Eine genauere Untersuchung, namentlich an mikroskopisch zu prüfenden Flächenschnitten lehrt Anderes. Es bietet sich nämlich dieser ganze Tarsusabschnitt als ein bis zum äusseren Fussrande reichendes Continuum dar, welches zwischen Tibiale und Fibulare einerseits und den Metatarsus andererseits eingeschaltet ist, theils aus Knorpel gebildet und dann im erwachsenen Zustande häufig verkalkend, theils nur durch ligamentöse Gebilde repräsentirt. Der durch letztere dargestellte Theil des Tarsus trennt in allen von mir untersuchten ungeschwänzten Amphibien das Metatarsale V von dem Epiphysen-

\*) Vergl. Meckel, System der vergl. Anatomie. Th. II, Abth. 1. S. 489; dann Cuvier, Oss. foss. II. Ed. vol. X. p. 308.

stück des Fibulare, häufig auch noch einen Theil oder die ganze Basalfläche des Metatarsale IV. Letzteres Verhalten finde ich sehr deutlich bei *Pelobates* (Taf. IV. Fig. 8) ausgebildet, wo eine dünne Bandmasse von einem weiter nach innen zu liegenden Knorpelstücke (3) (dem Cuboide Dugès) unmittelbar beginnend gegen den äusseren Fussrand zieht, und sich dort, sowie oben und unten mit dem Kapselbande des Tarso-metatarsalgelenkes verbindet. Sie theilt so das zwischen dem Fibulare und dem IV. und V. Metatarsale befindliche Gelenk in zwei gesonderte Räume und bewirkt jedenfalls dass die beiden äusseren Metatarsalien nicht unmittelbar an den oberen Abschnitt der Fusswurzel stossen, wie es allgemeine Annahme ist. Wenn auch nicht durch Knorpel oder Knochengewebe gebildet, ist dieser Theil dennoch als zum Tarsus gehörig selbst anzusehen. Er repräsentirt in ligamentösem Zustande Theile, die unter anderen Verhältnissen als Knorpel gebildet sind. Aehnlich wie bei *Pelobates* finde ich das Verhalten bei *Hyla* (*H. palmata*), *Rhinoderma* (*Rh. Darvini*), *Bufo* und *Rana*. Unter den Kröten zeigen die beiden einheimischen das Ligament über den fünften Metatarsus hinausreichend, wie bei *Pelobates*; bei *Bufo biporc.* inserirt es sich an die Tarsalfläche des fünften Metatarsale (Taf. IV. Fig. 13), wodurch sich eine auch den Beweglichkeitsverhältnissen entsprechende innigere Zusammengehörigkeit des zweiten Tarsusabschnittes und des Metatarsus zu erkennen giebt. Wenn man das auf ein blosses Ligament reducirte Tarsusstück einem der bei den übrigen Amphibien nachgewiesenen Elementarstücke vergleichen will, so kann man in ihm nur nach Massgabe der Betheiligung des Metatarsus das Tarsale<sup>4</sup> u. <sup>5</sup> erkennen, welches bei den Tritonen schon durch ein einziges Stück dargestellt war. Wenn nun dieser die beiden letzten Metatarsalia tragende Tarsusabschnitt, mag er durch Ein Stück, oder durch zwei repräsentirt werden, als Homologon eines Cuboideum angesehen werden muss, wie solches auch Dugès für die Tritonen anerkannt hat, so kann das nach innen zu Folgende grössere Knorpelstück, welches die zwei oder drei mittleren Metatarsalia trägt, nicht als Cuboideum gedeutet werden. Es ist dieser Theil von sehr verschiedener Ausdehnung und Beschaffenheit. Bei den Fröschen wird es aus einem Stück gebildet, welches mit dem anderen sich an es anschliessenden Stücke zum grossen Theile knorpelig bleibt. *Bombinator* besitzt im Innern der sämtlichen Stücke dieser Reihe kleine durch verkalkten Knorpel gebildete Knochenkerne. Bei *Hyla*, bei *Pelobates* und *Rhinoderma* ist der ganze Abschnitt knorpelig. Was die Ausdehnung dieses Stückes angeht, so finde ich es am grössten bei *Rana* (Taf. IV. Fig. 10.<sup>2, 3</sup>), einen Theil des zweiten und den ganzen dritten und vierten Metatarsalknochen tragend. Bei *Bufo* (Taf. IV. Fig. 12.<sup>3</sup>) trägt es, vorzüglich an der Plantarfläche entwickelt, gleichfalls die drei mittleren Metatarsalia, jedoch derart, dass sowohl vom dritten als vom fünften nur ein Theil der Basalfläche an es stösst. Bei *Pelobates* (Taf. IV. Fig. 8.<sup>3</sup>) wird ein Theil des

zweiten und der ganze dritte Metatarsusknochen von ihm getragen und ähnlich trifft es sich auch bei *Hyla*, *Rhinoderma* und *Bufo*. Am beschränktesten ist seine Ausdehnung bei *Bombinator*, bei welchem es nur das dritte Metatarsale (Taf. IV. Fig. 11) und eine kleine Facette des vierten trägt. Gegen den inneren Fussrand zu folgen, wie es scheint bei der Mehrzahl der ungeschwänzten Amphibien noch zwei gesonderte Knorpelstücke, bei *Rana* die sich *Phryniseus* anschliesst, nur eines. Ebenso bei *Pseudis*.\*) Bei den letzteren sieht man also zwischen Metatarsus und der ersten Tarsusreihe zwei, bei *Bufo*, *Hyla*, *Rhinoderma*, *Bombinator* und *Pelobates* drei gesonderte Stücke; alles was sich am inneren Fussrand noch an diese Tarsusreihe anschliesst, hat kein Recht noch zum Tarsus gezählt zu werden, da es sowohl nach oben als nach unten ausser Verbindung mit dem Fussskelete ist. Solche an den Tarsusrändern liegende Stücke gehören vielmehr, wie überall der Augenschein lehrt, in die Kategorie der Sesambeine oder der accessorischen Verknöcherungen, die durch eine gewisse Constanz ihres Auftretens dem weniger Bewanderten als typische Skeletstücke erscheinen mögen. Es wird dies noch besonders erörtert werden, wenn es gelingt, die übrigen Tarsusstücke sämmtlich nachzuweisen.

Die gegenseitigen Beziehungen der inneren Stücke sind eben so verschieden wie deren Verhalten zum Metatarsus und zum Epiphyseknorpel des Tibiale. Bei *Bufo* ist das zweite Stück keilförmig zwischen das Dugès'sche „Cuboïde“ und das äussere dritte Stück eingebettet: bei *Pelobates* wird es zum grossen Theile vom Fussrücken her durch das „Cuboïde“ gedeckt und durch dieses zugleich von der Gelenkbildung mit dem ersten Tarsusabschnitte angeschlossen. Bei *Rhinoderma* articulirt es dagegen mit dem Tibiale. Bei *Bombinator* ist es auffallend stärker als das erste Stück, so dass das ihm vorzugsweise angefügte Metatarsale II mit seiner Basis nicht in gleicher Linie mit dem Metatarsale III steht, ein Verhältniss, welches bei Larven mehr als bei Erwachsenen auffällt. Da überall, wo dieses zweite Stück vorhanden, das Metatarsale II ihm mit mehr oder minder grosser Fläche verbunden ist, so hat Dugès gewiss recht, wenn er annimmt, dass bei den Fröschen, deren erstes Stück mit dem Metatarsale I auch noch das Metatarsale II trägt, zwei, bei den übrigen *Amphibia caudata* discret vorkommende Stücke mit einander verschmolzen seien. — Hinsichtlich des dritten Stückes dieser Reihe bemerke ich Folgendes: Seine Grösse ist ebenso wechselnd als die der beiden andern, relativ am bedeutendsten ist es bei *Bombinator*, sehr breit erscheint es bei *Bufo vulgaris*, bei den anderen hat es mit dem zweiten Stücke ziemlich gleichen Umfang. In allen Fällen

---

\*) Anmerkung. Die für *Pseudis* schon bei den Fingern erwähnte eigenthümliche Vermehrung der Gliederzahl findet sich in ganz gleicher Weise auch am Fusse, das überzählige Glied ist zwischen dem letzten und vorletzten eingeschaltet.

articulirt es mit dem Tibiale, trägt das Metatarsale I und hat ausserdem noch einige Knorpelstücke an seiner Innenseite sitzen. Es sind dies die Unterlagen des Ballens der Innenzehe, beide bei *Pelobates* ossificirt und das grössere von ihnen eben da mit einem schneidenden Rande versehen, das „Messer“ bildend. Fig 8. *a. a*<sup>1</sup> auf Taf. IV giebt von dem Verhalten der beiden accessorischen Knochen, von denen der grössere *a*<sup>1</sup> mit einer messerartigen Schneide vorspringt, nur eine unzureichende Vorstellung, da die Zeichnung nach einem Horizontalschnitte gefertigt ist, und wesentlich die wahren Tarsalstücke demonstrieren soll.) Dieselben Theile existiren auch bei *Hyla* (*H. palmata*) und *Rana*, allein um vieles schwächer entwickelt. Bei *Bufo vulgaris* finde ich nur ein einziges grösseres Stück, welches verkalkt ist, bei *Bufo biporcatus* und *Bombinator* ein kleineres, welches anscheinend knorpelig bleibt.

Ueber diese beiden am Innenrande der zweiten Tarsusreihe sitzenden Stücke sind mehrfache Ansichten kund geworden. Einmal wurden sie als Rudimente einer sechsten Zehe angesehen, wobei dann das erste Stück einem Metatarsale, das zweite, bei *Pelobates* messerförmige, einer Phalange entspräche. Als Stütze dieser Ansicht kam nur die äussere, ganz oberflächliche Aehnlichkeit genommen werden und es liegt durchaus keine sie tiefer begründende Thatsache vor, nach der man bei jeder vernünftigen Aufstellung doch viel eher fragen muss, als nach dem Beweise des Gegentheils. Eine zweite Ansicht rührt von Dugès\*) her. Dieser Autor betrachtet die beiden dem Ballen der Innenzehe unterliegenden Knöchelchen als das zweite und erste Keilbein, dazu kommt er mit Hülfe einer höchst sonderbaren, ja sogar bedenklichen Hypothese. Er sagt: „Dans cette hypothèse il semblerait que les muscles nombreux et robustes qui garnissent les deux faces du pied aient rapproché violemment le métatarse des grands os tarsiens, refoulant les petits os vers le côté interne, et forçant le scaphoïde de s'interposer entre les cunéiformes.“ Es soll also die Reihe der drei Keilbeine durch einen Gewaltact (violemment) zerreißen und das Scaphoïdeum zwischen sie eingebettet worden sein, wodurch zwei der Keilbeine ganz aus ihrer ursprünglichen Lage herausgedrängt und auch die ganze zweite Reihe des Tarsus vom äusseren Fussraude gegen den inneren zu herausgeschoben wurde! Bei aller Achtung vor dem Werthe mechanischer Einflüsse bei der Gestaltung einzelner Skelettheile bin ich doch nicht im Stande mir für die Bildung des Batrachierfusses die Dugès'sche Vorstellung auch nur für einen Augenblick anzueignen. Solche Deutungen haben offenbar ihren Grund in einer geringen Würdigung, oder in wenig Verständniss des grossen in allmählichen Umwandlungen sich äussernden Naturganges. Sie setzen ein gewisses Grundschema

\*) Op. cit. p. 77.

voraus, wie dies die vergleichende Anatomie einer früheren Zeit vom menschlichen Körper hernahm, und suchen, anstatt die Theile in ihrer Veränderung zu erkennen und zu verstehen, überall das Gleiche aus den fremdartigsten Gebilden zusammen zu setzen. Dabei bedarf es dann natürlich der Annahme gewaltsamer Einwirkungen. Wie wenig man jedoch nöthig hat, solche zur Deutung der Tarsusstücke zu Hülfe zu rufen, werde ich sogleich darzulegen versuchen.

Wenn ich mich zur Deutung der zweiten Reihe der Tarsusstücke wende, nachdem ich sie vorhin beschrieben, so muss ich vor Allem den schon oben angeführten Umstand betonen, dass diese Reihe eine durchgehende ist, dass da, wo gegen den Fussrand zu eine, nach der Angabe aller Vorgänger dentliche Lücke scheint, indem der Metatarsus dort an das Fibulare (Calcaneus der Autoren) sich unmittelbar anschliesse, in der That keine solche Unterbrechung existirt, indem vom äusseren Fussrand her, oder doch vom Metatarsale V an ein Zwischenband zum nächsten Stücke der zweiten Reihe hinzieht, und sich unmittelbar mit diesem verbindet. Was zwischen dem Fibulare und den äusseren Metatarsalien liegt, wird den beiden äusseren Tarsalien (Tars. <sup>4, 5</sup>) der Perennibranchiaten, Derotremen und Salamander, oder dem aus diesen beiden Stücken hervorgegangenen einfachen Stücke (Cuboödem) der Tritonen homolog sein müssen, denn wir erkennen ja doch die Theile vorerst nur nach ihrer Lagerung. Es wird diese Auffassung in keiner Weise dadurch gestört, dass an der Stelle von Knorpeln ein „Ligament“ sich befindet. Sind doch im typischen Skelete so viele Theile in einem Falle knorpelig oder knöchern, im anderen nur durch sogenannte Ligamente d. h. durch faseriges Bindegewebe dargestellt. So ist auch hier ein sonst durch Knorpel gebildetes Tarsusstück durch Bindegewebe ersetzt, welches seinen morphologischen Werth nicht bloss durch die Lagerung zwischen der ersten Tarsusreihe und dem Metatarsus, sondern auch durch seine continuirliche Verbindung mit dem nächsten Knorpelstücke der zweiten Reihe recht dentlich kund giebt. Man könnte aber jene Fälle, in welchen das Zwischenband nicht ganz bis zum äusseren Fussrand reicht, sondern an der Basalfäche des Metatarsale V endet, z. B. bei *Bufo biporcatus* (Taf. IV. Fig. 13) als meiner Deutung entgegenstehend betrachten, indem man da hervorheben könnte, dass doch ein Theil des Metatarsus unmittelbar an's Fibulare stosse. Hiegegen habe ich nur das Eine anzuführen, dass eben in jenem Falle die Basalfäche des Metatarsale V von einem Theile des damit verschmolzenen ligamentösen Tarsusrudimentes gebildet wird, dass also aus jener scheinbar gegentheiligen Thatsache nur hervorgeht, dass ein Theil des Tarsus sich auch unmittelbar mit dem Metatarsus verbinden, mit ihm verschmelzen kann und damit in den allgemeinen Lagerungsbeziehungen nicht das Mindeste ändert. Wie die Erscheinung der Verschmelzung von Tarsalien mit Metatarsalien eine den Fussskelet-

Einrichtungen häufig zu Grunde liegende ist, werden später beizubringende eclatante Fälle erläutern. Wir hätten also in jenem Ligamente ein rudimentäres Tarsusstück zu sehen, welches den zwei äussersten primitiven Tarsalien zweifellos entspricht.

Gegen die Innenseite des Fusses hin kommen jetzt noch drei, respective zwei Stücke in Betracht. Bei *Rana* von aussen nach innen zu ein grösseres (Fig. 10, <sup>2, 3</sup>), welches Cuvier seiner Gestalt nach einem Scaphoideum vergleicht, und dann ein kleineres (<sup>4</sup>). Bei anderen ungeschwänzten Amphibien folgen auf das grössere noch zwei kleinere. Das grössere, welches das Metatarsale III vollständig, häufig auch noch das Metatarsale II und IV zum Theile trägt, wurde von Dugès als das verdrängte „Cuboïde“ angesehen. Das nächste hält er für das dritte Keilbein, das letztere innere endlich für das Scaphoideum. Da das Cuboïdeum nur aus dem Tarsale <sup>4</sup> u. <sup>5</sup> entstehen kann, wir aber schon ein Homologon für diese Theile im mehrfach vorgeführten Zwischenbände nachgewiesen haben, so kann bei dem fraglichen Knorpelstücke es sich nicht mehr um ein Cuboïdenm handeln, und es kann, wenn ich in dieser Schlussfolgerung weiter fahre, das folgende Stück auch nicht das dritte Keilbein sein, um so weniger, als es in keinem Falle auch nur einen Theil des dritten Metatarsale aufnimmt; und dass ein Scaphoïdeum einen Theil des Metatarsale V, oder dasselbe, wie z. B. bei *Bombinator*, ausschliesslich trage, ist völlig ohne Analogie. Nehmen wir anstatt von einer alle Verhältnisse verschiebenden Hypothese anzugehen, einfach die aus der vorgeführten Reihe von Amphibien sich ergebenden Thatsachen, so sehen wir in den drei resp. zwei Stücken der zweiten Tarsusreihe, wie verschiedenartig sie auch im einzelnen Falle gestaltet seien und wie mannichfaltig sich auch ihre Beziehungen im Detail zeigen mögen, dennoch ein ganz bestimmtes Verhalten zu den Metatarsalien durchgeführt. Es ergibt sich nämlich, dass überall, wo zwei Stücke bestehen, das grössere (Cuboïde nach Dugès) dem dritten und zweiten, das kleinere, am inneren Fussrande gelagerte (Scaphoïde nach Dugès) dem ersten Metatarsale entspricht. Wo drei Stücke vorhanden sind, trägt jedes je eines der drei ersten Metatarsalien. Diese Beziehung zu dem Metatarsus ist zwar insofern etwas variabel, als das eine oder das andere Stück mit je zwei benachbarten Metatarsalien articuliren kann, aber eben aus dem grossen Breitengrade dieser Schwankung ergibt sich ein geringer Werth gerade für dieses Verhältniss, über welches sich die dadurch nie ganz aufgehobene Beziehung zu einem bestimmten Metatarsale als feststehend erhebt. *Bombinator* zeigt die Beziehungen der drei Stücke zu den drei inneren Metatarsalien am übersichtlichsten und wir können von da aus gegen die Deutung dieser Stücke als Tarsale <sup>1, 2, 3</sup> kaum einen Zweifel erheben. Wenn die ersten drei Tarsalia den Keilbeinen entsprechen, so trägt das erste dieser drei hier, wie in allen Fällen,

das Metatarsale I, das zweite das Metatarsale II, das dritte das Metatarsale III. *Rana* und *Phrynisus* besitzen das Tarsale <sup>2</sup> u. <sup>3</sup> zu einem Stücke vereinigt: mit welchem dann das Metatarsale II und III verbunden sind.

Indem wir, von der Aussenseite des Fussrandes beginnend, in der zweiten Reihe des Tarsus zuerst eine einem Cuboïdem-Rudimente entsprechende Bandmasse treffen, auf welche drei, die drei ersten Metatarsalia tragende Stücke folgen, ergibt sich die Deutung der am inneren Fussrande vorhandenen Stücke von selbst. Dass sie nicht typische Stücke des Fuss skeletes sein können, folgern wir per exclusionem. Sie finden sich bei keiner niedriger stehenden Amphibienform auch nur in einer Andeutung vor, und sind daher als erworbene Eigenthümlichkeiten des Fuss skeletes der ungeschwänzten Amphibien anzusehen, als Gebilde, die bald nur als kleine Knorpelchen oder Knöchelchen, (*Rana*, *Bufo*) bald als grössere, zuweilen sogar sehr ansehnliche Knochenstücke (*Pelobates*, *Cultripes*) auftreten. Einen ähnlichen Charakter trägt das unter der Verbindung des Fibulare mit dem vierten Metatarsale gelagerte Knöchelchen, welches, besonders bei *Pipa* ansehnlich, nur als Sesambein aufgefasst werden kann, und das Gleiche gilt von den in derselben Gattung vorkommenden Knochenstückchen hinter dem Tarso-Carpalgelenk.

Am Fuss skelete der *Amphibia caudata* wären somit nach dem Vorhergehenden alle in den Unterabtheilungen getroffene Elemente des Tarsus nachweisbar bis auf das Intermedium, dessen Fehlen bereits früher berücksichtigt wurde, und das sonst zwischen der ersten und zweiten Reihe des Tarsus lagernde Centrale. Hinsichtlich des letzteren ist nach Zurückweisung der Dugès'schen Annahme von der mechanischen Verdrängung der Fusswurzelknochen und dem Hervortreten des Scaphoïdem zwischen das Tarsale secundum und tertium, im ganzen Tarsus kein Theil mehr vorhanden, der auf das Centrale (Scaphoïdem) bezogen werden könnte. Ich kann daher nur das Fehlen dieses Stückes constatiren und auf den damit verbundenen Mangel des benachbarten Intermedium hinweisen.

Auf welche Weise das Centrale im Tarsus der ungeschwänzten Amphibien verschwand, ob seine Anlage allmählich in die Anlage der beiden langen Knochen des Tarsus aufgenommen wurde, oder ob es nach und nach in einen rudimentären Zustand überging, etwa dem der beiden äusseren Tarsalia ähnlich, und in diesem verschwand, das Alles kann bis jetzt noch nicht entschieden werden. Wenn es in seiner Anlage in anderen Tarsusstücken aufging — worunter ich mir einen Vorgang denke, der nicht im Laufe der individuellen Entwicklung bemerkbar ist, wie die Untersuchung von Larvenzuständen dieser Thiere durchaus nichts derartiges aufweist — so dürfte das nur das Tibiale, oder der dem Tibiale und Intermedium entsprechende Tarsustheil sein, da, wie die Reptilien lehren, die Beziehungen des Centrale zu den Stücken der ersten Reihe viel inniger sind als zu denen der zweiten.

Fassen wir kurz die Eigenthümlichkeiten zusammen, welche den Tarsus der ungeschwänzten Amphibien von dem der geschwänzten unterscheiden, so ergeben sich erstlich auf der ersten Reihe nur zwei Stücke, wahrscheinlich dem Tibiale und Fibulare nur zum Theile analog, zur Entwicklung gekommen, bilden aber ansehnlich lange, meist oben und unten mit einander innig verbundene Knochen, welche den ersten Tarsusabschnitt wie aus einem Stücke gebildet erscheinen lassen. Ein Centrale fehlt. Von den den geschwänzten Amphibien zukommenden die Metatarsalia tragenden Tarsalien ist an der Stelle der beiden äusseren eine Bandmasse vorhanden, indessen die drei inneren unter mannichfaltigen, aber nicht wesentlich erscheinenden Gestaltveränderungen bestehen. Zuweilen können zwei dieser Stücke unter einander verbunden sein, so dass für die ganze vordere Reihe nur zwei Tarsalia existiren.

Ausser diesem die Zahlen- und Verbindungsverhältnisse berührenden Unterschiede treffen sich noch andere, auf die ich nicht minderen Werth legen möchte und die zum Theile mit den oben beim Carpus aufgeführten zusammenfallen. Während bei den geschwänzten Amphibien ohne Unterschied der einzelnen Gruppen derselben die einzelnen Tarsusstücke platte, mosaikartig an einander gelagerte, den ganzen Tarsus zu einem flachen breiten Abschnitte der Extremität gestaltende Theile waren, die unter sich wenig auffällige Verschiedenheiten darboten, sehen wir bei den ungeschwänzten Amphibien die Gleichartigkeit der Stücke aufgehoben und den oberen und unteren Abschnitt fast gegensätzlich differenzirt. Jeder Tarsusknochen oder Knorpel besitzt seine charakteristische Gestalt und die der ersten Reihe bleiben niemals im knorpeligen Zustande, sondern werden in wahres Knochengewebe übergeführt und besitzen den Bau der Röhrenknochen. Aus alledem geht hervor, dass so wenig wie beim Carpus auch beim Tarsus ein unmittelbarer Anschluss an die geschwänzten Amphibien besteht, und dass im Ganzen genommen beide Abtheilungen durch eine viel längere Reihe uns bis jetzt noch gänzlich unbekannter Zwischenformen verbunden sein müssen, als man bei oberflächlicher Berücksichtigung der Metamorphosenverhältnisse der ungeschwänzten Amphibien anzunehmen geneigt ist.

---

Unter den Reptilien finde ich nach Untersuchung einer grösseren, den einzelnen Abtheilungen angehörigen Anzahl von Arten drei verschiedene Formzustände des Tarsus, die zwar unter sich einen etwas engeren Zusammenhang erkennen lassen als die beiderlei Tarsalbildungen der Amphibien, aber dennoch sehr scharf nach den drei mit entwickelten Hinterextremitäten versehenen Ordnungen

der Eidechsen, Schildkröten und Crocodile sich sondern. Theils wird dies durch im Tarsus selbst liegende Eigenthümlichkeiten, theils durch besondere Beziehungen zum Skelete des Unterschenkels und des Metatarsus hervorgebracht.

Den früher entwickelten Grundsätzen gemäss, will ich auch hier die den niederen Zuständen näherstehenden, somit die ursprünglicheren Formen länger bewahrenden, den davon entfernteren, ungebildeteren vorangehen lassen, wenn sich auch dieses Verhältniss nach der einmal üblichen, obgleich nach meiner Meinung noch keineswegs fest begründeten Anschauung mit den übrigen Organisationszuständen nicht im völligen Einklang finden mag. Als solche niedere Zustände verstehe ich nicht etwa jene Verhältnisse, in welchen eine Vereinfachung des Baues durch Verbindung einzelner Stücke untereinander, oder durch Rückbildung, Verkümmern und endlich durch gänzliches Verschwinden von anderen Stücken hervorgebracht ward. Wie schon die Bezeichnung der solche Verhältnisse bedingenden oder vermittelnden Vorgänge deutlich andrückt und zwar nicht etwa blos in symbolischer Weise, setzen diese Formen andere Zustände voraus, von denen sie mehr oder minder weit entfernt sind, lassen also zwischen sich und den vorausgesetzten Formen eine durch eine verschieden lange Reihenfolge von bekantem oder erst zu supponirenden Uebergangszuständen auszufüllende Lücke. Diese wird um so beträchtlicher sein müssen, je mehr die scheinbare Vereinfachung, Verkümmern etc. eine ausgeprägte ist, und dadurch entfernen sich jene in aufsteigender Linie viel weiter von den Grundformen als andere, in denen mehr eine Fortentwicklung der Theile vorhanden ist.

Solche, die früheren Verhältnisse noch fortsetzenden, und wenigstens auf die Bildung des Fuss skelets den niederen Zuständen näherstehende Reptilien sind die Schildkröten. Es lassen sich hier fast alle bei den geschwänzten Amphibien getroffenen Stücke in denselben Beziehungen nachweisen und eine Vergleichung der bei verschiedenen Familien vorhandenen Eigenthümlichkeiten ergiebt nicht nur eine ununterbrochene Reihe einzelner Entwicklungszustände, sondern liefert auch Erläuterungen für die bei Crocodilen und Eidechsen sich ergebenden Verhältnisse, zudem lassen sich auch hieran, wie das schon von Owen richtig erkannt wurde, die Einrichtungen des Säugethier-Tarsus, bezüglich seiner Elementartheile unmittelbar anreihen.

Die einzelnen Stücke des Tarsus ordnen sich wie bei den geschwänzten Amphibien in zwei Querreihen, zwischen welche noch ein einzelnes Stück eingeschaltet ist. Die erste Reihe zeigt im höchsten Falle zwei Stücke an, ein grösseres, bei allen Schildkröten mehr breites als langes Stück verbindet sich mit der Tibia und einem grossen Theile des unteren Endes der Fibula (Taf. V. Fig. 1. A). Ich will dieses Stück, wie es schon von Owen geschah, als Astragalus bezeichnen,

da das ihm nach aussen dicht anliegende nur mit einem Theile der breiten Fibular-  
 endfläche verbundene meist cubisch gestaltete Knochenstück (*f*) offenbar dem Fi-  
 bulare der geschwänzten Amphibien entspricht, ein Intermedium somit nicht vor-  
 handen ist, und das erst erwähnte grössere Stück folglich nicht als blosses Tibiale  
 angesehen werden kann. Ueber das Schicksal des Intermedium ist schwer Auf-  
 klärung zu geben, allein die Annahme, dass es mit dem primitiven Tibiale sich zu  
 einem Stücke, dem Astragalus, verbunden hat, dass also der letztere aus zwei ur-  
 sprünglichen, bei den geschwänzten Amphibien vorhandenen hervorgegangen, ist nicht  
 zu unterdrücken. Die Beziehung des Astragalus der Schildkröten zur Fibula, die  
 vom Tibiale bekanntlich weit entfernt ist, begründet diese Annahme ebenso wie die  
 Würdigung gewisser Sculpturverhältnisse des Astragalus bei Chelydra. Dass hier  
 einmal eine Trennung bestand, zeigt sich am ausgebildeten Fusse nicht undeutlich.  
 Der Astragalus von Chelydra zeigt aber ausser jener Trennungsspur noch eine  
 andere, indem er an seinem vorderen resp. unteren Theile eine gelenkkopffartige  
 Vorragung bildet (Taf. V. Fig. 1. *c*), welche von den Tarsalien im Halbkreise um-  
 geben wird. Sowohl dorsal als plantar ist diese Vorragung von der Hauptmasse  
 des sehr in die Quere gedehnten Astragalus durch eine Furche abgesetzt und es  
 kann kein Zweifel bestehen, dass hier kein besonderes Skeletstück sich mit dem  
 Astragalus verbunden hat, als welches nur das Centrale der Amphibien in Betracht  
 kommen kann. Von der Plantarfläche aus gesehen, ist diese Verbindung deutlicher  
 als auf der dorsalen, indem hier in der Trennungsfurche ein Knorpelstreif ein-  
 dringt, wodurch die Verwachsung unvollständig sich darstellt. Bei Chelydra  
 ist also das bei den Amphibien noch discrete Centrale im Begriffe mit dem  
 Astragalus zu verwachsen. In ähnlicher Weise ist auch bei Chelys das Centrale  
 mit Hinterlassung derselben deutlichen Grenzspur an den Astragalus getreten, wie  
 durch Cuvier\*) seit langem bekannt ist. In den übrigen Familien der Chelonier  
 ist diese Grenze, wenigstens im späteren Alter nicht mehr nachweisbar und es ist  
 das Centrale völlig in den Astragalus aufgegangen. So ist es für Trionyx, Che-  
 lonia, Emys und Testudo erwiesen; bei den beiden letzteren Gattungen bildet der  
 durch das Centrale dargestellte Theil des Astragalus immer noch einen ansehn-  
 lichen Vorsprung, der in eine von den Knochen der zweiten Reihe gebildete Ver-  
 tiefung eingreift. Die mechanische Bedeutung dieses Knochens in Beziehung auf  
 den zweiten Abschnitt des Tarsus ist daher, selbst bei völliger Verwachsung mit  
 dem Astragalus nicht verloren gegangen. Dem Astragalus ist bei Emys auch noch  
 das Fibulare (Calcaneus) verwachsen, so dass hier in der ersten Tarsusreihe ein  
 einziger Knochen (Taf. V. Fig. 3. *f. A. c.*) vorkommt, an dessen Stelle bei den ge-

\*) Oss. foss. vol. IX, p. 434.

schwänzten Amphibien vier einzelne Stücke vorhanden sind. Eine höchst eigen-  
thümliche Verbindung geht das Fibulare bei *Trionyx* ein: wie aus der von Cuvier  
gegebenen Beschreibung und Abbildung sichtbar ist, verbindet es sich mit dem  
Tarsale <sup>4</sup> u. <sup>5</sup>, welche beide bei den übrigen Schildkröten ähnlich wie bei den Tri-  
tonen zu einem dem Cuboideum der Säugethiere entsprechenden Stücke vereinigt  
sind. Es finden sich dem entsprechend in der zweiten Reihe, wie es scheint regel-  
mässig vier gesonderte Knochen, indem ausser dem am äusseren Fussrande liegen-  
den das Metatarsale IV und V tragenden Cuboideum (Taf. V. Figg. 1, 2, 3 *c*)  
noch die drei ersten Tarsalia mit den drei ersten Metatarsalia verbunden vorhan-  
den sind. Diese drei offenbar den Keilbeinen des Säugethierfusses homologen  
Stücke treten hier schon in bestimmteren, individualisirteren Formen auf, sind plantar  
stärker als dorsal, und beschreiben mit dem Cuboideum eine gegen die erste Reihe  
zu concave Linie, welche das Centrale, oder vielmehr den diesem entsprechenden  
Vorsprung des Astragalus (oder des Astragalo-Calcaneus) umfasst. Das Centrale  
kommt dadurch fast genau in die Mitte des Tarsus zu liegen und erweist sich in  
dieser Hinsicht dem der geschwänzten Amphibien gleich. Das das Centrale vom  
inneren Fussrande her begrenzende Tarsale <sup>4</sup> (Cuneiforme I) zeigt bei *Chelys* nach  
der von Cuvier gegebenen Abbildung\*) eine von den übrigen Cheloniern abwei-  
chende Lagerung, indem es mit den andern Tarsalien in gleicher Reihe gerade vor  
das Centrale tritt und letzteres gegen den inneren Fussrand zu frei lässt. Wenn  
wir, wie jetzt schon leicht ersichtlich, im Centrale das Naviculare oder Scaphoi-  
deum des Säugethiertarsus zu suchen haben, so ist das Verhältniss bei *Chelys* dess-  
halb von grosser Wichtigkeit, weil hier zum ersten Male das Centrale den inneren  
Tarsusrand erreicht, also aus seiner ursprünglichen in dem ihm von mir gegebenen  
Namen liegenden Beziehung heraustritt. Ob jedoch dieses auf Cuvier's Angaben  
hin gedeutete Verhalten wirklich bei *Chelys* sich findet, möchte ich deshalb noch  
in Frage ziehen, weil es sehr möglich erscheint, dass die zum grossen Theile knor-  
peligen ersten Tarsalien an dem von Cuvier untersuchten Objecte beim Eintrock-  
nen sich vom inneren Tarsusrand her zusammgezogen und dadurch dem Centrale  
jene Beziehung zum inneren Fussrand gestatteten.

Die Beweglichkeit der einzelnen Stücke des Tarsus gegen einander wie  
gegen die nächst oberen und unteren Skeletttheile ist eine andere als bei den  
Amphibien und es ist vor Allem die innige, straffe Verbindung der Knochen der  
ersten Reihe sowohl unter sich (wenn sie nicht wie bei *Emys* mit einander ver-  
schmolzen sind), wie auch mit den Knochen des Unterschenkels charakteristisch.

\*) Oss. foss. Pl. 240 Fig. 37.

Das Fibulare legt sich mit ebener Fläche an den Astragalus und es gleitet an ihm bei Streckungen oder Beugungen des Fusses das Cuboïdium mit den drei Keilbeinen verbunden, wie letztere am gelenkkopfförmigen Vorsprung des Centrale sich bewegen. Die sämtlichen Knochen der zweiten Reihe bilden eigentlich eine Pfanne, welche den vorerwähnten Vorsprung als Gelenkkopf aufnimmt. Da die Metatarsalien an den ihnen entsprechenden Tarsalien ebenso geringe Beweglichkeit besitzen als Fibulare und Astragalus an Fibula und Tibia, so geschieht die Bewegung vorzüglich in dem Intertarsalgelenke und der Tarsus wird dadurch in zwei, in ihren Anschlüssen sehr verschiedenwerthige Abschnitte getheilt.

Die Metatarsalien der Chelonier belaufen sich, der Anzahl der Zehen entsprechend, wie es scheint, immer auf fünf. Bei Testudo, Emys und Chelonia ist eine Längenzunahme bis zum dritten Metatarsale bemerkbar, bei Chelys, Chelydra und Trionyx bis zum vierten. Das fünfte Metatarsale ist bei allen ein platter, fast quadratisch gestalteter Knochen, der an den Aussenrand des Tarsus speciell am Cuboïdium angefügt ist und bei einigen an seiner vorderen Längsseite den fünften Zehen trägt (Taf. V. Fig. 1—3. 1'). Wegen der geringen Längeentwicklung dieses Metatarsale erscheint das erste Phalangenstück der fünften Zehe bei mehreren Schildkröten z. B. bei Trionyx in gleicher Reihe mit den Metatarsalien und Cuvier konnte daher in Zweifel sein, ob hier wirklich ein Metatarsale vorliege, oder ein Knochen „ausser der Reihe“. Dass wir in diesem Knochen wirklich ein Metatarsale erkennen müssen, ergibt sich zwar schon bei den Schildkröten durch die Bestimmung der Tarsusstücke, wie durch die Verbindung der fraglichen Knochen mit dem Cuboïdium, aber noch mehr wird es uns klar durch Vergleichung des Fusses der Eidechsen, in welchem das Metatarsale V viele bei den Cheloniern treffende Eigenthümlichkeiten besitzt, aber durch grössere Länge die Verhältnisse der übrigen Metatarsalien darbietet. In histiologischer Hinsicht zeigt der Tarsus der Schildkröten die gleichen Verhältnisse wie der Carpus.

---

Sehr ansehnliche Veränderungen in Zahl und Beziehungen der tarsalen Skelettheile treffen wir bei den Eidechsen, für welche ausser den meist sehr allgemein gehaltenen Angaben über das Vorkommen von einem oder zwei Stücken in der ersten Reihe und von zwei oder drei in einer zweiten Reihe noch gar keine genaueren vergleichenden Untersuchungen angestellt worden sind.

Ziehen wir die erste Reihe in Betracht, so finden wir sie durch einen einzigen Knochen gebildet, der in querer Lagerung an seinem oberen Rande Tibia

und Fibula aufnimmt und zu diesem Zwecke daselbst für die Fibula meist eine pfannenförmige Vertiefung besitzt, indess die Tibia in einer schräg von innen nach aussen abfallenden Ebene sich ihm verbindet. Ich finde dieses Stück bei Repräsentanten aller grösseren Abtheilungen. Wir können es uns in eine tibiale und in eine fibulare Hälfte zerlegt denken. Die fibulare ist schmaler, die tibiale breiter und weit gegen den Fuss vorspringend. An sie stossen unmittelbar das erste und zweite Metatarsale. Die Sculpturverhältnisse des ganzen Stückes variiren ausserordentlich bei den einzelnen Familien und Gattungen, und nicht blos die an Unterschenkel und die zweite Tarsusreihe stossenden Flächen, sondern auch die vordere und hintere Fläche bieten durch Ein- oder Ausbuchtungen gebildete Eigenthümlichkeiten dar. Eine detaillirte Beschreibung derselben liegt ausserhalb meiner Absicht, da mir das Verständniss der Theile, durch Vergleichung mit den Zuständen verwandter Formen gewonnen, die Hauptaufgabe ist. Bei Monitor scheint dieses grosse Tarsusstück, wie Cuvier\*) anführt, durch zwei Stücke repräsentirt zu sein, die aber gleichfalls, unter einander verwachsend, einen einzigen Knochen bilden, wodurch also eine Uebereinstimmung mit den übrigen Sauriern geboten wird. Bei einigen Arten der Gattung *Varamus* habe ich nur ein einziges Stück gefunden, an welchem keine Trennungsspur vorhanden war. Wenn ich daher annehme, dass die bezügliche Angabe von Cuvier von zwei Stücken richtig ist, so muss ich vermuthen, dass die Untersuchung ein jüngeres Individuum betraf, an welchem noch keine vollständige Verknöcherung vorhanden war. Ausserdem kommen, und zwar in der zweiten Reihe gelagert, bei den meisten auch noch zwei discrete Tarsusstücke vor. In welcher Weise das erst aufgeführte zu deuten ist, zeigt sich beim ersten Anblicke sehr schwierig. Wenn wir Jugendzustände zur Untersuchung nehmen, so finden wir immer die zwei auch bei dem Cuvier'schen Monitor vorhandenen anscheinend mehr oder minder selbständigen Theile, die aber bei genauerer Untersuchung nur von zwei Stellen aus erfolgte Ossificationen eines und desselben Knorpelstückes sind. Ich finde nämlich, dass bei *Lacerta* dem ganzen Stücke ein gemeinsamer Knorpel zu Grunde liegt, in welchem sehr bald ein Knochenkern inmitten der grösseren tibialen Hälfte erscheint. Ein zweiter Knochenkern tritt in der kleineren fibularen Hälfte des Knorpels auf. Beide wachsen und beim neugeborenen Thiere ist fast der ganze Knorpel durch Verkalkung solidificirt. Es zeigt sich dann das grössere tibiale Stück (Taf. V. Fig. 4. 1) durch eine hyaline Knorpellamelle vom kleineren (*f*) geschieden. Das letztere bietet mit einem Theile des grösseren eine Anfügestelle für die Fibula: die Tibia ist ausschliesslich mit dem

\*) *Oss. foss.* vol. X, p. 95.

grösseren verbunden, später, wie es mir scheint, im zweiten Lebensjahre verwachsen die beiden Stücke völlig unter einander (Taf. V. Fig. 5. *f. A. c*). In dem kleineren Stücke haben wir zweifellos das Fibulare der Schildkröten und ungeschwänzten Amphibien zu erkennen, in dem grösseren das mit dem primitiven Intermedium zum Astragalus vereinigte Tibiale, welchem sich noch, wie bei den Schildkröten das Centrale beigeschlossen hat. Der bei den Schildkröten in der Entwicklung getroffene Vorgang des Eingehens des Centrale in die erste Reihe, ist bei den Eidechsen vollendet, so dass selbst in der Anlage kein Centrale mehr existirt. Dass wirklich das Centrale hier mit dem Intermedium und Tibiale vereinigt ist, ergibt sich sowohl aus dem Fehlen dieses Stückes, als auch aus der eigenthümlichen Form des grossen Knochens der ersten Reihe, der genau an der Stelle, welche noch bei Schildkröten das Centrale einnimmt, schon zum Theile seiner Selbständigkeit beraubt, einen ansehnlichen Vorsprung bildet, (Vergl. Taf. V. Fig. 4 mit Figg. 1—3) dem bei den Schildkröten durch's Centrale gebildeten Gelenkkopfe ähnlich. Die Vereinigung des Centrale mit dem Astragalus oder vielmehr mit dem grossen Tarsusknochen muss aber früher vor sich gegangen sein als das Fibulare mit dem Astragalus in eine gemeinsame knorpelige Anlage aufging, denn für Astragalus wie für Fibulare haben sich auch in dem gemeinschaftlichen Knorpel noch auf eine frühere Selbständigkeit hindeutende Erscheinungen erhalten, nämlich das Auftreten besonderer Knochenkerne, von welchen für's Centrale keiner mehr existirt.

Dass die ersten Metatarsalien unmittelbar diesem Vorsprunge (die Ascalaboten ausgenommen) angefügt sind und nicht besondere Cuneiformia dazwischen liegen, stört die gegebene Deutung in keiner Weise, um so weniger, als auch dieser Umstand eine befriedigende Erklärung erhalten wird.

Die Verknöcherung des grossen Tarsalstückes von zwei Punkten aus. habe ich, ausser bei *Lacerta*, auch noch bei *Iguana* (Fig. 6) und *Platydactylus* (Fig. 8) bestätigt gefunden. Der Knochenkern des fibularen Stückes (*f*) ist alle Zeit kleiner als der des tibialen (*A. c*) und so scheint die Bildung eines kleinen fibularen und eines grösseren tibialen Knochens, die aber nur Theile eines einzigen embryonalen Stückes sind, die Regel zu sein, ebenso wie die Verbindung dieser beiden zu einem einzigen. Wie bei *Emys* umschliesst dieses Knochenstück der Saurier vier ursprünglich als getrennte Stücke auftretende Theile. Wenn wir uns den Vorgang nach dem theils bei den Amphibien, theils bei den Schildkröten gesehenen construiren, so wird zuerst das Intermedium mit dem Tibiale zum Astragalus, dem fügt sich dann das Centrale an und so erscheint der bei Embryen und jungen Sauriern sich treffende Zustand bis mit der Verschmelzung des Fibulare ein einziger Knochen aus vier hervorgegangen. Ein

solches Einziges grosses Tarsusstück finde ich ausser bei den schon angeführten Sauriern noch bei Seps, Plestiodon, Lygosoma, Draco\*). Für Calotes und Histiurus hat Salverda\*\*) Aehnliches angegeben. Demzufolge muss das Vorkommen eines einzigen grossen Tarsalknochens in der ersten Reihe für die Eidechsen fortan als die Regel angesehen werden, und das Vorhandensein von zwei Stücken, wie es bei jüngeren Individuen sich findet, ist nur aus der an jenem Einen Stücke von zwei Ossificationspuneten aus vor sich gehenden Verknöcherung, nicht aber aus der ursprünglichen Existenz zweier auch in der Knorpelanlage gesonderter Stücke zu erklären.

Wenn nach dem oben Auseinandergesetzten der die erste Reihe bildende mit Tibia und Fibula correspondirende grosse Tarsusknochen der Eidechsen aus vier primitiven Stücken zusammengesetzt gedacht werden muss, so bleiben, nach dem früher für Amphibien und Schildkröten nachgewiesenen, noch fünf Stücke, jene der zweiten Reihe, aufzusuchen. Bei einem Theile der Eidechsen treffe ich aber nur zwei distincte Stücke, die den Metatarsusknochen angefügt sind, bei einem anderen Theile, den Aescalaboten, finde ich drei. Bei den mit nur zwei Tarsalien versehenen ist das erste, dem fibularen Tarsusrande angelegen, das grössere (Taf. V. Figg. 4—6. C). Es besitzt in der Regel einen nach oben gerichteten Vorsprung, der in eine vom grossen ersten Tarsusknochen gebildete Vertiefung eingreift und dort, wie ich mehrfach finde, durch ein starkes Ligament befestigt wird, ohne dass dadurch seine Beweglichkeit gehindert würde. Die Vertiefung im ersten Tarsusknochen findet sich genau an der Vereinigungsstelle des Astragalus mit dem Calcaneus. So finde ich es bei Lacerta, Lygosoma, Plestiodon, Seps und den Aescalaboten: bei Iguana sind zwei Vertiefungen am grossen Tarsusstücke der ersten Reihe und an dem ersten der zweiten Reihe zwei Vorsprünge vorhanden. Das letztere Stück trägt an seinem Aussenrande das meist kurze Metatarsale V, (Figg. 4—6. V) welches eine schon bei den Schildkröten vorhandene eigenthümliche Stellung zum Tarsus besitzt.\*\*\*) Am Vorderrande fügt sich die Basis des

\*) Tiedemann giebt für Draco (*D. viridis*) an den Stellen des von mir beschriebenen, Einen grossen Knochen, zwei an. Anatomie und Naturgeschichte des Drachens. Nürnberg 1811. S. 17.

\*\*) Salverda, *Vergelijck. — ontledk. Aanteek. over Calotes*, Leiden. 1863. pag. 50. „De eerste rij telt er twee, welke men reeds spoedig — zoo by mijnen Histiurus, — tot één stuk vereenigd vindt;“ In der Abbildung, pl. 1. Fig. 12 ist von Calotes keine Andeutung einer Trennung des Einen Knochens in zwei bemerkbar.

\*\*\*) Anmerkung. Indem das Metatarsale V seine Basalfläche, mit der es dem Cuboideum angelagert ist, an der Seite trägt, wird es mit seinem hinteren, resp. oberen Rande der ersten Tarsusreihe (dem Calcaneo-Astragalo-Scaphoideum) genähert, speciell dem Theile, der dem Fibulare (Calcaneus) entspricht. Bei einigen bleibt es bei einer blossen Annäherung (Aescalabotae),

Metatarsale IV an, von der ein Theil einen nach aussen zu ragenden gewölbten Vorsprung bildet, der sich auf einer grösseren oder kleineren Strecke dem inneren Rande des Metatarsale V auflagert. Es kann an der Bedeutung dieses Tarsusknochen nicht gut ein Zweifel bestehen, wenn wir erwägen, dass schon bei Amphibien (Triton), dann durchgehend bei den Schildkröten an der Stelle zweier, bei den geschwänzten Amphibien getroffenen Tarsalien, für die beiden letzten Metatarsalien, nur Ein, dem Cuboïdeum der Säugethiere homologer Knochen vorhanden war.<sup>\*)</sup> Die Vergleichung mit jenen Verhältnissen lässt auch den bei den Eidechsen unter gleichen Beziehungen sich findenden grösseren Knochen der zweiten Reihe als Cuboïdeum d. h. als Tarsale <sup>4</sup> u. <sup>5</sup> erklären. Er besitzt überdiess eine die Anwendung seines Namens vollkommen rechtfertigende Gestalt. Nach innen von diesem findet sich das zweite kleinere Tarsusstück, meist mit einer schwach gekrümmten Fläche jenem angelagert. Es besitzt eine keilförmige Gestalt, indem es mit einer etwas breiteren Fläche gegen die Basis des Metatarsale III, mit einer schmaleren Fläche gegen den oben erwähnten gelenkkopfartigen Vorsprung des Astragalus gerichtet ist. Diese beiden Endflächen sind durch längere Seitenflächen verbunden (Figg. 4—6 <sup>3</sup>). Es kann dieser Knochen nur als Tarsale <sup>3</sup> gelten. Er zeigt bei allen von mir untersuchten Gattungen die gleichen Verhältnisse. Weiter gegen den inneren Fussrand zu ist kein discretet Tarsusstück mehr wahrnehmbar, es sind vielmehr die Basen der zwei ersten Metatarsalien, die plötzlich weit in das durch die beiden vorerwähnten Stücke abgegrenzte Tarsusgebiet einspringen, so dass die ganze Aussenseite des Tarsale <sup>3</sup> von dem Metatarsale II eingenommen wird. Bei *Lacerta* und *Lygosoma* stossen diese Metatarsalien unmittelbar an den Astragalus, oder vielmehr an den durch Verbindung mit dem Centrale gebildeten Vorsprung desselben. Es ist schon beim ersten Blicke auffällig, dass die den Metatarsus vom Tarsus abgrenzende Linie am Tarsale <sup>3</sup> plötzlich nach aufwärts zum Astragalus sich kehrt (Vergl. Taf. V. Figg. 4. 5) und dass weder Knorpelreste noch ein Bandapparat, etwa wie es bei den ungeschwänzten Amphibi-

---

bei anderen findet eine Berührung statt (*Lacerta*, *Lygosoma*), endlich bei wieder anderen treffe ich zwischen Metatarsale V und dem Fibularstücke ein wahres Gelenk (bei *Plestiodon*, *Varanus*). Diese Verbindung ist aber bei alledem eine rein accessorsche, und als eigentliche Basalfläche des genannten Mittelfussknochens kann nur die an das Cuboïdeum stossende betrachtet werden, denn an dieser allein entsteht die Epiphyse.

\*) Anmerkung. Bei *Seps* (*S. chalcides*) trägt dieser Knochen nur einen einzigen Mittelfussknochen. Es fehlt die ganze fünfte Zehe, denn das jenem Knochen angefügte Metatarsale kann nur das vierte sein. Die drei vorhandenen Zehen entsprechen somit den drei mittleren der fünfzehigen Reptilien.

bien getroffen wurde, als Rest des bezüglichlichen Tarsusabschnittes denkbar, vorhanden ist. Die Annahme, dass die beiden fehlenden Tarsalien durch Ausfallen verschwunden seien, giebt nur die Thatsache an, aber keine Erklärung. Dafür dass man sie gleich dem Centrale, dem Tarsusstücke der ersten Reihe verbunden sich vorstellen könnte, fehlen alle positiven Nachweise, auch jede Analogie mit niederer und höher stehenden Formen. Sehen wir nun zu, wie es sich etwa mit der Rechtfertigung der Ansicht verhält, die aus der Berücksichtigung der Einlagerung der Metatarsusbasen in die Tarsusreihe nothwendiger Weise entsteht: dass nämlich die fehlenden Stücke des Tarsus mit dem Metatarsus sich vereinigt haben. An jüngeren Individuen von Eidechsen, bei denen die Verknöcherung des Tarsus noch nicht sehr weit vorgeschritten, sieht man am zweiten Metatarsale einen besonderen Knochenkern im Basalstücke auftreten, der sich genau so verhält, wie ein im Tarsale<sup>3</sup> befindlicher (vergl. Fig. 5). Das knorpelige Basalende des Metatarsale III zeigt zugleich in der Stellung seiner Knorpelzellen in einer mit der metatarsalen Endfläche des Tarsale<sup>3</sup> zusammenfallenden Ebene, dass es ein nicht ursprünglich dem übrigen Theile des bezüglichlichen Metatarsale zugehöriges Gebilde ist. Jener Knochenkern bleibt lange Zeit selbständig. Von ihm geht auch die Bildung eigener Markräume aus und erst bei alten Individuen fließen diese mit dem grossen Ranne des Mittelstückes zusammen. Am Metatarsale I ist der Vorgang zwar ein ähnlicher, aber es findet sehr frühe schon eine Vereinigung beider Theile statt. Wenn nun auch hier keine unmittelbare Beobachtung discret vorhandener knorpeliger Anlagen der beiden ersten Tarsalien vorliegt, so zeigt ein Blick auf das Verhalten der drei ersten Metatarsalien zum Tarsus, dass offenbar eine Verbindung von Tarsusstücken mit dem Metatarsus vor sich gegangen ist. Am dritten ist das Tarsale noch vollständig getrennt, aber der Basalfläche des Metatarsale eng angeschlossen: am zweiten ist die Vereinigung schon vollzogen, das Tarsale<sup>2</sup> erscheint als blosse Epiphyse, zeigt aber darin noch einige Selbständigkeit im Vergleiche zum ersten, bei welchem auch die Epiphyse sehr rasch verschwunden ist.\*)

So zeigen sich die einzelnen Stadien des Verschmelzungsvorganges dauernd an den einzelnen Metatarsalien, und die Vergleichung dieser einzelnen Verhältnisse untereinander ersetzt den Mangel der Beobachtung der aufeinanderfolgenden Vor-

---

\*) Anmerkung. Sämmtliche Mittelfussknochen der Eidechsen besitzen obere Epiphysen, welche selbständig durch Knorpelverkalkung verknöchern, und von der an den Enden ebenfalls verkalkten Diaphyse durch eine dünne Lage hyalinen Knorpels geschieden sind. Am dritten, vierten und fünften Metatarsale ist die Epiphyse ein plattes Stück, am ersten und zweiten dagegen von der Gestalt der Tarsalia. Wenn man den Mangel platter Epiphysen an dieser ersten Mittelfussknochen übersieht, und seine Aufmerksamkeit nur auf den Tarsus gerichtet hat, glaubt man bei jungen

gänge am Einzelnen. Bei einem Versuche diese Verhältnisse von früheren Organisationszuständen her abzuleiten, werden wir die Vereinigung des Tarsale<sup>1</sup> mit dem Metatarsale I als den ältesten Vorgang ansehen müssen. Er hinterliess die geringsten Spuren. Der folgende Vorgang bestand in der Vereinigung des Tarsale<sup>2</sup> mit dem Metatarsale II, von ihm sind noch Reste vorhanden, in der starken Epiphyse des letzteren Knochens, sowie in der selbständigen Ossification desselben. Diese meine Deutung des eigenthümlichen Befundes am Fusse der Lacerten findet eine treffliche Stütze im Baue des Fusses der Leguane (Taf. V. Fig. 6). Die Basalflächen des ersten bis vierten Metatarsale liegen in einer und derselben Ebene, zeigen aber in keiner Weise jenes auffällige Verhalten wie bei *Lacerta* und *Lygosoma*. Die des ersten ist abgerundet, köpfchenartig gestaltet, flacher ist die des zweiten und fast ganz plan die des dritten und vierten, welche beide mit der entsprechenden Fläche eines Tarsale verbunden sind. Das Tarsale<sup>3</sup> — bei einem von mir untersuchten jüngeren Exemplare noch knorpelig, mit einem rundlichen Knochenkerne im Innern — besitzt auf dem horizontalen Durchschnitte eine dreieckige Gestalt, die Basis dem Metatarsus zugekehrt, die Spitze gegen den Astragalus gerichtet (Fig. 6<sup>3</sup>). Von der Spitze entspringt continuirlich aus dem Knorpel hervorgehend eine zum Astragalus verlaufende Bandmasse.

Eine gleiche, viel mächtigere Bandmasse geht von jedem der beiden ersten Metatarsalien aus, und inserirt sich mit der vom Tarsale<sup>3</sup> entspringenden an gleicher Stelle. Es füllt dieser Apparat den Raum aus, der zwischen den Basen der ersten Metatarsalien und dem Astragalus gegeben ist, welchen wir bei *Lacerta* durch die einspringenden Metatarsalien eingenommen sahen. Dadurch wird sehr nahe gelegt in jenen ligamentösen Theilen ein Aequivalent der fehlenden ersten Tarsalien zu suchen, denn dass letztere nicht mit den Metatarsalien vereinigt sind, zeigt deren ganz gleichmässige Beschaffenheit an den oberen Enden. Auf Durchschnitten untersucht, ergibt sich aber noch Bestimmteres, indem das vom zweiten Metatarsale entspringende conische Ligament im Inneren ein Knorpelstück enthält, welches mit dem Tarsale<sup>3</sup> in gleicher Reihe gelagert ist. Es ist also hier noch ein Rest des zweiten Tarsale vorhanden, während das erste vollständig in Bandmasse umgewandelt ist. Im wesentlichen trifft das für *Iguana* angeführte auch für *Draco*. Eine Verschmelzung von Tarsalien mit den Metatarsalien findet auch hier nach

---

Exemplaren (z. B. v. *Lacerta*) vom Cuboideum nach innen zu drei an Grösse gleichmässig abnehmende Knochen zu finden, von denen aber nur der dem Cuboideum zunächst liegende factisch ein selbständig bleibendes Tarsusstück ist, während die beiden innersten sich zu den betreffenden Mittelfussknochen als Epiphysenstücke verhalten. Es wird also hier das Tarsale<sup>1</sup> u. <sup>2</sup> mit der Epiphyse der beiden ersten Metatarsalia verschmolzen sein. —

Allem nicht statt, dagegen gehen von den Basen der zwei ersten Metatarsalien Bandmassen aus, welche dem grossen oberen Stücke des Tarsus nach schrägem Verlaufe sich inseriren. Das bei Iguana gefundene Knorpelstück habe ich hier vermisst. Die Uebereinstimmung der Agamen im Tarsusbau scheint aber dadurch nicht viel gestört zu werden.

Es muss demnach ein zweifacher Vorgang für die Veränderungen der beiden ersten Tarsalien angenommen werden. Nach dem einen wird ihre Bedeutung als Skelettheile nicht alterirt, sondern nur ihre Beziehung geändert durch Aufhören der Selbständigkeit in Folge von Verschmelzung mit Metatarsalien: nach dem zweiten Vorgange erleiden sie eine gewebliche Umwandlung, die Knorpelstücke werden zu Bändern, in denen sich bald ein Einem von beiden Tarsalien entsprechender kleiner Knorpelrest erhält (Iguana), oder nur Bindegewebe vorfindet (Draco). Diese beiden Vorgänge wirken zugleich umgestaltend auf die Grenzlinie zwischen Tarsus und Metatarsus, welche da, wo sich Theile des Tarsus mit dem Metatarsus verbunden haben um ebensoviel als diese Theile betragen gegen den Tarsus zu einspringen muss.

Einige Eigenthümlichkeiten trifft man im Tarsus der Ascalaboten. Das grosse, die erste Reihe bildende Stück ist gleich dem der übrigen Saurier gestaltet, bildet auch hier von Anfang an, noch während des knorpeligen Zustandes ein Continuum, welches von zwei Knochenkernen aus, von denen der eine im tibialen, der andere im fibularen Abschnitte gelagert ist, ossificirt. Bei Hemidactylus (Taf. V. Fig. 8) besitzt der fibulare Theil einen nach aussen und etwas nach hinten gerichteten Vorsprung, eine Art von wahrer Calcaneusbildung, die also auch hier genau an dem Stücke sich findet, welches schon bei den Crocodilen in geringem Maasse, mehr aber dann, wie bekannt, bei den Säugethieren einen nach hinten gerichteten Fortsatz (Tuber calcanei) bildet.

Bei Phyllodaetylus (Fig. 7) ist der erwähnte Vorsprung noch auffälliger. Für die zweite Reihe des Tarsus ergeben sich noch wichtigere Verschiedenheiten, indem hier drei discrete Tarsalia vorhanden sind. Ein kleineres, bei Platydaetylus und Hemidactylus, flaches Stück (Figg. 7, 8. <sup>1</sup>) trägt das Metatarsale I, und auch ein Theil der keilförmig zugespitzten Basis des Metatarsale II ist ihm angefügt. Das zweite Stück, keilförmig gestaltet, springt zwischen die Basen des Metatarsale II und III ein, entspricht aber, wie aus einer Vergleichung mit den übrigen Eidechsen zu ersehen, dem Metatarsale III. Endlich findet sich ein drittes, grösseres Stück, welchem das vierte und fünfte Metatarsale angefügt ist (c). Es liegt kein Grund vor, das letzterwähnte Knochenstück des Tarsus nicht für dasselbe zu halten, welches bei den übrigen bisher abgehandelten Reptilien als Cuboideum anzusehen war und auch das diesem anliegende, den dritten Metatarsus-

knochen tragende Stück ist ein bereits mehrfach bekanntes, das Tarsale<sup>3</sup>. Schwieriger ist über das kleinste am fibialen Rande gelagerte Stück zu urtheilen. Es schliesst sich nach oben den grossen Knochen der ersten Reihe meist mit einer sehr breiten Fläche an und könnte so für das selbständig gebliebene Centrale gehalten werden, es kann aber auch wegen seiner Beziehungen zum ersten Metatarsale als Tarsale<sup>4</sup> gelten. Für die erstere Annahme spricht nur die allgemeine Lagerung, die nicht einmal vollständig mit derjenigen übereinkommt, wo ein zweifelloses Centrale (wie bei den Schildkröten) vorhanden ist. Für die zweite Annahme spricht ausser der Beziehung zum Metatarsus vorzüglich der Umstand, dass das Metatarsale II weiter in den Tarsus vorspringt als das erste und das dritte Metatarsale, und somit als wahrscheinlich erscheinen lässt, dass in seine Basis ein Tarsuselement eingegangen ist. Wenn ich es auch nicht für unzweifelhaft ansehe, dass das genannte Tarsusstück eine Tarsale<sup>4</sup> vorstellt, so möchte ich es doch aus dem genannten Grunde für höchst wahrscheinlich erachten, so dass also für die zweite Reihe des Tarsus der Ascalaboten vier primitive Stücke vorhanden wären: das erste Tarsale und das dritte selbständig, das vierte und fünfte zum Cuboïdeum verbunden; ein Tarsale<sup>2</sup> käme nicht im Tarsus, sondern mit der Basis des Metatarsale II verschmolzen vor. Als Unterschied von den übrigen Eidechsen würde sich somit für die Ascalaboten die Selbständigkeit des Tarsale<sup>4</sup> aufstellen lassen.

Am meisten abweichend von allen bisher angeführten Sauriern verhalten sich die Chamäleonten, deren Tarsus gar nicht auf die, den übrigen Reptilien zukommenden Verhältnisse unmittelbar zurückgeführt werden kann. Es sind vier gesonderte Stücke vorhanden, von denen zwei an die Knochen des Unterschenkels angefügt dem Tibiale und Fibulare entsprechen, sie haben ein drittes Stück unter und etwas zwischen sich, und in dieser Verbindung findet sich das hauptsächlichste Gelenk des Fusses, der hier seine Drehungen ausführt. Ich kann dieses Stück nur einem Intermedium vergleichen, und ebenso das vierte, theils vom vorigen, theils von den fünf Metatarsalien begrenzte Stück, das „os du Centre“ von Cuvier\*) einem Centrale. Bezüglich der fünf Metatarsalien theile ich die Meinung Cuvier's, indem ich die Tarsalstücke der zweiten Reihe mit ihnen in Verbindung annehme. Während so für den oberen Theil des Tarsus durch das Getrenntsein der Stücke, noch amphibienartige Verhältnisse walten, ist für die zweite Reihe in der Verbindung derselben mit dem Metatarsus eine selbst über die Reptilien hinausgehende Einrichtung gegeben, und die Chamäleonten stellen sich auch dadurch in weitere Entfernung von den übrigen lebenden Sauriern.

---

\*) Ossemens fossiles. vol. X. p. 98.

Hinsichtlich der Textur der einzelnen Tarsuselemente der Eidechsen bemerke ich, dass sich sehr beträchtliche, auf eine Weiterentwicklung deutende Unterschiede von jener der Amphibien bemerkbar machen. Im knorpeligen Zustande persistiren nur ganz unansehnliche Theile. Ausser den knorpelig bleibenden Gelenkflächen der Tarsusstücke bleibt nur das Rudiment des zweiten Tarsale beim Leguan knorpelig, bei allen übrigen findet früher oder später eine von einem inneren Knochenkerne ausgehende Ossification statt. Es bildet sich Knorpelknochen durch Verkalkung und durch Einschmelzen der verkalkten Grundsubstanz, sowie durch Wucherung der Zellen entstehen Markräume, welche gegen die Oberflächen der einzelnen Stücke wuchern, untereinander vielfach zusammenfliessen und an ihren Wandungen allmählich secundäres Knochengewebe schichtenweise ablagern. Das Innere der häufig sehr weiten Markräume zeigt sich später mit Fettzellen gefüllt, zwischen denen hin und wieder Pigmentbildungen vorkommen. Die morphologische Veränderung des Tarsus, die wir als eine Weiterentwicklung der bei den Amphibien bereits vorgeführten Zustände ansehen müssen, wird somit begleitet von einer histiologischen Differenzirung, die sich gleichfalls auf eine höhere Stufe gestellt zeigt, als wir sie bei einem Theile der Amphibien trafen.

Werfen wir noch einen Blick auf die Gelenkverhältnisse des Eidechsen-Tarsus, so ist vor allem die straffe, feste Verbindung des oberen grossen Tarsusknochen mit den beiden Knochen des Unterschenkels zu constatiren. Der Fuss der Eidechsen bewegt sich am Unterschenkel nicht an einem dem Sprunggelenke der Säugethiere homologen Orte, einem Tarso-cruralgelenke, sondern in einem Tarso-tarsalgelenke. Das grosse Calcaneo-Astragal-Scaphoideum hat somit innigere Beziehungen zum cruralen Abschnitte des Fusseskelets als zum tarsalen; letzterem bietet es an einem sattelförmigen Auschnitte eine Gelenkfläche für das Cuboideum, und die drei anderen Tarsalia oder vielmehr ihre Aequivalente, nehmen den gelenkkopfartigen Vorsprung auf. — Die Chelonier ergeben ein damit im wesentlichen übereinkommendes Verhalten. Indem der am Unterschenkel bewegliche Theil des Fusses erst mit der zweiten Reihe der Tarsusknochen beginnt, stellt sich der Fuss der Chelonier, wie der Saurier in einem ganz anderen Verhältnisse dar, als der der Amphibien, bei denen die einen eine zwischen allen Tarsusverbindungen gleichmässig vertheilte aber für jede Verbindung nur geringe Beweglichkeit besassen (Urodela), während bei den anderen sowohl in der Tarso-crural- als in der Tarso-tarsalverbindung hoch entwickelte Gelenkeinrichtungen auftraten (Anura).

Von den, der untergegangenen Thierwelt angehörigen Sauriern zeigen die dem Jurakalk (Solenhofener Kalkschiefer) angehörigen *Homoeosaurus*\*) und *Sapheosaurus*\*\*\*) schon eine mit der der heute noch lebenden Eidechsenformen übereinstimmende Tarsusbildung. Bei *Homoeosaurus* (*H. Maximiliani* H. v. Meyer.) zeigt sich zwar die erste Reihe des Tarsus scheinbar aus drei Stücken gebildet, die wir als Tibiale, Fibulare und Intermedium zu deuten hätten. H. v. Meyer\*\*\*\*) führt darüber folgendes an: „Nach dem linken Fuss zu urtheilen, sollte man glauben, sie (die erste Reihe des Tarsus) bestünde aus drei Knochen, da nicht allein das Wadenbein in zwei Knochen zugleich einlenkt, sondern es auch den Anschein hat, als wäre der zum Schienbein gehörige Knochen, der dem Astragalus entsprechen würde, getheilt, so zwar, dass das Schienbein nur in einen der beiden Knochen eingelenkt hätte.“ Am rechten Fusse hat sich Meyer von einer solchen Theilung nicht überzeugen können, es sind vielmehr hier nur zwei, ein sehr grosses, breites, mit der Tibia verbundenes, und ein kleineres, an die Fibula stossendes Stück vorhanden. Nach dem, was ich bei Besichtigung des von H. v. Meyer beschriebenen Objectes finde, möchte ich mich gleichfalls für das Vorhandensein von nur zwei Knochen in der ersten Reihe erklären, denn die Zustände des rechten Hinterfusses sind genauer am erwählten Exemplare unterscheidbar, als die des linken. Wir hätten also hier ein discretos Fibulare (*Calcaneus*) und einen durch Intermedium und Tibiale gebildeten Astragalus, in den auch das Centrale wie bei den heutigen Eidechsen eingegangen sein muss. Von der zweiten Reihe ist nur ein einziges, grösseres, rundliches Knöchelchen vorhanden, welches der vierten und fünften Zehe zur Einlenkung dient und sich damit als *Cuboideum* beurkundet. — *Sapheosaurus* (*S. laticeps* H. v. Meyer, *Picornus laticeps* Wagn., *S. Thiollieri* H. v. Meyer) zeigt in der ersten Tarsusreihe nur einen einzigen grösseren, aber wie es scheint durch eine Längsfurche in zwei seitliche Hälften getheilten Knochen, den ich wieder so erklären muss, wie das gleiche Stück der lebenden Saurier gedeutet wurde. Für die zweite Reihe bestehen zwei Knochen, die offenbar einem *Cuboideum*, der grössere, und einem *Tarsale*<sup>3</sup>, der kleinere, homolog sind. Somit sind hier ganz dieselben Verhältnisse, wie bei den heutigen Sauriern gegeben, wenn nicht etwa noch Knorpelstücke, welche den übrigen Tarsalien entsprachen,

---

\*) *Homoeosaurus Maximiliani* und *Rhamphorhynchus* (*Pterodactylus*) *longicaudus*, zwei fossile Reptilien aus dem Kalkschiefer v. Solenhofen. Mit 2 Taf. Frankf. a. M. 1847. gr. 4.

\*\*) Desselben Autors Werk: Reptilien aus den lithogr. Schieferen des Jura in Deutschland und Frankreich. Frankf. a. M. 1860. fol. S. 110—112. Taf. XIII.

\*\*\*\*) Zwei foss. Rept. etc. S. 9.

vorhanden gewesen und spurlos zu Grunde gegangen sind. Jedenfalls wird auch bei der Aufrechthaltung der letzteren Annahme, wozu nur die bei *Sapheosaurus* deutlich erkennbare Stellung der Metatarsusbasen in eine Linie einigen Anhalt bietet, eine geringe Ausbildung des tibialen Abschnittes der zweiten Reihe nicht in Abrede gestellt werden können. Das gilt auch für *Homoeosaurus*, bei welchem wohl auch das nicht mehr nachweisbare Tarsale<sup>3</sup> knörpelig war. Uebrigens sei noch besonders bemerkt, dass bei dieser Saurierform der fünfte Metatarsalknochen eine viel einfachere Gestalt besitzt, als bei allen jetzt lebenden Reptilien. Bei *Sapheosaurus* dagegen ist an diesem Stücke kaum eine Verschiedenheit gegen das Verhalten bei den lebenden Eidechsen zu bemerken. Bei aller sonstiger Uebereinstimmung haben wir aber auch für *Sapheosaurus* nicht ausser Acht zu lassen, dass die Stelle des einen grossen Stückes der ersten Reihe durch zwei Stücke vertreten wird.

Nicht so in Harmonie mit dem Baue der lebenden Reptilien, wie das eine allgemeine Annahme scheint, ergiebt sich das Fuss skelet der *Protorosauri*. Nach meinen Untersuchungen an den übrigen Reptilien, sowie an den Amphibien komme ich bei einem Studium des Tarsusbaues dieser im Kupferschiefer der Steinkohlenformation uns erhaltenen Geschöpfe zu Resultaten, welche mit denen über den *Carpus* mitgetheilten so ziemlich im Einklange stehen. Die Untersucher der Reste von *Protorosaurus* enthalten sich aller näheren Deutungen, erklären aber den Tarsus als übereinstimmend mit dem der heutigen Eidechsen. Aus den vortrefflichen Abbildungen, welche H. v. Meyer\*) über die Reste der *Protorosaurus* veröffentlicht hat, ergiebt sich mir das in folgendem Mitgetheilte. Für die erste Reihe scheinen zwei Knochen vorhanden gewesen zu sein, welche beide mehr in die Quere gezogen erscheinen. Der eine davon lagert der Tibia an, der andere scheint mehr der Fibula zu entsprechen, obgleich, wie besonders an dem Link'schen Exemplare\*\*) in Waldenburg hervorzugehen scheint, die Fibula auch zu dem erst erwähnten Stücke Beziehungen hatte. Bei demselben Exemplare zeigt sich an dem tibialen Stücke ein anderes, von dem zweifelhaft bleibt, ob es nicht auch der ersten Reihe angehörte. Es stösst dieses rundliche Stück an den inneren Tarsusrand und verbindet sich zugleich mit sämtlichen Stücken der zweiten Reihe, welcher es in keinem Falle angehören kann. Wenn es zur ersten Reihe zu rechnen wäre, was ich, wie gesagt, bei der offenbar unnatürlichen Lagerung der anderen Stücke der ersten Reihe nicht zu entscheiden wage, so könnte es nur als Tibiale gedeutet

\*) Zur Fauna der Vorwelt Saurier aus dem Kupferschiefer der Zechsteinformation. Fol. Frankf. a.M. 1856.

\*\*) Op. cit. Taf. IX.

werden. Das erhält einige Begründung durch die Vergleichung mit dem Swedenborg'schen Exemplare\*), wo das fragliche Stück nicht gut unterscheidbar ist, aber das eine grössere der ersten Reihe, an welches die Tibia stösst, ziemlich genau die gleiche Breite besitzt, wie am Link'schen Exemplare das daselbst erwähnte tibiale Stück in Verbindung mit dem in Frage stehenden haben würde. Es scheint mir nun nicht rathsam, auf eine speciellere Deutung dieser Stücke einzugehen. Es genügt auch schon meinem Zwecke, gezeigt zu haben, dass bei *Protorosaurus* etwas andere Verhältnisse gegeben sind, als bei den Eidechsen der gegenwärtigen Periode, Eigenthümlichkeiten, die noch deutlicher in der zweiten Tarsusreihe hervortreten. Während ich vorher nachwies, dass die zweite Tarsusreihe bei den Eidechsen eine unvollständige ist, dass besonders gegen den tibialen Rand zu, mit einziger Ausnahme der *Ascalaboten* bedeutende Veränderungen, theils durch Rudimentärwerden, theils durch Eingehen der Tarsalia in den Metatarsus, Platz gegriffen habe: so stellt sich für die *Protorosauri* jene zweite Reihe als vollständig vorhanden heraus. Es ist das in beiden Exemplaren der vollständiger erhaltenen Hinterextremitäten ersichtlich, weniger am Swedenborg'schen Exemplare, an welchem nur zu sehen ist, dass eben eine zweite Reihe existirt, aber in nicht deutlich definirbaren Theilen; zweifellos jedoch wird die Sache am Link'schen Exemplare. Hier liegen mindestens drei Stücke eng aneinander geschlossen in der zweiten Reihe und davon verbindet sich eines mit dem ersten Metatarsale, ein zweites, etwas grösseres mit dem zweiten und dritten und endlich ein noch grösseres mit dem dritten, vierten und fünften Metatarsusknochen. Das zweite, mittlere dieser Tarsusstücke zeigt auf seiner Oberfläche, wie die Meyer'sche Abbildung ergiebt, eine schräg verlaufende Furche, so dass man es aus zwei eng aneinanderliegenden Stücken, wovon das eine dem zweiten, das andere dem dritten Metatarsale entspräche, zusammengesetzt annehmen könnte. H. v. Meyer lässt es fraglich, ob hier nur Ein Stück, oder ob deren zwei vorlägen. In dem einen, wie in dem anderen Falle ist aber eine nicht unbeträchtliche Verschiedenheit von der Tarsusbildung der Eidechsen gegeben, bei denen das Metatarsale II (und das gilt auch für die *Ascalaboten*) kein besonderes Tarsusstück hat, sondern mit seiner weit in den Tarsus einspringenden Basis dasselbe vertreten lässt. Bei *Protorosaurus* ist ein solches Verhalten nicht einmal angedeutet. Wir hätten also für diese Geschöpfe ein Tarsale<sup>1</sup>, ein Tarsale<sup>2</sup> u. <sup>3</sup> (beide vielleicht zu Einem Stücke vereinigt) und endlich ein Cuboïdeum. Wenn an das letztere ausser dem vierten und fünften Metatarsale auch noch das dritte zum Theil anstösst, so finde ich darin

---

\*) Op. cit. Taf. VIII.

nichts besonderes, den morphologischen Werth des Cuboideum Störendes, und noch kein Verhältniss gegeben, welches uns bestimmen müsste im Cuboideum noch ein drittes Tarsale zu sehen. Die Configuration der Basis des dritten Metatarsale ergibt vielmehr, dass jene Fläche, welche an das zweite resp. dritte Tarsale stösst, die Hauptgelenkfläche, und dass die andere Verbindung eine accessorische ist, etwa jener ähnlich, die vielfach unter den Eidechsen zwischen dem Metatarsale V und dem grossen oberen Tarsusstücke zu Stande kommt. Es ist nicht eine bloss bei den Sauriern vorhandene Eigenthümlichkeit des äusseren Metatarsale, dass es eine nach hinten und aussen gerichtete Tuberosität entwickelt und dadurch mit einer Seitenfläche zur Anfügung an den Tarsus kommt, es ist das in freilich geringerem Grade auch bei Säugethieren vorhanden und findet sich selbst am fünften Metatarsale des menschlichen Fusses. Diese äussere Tuberosität bedingt durch den hohen Grad ihrer Entwicklung, in Verbindung mit der beträchtlichen Kürze des Knochens, jene eigenthümliche Configuration, die es, wie schon mehrfach erwähnt, Cuvier zweifelhaft erscheinen liess, ob der genannte Knochen nicht dem Tarsus selbst angehöre.

Dass eine solche Tuberosität auch dem vierten Metatarsale zukomme, ist früher von mir für *Lacerta* u. a. angeführt worden. In geringem Grade findet sich ein ähnliches Verhältniss auch am dritten Metatarsale von *Protosaurus*, so dass die Verbindungsebenen der drei letzten Metatarsalia mit dem Tarsus sämmtlich schräg von aussen und oben nach innen und unten verlaufen. Eine Prüfung der v. Meyer'schen Darstellung lässt dieses Verhältniss wohl jeden mit dem Baue des Tarsus Bekannten leicht erkennen.

Wie durch die Vollständigkeit der zweiten Reihe des Tarsus eine offenbar als niederer Zustand erscheinende Abweichung im Vergleiche mit dem Tarsusbau anderer Saurier sich herausstellt, so liegt auch in der Gestaltung der einzelnen Tarsusstücke selbst noch einige Eigenthümlichkeit. An der Stelle mannichfach gestalteter, durch eigenthümliche Reliefverhältnisse ausgezeichnete, in jeder Hinsicht individualisirter Tarsusstücke zeigen sich bei *Protosaurus* mehr flache, in der Mitte sogar mit einer seichten Vertiefung versehene Tarsustheile, die also dadurch viel mehr an niedere Zustände erinnern. — Verwerthen wir die angetroffenen Verhältnisse des Tarsus der *Protosauri*, zur Erkennung der Beziehungen zu den übrigen Reptilien, so geht unzweifelhaft hervor, dass sich gegen die heutigen Saurier eine bemerkenswerthe Differenz zeigt, dass auch die Fussbildung uns Gründe an die Hand giebt, diese Thiere nicht ohne Weiteres den Sauriern anzuschliessen. Wenn auch der ganze übrige Fuss auffallend mit dem mancher Eidechsen übereinstimmt, so ist doch auf keinen Fall jene eigen-

thümliche Metamorphose der zweiten Tarsusreihe zu Stande gekommen und es zeigen sich, wie am Carpus, so auch am Tarsus Einrichtungen, die es uns nahe genug legen, in jenen Geschöpfen Mischformen, oder vielmehr Uebergangszustände zu erkennen.

---

Eine ähnliche, aber nach anderer Seite hin wichtige Mischform ist auch hinsichtlich der Tarsusbildung der von A. Wagner beschriebene *Compsognathus* (*C. longipes*) von Kelheim.\*)

Die ausnehmende Verlängerung der Hinterextremitäten im Vergleiche zu den vorderen kommt durch eine Verlängerung aller Abschnitte zu Stande, und nicht wenig ist daran der Metatarsus betheilig, der aus drei langen parallel mit einander verlaufenden Stücken zusammengesetzt wird. Dazu kommt noch ein gekrümmtes viertes kleineres Stück, welches aber nur am oberen Tarsusabschnitte sich findet, und als das Metatarsusrudiment einer Aussenzehe dem bei den Crocodilen auftretenden Verhältnisse ähnlich anzusehen ist. — Der Tarsus besteht nur aus drei platten Knöchelchen die — wie am linken Fusse deutlich zu sehen — den drei langen Metatarsalien entsprechen, und von denen eines ausserdem noch das kürzere gekrümmte Metatarsale trägt. Es kann diese Reihe von kleinen Stücken nur der zweiten Reihe des Tarsus der übrigen Reptilien entsprechen. Ein der ersten Reihe vergleichbares Stück fehlt vollständig, und damit tritt der Tarsus bei *Compsognathus* ganz aus den für alle übrigen Reptilien massgebenden Verhältnissen heraus.

Wenn wir uns nicht mit der einfachen Betrachtung der Singularität des Falles bescheiden, sondern weiter fragen, auf welche Weise zwischen diesem höchst merkwürdigen Tarsusbau und den übrigen in ihrem Zusammenhange bereits erkannten Thatsachen Beziehungen anzuknüpfen seien, so müssen wir das untere Ende der Tibia in's Auge fassen, mit welchem bei Schildkröten wie bei Eidechsen das obere grosse Tarsusstück in engere Verbindung tritt.

Das untere Ende der Tibia von *Compsognathus* stellt — wie am linken Fusse deutlich — einen ansehnlichen Gelenkkopf vor, dessen stärkere Wölbung

---

\*) Abhandlungen der mathemat. physik. Classe der K. Akademie der Wissenschaften zu München, Bd. IX, Abth. 1. S. 94.

In meinen „Bemerkungen über das Fuss skelet der Vögel“ habe ich bereits dieses merkwürdigen Geschöpfes Erwähnung gethan.

nach hinten sieht. Bei keinem anderen Reptil bietet die Tibia dieses Verhalten, oder etwas, was ihm ähnlich wäre, wohl aber kann das erste grosse Tarsusstück solche oder doch ähnliche Zustände zeigen, wie wieder Schildkröten und Eidechsen aufweisen. Geht nun dieses Tarsusstück in die Tibia ein, verbindet sich mit ihr vollständig zu Einem Knochen, so kann dadurch dem untern Ende der Tibia jene merkwürdige Eigenschaft werden, die ihr von vornherein abgeht. Es fragt sich nun, in wie weit es gerechtfertigt ist jene Verbindung eines ganzen ursprünglich aus vier discreten Stücken bestehenden Tarsusabschnittes mit dem Hauptknochen des Unterschenkels anzunehmen. Die Beantwortung dieser Frage ist nicht gar schwer. Eine innige Verbindung beider Theile besteht bei allen Reptilien (mit Ausnahme der Crocodile) und lässt den Fuss sich in einem Intertarsalgelenke bewegen. Dadurch tritt jenes obere Tarsusstück schon theilweise functionell aus dem Tarsus heraus, und zum Unterschenkel heran. Es bedarf also nur einer weiteren Stufe der Verbindung, um seine Selbständigkeit gänzlich zu verlieren. Auf dieser, die völlige Verschmelzung aufweisenden Stufe steht zwar der Tarsus keines lebenden Reptils, wohl aber treffen wir dies Verhalten bei den Vögeln, wie ich nachher zeigen werde. Bei diesen geht in der That das obere grosse Tarsusstück völlig in die Tibia ein und bildet an dieser einen dem des *Compsognathus* völlig ähnlichen Gelenkkopf, an welchem das untere Tarsusstück, hier bei *Compsognathus* durch drei Tarsalia vorgestellt, articulirt. Es bildet somit *Compsognathus*, bezüglich des Tarsusverhaltens eine Zwischenstufe zwischen Reptilien und Vögeln. Der Fuss ist Reptilienfuss insofern er getrennte Metatarsalien enthält, und auch noch getrennte Tarsalien, er ist aber Vogelfuss, insofern sein oberes Tarsusstück ganz vorhanden, d. h. mit der Tibia vereinigt ist, da auch offenbar nur die Zehen und nicht mehr der Metatarsus bei der Locomotion den Boden berührten. Somit ist aber hier in der Bildung der hintern Extremität eine die Reptilien auf's engste mit den Vögeln verknüpfende Zwischenform gegeben, deren zwiefaltige Charaktere auch im ganzen übrigen Skeletbause nachweisen lassen.

Da an *Compsognathus* dieser Uebergang so ganz überraschend deutlich sich ausspricht, und auch an den Vorderextremitäten, wie Andeutungen vorliegen, nicht fehlt, verdient diese Form gewiss dasselbe Interesse, als ihr befiederter Coeve, der *Archaeopteryx* (*Gryphosaurus*) von Solenhofen, an welchem das Fuss skelet schon völlig in die Vogelform übergegangen ist.

Ein ganz eigenthümliches, bisher gleichfalls noch nicht vollständig gewürdigtes Verhalten bietet sich in der Fusswurzel der Crocodile dar. Die lebenden Crocodile, wie ihre untergegangenen Verwandten, die Myriosaurier des Lias, zeigen im Wesentlichen gleichen Tarsusbau. Cuvier, der auch hier zuerst aufklärend thätig war, hat die vier Fusswurzelknochen auf die der Säugethiere zurückgeführt, oder besser gesagt, mit jenen Namen belegt, die den gleichen Theilen bei Säugethieren zukommen. Sie finden sich in zwei Reihen, in jeder die gleiche Zahl. Der ersten Reihe kommt ein der Tibia correspondirender Astragalus zu (Taf. V. Fig. 9. *AC*) und ein an der Aussenseite des letzteren mit einem Theile des distalen Endes der Fibula correspondirender Calcaneus (*f*); dieser verbindet sich mit einem der zweiten Reihe angehörigen kleineren Stücke, das als Cuboïdeum angesprochen ward, und diesem folgt nach Innen in derselben Reihe ein einziges, noch kleineres Cuneiforme. An der Aussenseite des Cuboïdeum, etwas nach hinten und unten sitzt ein eigenthümlicher, den äusseren Ballen der Fusssohle stützender Knochen (*r*), der von Cuvier zum Tarsus gezählt wurde, obgleich es ihm nicht entgangen war, dass dieses Stück eigentlich nur das rudimentäre fünfte Metatarsale sei. Cuvier sagt ausdrücklich, dass dieser Knochen die Stelle der fünften Zehe einnähme, bespricht ihn aber beim Tarsus und veranlasste dadurch, dass auch Andere ihn dahin rechneten und für die Crocodile fünf Tarsusstücke aufführen. Owen hat ihm seine natürliche Stelle als fünftes Metatarsale angewiesen. Von dem Metatarsus werden, nach Cuvier's Angaben, die beiden inneren Stücke vom Astragalus getragen, dem zweiten und dritten correspondirt das Cuneiforme, dem dritten und vierten das Cuboïdeum. So weit reichen unsere bisherigen Kenntnisse vom Tarsus der Crocodile. Es bleiben mir aber noch zwei wichtige Dinge zu erledigen, einmal die Vergleichung der Tarsustheile mit den bei den übrigen Reptilien und bei den Amphibien von mir nachgewiesenen Verhältnissen, dann die Würdigung der am Tarsus sich ergebenden Gelenkbildungen.

Die beiden Knochen der ersten Reihe sind als Astragalus und Calcaneus benannt und schon beim ersten Anblicke wird demjenigen, der nur den Säugethiertarsus kennt, daran kein Zweifel erwachsen. Wir haben aber bei Amphibien, wie bei Schildkröten ein Intermedium kennen gelernt, das als discretus Stück den Crocodilen fehlt, das also hier nach Analogie der bei den Schildkröten getroffenen Verhältnisse im Astragalus wird gesucht werden müssen. Der Astragalus entspricht also dem Tibiale und Intermedium. Sein ansehnliche Entwicklung in die Quere, sowie der Umstand, dass er nicht nur mit der ganzen unteren Endfläche der Tibia, sondern auch mit der grösseren Hälfte der Endfläche der Fibula in Verbindung steht, bekräftigen diese Ansicht. Da er aber mit einem Cuneiforme (dem Tarsale<sup>3</sup>), und auch mit dem ersten Metatarsale articulirt, so ist es klar, dass im

Vergleiche mit den geschwänzten Amphibien grosse Veränderungen vor sich gegangen sein müssen, indem nicht nur das erste und zweite Tarsale, sondern auch das Centrale nicht mehr als selbständige Theile existiren. An dem Tarsus der Chelonier ist gezeigt worden, dass das Centrale, wo es zu fehlen scheint, nur mit dem Astragalus in innige Verbindung trat und allmählich ganz in ihn überging. Bei den Eidechsen ist so durchgehend das Centrale verschwunden und für die Crocodile besteht der gleiche Grund im sogenannten Astragalus auch das Centrale zu suchen. Die starke, nach vorn gekehrte Wölbung des Astragalus (Taf. V. Fig. 9. A. C) zeigt sich jener vollkommen ähnlich, die bei den Schildkröten durch Verschmelzung des Centrale mit dem Astragalus an letzterem entstand. Aus der Untersuchung sehr junger Embryen könnte vielleicht ein unmittelbarer Nachweis entnommen werden, walrscheinlicher ist mir aber, dass auch da der genannte Astragalus aus einem einzigen Knorpelstücke besteht, denn ich habe oben schon bei den Sauriern die Behauptung aufstellen müssen, dass das Aufgehen des Centrale in die obere Tarsusreihe eine sehr frühe (d. h. nicht für das Individuum, sondern für die Gattung, Familie und Ordnung frühzeitig Platz greifende Erscheinung ist, wie ja auch bei allen Sauriern (die Chamaeleonten ausgenommen) keine Spur eines Centrale mehr nachweisbar ist. Was uns die Geschichte der individuellen Entwicklung versagt, bietet uns die freilich um vieles schwerer verständliche Entwicklung der Abtheilungen des Thierreichs. Der Astragalus der Crocodile entspricht also dreien, bei den ungeschwänzten Amphibien gesondert vorkommenden Stücken: Tibiale, Intermedium und Centrale. Er entspricht auch dem Astragalus der Schildkröten, nicht aber jenem Knochen, den wir bei Säugethieren so heissen, dem dort persistirt das Centrale als selbständiges Tarsusstück, als Scaphoideum oder Naviculare. Der Knochen, den wir als Calcaneus bezeichnet, stimmt in seinen allgemeinsten Beziehungen mit dem Fibulare der Amphibien, der Schildkröten und der Eidechsen, ist aber durch die Entwicklung eines nach hinten gerichteten Fortsatzes, eines wahren *Tuber calcanei* ausgezeichnet, wodurch das Fibulare der Crocodile von dem aller bisher betrachteten Wirbelthiere ebenso verschieden ist, als es sich dadurch dem gleichen Knochen des Säugethiertarsus nähert. Es ist zwar schon bei den Ascalaboten auf eine ähnliche Bildung hingewiesen worden, es war aber jener Fortsatz weniger nach hinten als nach aussen gerichtet und zudem durch die Verschmelzung sämtlicher Knochen der ersten Reihe in einem anderen Werthe zum Tarsus. Ein echter, durch den Höcker ausgezeichneter Calcaneus tritt daher erst bei den Crocudilen auf, worauf bereits Cuvier in der Kürze aufmerksam machte. Die Verbindung des Calcaneus mit dem sogenannten Astragalus geschieht durch ein Gelenk, welches durch eine sattelförmig gekrümmte Gelenkfläche an der

Aussenseite des „Astragalus“ und eine dieser Fläche entsprechenden Bildung des Calcaneus zu Stande kommt.

In der zweiten Reihe trägt der äussere grössere Knochen, das Cuboïdeum (Taf. V. Fig. 9. C) das Rudiment des fünften Metatarsale, dann das ganze vierte und einen grossen Theil des dritten. Durch letztere Beziehungen könnte man an der Deutung des Cuboïdeum irre werden und in diesem zwei Tarsalien entsprechenden Knochenstücke noch ein drittes Tarsale annehmen, allein ganz ähnliche Verhältnisse, nämlich Beziehungen des Metatarsale III zum Cuboïdeum sind sonst nicht selten vorhanden und aus jenen Fällen, in welchen die Deutung des Cuboïdeum nicht bezweifelt werden kann, wie z. B. bei den Schildkröten, geht deutlich hervor, dass auch bei den Crocodilen der fragliche Knochen nur ein Cuboïdeum sein kann. Die Correlation der einzelnen Theile der zweiten Tarsusreihe und des Metatarsus, die noch bei den Amphibien scharf ausgeprägt war, löst sich mehrfach bei den Reptilien. So ist sie auch bei den Crocodilen für das zweite, kleinere Tarsusstück der zweiten Reihe gelöst, welches, ursprünglich das dritte Metatarsale tragend, schon bei den Schildkröten (Emys, Trionyx:) einen Theil der Basalfläche des zweiten Metatarsale aufnimmt und bei den Crocodilen sogar die grössere Hälfte der bezüglichen Flächen des letzteren trägt. Diese, wie eine Verschiebung sich darstellende Veränderung der Beziehung darf auch hier, so wenig wie für das Cuboïdeum aus einer einfachen Verschmelzung mehrerer Tarsalia erklärt werden, für welche Annahme positive Anhaltspuncte abgehen. Die beiden ersten Tarsalia (Cuneiformia der Säugethiere) sind als solche bei den Crocodilen gar nicht vorhanden, sie in das dem Metatarsale III correspondirende Tarsale aufgenommen anzunehmen, würde Verhältnisse voraussetzen, für die keine einzige Beobachtung spricht. Es scheinen also, und dafür erklären sich von Cuvier an sämtliche Forscher, die Tarsalia des ersten und zweiten Metatarsusstückes den Crocodilen abzugehen und da wegen der in gleicher Richtung befindlichen Lagerung der Endflächen aller vier entwickelten Metatarsusstücke, das für die Eidechsen aufgedeckte Verhalten, nämlich die Verschmelzung von Tarsalien mit Metatarsalien nicht angenommen werden darf, so könnte man glauben, dass hier ein wirklicher Ausfall, eine gänzliche Verkümmernng von Tarsustheilen stattgefunden hätte. Aber nur die Untersuchung trockener Skelete, oder gar künstlich zusammengesetzter, kann jene Vermuthung entstehen lassen. Die Untersuchung an frischen oder in Weingeist conservirten Exemplaren kann einen solchen Ausfall in keiner Weise bestätigen. Es ergibt sich vielmehr, dass vom Innenrande des einem dritten Keilbeine entsprechenden Tarsalstückes (Taf. V. Fig. 9. <sup>3</sup>) eine Knorpellamelle (<sup>2</sup>) ausgeht, die allmählich dünner werdend, sich sowohl über einen Theil des zweiten Metatarsale, als auch über die ganze Basalfläche des ersten fortsetzt, um sich mit dem Kapsel-

bande zu vereinigen. Sie verbindet sich auch noch mit der Basalfläche des ersten Matatarsale und bei jungen Exemplaren wird dadurch der letzteren eine ansehnlich dicke Knorpelplatte beigefügt, gegen welche der Astragalus eingelenkt ist. Diese Lamelle ist an ihrem gegen die Fusssohle zu sehenden, stärkeren Theile rein knorpelig, wo sie dorsalwärts sich verdünnt, wird sie durch Faserknorpel gebildet. Der Uebergang in das dritte Tarsale, wie jener in die Basis des ersten Metatarsale ist bei jungen Thieren durch die bedeutendere Mächtigkeit der ganzen Lamelle sehr leicht erkembar. Wir haben also zwischen dem Cuboideum und dem inneren Tarsusrande ein continuirliches, gegen den letzteren Rand zu dünner werdendes und dort mit dem Metatarsus sich verbindendes Stück, zwischen dem sogenannten Astragalus (eigentlich Astragalo-Scaphoideum) und dem Metatarsus gelagert, von welchem Stücke wir den stärkeren, grösstentheils ossificirten, dem Cuboideum benachbarten Abschnitt einem Tarsale<sup>3</sup> verglichen haben, und von welchem der übrige knorpelig bleibende Abschnitt als morphologisches Aequivalent der beiden ersten Tarsalia angesehen werden darf. Es findet sich also kein vollständiger Mangel dieser Theile, sondern nur eine Verkümmierung vor, die in der Weise zu Stande gekommen sein wird, dass in den, den Crocodilen vorausgegangenen Formen in der zweiten Tarsalreihe nur das Cuboideum aus zwei Tarsalien sich selbständig entwickelt hat, während die drei inneren Tarsalien aus der gemeinsamen Anlage sich nicht differenzirten, sondern ein continuirliches, flaches, zum grossen Theile knorpelig bleibendes Skeletstück vorstellten. Mit der weiter gehenden Entwicklung wird an diesen, drei Tarsalien entsprechenden Stücken nur noch der äussere stärkere Theil durch selbständige Verknöcherung sich erhalten, der innere sich in jene Knorpellamelle umgewandelt haben, die wir eben besprachen. Durch die Verbindung mit dem ersten Metatarsale wird auch bei den Crocodilen an Verhältnisse erinnert, die bei den Eidechsen in grösserem Maassstabe ausgeführt waren. Im Ganzen bietet die vorgeführte Erscheinung eine Analogie mit dem Verhalten des Tarsus der ungeschwänzten Amphibien. Dort waren es aber die beiden äusseren Tarsalien, welche zu einer Bandmasse rückgebildet erschienen, während der gleiche Vorgang bei den Crocodilen die inneren Tarsalien betrifft.

Es lassen sich somit auch am Tarsus der Crocodile alle jene Theile erkennen, welche wir, von den geschwänzten Amphibien beginnend, in zahlreichen, durch Verwachsung, sowie durch Rückbildungen hervorgerufenen Umwandlungen bei den ungeschwänzten Amphibien, wie bei den Schildkröten und Eidechsen wieder trafen, und wenn ich jene Abtheilungen hervorheben soll, an welche innigere Anschlüsse stattfinden, weil von ihnen aus die Tarsusbildung der Crocodile abgeleitet werden kann, so sind es nur die geschwänzten Amphibien und die Schildkröten. Bei den ungeschwänzten Amphibien, wie bei den Eidechsen, sind wir nämlich auf

Einrichtungen gestossen, die als weiter gehende Veränderungen gefasst werden müssen, von welchen aus der Tarsus der Crocodile nicht mehr ableitbar ist. Wenn für die erste Tarsusreihe sammt dem Scaphoïdeum ein einziges Knorpelstück als Anlage besteht, so können daraus zwei Knochenstücke hervorgehen, die aber, durch Knorpel verbunden, doch nur ein einziges ausmachen; und wenn einige Tarsalia einmal mit Metatarsalien sich vereinigen, so ist es denkbar, dass dieser Vorgang ein immer innigerer werden kann, so dass endlich jene Tarsalia selbst ihre primordiale Selbständigkeit verlieren, aber es ist jeder vernünftigen Naturauffassung zuwider, dafür zu halten, dass jene Stücke, nachdem sie einmal durch Reihen von Formen hindurch dem Metatarsus sich angeschlossen, wieder zu selbständigen Theilen werden, und jenen Knorpelstreif zwischen Astragalo-Scaphoïdeum und dem Metatarsus der Crocodile herstellen könnten. Damit wäre die Beziehung zu den Eidechsen abgethan. Aehnliches gilt für die ungeschwänzten Amphibien, bei denen, um nur Eines zu erwähnen, gleichfalls Tarsuselemente vollständig rückgebildet sind, die gerade bei den Crocodilen auf der Höhe der Entwicklung stehen.

Während wir eine allgemeine Uebereinstimmung der Verhältnisse des Tarsus der Crocodile mit dem anderer Reptilien nicht verkennen dürfen, eine Uebereinstimmung, die durch die Verkümmernng der fünften Zehe, sowie durch die Veränderungen der ersten Tarsalien nicht sehr tief alterirt wird, so ergeben sich in der Form des Calcaneus, sowie in den Verbindungen der Tarsusknochen und deren Flächengestaltungen, Eigenthümlichkeiten, welche den Crocodiltarsus gegen die höheren, wie gegen die niederen Wirbelthierabtheilungen scharf abgrenzen.

Dass in der Calcaneus-Bildung eine weit über die Reptilien hinausgreifende Beziehung liegt, ist oben bereits hervorgehoben. Es bedarf also nur noch einer Auseinandersetzung der Gelenkverbindungen. In der ersten Reihe trifft man das Astragalo-Scaphoïdeum mit einer oberen wenig vertieften Fläche der congruenten Endfläche der Tibia durch ein straffes Kapselband angefügt. Bei Beugungen oder Streckungen des Fusses am Unterschenkel finden nur minimale Lageveränderungen zwischen beiden Knochen statt, so dass diese Gelenkverbindung bei den Bewegungen des Fusses kaum in Betracht kommt. Eine nach aussen und vorn, schräg abgedachte Faette der oberen Fläche des Astragalus verbindet sich in gleicher Weise mit dem grösseren Theile der distalen Endfläche der Fibula (Taf. V. Fig. 9). An der vorderen, (dorsalen) Fläche besitzt das Astragalo-Scaphoïdeum die schon mehrfach erwähnte, einen Gelenkkopf darstellende Wölbung für eine durch die zweite Reihe des Tarsus gebildete Pfanne, von welcher die äussere Hälfte durch den knorpelig bleibenden Theil des durch Rückbildung der drei ersten Tarsalia entstandenen Tarsusstückes gebildet wird. Da aber die wenig gekrümmte Gelenkfläche, welche das quere Tarsalstück dem zweiten und dritten Metatarsale bietet,

dem letzteren Knochen eine geringe Beweglichkeit am Tarsus gestattet, da ferner eine unmittelbare Verbindung zwischen dem genannten Tarsusstücke und dem Metatarsale I vorhanden ist, so werden die Bewegungen des Fusses wesentlich in dem zwischen Astragalo-Scaphoideum und der zweiten Tarsusreihe befindlichen Gelenke statt haben. Ein schlaffes Kapselband gestattet für Streckung und Beugung des Fusses grössere Excursionen auf dem Gelenkkopfe des grossen Knochen der ersten Tarsusreihe. Damit wären ähnliche Verhältnisse wie bei den Eidechsen gegeben, Verhältnisse die als eine Weiterentwicklung der bei den Schildkröten angebahnten Einrichtungen angesehen werden könnten. Es ergibt sich aber aus den veränderten Beziehungen des Calcaneus eine nicht zu überschende Verschiedenheit. Der Calcaneus besitzt an seinem vorderen Stücke eine etwas nach innen gegen den Astragalus gerichtete Gelenkwölbung, die von einer entsprechend ausgeschuittenen Gelenkfläche des Astragalus aufgenommen wird. Die seitliche Wölbung am Calcaneus geht unmittelbar in die dem unteren Ende der Fibula zugekehrte obere Fläche über, so dass Fibula und Astragalus eigentlich eine einzige für den vom Calcaneus geformten Gelenkkopf dienende Pfanne bilden. In diesem Gelenke bewegt sich der Calcaneus mit dem Cuboideum, welches an drei Seiten mit je Einem der drei letzten Metatarsalien in oberen Gelenkflächen verbunden ist, somit gegen den Metatarsus sowohl, wie gegen den Calcaneus nur geringe Beweglichkeit zulässt. Wie auch die Einrichtung der Kapselbänder ausweist, kommt die Beweglichkeit des mit dem Cuboideum verbundenen Metatarsusabschnittes vorzugsweise durch die oben erwähnte Gelenkverbindung des Calcaneus mit Astragalus und Fibula zu Stande, wobei der Calcaneus an einem dem Sustentaculum Tali vergleichbaren an den Astragalus gehefteten Fortsatz sich dreht. Bei der straffen Calcaneo-Cuboïdalverbindung liegt also das in allen Hauptbewegungen des Fusses in Betracht kommende Gelenk zwischen Fibula und Astragalo-Scaphoideum einerseits, und Calcaneus und dem den Keilbeinen entsprechenden Stücke andererseits. Bei jeder Beugung und Streckung des Fusses tritt eine Aenderung in den gegenseitigen Beziehungen der genannten Flächen ein. Der Calcaneus bewegt sich mit dem Fusse, während das dem Unterschenkel fester verbundene Astragalo-Scaphoideum nur mit dem Unterschenkel sich bewegt.

Aus den Gelenkvorrichtungen am Tarsus liessen sich noch andere Bewegungen wie z. B. die auf dem Gelenkkopfe des Astragalo-Scaphoideum stattfindende Hebung und Senkung des inneren Fussrandes nachweisen, ich beschränke mich aber auf das Hervorheben der für meine Zwecke besonders wichtigen functionellen Differenzirung, die zwischen den zwei Knochen der ersten Reihe des Tarsus Platz gegriffen hat. Mit dem Nachweise dieser Einrichtung wird zugleich gezeigt, welche bedeutende Verschiedenheit im Tarsusbaue der Crocodile gegen den der übrigen Reptilien, wie auch der Amphibien gegeben ist. Durch die innigere Verbindung

des Calcaneus mit der zweiten Reihe der Fusswurzelknochen und durch die freie Beweglichkeit desselben Knochens gegen den Unterschenkel bildet sich eine zur Sprunggelenkbildung der Säugethiere führende Einrichtung, die durch die Verbindung des anderen Knochens der ersten Reihe mit dem Unterschenkelskelete und durch die dadurch bedingte Bildung eines partiellen Intertarsalgelenkes eine eigenthümliche keiner Abtheilung der lebenden Wirbelthiere einreihbare Complication erhält.

Bezüglich des Astragalo-Scaphoideum besteht bei den Crocodilen ein Anschluss an die übrigen Reptilien, bezüglich des Calcaneus jedoch kann nur ein verwandtschaftliches Verhältniss mit den Säugethieren erkannt werden, wie ja auch schon die formalen Zustände dieses Knochens ausdrücken. Es zeigt sich aber auch das die eigenthümliche Gestalt des Calcaneus bedingende Tuberculum als unmittelbar dem Calcaneus selbst angehörend und nicht als ein besonderes, nur mit dem Körper des Fersenbeines verwachsenes Skeletstück des Tarsus, wie von Owen irriger Weise angenommen ward, worauf ich weiter unten noch zurückkommen werde.

---

Aus der, wie ich glaube, einen klaren Ueberblick über den Tarsusbau der Amphibien und Reptilien bietenden Darstellung, sind auch die anscheinend um vieles verwickelteren Verhältnisse des Fuss skeletes der Vögel zu verstehen. Es bilden jene Untersuchungen durchaus unerlässliche Grundlagen, so dass sie mit Beziehung auf den Vogeltarsus als Vorarbeiten anzusehen sind. Die wichtigsten hierher gehörigen Thatsachen und ihre Deutungen habe ich bereits früher veröffentlicht\*). Eine bisher fortgesetzte Reihe von Untersuchungen hat mir alles Wesentliche bestätigt, allein durch die erst nach der Mittheilung jener Beobachtungen ausgeführten genaueren Untersuchungen des Amphibien- und Reptilienfusses ist mir vieles damals noch nicht vollständig Aufgeklärtes zu bestimmterem Verständnisse gekommen, und meine Anschauungen über die Zusammenhänge des Tarsusbaues der verschiedenen Wirbelthiere sind auch für die Auffassung des Vogelfusses in manchem Einzelnen etwas geändert. im Ganzen aber gefördert worden.

Bekanntlich bildet der zwischen dem Unterschenkel und den Zehen gelegene Abschnitt des Vogelfusses ein einziges grösseres, für die ganze Abtheilung

---

\*) Vergleichend anatomische Bemerkungen über das Fuss skelet der Vögel, im Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrg. 1863. S. 450—472.

höchst charakteristisches Stück, welches man seit Cuvier als dem gesammten Tarsus und Metatarsus entsprechend ansah. Man wusste, dass dieses Stück ursprünglich aus getrennten Theilen bestehe, aus drei der Länge nach sich untereinander verbindenden Metatarsusknochen, mit denen die Fusswurzel am oberen Ende verwachse. Zum Theile, in der Mitte nämlich, von einander getrennt, erhalten sich die Metatarsalien bei Aptenodytes, und der Tarsus bleibt längere Zeit hindurch unverbunden mit den Metatarsalien bei den Cursores, den lebenden Straussen sowohl, als den ausgestorbenen Dinornithen. Dem Einen grossen „Laufknochen“ ist bei den vierzehigen Vögeln dann noch am unteren Ende ein besonderes kleineres, die innerste Zehe tragendes Stück angefügt. Damit begrenzen sich alle unsere Kenntnisse vom Vogelfusse, soweit sie nicht auf blosser Beschreibung der Formverhältnisse, Angaben von Maassen u. dgl. für die vergleichende Anatomie in den Hintergrund tretender Dinge beruhen, die ihre Zwecke in engeren und engsten Erkenntnisskreisen suchen.\*)

Wie bei Aptenodytes das Bestehen dreier getrennter Tarsalstücke auf die Zusammensetzung des „Tarsus“ der Vögel hinwies, so hat schon sehr früh die Untersuchung der Entwicklung des Vogelfusses ein Gleiches gelehrt. Die ersten Angaben in dieser Hinsicht finde ich bei Tiedemann.\*\*). Er sagt: „Dieser Knochen wird aus mehreren Knochen gebildet, welche man aber nur bei dem Vogel im Ei antrifft. Namentlich fand ich immer zwei Röhrenknochen, die nach und nach zusammenwachsen.“ Was Tiedemann übersehen hatte, erkannte v. Baer\*\*\*), nämlich zunächst, dass es nicht zwei, sondern ebensoviele knorpelig praeformirte Stücke sind, als Zehen existiren. Während die Verwachsung von longitudinalen Stücken im Vogeltarsus somit zweifellos war, verhielten sich die Beziehungen des Tarsus im Dunkeln und es ist nur das lange Getrenntbleiben eines epiphysenartigen, dem oberen Ende ansitzenden Stückes bei den Cursores, sowie das bleibende Vorkommen eines kleinen keilförmigen Tarsalstückes am äusseren hinteren Theile des „Laufknochens“ die Veranlassung gewesen im Laufknochen den Metatarsus und den Tarsus zu erkennen. Ob jenes Epiphysenstück dem ganzen Tarsus entspräche, oder nur einem Theile desselben, und welchem, blieb ungewiss, aber aus dem Umstande, dass zwischen Metatarsus und dem unteren Ende der Tibia anscheinend nur jenes Eine Stück vorkomme, glaubte man schliessen zu dürfen, dass dasselbe

\*) Hierher gehört z. B. die sehr sorgfältige osteologische Arbeit von Kessler: „Osteologie der Vogelfüsse“ betitelt. Bull. der naturf. Gesellsch. zu Moskau. No. 3 u. 4, 1841.

\*\*\*) Anatomie und Naturgeschichte der Vögel. Bd. I. 1810. S. 265.

\*\*\*\*) Entwicklungsgeschichte der Thiere Thl. I. Königsberg 1828. S. 94.

dem ganzen Tarsus entspräche. Wie die knorpeligen Anlagen der Metatarsusknochen zu einem einzigen Stücke verschmelzen, so konnten ja auch die des Tarsus, die Anlagen mehrerer Tarsusstücke, zu einem einzigen Knochen zusammengetreten sein. Wer sich mit der einfachen Kenntnissnahme des rein Anatomischen nicht bescheiden wollte, der musste nothwendig zu dieser Annahme geführt werden.

Wenden wir uns zur Entwicklung der hinteren Extremität, um von daher den sichersten Aufschluss über alle die Fragen zu erlangen, die die Betrachtung des fertigen Skelets nur stellt, ohne sie zu beantworten. Am fünften Brütstage findet man beim Hühnchen die Anlagen der sämtlichen Hauptabtheilungen des Fuss-skeletes in Differenzirung begriffen, aber noch nicht vollständig und deutlich abgegrenzt, so dass an den einzelnen Stücken nur in beschränkter Weise Knorpelgewebe unterscheidbar ist. Femur, Tibia und Fibula sind deutlich erkennbar (Taf. VI. Fig. 1). In der Anlage eines jeden kann man das Knorpelgewebe unterscheiden. Vom Tarsus (Fig. 1. *ta*) bemerkt man nur ein ansehnliches Stück indifferenten Gewebsmasse, welche nach aussen zu eine rundliche, jedoch nicht scharf abgegrenzte, aus Knorpel bestehende Stelle besitzt. Vom Metatarsus sind zwei Stücke deutlicher, ein drittes undeutlicher ausgeprägt. Sie laufen in divergenter Richtung, gegen den Tarsus deutlicher geschieden, ganz allmählich in die Fussplatte aus, ohne Phalangen erkennen zu lassen. Am nächsten Tage ist ausser einer deutlichen Differenzirung des Femur, wie der Unterschenkelstücke, vorzüglich der Metatarsalabschnitt differenter geworden und am Ende jedes Metatarsalknorpels ist eine dunklere, dichtere Zellenmasse bemerkbar, die Anlage für die Phalangen. In der Folge tritt mit einem Längerwerden des Femur und der beiden Unterschenkelknochen der Tarsus und Metatarsus deutlicher hervor; noch bevor sich Gelenke bilden, besteht der Tarsus aus einer dicht an Tibia und Fibula angeschlossenen, in die Quere entwickelten Gewebsmasse, an welche drei deutliche, die Länge des Unterschenkels besitzende Metatarsalien sich anfügen. Die letzteren divergiren noch so sehr, dass die Interstitien der angeschwollenen Enden (*Capitula*) fast so breit sind als letztere selbst. Die Grenze gegen das umgebende Gewebe ist weder gegen den Tarsus noch gegen die Phalangen scharf, bei durchfallendem Lichte als eine dunklere, bei auffallendem Lichte als eine hellere Umsäumung erscheinend. Vor den Enden der drei Metatarsalien, von denen das mittlere das längste ist, hat sich aus der Anlage der Phalangen das erste Glied gebildet, am frühesten an der mittleren Zehe, am spätesten an der inneren. Eine dichtere Gewebsmasse erscheint vor diesen ersten Gliedern als Anlage der folgenden, jedoch ohne Continuitätstrennung von dem schon differenzirten Gliede und ebenso ist eine dichtere Gewebsmasse an der Stelle vorhanden, wo später die Innenzehe auftritt. An der

vorher noch nicht ausgebuchteten Contour der Fussplatte sind für die beiden äusseren Zehen kleine Ausbuchtungen aufgetreten und am inneren Fussrande bietet das noch völlig indifferente Gewebe einen ansehnlichen breiten, zur Differenzirung der Innenzehe Raum bietenden Abschnitt dar. Der Tarsus zeigt sich bei oberflächlicher Betrachtung aus einer gleichartigen Masse, die deutlich durch Unterschenkel und Metatarsus abgegrenzt wird. Eine genauere Untersuchung ergibt einen dunklen, den Tarsus durchziehenden Querstreif, der gegen den inneren Fussrand zu deutlicher, am äusseren dagegen nicht mehr bemerkbar ist. (Taf. VI. Fig. 2. *s. i.*)

Die im vorigen Stadium für alle wesentlichen Theile vorhandenen Anlagen gehen fernerhin folgende Veränderungen ein. An den Knorpeln des Ober- und Unterschenkels grenzen sich die Mittelstücke scharf vom benachbarten Gewebe ab, Knorpel scheidet sich vom Perichondrium und an Femur wie an Tibia tritt im Perichondrium eine ringförmige Ossification auf, die in der Mitte mächtiger sich bildend, sehr bald wie ein kleiner Ringwulst erscheint. Während bei den Säugthieren die langen Röhrenknochen mit Binnenkernen ihre Verknöcherung beginnen, geht bei den Vögeln der Ossificationsprocess der genannten Knochen vom Perichondrium aus, ohne dass vom Knorpel auch nur eine Spur der Verkalkung verbleibe. Darin stimmt die Entwicklung der Röhrenknochen der Vögel mit jener der Amphibien und Reptilien überein. Den eigenthümlichen Ringwulst hat Bruch in seinen neuen Mittheilungen älterer histiologischer Untersuchungen angegeben, die genaueren Vorgänge sind schon in seiner älteren grösseren Arbeit über das Knochengewebe geschildert worden\*). Die Verknöcherung erscheint hier vor der völligen Differenzirung des Kniegelenkes, wie der übrigen Gelenke der unteren Extremität. Die Fibula (Taf. VI. Fig. 3. *p*) erreicht noch den Tarsus; am Tarsus selbst ist die ihm in einen oberen (*s*) und unteren (*i*) Abschnitt sondernde Grenze deutlicher hervorgetreten, noch mehr haben sich aber die Metatarsalien (*m*) gesondert, die nunmehr, länger geworden, in fast paralleler Anordnung verlaufend erkennbar sind. Die Basen der drei schon früher gebildeten stossen am Tarsus an einander, darauf verflücht sich jedes Metatarsale etwas, so dass zwischen je zweien eine, gegen die verdickten Enden enger werdende, von indifferentem Gewebe gefüllte Spalte existirt. Das Metatarsale der Innenzehe (*l*) hat sich differenzirt, sein kolbiges Ende steht nun eben so viel höher gegen das nächstfolgende Metatarsale als das Ende des letzteren von dem des mittleren Metatarsale entfernt

\*) Beiträge zur Entwicklungsgesch. des Knochengewebes, S. 111 (In den Neuen Denkschriften der Allg. Schweiz. Gesellsch. f. d. ges. Naturwissensch. Bd. XII. Zürich 1852.)

ist. Das obere Stück des innersten Metatarsale erreicht nicht ganz den Tarsus, verläuft vielmehr in eine dünne, dem nächsten Metatarsale angeschmiegte Gewebsmasse aus. Von Phalangen hat sich das erste Glied der Innenzehe differenziert und an den drei übrigen ist noch je ein zweites Glied sichtbar geworden. Für die folgenden Glieder sind nur dichte, indifferente Zellmassen vorhanden.

Einige Tage später ist ausser der allgemeinen Grössenzunahme eine bedeutendere Längenentwicklung sämtlicher Theile zu constatiren, dabei haben sich die Condylen des Femur und der Tibia massiver gestaltet, der Tarsus mehr in die Quere entwickelt und am Metatarsus ist das innerste Stück weniger weit nach aufwärts zu verfolgen, so dass es mit dem Längewachsthum der übrigen drei Metatarsalia nicht gleichen Schritt gehalten zu haben scheint. Die Zehen sind bis auf das Nagelglied sämtlich differenziert, so dass an der Innenzehe eine, an der folgenden zwei, an der nächsten drei und an der letzten, äusseren vier knorpelige Phalangenstücke unterscheidbar sind.

Etwa um den zwölften bis dreizehnten Brütetag werden die Gelenke differenziert, ausser dem Kniegelenk bildet sich ein Gelenk an der Stelle, welche vorher als eine dunkle Linie die Quertheilung des Tarsus angedeutet hatte. Durch eine Querstellung länglicher Zellen und durch Lockerung der Intercellularsubstanz giebt sich die erste Gelenkbildung kund. Sie erscheint früher am Kniegelenke, als an dem Gelenke, welches im Tarsus auftritt und welches wir als Intertarsalgelenk bezeichnen wollen.

Die Gelenke zwischen dem Metatarsus und den Zehen und ebenso die Interphalangalgelenke sind noch nicht entwickelt, auch zwischen Tibia, (welche nunmehr allein an das obere Tarsusstück stösst, da die Fibula es nicht mehr erreicht,) und dem oberen Tarsusstücke, ebenso wie zwischen den dicht aneinandergeschlossenen Basen der Metatarsalia und dem unteren Tarsusabschnitte scheint es zu einer Gelenkbildung kommen zu wollen, da hier dichte Zellmassen ohne Intercellularsubstanz sich finden, ganz so, wie an jenen Stellen, an welchen Gelenke entstehen. Die folgenden Stadien lehren jedoch, dass dort keine Gelenkbildung auftritt. Man findet nämlich, dass später unter fortwährender Volumszunahme der einzelnen Theile keine Continuitätstrennung der Gewebe Platz greift, dass vielmehr eine indifferent bleibende Gewebsschicht zwischen dem unteren Ende der Tibia und dem oberen Tarsusstücke einerseits, dann zwischen dem Metatarsus und dem unteren Tarsusstücke fort dauert. Auf dieselbe Weise wie Femur und Tibia die Verknöcherung begannen, tritt dieselbe dann auch an Fibula, sowie an den drei langen Metatarsalien auf; jedes der letzteren versieht sich mit einer peripherischen Knochenschicht, die für jedes, auch da wo sie aneinander zu liegen scheinen, nach Ausweis von Querschnitten selbständig ist. Die Interstitien der Me-

tatarsalien sind enger geworden und nur die Enden sind noch etwas weiter von einander entfernt. Für alle Zehen sind sämtliche Phalangen vorhanden, von innen nach aussen gezählt: 2, 3, 4, 5; die Zehen selbst sind über die Fussplatte vorgewachsen, aber noch wie durch eine Schwimmhaut untereinander seitlich vereinigt. Ausser am Hühnchen habe ich dieses Stadium auch an Embryen des Staar und des Bussard untersuchen können. — Da es nicht meine Absicht ist eine vollständige Darstellung der Entwicklung aller Theile des Fuss skeletes zu geben, ich vielmehr nur bezwecke, die bisher unverständlichen Verhältnisse klar zu machen, so können wir, nachdem alle Theile des Mittelfusses und der Zehen bereits angelegt, und ebenso die Skeletstücke des Unterschenkels weit vorgeschritten sind, unser Augenmerk mehr auf den kritischen Abschnitt, auf den Tarsus selbst werfen. Es sind an diesem zwei Theile, die in fortschreitender Sonderung begriffen sind, schon oben unterschieden worden. Das obere, grössere Stück verbindet sich jetzt ausschliesslich der Tibia und entwickelt zwei starke condylenartige Vorragungen, die durch einen mittleren Ausschnitt von einander getrennt sind und die in Vertiefungen passen, welche die obere Fläche des unteren Tarsusstückes darbietet. Der innere dieser beiden Condylen, wie ich die Hervorragungen heissen will, springt etwas weiter vor und um ebensoviel ist das untere Tarsusstück weniger hoch. Der äussere, weniger gegen den Tarsus vortragende, umgreift das untere Ende der Tibia und dort hängt mit ihm ein von einer Faserschichte umgebener Zellenstreif zusammen, der von dem weiter nach oben gerückten Ende der knorpeligen Fibula ausgeht\*). Es ist dieses obere Tarsusstück nicht weiter getheilt, sein Knorpelgewebe ganz gleichmässig, auch das untere Tarsusstück bleibt ein Ganzes, in der Mitte am stärksten, nach den beiden Seiten zu, am meisten am inneren Rande, verdünnt. Diese ungleiche Dicke rührt erstlich von der Gestaltung der dem oberen Tarsusstücke congruenten oberen Fläche, zweitens von der Stellung der Metatarsalbasen in ungleichen Ebenen. Die Verbindung des oberen Tarsusstückes mit der Tibia ist längere Zeit hindurch eine lockere, wird aber dann inniger, so dass es nur an etwas macerirten Objecten gelingt, die Tibia vom Tarsus zu lösen. Das untere Stück bleibt etwas später noch selbständig und es kann jedes der drei an es sich anfügenden Metatarsalien leicht abgelöst werden.

Indem die als dunkle Grenze den Tarsus von der Tibia wie vom Metatarsus scheidende Gewebsmasse durch eine nach beiden Seiten hin vor sich gehende Umwandlung in Knorpelgewebe immer mehr schwindet, verlieren die beiden Tarsus-

\*) Diesen Ausläufer der Fibula hat auch Bruch bemerkt, und in der oben citirten Abhandlung Taf. III. Fig. 4, 5, 6 abgebildet.

abschmitte ihre Selbständigkeit und verschmelzen nach und nach mit den ihnen zunächst gelegenen Theilen des Fuss skeletes, das obere mit der Tibia, das untere mit dem Metatarsus. Am oberen beginnt die Verschmelzung aussen und innen, die Grenze ist da vollständig verwischt, während sie in der Mitte noch länger fortbesteht und auch am unteren Stücke des Tarsus verhält es sich ähnlich, da das mittlere der drei Metatarsalien noch trennbar ist, während die beiden anderen schon verschmolzen erscheinen. Die Verwachsung ist beim Hühnchen nicht etwa bloss eine feste Aneinanderfügung mittels eines heterogenen Gewebes, sondern eine continuirliche Verschmelzung der Grundsubstanz der beiderseitigen Knorpel, in denen nachher selbst nicht einmal aus der Stellung der zelligen Elemente auf den früheren Zustand geschlossen werden kann. Ist diese Verbindung einmal vollendet, so besteht auch in den feineren Texturverhältnissen keinerlei Spur einer Grenze mehr, es scheint dann das obere Tarsusstück vollständig der Tibia anzugehören und untere Condylen des Schienbeines vorzustellen, die jenen des Femur sehr ähnlich, allein nicht wie diese nach hinten, sondern nach vorn gerichtet sind. Ebenso verbindet sich das untere Tarsusstück den drei im übrigen noch längere Zeit getrennten grösseren Metatarsalien.

Die bei dem Hühnchen sehr frühzeitig innige Verbindung des oberen Tarsusstückes mit der Tibia scheint keine ganz durchgreifende Erscheinung zu sein. Bei jungen noch nicht vollständig flüggen Tauben (Taf. VI. Fig. 7) ist noch eine deutliche Grenze nachweisbar, bei anderen, so bei der Gans, beim Kuckuk, Staar, Sperling ist die Verbindung sehr frühzeitig eine vollständige. Die Verknöcherung der aus dem Tarsus hervorgegangenen, mit anderen Theilen des Fuss skelets verbundenen Stücke geht unabhängig von den Theilen vor sich, mit denen sie sich vereinigt haben, und es zeigt sich somit die längere Selbständigkeit der bezüglichen Abschnitte. Was die Tibia angeht, so schreitet die Verknöcherung der früher erwähnten Rindenschichte nach beiden Enden gleichmässig vor und noch während des Eilebens geht eine Auflösung des Knorpels in Markräume vor sich, welche gegen die beiden Enden zu auswachsen. In dem epiphysenartig der Tibia angefügten Tarsusstücke bilden sich gleichfalls Knorpelcanäle, die mit Markzellen gefüllt sind und die allmählich zwei discrete Ossificationspunkte entstehen lassen. Der eine, grössere entspricht dem inneren, der andere, kleinere dem äusseren Theile des betreffenden Tarsusabschnittes. Zuweilen tritt noch ein dritter Knochenkern auf, dessen ich bereits in meiner früheren Mittheilung gedacht habe. Er liegt hinten und aussen am unteren Ende der Tibia und kann nicht mit Bestimmtheit als dem Tarsus angehörig angesehen werden, da er etwas höher als die anderen gelagert und die Grenze zwischen Tarsus und Tibia lange vorher verschwunden ist. Bei jungen, halberwachsenen Hühnern sind die beiden regelmässigen Kerne

noch von einander durch Knorpel getrennt, später fliessen sie zusammen und erst nachher erfolgt die Verschmelzung mit der Tibia. Bei der Taube geht die Verbindung der Knochenkerne früher vor sich. Junge, noch nicht ganz flügge Individuen (Taf. VI. Fig. 7. *s*) zeigen schon eine einzige quere Knochenmasse im oberen Tarsusstück, während die Tibia (*t*) an ihrem unteren Ende in einem grossen Stücke noch knorpelig ist. Bei denselben Exemplaren besteht auch das untere Tarsusstück (*t'*) bis auf eine dünne oberflächliche Schicht aus Knochen, der bis dicht an die knorpeligen Basaltheile der drei Metatarsalien (*m*) reicht. Beim halberwachsenen Huhn (Taf. VI. Fig. 4) ist im unteren Tarsusstück ein einziger, in der Mitte gelegener Knochenkern, von dem aus der noch grösstentheils knorpelige Tarsusabschnitt ossificirt. Im Allgemeinen scheint der Satz zu gelten, dass das obere Tarsusstück, auch verknöchert, früher in die Tibia aufgenommen wird, als das untere dem Metatarsus sich verbindet, so dass also die bei den früheren Zuständen erwähnte Zeitverschiedenheit der Knorpelverschmelzung auch bei der Verknöcherung noch wahrgenommen wird. Bei jungen Staaren und Sperlingen, wenn sie schon flügge, aber noch nicht völlig autophag sind, ist das obere Tarsusstück mit der Tibia vollständig verschmolzen, nur in der Anordnung der Markräume zeigt sich eine Verschiedenheit und die rundlichen Formen der letzteren, welche die Substanz des unteren Tarsusstückes spongiös erscheinen lassen, contrastiren sehr auffällig gegen die langgestreckten Räume des nächst gelagerten Stückes der Tibia. Bei denselben Thieren ist das untere Tarsusstück bis auf die überknorpelte Gelenkfläche ossificirt und besitzt gleichfalls rundliche Markräume. Es ist aber vom Metatarsus noch scharf geschieden, da die Enden der Metatarsalien noch mit einer ansehnlichen Knorpelschichte versehen sind. Die längere Selbständigkeit des unteren Tarsusstückes darf als eine sehr verbreitete angesehen werden, denn aus den Mittheilungen von Owen\*) geht hervor, dass auch bei den Cursors der Metatarsus verhältnissmässig sehr spät mit dem Tarsusstücke verwächst, welches nach meinen Untersuchungen nur einen Theil des Tarsus vorstellt, und dass es noch ein völlig getrennter Abschnitt ist, während das obere Stück schon längst in die Tibia übergang.

---

\*) Owen beschreibt den Metatarsus eines jungen Strausses, an dem die drei Metatarsalien nicht mit dem bezüglichen Tarsusabschnitte verwachsen waren. Transactions of the zoological Society. Vol. III. p. 243. pl. 28. Fig. 1. Ferner giebt er Darstellungen des Metatarsus der Dinornithen, wo in einem Falle (bei *Dinornis crassus*) die „Tarsalepiphyse“ noch durch eine deutliche Grenzmarke vom Metatarsus geschieden war, indess sie in einem andern Falle (bei *Dinornis elephantopus*) vom Metatarsus entfernt war. Transact. zool. Soc. Vol. IV. p. 149. pl. 45. Fig. 1, 2.

Die Veränderungen, welche die knorpeligen Anlagen der Metatarsalien bei der Verknöcherung erleiden, sind eigenthümliche. Nachdem um jedes von ihnen eine Knochenschichte gebildet ist, bleibt der Knorpel noch längere Zeit völlig unverändert. Es wächst nun, und zwar um jedes Metatarsale besonders, die corticale Knochenschichte wie bei den Säugethieren dadurch in die Dicke, dass sich auf ihr senkrechte Knochenleisten erheben, die am freien Rande gegen einander wachsen und damit longitudinale Canäle (Markecanäle) umschliessen. Die letzteren unter spitzen Winkeln anastomosirend verengen sich allmählich durch concentrisch an ihrer Innenfläche abgelagerte Knochenlamellen. Die Verdickung der um ein Metatarsale gebildeten Knochenschichte erfolgt anfangs gleichmässig, indem immer neue Längsleisten den schon geschlossenen Canälen sich anfügen, um wieder sich zu schliessen und so den ersten Vorgang fortzusetzen. Bald aber findet zwischen den Metatarsalien keine Knochenbildung mehr statt und nur im übrigen Umkreise geht der erwähnte Process noch vor sich, so dass der gesammte Metatarsus allmählich von einer gemeinsamen, die drei knorpeligen Metatarsalien umschliessenden, dicht stehende Markecanäle aufweisenden Knochenmasse umgeben wird. Beim Hühnchen ist schon am 17. oder 18. Brütstage der bei weitem grösste Theil des Metatarsus von solcher gemeinschaftlichen Knochenmasse gebildet. Bei der Gans besteht in sonst gleichem Entwicklungsstadium zwar der grösste Theil des Metatarsus ebenfalls schon aus Knochensubstanz, allein es ist der auf jedes der drei Metatarsalien treffende Abschnitt noch deutlich unterscheidbar (Taf. VI. Fig. 8). Die primitiven Metatarsusknochen (*k*) erleiden um dieselbe Zeit Veränderungen. Man sieht auf Querschnitten in der Peripherie des Knorpels gelagerte Markräume (*m*), die nicht sofort nach innen wuchern, sondern erst unter der Innenfläche der ersten, den Knorpel umgebenden Knochenschichte sich hinstrecken. Bei der Gans sind so vier bis sieben, zuweilen ganz regelmässig gestellte Markräume vorhanden, von denen einzelne sich unter einander verbinden, ohne für's Erste sich weit nach innen zu erstrecken. Dass sie nicht sofort zu einer Auflösung des Knorpels führen, zeigt der Umstand an, dass sie gegen den Knorpel zu eine dünne Schichte (Taf. VI. Fig. 8. o) absetzen. Beim Hühnchen vermisste ich diese Knochenschichte und es zeigen sich die Markräume an Zahl geringer, an Caliber aber beträchtlich grösser und nicht bloss auf die periphere Knorpelschichte beschränkt, sondern oft weit in den Knorpel hineinragend, oder durch ihn hindurchziehend. Von wo die Bildung dieser Markräume ausgeht, ist mir nicht ganz gewiss. Auf zahlreichen, genauer untersuchten Querschnitten fand ich nur sehr spärliche Verbindungen mit den Markecanälen der periostalen Knochenschichte, so dass die Vermuthung entstand, dass die Markecanäle im Knorpel selbständig aufträten und den Knorpel allmählich auflösend sich weiter entwickelten. Wenn man erwägt, dass

selbst bei sehr mächtig entwickelten Markräumen die den Knorpel zunächst umgebende Knochenlamelle in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ganz vollständig erhalten bleibt, so möchte man darin eine weitere Begründung jener Vermuthung erkennen, jedenfalls aber ist der ganze Vorgang ein eigenthümlicher, von der Verknöcherung der homologen Skelettheile der Säugethiere abweichender\*). Die ursprünglichen Lücken zwischen den drei Metatarsalien werden sehr frühe durch Knochenmasse ausgefüllt, aber nicht in der ganzen Länge, indem theils weite, von hinten nach vorn ziehende Markeanäle, theils grössere Spalten auch in späterer Zeit zwischen den Metatarsalien bestehen.

Mit der Verknöcherung des Metatarsus, deren Resultat die Bildung eines einzigen, vom damit verbundenen Tarsusstücke abgesehen, aus drei getrennten Anlagen hervorgegangenen Skelettheiles ist, verbindet sich eine bis jetzt noch nicht genauer gewürdigte Lageveränderung. Die drei anfänglich stark divergirenden, dann sich ziemlich parallel richtenden Metatarsalien liegen mit dem Beginn der Verknöcherung noch in einer und derselben Ebene. Die beiden seitlichen Metatarsalien bewahren dies Verhalten, während das Mittelstück (Metatarsale III) mit seinem oberen Ende allmählich hinter die beiden seitlichen geräth, mit seinem unteren Ende vor dieselben. (Man vergleiche hierüber Fig. 5 u. 6 auf Taf. VI). Durch dieses Aufgeben der parallelen Beziehungen werden eigenthümliche Sculpturverhältnisse des Tarso-Metatarsusknochen hervorgebracht, da das untere, die mittlere Ge-

---

\*) Anmerkung. Die längere Erhaltung des primordialen Knorpels innerhalb des von aussen her stets fortwachsenden Knochens findet auch an den übrigen langen Knochen der Vögel statt. Bruch verdanken wir die erste genauere Mittheilung darüber. (Beiträge zur Entwicklungsgesch. des Knochensystems S. 111. u. folgende, in den Neuen Denkschr. der Allg. Schweiz. Gesellsch. für die ges. Naturwiss. Bd. XII. Zürich 1852.) Humerus, Radius, Ulna, Femur und Tibia sind von mir darauf specieller untersucht worden. Der Knorpel verkalkt nicht in ausgedehnterem Masse, sondern zeigt nur hier und da einen Streifen oder eine Schichte von Kalkkrümeln nahe an der Oberfläche. Die Auflösung des Knorpels geschieht im Mittelstücke jenes Knochen durch die Bildung von grösseren weiteren Markräumen, die bald zusammenfliessen, und so einen grossen mit jungen Zellen gefüllten, aussen von der periostalen Knochenmasse begrenzten Raume an die Stelle des primordialen Knorpels setzen. An den Enden des Knochens findet die Bildung kleinerer Markräume im Knorpel statt, und die Verknöcherung ist daselbst wenig von jener der Säugethiere verschieden, wenn wir davon absehen, dass eine Epiphysenbildung bei den Vögeln nicht vorzukommen scheint. Ein Zusammenhang des geschilderten Vorganges mit der Entwicklung der Pneumaticität der Knochen ist kein sehr inniger, denn es findet sich jener Vorgang an später pneumatisch werdenden Knochen wie an beständig markhaltigen in ganz übereinstimmender Weise. Ueberdies ist, wie Bruch gleichfalls schon angegeben, auch bei den Amphibien ein längeres Fortbestehen der Knorpelanlage in Knochen vorhanden. — Bei Säugethieren ist etwas ähnliches durch H. Müller bei der Verknöcherung der Rippen beobachtet worden. —

lenkrolle tragende Ende des Metatarsale III etwas über die Vorderfläche der beiden seitlichen (Metatarsale II u. IV) sich erhebt, so wird die Vorderfläche des unteren Abschnittes des Laufknochens stärker gewölbt und es ergibt sich zugleich die Bildung von zwei, etwa ein Drittheil der Gesamtlänge des Knochens einnehmenden, gegen die Mitte hin flach auslaufenden seichten Längsfurchen. Da das mittlere Metatarsale am oberen Ende zurücktritt, so findet sich an der Vorderfläche (Fig. 5) eine entsprechende mittlere Vertiefung, die nach oben zu weiter sich einsenkt. Das umgekehrte Verhalten, nämlich zwei obere schwache Seitenfurchen und eine untere, mittlere, stärkere Furche trifft sich für die hintere Fläche (Fig. 6). Bei noch nicht ganz ausgewachsenen Vögeln ist diese Lageveränderung und die dadurch hervorgehende Aenderung des Relief sehr deutlich, doch ist sie nicht bei allen gleichmässig ausgeprägt und wird überdies noch etwas verwischt durch das Hinzukommen für den Verlauf der Streck- und Beugeschmen belangreicher Furchen und Leisten.

Da schon zwischen den primordialen Metatarsalien Blutgefässe hindurchtreten, welche auch noch, und zwar constant am oberen Ende, beim ausgebildeten Thiere ihre bestimmten, die Dicke des Tarso-Metatarsus durchsetzenden Canäle besitzen, so wird die Richtung dieser Canäle von dem Grade der Abweichung des mittleren Metatarsale abhängig sein. Während die beiden Canäle ursprünglich parallel mit einander von vorn nach hinten treten, so werden sie auf diesem Verlaufe um so mehr divergiren, je weiter das mittlere Metatarsale an seinem oberen Abschnitte nach hinten gerückt ist und bei hohem Grade dieser Lageveränderung werden die vorderen Oeffnungen der beiden Canäle sogar zusammenfliessen, kurz, je näher sie vorn an einander stehen, desto weiter werden die hinteren Oeffnungen von einander entfernt sein. An dem kurzen, aber breiten Tarso-Metatarsale der Papageien verlaufen die Canäle fast ganz parallel, dem entspricht die ganz geringe Lageveränderung des mittleren Metatarsale.

In ähnlicher Weise verhält sich auch der Laufknochen der Pinguine, bei denen die Entstehung der Canäle der übrigen Vögel aus Metatarsalinterstitien auch im erwachsenen Zustande klar ist. Hinsichtlich der Lageveränderung des mittleren Metatarsale bieten die Pinguine und Papageien die einfachsten Zustände, von denen aus zahlreiche Zwischenformen zu den extremen Verhältnissen führen, welche durch eine einfache vordere Oeffnung und zwei daraus entspringende, nach hinten beträchtlich divergirende Canäle gekennzeichnet sind. Das letztere bieten einzelne Stelzvögel und Schwimmvögel dar. Durch das Ausbeugen des mittleren der drei Metatarsalien wird ein nach hinten ragender Vorsprung gebildet, der von einem Fortsatze des unteren Tarsusstückes überwachsen, mit einem *Tuber calcanei* einige Aehnlichkeit besitzt und der die Ansicht, dass mit dem Metatarsus der ge-

sammtige Tarsus verbunden sei, nur bestärkt hat, und auch ohne weiteres von manchen Autoren mit dem Calcaneus verglichen wurde. Wie wenig solches zulässig ist, geht aus meiner Darstellung der Bildung des Vogelfusses deutlich hervor. Ebenso wenig darf aber auch ein häufig in den Strecksehnen, nahe an ihrer Insertion liegendes Stück als abgelöstes oder rudimentäres Fersenbein betrachtet werden, wie das von Owen\*) geschah. In allen jenen Fällen, in welchen von jenem Fortsatze aus eine senkrechte Leiste auf der hinteren Seite des Tarso-Metatarsus sich hinzieht, gehört diese Leiste zum mittleren Metatarsale. Es ergibt sich dies deutlich aus der Lage der hinteren Oeffnungen der Metatarsalkanäle, die immer zu beiden Seiten am oberen Ausläufer der Leiste zu finden sind und auch, wenn die Leiste einen sehr seitlichen Verlauf besitzt, in den entsprechenden Beziehungen sich finden. Der Tarso-Metatarsus von Raubvögeln bietet hierüber Aufschlüsse. Während die drei längeren Metatarsalien (II, III, IV) sowohl durch ihre Verbindung, wie durch ihre Lagenveränderungen von dem ursprünglichen Zustande immer weiter sich entfernen, haben auch für das Metatarsale I Veränderungen stattgefunden, die jedoch zum grossen Theile darin bestehen, dass es mit den anderen nicht gleichen Schritt hält. Mit dem Längewachsthum des übrigen Metatarsus wird es immer weiter nach abwärts vom Tarsus entfernt und richtet sich zugleich durch die Entwicklung einer queren Gelenkrolle immer weiter nach hinten, wodurch die ganze Innenzehe ihre eigenthümliche Stellung und Richtung empfängt. Es ist bedeutungsvoll, dass bei Schwimmvögeln die primitiven Verhältnisse relativ am wenigsten vollständig verloren gehen. Das ist ersichtlich in der Verbindung aller vier Zehen durch eine gemeinschaftliche Schwimmhaut bei den Pelecanen, wodurch zugleich die Innenzehe etwas weniger auffallend nach hinten gerichtet ist, noch mehr aber tritt es hervor bei den Pinguinen, deren Innenzehe bekanntlich mit den übrigen dreien nach vorn sieht. Dabei ist zugleich auch daran zu erinnern, dass hier, wie auch bei den nahestehenden Alken, der Metatarsus bei der Bewegung auf dem Lande den Boden berührt.

---

\*) Artikel Aves, in Cyclopaedia of Anat. and Physiol. Vol. I. S. 288. und On the Archaetype and Homologies. S. 186. An letzterem Orte giebt Owen zwar nicht ausdrücklich an, dass er jenes Stück dem Fersenbein gleichsetze, allein er sagt von den Metatarsalien: „they coalesce proximally with the two primitively distinct tarsal bones (68)“, und kann, indem er von zweien spricht, nur das problematische Fersenbein mit darunter begriffen haben. Die Darstellung auf Pl. II Fig. 4 bestätigt zudem, dass er jenes Stück dem Tarsus beizählt.

Es wird sich nun um die Frage handeln, in welcher Weise die geschilderten Theile des Vogelfusses, speciell die beiden zwischen Unterschenkel und Tarsus bestehenden, je mit einem der letzteren sich verbindenden Stücke zu deuten sind und wie diese Bildung in Zusammenhang gebracht werden kann mit dem Tarsusbau der übrigen Wirbelthiere. Dass wir nimmermehr an den Tarsus der Säugethiere Anknüpfungspuncte finden, wird jedem klar sein, der beiderlei Zustände kennt. In der ersten Anlage des Fusses, bevor der Tarsus in zwei Abschnitte sich scheidet, besitzt das gesammte Skelet der hinteren Extremität allerdings einige Aehnlichkeit mit der Anlage des Fusseskeletes von Säugethieren, allein nur in oberflächlicher Weise, nicht mehr als auch der Amphibien- und Reptilienfuss gewisse allgemeine Verhältnisse mit dem der Säugethiere gemeinsam hat. Jene allgemeine Aehnlichkeit löst sich aber mit der allmählichen Entwicklung des Tarsus und verschwindet vollständig, sobald die definitiven Beziehungen des letzteren hervortreten und das Intertarsalgelenk zum wichtigsten wird, indem eine Sprunggelenkbildung durch die Verwachsung des oberen Tarsusstückes mit dem unteren Ende der Tibia ganz unmöglich wird; und wenn dann auch noch das untere Tarsusstück nicht nur einer weiteren Gliederung und Trennung in einzelne Tarsalien entbehrt, sondern sogar mit drei unter einander verwachsenden Metatarsalien zu einem einzigen ansehnlichen Knochen sich verbunden hat, dann bleibt am ganzen Tarsus und Metatarsus auch gar nichts mehr, was an die analogen Theile des Säugethierfusses erinnerte. Wenn auch bei manchen Säugethieren, z. B. den Wiederkäuern, eine Metatarsusverschmelzung die Regel ist, so hat diese Erscheinung nur die allgemeinste Beziehung und es hiesse den Zusammenhang der Einrichtungen vollständig missverstehen, wenn man, die eigenthümliche Phalangenvermehrung des Vogelfusses, dann die, auch bei verschmolzenen Metatarsalien noch reiche Gliederung des Fusses der Säugethiere nicht achtend, zwischen beiderlei Metatarsusverwachsungen einen morphologischen Zusammenhang annehmen wollte. Wir müssen also, um Ausgangspuncte zur Vergleichung zu gewinnen, von den Säugethieren vollständig absehen, und werden uns zu einer tieferen Stufe wenden müssen. Festere Anhaltspuncte zur Vergleichung bieten die Reptilien. Bei diesen ist ein oberes Tarsusstück oftmals von mir nachgewiesen worden, ein Skelettheil, welcher ursprünglich, wie bei den geschwänzten Amphibien, durch vier Stücke repräsentirt wird. Schon bei einzelnen Schildkröten (*Emys*) ist ein einfaches oberes Tarsusstück vorhanden, nach meinen Beobachtungen auch bei Eidechsen aus allen Abtheilungen. Es hat dieses Stück schon da dieselben Beziehungen zum Unterschenkel erlangt, wie bei den Vögeln, indem es wenig oder gar nicht beweglich, mit dem Unterschenkel verbunden ist. Am Vogelfusse ist diese Verbindung auf eine höhere Stufe getreten, sie ward zur Verschmelzung, die schon bei der merkwürdigen fossilen Mischform

Compsognathus angebahnt war. Wie der Reptilienfuss bewegt sich durch jene Verbindung auch der Vogelfuss im Intertarsalgelenk. Es ist aber das obere Tarsusstück der Reptilien nach meiner Auffassung aus folgenden Elementen zusammengesetzt: Tibiale mit Intermedium haben sich zu einem Astragalus vereinigt, dem verband sich gegen den übrigen Tarsus hin das Centrale und von der äusseren Seite hat sich damit das Fibulare (Calcaneus) vereinigt: wenn nun das obere Tarsusstück der Vögel dem der Reptilien entspricht, so muss es auch den vier in jenes eingegangenen Tarsuselementen homolog sein. Der Beweis, dass es jenen vier Elementen entspricht, lässt sich nicht dadurch führen, dass man selbe in seiner Anlage etwa nachwies, denn es ist allezeit nur ein einfaches Stück, aber der Beweis lässt sich führen durch die Vergleichung mit dem gleichfalls allezeit einfachen cruralen Tarsusstück der Eidechsen. Wenn erkannt ist, dass das obere Tarsusstück der Vögel jenem der Eidechsen homolog ist, so kann auch kein Zweifel mehr bestehen, dass es den oben erwähnten vier primordialen Stücken entsprechen muss, denn es ist schon oben von mir durch Vergleichung des Tarsus der Schildkröten und Eidechsen nachgewiesen worden, dass vier Tarsuselemente zu einem einzigen sich verbinden. Es wird sich also wesentlich nur um die Feststellung der homologen Theile bei Vögeln und Eidechsen handeln, und diese ist leicht ausführbar, sobald wir die embryonischen Zustände des Fusseskelets der Vögel in's Auge fassen. Ein quergestelltes Knorpelstück liegt dicht am unteren Ende der Tibia und verbindet sich auch noch mit der Fibula. Bei Eidechsen wie bei den Vögeln bietet dieses Stück gewölbte Gelenkflächen für den zweiten Abschnitt des Tarsus. Der tibiale Abschnitt ist meist der grössere, der fibulare der kleinere, und dem entsprechend gestalten sich die in beiden Abschnitten auftretenden Knochenkerne, es erscheint ein grösserer im tibialen, ein kleinerer im fibularen Theile. Beide Knochenkerne verschmelzen und bilden aus dem einfachen Knorpel ein einfaches Knochenstück, welches bei den Reptilien nur durch Bandmasse an Fibula und Tibia befestigt wird, bei den Vögeln nur mit der Tibia sich verbindet, da die Fibula, indem sie nicht im gleichen Maasse mit der Tibia wächst, vom distalen Ende der Tibia entfernt wird. Dass die Tibia der Vögel im erwachsenen Zustande der alleinige Träger des Tarsus ist, könnte benützt werden um das obere Tarsusstück nur aus einem Theile des der Eidechsen bestehend zu erklären, nur aus dem Theile, der mit der Tibia verbunden ist, so dass das Fibulare den Vögeln abginge. Eine solche Deutung widerlegt sich durch die Untersuchung der Anlage des Fusses (Taf. VI, Figg. 1—3), wo wir die Fibula (*p*) bis auf den Tarsus herabreichen sehen, so dass hier offenbar ein Theil des Tarsus der Fibula entspricht. Sie widerlegt sich ferner durch das Verhalten der Knochenkerne, denn es besteht auch bei Vögeln, wie oben erwähnt, ein fibularer Knochenkern im oberen Tarsusstück. Die Ver-

kümmerung der Fibula ist daher ohne Einfluss auf das crurale Tarsusstück, dem sich die Tibia durch grössere Breite ihres unteren Endes adaptirt. \*)

Bezüglich des unteren Abschnittes des Tarsus der Vögel ist die Vergleichung, die Rückführung auf homologe Stücke anderer Wirbelthiere, etwas schwieriger. Es sind aber auch hier nur die Reptilien, bei denen Aufschlüsse gewonnen werden können. Da wir schon vier Stücke für einen Abschnitt des Tarsus in Verwendung gebracht sehen, bleiben nur noch der Zahl der Metatarsalien entsprechend vier primordiale Tarsalien in Betracht zu nehmen. Die Reptilien bieten uns an diesen zweierlei Erscheinungen, erstlich die Verschmelzung mehrerer Stücke zu einem, ein Vorgang, welcher im Cuboideum der Schildkröten, Eidechsen und Crocodile, dann in einem zweiten Stücke der zweiten Reihe bei den Crocodilen gegeben ist, zweitens eine Verbindung von Tarsalien mit Metatarsalien bei Eidechsen und Crocodilen. Wenn wir nun diese beiden Erscheinungen uns fortgesetzt denken, so ergeben sich die Zustände am Tarsus der Vögel. Durch eine Verschmelzung sämtlicher Tarsusstücke der zweiten Reihe kommt für letztere ein einziges quer gelagertes Knorpelstück zu Stande, und indem dieses dann mit dem Metatarsus sich verbindet, erhalten wir dieselben Zustände, wie wir sie bei Vögeln kennen. Es ist leicht einzusehen, dass die Darstellung des unteren Tarsusabschnittes durch ein einziges Stück von dem Verhalten des Metatarsus beherrscht werde, dass also die Verschmelzung der Metatarsalien untereinander auch eine Verbindung der sonst mehr oder minder getrennten Elemente der zweiten Tarsusreihe hervorruft, um so mehr als solche ihre selbständige Bedeutung durch die spätere Verwachsung mit dem Metatarsus verloren haben. Das untere Tarsusstück dürfte also als nicht differenzirtes Homologon von mindestens vier Tarsalien der Amphibien und Schildkröten anzusehen sein. Wie die ursprünglichen Zustände dieses zweiten Tarsusabschnittes bei Eidechsen und Crocodilen schon tief verändert sind, indem, um nur Eines nochmals zu erwähnen, bei den Crocodilen ein, drei Metatarsalien entsprechender Abschnitt nur durch eine, einen einzigen Knochenkern bergende Knorpellamelle repräsentirt ist, so ist es keineswegs ein auffallendes Verhalten, wenn bei den Vögeln auch in der Verknöcherung des zweiten Tarsusstückes keine Andeutung einer Selbständigkeit einzelner Abschnitte mehr existirt. Es verknöchert dieses Stück von einem einzigen in der Mitte gelegenen Punkte aus.

---

\*) Anmerkung. In meinen „vergleichend-anatomischen Bemerkungen über das Fuss-skelet der Vögel“ habe ich das obere Tarsusstück in seinen Beziehungen zum Reptilientarsus zwar vollständig erkannt, allein Einzelnes erschien mir weniger deutlich und bestimmt, als es mir nach Gewinnung eines grösseren Ueberblickes später sich darstellen musste.

So sehen wir den Tarsus des Vogelfusses durchgehend aus Reptilienzuständen ableitbar und können ihn durch diese hindurch auf die durch geringe Differenzirung noch einfachen Bildungen des Tarsus der geschwänzten Amphibien zurückführen. Aber auch das übrige Fuss skelet zeigt in mehreren wichtigen Punkten deutliche Anklänge an den Reptilienfuss, speciell den der Eidechsen und Crocodile. Von den fünf Zehen der Reptilien sind bei den Vögeln nur vier vorhanden, von denen drei vollständige, den Tarsus erreichende Metatarsalien besitzen, während eine, die Innenzehe, einen nur in der ersten Anlage vollständigeren, allmählich verkümmern den und schliesslich nur ein kleines Skeletstück darstellenden Metatarsusknochen besitzt. Indem Owen die Spornbildungen bei manchen Gallinaceen als Analoga einer ersten Zehe betrachtete, musste er die Innenzehe als zweite, folglich die äussere als fünfte deuten, so dass einem Theile der Vögel in der That fünf Zehen zukämen. Später nahm Owen, ohne jedoch seine Ansicht von der Bedeutung der Spornbildungen ganz aufzugeben, die entschieden richtigere Auffassung Cuvier's an, welcher zufolge die Innenzehe die erste, die Aussenzehe die vierte ist. Es würde also den Vögeln die fünfte, Aussenzehe, der Reptilien abgehen. Dass dem so ist, wird ersichtlich aus den Zahlenverhältnissen der Zehenglieder, welche genau denen der Eidechsen und Crocodile entsprechen, indem für die erste Zehe zwei, für die zweite drei, für die dritte vier, für die vierte fünf Phalangenstücke bestehen. Würde die vierte Zehe der fünften der Eidechsen entsprechen, so würde die Zahl der Glieder statt fünf nur vier betragen dürfen. Dem Wegfalle der Aussenzehe, der schon bei den Crocodilen durch ein Schwinden der ganzen Zehe bis auf ein mansehnliches Tarsusrudiment angedeutet ist, entsprechen die Längenverhältnisse der Zehen sowohl als der Metatarsalien. Bei den fünfzehigen Eidechsen ist die vierte Zehe bei weitem die längste und von da findet bis zur ersten eine allmähliche, auch am Metatarsus ausgedrückte Verkürzung statt. Bei den Crocodilen geht die Verkümmernng des äusseren Fussrandes noch auf die vierte Zehe über, die, ungeachtet sie noch fünf Glieder besitzt, kürzer ist als die dritte, und so zeigt es sich auch bei den Vögeln, deren fünfgliedrige vierte Zehe von der nur viergliedrigen dritten überragt wird. So scheint also das Fehlen der fünften Zehe die Verkürzung der vierten zu bewirken um die dritte Zehe als die längste erscheinen zu lassen, da die zweite und erste von vorn herein schon kürzer sind. Bei den Crocodilen geht die äussere Rückbildung sogar noch etwas weiter als bei den Vögeln, denn es ist das dritte Metatarsale kürzer als das zweite und es ist eine Dickenzunahme vom vierten gegen das erste Metatarsale in höchst auffälligen Grade vorhanden.

---

Unter den Säugethieren sind die Einrichtungen des Tarsus, sowohl was die Zahl der verwendeten Stücke als deren gegenseitige Beziehung angeht, im Allgemeinen untereinander übereinstimmend. Es ergeben sich die in den unteren Abtheilungen der Wirbelthiere vorhandenen Verhältnisse. Dass weder an Vögel noch von den Reptilien an Eidechsen und Crocodile angeknüpft werden könne, habe ich bereits an bezüglicher Stelle besprochen und ebenso bilden unter den Amphibien die ungeschwänzten eine Abtheilung, welche aus der fortlaufenden Reihe herausgetreten ist, so dass nur geschwänzte Amphibien und Schildkröten noch in Betracht kommen können. Wie die Schildkröten sich bezüglich der Tarsusbildung von jenen Amphibien ableiten lassen, so kann von ihnen auch der Säugethiertarsus abgeleitet werden. Damit die auf diesem Gebiete so häufig auftretenden Missverständnisse hier von vorn herein unmöglich sind, will ich hier ausdrücklich erklären, dass ich mit obigem Ausspruche nicht etwa eine unmittelbare Abstammung der Säugethiere von Schildkröten gemeint wissen will. Will man überhaupt die in den verschiedenen Organisationszuständen liegenden Uebereinstimmungen, das Gemeinschaftliche des Baues, dazu benützen, um darauf Anschauungen über die Abstammung zu begründen, und ich glaube das wird gerechtfertigt sein, so hat man nicht zu übersehen, dass es bei im Uebrigen sich ferner stehenden Abtheilungen sich doch nicht um nähere Verwandtschaft handeln kann. So bin ich auch in diesem Falle nicht der Ansicht, dass unter den Schildkröten Stammformen zu suchen seien, glaube vielmehr, dass wir in ihnen die Ausläufer von Organismenreihen zu erkennen haben, von denen in vielleicht sehr weit zurückliegenden Zuständen, die in die Säugethiere hinüberführenden sich abzweigen. Wie sehr die Tarsusbildung der Säugethiere, ungeachtet der Uebereinstimmung in ihrer Lagerung von jener der Schildkröten abweicht, zeigen uns einmal die bei den Säugethieren viel ausgeprägteren Formen der einzelnen Stücke und die Art der Verbindung der Stücke untereinander und mit dem Unterschenkel. Während bei den Schildkröten (Chelydra) Astragalus und Calcaneus straff mit Tibia und Fibula in Verbindung stehen und die grösste Beweglichkeit des Fusses in einem Intertarsalgelenke stattfindet, hat sich an ersterer Stelle bei den Säugethieren das wichtigste Gelenk, das Sprunggelenk gebildet. Der Calcaneus, durch einen Fersenfortsatz\*) von dem

---

\*) Anmerkung. Die Entwicklung des *Tuber calcanei* bringt eine wichtige Veränderung der Muskelanordnung mit sich. Während die Sehnen der Wadenmuskeln am primitiven Fibulare vorüber zur *Planta pedis* ziehen, findet mit der Bildung des genannten Fortsatzes eine bald theilweise, bald vollständige Insertion jener Sehnen an letzterem statt, wodurch das ursprüngliche Endstück jener Sehnen, nämlich die *Plantaraponeurose*, von der Achillessehne abgetrennt wird, das *Tuber calcanei* kann so in die Endsehne der Wadenmuskeln sesambeinartig eingeschoben gedacht werden.

gleichen Stücke der übrigen Wirbelthiere verschieden, tritt häufig ausser Beziehung zu den Unterschenkelknochen, indem ihn die Fibula nicht mehr erreicht. Aber bei alledem sind doch dieselben Stücke vorhanden, die beiden oberen, ursprünglich aus dreien gebildeten, dann das dem Centrale der Amphibien und Schildkröten entsprechende Naviculare und endlich eine Reihe von Tarsalien, von denen die zwei inneren immer, wie schon bei den Schildkröten, zum Cuboideum untereinander verbunden sind, während die drei anderen immer discret bleiben, wenn sie nicht, wie z. B. bei *Bradypus*, mit den Metatarsalien verschmelzen. In der Lagerung der Tarsalien der zweiten Reihe ist gegen Amphibien und Schildkröten eine Veränderung eingetreten. Das Naviculare wird nämlich zur Begrenzung des inneren Fussrandes beitragen, sobald das Tarsale<sup>1</sup> nicht mehr an seiner inneren Seite liegt. Eine solche Verschiebung des Tarsale<sup>1</sup> ist bei den Säugethieren vorhanden, indem die drei Keilbeine vor dem Naviculare gelagert sind. Für die specielleren Verhältnisse habe ich nur wenig zu bemerken, da mit der Deutung der einzelnen Stücke des Säugethiertarsus nach den in den übrigen Classen getroffenen Einrichtungen meine Hauptaufgabe beendet ist.

Alle bedeutenderen Modificationen beruhen theils auf veränderten Grösseverhältnissen der einzelnen Stücke, besonderen Gelenkconstructions, Verschmelzungen mehrerer Theile unter einander und Verkümmern einzelner Stücke, welche letztere mit einer rudimentären Zehenbildung in Verbindung steht. Die vollständigste Tarsusbildung ist bei den Monotremen, Beutelhieren, Edentaten, Nagethieren, Insectivoren, Carnivoren, den fliegenden Säugethieren und Affen gegeben. Es bestehen hier alle auch beim Menschen vorkommenden Stücke. Bei einer Reduction der Zehen, so beim Fehlen der Innenzehe, fehlt das erste Keilbein, oder ist nur als ein kleines Stück vorhanden.

Ein gänzlichliches Fehlen des Keilbeines findet sich bei *Bradypus* und dies ist um so auffallender, als ein Rudiment des ersten Tarsale vorhanden ist.

Eine Vermehrung der Tarsuselemente ist bei Nagethieren vorhanden, von Cuvier\*) wie von Meckel\*\*) ausführlich beschrieben. Es wird diese Vermehrung aus einer Theilung des Naviculare abgeleitet und aus dem Hinzutreten eines überzähligen Knochen, der am inneren Fussrande dem Cuneiforme<sup>1</sup> angelagert ist. Der aus der Theilung des Naviculare entstehende zweite Knochen liegt gleichfalls am inneren Tarsusrande, hinter dem vorhin erwähnten, ist dem Kopfe des Astragalus seitlich angefügt und stösst überdies noch mit dem eigentlichen Naviculare und auf

\* Leçons, T. I. p. 531.

\*\* System der vergl. Anat. Bd. II, Abth. 2 S. 457

eine kurze Strecke mit dem Cuneiforme<sup>1</sup> zusammen. Wenn auch seine Lagerung am Astragalus und seine Verbindung mit dem eigentlichen Naviculare die Ansicht von seiner Entstehung, wie sie die oben genannten Autoren äussern, als sehr wahrscheinlich erscheinen lassen, so halte ich sie doch noch nicht für fest begründet. Das Vorkommen des zweiten Knochens, sowie ähnlicher überzähliger Stücke am Tarsus der Monotremen schliesst die Möglichkeit nicht aus, dass auch das aus einer Theilung des Naviculare entstanden sein sollende Stück ein Accessorium ist. Daran wird wenigstens so lange festgehalten werden dürfen, bis der Nachweis einer Theilung des Naviculare aus der Entwicklung geliefert ist.

Am Tarsus der Ungulata ergeben sich durch Reductionen der Zehen grössere Eigentümlichkeiten. Bei den Pachydermen bieten die Schweine, dann die Elephanten noch eine vollständige Zahl der Tarsusstücke, indem bei den Schweinen das Cuneiforme<sup>1</sup> noch besteht, obgleich die Innenzehe vollständig mangelt. Auch bei Hyrax ist noch ein Rudiment des ersten Keilbeins vorhanden, beim Tapir und Rhinoceros, bei den Wiederkäuern und Einhufern persistiren dagegen nur zwei Keilbeine, nämlich das zweite und dritte, indess das erste verschwunden ist.

---

Fasst man die wichtigsten Ergebnisse der mitgetheilten Untersuchungen über den Tarsus zusammen, so lassen sie sich in Folgendem vorführen:

Die Einrichtungen, von denen auszugehen ist, finden sich bei den geschwänzten Amphibien. Der Tarsus besteht aus neun knorpelig bleibenden, flachen, gleichartig untereinander, wie mit Unterschenkel und mit Mittelfuss verbundenen Stücken: an Grösse wenig von einander verschieden sind sie auch in der Form einander ziemlich ähnlich. Sie zeigen keinen Abschnitt ihrer Verbindungen als in der Beweglichkeit besonders bevorzugt. Drei dieser Stücke stossen an die Unterschenkelknochen — Fibulare, Intermedium, Tibiale — ein viertes Stück liegt in der Mitte des Tarsus — Centrale — und wird nach abwärts von fünf anderen Stücken, welche die Metatarsalien tragen, begrenzt. So bei Siredon und Menopoma und wahrscheinlich auch bei Cryptobranchus. Bei dem vierzehigen Menobranchus ist die an den Mittelfuss stossende Reihe auf drei Stücke reducirt, indem die dritte und vierte Zehe ein einziges Tarsale besitzt.

Unter den Salamandrinen bleiben die Tarsusstücke nicht mehr knorpelig, fast alle verkalken und es bildet sich im Innern ein weiter, mit Fettzellen gefüllter Markraum aus. Bei Salamandra sind die einzelnen Stücke wie bei den fünfzehigen Perembbranchiaten und Derotremen vorhanden, aber das erste Tarsale der

unteren Reihe trägt nur während des Larvenzustandes den ersten Metatarsusknochen und ist beim erwachsenen Thiere ausser Beziehung zum Metatarsus. Bei den Tritonen ist ausserdem noch an der Stelle des vierten und fünften Tarsale ein einziger, die beiden letzten Metatarsalien tragender Knochen charakteristisch.

Bei den ungeschwänzten Amphibien ist ein unmittelbarer Uebergang aus der Fussbildung der geschwänzten nicht nachweisbar. Es besteht zwischen beiderlei Abtheilungen eine grosse Lücke, welche die spätere Forschung noch auszufüllen hat. Der Fuss der Anura\*) besitzt an der Stelle der drei ersten Stücke nur zwei, sehr in die Länge gezogene, bei vielen oben und unten durch die knorpeligen Epiphysen verbunden. Die beiden Stücke von denen das innere einem Astragalus, das äussere einem Calcaneus verglichen wurde, besitzen die Structur der Röhrenknochen. Dass sie jenen Knochen der Säugethiere nicht vollständig homolog sind, geht daraus hervor, dass zur Annahme, es sei in das eine von ihnen, das dem Naviculare der Säugethiere entsprechende Centrale eingegangen, Grund vorhanden ist. Das Centrale fehlt und von der zweiten Reihe sind die äusseren Stücke verkümmert, meist durch eine dünne Knorpel-, oder Bandlamelle dargestellt, oder mangeln auch vollständig. Drei der inneren Stücke sind in der Regel (Pelobates, Bombinator, Bufo) vorhanden, zwei davon (das zweite und dritte Tarsale) zuweilen untereinander verschmolzen (Rana, Hyla).

Ebenso abweichend als das förmelle Verhalten des Tarsus sind die Verbindungen der Tarsusstücke im Vergleiche zu den geschwänzten Amphibien. Sowohl gegen den Unterschenkel, als zwischen der ersten und zweiten Reihe des Tarsus finden sich hoch entwickelte Gelenke, so dass die Beweglichkeit der einzelnen Abschnitte eine viel beträchtlichere als bei den geschwänzten Amphibien ist.

Bei den Reptilien bieten die drei mit Extremitäten versehenen Ordnungen der Eidechsen, Schildkröten und Crocodile unter sich mannichfache Abweichungen. An die Amphibien, und zwar an die ungeschwänzten, schliessen sich nur die Schildkröten enger an. Die einzelnen Stücke des Tarsus, obwohl verkümmert und förmell bedeutender individualisirt, sind fast noch wie bei den geschwänzten Amphibien unterscheidbar. Das Tibiale ist aber mit dem Intermedium zu einem einzigen Stücke, einem ächten Astragalus verbunden, der auch noch das Centrale mit aufnimmt und es bald mit deutlich bleibender Grenze, bald ohne Spur der

\*) Anmerkung. A. Ecker's: Anatomie des Frosches, ein Handbuch für Physiologen, Aerzte und Studierende, I. Abth. Braunschweig 1864, kam mir erst nach Drucklegung des grosseren Theils dieses Heftes zu, so dass sie weder für Carpus noch für Tarsus citirt werden konnte. In der Darstellung der uns hier interessirenden Skelettheile folgt das Werk den grossentheils durch Dugès eingeführten bisher üblich gewesenen Auffassungen.

ursprünglichen Trennung in sich aufgehen lässt. Da dieser Vorgang unter den Schildkröten eine, seinen einzelnen Stadien entsprechende Reihe erkennen lässt und bei den übrigen Reptilien das Centrale, wie im höchsten Grade der Verschmelzung bei den Schildkröten, verschwunden ist, darf angenommen werden, dass auch bei den ungeschwänzten Amphibien das Fehlen des Centrale durch einen ähnlichen Verschmelzungsprocess zu Stande kam, dass also dieses Stück in dem sogenannten Astragalus gesucht werden muss. Auch das Fibulare verbindet sich bei Schildkröten (*Emys*) mit dem Astragalus und so werden vier ursprünglich getrennte Stücke sogar durch ein einziges repräsentirt. Durch die Aufnahme des Naviculare erhält der Astragalus, oder der einzige die erste Reihe vorstellende Knochen eine gelenkkopfartige Wölbung, um welche sich die übrigen Tarsalien lagern und sich an ihr bewegen. Die Bewegung des Fusses findet bei der festen Verbindung der Unterschenkelknochen mit dem oberen Tarsusabschnitte, vornehmlich in jenem Intertarsalgelenke statt. Von den Tarsalien der zweiten Reihe wird das vierte und fünfte durch ein einziges Stück vorgestellt, es ist grösser als die übrigen, und verbindet sich wie bei Triton mit dem vierten und fünften Metatarsale.

Die Darstellung der oberen Tarsusreihe sammt dem Centrale durch einen einzigen Knochen ist bei den Eidechsen die Regel. Er erscheint auch in der ersten Anlage aus einem continuirlichen Knorpel bestehend. Durch das Auftreten eines Knochenkernes im tibialen Abschnitte und eines anderen, späteren im fibularen Abschnitte dieses Knorpels, erhält sich eine Andeutung vom Eingehen des Fibulare in den Astragalus, mit welchem das Naviculare spurlos vereinigt ist. Die zweite Reihe der Tarsusstücke zeigt immer eine Rückbildung des inneren Abschnittes, nur bei den Ascalaboten ist ein erstes Tarsale noch vorhanden. Bei den übrigen ist das erste und zweite entweder in den Metatarsus aufgegangen, oder zu Bandmasse verkümmert. Das dritte persistirt, häufig sehr innig mit dem dritten Metatarsale verbunden, und für das vierte und fünfte ist wiederum nur ein Stück vorhanden, das jenem der Schildkröten und Tritonen gleich, dem Cuboideum der Säugethiere verglichen werden muss. Auch bei den Eidechsen ist das erste grosse Tarsusstück in straffer Verbindung mit Tibia und Fibula, der innere Theil des Fusses bewegt sich ausschliesslich, der äussere grossentheils im Intertarsalgelenk. Die sämmtlichen vorhandenen Tarsusstücke (nach dem Gesagten drei — vier) sind durch mannichfache Reliefverhältnisse charakterisirt.

Bei den Crocodilen bleibt das fibulare Stück selbständig, durch einen nach hinten ragenden Fortsatz bildet es sich zum Calcaneus, das tibiale stellt mit dem Intermedium und dem Naviculare verschmolzen einen einzigen grossen, mit einem vorderen Gelenkkopfe versehenen Knochen dar, den man ebensowenig, wie das entsprechende Stück bei Schildkröten (*Chelonia*) als Astragalus ansprechen darf.

Er entspricht nicht dem Astragalus der Säugethiere, da mit diesem das dem Centrale homologe Naviculare nicht verbunden ist. Jener Knochen des Crocodiltarsus ist fest mit Tibia und einem Theile der Fibula vereinigt, aber der Calcaneus (Fibulare) ist an ihm, wie an der Fibula beweglich, wodurch sowohl gegen Schildkröten als Eidechsen wichtige Unterschiede gegeben sind. Von der zweiten Reihe des Tarsus ist nur das Cuboideum, das vierte Metatarsale und das Rudiment des fünften tragend, vorhanden. Die übrigen Stücke werden durch eine gegen den inneren Fussrand dünn auslaufende Knorpellamelle vorgestellt, welche in ihrem stärkeren Abschnitte verknöchert. Das innere Ende der Knorpellamelle verbindet sich mit der Basis des ersten Metatarsale und dadurch sowohl, als durch die festere Verbindung des zweiten und dritten Metatarsale mit dem Rudimente der zweiten Reihe des Tarsus werden die Beziehungen dieser Reihe zum Metatarsus auch bei den Crocodilen festgehalten.

Bei den Vögeln führt die Differenzirung des Tarsus nur zur Bildung von zwei Hauptstücken; das eine obere entspricht dem bei den Eidechsen und einigen Schildkröten vorhandenen, aus vier primordialen Stücken zusammengesetzten. Es verbindet sich sehr früh mit der Tibia. Das untere Stück, welches nicht mehr in einzelne kleinere Tarsalien sich gliedert, verschmilzt gleichfalls noch während seines knorpeligen Zustandes und zwar mit dem Metatarsus. Diese Beziehung zum Metatarsus ist schon bei den Reptilien vielfach ausgesprochen. Die Bewegung des Fusses gegen den Unterschenkel ist deshalb bei den Vögeln wie bei den Reptilien in ein Intertarsalgelenk gelegt.

Bei den Säugethiern kann der Tarsus aus dem der geschwänzten Amphibien oder dem der Schildkröten abgeleitet werden. Das Fibulare bildet immer einen Calcaneus; Tibiale und Intermedium niemals, selbst nicht in der Anlage gesondert, werden durch einen einzigen Knochen, den Astragalus vorgestellt. Das stets an den inneren Fussrand gerückte Centrale der Amphibien erscheint bei den Säugethiern als Naviculare. Von den fünf typischen Tarsalien der zweiten Reihe bleiben die ersten drei gesonderte Stücke, die drei Keilbeine der Fusswurzel, die beiden anderen werden immer, wie schon bei Schildkröten durch ein einziges Stück vertreten, welches das Cuboideum darstellt. Von dieser bei sämtlichen Ungulicaten bestehenden Anordnung des Tarsus gehen einzelne Modificationen aus, welche durch die gesammte Fussbildung, durch rudimentäre Entwicklung einzelner Zehen bedingt sind und entweder in Verschmelzung einzelner Stücke untereinander, oder in Verkümmerung einzelner Theile der zweiten Reihe des Tarsus bestehen. Auf keine Weise wird aber durch diese Modificationen das Gesamtbild von der Zusammensetzung des Säugethiertarsus beeinträchtigt.

## Dritter Abschnitt.

---

### Vergleichung zwischen Carpus und Tarsus.

Die Ausführung der Vergleichung der Zusammensetzung der Hand- und Fusswurzel der Wirbelthiere führt mich zu einer Vergleichung dieser beiden Skelettheile unter sich. Seit Vieq d'Azyr (1774) ist diese Aufgabe Gegenstand vielfacher Arbeiten gewesen, jedoch immer nur in der Weise, dass entweder nur innerhalb einer einzigen Classe, der der Säugethiere, oder gar nur von einer einzigen Species, dem Menschen aus, die Vergleichung geführt worden ist. Nur Owen hat noch die Reptilien, und da nur die Schildkröten, mit in Betracht gezogen. Wie aus meiner Untersuchung hervorgeht, ist das Verhalten des Carpus und Tarsus bei den geschwänzten Amphibien überaus wichtig und lehrreich für das Verständniss der höheren Formen. Nur durch die Untersuchung dieser Abtheilung ist es möglich gewesen die fortlaufende Entwicklungsreihe der Hand- und Fusswurzelzusammensetzung und die mehrfachen Abzweigungen von der ursprünglicheren, einfacheren Anlage her zu verstehen, die einzelnen Bildungen untereinander wirklich zu vergleichen, und genau nachzuweisen, welche Theile einer höheren Ordnung denen einer niederen entsprechen. Es scheint mir, dass erst nach der Durchführung einer Vergleichung des Carpus oder des Tarsus diese beiden unter sich vergleichend behandelt werden können und ich glaube, dass das Abweichende meiner Ansichten von früheren Darstellungen darin seinen Grund findet.

Dass mit der Vergleichung des Carpus und Tarsus auch die übrigen Skelettheile der Extremitäten in Betracht gezogen werden müssen, ist wohl unerlässlich, obgleich ich nicht der Meinung bin, dass dabei die mannichfaltigen Fortsatzbildungen, Leisten und Articulationen, wie sonstigen Verbindungen der einzelnen Stücke unter einander Ausschlag gebend seien. Es sind das nicht bloss nach den einzelnen Classen, sondern auch innerhalb derselben, nach den einzelnen Ordnungen, Familien, ja bis auf die Gattungen herab wechselnde oder doch schwankende Zustände, welche

von der Verwendung der Extremitäten und damit wieder vom Muskelapparate abhängig sind, und zu den mit der Umwandlung der Formen erworbenen Zuständen gehören.

Ueber all' Diesem stehen die Grundeinrichtungen, wie sie in der embryonalen Anlage am einfachsten offenbar werden und die verwandtschaftlichen Beziehungen der Theile untereinander viel leichter und durchsichtiger darstellen, als wenn mit der fortgeschrittenen Differenzirung Complicationen der Formen der Skelettheile durch Apophysenbildungen etc. aufgetreten sind. So wichtig es ist, für die Aufstellung von Unterschieden der einzelnen Lebensformen und ihrer Einrichtung, die ausgebildeten, fertigen Zustände der Organisation zu Untersuchungsobjecten zu nehmen, ebenso nothwendig ist es beim Aufsuchen der inneren Verbindungen, der verwandtschaftlichen Zusammenhänge der Organismen, also bei einem, dem anderen, analytischen, als synthetisch gegenüberstehenden Verfahren die embryonalen Verhältnisse in's Auge zu fassen. Es erhellt dann der morphologische Werth der an den einzelnen Skelettheilen vorhandenen speciellen Bildungen und es sondert sich das Ursprünglichere, Angeborne vom Secundären, Erworbenen ab.

Während die Uebereinstimmung der grösseren Abschnitte des Extremitätenskeletes einem Jeden verständlich ist, erheben sich bei der Vergleichung der einzelnen Stücke in jenen Abschnitten sofort Schwierigkeiten, wie schon aus der Verschiedenheit der Ansichten jener Forscher, die solche Vergleichungen versucht haben, hervorgeht. Die Uebereinstimmung, die hinsichtlich des dem ersten Abschnitte beider Extremitäten zu Grunde liegenden Skelettheiles herrscht, löst sich für die Theile des Vorderarmes und Unterschenkels mit der individuellen Ausprägung der Knochenstücke. Vieq d'Azyr\*) hat die schon bei Aristoteles sich findende Ansicht ausgeführt, dass der Vorderarm der einen Körperhälfte, dem Unterschenkel der andern Seite analog sei, welche zum Theil von Cuvier adoptirte Ansicht durch Florens\*\*) ihre gründliche Widerlegung fand. Eine Anzahl von Anatomen wie Meckel\*\*\*) und Cruveilhier†), verglichen die Tibia mit der Ulna, indem sie wenigstens den oberen Theil der Tibia mit der Patella dem oberen Theile der Ulna sammt dem Olecranon für gleich erachten. Darnach würde also der Radius der Fibula entsprechend sein. Owen††) dagegen sieht Tibia und Radius, Fibula

\* Oeuvres de Vieq d'Azyr, publiés par Moreau, T. IV, pag. 313

\*\* Annales des. Sc. nat. T. X, 1838, p. 35.

\*\*\* Handb. d. menschl. Anatomie Bd. II, 1816, S. 263.

† Anatomie descriptive T. I 1843, pag. 315

††) On the Archetype, p. 167.

und Ulna für homotype Skeletstücke an, denn am Skelete von *Phascalomys* zeigt sich die Fibula mit einem dem Olecranon homologen Sesambeine versehen. Bei *Ornithorhynchus* dagegen tritt der dem Olecranon zu vergleichende Theil als Fortsatz der Fibula auf. So kann also das dem Olecranon homologe Stück, wie dieses selbst an der vorderen Extremität (Ulna), bald frei, bald mit der Fibula verbunden vorkommen.

Ch. Martins\*), der die ausführlichsten Untersuchungen über diesen Gegenstand gemacht hat, spricht sich dafür aus, dass der obere Theil der Tibia beim Menschen und den meisten Säugethieren durch Verschmelzung eines dem oberen Stücke der Ulna entsprechenden Theiles der Fibula gebildet sei, wobei er die Tibia als dem Radius analog ansieht.

Die Anatomen, welche die Tibia als Repräsentant des Radius allein betrachteten, sollen in die Schwierigkeit gerathen, die offenbare Analogie zwischen Patella und Olecranon zu erklären. Die Annahme jener Verschmelzung dagegen, in Folge deren das obere Drittel der Tibia einen cubitalen Charakter annehme, löse alle Schwierigkeit und stelle die Uebereinstimmung des Olecranon mit der Patella her. So scharfsinnig auch die von Martins aufgeführten Gründe scheinen und so verdienstvoll der in jener selben Arbeit gegebene Nachweis einer Spiraldrehung des Humerus bei Säugethieren, Vögeln und Reptilien ist, so wenig glücklich kann jene Vergleichung genannt werden, da sie jeder thatsächlichen Unterlage entbehrt, indem die Tibia bei keinem Thiere einen Theil der Fibula aufnimmt, aus dem die Patella hervorginge. Der Grund jenes Irrthums beruht offenbar auf einer Verwechslung von Analogie und Homologie, auf Verwechslung von einander ähnlichen, aus gleichartigen, speciellen Zwecken entsprechenden Zuständen hervorgegangenen Einrichtungen, die überall, wo gleiche Voraussetzungen gegeben sind, sich treffen können, mit den aus niederen Zuständen heraufgekommenen und deshalb typisch zu nennenden, allgemeinen Organisationen. Es ist derselbe Fehler, der oft begangen wurde, indem man, das Uebereinstimmende gewisser Organisationen mehr fühlend als verstehend, auf das meist nur im Allgemeinen Gemeinsame hin, sofort eine Durchführung der Vergleichung ganz specieller Einrichtungen unternommen hatte.

Vergleicht man das Vorderarmskelet mit dem des Unterschenkels bei Embryen höherer Thiere, so ergibt sich, dass nur der Radius der Tibia entsprechen

---

\*) Nouvelle comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'homme et chez les Mammifères déduite de la torsion de l'humérus. Mém. de l'Acad. des Sc. et lettres de Montpellier N. Sér. T. III. 1857. p. 471—542.

kann. Beide sind in gleichen Lagerungsbeziehungen und entbehren noch der später sie trennenden Eigenthümlichkeiten, ebenso wie solche der Ulna und Fibula abgehen. Eine Vergleichung dieser Theile bei den Amphibien begründet noch mehr diese Auffassung und wenn wir von den Amphibien aus Radius und Tibia, Ulna und Fibula in die gleichen Stücke der Säugethiere fortverfolgen können, so ist klar, dass, wenn sie bei den Amphibien homologe Theile sind, sie es auch in den höheren Classen sein müssen, da sie daselbst doch nur aus einer Umwandlung der niederen Zustände hervorgegangen gedacht werden können. Die vergleichende Anatomie hilft daher leicht und sicher über jene Schwierigkeiten hinweg, welche aus der planlosen Vergleichung beliebiger, einander bloss ähnlicher Verhältnisse der Organisation hervorgehen, und es zeigt sich in diesem Falle wieder recht klar die grosse Werthverschiedenheit in beiderlei Verfahren. Wie jeder der beiden genannten Knochen bei den höheren Wirbelthieren im Laufe individueller Entwicklung eine Reihe von Veränderungen erleidet, sich von dem ursprünglichen Zustande, den er während der Anlage besass, weiter und weiter entfernt, so durchläuft er von den niederen Wirbelthierorganismen (die mit Beziehung auf die Fortsetzung in höhere Formen zunächst die geschwänzten Amphibien sind) bis zu den höchsten gleichfalls eine Reihe von Wandlungen, so dass auch hier die beiden Endpunkte einander höchst unähnlich sind. Es scheinen dann verschiedene Theile vorzuliegen, die bei dem Mangel der Uebergangsformen mit einander nur schwer zu verknüpfen sind. Die Umwandlungen bilden sich mit Coaptation der anatomischen Unterlagen an die an sie gestellten functionellen Anforderungen, die in relativ verschiedener Grösseentwicklung, differenten Gelenkbildungen und Apophysenbildungen ausgedrückt sind. Eine solche und noch zur Gelenkbildung mit verwendete Apophyse ist das Olecranon, welches zu keiner Zeit als selbständiges Skeletstück auftritt und bei Amphibien wie Reptilien schon in der Bildung getroffen wird, die freilich von der der Säugethiere noch weit entfernt sich zeigt. Man sieht hier z. B. bei Amphibien, mehr noch bei Crocodilen den ersten Ansatz der Bildung des Olecranon, die sich nur in der einmal eingeschlagenen Richtung weiter zu entwickeln braucht, um in die Verhältnisse der Säugethiere überzugehen. Da wiederum die Patella niemals ein mit der Tibia verbundenes Stück vorstellt, welches etwa nur von diesem Knochen sich ablöste, so kann sie, wie es von Florens zuerst ausführlich dargethan ward, nur als ein in die Sehne des Extensor cruris eingeschaltetes Sesambein betrachtet werden, dessen beständiges Vorkommen bei Säugethiern ebenso wie die specifischen Formverhältnisse dieses Stückes, nichts Anderes darthut, als dass ein ursprünglich fehlendes, erst in der obersten Classe beständig werdendes Skeletstück den Anschein einer typischen Einrichtung sich geben kann. Die Patella ist aber dadurch noch kein abgelöstes Olecranon, so wenig das Olecranon eine

mit der Ulna verbundene Patella ist. Zum Begriffe der Patella gehört eben die Sesambein-Natur ebensowehr, als der Begriff des Olecranon die Apophysen-Beziehung zur Ulna verlangt. Ebenso ist aber auch die Brachial-Patella der Fledermäuse und einiger Vögel kein freies Olecranon, denn sie stimmt damit nur physiologisch überein, und ist niemals eine Apophyse der Ulna, und dasselbe gilt von der Fibular-Patella des Wombat oder dem Fibular-Olecranon von *Ornithorhynchus*, die wiederum als besondere Sesambein- und Apophysenbildungen sich ergeben.

Wenn auch ursprünglich beiderlei Extremitäten in der gleichartigen Bildung gleiche Bestimmung verrathen, so geht allmählich mit der verschiedengradigen Differenzirung und der verschiedenartigen Verwendung der Theile zu bestimmten aber heterogenen Zwecken die Gleichartigkeit zu Verluste, und dies ist um so mehr der Fall je höher der Grad der Verschiedenheit ist, welche die Theile in ihren physiologischen Verhältnissen aufweisen. Bei den Säugethieren z. B., wo vordere und hintere Extremitäten gleichen Zwecken dienen, verhalten sich die Knochen mehr gleichartig, während immer da, wo, wie z. B. bei den Vögeln, den beiderlei Extremitäten ganz verschiedene Rollen zugetheilt sind, die Gleichartigkeit aufgegeben ist. So sind also die Beurtheilungen der morphologischen Seite der Organisationen in einer Berücksichtigung ihrer physiologischen Beziehungen vorzunehmen.

Dieselben Verhältnisse gelten auch für den übrigen Theil der Extremität, den Carpus, Tarsus, Metacarpus, Metatarsus und die Phalangenreihen der Finger und Zehen.

Für die Vergleichung des Carpus und Tarsus hat schon Vieq d'Azyr ausführliche Mittheilungen gegeben, die ich in Folgendem hier anführe, obgleich nur die Stücke der zweiten Reihe nach Owen's\*) und auch nach meiner Auffassung richtig gedeutet sind.

<b>Carpus.</b>	<b>Tarsus.</b>
Semilunare mit dem Kopfe des Capitatum	= Astragalus.
Pyramidale (triquetrum) mit Pisiforme	= Calcaneus.
Scaphoideum	= Scaphoideum (Naviculare).
Multangulum majus (trapezium)	= Cuneiforme I.
Multangulum minus (trapezoides)	= Cuneiforme II.
Capitatum (os magnum) ohne den Kopf	= Cuneiforme III.
Hamatum (cuneiforme)	= Cuboideum.

\* On the Archetype, p. 167. 190.

Diese vorzugsweise auf die Verhältnisse des menschlichen Carpus und Tarsus gegründete Vergleichung musste wohl Veränderungen erleiden, sobald eine grössere Reihe von Thieren in Betracht gezogen ward. Obgleich Owen noch die Chelonier, ausserdem noch verschiedene Säugethiere für die vergleichende Untersuchung der Hand- und Fusswurzel herbeizog, ergaben sich doch nur unwesentliche Modificationen für die Knochen der ersten Reihe, und Owen's Vergleichung stimmt mit der von Vicq d'Azyr bis auf den einzigen Umstand, dass dieser noch den Kopf des Capitatum dem Semilunare zur Aequivalenz mit dem Astragalus für nöthig erachtete, so dass also das Capitatum ohne den Kopf dem Cuneiforme III. tarsi entsprechen sollte.

Während für die von Vicq d'Azyr zuerst aufgestellte und von Owen vollständig angenommene Vergleichung der Stücke der zweiten Reihe, die im Ganzen die einfachsten Verhältnisse bieten, Nichts eingewendet werden kann, vermag ich den für die übrigen Theile angeführten Anschauungen nicht beizustimmen\*). Da sich mir bei den Amphibien für Carpus und Tarsus ganz übereinstimmende Verhältnisse darboten, so kam, die Richtigkeit der von mir ausgeführten Vergleichung des Amphibiencarpus mit dem der übrigen höheren Wirbelthiere und die gleiche Voraussetzung auch für den Tarsus angenommen, eine Vergleichung zwischen Carpus und Tarsus bei den Amphibien am leichtesten sicheren Anschluss bieten.

An Radius schliesst sich das Radiale an, an Ulna das Ulnare, zwischen beiden liegt das Intermedium. Am Tarsus findet sich an der Tibia das Tibiale, an der Fibula das Fibulare und zwischen beiden wieder ein Intermedium. Wenn der Radius der Tibia homolog ist, so wird das Radiale dem Tibiale, das Ulnare dem Fibulare, und das Intermedium carpi dem Intermedium tarsi homolog sein. Da aber das Radiale der Amphibien in das Scaphoideum carpi der Säugethiere übergeht, das Intermedium carpi in's Lunatum und das Ulnare in's Triquetrum, da

---

\*) Ausser Vicq d'Azyr haben noch Blainville und Blandin besondere Deutungen der Carpus- und Tarsusstücke gegeben, die von den fast allgemein angenommenen des erstgenannten Forschers sehr abweichend sind, die ich aber nur aus einem ausführlichen Citate in der Arbeit von Ch. Martins (*loc. cit.* p. 510) kenne. Blainville vergleicht ohne Angabe näherer Gründe das Scaphoideum des Carpus mit dem Astragalus, und das Lunatum sammt dem Pisiforme mit dem Calcaneus. Blandin lässt nicht minder bizarr das Semilunare und Scaphoideum carpi dem Scaphoideum tarsi entsprechen, das Pyramidale (triquetrum) aber dem Astragalus, da nach seiner Meinung die Tibia der Ulna entspricht. Ich glaube nicht, dass es nöthig ist, auf eine Kritik dieser Meinungen einzugehen. — Eine neuere Arbeit von Pöltz: Homologie des membres périeurs et thoraciques de l'homme, habe ich mir nicht zugänglich machen können.

ferner das Tibiale mit dem Intermedium tarsi zum Astragalus der Säugethiere wird, so entsprechen dem letzteren im Carpus zwei Knochenstücke, nämlich das Scaphoideum und Lunatum, und ebenso wird der Calcaneus dem Triquetrum homolog sein.

Die drei primordiales Stücke der ersten Reihe umgeben von oben her das Centrale, welches von unten von den Stücken der zweiten Reihe umschlossen wird. Wenn nun Centrale carpi und tarsi homolog sind, so wird das aus dem Centrale der Amphibien hervorgegangene inmitten des Carpus bei Nagethieren und Affen sich findende Stück, welches kein bloß vom Scaphoideum abgelöstes Stück ist, wie Owen glaubte, dem Naviculare des Tarsus entsprechen müssen.

Was das Pisiforme angeht, so ist bereits oben ausführlich erklärt worden, dass wir in ihm kein typisches Carpusstück, sondern nur ein accessorisches zu suchen haben, so dass es nicht befremdend ist, wenn es im Tarsus des Homologen entbehrt. Dass es demgemäss nicht mit dem Calcaneus in Zusammenhang gebracht werden kann, wie nach Vicq d'Azyr noch Owen wollte, indem er es als das Tuber calcanei („fulcral part of Calcaneum“) repräsentirend betrachtet, ist nicht weiter nothwendig zu begründen, um so mehr als das schon aus dem niemals in jener Weise aus zwei wirklich gesonderten Stücken bestehenden Calcaneus hervorgeht, und man bei den Reptilien (Crocodilen) schon die erste Entwicklung eines Fersenbeinfortsatzes beobachtet.

In folgender Uebersicht gebe ich die Vergleichung der Theile des Carpus und Tarsus, wie sie sich als Resultat meiner Untersuchungen herausstellt.

<b>Carpus</b>		<b>Tarsus</b>	
in primitiver Form	=	in umgebildeter Form	
Radiale	=	Scaphoideum (Naviculare)	= Tibiale
Intermedium	=	Lunatum (Semilunare)	= Intermedium
Ulnare	=	Triquetrum (Pyramidale)	= Fibulare
Centrale	=	Centrale (bei Nagern, Insectivoren u. Affen)	= Centrale
Carpale <sup>1</sup>	=	Multangulum majus (Trapezium)	= Tarsale <sup>1</sup>
Carpale <sup>2</sup>	=	Multangulum minus (Trapezoides)	= Tarsale <sup>2</sup>
Carpale <sup>3</sup>	=	Capitulum (Os magnum)	= Tarsale <sup>3</sup>
Carpale <sup>4</sup>	}	Hamatum (Uncinatum)	} Tarsale <sup>4</sup>
Carpale <sup>5</sup>			

Die Uebereinstimmung, welche beiderlei Extremitäten in ihren niederen Zuständen aufweisen, geht somit auch für die schwieriger mit einander vergleichbaren Abschnitte der Hand- und Fusswurzel in den höheren Ausbildungsstufen nicht ver-

loren, und es kann die Homologie der einzelnen Stücke überall da nachgewiesen werden, wo nicht eine selbst in der Anlage schon ausgedrückte Rückbildung einzelne Theile des Carpus oder Tarsus zu einem Aufgeben der Selbständigkeit oder zu gänzlichen Verschwinden führt. Durch die letzteren Erscheinungen entstehen eigenthümliche, für grössere wie für kleinere Wirbelhierabtheilungen charakteristische Zustände, die an beiderlei Extremitäten da mehr oder minder gleichartig sind, wo die Extremitäten gleichen Zwecken dienen, ungleichartig, wo die Beziehungen der Extremitäten zum Organismus verschiedenartig erscheinen, welche Zustände aber sämmtlich aus einer einfacheren, bei den Amphibien gegebenen, oder jedenfalls da zuerst deutlicher erkennbaren, an Vorder- und Hinterextremität gleichen Form der Bildung hervorgehen.



# Erklärung der Abbildungen.

## Erste Tafel.

### Carpus der Amphibien.

- Fig. 1. Vorderarm und Hand einer neugeborenen Larve von *Salamandra maculosa*.  
Fig. 2. Carpus einer erwachsenen *Salamandra maculosa*.  
Fig. 3. „ von *Siredon*.  
Fig. 4. „ „ *Menobanchus*.  
Fig. 5. „ „ *Proteus*.  
Fig. 6. „ „ *Menopoma*.  
Fig. 7. „ der Larve von *Triton punctatus*.  
Fig. 8. „ von *Bombinator* (junges Individuum).  
Fig. 9. „ „ *Rana temporaria* (junges Individuum, Carpusstücke noch vollkommen knorpelig).  
Fig. 10. „ „ *Phryniscus cruciger*.  
Fig. 11. „ „ *Bufo vulgaris*. (Nach dem trockenen Skelete eines sehr grossen Exemplares).

Für sämtliche Figuren gültige Bezeichnung:

- R* Radius.  
*U* Ulna.  
*u* Ulnare, *ui* Intermedio-ulnare.  
*i* Intermedium.  
*r* Radiale.  
*c* Centrale.  
1 erstes }  
2 zweites } Carpale der zweiten Reihe.  
3 drittes }  
4 viertes }  
5 fünftes }  
I, II, III, IV, V, Metacarpalia.

## Zweite Tafel.

### Carpus der Schildkröten und Eidechsen.

- Fig. 1. Hand von *Chelydra serpentina*.  
Fig. 2. Carpus von *Chelonia cabuana*.  
Fig. 3. „ „ *Emys europaea*.

- Fig. 4 Carpus von *Lacerta agilis*  
 Fig. 5. „ „ *Lygosoma*  
 Fig. 6. „ „ *Draco viridis*.  
 Fig. 7. „ „ *Zonurus griseus*.  
 Fig. 8. „ „ *Seps chalcides*.  
 Fig. 9. „ „ *Iguana*  
 Fig. 10. „ „ *Phyllodactylus Lesueri*.  
 Fig. 11 „ „ *Platydactylus*

Für sämtliche Figuren gültige Bezeichnung:

- R* Radius.  
*U* Ulna.  
*r* Radiale.  
*i* Intermedium.  
*u* Ulnare.  
*c* Centrale.  
 1 erstes }  
 2 zweites }  
 3 drittes } Carpale der zweiten Reihe.  
 4 viertes }  
 5 fünftes }  
*s* Sesambein (Accessorium.)  
 I, II, III, IV, V Metacarpalia.

### Dritte Tafel.

#### Carpus der Crocodile, Vögel und Säugethiere.

- Fig. 1 *A.* Rechte Hand von *Alligator lucius* (natürliche Grösse).  
 Fig. 1. *B.* Durchschnitt durch den Carpus derselben (Schema).  
 Fig. 2. Rechte Hand mit Vorderarm von *Crocodilus niloticus*.

Bezeichnung für beide Figuren.

- U* Ulna  
*R* Radius.  
*u* Ulnare.  
*r* Radiale.  
*s* Accessorium (Pisiforme)  
*c* Centrale.  
*x* Carpale der zweiten Reihe (*c*<sup>1. 2</sup>)  
*ca* Carpale der zweiten Reihe (*c*<sup>3. 4. 5</sup>).  
 I, II, III, IV, V Metacarpalia.  
 1, 2, 3, 4 Fingerglieder.

- Fig. 3. Schema des Handskelets eines Vogels (Nach einem Hühnerembryo). Bezeichnung wie vorhin.  
 Fig. 4. Carpus eines Fötus von *Lepus cuniculus*. Durchschnitt  
 Fig. 5. „ von *Hydrochoerus capybara* Nat. Gr.  
 Fig. 6. „ „ *Talpa europaea*.  
 Fig. 7. „ eines Fötus von *Rhinolophus*.

Bezeichnung für Figg. 4-7

- R* Radius.  
*U* Ulna.  
*r* Scaphoideum

- i* Lunatum.  
*u* Triquetrum.  
*c* Centrale.  
 1 Multangulum majus (Trapezium).  
 2 „ minus (Trapezoides).  
 3 Capitatum.  
 4, 5 Hamatum (Unciforme).  
*s* Pisiforme.  
*f* Falcatum.  
 I, II, III, IV, V Metacarpalia.

### Vierte Tafel.

#### Tarsus der Amphibien.

- Fig. 1. Fussskelet von Proteus.  
 Fig. 2. „ „ einer Larve von Salamandra maculosa.  
 Fig. 3. Tarsus eines erwachsenen Erdsalamanders.  
 Fig. 4. „ „ von Triton.  
 Fig. 5. Fuss von Menobranchus.  
 Fig. 6. „ „ Menopoma.  
 Fig. 7. Tarsus von Siredon.  
 Fig. 8. Durchschnitt des Tarsus von Pelobates fuscus.  
 Fig. 9. „ „ „ „ Hyla palmata.  
 Fig. 10. Tarsus von Rana esculenta.  
 Fig. 11. „ „ Bombinator igneus.  
 Fig. 12. „ „ Bufo biporcatus.  
 Fig. 13. Verbindung des dritten Tarsale der zweiten Reihe mit dem Metatarsale V, bei Bufo biporcatus. Durchschnitt.

Für sämtliche Figuren gültige Bezeichnung:

- T* Tibia.  
*F* Fibula.  
*A* Astragalus (Tibiale) } der Amphibia anura.  
*C* Calcaneus (Fibulare) }  
*t* Tibiale.  
*f* Fibulare.  
*c* Centrale.  
*ta* Tarsale der zweiten Reihe (Fig. 1).  
 1 erstes }  
 2 zweites } Tarsale der zweiten Reihe.  
 3 drittes }  
 4 viertes }  
 5 fünftes }  
*a, a'* accessorische Skeletstücke.  
 I, II, III, IV, V Metatarsalia.

**Fünfte Tafel.****Tarsus der Reptilien.**

- Fig. 1. *Chelydra serpentina* von der Plantarfläche gesehen.  
 Fig. 2. *Chelonia cabuana*.  
 Fig. 3. *Emys europaea*  
 Fig. 4. *Lacerta muralis*, juv.  
 Fig. 5. „ *agilis*. Flächenschnitt.  
 Fig. 6. *Iguana*, juv. Flächenschnitt. Im grossen Tarsusstücke, welches die erste Reihe vorstellt sind 2 Ossificationen eine kleine dem Fibulare entsprechende, und eine grössere dem Astragalo-Scaphoideum entsprechende zu bemerken.  
 Fig. 7. *Phyllodactylus Lesueri*.  
 Fig. 8. *Hemidactylus*, juv. Tarsus zum grössten Theile noch knorpelig, nur im grossen oberen Stücke zwei Ossificationskerne.  
 Fig. 9. *Alligator lucius*.

Für alle Figuren gültige Bezeichnung:

- T* Tibia.  
*F* Fibula.  
*J* Fibulare (Calcaneus)  
*A* Astragalus (Intermedio-tibiale).  
*c* Centrale (Scaphoideum).  
*C* Cuboideum (Tarsale <sup>4</sup> u. <sup>5</sup> der zweiten Reihe).  
 1 erstes }  
 2 zweites } Tarsale (Cuneiforme) der zweiten Reihe.  
 3 drittes }  
 I, II, III, IV, V Metatarsalia.  
*P* Phalangenstück.

**Sechste Tafel.****Fussskelet der Vögel.**

- Fig. 1. Rechte hintere Extremität eines Hühnchen vom 5. Brütstage. Die Knorpel der Ober- und Unterschenkelknochen sind angelegt. Tarsus noch nicht deutlich unterscheidbar; vom Metatarsus erst zwei Stücke erkennbar. Noch keine Phalangen.  
 Fig. 2. Rechte hintere Extremität eines Hühnchen vom 7. Brütstage. Femur, Tibia und Fibula deutlich. An den Knorpelanlagen der beiden erstgenannten Knochen sind ringförmige Ossificationen aufgetreten. Der Tarsus lässt eine obere und eine untere Abtheilung erkennen. Drei Metatarsalia. Von den Phalangen ist die erste Reihe deutlich. (Die Anlage der Innenzehe ist nicht gut wiedergegeben.)  
 Fig. 3. Rechte hintere Extremität eines Hühnchen vom 9. Brütstage. Vom Femur nur das untere Ende dargestellt. Fibula reicht noch bis zum Tarsus. Oberes und unteres Tarsusstück vollständig differenzirt. Alle vier Metatarsalia angelegt. Phalangenstücke der Zehen noch unvollständig.  
 Fig. 4. Frontaler Durchschnitt durch das Tarso-tibiale und Tarso-metatarsale eines jungen Huhnes. Tibia und Metatarsus knöchern, Tarsus knorpelig, im oberen Stücke zwei Knochenkerne, im unteren einer. Natürliche Grösse.

Fig. 5. Unteres Ende des Tarso-tibiale und Tarso-metatarsale einer jungen Taube. Linke Extremität. Ansicht von vorn. 1. Halteband für die Sehne der Extensoren. I. II. III. IV. Metatarsalia. Doppelte Grösse.

Fig. 6. Ansicht desselben Stückes von der hinteru Fläche.

Fig. 7. Frontaler Durchschnitt durch dasselbe Stück.

Für Figg. 1—7: gleiche Bezeichnung.

<i>f</i>	Femur.
<i>t</i>	Tibia.
<i>p</i>	Fibula.
<i>ta</i>	Tarsus.
<i>s</i>	oberes Tarsusstück.
<i>i</i>	unteres Tarsusstück.
<i>m</i>	Metatarsus.
<i>ph</i>	Zehen.

Fig. 8. Querschnitt durch den Metatarsus eines jungen Gänsehens. Die drei Metatarsalia sind noch völlig deutlich gesondert. Jedes besteht aus einem inneren Kuorpelstücke (der primordialen Aulage) *k*, und einer corticalen Knochenschichte mit vielen grösseren und kleineren Markeanälen. Solche Markeanäle sind auch in den Knorpel eingedrungen (*m*) und werden vom letzteren durch eine dünne Knochenlamelle (*o*) abgegrenzt.

Druck von Bär & Hermann in Leipzig.

Fig. 4.

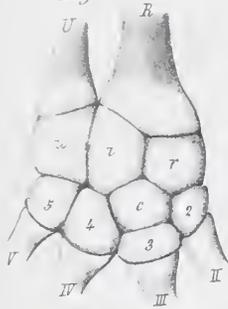


Fig. 1.

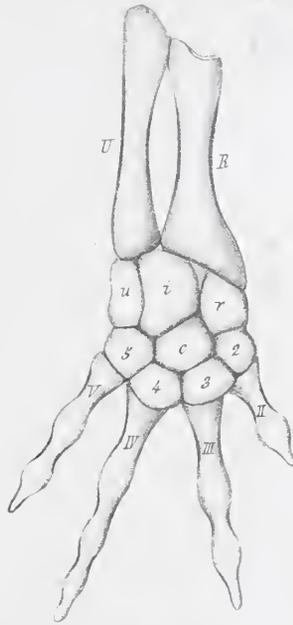


Fig. 6.

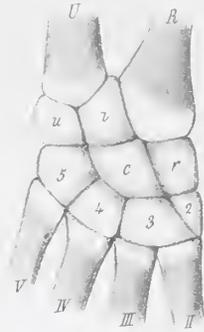


Fig. 7.

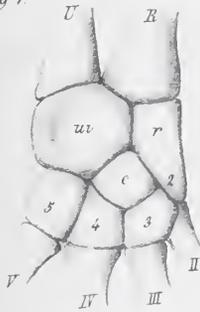


Fig. 3.

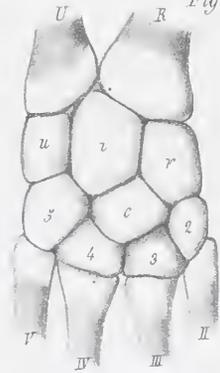


Fig. 9.

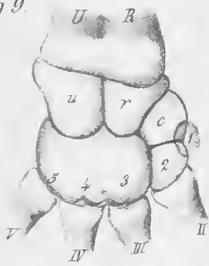


Fig. 2.

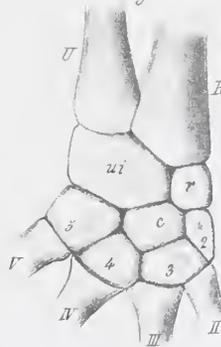


Fig. 10.

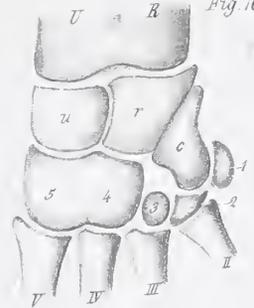


Fig. 8.

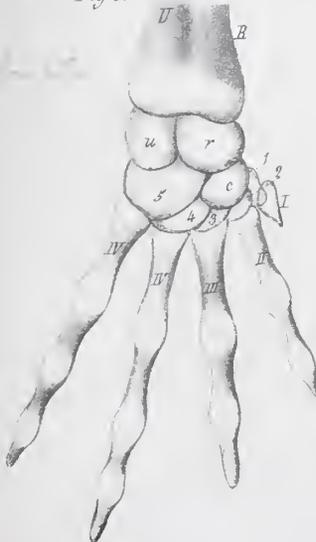


Fig. 5.

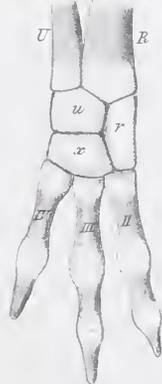


Fig. 11.

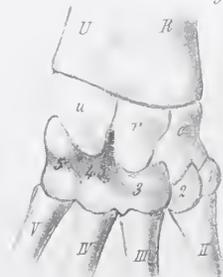




Fig. 2



Fig. 1



Fig. 3.

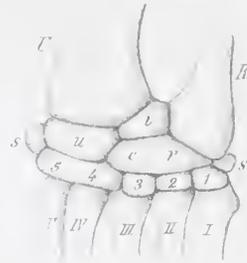


Fig. 6.

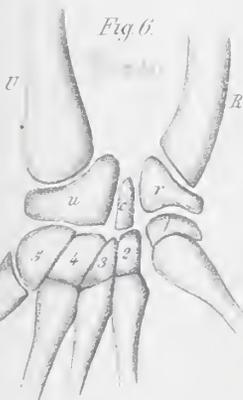


Fig. 5.

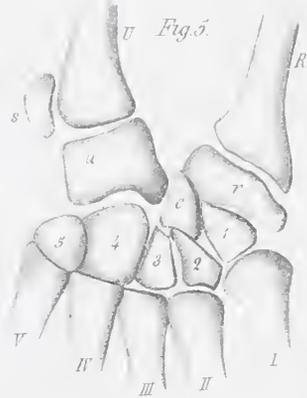


Fig. 4.

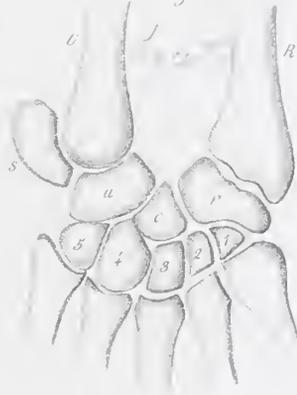


Fig. 7.

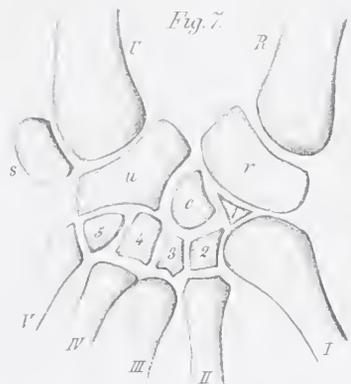


Fig. 8.

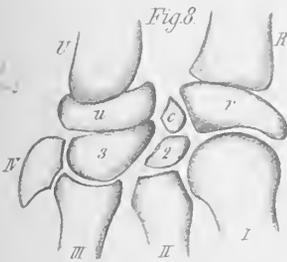


Fig. 9.

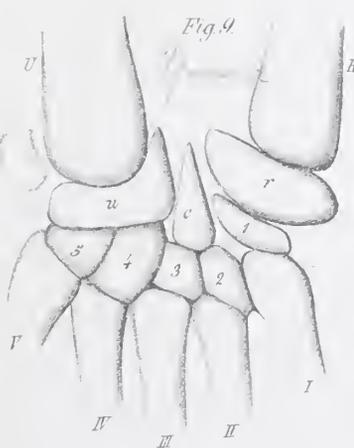


Fig. 10.

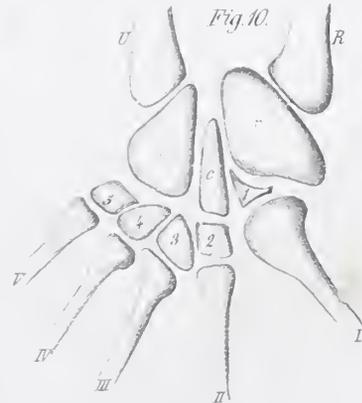


Fig. 11.

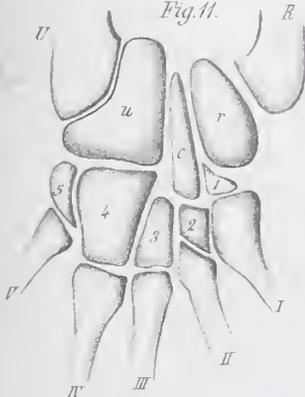




Fig. 1A

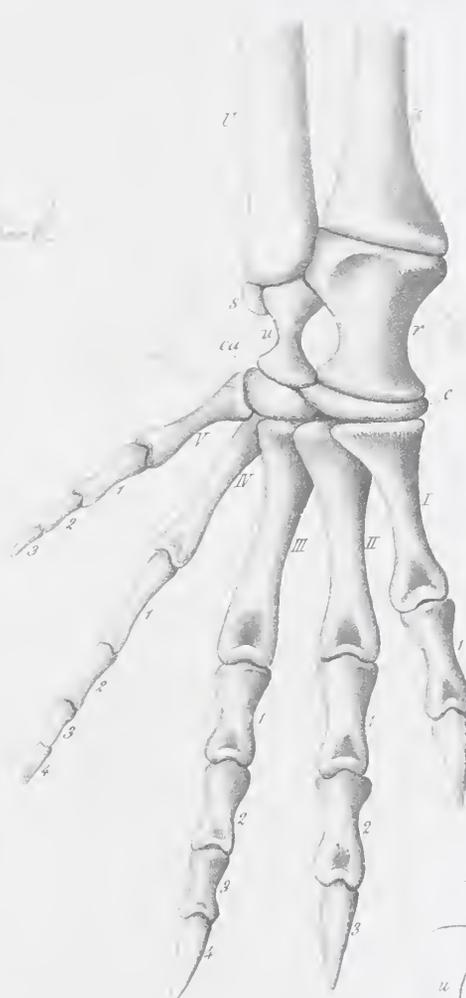


Fig. 5

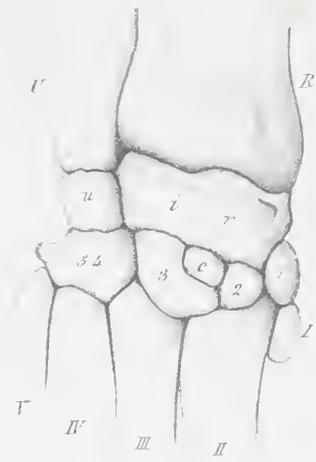


Fig. 4

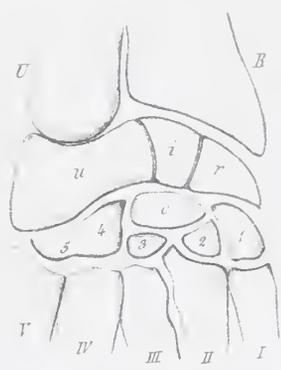


Fig. 1B

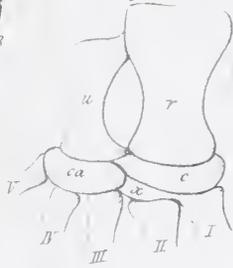


Fig. 6

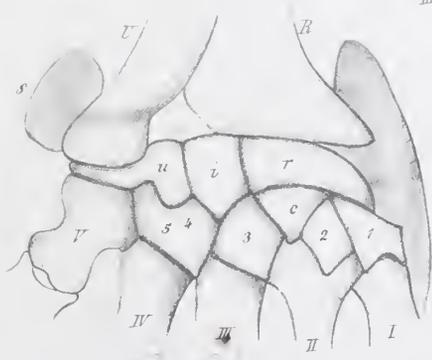


Fig. 7

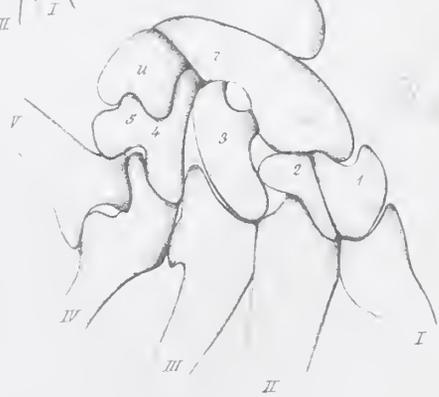


Fig. 3

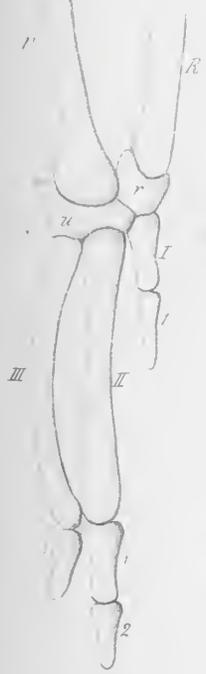


Fig. 2

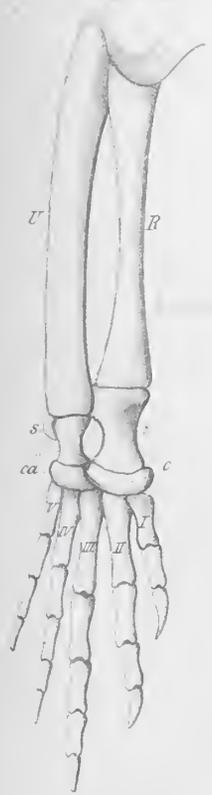








Fig. 1.

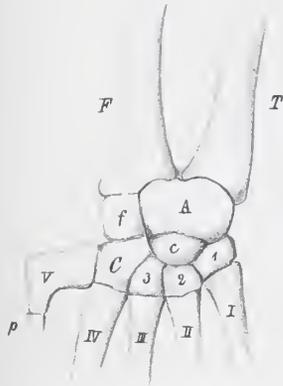


Fig. 2.

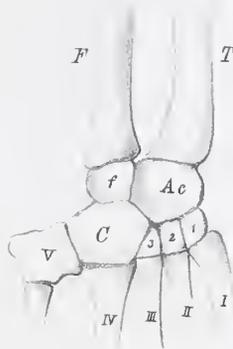


Fig. 3.

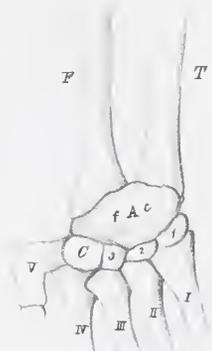


Fig. 4.

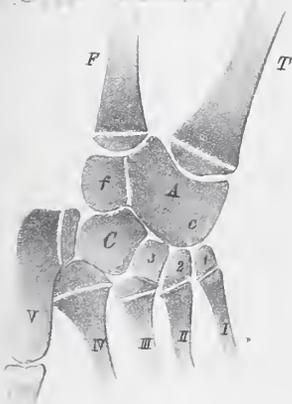


Fig. 5.

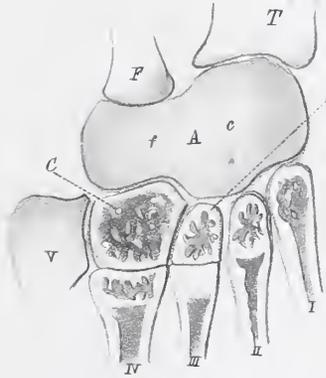


Fig. 6.

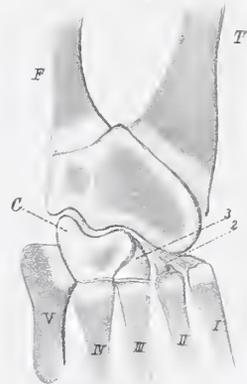


Fig. 9.

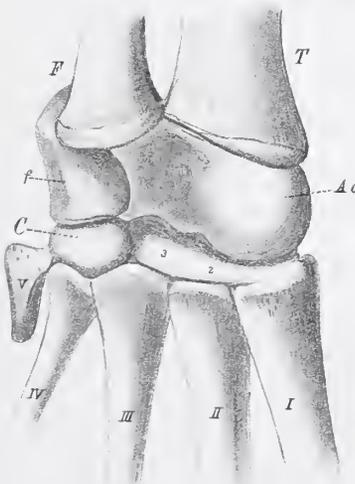


Fig. 7.

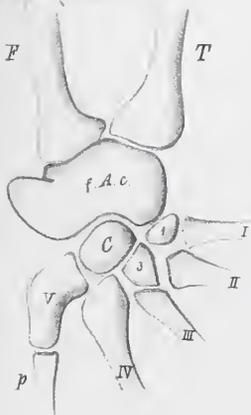


Fig. 8.

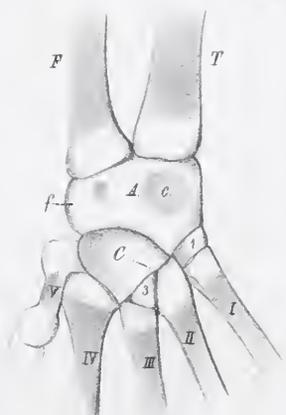




Fig. 1.



Fig. 3.

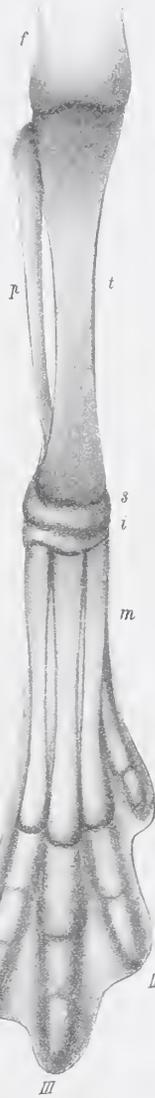


Fig. 2.



Fig. 4.



Fig. 1.



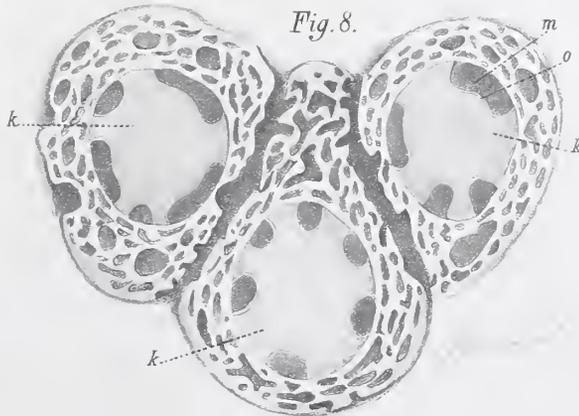
Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 8.





UNTERSUCHUNGEN  
ZUR  
VERGLEICHENDEN ANATOMIE  
DER  
WIRBELTHIERE

VON  
**Dr. CARL GEGENBAUR**

PROFESSOR DER ANATOMIE IN JENA.

---

ZWEITES HEFT.

1. SCHULTERGÜRTEL DER WIRBELTHIERE.
  2. BRUSTFLOSSE DER FISCHE.
- 

MIT NEUN TAFELN.

---

LEIPZIG,  
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.  
1865.



## V o r w o r t.

---

Im Anschluss an die im ersten Hefte dieser „Untersuchungen“ erschienene Abhandlung über den Carpus und Tarsus veröffentliche ich hiemit zwei in demselben Sinne ausgeführte Arbeiten, wovon die erste den Schultergürtel der Wirbelthiere zum Gegenstande hat.

Lagen auch für diesen Theil des Skeletes in vielen Abhandlungen reiche Untersuchungen bereits vor, so waren diese doch nur auf einzelne, oder auf einige Classen ausgedehnt, und ich hatte auch hier die Vergünstigung, durch erweiterte Umschau neue Gesichtspuncte zu gewinnen. Die diesen zu Grunde liegenden anatomischen Thatsachen habe ich möglichst vollständig mitgetheilt. Die bezüglich des Schultergürtels vordem weniger genau untersuchten Fische lieferten naturgemäss das reichere Material. In mancher Hinsicht floss daraus auch das Verständniss des Befundes bei den höheren Abtheilungen. Selachier und Ganoïden waren dabei von besonderer Wichtigkeit. Dass aber selbst noch am Skelete der Säugethiere Funde sich boten, mag aus dem, was ich über die Episternalgebilde mitgetheilt, hervorgehen. Wo es sich um den Versuch handelte, den Widerstreit der Meinungen über die Deutung der einzelnen Theile zu schlichten, durfte auch anatomisch längst Bekanntes nicht übergangen werden. Vielleicht gewann dadurch die Arbeit an Abrundung und liefert auch dem mit dem Gegenstande selbst weniger Vertrauten ein anschauliches Bild.

Die zweite Abhandlung betrifft die Brustflosse der Fische. Noch bei Herausgabe des ersten Heftes war es mir unmöglich erschienen, in der Erkenntniss dieses Skelettheiles und in seinem Zusammenhang mit der homologen Extremität der höheren Wirbelthiere einige Einsicht zu gewinnen. Ich hatte deshalb bei jener

Untersuchung die Fische ausgeschlossen. Dass letzteres kein Fehler war, hat sich jetzt bestätigt, nachdem eine ausgedehnte Untersuchung des Brustflossenskelets das früher vermisste Verständniss mir erschlossen hat. Es kann nachgewiesen werden, dass die im Extremitätenbau zwischen Fischen und höheren Wirbelthieren angenommene Kluft wirklich vorhanden ist. Aber auch die Verbindung kann gezeigt werden, und es stellt sich so doch ein Zusammenhang heraus. Die Arbeit selbst mag rechtfertigen, dass ich in dem Nachweise dieser Beziehungen von den Anschauungen der Vorgänger weit abgewichen bin.

Bezüglich der den behandelten Gegenstand betreffenden Literatur bemerke ich, dass ich alles mir zu Gebote stehende Brauchbare gewissenhaft zu Rathe gezogen habe. Dabei erwähne ich mit Bedauern, dass ich mir versagen musste, von einigen einschlägigen Werken des Auslandes Einsicht zu nehmen. Ein besonderer Nachtheil dürfte daraus jedoch deshalb nicht entstehen, weil meine Untersuchungen nur in vereinzelten Fällen auf die Angaben Anderer sich stützen.

Einiges von dem für beide Arbeiten untersuchten Materiale ward mir durch die freundliche Gesinnung geehrter Collegen zu Theil, denen ich hiermit meinen Dank abstatte.

Jena, im August 1865.

C. Gegenbaur.

# Inhalt.

## Erster Abschnitt.

	Seite
<b>Vom Schultergürtel der Wirbelthiere</b> . . . . .	1
Säugethiere . . . . .	2
Entwicklung der Clavicula des Menschen . . . . .	5
Episternum . . . . .	17
Vögel . . . . .	24
Reptilien . . . . .	32
Crocodile . . . . .	32
Schildkröten . . . . .	35
Eidechsen . . . . .	40
Enaliosaurier . . . . .	51
Amphibien . . . . .	52
Ungeschwänzte Amphibien . . . . .	52
Geschwänzte Amphibien . . . . .	66
Fische . . . . .	71
Dipnoi . . . . .	72
Selachier . . . . .	77
Vergleichung des Schultergürtels der Selachier mit dem der höheren Wirbel- thiere . . . . .	85
Chimaeren . . . . .	88
Ganoïden und Teleostier (Historisches) . . . . .	89
Ganoïden . . . . .	95
Teleostier . . . . .	114
Erste Form . . . . .	116
Zweite Form . . . . .	120
Dritte Form . . . . .	125
<b>Ergebnisse</b> . . . . .	130

**Zweiter Abschnitt.**

	Seite
<b>Von der Brustflosse der Fische</b> . . . . .	136
Selachier . . . . .	138
Chimaeren . . . . .	145
Dipnoi . . . . .	146
Ganoïden . . . . .	147
Teleostier . . . . .	153
<b>Ergebnisse und Vergleichung</b> . . . . .	160
<b>Erklärung der Abbildungen</b> . . . . .	170

## Erster Abschnitt.

---

### Vom Schultergürtel der Wirbelthiere.

Die Reihe von Skeletgebilden, welche man mit dem Namen des Brust- oder Schultergürtels bezeichnet, zeigt bei aller Gemeinsamkeit in der Lagerung am Rumpfe, wie in den Beziehungen zur vorderen Extremität, so vielgestaltige Modificationen in den einzelnen Abtheilungen der Wirbelthiere, dass es schwer ist, in einander fernerstehenden Abtheilungen das Gleichartige in seinen Wandelungen wiederzuerkennen.

Zum Verständniss des Einzelnen ist auch hier wieder die Kenntniss des Ganzen nöthig. Wie weit die Untersuchung der bei den niederen Wirbelthieren gegebenen Structures für eine präcisere Deutung der bei den höheren vorhandenen wirksam war, wird im Verfolge dieser Abhandlung hervorgehen.

Durch Untersuchung der episternalen Skelettheile bei den Säugethieren war die Ueberzeugung gewonnen worden, dass im Schultergürtel morphologisch sehr ungleichwerthige Theile in Verwendung kommen. Dass die beiden den Schultergürtel ventral abschliessenden Skeletstücke, Clavicula und Coracoïd, nur in ihren allgemeinsten Lagerungsbeziehungen die in der üblich gewordenen Bezeichnung: vorderes und hinteres Schlüsselbein. ausgedrückte Auffassung zulassen, war klar geworden.

Die Verschiedenheit beider Theile begründete sich zunächst auf die Beziehungen zum Sternum. Während das Coracoïd, wo es vorhanden, sich regelmässig dem Sternum anfügt, zeigt sich die Clavicula mit letzterem niemals in unmittelbarer Verbindung, sondern beständig durch episternale Skelettheile davon getrennt. Da nun das Episternum, nach den bei Reptilien bekannten Thatsachen, nicht einfach einen Theil des Sternum vorstellt, so ist die ventrale Verbindung der Clavicula von anderem Werthe als jene des Coracoïd. Dazu kommt noch die Eigenthümlichkeit der Entwicklung der Clavicula, wodurch höhere und niedere Wirbelthiere weit auseinanderzugehen scheinen.

So stellte sich denn die Aufgabe zur Erforschung der allen Wirbelthieren gemeinsamen Theile des Schultergürtels, der Veränderungen dieser Theile, durch welche die Verschiedenheiten der Gesamteinrichtung hervorgehen, und endlich die Bedingungen, an welche jene Veränderungen sich knüpfen.

Ich lasse die Säugethiere vorangehen, weil es mir nöthig erschien, die aus der Anatomie des Menschen entnommenen Bezeichnungen, welche in den unteren Classen sehr schwankend, ja geradezu willkürlich verwendet werden, vorerst festzustellen.

## Säugethiere.

Die Verschiedenheit der zwei, jederzeit den Schultergürtel zusammensetzenden Theile zeigt sich hier in deutlicher Weise, sowohl in den Beziehungen zum Brustbein, als in Beziehung zur Verbindung mit der vorderen Extremität. — Der Humerus articulirt nur mit dem einen dieser Theile, der von der Articulationsstelle aus in ein dorsales und ein ventrales Stück sich scheidet, in Scapula und Coracoïd. Der zweite Theil des Schultergürtels ist die Clavicula, der ihr medianes Verbindungsstück, das Episternum, beigezählt werden kann. Der erste Theil charakterisirt sich durch seine knorpelige Anlage, die längere Zeit fortbesteht, und von der Reste noch vorkommen, wenn durch Verschmelzung des Coracoïd mit der Scapula ein einziges Knochenstück gebildet ist. Solche Reste erhalten sich bei Wiederkäuern als knorpelige, häufig verkalkende Platten und Leisten am dorsalen Rande (Basis) der Scapula. Vorübergehend finden sie sich bei anderen Säugethieren, auch beim Menschen, wo sie gleichfalls zuerst verkalken und dann in die übrige ossifizierte Scapula aufgenommen werden. Man hat diesen Theil als Suprascapulare unterschieden.

Während der dorsale Abschnitt dieses den Humerus tragenden Theiles als Scapula bei allen Säugethieren vorhanden ist, zeigt sich das Coracoïd nur bei den Monotremen in grösserer Entwicklung, indem es das Sternum erreicht. Scapula und Coracoïd betheiligen sich gleichmässig an der Bildung des Schultergelenkes, und sind hier durch Knorpel mit einander vereinigt, bis eine Verwachsung beider Theile erfolgt.

Das Coracoïd zerfällt in zwei Abschnitte: einen hinteren, der dorsal die Pfanne des Schultergelenks bilden hilft, und ventral mit einer Knochne auf dem Manubrium sterni articulirt (Taf. II. Fig. 1. 2. co.), und einen vorderen, der dem vorderen Rande des vorerwähnten Stückes durch ein Gelenk verbunden ist, und keine Beziehungen zum Sternum besitzt, sondern wie bei *Ornithorhynchus* hinter dem Episternum mit dem der andern Seite sich kreuzt.

Dass dieser vordere Theil des Coracoïd wirklich dem Coracoïd angehört, ist gegen Geoffroy St. Hilaire\*), der es als Episternum ansah, durch Meckel\*\*) und Cuvier\*\*\*) nachgewiesen. Ersterer hat es „Clavicula coracoïdea anterior“, letzterer „Epicoracoïd“ benannt. (Taf. II. Fig. 1. 2. cc.)

Bei den übrigen Säugethieren schwindet der dem Epicoracoïd entsprechende Abschnitt vollständig, und es erreicht auch das andere Stück nicht mehr das Brustbein, dagegen bleibt es als ein Fortsatz an der Scapula fortbestehen, und zeigt sehr verschiedene Grade der Ausbildung. Immer verknöchert auch der Processus coracoïdes mit einem besonderen Knochenkerne, der selbst vorhanden ist, wo der Fortsatz unansehnlich erscheint†). Mit seiner Bedeutung als ventrales Schlussstück des Schultergürtels verliert das Coracoïd allmählich seine Beziehungen zum Schultergelenke, und letzteres wird dann zum bei weitem grössten Theile auf die Scapula verlegt, wie es bei den Affen und dem Menschen der Fall ist. Zwischen diesem Zustande und jenem, wo es, wie bei Bradypus, noch einen ansehnlichen Theil der Gelenkgrube bildet, finden sich alle Uebergänge vor.

Ausser dem mit der Scapula als Processus coracoïdes verbundenen Coracoïdrest kommt bei einigen Säugethieren (Mus, Sorex) noch ein mit dem Manubrium sterni verbundenes paariges Knorpelstück vor, welches ich als Sternalrudiment des Coracoïd gedeutet habe††). Es wäre also hier nur das Mittelstück verschwunden, während die Enden mit anderen Skelettheilen in Verbindung bleiben.

Von den Eigenthümlichkeiten der Säugethier-Scapula ist die Bildung des Acromion hervorzuheben. Bei den Monotremen erscheint das Acromion als das Vorderende eines nach aussen gebogenen Fortsatzes (Taf. II. Fig. 1. 2. sp.) des Vorderendes der Scapula, welcher somit der Spina scapulae der übrigen Säugethiere entsprechen muss. Es fehlt aber den Monotremen die Fossa supraspinata, da der Scapula eine die mediane Wand jener Grube bildende Fortsetzung der Platte abgeht. Darin finden sich die Anknüpfungspuncte mit dem Schulterblatt der Vögel gegeben. Die Ansbildung des Acromion ist eine mannichfaltige. Ein besonderer Knochenkern scheint ihm bei den Monotremen abzugehen: wenigstens vermis-

\*) Philosophie anatomique. Paris, 1818. S. 114.

\*\*) Ornithorhynchi paradoxi descript. anatomica. Lips. 1826. S. 14.

\*\*\*) Leçons d'anatomie comparée, sec. édit. I. S. 356.

†) Ueber die verschiedenartige Entwicklung gibt Meckel (System der vergl. Anat. II. II. Leipz. 1825. S. 337. ff.) nähere Mittheilungen.

††) Jenaische Zeitschr. für Med. u. Naturwiss. I. S. 192. — Die Erscheinung, dass ein Skeletstück sich durch Schwinden seines mittleren Theiles in zwei trennt, die dann weit auseinander liegen können, ist nicht vereinzelt. Wir kennen sie z. B. an der Fibula der Kamele. (Vergl. Meckel, System der vergl. Anat. I. II. S. 445.)

ieh einen solehen bei einem jungen Exemplare von *Ornithorhynchus*, wo das *Aeromion* von der *Scapula* selbst aus ossificirt ist. Ebenso verhält sich *Echidna*. Dagegen ossificirt es bei anderen Säugethieren von einem eigenen Kerne aus, und stellt so ein erst später mit der *Scapula* zusammenfließendes, anscheinend selbständiges Knochenstück vor\*).

Die Einrichtung eines *Aeromion* steht mit dem Schlüsselbein im Zusammenhang, in soferne sie die Verbindungsstelle für jenes bietet.

Wenn auch *Coracoïd* und *Scapula*, und an ersterem wieder *Epicoracoïd* wie am letzteren *Aeromion*, als besondere Knoentheile erscheinen, die bald mehr, bald minder selbständig sich darstellen, so gehen sie doch alle aus einer continuirlichen Knorpelanlage hervor, und geben auch durch ihre Verbindung zu Einem Stücke ihre Zusammengehörigkeit zu erkennen. Man hat es hiebei vielmehr mit einem einzigen Skeletstücke zu thun, das durch die an verschiedenen Orten der Knorpelanlage auftretende Verknöcherung in mehrere Theile zerlegt wird.

Der in viele Kategorien zerfallende Begriff des Individuums lässt in diesem Falle sofort dreierlei Abstufungen erkennen, indem die Gesamtanlage des Schulterstückes mit anderen in der Knorpelanlage von benachbarten Skelettheilen abgegrenzten Stücken in eine Reihe tritt. Eine zweite unter der letztern stehende Reihe wird durch die Ossificationen gebildet. Eine Verknöcherung im dorsalen Abschnitte lässt die *Scapula*, eine im ventralen das *Coracoïd* hervorgehen; so erhalten wir zwei Knochen als Individuen einer zweiten Reihe. Wenn im ventralen Abschnitte des Schulterstückes zwei Verknöcherungspunkte auftreten, so können diese, wie bei den *Monotremen*, zwei Knochen, *Coracoïd* und *Epicoracoïd*, hervorgehen lassen, die zusammen dem einheitlichen *Coracoïd*, der *Sarıer* z. B. entsprechen. Dadurch entsteht eine dritte Reihe, die der zweiten ebenso untergeordnet ist, wie diese der ersten\*\*).

Man kann daher den ganzen aus discreten Knochenkernen hervorgehenden Complex als ein einziges Skeletstück ansehen, an dem auch die wechselnde Be-

\*) Von *Dasypus* hat *Cuvier* angegeben, dass bei einem jungen Exemplare das *Aeromion* als besonderes Knochenstück sich fände. Ich sehe dieses Stück noch bei Exemplaren (*D. setosus*), bei denen überall die Epiphysenverschmelzung bereits vollständig vor sich gegangen ist, noch von der *Spina scapulae* getrennt.

\*\*\*) Die Würdigung dieser Verhältnisse, welche uns den individuellen Werth der Skelettheile erschliesst, und damit Anhaltspunkte für die Vergleichung bietet, aber auch auf der anderen Seite das Flüssige in der Zusammensetzung des Skelets in bestimmterem Ausdruck erscheinen lässt, ist bis jetzt fast gänzlich vernachlässigt. *Owen* ist meines Wissens der einzige Anatom, der dieses Thema eingehender behandelt hat. (*On the Archetype and Homologies of the vertebrate Skeleton*, London, 1848. S. 103.)

ziehung des Schultergelenkes die untergeordnete Bedeutung der einzelnen Theile erscheinen lässt.

Da aber dieses Skeletstück stets die vordere Extremität trägt, erscheint es mit Hinblick auf letztere als der wichtigste Theil, und kann als primäres Schulterstück von dem andern paarigen Stücke der Clavicula unterschieden werden.

Für die morphologische Bedeutung der Clavicula in ihrem Verhältnisse zu anderen Skelettheilen ist deren Entwicklungsweise von grosser Wichtigkeit, besonders nachdem durch Bruch\*) mitgetheilt worden war, dass dieser Knochen nicht knorpelig praeformirt sei, sondern sofort als Knochen sich bilde. Nach demselben Beobachter trete erst später Knorpel auf. Bei einem menschlichen Fötus aus dem dritten Monate „hatte sie an beiden Enden, am merklichsten am vorderen Ende, eine dünne Knorpellage abgesetzt, worin primordiale Verknöcherung mit grossen strahlenlosen Knochenkörperchen das secundäre Mittelstück ergänzte.“

Ich hatte, gleichfalls nach Untersuchungen an menschlichen Embryen, diese Angabe Bruch's, nach welcher die Clavicula ein secundärer Knochen sei und der Knorpel erst spät auftrete, nicht bestätigen können, musste mich vielmehr aussprechen, dass der Clavicula eine knorpelige Anlage zukomme. Seit meiner ersten Veröffentlichung\*\*) dieser Beobachtung hatte ich den Gegenstand nicht aus dem Auge verloren, vielmehr durch wiederholte Untersuchung mir näher treten lassen. Einiges ist dabei genauer ermittelt worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lasse ich hier folgen.

Der jüngste von mir zur Untersuchung verwendete Embryo hatte eine Länge von 18 Mm. Die aus den umgebenden Theilen herauspräparirte Clavicula stellte sich als ein 3 Mm. langes, in der Mitte dünnes, gegen beide Enden kolbig verdicktes Stück dar, welches unter dem Mikroskope eine dunklere Stelle wahrnehmen liess. Diese lag zwar in der Mitte der Länge des Stückes und zeigte sich nicht verschieden von einem Knochenkerne, wie sie an den Knorpelanlagen der Röhrenknochen auftreten. Auf einem aus der Mitte der Clavicula gefertigten Querschnitt nahm man zu äusserst ein mehrfach geschichtetes Lager von Zellen wahr, die keine Intercellularsubstanz erkennen liessen. Sie bildeten eine periostale Zone, die nach aussen in Bindegewebe übergang, indem man hier längere, deutlich spindelförmig gestaltete Zellen mit Intercellularsubstanz unterschied.

Der von jener Zellschichte umschlossene Theil zeigte ein Maschenwerk von Intercellularsubstanz, in deren Lücken grosse Zellen sich fanden. Die Kerne der Zellen liessen nicht selten Theilungszustände erkennen, das Protoplasma der Zellen

\*) Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. IV. S. 371.

\*\*) Jenaische Zeitschr. für Med. u. Naturwiss. I. S. 7.

war feinkörnig. Die Intercellulärsubstanz war im Verhältniss zur Grösse der von den Zellen eingenommenen Lücken spärlich zu nennen (Vergl. Taf. 1. Fig. 1.) und hatte an den meisten Stellen ein dunkles Ansehen, das durch feine, in ihr abgelagerte Körnchen erzeugt war. Gegen die Peripherie war sie heller, durchscheinend und homogen. Ebendasselbst war die Intercellulärsubstanz häufig ganz scharf abgesetzt zu erkennen, so dass sie da wo die Zellschicht sich etwas abgehoben hatte, eine deutliche Contour zeigte, deren Krümmung dem nächst inneliegenden eine Zelle bergenden Hohlraum entsprach. Die Grenze der Innenwandflächen der zellenhaltigen Hohlräume liess sich überall, da wo die Intercellulärsubstanz dunkle Körnchen eingesprengt zeigte, glatt erkennen, nur in den Stellen, wo eine homogene Intercellulärsubstanz sich fand, war sie uneben, zeigte vorragende Parthien, zwischen denen der Binnenraum in hohle, die Intercellulärsubstanz durchsetzende Canälchen auslief. Einzelne dieser feinsten Canälchen endigten sehr bald blind, andere communizirten mit den benachbarten Hohlräumen, wieder andere waren nur als kurze Ausbuchtungen des Hohlraumes zu unterscheiden (Fig. i. k.). In meiner ersten Untersuchung hatte ich das Vorkommen solcher Hohlräume mit Ansläufern nicht bemerkt; sie waren mir entgangen, da sie nur an einzelnen Stellen des Querschnittes vorkommen.

Gelt man zur Deutung des objectiv vorgeführten Thatbestandes über, so wird man zunächst das gesammte Gewebe bis auf die äusserste, nur aus Zellen bestehende Zone als in die Reihe der Binde-substanzen gehörig erkennen, indem hier Zellen vorliegen, die durch eine Intercellulärsubstanz getrennt sind. Man wird aber die Theile, in welchen die zellenhaltigen Hohlräume Ausläufer besitzen, von jenen, wo letztere fehlen, wieder weiter zu unterscheiden haben. Die um die glattwandigen Hohlräume befindliche Intercellulärsubstanz ist moleculär getrieben und mit grösseren Körnchen versehen, die man als Kalkablagerung ansehen wird. Dieser Theil des Gewebes wird somit verkalktem Knorpel entsprechen: die Zellen in den Hohlräumen können als nichts anderes, denn als Knorpelzellen angesehen werden. Jene anderen Stellen, welche Hohlräume mit Ausläufern zeigen, wird man als Knochengewebe erklären. Die Höhlen stellen Knochenhöhlen mit Ausläufern vor, die in verschiedenen Stadien der Bildung getroffen werden. Da man die Bildung von Knochengewebe nach der Peripherie zu antrifft, nach innen aber vorwiegend den verkalkten Knorpel, so kann nicht behauptet werden, dass das Knochengewebe aus ersterem hervorgegangen, da es ja ebensogut aus der periostalen Zellschicht gebildet sein kann. Untersucht man aber einzelne, von der Peripherie entferntere Hohlräume genauer, so findet man eine Canalisirung der Intercellulärsubstanz von ihnen ausgehend. Zwischen Hohlräumen, welche ganz entschieden glatte und nur undurchbrochene Wandungen besitzen, findet man solche, welche durch Aus-

läufer als Knochenhöhlen sich kennzeichnen. In den Wandungen dieser Räume sind dann keine grösseren Körnchen mehr vorhanden. Da solche Knochenhöhlen zwischen Knorpelhöhlen vorkommen, wird man sie mit Zuversicht aus ersteren ableiten dürfen. Es liegt also hier eine unmittelbare Verknöcherung von Knorpelgewebe vor, von der bereits mehrfache Fälle bekannt sind\*).

Auffallend ist die bedeutende Grösse der Knorpelräume, oder selbst derjenigen Höhlungen, die durch ihre Ausläufer sich als Knochenhöhlen kennzeichnen. Sie übertreffen die späterhin vorhandenen Knochenkörperchen beträchtlich, sowie die Intercellularsubstanzbrücken schmäler erscheinen, als sie später am Knochen sich darstellen. Es werden diese Missverhältnisse durch Anbildung von Intercellularsubstanz an die Innenwand der primären Höhlungen ausgeglichen. Auf einem Querschnitte durch die Mitte der Clavicula eines wenig älteren Embryo bemerke ich nur ganz vereinzelt Höhlungen ohne Ausläufer (Fig. 2. a. a.). Neben grösseren Höhlen finden sich kleinere vor, und an diesen sieht man zugleich den Uebergang zu der bekannten „Sternform“ der Knochenkörperchen. An concentrischen Streifungen der die Höhle zunächst umgebenden Intercellularsubstanz erkennt man eine hier stattgefundene Ablagerung. Bei längerer Behandlung mit verdünnter Salzsäure treten diese Verdickungsschichten, wie man die von Streifungen begrenzten Lagen von Knochensubstanz bezeichnen kann, deutlicher hervor. Da wo Ausläufer vom Hohlräume abgehen, sind die Verdickungsschichten unterbrochen. Die Umwandlung von Knorpel in Knochengewebe ist in diesem Objecte weiter vor sich gegangen, als im vorhin aufgeführten, da die Ablagerung von Körnchen in die Intercellularsubstanz verschwunden ist und nur auf Querschnitten, die von der Mitte etwas entfernt sind, sich vorfindet. Es ist mir wahrscheinlich, dass Bruch ein solches Stadium vor sich gehabt hat, als er die Entwicklung der Clavicula ohne Betheligung von Knorpel aufstellte.

Wenn man auch die Beziehung der Entwicklung des mittelsten Theiles der Clavicula zu Knorpelgewebe durch Nichtbeachtung des vorhergehenden Zustandes nicht anerkennen will, so wird man durch die Untersuchung der an den mittelsten Abschnitt sich anschliessenden Theile der Gesamtanlage unbedingt auf Knorpel gewiesen. Auf Querschnitten, die ein Drittheil der Gesamtlänge der Schlüsselbeinanlage von der Mitte entfernt angefertigt waren, finde ich Zellen in einer homogenen Intercellularsubstanz. In Fig. 3 habe ich ein Segment eines solchen Querschnittes der Clavicula des ersterwähnten Embryo abgebildet. Die Zellen liegen unregelmässig zerstreut, und besitzen mannichfaltige Formen, die zu beschreiben

---

\*) Dass ich damit die von Lieberkühn vertretene Auffassung der Knorpelverknöcherung zu meinen weit entfernt bin, sei hier ausdrücklich bemerkt.

die Abbildung mich überhebt. Nach der Peripherie lagern die Zellen dichter, und gehen endlich in eine Zelllage über, in der keine Intercellulärsubstanz sichtbar ist (Fig. 3. p. p.). Theilungszustände sind mehrfach zu beobachten. Die Intercellulärsubstanz zeigt nur einzelne feine Molekel, ist sonst ganz gleichartig, und setzt sich überall scharf von den Zellen ab, die in ihren Höhlungen liegen. Da die letzteren meist nicht vollkommen von den Zellen ausgefüllt werden, sieht man die Wandung der Höhlungen im Durchschnittsbilde deutlich contourirt.

Bei dem Vorhandensein von Intercellulärsubstanz wird man das vorliegende Gewebe der Binde-substanzreihe einordnen müssen. Die Annahme dass es Bindegewebe sei, wird durch die Beschaffenheit der Zellen und der Intercellulärsubstanz ausgeschlossen, und die fernere Annahme, dass eine indifferentere Form, embryonales Bindegewebe, gegeben sein könnte, wird durch die weitere Bestimmung des Gewebes selbst widerlegt. Wenn wir nämlich jenen indifferenteren Zustand des Bindegewebes, in welchem es aus Intercellulärsubstanz und darin eingelagerten Zellen besteht, nur dadurch vom Knorpel (und in Anbetracht der weichen Beschaffenheit der Intercellulärsubstanz vom jungen Knorpel) zu unterscheiden vermögen, dass die Intercellulärsubstanz mit grösserer oder geringerer Betheiligung des Zellenprotoplasma Differenzirungen eingeht, so dürfen wir eine solche Gewebeform, die jene Veränderungen nicht nachweisen lässt, auch nicht als Bindegewebe, selbst nicht als junges, noch indifferentes Bindegewebe, bezeichnen. Es fehlt dafür das aus der Entwicklungsrichtung von jenem genommene Kriterium.

Nach Ausschluss anderer Deutungen bleibt nur noch die auf Knorpel lautende übrig, und damit trifft nicht nur das gegebene Verhalten überein, sondern es bestätigt sich dieselbe noch durch den weiteren Verlauf der Entwicklung. Es wächst nämlich dieser Knorpel beständig fort und bedingt das Längewachsthum der Clavicula. Dabei gehen aber verschiedene Veränderungen an ihm und in ihm vor sich. Der Theil, welcher unmittelbar an das zuerst ossificirte Mittelstück stösst, wird gleichfalls in den Verknöcherungsprocess hineingezogen, nachdem die Zellen grösser, und mehr gleichartig, oval oder rundlich geworden sind, welcher Gestalt natürlich auch die sie bergenden Hohlräume der Intercellulärsubstanz entsprechen. Die Veränderung der Intercellulärsubstanz zeigt Abweichungen von dem im mittelsten Stücke (resp. Querschnitte) gesehene Verhalten. Es fehlen nämlich die dunklen (stark lichtbrechenden) Körner und Molekel, und ausser concentrischen, um die Hohlräume verlaufenden Streifungen, erscheint die Intercellulärsubstanz homogen. Ihr eigenthümlich glänzendes Aussehen, zackige Vorsprünge, die hier und da auf der Fläche des Schnittes sichtbar sind, und eine viel bedeutendere Schärfe der Contouren lässt auf eine verändert chemisch-physikalische Constitution dieses Gewebes schliessen. Dazu kommt noch, dass die Höhlungen hier

und da Ausläufer zeigen, dass aber die Knorpelhöhlen in Knochenhöhlen umgewandelt sind. Bei der anderen nicht mit Säure behandelten Clavicula desselben Embryo habe ich mich mit Bestimmtheit von dieser Veränderung überzeugen können. Es geht also der zuerst in der Mitte der Schlüsselbeinanlage aufgetretene Verknöcherungsprocess von da aus auf beide Enden über, die Knorpelhöhlen erhalten feine Ausläufer in die Intercellularsubstanz, und diese selbst wird theilweise solidificirt, ohne dass eine provisorische Kalkablagerung in ihr stattgefunden hätte. Figur h zeigt den Theil eines von der Mitte etwas entfernter genommenen Querschnittes der Clavicula von einem 18 Mm. langen Embryo. Die Contour einzelner Knorpelhöhlen ist nur schwach ausgebuchtet. Bei anderen sind feine Ausläufer sichtbar, welche die Intercellularsubstanz verschieden weit durchsetzen.

Das Weiterücken dieses Vorganges gegen die beiden Enden, ist an Schlüsselbeinen älterer Embryen nicht unschwer nachzuweisen. Es verändert sich aber der Knorpel allmählich gegen das Ende der Schlüsselbeinanlage dadurch, dass seine Zellen, und damit die Höhlungen, sich ansehnlich vergrössern, womit zugleich die Bildung von Ausläufern, also die Umwandlung der Knorpelhöhlen in Knochenhöhlen, sistirt wird. Ob die Intercellularsubstanz auch da noch Knochen substanz vorstellt, ist mir nicht gewiss. Es ist mir aber wahrscheinlich, da ich gegen den bestimmt ossificirten Knorpel ja keine scharfe Grenze mir anschaulich machen konnte. Es muss übrigens hier an die Möglichkeit gedacht werden, dass die besagte Veränderung der Intercellularsubstanz, nachdem sie einmal ohne provisorische Kalkablagerung aufgetreten, auch eine ganz allmähliche sein kann. Durch Verbindung mit Kalksalzen veränderte, und gänzlich unveränderte Intercellularsubstanzen mögen ganz allmählich in einander übergehen.

An den beiden Enden der Clavicula ist der Knorpel am wenigsten verändert. Die Zellen sind oval, haben eine mit ihrer Längsaxe der Endfläche parallele Lagerung; weiter nach innen zu werden sie rundlicher, und dabei auf Kosten der Intercellularsubstanz bedeutend grösser. Die Continuität dieser äussersten Knorpel-lage und des in Mitten der Länge der Clavicula befindlichen verknöcherten Knorpels ist nirgends unterbrochen.

An älteren Embryen (z. B. an einem von 37 Mm. Länge) hat sich der Clavicularknorpel mit der Länge des Schlüsselbeins vergrössert, und an einzelnen Stellen ist eine Auflösung erfolgt. Es bestehen in jeder Hälfte der Clavicula weite Hohlräume mit unregelmässig ausgebuchteten Wandungen. Diese Räume sind mit Zellen erfüllt, welche den fötalen Markzellen anderer Knochen gleichkommen. Der diese Räume bildende Vorgang ist ähnlich wie der in dem Knorpel von Röhrenknochen vorkommende, aber es besteht doch eine Verschiedenheit. Während nämlich in dem Knorpel der Röhrenknochen der sogenannten Eröffnung der Knor-

pelhöhlen eine Vermehrung der Knorpelzellen in den noch abgeschlossenen Höhlen vorangehen soll, ist in der Clavicula nichts derartiges vorhanden. Wenn man durch Vergleichung von Längsdurchschnitten mehrerer Claviculae die Ausdehnung des zellenerfüllten Hohlraumes als nur durch Auflösung des Knorpels zu Stande gekommen, in Erfahrung gebracht hat, so möchte man erwarten, dass an der Stelle, gegen welche die Vergrösserung des Raumes erfolgt, der für die Röhrenknochen angegebene Zustand der Vermehrung der Knorpelzellen zu sehen wäre. Er wird aber hier vermisst, und die dem Markraume zunächst gelagerten Knorpelhöhlen sind mit denselben einfachen grossen Zellen versehen, wie entferntere Parthieen.

Da die Markräume nicht den gesammten Knorpel in seiner Dicke durchsetzen, sondern mehr in dessen Längsrichtung sich ausdehnen, so bleibt die corticale Schichte des Knorpels in continuo bestehen, wie in der Fig. 5 gegebeneu Abbildung der sternalen Hälfte einer Clavicula zu sehen ist. Am dünneren, der Mitte der Clavicula zugehörigen Theile des Clavicularknorpels ist die oben beschriebene Ossification vor sich gegangen (o), dann folgt gegen das dicke Sternalende zu grosszelliges Knorpelgewebe, welches einen weiten Markraum (m) umschliesst, daran reiht sich solches mit noch grösseren Zellen, welches dann mit dem kleinere Zellen besitzenden Gelenktheile endet. Die acromiale Hälfte derselben Clavicula verhält sich ähnlich. Auch sie enthält einen von Knorpel umgebenen Markraum, der auf dem etwas mehr vergrössert dargestellten Querschnitte in Fig. 6. m. abgebildet ist.

Im Verlaufe der Weiterentwicklung der Clavicula sind hinsichtlich der knorpeligen Anlage dieselben Vorgänge zu beobachten. Der Knorpel wächst an seinen beiden Endtheilen. Ein Theil davon wird in Hohlräume aufgelöst, während ein anderer Theil, und zwar der peripherische, ossificirt, und noch ein anderer durch homogene Verkalkung der Intercellularsubstanz umgewandelt wird. Dieser letztere Zustand des Knorpels findet sich in der Nähe der Enden der Clavicula. Die Knorpelhöhlen sind ansehnlich gross, die Intercellularsubstanz stellt nur ein dünnwandiges Gerüste dar, und erinnert so an das Gewebe der Chorda dorsalis niederer Wirbelthiere. Bei Embryen von 85—90 Mm. Länge ist dieser Knorpel noch in einiger Entfernung vom sternalen oder acromialen Ende nachgewiesen. Da seine Intercellularsubstanz durch Verbindung mit Kalksalzen fest geworden, wird das Längewachsthum hier nicht zu suchen sein. Dieser Vorgang wird vielmehr da Platz greifen, wo der Knorpel unverändert fortbesteht, wie an den Enden selbst, an welchen, namentlich am sternalen, reichlicher Hyalinknorpel mit Zellentheilungen zu finden ist.

Der geschilderte Entwicklungsgang der knorpeligen Clavicula ist auch für die spätere Zeit noch gültig, wird aber durch die Auflösung des Knorpels mit der Entstehung von Markräumen nur auf die äussersten Enden des Knochens beschränkt.

Es entstehen hier Kalkablagerungen in der Intercellularsubstanz grosszelligen Knorpels, der gegen den Körper der Clavicula in Markräume umgewandelt wird, während er gegen das Ende zu fortwächst und mit seiner Oberfläche den Gelenkknorpel vorstellt. An dem von den Resten der verkalkten Intercellularsubstanz gebildeten Gerüste werden von einer Osteoblastschicht her Knochenlamellen abgesetzt, wodurch an die Stelle der knorpeligen Clavicula allmählich Kochengewebe sich setzt. Damit tritt die Clavicula für ihr ferneres Wachsthum wie in ihrem Baue ganz in die Reihe der Röhrenknochen.

In dem Vorstehenden habe ich zwei wichtige Dinge zu erweisen gesucht:

1. Die Clavicula besitzt in ihrer ganzen Ausdehnung eine knorpelige Anlage, deren mittelster Theil frühzeitig verknöchert, aber selbst dann noch seine Entstehung aus Knorpel erkennen lässt. Der Knorpel tritt also nicht erst zum knöchernen Mittelstücke hinzu, sondern ist gleichzeitig mit diesem vorhanden.

2. Die erste Verknöcherung der Clavicula ist eine Knorpelverknöcherung. Die Knorpelzellen werden unmittelbar zu Knochenzellen durch Bildung von Ausläufern in die sclerosirte Intercellularsubstanz.

Neben dem Knorpelgewebe spielt beim Aufbaue der Clavicula auch das von Perichondrium her gebildete Knochengewebe eine wichtige Rolle. Die gesammte Anlage der Clavicula, wie sie eben beschrieben, wird von einer Schichte membranloser Zellen umgeben, welche sowohl vom mittelsten ossificirten Theile, als auch von den knorpeligen Enden der Anlage sich durch den Mangel von Intercellularsubstanz unterscheidet. Die Grenze ist an dem mittelsten Theile undeutlich. Balken von Intercellularsubstanz, die mehr oder minder Kalkablagerungen enthält, ragen in die Zellschichte ein und bewirken so, dass einzelne der Zellen, indem sie zur Hälfte von Intercellularsubstanz begrenzt werden, zur andern Hälfte von ihnen gleichartigen Zellen, eine Grenzschichte bilden, die ebensogut der Perichondriumzellschichte als dem verknöchernenden Knorpel angehört. Diese Erscheinung kann nur auf Eine Weise gedeutet werden, nämlich dahin, dass aus der Zellschichte die innersten Parthien durch Abscheidung einer Intercellularsubstanz in die Clavicularanlage eintreten. Diese Intercellularsubstanz tritt in Zusammenhang mit der schon früher gebildeten, verkalkt und verknöchert endlich. So wächst die Anlage der Clavicula in die Dicke.

Es ist wohl zu beachten, dass diese Zunahme nicht auf einem Vorgange beruht, der sofort Knochengewebe entstehen lässt, sondern dass die zwischen den peripherischen Zellen entstehende Intercellularsubstanz anfangs homogen ist, und Kalkkrümeln ablagert, und erst nachher von Canälchen durchsetzt und in Kno-

chensubstanz umgewandelt wird. Dadurch unterscheidet sich der Vorgang von jenem der Bildung von Deckknochen zu Grunde liegenden, wie ich ihn in meinem Aufsätze über die Bildung der Knochensubstanz beschrieben. In ihrer allgemeinen Erscheinung sind beide Vorgänge einander sehr ähnlich, und es ist nicht in Abrede zu stellen, dass die peripherische Vergrößerung der Anlage des Mittelstücks der Clavicula eine Eigenthümlichkeit ist, die allen anderen knorpelig angelegten Knochen abgeht, denn bei diesen ist das peripherische Dickewachsthum des Knorpels beendet, sobald einmal dessen provisorische Verkalkung begonnen hat. Das Vorgetragene betrifft die Clavicula eines Embryo von 20 Mm. Länge.

Bei einem wenig älteren Embryo ist die peripherische Zellschichte etwas schärfer von dem bereits ossificirten Mittelstücke geschieden. Einzelne ihrer Zellen ragen in die Knochensubstanz ein, und die in letzterer befindlichen Höhlen stehen durch Ausläufer mit den Vertiefungen, in welchen jene Zellen liegen, in Zusammenhang. Ich kann dies Verhalten nur so deuten, dass hier die Zellschichte zur Osteoblastschichte geworden ist. Während vorher von den Zellen eine homogene Intercellularsubstanz abgesondert wurde, die einzelne Zellen umschloss, und sie eine Zeit lang als Knorpelzellen erscheinen liess, während diese erst nach erfolgter Ablagerung von Kalksalzen in der sie umgebenden Intercellularsubstanz, dann nach Einschmelzen des Kalkes und Bildung von Canälchen zu Knochenzellen wurden, gehen jetzt die Zellen der peripherischen Schichte ohne jenes Uebergangsstadium in Knochenzellen über, indem sie gleich von vorne herein eine von feinen Canälchen durchsetzte sclerosirte Intercellularsubstanz abscheiden.

Dieser Vorgang findet von dem Mittelstück der knorpeligen Clavicula aus allmählich über die ganze Länge derselben statt, so dass nur die beiden Enden frei bleiben. Man findet so von aussen nach innen die Osteoblastschichte, dann eine von dieser gebildete Lage von Knochengewebe, worauf solches folgt, welches durch unmittelbare Umwandlung von Knorpel hervorging. Von dem Embryo von 37 Mm. Länge gibt Fig. 8 eine Darstellung dieses Verhaltens auf einem Längsschnitte. Bei *c* ist Knorpel mit sclerosirter Intercellularsubstanz; dieser geht continuirlich in Knochengewebe (*k*) über. Zwischen dem Knorpel im innern und dem nach der umgebenden Zellschichte hin gebildeten, oder sich bildenden Knochengewebe ist keine Grenze. Man bemerkt hier verschiedene Stadien der Bildung von Knochenzellen aus Knorpelzellen. Nach aussen liegt die Osteoblastschichte (*o*), die ihren Antheil an der Bildung der peripherischen Knochenschichte dadurch be kundet, dass einzelne Zellen in die Intercellularsubstanz der Knochenschichte einragen. Am Rande der letztern bemerkt man an einer Stelle (*o'*) eine mehrfach eingebuchtete Vertiefung, von der feine Canäle zu den nächsten Knochenhöhlen

verlaufen. Es ist dies eine sich bildende Knochenhöhle, von der die Zelle mit den benachbarten Osteoblasten sich abgelöst hat.

Ausser der dem Knorpel unmittelbar angelagerten und mit ihm bei seiner Ossification verschmelzenden Knochenschichte lässt das Lager der Osteoblasten noch neue Ablagerungen erfolgen, die jedoch nicht gleichmässig sind, sondern eine Seite des Knorpels freilassen. An dieser Seite ist nur eine ganz dünne Knochenlage vorhanden, während die übrigen von dickern Knochenlagen umschlossen sind. Auf dem in Fig. 5 gegebenen Längsdurchschnitte ist bei o, o. eine ganz dünne von Osteoblasten gebildete Knochenlage vorhanden, während bei k eine starke Knochenmasse angelagert ist. Die Beziehung dieser Knochenmasse zu dem aus Knorpel hervorgegangenen Gewebe gibt das nahe von der Mitte genommene Querschnittsbild Fig. 7 zu verstehen. Der aus Knorpel hervorgegangene Theil (c) wird bis auf eine schmale Seite von Knochenmasse (k) umschlossen, die nicht knorpelig vorgebildet war. Obgleich der unmittelbar aus Knorpel gebildete Knochen (c) überall Knochenkörperchen mit Ausläufern erkennen lässt, die nur etwas grösser sind, als die des periostalen Knochengewebes, so sind doch die beiden Gebilde bei schwacher Vergrösserung deutlich von einander unterscheidbar, indem das aus Knorpel entstandene Gewebe durch etwas dunklere Färbung von dem andern sich absetzt.

Von der den Clavicularknorpel umschliessenden Knochenschichte aus erheben sich allmählich Leisten, die wieder mit ähnlichen Vorsprüngen sich versehen und mit ihren freien Kanten gegen einander wachsend Haversische Markräume zu umschliessen beginnen.

Durch die Fortsetzung dieses Processes, der ganz mit dem vom Dickewachstum der Röhrenknochen bekannten übereinkommt, nimmt der Umfang der Clavicula allmählich in demselben Verhältnisse zu, als der an den Enden weiterwachsende Knorpel die Länge des Knochens vergrössert. Die schon anfänglich eingeleitete ungleiche Vertheilung der Knochenmasse um den Clavicularknorpel wächst auch später noch fort, so dass der Knorpel, resp. die aus ihm hervorgegangenen Theile, immer eine excentrische Lagerung einnehmen. Zwischen Mitte und Ende der Clavicula gefertigte Querschnitte (von einem Embryo von 85 Mm. Länge) lassen in der einen Hälfte die Lumina einer Anzahl weiterer und engerer Markräume erkennen, welche den Maschen eines Netzes von Knochensubstanz entsprechen, während die andere Hälfte des Querschnittes den von einer dünnen Knochenschichte umgebenen Knorpel und den in ihm entstandenen weiten Markraum unterscheiden lässt. Eine ähnliche excentrische Lagerung nimmt bekanntlich auch der primordiale Knorpel bei Röhrenknochen ein, so dass also auch darin für die Clavicula sich Anschlüsse bieten.

Das Nähere der Vorgänge, die bei der Bildung des um den Knorpel gelagerten Knochengewebes betheiligt sind, kann ich nur nach der von mir früher bei anderen Knochen gegebenen Auffassung deuten\*).

\*) Meine Beobachtungen hinsichtlich der Knochensubstanzbildung sind bei der Clavicula folgende. Eine Zellschichte, zur Unterscheidung von anderen ähnlichen, aber in Beziehung zur Bildung der Knochensubstanz indifferent sich verhaltenden Elementartheilen von mir als Osteoblastschichte bezeichnet, hat auch hier die wichtigste Function. Man findet sie als einen alle Knochenvorsprünge überziehenden und auch die canalartigen Räume auskleidenden Beleg, dessen Theile eine sehr verschiedene Form besitzen. Sie sind rundlich, oval, ja selbst cylinderförmig. Auch jene grossen mehrkernigen Protoplasmakörper, die aus dem Knochenmarke seit längerer Zeit bekannt sind, habe ich nicht selten in dieser Schicht aufgefunden.

Wenn die Oberfläche der Knochensubstanz auf dem Querschnittsbilde eine gerade, oder doch nicht unregelmässig gestaltete Linie bildet und die Osteoblastschichte dieser unmittelbar anliegt, so sind die Beziehungen beider Theile nicht leicht misszuverstehen. Indem hie und da ein Osteoblast aus seiner Linie gerückt und in die Knochensubstanz eingetreten, und andere schon fast ganz von der Knochensubstanz umschlossen werden, so muss man bei Vergleichung dieser verschiedenen Zustände zu dem Schlusse kommen, dass die Osteoblasten zu Knochenkörperchen werden, und dass die Knochensubstanz, die nirgends unmittelbar in das Protoplasma der Zellen selbst übergeht, eine ausserhalb dieser liegende und von dieser secretirte ist.

Etwas schwieriger ist das Verhältniss, wenn die Grenzlinie der Knochensubstanz uneben erscheint. Zuweilen sieht man die Zacken und Fortsätze der mannichfaltigsten Art vorstehen, manche erscheinen als ganz dünne Lamellen. Einzelne dieser Vorsprünge stellen sich mit Sicherheit als Sharpey'sche Fasern heraus. Bei entfernter Osteoblastschichte hängt an oder zwischen diesen Fasern und Zacken hin und wieder eine fein moleculäre Substanz oder auch einzelne Kerne.

Das kann dann der Vorstellung Raum geben, dass hier ein besonderes intermediäres Gewebe vorhanden sei. Wenn man auf recht dünnen Schnitten diese zackigen Vorsprünge genauer beobachtet, so sieht man sie unmittelbar in die homogene knöcherne Intercellulärschicht übergehen. Die Beachtung der feinkörnigen Substanz, die man zwischen oder an den Zacken sieht, lässt sie in sehr verschiedenen Form- und Massezuständen finden, und gar nicht selten erkennt man auch einen Kern völlig oder zum Theil von jener Substanz umhüllt. In andern Fällen sieht man dann wieder eine unversehrte Zelle zwischen den erwähnten Fortsätzen der Intercellulärschicht sitzen. Vergleicht man diese Verhältnisse unter einander, so wird man in jenen feinkörnigen Substanzfetzen nur Theile der Osteoblasten finden können, die beim Abheben der Zellschicht an dem zackigen Knochenrande hängen geblieben, und so eine eigenthümliche Lage vortäuschen. An anderen Stellen, wo die Osteoblastschicht in unmittelbarem Zusammenhange mit der Knochen-schicht sich vorfindet, gibt sich zuweilen eine Ansicht, welche die erwähnte Beschaffenheit der Knochensubstanzoberfläche aufzuklären geeignet ist. Es trifft sich nämlich nicht selten, dass eine in einer Reihe stehende grosse Anzahl von Osteoblasten in die Knochen-schicht sich einzusenken im Begriffe steht; die Zellen ragen mit mehrfachen Fortsätzen in Hohlräume der Knochensubstanz ein, so dass der Rand der letzteren nach Entfernung der Zellen ein ganz unregelmässig gezacktes Aussehen bietet, und ganz so wie in dem vorhin beschriebenen Falle sich darstellt. — Die Weichheit dieser membranlosen Zellgebilde, im Gegensatze zu ihrer durch die Untersuchung der Knochen nothwendig werdenden Behandlung mittels „Reagentien“ oder Messern, lässt es gewiss nicht

Fasst man die bei der Entwicklung der menschlichen Clavicula sich bietenden Erscheinungen zusammen, so lässt sich Folgendes aufstellen. An einer der ganzen Clavicula zukommenden knorpeligen Anlage ossificirt der mittelste Theil sehr frühzeitig, und zwar ohne Auflösung des Knorpels. Es vergrössert sich dieses Mittelstück zugleich nach der Dicke, indem von der es umgebenden Zellschichte ein Theil vorübergehend in Knorpelzellen und dann in Knochenzellen umgewandelt wird. Später findet ein directer Uebergang jener Zellen in Knochenzellen statt. Der nach beiden Enden auswachsende Knorpel bedingt das Längewachsthum des Knochens. Es tritt dieser Knorpel nicht als etwas neues zum knöchernen Mittelstücke. Gegen letzteres hin erleidet er gleichfalls directe Verknöcherung, ebenso ossificirt seine Oberfläche bis nahe an die Endflächen. Der Clavicularknorpel und das aus ihm entstandene Knochengewebe bleibt längere Zeit hindurch in der ganzen Länge der Clavicula von der um ihn gebildeten Periostknochenschichte unterscheidbar. Im Knorpel bilden sich Hohlräume, die durch das Mittelstück von einander getrennt bleiben. Das Dickewachsthum der Clavicula kommt durch periostale Knochenschichten zu Stande, die ähnlich wie bei den Röhrenknochen sich anlagern, allmählich Canäle umschliessen und Haversische Lamellensysteme bilden.

Vergleicht man diesen Gang der Entwicklung mit jenem der sogenannten Deckknochen, so ist nur der Umstand mit jenem übereinstimmend, dass sehr rasch Knochengewebe entsteht, und dass dieses nicht aus provisorischem Knorpel sich bildet. Der Knorpel der Clavicula wandelt sich direct in Knochen um. Es ist also darin der Knorpel der Clavicula von jenem der Röhrenknochen verschieden, und kann nicht morphologisch, wohl aber physiologisch dem osteogenen Gewebe, in welchem die Deckknochen entstehen, gleichgesetzt werden. Dass in der Clavicula die Zellen des Mittelstückes anfänglich von einander abgeschlossen sind, und nicht durch Canälchen in der Intercellularsubstanz mit einander zusammenhängen, bildet einen wesentlichen Unterschied von dem Gewebe der Deckknochen, bei denen die Intercellularsubstanz bei ihrem Auftreten von Canälchen durchsetzt ist.

Diesen Unterschieden gegenüber findet sich eine Erscheinung, welche die erste Entwicklung des Mittelstückes an die Bildungsweise der Deckknochen sich anreihen lässt. Es ist die directe Ossification des Gewebes, welches das Mittelstück umgibt. Man kann zwar diese Bildung von Knochengewebe auf periostale Verknöcherung deuten, wie sie den Röhrenknochen zukommt, und auch der Clavicula nicht fehlt, allein

absonderlich erscheinen, wenn man an ihrer Stelle häufig nur Trümmer antrifft. Ich kann daher der von Waldeyer (Med. Centralblatt, 1865. Nr. 8.) gegebenen Deutung der von demselben gleichfalls erkannten Osteoblastschichte als einer erst in ein bindegewebiges Stratum einschmelzenden und aus dem Protoplasma unmittelbar die Grundsubstanz des Knochens hervorgehen lassenden Lage, nicht beistimmen, und muss alles früher von mir angegebene dagegen aufrecht erhalten.

ich sehe in dem Umstand, dass dieses Knochengewebe sich ohne Abgrenzung dem vorher aus Knorpel entstandenen Knochengewebe des Mittelstücks anschliesst, einen Grund gegen die völlige Identität beider Erscheinungen. Indem das primordiale Mittelstück bereits ganz oder doch zum grossen Theile ossificirt ist, wenn jener Uebertritt des umgebenden Gewebes in Knochensubstanz erfolgt, liegt das Verhältniss etwas anders als bei den Röhrenknochen, bei denen das gegensätzliche Verhalten zwischen Knorpel nebst seinen Derivaten, und dem um diesen gebildeten Knochengewebe für die entsprechend gleichzeitigen Stadien sich aufrecht erhält.

Die histiologische Complication der Entwicklung des Schlüsselbeines verbietet den Anschluss an die Bildung der Deckknochen ebenso, wie die völlige Gleichstellung mit jener der andern knorpelig präformirten Knochen, wenn auch die Totalerscheinung die Anreihung an letztere nahe legt. Es muss daher für die Clavicula ein eigener Entwicklungsmodus statuirt werden, der durch unmittelbaren Uebergang des Mittelstücks der knorpeligen Anlage in Knochengewebe sich ausspricht. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Zustande der Clavicula in den unteren Abtheilungen der Wirbelthiere; sie entsteht da nicht blos sogleich als knöcherner Skelettheil, sondern sie ist wirklich ein Deckknochen, indem sie als knöcherner Beleg eines Knorpels erscheint. Sie unterscheidet sich aber von den Deckknochen der Säugethiere, dass sie nicht blos ihre Beziehung zu dem Knorpel, an dem sie ursprünglich auftritt, verloren, sondern sich eine eigne Knorpelanlage schafft. Dadurch entfernt sie sich viel weiter von ihrem Ausgangspuncte als Stirn- und Scheitelbein, die bei Menschen zwar die knorpelige Unterlage verloren haben, aber wie ihre Homologa, in den unteren Wirbelthierabtheilungen am Dache des Primordialeranium, aus sogleich ossificirendem Gewebe ihre Entstehung nehmen.

Die bisher nur als eine Ausnahme sich darstellende Knorpelverknöcherung der Geweihe der Cerviden erscheint durch das Vorbenannte in einem andern Lichte. Wie die Knorpelverknöcherung der Clavicula den Knorpel nicht als ein blos provisorisches nach der Bildung des periostalen Knochens der Auflösung anheim fallendes Gewebe darstellt, sondern ihn als die Anlage eines definitiven Gewebes erscheinen lässt, so ist auch der Geweihknorpel durch seinen Ausgang von dem provisorischen Skeletknorpel verschieden\*). Die Eigenthümlichkeit, dass an einem

\*) Insofern man das Hinzutreten von Knorpel zu einem Deckknochen in's Auge fasst, kommt dadurch ein ähnliches Verhalten zum Vorschein, wie es bei der Clavicula nach der Angabe von Bruch sein solle. Auf diese Analogie hat bereits H. Müller hingewiesen. (Würzb. naturw. Zeitsch. IV.) —

An den Stirnzapfen der Rinder habe ich eine ganz ähnliche Knorpelverknöcherung, wie sie beim Geweihe bekannt ist, kennen gelernt. Der Stirnzapfen wächst in die Höhe durch die Ossification eines schmalen Knorpelstreifs, der in demselben Grade, wie er an einer Seite in die

nicht knorpelig präformirten Knochen wie das Stirnbein es ist, ein knorpeliger Auswuchs entsteht, verliert ihren exceptionellen Charakter, sobald man in Anschlag bringt, dass hier, wie bei der Anlage des Stirnbeines selbst, ein direct in Knochen sich umwandelndes Gewebe vorliegt. Man kann demnach sowohl in Beziehung auf den Clavicularknorpel als auf jenen des Stirnbeinfortsatzes der Wiederkäuer, die directe Knorpelverknöcherung der sogenannten secundären Knochenbildung gleichwerthig halten. Sie zeigt sich am Schlüsselbeine, das in seinen niederen Zuständen ein Deckknochen ist, und sie tritt an den Geweihen auf, welche als Auswüchse eines constanten „Deckknochen“ des Stirnbeins erscheinen.

Die auf diesem Wege nachgewiesene Beziehung der Clavicula zu „Deckknochen“ besteht also in einem ganz anderen Sinne, als Bruch es gewollt hat. Sie hindert auch nicht, dass man in ihr einen Skelettheil erkennt, der aus der ihm ursprünglich (bei den niederen Wirbelthieren) eigenen Weise der Entwicklung und des Wachstums herausgetreten ist und an die knorpelig präformirten und auch durch Knorpel in die Länge wachsenden Theile sich angereicht hat. In wiefern diese Anreihung noch keine vollständige Einreihung ist, wurde bereits ausführlich besprochen.

Hinsichtlich der rudimentären Bildungen der Clavicula, wie sie z. B. bei Nagern und Carnivoren vorkommen, will ich nur hervorheben, dass dieselben meist nur aus dem mehr oder minder ausgebildeten mittleren Theile bestehen, so dass der zuerst als Knochen sich bildende Abschnitt sich länger erhält als die Endtheile. Dadurch ist ein Unterschied von den Röhrenknochen gegeben, bei denen im Falle einer Verkümmernng gerade das Mittelstück schwindet, während ein Ende oder auch beide erhalten bleiben. —

Mit der Clavicula erscheint immer ein diese mit dem Sternum verbindender Apparat, das Episternum. Dieses ist aber in so ferne selbständig, als sein Ausbildungsgrad nicht von jenem der Clavicula abhängt. Bei mächtiger Clavicula kann es unansehnlich entfaltet sein, sowie es auch bei rudimentärem Schlüsselbeine

Verknöcherung eingezogen wird, an der anderen Seite fortwuchert, die in diesem Knorpelstreif sich bildenden Knochenbälkchen stehen mit dem Frontale in unmittelbarem Zusammenhang. Die Knorpelzellen werden unmittelbar nachdem eine Kalkablagerung in der intercellulären Substanz stattgefunden hat, zu Knochenzellen. Eine spätere Auflösung des aus Knorpel hervorgegangenen Knochengewebes hat nicht anders statt, als in jedem andern Säugethierknochen, in welchem Markcanäle das gebildete Knochengewebe wieder auflösen und neue Haversische Systeme absetzen. Ausführliche Mittheilungen müssen auf einen andern Ort verspart werden. Aus der Thatsache einer Verbreitung der directen Knorpelverknöcherung geht mit Bestimmtheit hervor, dass die entsprechenden Eigenthümlichkeiten im Vorgange der Geweihverknöcherung nicht aus der Raschheit des Wachstums und der bedeutenden Ausdehnung dieses Gebildes erklärt werden dürfen. Man wird aber auch von daher auf die Beziehung zu den Deckknochen verwiesen.

vollkommen entwickelt vorkommen kann. Auf ein Episternum zu deutende Theile finden sich selbst mit dem gänzlichen Mangel der Clavicula gepaart\*).

Als diejenige Form, in der das Episternum bei den Säugethieren dem Volume nach am meisten entwickelt ist, muss die bei den Monotremen bekannte bezeichnet werden. Es besteht hier aus einem breiten, dem Vorderrande des Sternum aufsitzen- den Mittelstücke, das continuirlich in zwei horizontale Seitenäste ausläuft. Auf diesen ruhen in ihrer ganzen Länge die Claviculae, welche gegen das Episternum an Umfang und damit auch an Bedeutung zurücktreten.

In der bei *Ornithorhynchus* früher, bei *Echidna* später auftretenden Verschmelzung der Clavicula mit dem Queraste des Episternum drückt sich wieder eine engere Beziehung beider Theile zu einander aus. Unter den Beutelhieren fand ich das Episternum am meisten an die bei den Monotremen gegebene Form im Anschlusse bei *Didelphys* und *Dasyurus*. Bei drei verschiedenen Arten von Beutelratten ist von dem bogig gerundeten *Manubrium sterni* ein breit aufsitzendes, nach vorne sich verschmälerndes Knorpelstück, welches in zwei seitliche, kolbig verdickte Anhänge auslief. Letztere waren an ihrer hinteren Fläche mit dem episternalen Ende des Schlüsselbeines durch ein Band in Zusammenhang. Die seitlichen Queräste trifft man in gewöhnlicher Lagerung nach hinten gerichtet, so dass sie mit ihrem abgerundeten Ende gegen die Basis des Episternum sahen. Beim ersten Anblicke schienen die Claviculae sich vor dem *Manubrium sterni* zu befestigen. Erst nach Trennung einiger Ligamente vermag man die Claviculae aus dieser Lage zu entfernen, und man kann dann die sie tragenden Knorpelstücke des Episternum in eine zum Mittelstücke senkrechte Stellung bringen, sie so als Queräste desselben sich darstellen. Das Mittelstück hängt mit den beiden seitlichen unmittelbar zusammen. Bei jungen Thieren, die meiner ersten Untersuchung zu Grunde lagen, war das ganze Episternum aus gleichartigem Knorpel gebildet. Ausgewachsene *Didelphys*-Exemplare zeigten nur noch die seitlichen Stücke knorpelig, das mittlere Stück dagegen ossificirt und mit dem Sternum verwachsen, wie ich es bereits in meiner früheren Mittheilung vermuthet hatte. Im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie *Didelphys* stellt *Dasyurus Maugei* dar (Vergl. Taf. II. Fig. 6.). Das nach vorne schlank auslaufende Mittelstück (m) ist mit dem Sternum verschmolzen und geht vorn in zwei knorpelige Seitenstücke (l) über, die an ihrem Vorderrande sanft ausgeschweift sind. An der Innenfläche ist das Schlüsselbein (c l) befestigt. Verschieden von *D. Maugei* verhält sich *Dasyurus ursinus*. An dem Skelete eines erwachsenen Thieres (des Leydener Museum) fand ich vor dem wenig verbreiterten

\* Den Nachweis episternaler Skelettheile in allen Abtheilungen der mit Schlüsselbeinen versehenen Säugethiere habe ich zuerst in einem Artikel der Jenaischen Zeitschrift, I S. 176 gegeben.

Vorderstücke des Brustbeins ein ansehnliches Knochenstück, das in zwei Queräste auslief. Dieselben waren weder vom Mittelstücke abgesetzt, noch von abgeplatteter Form, und verbanden sich auch an ihren Enden mit der Clavicula. Ob die Andauer des knorpeligen Zustandes hier zu einer weiteren Selbständigkeit des Episternum, etwa zu einer Gelenkhöhlenbildung gegen das Sternum führte, war nicht zu ermitteln\*).

Diese bei einzelnen Beuteltieren noch vorhandene Monotremenform des Episternum unterscheidet sich aber doch in einigen nicht unwesentlichen Punkten von dem Episternum der Echidna und des Ornithorhynchus. Erstlich hat das Mittelstück seine Selbständigkeit verloren, stellt im knöchernen Zustande keinen besonderen, dem Sternum angelenkten Knochen dar, sondern verwächst mit dem Sternum selbst. Zweitens legt sich die Clavicula nicht auf den Vorderrand der Queräste, sondern verbindet sich entweder mit der Rückfläche der Queräste (*Didelphys*, *Dasyurus Maugei*), oder mit dem Ende derselben (*Dasyurus ursinus*). Es stellen die Queräste somit vielmehr ein Verbindungsorgan der Clavicula, als einen Stützapparat derselben vor. Das Schlüsselbein prävalirt über das Episternum, und alle Verhältnisse sind weit entfernt, ein Aufgehen des Schlüsselbeines ins Episternum, wie es bei den Monotremen nahe genug liegt, als Folgezustand vorzustellen. Andere Beuteltiere besitzen das Episternum in noch grösserer Reduction. Bei *Dendrolagus* sind nur die beiden seitlichen Knorpel vorhanden, zwischen Sternum und Clavicula eingeschoben; bei *Halmaturus* fehlen diese Zwischenknorpel gleichfalls nicht. Untersuchungen an Embryen dieser Thiere werden nachweisen können, ob diese Knorpel mit einem gleichfalls knorpeligen Mittelstücke in Zusammenhang stehen, welches sich, ähnlich wie bei *Didelphys*, später mit dem Sternum verbindet.

Unter den Edentaten finden sich bei *Dasypus* die ausser bei Monotremen bis jüngst einzig bekannt gewordenen Episternal-Bildungen, und zwar in zwei verschiedenen Formen vorhanden. In der einen befindet sich vor dem sehr breiten vordersten Sternalstücke (*Manubrium sterni*) ein durch einen vorderen Einschnitt getheiltes Knochenstück, von dem aus ein Band jederseits zum Episternalrande eines Schlüsselbeines geht. So bei *Dasypus novemcinctus* nach *Luschka*\*\*). Im anderen Falle sind dem breiten *Manubrium sterni* zwei von einander getrennte Knochenstücke verbunden, von denen jedes wiederum durch ein Band mit der

\*) Bei der angegebenen Formverschiedenheit der Episternalbildungen zweier Arten derselben Gattung ist in Anschlag zu bringen, dass die eine (bei *Das. Maugei*) an einem frischen Präparate untersucht wurde, die andere an einem trockenen Skelete gefunden.

\*\*\*) Zeitschr. f. wiss. Zoologie IV. S. 36.

Clavicula zusammenhängt. Das wurde von Cuvier\*) bei *Das. sexcinctus* gezeigt. Bei *Priodontes gigas* sind nach Luschka\*\*) zwei mit dem Manubrium sterni continuirliche  $\frac{1}{2}$  Zoll lange rundliche Höcker vorhanden, welche zur Verbindung mit den Schlüsselbeinen bestimmt sind und nach Form und Lage mit den Episternalknochen von *Dasyurus sexcinctus* ganz und gar übereinstimmen. Es wird sich hier um die Frage handeln, welchen Theilen des typischen Episternum diese Bildungen der Gürtelthiere entsprechen mögen, speciell, ob wir in den Knochenstücken die paarigen oder unpaaren Elemente des Episternum zu erkennen haben. Bei genauer Würdigung des Verhaltens möchte es scheinen, als ob die dem Sternum angefügten Knochenstücke dem unpaaren Mittelstücke der typischen Form entsprächen, die Ligamente dagegen den paarigen Seitentheilen. so dass bei *D. novemcinctus* eine unvollständige, nur durch einen Einschnitt angedeutete, bei *D. sexcinctus* und bei *Priodontes gigas* eine vollständige Trennung des Mittelstücks vorläge, welches Stück bei letzterem, ganz ähnlich wie bei Marsupialien mit dem Brustbein verschmelze. Diese Ansicht erscheint mir durch das bis jetzt vorliegende Material noch nicht sicher begründbar; denn es ist noch nicht erwiesen, dass die in einem Falle dem Sternum ansitzenden, im andern Falle durch Bandmasse davon getrennten Theile wirklich homolog sind. Was dort Ligament ist, kann da durch ein solides Skeletstück vertreten sein und umgekehrt. Indem das bei den Monotremen vorhandene Verhältniss des Episternum sich auflöst, kann durch das Auftreten von Ossificationen näher oder entfernter vom Brustbein eine Nachbildung bald des paarigen, bald des unpaaren Abschnittes gegeben sein, und mit demselben Rechte, mit dem man durch Beachtung der Zwischenform die paarigen Stücke auf das unpaare, dem Brustbeine angefügte, bezieht, wird man gewiss auch das unpaare auf die paarigen beziehen dürfen. Deshalb möchte die Entscheidung darüber, ob man bei Gürtelthieren die dem Sternum unmittelbar aufsitzenden Stücke als Reste des Mittelstückes des Episternum, oder als mehr oder minder mit einander verschmolzene Seitenstücke anzusehen habe, bis zur gewonnenen Uebersicht über eine grössere Reihe vorbehalten bleiben. Uebrigens finden sich selbst unter den Edentaten noch vollständige Episternalbildungen. So ist beim zweizehigen Faulthiere, wie ich an einem Skelet der Giessener Sammlung sehe, auf dem breiten manubrium sterni das knorpelige Mittelstück eines Episternum befestigt, welches in zwei seitliche, gleichfalls knorpelige Queräste sich fortsetzt, deren Enden die Claviculae tragen (Vergl. Taf. II. Fig. 8.). Es erinnert diese Form an jene von jungen *Didelphys*, wie von *Dasyurus marsinus* beschriebenen.

\*) Recherches sur les Ossements fossiles. Quatr. Edit VIII. t. 8. 252.

\*\* Die Halsrippen und die Ossa suprasternalia des Menschen. Denkschriften der math. naturwiss. Classé der K. Akademie der Wiss. zu Wien. Bd XVI.

In weiterem Grade variable Verhältnisse bieten die Episternalbildungen der Nagethiere. Sie lassen sich in zwei Abtheilungen sondern. In der einen Abtheilung trifft man das Mittelstück des Episternum und die beiden seitlichen an, aber letztere von ersterem getrennt, und auch von der Spitze ab weiter nach rückwärts entfernt. Das Mittelstück ist schmal, lanzettförmig; das vorderste Stück des Sternum, auf dem es ansitzt, ist nicht durch Breite ausgezeichnet. Wie das Mittelstück mehr mit dem Brustbein, so sind die seitlichen Stücke mehr mit den Claviculae in Verbindung. Durch eine histiologische Differenzirung gibt sich die Grenze zwischen beiderlei Theilen genugsam zu erkennen. *Coelogenys*, *Cavia* und *Dasyprocta* bieten diese Einrichtungen, worüber ich ausführlicheres bereits früher mitgetheilt. Ein zweiter Formzustand des Episternalapparates wird dadurch repräsentirt, dass ein Mittelstück gänzlich fehlt, wobei das *Manubrium sterni* anschnlich verbreitert ist. Die seitlichen Stücke sind in verschiedenem Ausbildungsgrade vorhanden. Darnach können wieder zwei, aber nur graduell verschiedene Unterabtheilungen aufgestellt werden. In der ersten treffen wir ausgebildete paarige Episternalia aus Knorpel bestehend und in Articulation mit dem Episternale der Clavicula, oder letzterem durch Bandmasse verbunden. Das Episternale kann entweder hyalinknorpelig bleiben, oder es verkalkt, oder es verknöchert. Repräsentanten bietet hiefür die Familie der Murinen\*), wie der Sciurinen (*Sciurus*, *Arctomys*). Auch bei *Cercolabes* habe ich solche Episternalien gefunden (Taf. II. Fig. 9.). In der zweiten Unterabtheilung bildet das Episternale einen bandartig von der Clavicula zum Sternum verlaufenden Streif, der einen Knorpel umschliessen kann, und dann von ansehnlicher Länge ist (*Lepus*), oder nur ein kurzes knorpeliges Verbindungsstück vorstellt (*Dipus*).

Analoge Differenzirungsstadien bieten die Insectivoren, wobei ich wiederum hinsichtlich der ausführlichen Beschreibung auf meinen früheren Artikel verweise. Bei den Spitzmäusen sind im Grunde dieselben Verhältnisse wie bei der Gattung *Mus* gegeben, indem auch hier ein häufig einen Knochenkern enthaltendes, längeres Episternale mit dem Schlüsselbein verbunden ist. Eine Gelenkhöhle habe ich zwischen beiden Theilen nicht gesehen. Kürzer ist das Episternale bei *Erinaceus*, und auch hier vertritt eine histiologische Differenzirung die Stelle einer Gelenkbildung. Beim Maulwurf ist ein vorderes Mittelstück vorhanden, als ein knorpeliger Ansatz des *Manubrium sterni*, an dessen Seiten die paarigen, aus Knorpel bestehenden Episternalstücke ansitzen. Letztere verbinden sich zum Theil unmit-

\*) Bereits *Vieq d'Azyr* kannte das Episternum der Ratte, welches er jedoch als einen Theil der Clavicula ansieht. *Oeuvres de Vieq-d'Azyr publ. par Moreau (de la Sarthe)*. Paris 1805. T. V. S. 353.

telbar mit der Clavicula, zum Theil sind sie durch eine Gelenkhöhle davon getrennt.

Die Carnivoren besitzen im Zusammenhange mit den verkümmerten Schlüsselbeinen auch nur rudimentäre Episternalia, und zwar, soweit bis jetzt bekannt, nur die seitlichen Stücke, die als Ligamente von den Claviculae ausgehen. Wo eine Clavicula gänzlich fehlt, wie bei den Bären, bei *Nasua*, *Procyon* u. s. w., fehlen auch die Reste des Episternum. Wenn dagegen bei den Pinnipediern mit dem Mangel der Claviculae und des paarigen Episternale ein unpaares Mittelstück fortbesteht und mit dem Sternum sich verbindet, so hat dieses Verhalten an sich nichts auffälliges, da es aus einer Trennung des Episternum, wie sie z. B. bei den *Subungulata* unter den Nagern besteht, leicht erklärt werden kann.

Dass mit dem zunehmenden Werthe der Clavicula als Befestigungsglied der Schulter die Bedeutung des Episternum abnehmen kann, zeigen die bezüglichen Einrichtungen bei den fliegenden Säugethieren. Der starke Clavicula stützt sich bei den Chiropteren vorn unmittelbar an das breite *Manubrium sterni*. Von dem inneren und unteren Theile des Sternalendes des Schlüsselbeines entspringt jedoch ein conisches Band, welches zum Sternum sich begibt und einen Theil der Endfläche der Clavicula von dem Sternoclaviculargelenke ausschliesst. Die Beziehungen dieses Ligamentes zum Schlüsselbein zeigen, dass es sich hier um ein rudimentäres Episternum handelt, und wir brauchen uns nur das genannte Gebilde in ansehnlicherem Volumen und aus Knorpel gebildet vorzustellen, um dieselben Verhältnisse zu erhalten, wie bei den Insectivoren oder den Affen.

Bei den Affen verhält sich das Episternalrudiment wie beim Menschen, wo ich als solches den bekannten Zwischenknorpel des Sternoclaviculargelenkes gedeutet habe. Beim Menschen wie bei Affen ist auch im specielleren Verhalten eine grosse Uebereinstimmung. Bei *Cercopithecus* (*C. cynosurus* n. *ruber*) wie bei *Inuus* (*I. cynomolgus*) entspringt dieser Episternalknorpel vom oberen hinteren Theile der Endfläche der Clavicula, legt sich dann ventralwärts verschmälert zwischen Clavicula und Sternum, und inserirt sich mittels Bindegewebe an der Seite des *Manubrium sterni*. Ganz ähnlich ist es beim Menschen. Auch da ist der Zwischenknorpel bekanntlich kein bloß in die Gelenkkapsel eingeschobenes, nur mit dieser verbundenes Stück, wie der Knorpel im Unterkiefergelenk, sondern er geht oben von der Endfläche der Clavicula selbst aus, und befestigt sich unten am Sternum\*).

\*) Indem nachgewiesen ist, dass die „Menisci“ des Sternoclaviculargelenkes des Menschen wahre Episternalbildungen sind, die ganz in die Reihe der bei allen Säugethieren mit Schlüsselbeinen vorkommenden paarigen Episternalstücke sich fügen, ist es auch zweifellos, dass dem Menschen in den „ossa suprasternalia“ nicht bloß hin und wieder Andeutungen eines Episternum zukommen. Als solche hatte Luschka die von Breschet (*Annales des sc. nat.* 1838) als sternal

Dadurch wird die bei Nagern, Insectenfressern u. a. freie Lateralfläche des Episternalknorpels zu einer gegen die Clavicula gerichteten Gelenkfläche, sowie die mediale Seite sich in die gegen das Sternum gewendete Gelenkfläche umwandelt. Um das Episternum der Quadrumanen wie des Menschen in die Lagerungsverhältnisse zu versetzen, die es bei andern Säugethieren einnimmt, ist es nöthig, die Gelenkkapsel zu öffnen und unter Erhaltung der ansehnlichen Verbindung des Knorpels mit dem Schlüsselbeine und mit dem Sternum das erstere vom letzteren abzuziehen. Es ist somit ein ganz ähnliches Verhalten wie bei den Beuteltieren (vergl. oben S. 18.), denen die Episternalbildung der Affen und der Menschen dadurch viel näher kommt, als den übrigen Säugethieren.

Aus dem Vorgetragenen dürfte klar hervorgehen, dass dem Schlüsselbeine der Säugethiere unmittelbare Beziehungen zum Brustbeine fremd sind, indem zwischen beide Theile immer andere eingeschaltet sich finden, die wir mit Hinblick auf ihre grosse Selbständigkeit in niederen Zuständen als einen eigenartigen Abschnitt des Skeletes aufzufassen berechtigt sind. Es zeigt sich uns aber im Verfolge der Entwicklungsreihe, dass diese anfänglich selbständigen Theile, unter Modificationen ihrer Gestaltung ihren selbständigen Charakter aufgeben und in andere, ihnen ursprünglich fremde Skeletstücke übergehen. Ein Theil des Episternum wird so allmählich ins Sternum aufgenommen, ein anderer Theil, der paarige, geht engere Beziehungen zu den Schlüsselbeinen ein. Es ist so auch hier ein Beispiel gegeben, wie ein Skelettheil sich auflöst, und seine Theile in neuen Combinationen neue Einrichtungen begründen lässt. Wollte man aber aus dieser Erscheinung der Auflösung auf eine ursprüngliche Verschiedenheit des sich Trennenden schliessen, und daraus dem Episternum seinen Werth als besonderem Skelettheil absprechen, so hiesse dieses gänzlich die Beziehungen verkennen, welche zwischen niederen und höheren Organismen bestehen. Man könnte dann mit dem

---

Rudimente von Halsrippen gedeuteten Ossa suprasternalia angesehen. Um einzusehen, dass vor der Sternoclavicularverbindung nichts rippenartiges mehr zum Sternum tritt, bedurfte es nur der Kenntniss vergleichender anatomischer Thatsachen. Diese schliessen die Breschet'sche Deutung vollständig aus. Aber auch die von Luschka gegebene Erklärung der Ossa suprasternalia kann, wie ich schon früher bemerkte, nicht richtig sein, da eben das, was sie vorstellen sollen, beständig vorhanden ist. Es könnten also jene zuweilen vorkommenden Knöchelchen nur auf das unpaare, dem Menschen fehlende, oder doch nicht discret erscheinende Mittelstück des Episternum bezogen werden. Dies ist auch in einem mir früher entgangenen, vom letztgenannten Autor veröffentlichtem Falle (in den Wiener Denkschriften 1859), wenn auch nicht sicher begründet, doch wenigstens angedeutet. Der Verfasser hebt in seiner Beschreibung die Verbindung der Ossa suprasternalia mit dem „Zwischenknorpel“ hervor. Wenn nun die Zwischenknorpel normale Theile des Episternum, und zwar die Seitentheile der primitiven Form vorstellen, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass die median von ihnen gelagerten Theile einem in zwei Hälften zerfallenen Mittelstücke entsprechen.

nämlichen Rechte die primitive Selbständigkeit des Tarsalskeletes in Abrede stellen, weil es bei den Vögeln in Tibia und Metatarsus aufgeht.

Aus den Ausführungen, die ich bisher über das Episternum und seine Constanz beim Vorhandensein der Clavicula gegeben, wollte ich einen Theil der Verschiedenheit begründen, die ich zwischen Clavicula und Coracoideum aufstellte. Das Schlüsselbein erscheint damit als etwas Eigenartiges, nicht bloß als ein vorderes Verbindungsstück der Scapula mit dem Sternum, wie das Coracoïd ein hinteres vorstellt. Ebenso tief ist jene Verschiedenheit auch in der Entwicklung begründet, wie sie oben bereits berührt ward. Wir wissen, dass die Clavicula der Säugethiere niemals mit dem Acromion\*) durch eine gemeinsame Knorpelanlage vereinigt ist, sondern immer als selbständiger Skelettheil auftritt, während das Coracoïd nur ein Theil eines auf andere Weise sich entwickelnden, durch die Beziehung zum Humerus das Hauptschulterstück darstellenden Skelettheiles ist.

## V ö g e l.

Der Schultergürtel der Vögel wird bekanntlich aus drei Knochenstücken zusammengesetzt. Das eine, an der hinteren Seitenfläche des Thorax parallel mit der Wirbelsäule gelagert, stellt die Scapula vor; das andere mit dem ersteren in der Pfanne des Schultergelenkes zusammenstossend, wird als hinteres Schlüsselbein oder Os coracoideum bezeichnet, und verbindet sich mit einer breiten Endkaute mit einer Rinne des Vorderrandes am Sternum. Der dritte Knochen endlich ist in der Regel mit dem der anderen Seite zu Einem Stücke, der Furcula, verbunden und fügt sich mit seinem oberen Ende an einen besonderen kurzen Fortsatz der Scapula an. Mit seinem unteren Ende erreicht der Gabelknochen die Leiste des Brustbeins, oder steht durch Bandmasse mit ihr in Zusammenhang. Es wird dieser Knochen fast allgemein als vorderes Schlüsselbein angesehen. Diese Auffassung hat bekanntlich nicht zu allen Zeiten die Herrschaft gehabt, vielmehr hatte man seit Bélon die Clavicula vielfach in dem von der Scapula aus zum Sternum gelangenden starken Knochenstücke gesucht und die Furcula als einen neuen, den Säugethiere fehlenden Knochen betrachtet. Daher nahm man Anlass, ihn auch mit einem neuen Namen zu belegen. Bartholin\*\*), Blumenbach\*\*\*), Tiede-

\*) Die eigenthümlichen Beziehungen der Clavicula bei den Tardigraden und den Graviden (Megatherium) sind secundärer Natur. Sie bilden überhaupt keine principielle Ausnahme. Das ganze Verhalten der Clavicula beschreibend aufzuführen, liegt ausserhalb des Planes dieser Arbeit.

\*\*) Valentini, Amphitheatrum zootomicum. T. II. S. 13.

\*\*\*) Handb. d. vergl. Anat. 1805. S. 89.

mann\*), Nitzsch\*\*) und Andere, vertraten diese Anschauung, und selbst Cuvier\*\*\*) folgt ihr, bis er später in der Furcula das Homologon der Clavicula findet und das vermeintliche Schlüsselbein für eine ausgebildete Form des Processus coracoïdes der Säugethierscapula erklärt. (Geoffroy St. Hilaire†) pflichtete diesem bei. Meckel††) vertrat dann die gleiche Auffassung, und die Gründe, welche er sowohl als Cuvier†††) dafür anführen, sind so einleuchtend, dass ein Zweifel nicht gut mehr bestehen kann. So hat sich denn auch eine von Mayer α) aufgestellte Ansicht, der zufolge die Furcula dem Processus coracoïdes entspräche und das Coracoïd dem Schlüsselbein der Säugethiere, nicht haltbar erwiesen, und ist von Pfeiffer gründlich widerlegt worden. Ich verweise bezüglich des näheren auf des letztgenannten vortreffliche Dissertation β).

Als wichtigsten Theil der Vergleichungsbasis möchte ich aber die Entwicklung der bezüglichen Theile hervorheben, worauf zwar auch Pfeiffer, allein in einer nicht ganz ausreichenden Weise, Rücksicht genommen hat. Es sagt dieser Autor zur Bestärkung der Cuvier-Meckel'schen Deutung folgendes über die Entwicklung der einzelnen Knochen: „Es war schon lange bekannt, dass die Gabel sehr frühe schon verknöchert gefunden wird: Jacquemin fand beim Hühnchen schon am 13. Tage der Bebrütung die Verknöcherung dieses Knochens fast vollendet, während in dem Schulterblatte und dem hinteren Schlüsselbein eben erst ein Verknöcherungspunct sich bemerkbar machte. Nach Bruch's Beobachtungen ist die Furcula der Vögel ein secundärer Knochen, sie ist nicht, wie Rippen und Brustbein, knorpelig präformirt. Das hintere Schlüsselbein ist ursprünglich ein selbständiges Skeletstück, durch Naht von der Scapula getrennt. Dasselbe Verhalten bieten nun auch die Clavicula und der Proc. corac. der Säugethiere, und diese Uebereinstimmung bestimmt uns, trotz der dann nicht analogen Anordnung der Muskeln, den Gabelknochen dem Schlüsselbein der Säugethiere homolog zu deuten.“ Pfeiffer nimmt also im Schultergürtel drei ursprünglich getrennte Stücke an, und lässt das Coracoïd mit der Scapula erst später verschmelzen. Ich finde,

\*) Anatomie u. Naturgesch. d. Vögel. 1810. S. 221.

\*\*) Osteografische Beiträge zur Naturgesch. d. Vögel. 1811. S. 10.

\*\*\*) Vorlesungen über Vergl. Anat. Uebersetzt von Frioriep u. Meckel. 1809. I. S. 222.

†) Philosophie anatomique. 1818. S. 112.

††) System der vergleich Anatomie. 1825. II. S. 84.

†††) Regne animal. 1817. I. S. 222. — Auch C. G. Carus, der in der ersten Ausgabe seines Lehrbuchs der Zootomie der älteren Deutung folgt, hat diese in der zweiten Auflage verbessert. R. Wagner vertritt ebenfalls die Cuvier'sche Deutung (Lehrb. d. Vergl. Anat. 1834—35. S. 526).

α) Analecten für Vergl. Anat. II. 1839. S. 2.

β) Zur vergleichenden Anatomie des Schultergürtels und der Schultermuskeln bei Säugethieren, Vögeln u. Amphibien. Giessen, 1854. S. 21.

dass man auch bei den Vögeln, wie oben für die Säugethiere angegeben, nur zwei Stücke annehmen darf; denn die Scapula geht mit dem Coracoïd aus einer gemeinschaftlichen knorpeligen Anlage hervor, und beide Theile sind selbst zu einer Zeit, da sie schon eine periostale Knochenschichte besitzen, noch ein einziges Skeletstück. Man wird sagen müssen, dass Scapula und Coracoïd der Vögel aus Einem primitiven Skeletstücke sich entwickeln, indem sie ursprünglich ein einziges Skeletstück vorstellten. Diese genetischen Verhältnisse halte ich für belangreicher als das später auftretende Verwachsen beider Stücke, obschon ich anerkenne, dass auch durch diesen Umstand die Zusammengehörigkeit der Theile sich ausdrücken kann. So hat auch bereits Borelli beide Theile als einen einzigen Knochen aufgefasst, wozu ihm nur das Verwachsen beider geleitet haben konnte.

Dass die Furcula der Vögel der Clavicula der Säugethiere entspreche, erweist sich wiederum aus der Entwicklung. Sie tritt bekanntlich völlig unabhängig von dem anderen Schulterknochen mit zwei Hälften auf, die sich erst später unter einander vereinigen. Die oben erwähnte Beobachtung Bruch's\*), dass jede Clavicula der Vögel (d. i. jede Furcula-Hälfte) als ein secundärer Knochen sich entwickle, habe ich dahin modificiren müssen, dass ein dünner Knorpelstreif vor der knöchernen Clavicula vorhanden ist, dass die Furcula somit nicht ganz so wie andre secundäre Knochen sich entwickelt\*\*). Da jene Anlage jedoch sehr bald, und ohne eine ansehnlichere Ausdehnung zu erlangen, unmittelbar ossificirt und dann die weitere Knochenbildung nur vom Periost aus stattfindet, so ist doch eine nicht unbedeutende Verschiedenheit von der Entwicklung anderer, knorpelig präformirter Knochen gegeben, und es bildet dieser Modus eine wichtige Uebergangsform von der einen Entwicklungsform der Knochen zur andern. Aehnliche Verhältnisse finden sich auch bei den Säugethiern. Die Existenz einer knorpeligen Anlage für die Clavicula habe ich beim Menschen nachgewiesen (Vergl. oben S. 5.). Es ist hier die Betheiligung des Knorpelgewebes am Aufbaue des Schlüsselheins viel ansehnlicher als bei den Vögeln, und nähert sich dadurch mehr jenen Verhältnissen, die bei der Entwicklung anderer, knorpelig angelegten Knochen stattfinden. Diese mehr quantitativen Verschiedenheiten des Entwicklungsganges sind nicht geeignet, die Erkenntniss der verwandtschaftlichen Beziehungen zu stören, die zwischen Clavicula der Säugethiere und Furcula der Vögel sich finden. Grössere Differenzen erheben sich dagegen in Betracht der Verbindung der Furcula mit dem Sternum, welche Verbindung durch kein gesondertes Episternum zu Stande kommt.

\*| Zeitschr. f. wiss. Zoolog. IV. S. 371.

\*\*| Jenaische Zeitschr. I. S. 13.

Geoffroy St. Hilaire deutet als Episternum ein Knochenstück, welches in gemeinsamer Anlage mit dem Sternum zwischen den Anfügstellen beider Coracoïdstücke bei vielen Vögeln mit besonderem Knochenkerne ossificirt. Durch seine Lagerung am Sternum hat der Knochen grosse Aehnlichkeit mit dem Episternalmittelstücke der Monotremen, allein es bleibt bei dieser äusserlichen Aehnlichkeit. Unmittelbare Beziehungen zur Furcula fehlen gänzlich, mittelbare bestehen nur durch jene Membran, die von der Concavität beider Aeste des Gabelknochens aus zum Sternum und Coracoïd sich ausspannt. In der Hauptsache, der Verbindung des Sternalendes der Hälften der Furcula untereinander und mit dem Sternum, liegen die Verhältnisse bei den Vögeln von denen der Säugethiere ganz verschieden. Es stellt sich hier eine anatomische Thatsache vor, die nicht von den Säugethieren aus beurtheilt werden kann. Sind doch schon die Verhältnisse der Ossification und der definitiven Gestaltung am Vogelsternum ganz anders als bei den Säugethieren. Wir erhielten aber dennoch bei den Säugethieren einige Winke, die zum Verständnisse des bezüglichen Baues der Vögel führen können, indem wir sahen, dass das Episternum zu den Theilen, die es verbindet, engere Beziehungen eingehen kann. Seine Queräste können mit der Clavicula verschmelzen und sein Mittelstück mit dem Sternum. Wie selbst die Claviculae bei den Vögeln unter einander verbunden sind, kann eine Verbindung des Episternum mit dem Sternum nichts sehr befremdendes mehr haben. Es ist dann aber nicht der von Geoffroy St. Hilaire als Episternum angesehene Theil des Brustbeines, der nur in einzelnen Fällen vorhanden von Owen als *Manubrium sterni* bezeichnet ward, sondern es ist vielmehr die *Crista sterni*, die hier in Betracht kommen kann. In wieweit sich hiefür Gründe aufführen lassen, werde ich weiter unten bei dem Episternum der Eidechsen zur Besprechung bringen.

In neuerer Zeit sind von Harting\*) die Membranen, durch welche die Furcula sowohl mit den Coracoïdstücken als mit dem Sternum verbunden ist, als Episternalapparat betrachtet worden. Dieser Autor unterscheidet zwei seitliche Lamellen, welche von der Furcula sich zum Coracoïd und zu dem anderen Fortsatz der Brustbeinplatte sich erstrecken, eine verticale hintere Mittellamelle, die theils von der Vereinigung der beiden Seitenlamellen aus, theils von der Furcula selbst zum Brustbeinkamm sich begibt, endlich eine zuweilen fehlende vordere horizontale Mittellamelle, die zwischen beiden Furculahälften sich ausspannt. Es ist nicht zu verkennen, dass sowohl durch die Lagerung dieser Membranen, als auch durch die Beziehungen derselben zum Perioste der Theile, an welche sie angeheftet sind, sowie endlich durch in ihnen vorkommende Ossificationen eine Verwandtschaft mit jenen Skelettheilen gegeben ist, und

\*) *L'appareil épisternal des Oiseaux*. Utrecht, 1864.

die im Episternalapparat der Saurier vorhandenen Beziehungen in etwas geänderter Ausführung sich wieder erkennen lassen. Wenn man weiss, dass in vielen Fällen feste Skelettheile durch weiche, ligamentöse Gebilde vertreten sind, so wird die Harting'sche Erklärung jener Membranen noch weniger fremdartig sich darstellen. Es fehlt aber derselben auch nicht an Schwierigkeiten, indem durch die Verbindung der seitlichen Membranen mit dem Coracoïd ein Verhältniss sich ausdrückt, das bei keinem Episternalskelet besteht. Ich möchte daher jenen Deutungen nicht in ihrem ganzen Umfange bepflichten, wenn ich auch für sehr wahrscheinlich halte, dass das Episternalskelet der Saurier in einem Theile dieser Membranen — namentlich der hinteren senkrechten Mittellamelle — aufgegangen ist. Der gänzliche Mangel aller Zwischenstufen ist hier ein Hinderniss jedes bestimmteren Erklärungsversuches, sowohl nach der einen als nach der anderen Richtung.

Abweichungen von den bei den Vögeln vorhin als herrschend angegebenen Einrichtungen des Schultergürtels finden sich nur in beschränkter Anzahl vor. Sie treffen die Papageien und in ansgedehnterem Maasse die straussartigen Vögel, und beruhen auf Verkümmernng oder gänzlichem Schwinden der Claviceln.

Bei den Papageien ist der Mangel der Furcula bald ein vollständiger, bald ein nur theilweiser. Nach Nitzsch\*<sup>1</sup>) soll die Furcula allen Platycercis abgehen. Vigors\*\*<sup>2</sup>) hat sie bei *Psittacus mitratus*, *Platycercus eximius* und *Psittacula Gulgula* mangelnd gefunden. Kuhlmann\*\*\*<sup>3</sup>) bei *Psittacus pullarius*, Stannius†<sup>4</sup>) bei *Psittacula passerina*. Nach Owen ††<sup>5</sup>) endlich fehlte sie bei den australischen Erdpapageien (*Pezoporus*) entweder gänzlich, oder ist immer rudimentär vorhanden. Durch Pfeiffer †††<sup>6</sup>) jedoch wurde nachgewiesen, dass gerade bei der Gattung, welcher mehrstimmig die Furcula abgesprochen ward (*Platycercus*), doch ein Rest dieses Knochens vorhanden sei, der genau an der Stelle liege, an welcher die Verbindung der Clavicula mit den Schulterknochen stattfindet. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass auch in den anderen Fällen der Mangel mehr auf Rechnung der Skeletisirung als der Skeletbildung zu schreiben ist. Pfeiffer begründet ausführlich die Bedeutung jenes Knochenstückchens als Furealrest und verweist mit Recht auf den Anschluss dieser rudimentären Bildung an ähnliche, wenn auch minder ausgeprägte Defecte, bei den Tucanen, Nashornvögeln und Eulen (*Strix*

\*), System der Pterylographic

\*\*<sup>2</sup>) Proc. of the zoolog. Soc. 1830

\*\*\*<sup>3</sup>) De absentia furculae Diss. Kilian 1842.

†) Vergl. Anat. d. Wirbelth. 1846. 257. Anmerk. 9.

††<sup>5</sup>) Art. Aves in Todd, Cyclopaedia. I. S. 285.

†††<sup>6</sup>) Op. cit. 26.

flammea, ulula), bei welcher letzteren die sehr schwach gekrümmten Claviculae am episternalen Ende nur durch Weichtheile vereinigt sind.

In allen diesen Fällen, in welchen der physiologische Werth der Clavicula gemindert sein muss, ist es auffallend, dass dennoch ein völliges Verschmelzen der Clavicula mit den anderen Schulterknochen fehlt. Dass auch darin die hohe Selbständigkeit von beiderlei Stücken sich ausspricht, ist gewiss nicht zu verkennen.

Schwieriger gestaltet sich die Beurtheilung des Schulterskeletes der straussartigen Vögel, und hier stossen wir zuerst auf ein weiteres Auseinandergelien der Meinungen. Bei allen Gattungen dieser Abtheilung besteht im erwachsenen Zustande der Schultergürtel jederseits aus einem einzigen Knochen, der die Pfanne des Schultergelenkes trägt. Die schmale dorsale Ast dieses Knochen ist unbestritten das Homologon der Scapula. Der ventrale, theilweise mit dem Vorderrande des Brustbeins articulirende ist verschieden gedeutet worden.

In allen Fällen kann man an dem ventralen Abschnitte des Schulterknochen denjenigen Theil, der in einem Abschnitt des Sternum eingreift, dem Coracoïd der übrigen Vögel gleich stellen, wie er denn auch von allen Autoren, bis auf Mayer, der ihn beim afrikanischen Strausse als Clavicula ansah, so beurtheilt wurde. Von dem Theile des Schulterknochens, welchen lateral die Gelenkpfanne trägt, geht median ein Fortsatz aus, der in verschiedenem Grade entwickelt ist, und je nach der Breite der gelenktragenden Theile des Schulderskeletes, bald dem scapularen Abschnitte, bald dem coracoïden anzugehören scheint. Bei Struthio ist dieser Fortsatz bis nahe ans Sternum entwickelt, er verschmilzt hier sogar mit dem Sternalende des Coracoïd, liegt aber nicht in demselben Niveau wie dieses, sondern sieht weiter nach vorne zu. Cuvier\*) hat diesen Fortsatz anfänglich als Clavicula betrachtet, und dem pflichtete die Mehrzahl der vergleichenden Anatomen bei, wie aus den Hand- und Lehrbüchern von Tiedemann, Wagner und Stannius zu sehen ist. Auch Meckel\*\*) erklärt dieses Stück, wenn auch nicht ohne Bedenken, für die Furcula. In dem Ringen nach der Anschauung, dass der ganze vordere Theil des Schulterknochens dem hinteren Schlüsselbeine, also dem Coracoïd der übrigen Vögel, entspreche, wird er durch das Auffinden eines besonderen Knochenkernes in dem medianen Stück jenes Knochens bei Rhea, an die allgemeynere Meinung festgehalten. Owen's\*\*\*) Aeusserungen haben diese nur befestigt. Dieser von Cuvier ausgegangenen Ansicht stellte derselbe Forscher eine andere

\*) Vorles. über vergl. Anat., übersetzt von Friepp u. Meckel. 1809. I. S. 224.

\*\*) System der vergl. Anat. 1824. I. II. S. 77.

\*\*\*) Artikel: Aves, in Todd, Cyclopaedia. I. S. 285.

entgegen\*), indem er dem Strausse die Furcula absprach und den von ihm dafür angesehenen Theil als Acromialfortsatz (*pointe acromiale*) erklärte.

Vergleicht man diesen Fortsatz bei *Struthio* mit jenem anderer *Cursores*, so trifft man ihn noch deutlich bei *Rhea*, wo er durch einen tiefen Ausschnitt vom *Coracoïd* geschieden ist. Nach d'Alton's\*\*) Angabe kann durch Vereinigung des Endes dieses Fortsatzes ein Abschluss des Abschnittes und darauf eine Oeffnung zu Stande kommen, die dann der bei *Struthio* vorhandenen, ungeachtet des bedeutenderen Umfanges des letzteren entspricht. Auch beim indischen *Casuar* ist der Fortsatz noch unterscheidbar, und ebenso bei *Dromaeus* (Vergl. Taf. II. Fig. 4.), wenig deutlich dagegen bei *Apteryx*. Indem dieser Fortsatz bei *Dromaeus* ein besonderes median und ventral gerichtetes Knochenstück trägt, welches, wie *Fremery*\*\*\*)) zuerst angegeben, nur einer *Clavicula* entsprechen kann, ist es klar, dass eine solche nicht in dem Fortsatz selbst gesucht werden darf.

Durch das Vorkommen eines *Clavicularrudimentes* bei *Dromaeus* wird aber nicht nur der dieses tragende Fortsatz des Schulterknochens in ein anderes Licht gesetzt, sondern es wird auch erwiesen, dass allen andern *Cursores*, die denselben Fortsatz besitzen, eine *Clavicula* abgeht. Es kann also auch nicht die bei *Apteryx* von Owen †) als Andeutung einer *Clavicula* angesehene Knochenleiste, die ein unterhalb des Schultergelenkes das *Coracoïd* durchsetzendes Loch median begrenzt, hieher gebracht werden. Dasselbe Loch findet sich bei *Dromaeus* ††), und ähnlich auch bei *Casuar*, wo es sogar in mehrere Oeffnungen zerfällt sein kann. Endlich fehlt diese Durchbohrung der medialen Seite des *Coracoïd* auch bei den andern Vögeln nicht †††). So findet denn die zweite Cuvier'sche Deutung in soweit ihre Bestätigung, als die *Clavicula* weder in jenem Fortsatze, noch in einer Oeffnung am *Coracoïd* medial begrenzenden Knochenleiste vorhanden ist. Es bliebe nun noch die Frage zu erörtern, ob der bei *Struthio* bis dicht ans *Sternum* reichende *Acro-*

\*) *Leçons d'anatomie comparée*, Sec. édit. 1835. I. S. 360.

\*\*) *Die Skelete der straussartigen Vögel*. S. 15.

\*\*\*)) *Spec. zoolog. sistens observat. de Casuario Novae Hollandiae Traject. ad Rhen. 1819. S. 58.*

†) *Transactions of the zoolog. Soc.* II. IV. S. 290.

††) Diese von Nerven und Blutgefässen durchsetzte Oeffnung ist variabel; sie kann beiderseits symmetrisch angeordnet sein, wie z. B. Harting sie abbildet (*L'Appareil épisternal des Oiseaux*. Fig. 1.), oder sie liegt einerseits im *Coracoïd*, während sie auf der andern Seite eine von Bandmasse ergänzte Incisur vorstellt, wie ich in einem mir vorliegenden Exemplare sehe.

†††) An derselben Stelle wie bei den *Cursores* findet sich dieses Loch im *Coracoïd* von Raubvögeln sehr deutlich. So bei *Aquila* (*A. leucocephala* u. *fulva*), *Sarcoramphus* (*S. gryphus*), *Buteo* (*B. vulgaris*), *Strix* (*S. bubo*, *flammea* und *aluco*). Bei *Circus* und *Astur* habe ich es vermisst. Von Meckel wird diese Oeffnung auch für andere Vögel angeführt.

mialfortsatz nicht als ein Theil des Coracoïd anzusehen sei. Schon Meckel\*) hat einen ähnlichen Fortsatz des Coracoïd bei anderen Vögeln als inneren Haken des hinteren Schlüsselbeins bezeichnet, und Pfeiffer betrachtet den ganzen vorderen Theil des Schulterknochens der Brevipennis als „hinteres Schlüsselbein, oder Os coracoïdeum“, indem er den Acromialfortsatz Cuvier's, den andere für das mit dem Schulterknochen verwachsene Schlüsselbein hielten, jenem inneren Haken des Coracoïd anderer Vögel vergleicht.

Diese Auffassung ist jedoch meiner Meinung nach nicht sicher zu begründen. Wenn man auch jenen „inneren Haken“ des Coracoïd in stärkerer Entwicklung sich vorstellt, so bleibt doch bei Struthio eine unmittelbare Beziehung zu dem Theile des Schulterknochens, der unzweifelhaft der Scapula entspricht, bestehen, und auch das Verhalten der Schlüsselbeinrudimente von Dromaeus lehrt, dass ein dem Acromialfortsatz der übrigen Vögel homologer Theil am Schulterknochen der Cursores vorhanden ist, und dass dieser Theil unmittelbar in das beim Strausse in Frage stehende Stück sich fortsetzt. Von dem Punkte an, den man bei den andern Vögeln als Acromion bezeichnet, verlängert sich die Scapula noch nach abwärts, ehe sie das Coracoïd erreicht. Das Acromion ist also nicht das äusserste Ende der Scapula nach vorn zu. Wenn man dem entsprechend bei Dromaeus die acromiale Verbindungsstelle der Clavicula mit als Ausgangspunct nimmt, so wird die Scapula noch unter dieser Stelle einen ihr zugehörigen Bereich besitzen, und da treffen wir denn den besprochenen Fortsatz. An der Bildung dieses Stückes wird sich also ein Theil der Scapula betheiligen müssen. Zieht man hiebei in Erwägung, dass der den „inneren Haken“ tragende Theil des Coracoïd sich immer gegen die in den Acromialfortsatz auslaufende Parthie der Scapula verbreitert, dass er also mit der Scapula zusammen einen nach innen ragenden Vorsprung bildet, so wird man den mit beiden Theilen des Schulterknochens in Zusammenhang stehenden Fortsatz der Strausse weder ausschliesslich als Acromion, noch als „inneren Haken“ ansehen dürfen. Ich halte daher den medialen Fortsatz des Schulterknochens von Struthio, wie die geringer ausgeprägten gleichartigen Gebilde der anderen Cursores, für eigenthümliche Einrichtungen, die nicht bei den Säugethieren, wohl aber bei den Reptilien sich wieder finden. Sie gehen aus demjenigen Abschnitte des Schulterknochens hervor, der lateral die Gelenkpfanne trägt, und mit ihrer stärkeren Entwicklung kann ihnen, wie beim Strausse, ein besonderer Knochenkern zukommen, während sonst die als Scapula und Coracoïd erscheinenden Knochen die Ossification dieses Fortsatzes von sich ausgehen lassen. Von der Untersuchung jugendlicher Zustände des Schulter skelets der Cursores wird es abhängen, ob die von mir gegebene Deutung die richtige ist. Dass sie in Bezug auf den

---

\*) System der vergl. Anat. II. II. S. 70 ff.

erwachsenen Zustand die naturgemässere ist, geht daraus hervor, dass durch sie die Beziehung des Fortsatzes zu Coracoïd wie zu Scapula erklärt wird.

Die beiden Coracoïdea verbinden sich nicht immer symmetrisch mit dem Brustbeine. Bei *Dromaeus* verlängert sich der Falz für das rechteitige Coracoïd gewöhnlich weit hinter jenen des linken, und die inneren Theile der untern Enden beider Coracoïdea sind somit über einander geschoben. In geringerem Grade finde ich ein ähnliches Verhältniss auch bei *Aquila* und *Ardea* (*A. vulgaris*). Bei letzterem liegt die innere Spitze des linken Coracoïd hinter jener des rechten. Ich erwähne diese Verhältnisse deshalb, weil sie eine Einrichtung vorstellen, die bei Amphibien und Reptilien verbreitet ist.

Was die Scapula selbst angeht, so sind deren Gestaltverhältnisse viel einfacher als bei den Säugethieren, selbst den Monotremen. Es wird angegeben, dass eine Spina fehle. Owen dagegen hat erklärt, dass der obere (resp. vordere) Rand der Scapula der Spina der Säugethiere entspräche. Dieses ist insofern richtig, als dieser Rand in die einem Acromion entsprechende, das Ende der Clavicula tragende Spitze ausläuft, und als bei den Monotremen derselbe Rand der Scapula, indem er bei *Echidna* wenig, bei *Ornithorhynchus* mehr nach aussen gekrümmt ist, den Anfang der Bildung einer Schulterblattgräte zeigt.

## Reptilien.

Die grössere Mannichfaltigkeit in der Zusammensetzung des Schultergürtels in dieser Abtheilung lässt es zweckmässig erscheinen, die einzelnen Unterabtheilungen gesondert zu untersuchen.

### Crocodile.

Der Schultergürtel wird hier bekanntlich nur aus zwei Knochenstücken zusammengesetzt, von denen das eine als Scapula, das andere anfänglich als Schlüsselbein, später von Cuvier als Coracoïd bezeichnet ward\*). Es kam kein Zweifel sein, dass dieses sich verbreiternde und am Ende in einem Falz des vorderen Seitenrandes des Brustbeins articulirende Stück dem gleichnamigen der Vögel homolog ist.

Auch es wird nicht weit vom Gelenktheile von einer Oeffnung (Taf. II. Fig. 5. f.) durchbohrt, wie bei vielen Vögeln, und durch diese Oeffnung tritt ein Nerv zu den vom Coracoïd entspringenden Muskeln.

\*) In dem Werke von Tiedemann, Oppel und Liboschitz (Naturgesch. der Amphibien, 1. Heft. Heidelberg, 1817. S. 19.) wird das Coracoïd zwar noch als Clavicula aufgeführt, dabei aber für wahrscheinlich gehalten, „dass dieser Knochen nur einen Theil des Schulterblatts, vielleicht den Hakenfortsatz darstellt.“

Für die Vergleichung des Schultergürtels der kaltblütigen Wirbelthiere mit jenem der warmblütigen ist der obere Fortsatz des Coracoïd der Crocodile von Wichtigkeit. Es ist dieselbe Verbreiterung, wie wir sie bei den Vögeln fanden, wo sie im Vereine mit der Scapula einen nach innen ragenden Vorsprung bildet, von welchem bei vielen Vögeln der „innere Haken“ Meckel's ausgeht.

Der Vorderrand des Schulterblattes zeigt hinter jenem Fortsatze eine breite, lateral in eine Kante übergehende abgeflachte Stelle, welche sich in sanfter Krümmung gegen die Basis scapulae zu verschmälert, und endlich in die vordere Kante ausläuft. Bei Cuvier \*) ist diese Stelle sehr genau dargestellt, sie wird aber nicht näher berücksichtigt. Bei den Vögeln war nichts Aehnliches vorhanden, wohl aber finden wir darin eine Uebereinstimmung mit dem Schulterblatte der Säugethiere. Wenn man die Scapula der Crocodile mit jener der Monotremen, besonders Ornithorhynchus, vergleicht, so wird sofort klar, dass jene Verbreiterung der dort in geringer Ausbildung begriffenen Spina scapulae entspricht. Der laterale Rand jener Fläche ist genau in denselben Verhältnissen (Taf. II. Fig. 5. sp.). Die Fläche selbst zeigt eine ähnliche Krümmung wie bei Ornithorhynchus. Die Anlage einer Spina scapulae bei dem Crocodile zeigt uns, wo wir das Acromion zu suchen haben. Wenn wir, von den Säugethieren ausgehend, als Acromion den von der Scapula sich erhebenden Fortsatz bezeichnen, auf welchen die Spina scapulae ausläuft, so könnten wir nur das vordere Ende jener Fläche der Crocodilscapula einem Acromion vergleichen. Dieses vordere Ende erhebt sich aber nicht als Fortsatz über das Hauptstück der Scapula, es ist somit noch kein Acromion in dem Sinne wie bei den Säugethieren vorhanden. Die Spina scapulae ist also hier eine dem Acromion vorausgehende Bildung. Man könnte den Fortsatz an der Crocodilscapula, der sich vor der Gelenkpfanne mit dem Coracoïd verbindet, als Acromialfortsatz betrachten. Es scheint diess dadurch sich zu begründen, dass der vordere Theil der Spina auf diesen Fortsatz tritt. Diesem widerspricht aber die Verbindung jenes Theiles mit dem Coracoïd, wodurch dieser nur als ein dem Körper der Scapula angehöriger Abschnitt erscheint. Er ist gleich jenem Theile der Scapula, der bei Ornithorhynchus und Echidna in das Coracoïd übergeht.

Diese Verhältnisse beleuchten auch die bei den Vögeln gegebenen. Indem Scapula und Coracoïd einen vorwärts und medial gerichteten Vorsprung bilden (Taf. II. Fig. 3.), an welchem nur ein ganz kleiner Theil der oberen Fläche einem Acromion (a) verglichen werden darf, wird ein weiterer Anhaltepunkt für die Beurtheilung des bei Struthio besprochenen Fortsatzes gebildet. Es wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass der analoge Fortsatz der Cursores gleichfalls nicht

\*) Oss. foss. Pl. 232. Fig. 9.

einseitig von nur einem der Schulterknochen gebildet wird. Für die übrigen Vögel ergibt sich, dass nur jene Spitze, in welche der obere (resp. vordere) Rand der Scapula ausläuft, einem Acromion vergleichbar ist. Die Scapula der Crocodile unterscheidet sich von jener der Vögel durch den Besitz einer Spina scapulae, die nicht mehr indifferent im obern (resp. vordern) Rande der Scapula mit inbegriffen ist, von der Scapula der Säugethiere dagegen durch den Mangel eines differenzirten Acromion, worin Crocodile und Vögel mit einander übereinkommen.

Ein anderer Anschluss an die Säugethierescapula besteht bei den Crocodilen durch die längere Persistenz einer Knorpelplatte an dem dorsalen Rande des knöchernen Schulterblattes. Bei *Alligator lucius* von 6 Fuss Länge ist dieses dem Suprascapularknorpel der Wiederkäuer vergleichbare Stück sehr mächtig vorhanden, indess es bei den Vögeln nur kürzere Zeit besteht\*).

Die Verbindung des Coracoïd mit der Scapula ist bei den Crocodilen wie bei den Vögeln. Bei jungen Exemplaren (von *Alligator lucius*) sind beide zur Bildung des Schultergelenkes beitragende Theile ziemlich beweglich, und bei noch jüngeren (von 1 Fuss Länge) ist die Beweglichkeit so bedeutend, dass es den Anschein hat, als ob hier ein Gelenk vorhanden sei.

Die Untersuchung von Durchschnitten durch die Verbindung beider Knochen an eben jenen jungen Exemplaren hat mich überzeugt, dass beide Stücke durch ganz continuirlichen Knorpel vereinigt sind, dass also eine Trennung durch eine Gelenkhöhle nicht einmal in der Andeutung vorliegt. Es wird dadurch der Schluss gerechtfertigt sein, dass auch bei den Crocodilen beide Stücke aus Einer knorpeligen Anlage hervorgehen.

Dem Mangel eines eigentlichen Schlüsselbeines correspondirt die Eigenthümlichkeit des Episternums, das bekanntlich nur durch ein langes, schmales, in eine Furche der Vorderfläche der Brustbeinplatte eingelassenes Stück vorgestellt wird, welches das Brustbein nach vorne zu überragt. Von den Säugethieren nach abwärts ist dies die erste Episternalbildung, welche, wie es scheint, nicht aus Knorpel hervorgeht, und darin müssen wir eine Kluft erkennen, die zwischen den homologen Theilen der Säugethiere und der Reptilien besteht. Sie wird noch erweitert durch den Modus der Verbindung mit dem Sternum, die in beiden Abtheilungen eine wesentlich verschiedene ist.

\*.) Diese Erscheinungen sind der Ausdruck der Verschiedenheit im Wachstume. Dem rascher beendeten Wachstume der Vögel steht das der Reptilien, das wenigstens für Schildkröten und Crocodile auf eine lange Zeit ausgedehnt ist, gegenüber.

## Schildkröten.

Die Entwicklung eines Hautskeletes und die Verbindung desselben mit dem inneren Skelete hat auch für die Erkennung der homologen Theile des Schultergürtels Schwierigkeiten entstehen lassen. Es wird dieser Apparat aus zwei gesonderten Stücken zusammengesetzt. Ein grösseres, welches von der Wirbelsäule aus in hakenförmiger Krümmung bis zum Plastron reicht, und in der Mitte seiner Länge die Hälfte der Gelenkpfanne trägt, die zur anderen Hälfte vom zweiten, horizontal und etwas nach hinten gerichteten Knochen gebildet wird. Die Abplattung des letzteren Stückes gegen das Ende zu hat eine sehr allgemeine Aehnlichkeit mit einer Säugethierscapula erkennen lassen und verleitete in den ersten Zeiten der Entwicklung der vergleichenden Anatomie zu einer entsprechenden Auffassung. Diese treffen wir bei Blumenbach und auch noch bei Cuvier in der ersten Auflage seiner Vorlesungen. Das im Winkel gebogene grössere Stück sollte nach Letzterem in seinem oberen Theile die Clavicula, in seinem unteren die Furcula der Vögel vorstellen, das hintere verbreiterte Stück dagegen die Scapula. Auch bei Bojanus\*) sind mehr die allgemeinen Gestaltungen der Knochen, als ihre Beziehungen maassgebend, und so wird denn auch hier das hintere horizontale Stück als Scapula, das ganze vordere Stück als Schlüsselbein angesehen. Carus\*\*) und Meckel\*\*\*) dagegen wollen im hakenförmigen Stücke oben die Scapula, unten die Clavicula sehen, im hinteren ein accessorisches Schlüsselbein oder Coracoïd. Eine ähnliche Auffassung vertritt auch Oken†), er sucht aber das Schlüsselbein, gewiss ganz richtig, nicht in dem vorderen Theile des hakenförmigen Stückes, welches er für das Acromion hält, erkennt es aber wohl unrichtig in dem ersten Knochenpaare des Plastron. Cuvier hatte zuerst in den Recherches sur les ossemens fossiles dieselbe Deutung für das hakenförmige Stück gegeben, und auch genauer begründet, und sieht im hinteren Knochen das Homologon des Coracoïds der Vögel. Er räumt aber dennoch die Möglichkeit ein, dass der vordere Schenkel des hakenförmigen Stückes einer Clavicula entsprechen könne, falls er mit dem dorsalen anfänglich nur durch eine Naht verbunden sei und so ein selbständiges Knochenstück vorstelle. Auch Stannius ††) sieht in dem vorderen Schenkel des grossen Schulterknochens einen Processus acromialis, der die Stelle einer fehlenden Clavicula vertritt. Aus der bedeutenden Divergenz dieser Ansichten,

---

\*) Anat. Testud. europ. Vilnae, 1821.

\*\*) Lehrb. d. Zoot. Leipz. 1818, S. 123.

\*\*\*) Syst. d. vergl. Anat. II. I. S. 442.

†) Isis, 1823. S. 446.

††) Zootomie der Amphibien. Berlin, 1856. S. 75.

die ausführlicher in der oben erwähnten Schrift von Pfeiffer\*) mitgetheilt sind, und dort zugleich eine kritische Beleuchtung finden, ersieht man die Schwierigkeiten, die bei dem Mangel festerer Anhaltspuncte der Vergleichung sich in den Weg stellen. Wie sehr aber diese Hindernisse durch eine Würdigung der Genese der Theile sich heben, geht aus den Untersuchungen hervor, die Rathke\*\*) über den Brustgürtel der Schildkröten mitgetheilt hat.

Rathke hat nachgewiesen, dass der gesammte Apparat jederseits aus einer einzigen Knorpelanlage hervorgeht, dass dann an dem hakenförmigen Stücke zwei Verknöcherungspuncte, einer im dorsalen, der andere im ventralen Abschnitte auftreten, von denen aus jeder dieser Abschnitte von der Gelenkpfanne aus gegen das Ende zu verknöchere. Das hintere Stück, Cuvier's Coracoïd, ist auch nach der Verknöcherung noch durch einen Knorpelrest mit dem vorderen, hakenförmigen verbunden. Bei den Seeschildkröten ist dies sogar für immer der Fall. „Später indess wird bei den Land- und Süßwasserschildkröten jener die beiden Stücke verbindende Ueberrest des Knorpels fast gänzlich in Knochensubstanz umgewandelt, und es erscheint dann ihre Verbindung als eine Sutura, die aber im höheren Alter mitunter durch Verwachsung ganz vertilgt wird.“

Alle im Brustgürtel der Chelomier ein Schlüsselbein sehenden Erklärungen erweisen sich nach den Rathke'schen Angaben über die Entwicklung, als irrtümlich, denn die Clavicula ist niemals mit dem Schultergürtel in knorpeliger Anlage vereinigt, und es wird auch die ursprüngliche Gliederung jener Theile „nicht wieder in der Art aufgehoben, dass nach begonnener Verknöcherung des Schulterblattes und Schlüsselbeines die Knochenmasse beider zu einem Ganzen verschmilzt.“ Es ist daher die Verknöcherung des vorderen Schenkels des hakenförmigen Stückes von einem besonderen Kerne aus, nach Rathke kein Grund, in diesem Theile die Clavicula zu sehen, wie Cuvier eventuell einräumte, vielmehr geht aus der Entwicklung mit Entschiedenheit hervor, dass dieser vordere Schenkel zum Schulterblatte gehörig sei. Rathke hält daher die Ansicht für richtiger, nach welcher das fragliche Knochenstück das Acromion der Säugethiere repräsentire.

Durch die Rathke'schen Darlegungen erscheint mir vor allem die wichtige Thatsache constatirt zu sein, dass bei den Schildkröten wie bei den bisher abgehandelten Abtheilungen ein einziges Schulterknochenstück vorhanden sei, von dem sich wie bei den Vögeln und Crocodilen, unter den Säugethiern bei den Monotremen ein hinterer, ventraler Schenkel den Anschein der Selbständigkeit dadurch gibt, dass er gar nicht, oder erst spät, mit dem Hauptknochen zusammen-

\*) Zur vergleich. Anat. des Schultergürtels. S. 33.

\*\*) Entwicklung der Schildkröten. Braunschweig, 1848. S. 136.

fliess. Ein besonderer Grund, dass der vordere ventrale Schenkel dem Acromion der Säugethiere homolog sei, geht weder aus der Entwicklung, noch aus der Vergleichung des fertigen Knochens hervor, denn das für diese Deutung vorzüglich maassgebende Moment, die Beziehung zum Schlüsselbeine, kommt bei dem Mangel einer Clavicula nicht in Wirksamkeit. Ich muss also vorläufig für besser halten, von der Vergleichung mit dem Acromion, überhaupt mit der Säugethierschulter, gänzlich abzusehen, und glaube vielmehr, dass es erst von den Amphibien aus möglich sein wird, über den Schultergürtel der Chelonier bestimmtere Aeusserungen zu thun. Doch darf schon jetzt eine Thatsache nicht übersehen werden, durch welche ein Licht auf den eigentlichen morphologischen Werth des fraglichen Acromialfortsatzes fällt. Es ist das die bis jetzt wenig beachtete Bandverbindung des Coracoïdknochens mit dem vorderen Schenkel des hakenförmigen Schulterknochen.

Je nach der Länge der Entfernung der Enden beider ventraler Schenkel des jederseitigen Schultergerüsts, erstreckt sich vom vorderen Schenkel bis zum hinteren ein kürzeres oder längeres Band, welches den zwischen beiden Knochen gelegenen Raum zu einer Oeffnung medianwärts abschliesst\*). Es tritt dieses Band auch in der Gestalt einer breiten Membran auf, die sich sogar, wie ich bei Chelydra finde, bis über die Hälfte der Länge des vorderen Schenkels lateralwärts erstreckt. Da die Entfernung der Enden des vorderen und des hinteren Schenkels von einander abhängig ist von der Breite der Enden des hinteren Schenkels oder des Coracoïds, so wird die Länge des Bandes zur Breite des Coracoïd in umgekehrtem Verhältnisse stehen. Es ergibt sich daraus, dass das Ende des Coracoïd mit seinem nach vorne gerichteten Winkel das Band theilweise vertreten kann, und es könnte sogar aus dieser Wechselbeziehung eine engere Zusammengehörigkeit abgeleitet werden. Da wir aber die übrigen Bedingungen, von denen die Verbreiterung des Coracoïdendes abhängig ist, noch gar nicht übersehen können, darf es mir nicht in den Sinn kommen, aus jenen Beziehungen des Bandes zu den beiden ventralen Schenkeln des Schultergerüsts weitere Schlüsse zu ziehen. Dagegen gestaltet sich die Sache ganz anders durch die histiologische Untersuchung jenes Ligamentstreifens.

---

\*) Dieses Band wird an vielen, vielleicht den meisten Skeletpräparaten, von Cheloniern vermisst, da bei den Museen meist der Grundsatz zu gelten scheint, alles nicht ossificirte als nicht zum Skelete gehörig anzusehen. — Auch der Episternalapparat der Säugethiere ist meist rudimentär — präparirt. Man wird dabei an eine Bemerkung des jüngeren Geoffroy St. Hilaire erinnert, in der gesagt wird, dass es seinem Vater nur mit grosser Mühe gelungen sei, der lange geübten grundsätzlichen Entfernung aller „rudimentären Organe“ von den Skeleten der Sammlung des Pflanzengarten Einhalt zu thun!

Es ergibt sich nämlich, dass das Band nicht einfach aus dem Perioste oder auch Perichondrium der Extremitäten jener beiden Knochenstücke hervorgeht, wie dies bei anderen Bandverbindungen der Fall ist, sondern dass im Gegensatze zu diesem mittelbaren Zusammenhange ein unmittelbarer Zusammenhang besteht. In jenen Fällen, wo das Band eine grössere Ausdehnung besitzt, geht der Endknorpel des Coracoïd ohne Grenze in das Band über, bildet eine allmählich dünner werdende Lamelle, die zwischen zwei Faserplatten eingeschlossen ist, und läuft endlich in reines Bindegewebe aus. Dieses stellt eine relativ kurze Strecke des Bandes vor, denn vor der Befestigung am vorderen Schenkel erscheint wieder Knorpelgewebe, welches dann in das Ende des vorderen Schenkels übergeht. Bei Testudo, auch bei Emys, wo das ganze Band kürzer ist, ist der Knorpel nur am Coracoïd entwickelt, und der ganze vordere Abschnitt des Bandes besteht aus glänzendem Sehngewebe, das sich an das Ende des vorderen Knochenstückes befestigt.

Wer geneigt ist, dem vorderen Schenkel des ventralen Theiles des Schultergürtels der Chelonier die Bedeutung eines Acromion zuzulegen, wie das von Cuvier, Stannius u. A. geschah, der kann vielleicht mit Hinblick auf den Bandapparat des menschlichen Skeletes jenes Band der Schildkröten dem Ligamentum coraco-acromiale vergleichen, wobei freilich für das Verständniss der Sache nichts weiter gewonnen ist. Ich halte eine solche Vergleichung vielmehr geradezu für unzulässig, denn es ist nachweisbar, dass jenes Stück einem Processus acromialis nicht entspricht. Das Acromion hatte sich, selbst unter den einfachen Verhältnissen der Monotremen, als ein Vorsprung der am Vorderrande der Scapula gebildeten Spina gezeigt, immer abgesetzt von dem gelenktragenden Theile der Scapula. Wenn der Begriff des Acromion nicht ganz aufgegeben werden soll, kann er in keiner Weise auf den vorderen Schenkel des hakenförmigen Stückes der Schildkrötenschulter angewendet werden. Ich betrachte daher dieses Stück als einen eigenen, den Säugethieren fehlenden Theil des Schultergürtels, und unterscheide ihn wegen seiner Beziehungen zum Coracoïd, als Procoracoïd. Ziehen wir die constante Verbindung beider ventraler Schenkel des Schultergerüsts durch eine Bandmasse in nähere Erwägung, so müssen wir dabei zwei bereits oben dargelegte Thatsachen mit in Betracht nehmen: Erstlich den allmählichen Uebergang von Knorpel in das Verbindungsband; zweitens den ursprünglichen Zusammenhang des Coracoïd mit dem hakenförmigen Schulterknochen. Durch ersteres wird die Beziehung, namentlich zum Coracoïd, angedeutet, durch letzteres wieder die Beziehung zum gesammten Schultergerüste. Es erscheint dadurch das Band nicht als eine Verbindung zwischen zwei heteronomen Skelettheilen, sondern zweier divergirender Aeste eines und desselben Skeletstückes. Es tritt aber in demselben Maasse zum Skelete selbst hinüber, als eine knorpelige Fortsetzung des Coracoïd sich in es hinein erstreckt.

Mit Hinblick auf die von Rathke gegebenen Nachweise über die knorpelige Anlage des Schultergürtels der Schildkröten muss man sich denselben aus einem dorsalwärts einfachen, ventralwärts jenseits des Schultergelenks in zwei Aeste auslaufenden Stücke vorstellen, das mit den ventralen Aesten durch die Verbindung, von deren Enden mittels eines nur theilweise ligamentösen Stranges eine ovale Oeffnung umschliesst. Dass der die Oeffnung medianwärts abschliessende Theil als ein wenn auch modificirter Theil des Skeletes selbst betrachtet werden muss, erhält eine bedeutende Stütze durch die Vergleichung der betreffenden Theile mit denen der ungeschwänzten Amphibien, auf welche bereits Meckel in dieser Hinsicht verwiesen hat. Ich werde daher bei diesen wieder auf die Schildkröten zurückkommen. Hier aber muss wenigstens das erwähnt werden, dass dasselbe Gebilde, welches bei den Schildkröten theilweise ligamentös ist, bei den ungeschwänzten Amphibien durchweg aus Knorpel besteht, und vom ventralen vorderen Schenkel des Schultergürtels in den hinteren unmittelbar sich fortsetzt.

Das an die Wirbelsäule angefügte Scapularstück des Schulterknochens weist an seinem Ende immer eine knorpelige Schicht auf, die auch ansehnlicher entwickelt und sogar, wie bei Emys nach Bojanus, mit einem besonderen Knochenkerne versehen sein kann. Man kann diesen Knorpel, wie auch bereits geschehen, einem Suprascapulare vergleichen. So wenig wie dieses bildet es jedoch einen selbständigen Abschnitt des Schultergürtels.

Nachdem vorhin auseinandergesetzt wurde, dass der Schultergürtel der Schildkröten kein Element aufweist, welches der Deutung als Schlüsselbein fähig wäre, nachdem ferner bereits durch Rathke's\*) Untersuchungen das Fehlen eines Sternum nachgewiesen wurde, darf es nicht befremden, wenn auch von einem Episternum keine sichere Andeutung vorhanden ist\*\*). Es entspricht dieser Defect vollständig den übrigen hier einschlagenden Skeletverhältnissen.

---

\*) Ueber die Entwicklung der Schildkröten. Braunschweig, 1848. S. 122. ff.

\*\*\*) Wenn Owen (On the Development and Homologies of the Carapace and Plastron of the Chelonian Reptiles. Philos. transact. 1849) in den beiden vorderen Seitenstücken des Plastron die episternalen Bildungen der Eidechsen und Monotremen erkennt, und in dem vorderen unpaaren Mittelstücke das Sternum, so gründet sich das nur auf die allgemeinste Aehnlichkeit. Die schon in der Anlage gegebene Trennung dieser „Episternalia“ ist für sich schon ein Moment, durch das diese Gebilde von den Episternalbildungen der Reptilien sich entfernen, und wodurch auch die Deutung des Mittelstücks als Sternum (true entosternal) ins Problematische gerückt wird. Bei den nicht unbedeutenden Differenzen in den Angaben Rathke's und Owen's, bezüglich der gesammten Skeletbildung der Chelonier, scheint mir eine neue Untersuchung nöthig zu sein, ehe über den Skeletpanzer dieser Thiere bestimmtere Anhaltspuncte der Vergleichung zu gewinnen sind.

## Eidechsen.

Das in dieser Abtheilung unter allen Reptilien am vollständigsten sich darstellende Schultergerüste hat zum Verständnisse der bei Vögeln und Säugethieren gegebenen Einrichtungen am meisten beigetragen, und ist maassgebend geworden für die Deutungen bei den übrigen. Wenn wir davon absehen, dass der in neuerer Zeit als Coracoïd bezeichnete Knochen von Cuvier\*) anfänglich als Schlüsselbein — analog wie bei den Vögeln — betrachtet wurde, treffen wir keine wesentlichen, im Verlaufe der Jahre entstandenen Differenzen in den Erklärungsweisen der einzelnen Theile, ausser bei Geoffroy St. Hilaire, dessen Angaben ich bei der Darstellung selbst berücksichtigen werde. Der ganze Apparat besteht jederseits aus einem grossen Schulterknochen, der sich mit seinem vorderen Stücke in einen Falz an den Vorderrand der rhomboidalen Brustbeinplatte einlegt, und der zugleich einen nach vorne gerichteten Fortsatz trägt, dem das humerale Ende des Schlüsselbeines sich verbindet. Das letztere ist auch hier, wie bei den Säugethieren, nicht dem Sternum unmittelbar, sondern durch ein besonderes Knochenstück, ein vorderes Brustbein, wie es von Rathke bezeichnet ward, oder Episternum, wie man es häufiger nennt, dem eigentlichen Sternum verbunden.

An Schulterknochen lassen sich mehrfache Abschnitte unterscheiden. Vor allem sind zwei ihm zusammensetzende Hauptstücke zu erkennen, die an der Pfanne des Schultergelenkes sich mit einander vereinigen, und an letzterer in der Regel ziemlich gleichmässig sich betheiligen. Das dorsal gerichtete Stück ist die Scapula der Autoren. Sie ist in der Nähe der Pfanne am schmalsten, verbreitert sich von da nach aufwärts und läuft in eine breite Knorpelplatte aus, die häufig Verkalkungen aufweist. Dieses als Suprascapulare aufgefasste Stück ist schärfer vom verknöcherten Theile der Scapula abgesetzt, an der Verbindungsstelle sogar ziemlich beweglich. Ich muss aber gleich hier erklären, dass es bei Embryen (nach Beobachtungen an *Lacerta agilis*) vor der Ossification der Scapula mit dieser ein Ganzes darstellt, und damit ebenso wie der Knorpel an der Basis scapulae mancher Säugethiere und Crocodile nur als ein nicht in den Ossificationsprocess gezogener Rest des primitiven Schulterblattes erscheint.

Verhältnissmässig klein ist das knorpelige Suprascapulare bei *Chamaeleo* (Taf. II. Fig. 22. ss.). Bei *Iguana* ist der breite Dorsalrand in 4—5 Zacken ausgezogen, deren Incisuren jedoch durch eine Membran ausgefüllt sind. Es entspricht dies der ähnlich ramificirten Knorpelverkalkung, die im Superseapulare von *Lacerta* (*L. agilis*) vorkommt (Fig. 10. ss.). Die zu Muskelursprüngen verwendete Fläche ist dadurch vergrössert, ohne dass eine grössere Knorpelmasse dabei in Verwendung kommt.

\*) Vorles. über vergleich. Anat., übersetzt von Froriep u. Meckel. 1809. I. S. 225.

Ein als Acromion anzusehender Fortsatz fehlt der Scapula, wenn man nicht eine nach vorne gerichtete Erhabenheit, an welche zuweilen das Ende der Clavicula angeheftet ist, so ansehen will. Diese Stelle hat aber eine sehr verschiedene Lagerung, bald trifft man sie nahe am Suprascapulare, bald weiter nach vorne gerückt, so dass sie dadurch nahe am Coracoïdeum sich findet, mit dem sie überdies hin und wieder durch Bandmasse auf ihrem Verlaufe zur Scapula vereinigt ist. Dass sie auch bis zum Suprascapulare sich erstrecken kann, geht aus einer Abbildung hervor, die Cuvier\*) von *Scincus* gegeben hat. Bei einem anderen Scincoïden, nämlich bei *Plestiodon* (Pl. Aldrovandi) (Fig. 17. 18.), finde ich die Clavicula zu einem besonderen acromionartigen Vorsprung gehend, der über dem Schultergelenke von der Scapula nach vorne sich erstreckt. Ein ähnlicher Vorsprung der Scapula ist auch bei anderen Sauriern, so z. B. bei den Ascalaboten, vorhanden, er stellt jedoch in keiner näheren Beziehung zum Schlüsselbeine, welches darüber hinwegzieht, um erst weiter nach oben am Rande der Scapula sich zu befestigen. Bei *Lacerta* dagegen nimmt derselbe Fortsatz die Clavicula auf. Er liegt hier zwischen Scapula und Suprascapulare (Fig. 10. \*). Auch bei *Chamaeleo* ist ein ähnlicher Fortsatz der Scapula an der gleichen Stelle vorhanden, und durch einen tiefen Ausschnitt vom vorderen Rande der Scapula geschieden, er geht aber auf das Coracoïdeum über und legt sich so an dasselbe an, dass der Vorderrand des letzteren ganz eben auf den Vorsprung sich fortsetzt. Durch diese Verschiedenheit in der Bildung der Scapula sowohl, als auch in den Beziehungen der Clavicula zur Scapula, wird man zu dem Schlusse berechtigt sein, dass eine wahre Acromionbildung der Scapula der Saurier abgeht. Wenn auch acromionartige Fortsätze vorkommen, so haben diese entweder ein anderes Verhalten zur Clavicula, oder sie treffen sich an solchen Stellen der Scapula, wo man ein Acromion nicht suchen kann. Will man daher die Anfügstellen der Clavicula an das Schulterblatt, wo sie durch Vorsprünge ausgezeichnet sind, als Acromion bezeichnen, so hat man sich dabei zu vergegenwärtigen, dass man wegen des Wechsels des Vorkommens und der Beziehungen darunter noch keine typischen Theile begreifen kann.

Noch mannichfaltiger als die Scapula zeigt sich die Gestaltung des Coracoïds. Es ist immer ein plattes, nach vorne zu anscheinlich verbreitertes Knochenstück, welches mit der Scapula entweder durch Naht verbunden, oder mit ihr zu einem einzigen Knochen verschmolzen ist. Es trägt immer zur Bildung der Schultergelenkpfanne (Fig. 10—21. g.) bei. Der mediale Rand articulirt mit seinem hinteren Abschnitte mit einer Rinne am vorderen Seitenrande der Sternalplatte, mit seinem vorderen Theile schiebt er sich hinter dem Episternum über das Coracoïd

\*) Oss. foss. Ed. IV. S. 245. Fig. 37.

der anderen Seite. Davon macht *Chamaeleo* eine Ausnahme, bei dem das relativ zu den übrigen Sauriern unansehnliche Coracoïd ganz dem Brustbeine angelenkt ist (Fig. 21.). Es ist das Coracoïd hier zugleich solid, während es bei den übrigen Familien der Saurier mit der Flächenvergrößerung eine Durchbrechung an einer oder an mehreren Stellen aufweist. Diese Lücken oder Fenster des Coracoïd werden zumeist als nur theilweise von diesem Knochen umschlossen angesehen, indem man sie von einem besonderen Skeletstücke, dem Epicoracoïd sich abschliessen lässt. Cuvier beschreibt das letztere in den *Ossemens fossiles*\*) bloß als einen Theil des Coracoïd selbst, der durch knorpelige Beschaffenheit oder blosse Verkalkung von dem übrigen Coracoïd sich unterscheidet. In den „*Leçons*“\*\*) dagegen heisst es: „Le coracoïdien est très large, et des échancrures y forment des branches le long desquelles s'étend un épicoïdien plus ou moins au figure de croissant.“ Es wird hier also das Epicoracoïd als ein selbständiges Skeletstück aufgefasst, welches mit den anderen Theilen des Schultergürtels völlig gleichwerthig erscheint. Aus einer solchen Anschauung ist auch die Deutung Geoffroy's hervorgegangen, die in dem Epicoracoïd das Homologon eines Episternums sieht. Dadurch wird das Epicoracoïd sogar einem ganz anderen Abschnitte des Brustgürtels zugetheilt, und noch viel weiter aus den Beziehungen gerückt, in welchen es wirklich durch seinen Zusammenhang mit dem Coracoïd sich findet.

Die Beachtung der ersten Anlage lehrt auch für das Epicoracoïd eine naturgemässere Auffassung. An Embryen von *Lacerta* besteht Scapula und Coracoïd aus einem einzigen Knorpelstücke. Indem nun diesseits und jenseits der Pfanne des Schultergelenks eine Knochenbildung auftritt, legt sich die knöcherne Scapula und das knöcherne Coracoïd an, und beide Stücke hängen nur durch Knorpel an der Gelenkpfanne zusammen (Fig. 10.). An den beiden Stücken ist aber die Verknöcherung eine sehr differente. Denn an der Scapula bildet sich vom Perioste her wahre Knochensubstanz, indess die Solidification des Coracoïd nur durch die Verkalkung des Knorpels besorgt wird. Es ergreift diese Verkalkung jedoch nicht das gesammte Coracoïdstück, sondern nur den um die Pfanne gelagerten Theil, und von da an erstreckt sie sich in einem vorderen Schenkel bis gegen die Mitte der vorderen Knorpelleiste, welche das im Coracoïd befindliche ovale Fenster umschliessen hilft. Mit einem hinteren Schenkel (Fig. 10. p.) erstreckt sie sich weiter medianwärts in den breiteren Theil des Knorpels und endet mit etwas eingebuchtetem Rande. Diese Einbuchtung theilt den verkalkten hintern und innern Abschnitt des Coracoïd in zwei Theile, einmal sondert sie einen nach vorne gerichteten, das Fenster

\*) *Oss. foss.* Edit. IV. T. X. 80.

\*\*) *Leçons d'anatomie comp.* Sec. Edit. T. I. 363.

von der medianen Seite her zur Hälfte umgrenzenden Theil als eine Art Fortsatz ab, von dem breiteren mit convexem Rande gegen die dünne mediale Knorpellamelle gerichteten Theile des verkalkten Coracoïdknorpels, und dann bildet sie aus dem letztern convex gerandeten Stücke einen zweiten Theil, der in den Falz der Sternalplatte einglassenen Abschnitt des hyalinen Knorpels übergeht (Vergl. Taf. II. Fig. 10.). Die Verkalkung der Knorpelanlage des Coracoïd geht nun nicht weiter continuirlich fort, sondern es treten an dem das Fenster umschliessenden Abschnitte (ec) noch zwei verkalkende Stellen auf, die nach vorne zu in einander übergehen und so das Fenster hufeisenförmig von vorne her umschliessen. Mit den ihnen entgegensehenden Fortsätzen, die vom Gelenkstücke des Coracoïd ausgehen und oben erwähnt worden sind, tritt das verkalkte hufeisenförmige Stück nicht in Verbindung, es bleibt vielmehr durch hyalinen Knorpel davon getrennt. Auch bei mehrere Monate alten Exemplaren von *Lacerta* habe ich das Coracoïd, das nunmehr in zwei Stücke, das eigentliche Coracoïd und das Epicoracoïd, zerfallen scheint, nur aus verkalktem Knorpel bestehend gefunden. Die Verknöcherung des Coracoïd muss daher verhältnissmässig sehr spät sich einleiten. Für das sogenannte Epicoracoïd kommt sie bekanntlich gar nie zu Stande. Aus der Art der Differenzirung des Epicoracoïd scheint mir kein zwingender Grund hervorzugehen, ihm eine grössere Selbständigkeit zuzusprechen, als dem Suprascapulare im Verhältniss zur Scapula. Beide sind Epiphysengebilde, deren Selbständigkeit nur durch die selbständig auftretende Knorpelverkalkung sich ausdrückt, und die darin von anderen Epiphysen niederer Wirbelthiere nicht verschieden sind. Wenn diese Stücke auf dem Epiphysenstadium verharren und nicht durch periostale Knochenbildung zum Hauptstücke eingezogen werden, so haben wir dabei den Umstand mit in Rechnung zu bringen, dass das Wachstum der Reptilien kein bestimmt begrenztes ist, dass wenigstens für alle jene Fälle, die die Grundlage der Untersuchung abgaben, eine völlige Beendigung des Wachsthumes nicht behauptet werden kann.

Nachdem ich die allgemeinen Beziehungen des Schulterknorpels auseinandergesetzt, erübrigt noch die Modification der Formen näher ins Auge zu fassen, und sie theils unter sich, theils mit denen der bereits abgehandelten Wirbelthiere in Einklang zu bringen. Beide Aufgaben sind nicht mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Die verschiedene Ausführung der Form wird zunächst durch die Fensterbildung hervorgerufen, Durchbrechungen der Platte des Coracoïd, die durch eine Membran verschlossen sind. Die einfachste Form bieten die Chamaeleonten, deren Coracoïd ohne solche Durchbrechung ist. Bei der Mehrzahl der Saurier scheint die Fensterbildung einfach zu sein. Es ist dann das Fenster durch ein schmaleres Stück nach vorne und seitlich nach hinten und medianwärts abgeschlossen (Fig. 10. 12. 1.).

Ich kenne dieses Verhalten bei *Lacerta*, *Calotes*, *Grammatophora*, *Histiurus*, *Plestiodon*, *Scincus* und *Anguis*. Die Verkalkung des Coracoïd bei *Lacerta* zeigte, wie oben erwähnt, in dem breiteren Theile der Knorpelplatte zwei Vorsprünge, die durch eine Incisur geschieden sind. Es war mir dieser Umstand deshalb bemerkenswerth, weil er die Andeutung eines zweiten Fensters ist, welches genau an der Stelle liegt, wo die Incisur bei *Lacerta* sich findet. Ob die einfenstrigen Coracoïdstücke anderer Saurier die Stelle, wo ein zweites Fenster auftritt, ebenso markirt haben, wird aus der Entwicklung bestimmter zu erschen sein. Es genügt einstweilen, solches bei Einer Gattung zu kennen. Hierbei kann noch angeführt werden, dass bei den einfach gefensterten Coracoïdstücken die Stelle, die bei den doppelt gefensterten durchbrochen ist, durch eine beträchtliche Düntheit des Knöchens sich auszeichnet (Fig. 14. 2.). Daraus geht hervor, dass an zweifenstrigen Coracoïdstücken das Hauptfenster das lateral gelegene (1) ist. Das medianwärts gelagerte ist das secundäre (2), das bei *Lacerta* nur durch den Gang der Verkalkung angedeutet wird. Es zeigt dieses Nebenfenster seinen geringeren Werth auch durch seine wechselnde Grösse. Sehr klein ist es bei *Monitor*: auch bei dem von Cuvier\*) untersuchten Leguan. Bei einer anderen Species von *Iguana* fand ich es dem Hauptfenster gleich, und bei *Hemidactylus* sogar noch etwas breiter (Fig. 20. 2.). Die *membrana obturatoria* war aber hier theilweise verknöchert, wodurch gleichfalls das Secundäre dieses Fensters sich ausspricht. Mehr als diese zwei Fenster sind vom Coracoïd der Saurier nicht bekannt. Wo eine weitere Fensterung vorhanden scheint, ist das Schulterblatt daran theilhaftig. Indem von einem Vorsprung der *Scapula*, der in der Nähe der *Clavicularinsertion* liegt, ein ligamentöser Strang nach vorne zum Coracoïd zieht, wird dadurch ein neues Fenster (Fig. 10. 3.) ungeschlossen. So finde ich es z. B. bei *Plestiodon* und *Monitor*. Ein zweiter von der *Scapula*, meist vom Gelenktheile derselben, entspringender knöcherner Fortsatz kann dieses Fenster wieder in zwei theilen, wie das bei *Iguana*, *Histiurus* und *Hemidactylus* der Fall ist. Das nach oben zu gerichtete Fenster (Figg. 16. 20. 4.) wird in seinen knöchernen Begrenzungen ganz von der *Scapula*, das untere und vordere (Figg. 16. 20. 3.) von der *Scapula* und dem Coracoïd gebildet. Von den Fenstern des Coracoïd unterscheiden sie sich dadurch, dass ihre vordere Umschliessung nicht durch Knorpel, sondern von einem bindegewebigen Ligamente bewerkstelligt wird, so dass sie in gar keiner Weise mit den als Durchbrechungen einer Knorpelplatte erscheinenden Coracoïdfenstern vereinigt werden dürfen.

Die genetische Verschiedenheit der eine Oberflächenvergrösserung abzielenden Fensterung an *Scapula* und Coracoïd wird dadurch verwischt, dass eine Ver-

\*) Oss. foss. Pl. 245. Fig. 34.

schmelzung der beiden Hauptstücke des Schulter skeletes eintreten kann, indem der diese trennende Knorpelrest verschwindet. Damit wird die ursprüngliche Einheit des Schulterknochens wieder hergestellt. Dass beide Stücke nicht so scharf scheidbare sind, bestätigt auch die wechselnde Beziehung eines Loches, durch das Nerven (und wie es scheint auch Blutgefässe) zu den vom Coracoïd entspringenden Schultermuskeln gehen. (Vergl. die Figg. 12. 14. 16. 18. 20.). Bei der Mehrzahl der untersuchten Gattungen liegt das Loch im Coracoïd, dicht über der Gelenkpfanne. Hier ist es mehrfach von früheren Autoren erwähnt. Es kann aber auch von dieser Stelle sich entfernen und in die Naht zwischen Coracoïd und Scapula rücken, wo es bei *Chamaeleo* (Fig. 22.), dann bei *Scincus* zu finden ist.

Der gelieferte Nachweis, dass die Fensterung des Coracoïd der Saurier in ihrer Mannichfaltigkeit auf bestimmte einfachere Verhältnisse sich zurückführen lässt, kann zugleich die Vergleichung jenes Skelettheiles mit dem Coracoïd anderer Wirbelthiere begründen. Es ist gezeigt worden, dass das eine lateral gelagerte Fenster das primäre (1), allen Eidechsen, mit Ausnahme der Chamaeleonten, zukommt, während das zweite, medianwärts gelegene, variabler Natur ist, von einfacher Andeutung an (Figg. 10. 14.), bis zu grosser Ausdehnung (Fig. 20.) in allen Mittelformen vorkommen kann.

Wenn wir daher das fester stehende von dem beweglichen, veränderlichen sondern, haben wir das Coracoïd von seinen Gelenktheilen an in zwei Fortsätze ausgehend uns vorzustellen, die vorne und median durch einen knorpeligen, nur verkalkenden Bogen mit einander verbunden sind, und so die als Hauptfenster bezeichnete Oeffnung umschliessen. Der vordere Fortsatz ist der schmälere, der hintere der breitere. Dieser Fortsatz kann wiederum sich spalten und so die Bildung des Nebenfensers (2) hervorrufen. Indem wir von diesem secundären Verhalten absehen, kommen nur zwei Schenkel des Coracoïd als Grundlage der Vergleichung in den engeren Kreis der Betrachtung. Wir treffen dieses zweischenkelige ventrale Schulterstück unter den Reptilien sofort wieder bei den Schildkröten. Der vordere Schenkel, den ich als Procoracoïd unterschieden ist auch da der dünnere, der hintere der breitere. Beide laufen in Knorpel aus, der theilweise die mediale Begrenzung des von beiden Schenkeln umschlossenen Raumes bildet. Der vollständige Abschluss kommt durch einen aus dem Knorpel sich fortsetzenden Bandstreifen zu Stande. Die so umschlossene Oeffnung wird dadurch zweifellos dem Hauptfenster des Coracoïd der Eidechsen homolog sein, deren Epicoracoïd in jenem Knorpel und Bande der Schildkröten sein Homologon finden wird.

Dass bei den Schildkröten das Procoracoïd mit der Scapula verschmolzen, während das Coracoïd durch Knorpel an der Gelenkpfanne davon getrennt ist, ist nur ein untergeordnetes Verhältniss, das sich durch die auch für das Coracoïd

beobachtete Verwachsung mit der Scapula und mit dem Procoracoïd wieder ausgleicht. Wenn wir bedenken, dass bei den Sauriern das ganze ventrale Schulterstück mit der Scapula verwachsen kann, so hat es durchaus nichts befremdendes, wenn bei den Schildkröten ein Theil davon, das Procoracoïd, früher, ein anderer, das Coracoïd, später oder gar nicht diese Verbindung eingeht, denn Coracoïd und Scapula sind ja selbst nur Abschnitte eines und desselben primitiven Skeletstückes. Diese letztere Erwägung, die ich bisher überall hervorgehoben, ist auch hier nicht aus dem Auge zu verlieren.

Von grosser Wichtigkeit für die Vergleichung ist die Untersuchung des Schultergürtels von *Anguis* (*A. fragilis*). Das Schulterstück (Taf. III. Fig. 1.) besteht aus einer Scapula, die da, wo sonst die Pfanne des Schultergelenkes sich findet, in zwei durch einen breiten beilförmigen Knorpel median vereinigte Schenkel ausläuft. Der hintere (*co*) ist auch hier der breitere, kommt aber keineswegs darin der Breite des gleichen Theiles der übrigen Saurier gleich. Er ist völlig verknöchert, im Innern mit weiten Markräumen versehen und setzt sich darin von dem knorpeligen Gelenkstücke der Scapula ab, wie er auch gegen den Epicoracoïdknorpel (*ec*) abgegrenzt ist. Der vordere Schenkel (*pe*) dagegen geht ohne Grenze, sowohl in den Epicoracoïdknorpel, als in den Knorpel der Scapula über. Diese bei *Anguis* bestehende Verschiedenheit zwischen vorderem und hinterem Schenkel des ventralen Schulterstückes entspricht genau den Eigenthümlichkeiten der Schildkröten, und wir können darin eine Vermittelung nicht verkennen, die zwischen den scheinbar differenten Schultergürtelformen der Saurier und Chelonier sich anbahnt.

Es bleiben bei dieser Vergleichung noch die Crocodile und die Chamaeleonten zu berücksichtigen, deren ventraler Theil des Schultergürtels aus einem einfachen, nicht durchbrochenem Stücke besteht. Wenn man davon ansieht, dass das Procoracoïd der Eidechsen sammt dem ihm zugehörigen Theile des Epicoracoïd nicht in der Gelenkrinne des Sternum ruht, sondern vor dem Sternum mit dem der anderen Seite sich kreuzt, so könnte man sagen, dass den Crocodilen und Chamaeleonten nur das eigentliche Coracoïd der Saurier zukomme, und das Procoracoïd mit dem ganzen Epicoracoïd fehle. Denkt man sich bei den Sauriern den die Fenster umfassenden Theil hinweg, so entspricht das übrig bleibende genau dem Coracoïd der Chamaeleonten und Crocodile. Es ist dieses somit eine einfachere Form, aus der man sich das complicirtere Stück der Saurier ableiten kann. Durch diese einfachere Form entfernen sich die Crocodile hinsichtlich des Schultergürtels von den Schildkröten, nähern sich aber den Vögeln, denen, mit Ausnahme der *Cursors*, die einfache Form des ventralen Schulterstückes als Coracoïd zukommt. Auch mit den Säugethieren bestehen von den Sauriern her verwandtschaftliche Beziehungen, insoferne die Bildung eines Epicoracoïd bei den Monotremen wiederkehrt.

Hinsichtlich der Clavicula habe ich deren erstes Auftreten als knöcherne Bildung zu constatiren. Die Beobachtung wurde an *Lacerta agilis* gemacht. Dadurch ist nur ein geringer Unterschied gegen die Clavicula der Vögel gegeben, denn dort ist die knorpelige Anlage eine äusserst geringe und nur ganz kurze Zeit andauernde. Die secundäre Knochenbildung prävalirt. Bei den Eidechsen ist sie die ausschliessliche. Es muss beim ersten Blicke befremden, dass ein gewiss homologes Skeletgebilde da unmittelbar aus Knochengewebe hervorgeht, dort eine knorpelige Anlage besitzt. Wenn auch die bei Vögeln und Eidechsen gefundenen Verhältnisse nur geringere Verschiedenheiten bieten, so ist eine grössere Kluft zwischen der Bildung der Clavicula der Eidechsen und der Säugethiere, indem für die Clavicula des Menschen eine nicht unbeträchtliche Knorpelanlage von mir nachgewiesen ward. Indem man auf diese thatsächliche Verschiedenheit grosses Gewicht legt, kann man zu der Ansicht gelangen, dass die Clavicula der Säugethiere und jene der Saurier ganz verschiedene Bildungen seien, sowie neulich von Huxley\*) das Sphenoïdale basilare des Schädels der Knochenfische und der Amphibien, welches bisher als das Homologon des vorderen und hinteren Keilbeinkörpers der Säugethiere angesehen war, als ein diesen Theilen ganz fremdes Element (Parasphenoïd) erklärt wurde. So sehr ich mit dieser Auffassung übereinstimme, so wenig möchte ich diesen Fall für einen mit dem der Clavicula analogen ansehen, und das Schlüsselbein der Säugethiere von dem der Eidechsen typisch verschieden halten. Es lässt sich das daraus begründen, dass knorpelige und knöcherne Clavicula nicht nebeneinander selbständig existiren, wie dort in dem über dem Parasphenoïd gelegenen Theile des Primordialcraniums die Anlage des Sphenoïdale basilare gegeben ist, sondern dass hier die knorpelige Anlage, wo sie auftritt, doch in die knöcherne Clavicula mit übergenommen wird. Es handelt sich hier um die Aenderung der Anlage eines Skelettheiles, durch welche ein in den unteren Abtheilungen nicht knorpelig vorgebildeter Knochen mit der Gewinnung einer knorpeligen Anlage in die Reihe der typischen Skeletstücke tritt.

Was die Formverhältnisse und Verbindungen der Clavicula der Saurier angeht, so sind für beide ziemlich wechselnde Zustände hinlänglich bekannt. In seinen Krümmungsverhältnissen entspricht der Knochen am meisten der Clavicula der Vögel. Gegen das mediale Ende verbreitert sich der Knochen selten in bedeutendem Grade, und wenn das der Fall, ist er dort von einem Fenster durchbrochen, wie z. B. bei *Scincus*, *Hemidactylus* (Taf. II. Fig. 19.), *Lacerta* (*L. viridis*). Meist ist das mediale wie das laterale Ende etwas zugespitzt, was hauptsächlich für jene Fälle trifft, wo der Knochen den Querästen des Episternum aufliegt. Es

---

\*) Lectures on the Elements of comparative Anatomy. London, 1864.

ist das aber durchaus nicht ausschliessliches Verhalten, denn bei *Lacerta agilis* läuft die mediale Spitze weit am Queraste gegen die vordere Spitze des kreuzförmigen Episternum aus. Eine ansehnliche Verbreiterung durch eine nach hinten vorragende dünne Knochenlamelle zeigt die Clavicula nicht selten zur Verbindung mit den Querästen des Episternum. Es ist dieser Fortsatz bei *Lacerta* und *Scincus* sehr ansehnlich, wenig bei *Trachysaurus* vorhanden. Bei vielen, wo sonst die nämlichen Verhältnisse des Episternum bestehen, fehlt er ganz. Die Verbindung der Clavicula mit der Scapula ist als eine bezüglich der Stelle sehr mannichfaltige bereits oben geschildert worden. Ebenso mannichfach ist die mediale Verbindung. Sie findet in allen Fällen mit einem Theile des Episternum statt, und zwar entweder mit dem vorderen Ende des Episternum, z. B. *Hemidaetylus* (Taf. II. Fig. 19.), oder mit den Querästen desselben (*Monitor*), oder mit beiden Theilen zugleich. Der letztere Modus gliedert sich wieder in zwei Variationen, die von der Form des Episternum abhängig sind. Entspringen die Queräste des Episternum vom vordern Ende entfernt (Kreuzform), so sind nur die Enden der Queräste mit dem Schlüsselbeine in Verbindung, und ebenso das Ende des Vorderstücks (*Lacerta*, *Trachysaurus*). Ist das Episternum T-förmig gestaltet, so liegen die Claviculae den seitlichen Schenkeln auf längerer Strecke an und enden am Mitteltheile (*Iguana* Fig. 15.). Die medialen Enden der Clavicula sind entweder von einander entfernt, oder sie berühren sich und sind dann entweder durch lockere Bandmasse oder durch Synchondrose in Zusammenhang. Letzteres finde ich bei *Trachysaurus*. Es wird dadurch eine Beziehung der Claviculae zu einander bewerkstelligt, die an die Fureula der Vögel erinnert.

Das Episternum der Saurier ist in neuerer Zeit in einer sorgfältigen Arbeit von Rathke\*) in allen seinen Beziehungen geschildert worden, so dass ich über die specielle Ausführung dieses Skelettheiles nicht näher mich zu äussern brauche. Anders verhält es sich mit dem morphologischen Werthe dieser Bildung, in welcher Beziehung die Erörterungen weniger reichlich vorliegen. Von Geoffroy St. Hilaire wurde das Episternum der Saurier — wie das der Monotremen — der Fureula der Vögel gleichgestellt. Sonst wird ganz allgemein das T- oder kreuzförmig, oder auch als einfaches Knochenstäbchen erscheinende Episternum der Saurier mit den bei Säugethieren vorhandenen, vor dem Brustbeine gelegenen Gebilden, die den gleichen Namen tragen, verglichen. Wenn man die allgemeinsten Beziehungen zu Schlüsselbein und zu Sternum auffasst, so kann an der Richtigkeit dieser Deutung wenig Zweifel sein. Bei einer näheren Prüfung erscheint die Sache nicht so ganz einfach.

\*) Ueber den Bau und die Entwicklung des Brustbeins der Saurier. Königsberg, 1853. 4.

Erstlich ist die Lage des Episternum der Saurier eine andere, als bei den Säugethieren, und zwar liegt immer sein mediales Stück eine grössere oder geringere Strecke weit auf der ventralen Fläche des Sternum, während das Mittelstück des Episternum der Säugethiere unmittelbar vor dem Brustbein gelagert war. Zweitens ist es bei den Säugethieren immer knorpelig präformirt, bei den Sauriern dagegen tritt es sofort als knöcherne Bildung auf. Wie es im ersten Falle mit dem Sternum übereinstimmt, ist es im zweiten von ihm verschieden, denn das Sternum geht überall aus einer knorpeligen Grundlage hervor. Will man in der genetischen Verschiedenheit einen Grund für die verschiedene Bedeutung finden, so kann man allerdings beiderlei Episternalbildungen nicht zusammenwerfen. Man hat in ihnen Einrichtungen zu erkennen, denen bei aller Aehnlichkeit ihres anatomischen Verhaltens doch eine bedeutende Verschiedenheit zu Grunde liegt. Ich nehme daher Anstand, jene Episternalbildungen ohne weiteres aneinander zu reihen, und wenn ich sie auch nicht für einander fremde Gebilde betrachte, so will ich doch constatiren, dass zwischen beiden eine grosse Reihe uns noch gänzlich unbekannter Uebergangsstufen eingeschaltet werden muss. Dabei halte ich es für eine gegenwärtig noch gar nicht zu beantwortende Frage, ob jene Uebergänge ins Episternum der Säugethiere überhaupt als fortlaufende gedacht werden können, denn es schliesst sich keineswegs die Möglichkeit ab, dass bei den Sauriern der Endpunct einer Entwicklungsreihe vorliegt, die erst in weit zurückliegender Ferne an Bildungen anknüpft, aus welchen der Typus der Säugethiere allmählich hervorging.

Mit gleicher Schwierigkeit ist das Aufsuchen der Anschlüsse an die Vögel verbunden. Wie bereits oben erwähnt, ist ein bei manchen Vögeln vorkommender vorderer Fortsatz, der zwischen dem Coracoïdstücke von der Brustbeinplatte vorspringt, von Geoffroy St. Hilaire als Episternum bezeichnet worden, Andere haben ihn dann in gleicher Weise aufgefasst. Da dieser Theil aus dem Knorpel des Brustbeins hervorgeht, und zur Furcula gar keine directen Beziehungen besitzt, ist die genannte Vergleichung nicht gut zu begründen. Auch für eine andere Ansicht, die C. G. Carus\*) ausgesprochen, ist es schwer, sichere Anhaltspunkte zu finden. Carus sieht in dem mittleren Stücke des Episternum der Saurier das Aequivalent des Brustbeinkieles der Vögel. Es bestehen gewiss innige Beziehungen zwischen beiden Theilen in der Lagerung, und noch innigere dadurch, dass jenes Stück nicht blos in die Periostlage der Brustbeinplatte eingeschoben ist, sondern

\*) Lehrbuch der Zootomie. Leipzig, 1834. S. 158. 179. Ich hatte diese Ansicht in meinen „Grundzügen der vergl. Anat. Leipzig, 1859.“ adoptirt, weil ich damals auf die Verbindung der Furcula mit der Crista sterni grösseren Werth legte.

sogar damit ohne Grenze verwächst, z. B. bei den Ascalobotae. Da aber die Crista sterni der Vögel nicht selbständig angelegt ist, sondern in unmittelbarem Zusammenhange mit der Brustbeinplatte, so kann aus der Entwicklung kein stringenter Beweis für jene Deutung der Crista geliefert werden, und es kann die Beziehung des Mittelstücks vom Saurierepisternum zur Vogelcrista blos vermuthungsweise bestehen. Während also die Vergleichung der Verhältnisse des fertigen Skeletes die That-sachen zu Gunsten der von Carus geäußerten Ansicht gelagert zeigt, werden wir durch die Entwicklungsgeschichte wieder davon abgelenkt. Es fragt sich nun, welcher Werth dieser entwicklungsgeschichtlichen Verneinung zugetheilt werden darf, denn davon kann doch nur allein die Tragweite ihrer bestimmenden Kraft abhängig sein. In dieser Hinsicht haben wir in Erwägung zu ziehen, dass in der embryonalen Anlage zwar sehr häufig Zustände erkennbar sind, die an eine niedere Organisation sich anschliessen, und dadurch die fertige höhere Form mit dieser niederen in Verbindung bringen. Allein es ist diese Erscheinung nichts weniger als ausschliesslich, und es ergeben sich zahllose Beispiele, wo der bezügliche Theil ganz und gar die Grundzüge des fertigen aufweist, und wo unmittelbar aus dieser Anlage keineswegs die Beziehungen erkannt werden können, welche aus der Prüfung einer Reihe von Organismen für ihn hervorgehen. Das obere Tarsusstück, welches bei den Vögeln mit der Tibia verschmilzt, ist zwar in der Anlage ein von der Tibia getrenntes, selbständiges Skeletstück, es ist aber nicht möglich, aus ihm allein zu bestimmen, welchen Theilen des Tarsus es entspricht. Wenn man nicht weiss, dass bei den Reptilien das Centrale (Naviculare) mit dem Astragalus sich verbindet, und dass diesem wieder der Calcaneus verbunden ist, wenn man nicht weiss, dass der Tarsusknochen, den wir Astragalus nennen, aus einem tibialen und einem besonderen intermediären Stück der geschwänzten Amphibien sich zusammensetzt: so ist es ganz unmöglich, zu erkennen, das jenes Stück des Vogeltarsus vier gesonderten Tarsusstheilen entspricht, die bei den Amphibien bleibend unterscheidbar sind. Die embryonale Anlage zeigt uns also nur bis zu einem gewissen Grade die Beziehungen zu nächst niederen Organismen, und wir müssen anerkennen, dass da, wo das nicht der Fall ist, diese Beziehungen deshalb noch nicht gänzlich zu fehlen brauchen.

Wenden wir diese Erwägungen auf die Sternalleiste der Vögel an, so ist aus der mit der Brustbeinplatte zusammenhängenden Anlage noch keineswegs die unbedingte typische Zusammengehörigkeit beider Theile zu ersehen, es ist die Sternalleiste keineswegs nothwendig eine reine Anpassungsbildung\*) zur Vergrößerung

\*) Eine solche aus der Accommodation an veränderte Leistungen hervorgegangene Bildung ist die Sternalleiste der Säugethiere (Fledermäuse, Maulwurf). Hier kann nicht daran gedacht

der Ursprungsflächen der Brustmuskulatur, sondern sie kann ebenso aus einem Episternum hervorgegangen sein, das allmählich engere Verbindungen mit dem Sternum einging, um endlich mit ihm in eine gemeinsame Anlage zu verschmelzen. Weit davon entfernt, dieser Möglichkeit die Bedeutung einer Thatsache einzuräumen und darauf hin die *Crista sterni* als Homologon des Episternum der Saurier zu betrachten, durfte ich doch nicht einfach darüber hinweggehen, schon deshalb nicht, weil durch das Bestehen dieser Möglichkeit die andere Ansicht keineswegs als eine ganz gesicherte erscheint.

### Enaliosaurier.

Der Schultergürtel dieser Abtheilung besteht bekanntlich aus einer Scapula, an welcher am Schultergelenke ein ansehnliches beilförmiges Coracoïd angefügt ist. Mit der Scapula verbindet sich — bei *Ichthyosaurus* — eine Clavicula, welche sich mit ihrem medialen Ende einem Episternalstücke auflagert.

Die wichtigste Differenz von den Eidechsen besteht hier in dem Fehlen eines Brustbeines\*), wodurch die Verbindung der Coracoïdstücke in der Medianlinie beeinflusst zu sein scheint. Es kommt dadurch eine allen übrigen Reptilien fehlende Einrichtung zu Stande, die in ihren mechanischen Leistungen das Sternum ersetzen kann. Von nicht geringerer Bedeutung halte ich noch zwei andere Thatsachen. Erstlich das Vorkommen eines Episternum bei mangelndem Sternum, wodurch die relative Unabhängigkeit beider Theile hervorgeht. Eine zweite Thatsache betrifft die Verbindung der Clavicula mit der Scapula. Bei den lebenden Sauriern findet diese Verbindung entweder an einer oder an mehreren Stellen statt. Der erstere Fall ist der häufigere. Niemals aber ist die Vereinigung in einer grösseren Ausdehnung gegeben, während bei *Ichthyosaurus* der ganze Vorderrand der Scapula dem Schlüsselbeine eine Lagerstätte bietet\*\*); damit sind Verhältnisse gegeben, die durch ihr Vorkommen im Schultergürtel der Fische zum Verständnisse des letzteren nicht wenig beizutragen im Stande sind.

werden, einen Zusammenhang mit dem Episternum anzunehmen, denn das Episternum der Säugethiere liegt niemals der ventralen Brustbeinfläche auf. Bei den Vögeln dagegen liegt die Beurtheilung durch die enge Verwandtschaft mit den Sauriern in ganz anderer Weise.

\*) Für *Ichthyosaurus* ist das zwar zweifellos, allein bei *Plesiosaurus* wird von *Conybear* ein eigenthümliches, vor den Coracoïdknochen gelagertes Stück als Sternum bezeichnet, welche Deutung von *Cuvier* mit Recht in Frage gestellt wird (*Oss. foss.* 4. Edit. Vol. X. S. 458.). Der Brustgürtel von *Plesiosaurus* scheint in der *Conybear*'schen Restitution auch in dem als Scapula aufgefassten Stücke nicht ganz sicher zu sein.

\*\*\*) *Cuvier*, *Oss. foss.* 4. Ed. Atlas Pl. 258. Figg. 3. 5.

## Amphibien.

Die hier vorhandenen Einrichtungen des Schultergürtels reihen sich in der Hauptsache an die der Reptilien an, sind aber durch mehrfache Eigenthümlichkeiten davon verschieden. Ich erkenne bei den Amphibien zwei Modificationen einer und derselben Grundform des Schultergürtels, in den zwei grösseren Abtheilungen, und werde deshalb der Uebersichtlichkeit wegen beide Abtheilungen gesondert vorführen.

### Ungeschwänzte Amphibien.

Die am Schultergürtel der ungeschwänzten Amphibien nach und nach in Anwendung gekommenen Erklärungsweisen geben durch ihre Mannichfaltigkeit ein Zeugniß für die Schwierigkeit des Objectes oder für die Unzulänglichkeit der Methode der Bestimmung ab. Es gilt dies vornehmlich für den ventralen Abschnitt und die damit in Verbindung stehenden unpaaren Stücke, während der dorsale Theil immer gleich als Scapula beurtheilt ward. Was die ventralen Stücke angeht, so werden die beiden von dem Schultergelenke ausgehenden Theile von Cuvier<sup>\*)</sup> als Schlüsselbeine bezeichnet, welche sich an die zwei Enden des Brustbeins legen. Das letztere ist nach demselben Autor<sup>\*\*</sup>) ein sehr entwickeltes Gebilde, welches vorn in einen scheibenförmigen Knorpel ausläuft und nach hinten in eine andere Knorpelscheibe endet, während der mittlere Theil die Schlüsselbeine aufnimmt. Von Geoffroy St. Hilaire<sup>\*\*\*</sup>) wird der vordere Schenkel als „Furculaire“, der hintere als „Coracoïd“ bezeichnet. Die beiderseitigen Stücke werden durch ein Mittelstück des Brustbeins (Entosternal) vereinigt, dem vorn ein „Episternal“, hinten ein „Xiphisternal“ angefügt ist. Später hat Cuvier<sup>†</sup>) die beidendivergirenden Schenkel gleicherweise wie Geoffroy bezeichnet, es ist aber keine Rede mehr von einem mittleren Sternalstücke. Es heisst darüber: „On ne voit guère entre les clavicules et entre les coracoïdiens que ce qu'il y a toujours de fibro-cartilage dans les articulations de ce genre, en sorte que l'on peut déjà dire que la jonction de ces os de l'épaule entre eux interrompt le sternum.“ Demgemäss wird der die Enden der Clavicula und des Coracoïd jederseits verbindende Knorpel diesen selbst zugerechnet. Nur in jenen Fällen, wo die Clavicula sich mit ihrem untern Theile mit der der anderen Seite vereinigt und noch vor diesen Knochen ein Knorpel sich findet, hält Cuvier die Möglichkeit offen, dass diese Stücke,

\*) Vorlesungen, übers. von Fricap u. Meckel. I. S. 226.

\*\*\*) Ibid. S. 189.

\*\*\*) Philosophie anatomique.

†) Oss. foss. 4. Ed. X. S. 298.

wenn sie nicht Epiphysen der Clavicula sind, oder zum Episternum gehören, Theile eines Sternum sein können.

Eine grössere Anzahl von Theilen wird von Mertens\*) unterschieden, der das nähere Verhalten zugleich genauer beschreibt: Das vordere Stück soll der Furcula, das hintere einer Clavicula entsprechen. Der beide medianwärts vereinigende Knorpel wird als Körper eines Sternum gedeutet, das „Episternum“ Geoffroy's als Manubrium Sterni, das Xiphosternal aber in Uebereinstimmung mit Geoffroy als Schwertfortsatz. Ein von älteren Autoren übersehenes Stück liegt da, wo die Scapula mit Furcula und Clavicula sich verbindet.

Am sorgfältigsten ist die von Dugès\*\*) angestellte Untersuchung. Es werden da sechs verschiedene Stücke unterschieden und die Vergleichung derselben nicht nur unter den Amphibien, sondern auch mit den Reptilien ausgeführt. Zwei Stücke kommen der Scapula zu, Scapulare und Adscapulum (Omolita Geoffroy's). An der Gelenkpfanne theilt sich die Scapula in zwei Aeste, wovon der äussere und vordere dem Acromion oder seinem Anfange an der Spina scapulae entsprechen soll, indess der innere hintere klärlich den Processus coracoïdes der Säugethiere vorstellt. Die zwischen diesen beiden Vorsprüngen der Scapula liegende Ausbuchtung wird durch ein lange Zeit knorpelig bleibendes Stück zu einem Loche abgeschlossen und dieses bereits Mertens bekannte Knorpelstück stellt das ligamentum acromio-coracoïdeum des Menschen dar. Ein anderes Stück wird „Paraglénale“ benannt. Es verbindet die Scapula mit den anderen ventralwärts zusammentretenden Stücken. Das vierte, welches sich an den Coracoïdfortsatz der Scapula anschliesst und sowohl sich mit dem gleichartigen der anderen Seite verbindet, als die hintere Partie des Sternum stützt, ist das Coracoïd. Parallel mit diesem verläuft von dem Acromialfortsatz der Scapula das fünfte Stück gegen den vorderen Theil des Sternum; es ist das „acromiale“. Das sechste Stück endlich wird durch die wahre Furcula oder das Gabelschlüsselbein gebildet. Es ist dies ein bald beständig, bald nur lange Zeit hindurch knorpelig bleibender Theil, der durch das Acromiale bedeckt vom Paraglénale beginnt und bis zum Coracoïd nach hinten zieht, wo er zwischen die beiderseitigen Coracoïdea einschiebt. Diese Furcula ist noch dadurch ausgezeichnet, dass sie allein die Verbindung des Schultergürtels mit dem Sternum vermittelt. Am Sternum der Frösche unterscheidet Dugès vier Stücke, indem am vorderen wie am hinteren Abschnitte der knöchernen und der knorpelige Theil als ein besonderes Stück aufgefasst wird.

\*) Anatomiae batrachiorum prodromus. Diss. inaug. Halae, 1820.

\*\*) Recherches sur l'ostéologie et la myologie des Batraciens à leurs différens âges. Mém. prés. à l'Acad. des Sc. Paris. Sc. math. et phys. Tome VI. 1835.

Diese genaue Unterscheidung einzelner Theile wird später nicht mehr festgehalten. So führt Stannius\*) den von Dugès als Fureula bezeichneten Knorpel nicht mehr als besonderes Stück an, der unter dem Acromiale gelegene Abschnitt scheint einfach dem als Clavicula bezeichneten „Acromiale“ zugetheilt zu werden, während die zwischen die Coracoïdea eintretende Fortsetzung desselben Knorpels als „medianer unpaarer Knorpelstreif“ (beim Frosche) bezeichnet wird. Von den Sternaltheilen wird der vordere, inconstante, als Manubrium, der hintere als Pars xiphoides aufgefasst.

In neuester Zeit findet sich wieder eine genauere Untersuchung und darauf gegründete Deutung von Ecker\*\*) ausgeführt. Zunächst werden die knöchernen und die knorpeligen Theile des Schultergürtels unterschieden. Die ersteren sind: das Schulterblatt mit dem oberen Schulterblatt, das Coracoïdeum, die Clavicula, Dugès, acromial. Von knorpeligen Theilen wird der von Dugès als „paraglénal“ bezeichnete Knorpel aufgeführt, dann der am vorderen Rande des ventralen Abschnittes des Schultergürtels verlaufende, in einer Rinne der Clavicula eingebettete Knorpelstreif, der sich am vorderen Rande mit dem Episternum, seitlich mit dem Coracoïdeum verbindet, und mit dem der anderen Seite durch Bandmasse vereinigt ist. Diesen mittleren Theil des Knorpelstreifs glaubt Ecker naturgemässer als knorpelig gebliebenen Brustbeinkörper, Corpus sterni, zu betrachten. Demgemäss wird dann auch der vordere Theil des Sternum als Episternum, der hintere als Hyposternum bezeichnet.

Von diesen mannichfachen Erklärungen kann ich meinen Untersuchungen zufolge keiner vollständig beitreten. Die Widerlegung derjenigen Anschauungen, von denen ich abweichen zu müssen glaube, ergibt sich am einfachsten durch die Vorführung meiner Beobachtungen selbst. Diese letzteren begründen sich vornehmlich auf die Entwicklung. Von da ist sowohl die Beurtheilung des complicirteren fertigen Zustandes leichter, wie auch die Vergleichung mit den homologen Bildungen anderer Classen.

Die Anlage des Schultergürtels ist ein einziges continuirliches Knorpelstück, welches, sobald es unterscheidbar ist, auch zwei Hauptabschnitte erkennen lässt, die in der Pfanne des Schultergelenkes zusammenstossen. Der eine dieser Abschnitte ist nach aufwärts gerichtet, er ist die Grundlage der Scapula, der andere ist nach abwärts gerichtet und bildet (bei Rana) ein langgezogenes, in der Mitte von einer länglichen Oeffnung durchbrochenes Stück, welches mit dem der andern

\*) Zootomie der Amphibien. S. 73. 17.

\*\*) Ecker, Die Anatomie des Frosches. Ein Handbuch für Physiologen, Aerzte und Studierende. Erste Abtheilung. Braunschweig, 1864. S. 43.

Seite zusammenstösst. Bei der gleichartigen hyalinen Beschaffenheit des Knorpels ist es noch unthunlich, die einzelnen Theile genauer zu bezeichnen, die am fertigen Schultergürtel aus ihm hervorgegangen sind. Mit der über der Gelenkpfanne auftretenden ersten Verknöcherung differenziert sich der dorsale Theil des Knorpels in Scapula und Suprascapulare (Omolita Geoffroy, adscapulum Dugès). Die Verknöcherung tritt zuerst als Knorpelverkalkung auf, der die Bildung von Periostknochen folgt. Eine andere Grenze ist zwischen beiden Stücken nicht gegeben. Unter Zunahme des Knorpels am freien Rande wächst das dorsale Stück des Schultergürtels, und es tritt später durch Verkalkung des Suprascapulare und Perisistenz eines hyalinen Knorpelstreifens zwischen beiden Theilen eine schärfere Trennung ein. Diese wird noch dadurch erhöht, dass sich median auf einer Strecke des Suprascapulare echte Knochensubstanz bildet. Ausführliche Schilderung der Textur beider Theile findet sich für *Rana* bei Ecker, begleitet von guten Abbildungen der äusseren Formverhältnisse. Der Knochen des Suprascapulare ist bei einigen, so bei *Pelobates*, dann bei *Bufo*, in der Mitte seiner Länge scharf vom Knorpel abgesetzt.

Durch den nicht verkalkten Knorpelstreif zwischen Scapula und Suprascapulare wird für beide Theile eine Art von Selbständigkeit gegeben. Das beweglich der Scapula verbundene Suprascapulare erscheint als ein eigenes Skeletstück, und sein immer die Scapula übertreffendes Volum mag diese Meinung noch befestigen. Es wird durch seine Grösse zum Hauptstücke der Scapula erhoben. So bei *Bombinator* (Taf. III. Fig. 11.), mehr noch bei *Pipa* (Taf. III. Fig. 13.), wo der nach obigen Gesichtspunkten als Scapula (s) zu bezeichnende Theil von ausserordentlicher Kürze ist. Breyer\*) bezeichnet daher diesen Theil als Scapula secundaria, den andern als Scapula major, und Mertens\*\*) lässt aus ähnlicher Rücksicht die Scapula nur als Collum scapulae gelten. Trotz dieser Selbständigkeit sind sie aber doch nur Theile eines und desselben Skeletstückes, welches auch bei den Reptilien ein ganzes einheitliches, ist. Geoffroy\*\*\*) ist, wie auch Dugès dafürhält, gewiss im Rechte, wenn er diesen oberen, bei den ungeschwänzten Amphibien den Anschein von Selbständigkeit besitzenden Theil des Schulterblattes den Knorpelresten vergleicht, welche an den Basen der Schulterblätter der Säugethiere vorkommen. Der von Cuvier†) dagegen erhobene Einwand, dass an dem dorsalen Stücke des Schulterblattes der Frösche gleichfalls noch (unverkalkte) Knorpel-

\*) Observat. anatomicae circa fabricam Ranae pipae. Diss. inaug. Berolini, 1811. S. 8.

\*\*) Op. cit.

\*\*\*) Phil. anat. S. 118.

†) Oss. foss. 4. Edit. X. S. 296. Anmerk.

reste vorkommen, verliert an Bedeutung, wenn man sich erinnert, dass dasselbe auch am Suprascapularknorpel der Säugethiere der Fall ist. Will man aber auf die hyaline Knorpelgrenze zwischen Scapula und Suprascapulare der Frösche Werth legen, so ist die Individualität beider dadurch getrennter Stücke doch noch nicht soweit, dass man das ventrale Scapularstück der Frösche der ganzen Scapula der Säugethiere gleichstellen könnte. Es zeigt sich eben hier die Erscheinung, dass ein gleichartig angelegter Theil in ungleichartige Theile differenzirt in das fertige Skelet übergeführt wird. Bei den ungeschwänzten Amphibien wird nur der dem Gelenke zunächst gelegene Abschnitt überall in wahren Knochen umgewandelt, und dieser Abschnitt kann wieder eine sehr verschiedene Ausdehnung besitzen: der übrige grössere Theil bleibt hyalin knorpelig oder er verkalkt, und in letzterem Falle bildet eine hyalinknorpelige Zone die Grenze gegen den knöchernen Abschnitt. Eben dadurch sind dann beide gegen einander beweglich, und dadurch ergibt sich wieder der Schein einer Selbständigkeit, der durch periostale Knochenauflagerungen auf das dorsale Stück in einzelnen Fällen erhöht wird. Bei den Reptilien bildet der aus wahren Knochen bestehende Theil der Scapula gleichfalls noch nicht immer den grösseren Theil dieses Knochens, aber das dorsale, länger knorpelig bleibende Stück ist fester mit dem Gelenkstücke verbunden. Die Knorpelverkalkung setzt sich aus dem einen unmittelbar ins andere fort, nur am Rande bleiben hyaline Reste vom Knorpel übrig. Bei den Säugethieren endlich ist der verkalkende Knorpelrest verhältnissmässig unansehnlich, indem ein noch grösserer Theil der knorpeligen Anlage in wahren Knochen übergeführt wird. Dieser assimiliert sich schliesslich bei vielen auch noch den verkalkten Ueberrest des Knorpels, und bildet ein einheitliches Ganze, an welchem Unterscheidung in Scapulare und Suprascapulare nicht mehr möglich ist.

Aus der Gelenkpfanne entspringen von dem bereits in die knöcherne Scapula umgewandelten Theile des Schulterknorpels zwei median in einander übergehende Knorpelstreifen, die so die Form einer Schleife bilden. Der vordere Streifen setzt sich durch eine sanfte Einbuchtung von einer genau der Gelenkpfanne entsprechenden vorderen Vorrangung ab, die hauptsächlich von der Scapula (von deren Processus acromialis nach Dugès) gebildet wird, und vor der Verknöcherung der Scapula viel flacher erscheint als später. Es bleibt diese Parthie lange Zeit hindurch hyalin knorpelig, verkalkt aber dann und bildet das Verbindungsstück des dorsalen und ventralen Abschnittes des Schultergerüsts.

Die Veränderungen, welche an dem schleifenförmigen ventralen Stücke vor sich gehen, beziehen sich theils auf die äusseren Formverhältnisse, theils auf die Textur. Mit Bezug auf die ersteren ist zu erwähnen, dass beiderseitige Stücke mit ihrem medialen Theile sich aneinanderlegen, worauf dieser Theil bedeutend an

Breite zunimmt. Es bleiben aber auch dann in der medialen Verbindungslinie noch Lücken bestehen, die nur durch Bindegewebe erfüllt werden. Der hintere Knorpelstreifen wächst mehr in die Breite als der vordere, und beide anfänglich gleiche Theile werden dadurch von einander sehr verschieden. In dem hinteren Knorpelstreifen tritt Verknöcherung auf, der Knorpel verkalkt und um ihn entsteht eine Scheide aus Periostknochen, oder es ist der letztere Vorgang der frühere. So bildet sich ein besonderes Knochenstück, welches an dem medialen Umfange der Gelenkpfanne beginnt, dann medianwärts ziehend sich verschmälert, um endlich noch ansehnlicher verbreitert in den medialen Knorpel überzugehen. Im verkalkten Knorpel entstehen Markräume, die in Mitten des Knochens zu einem grossen Markraume zusammenfliessen, während nach den Enden zu der verkalkte Knorpel eine an den hyalinen angrenzende Zone vorstellt.

Der vordere Knorpelstreifen oder der vordere Schenkel der Schleife, der sowohl in der Nähe der Pfanne des Schultergelenks als am medialen Stücke mit der verkalkten Grenzzone des vorerwähnten Knochens in Zusammenhang steht, zeigt längere Zeit hindurch keine Veränderung. Bei *Rhinoderma* finde ich sogar am ausgebildeten Thiere diese ganze Parthie hyalin, ebenso bei *Phyllomedusa* (Taf. III. Fig. 7. pc.). In der Umgebung des vorderen Knorpels kommt noch vor vollendeter Metamorphose eine Knochenbildung zu Stande, deren erste Spur in der lateralen Einbuchtung am Vorderrande wahrzunehmen ist. Dieser Knochen entsteht ohne Betheiligung des Knorpels, nicht einmal unmittelbar demselben aufgelagert, sondern durch eine Bindegewebslage davon getrennt. Er legt sich, an den die Einbuchtung von aussen und seitlich begrenzenden Vorsprung emporwachsend, und medianwärts dem Vorderrande des Knorpels folgend, in schwach S-förmiger Krümmung dem ganzen Vorderrande des ventralen Theiles des Schultergürtels an, und umwächst allmählich rinnenförmig den vorderen Knorpelschenkel. Daran schliessen sich dann unmittelbar die bereits durch Dugès bekannten Formverhältnisse an.

Die Beziehungen dieses Knochens zu dem ihm unterliegenden Knorpel scheinen nicht überall die gleichen zu sein. Während er bei *Rana* wie ein Deck- oder Belegknochen auftritt, und den Knorpel rasch von vorne her umwächst, finde ich ihn bei *Bufo* (*B. variabilis*) kurz nach vollendeter Metamorphose des Thiers noch ganz selbständig vor dem Knorpel liegen, zu dem er noch gar keine näheren Beziehungen eingegangen hat. Er besteht aus einer Rinde lamellöser Knochensubstanz, die einen die Länge des Knochens durchziehenden Markraum umschliesst. Es geht daraus hervor, dass der Knochen bei *Bufo* nicht etwa später sich bildet, sondern sich längere Zeit selbständig hält, ehe er mit der Umwachsung des Knorpels zu diesem in nähere Verhältnisse eintritt.

Am medialen Ende geht dieser unabhängig vom Knorpel entstandene Knochen

in eine den medialen Verbindungsknorpel gabelförmig umfassende Lamelle über, wovon die eine Hälfte an der vorderen Fläche, die andere an der hinteren sichtbar ist. Die Vorsprünge sind sehr ansehnlich bei *Pipa* (Taf. II. Fig. 12.). Die Veränderungen des bis jetzt noch hyalinen Knorpels bestehen erstlich in der Vereinigung der einander bisher nur berührenden beiderseitigen Verbindungsstücke, zweitens in der Verkalkung des Knorpels. Durch die Verschmelzung der Verbindungsstücke kommt ein unpaares, von jeder Seite her zwei Knochenstücke aufnehmendes Mittelstück zu Stande, welches in das hintere Knochenpaar unmittelbar übergeht, da wie oben gezeigt, dem letzteren Knorpel zu Grunde liegt. In das vordere Knochenpaar ist von Seite des Mittelstückes kein unmittelbarer Uebergang, da sich jener Knochen unabhängig vom Knorpel gebildet hatte. Es setzt sich also vom Mittelstücke aus der Knorpel unter dem Knochen hinweg bis zum Gelenktheil der Scapula fort.

Erst mit der Verkalkung des hyalinen Knorpels treten engere Verbindungen ein, und es ist dann die Grenze zwischen diesen Theilen äusserlich nur durch die Randlinien der wahren Knochenlagen gegeben. Das vordere Knochenpaar liegt aber auch jetzt noch dem verkalkten Knorpel auf, während das hintere Paar, dessen innere Masse aus Knorpel hervorging, unmittelbar in das verkalkte Mittelstück sich fortsetzt.

Bringt man mit diesem Entwicklungsgange des ventralen Theils des Schultergürtels die fertigen Verhältnisse in Beziehung, so hat man sich vor allem zu vergegenwärtigen, dass zwei sehr verschiedene Vorgänge an der Bildung der beiden Knochenstücke betheiligt sind. Der hintere Knochen entsteht nicht blos als Belegknochen auf dem ihm zu Grunde liegenden Knorpelschenkel, sondern durch Mitveränderung dieses Knorpelstücks, welches in den Knochen über- und in ihm aufgeht. Der vordere Knochen ist ganz ohne Mitbetheiligung des vorderen Knorpelschenkels entstanden, wenn auch in der Nähe desselben. Er wirkt nicht verändernd auf den Knorpel ein, und wenn dieser auch verkalkt, so ist er ersterem dadurch noch nicht enger verbunden, als er vorher es war.

Das hintere Knochenstück wird allgemein als Coracoïd bezeichnet\*), das vordere, Dugès' Acromial, von Ecker zum ersten Male als Clavienla. Ecker sagt zwar, dass er es mit Cuvier so bezeichne, allein Cuvier hat den Knochen,

---

\*) Bei Dumeril & Bibron (*Erpétologie générale* VIII. S. 69.) ist bezüglich des Schultergürtels der Frösche angegeben: „La portion moyenne ou intérieure est composée d'une série de pièces impaire que constituent un sternum, sur lequel viennent s'articuler les os correspondant à la clavicule et à l'éminence coracoïde ou acromiale, lesquels, avec l'omoplate, ferment la véritable épauale.“ Es wird also eingeräumt, dass das Coracoïd auch das Acromion vorstellen könne.

samt dem darunter liegenden verkalkten Knorpel, für die Clavicula genommen. Es geht das klar aus der Beschreibung hervor, in welcher er vom Schlüsselbeine sagt: „Son angle postérieur contribue à la cavité glénoïde“, was von dem Stücke, welches Ecker so genau dargestellt hat, nicht gesagt werden kann. Wenn aber Ecker die Clavicula im Cuvier'schen Sinne fassen will, entspricht sie nicht mehr Dugès' Acromial, sondern diesem und dem daruntergelegenen Knorpel. Der schon in der Anlage gegebene Uebergang des letzteren in das mediale Verbindungsstück, und von da in das sogenannte Coracoïd, lässt an der Richtigkeit der Cuvier'schen Deutung starke Zweifel entstehen. Es ist nicht bekannt, dass die Clavicula mit dem Coracoïd eine gemeinsame knorpelige Anlage besässe, es ist das sogar allen über das Verhältniss der Clavicula zum Schultergürtel bekannten Thatsachen zuwiderlaufend. Daher ist es nöthig, die Sache genauer zu prüfen, und dazu glaube ich in der gegebenen Entwicklungsskizze das Material beigebracht zu haben. Der selbständig sich bildende Knochen ist das Homologon einer Clavicula; er entsteht auf die gleiche Weise wie das Schlüsselbein der Eidechsen, und besitzt die gleiche Lagerung, wenn er auch vom knorpelig angelegten Schultergürtel sich noch nicht freigemacht hat, vielmehr diesen auch da, wo er ganz unabhängig entsteht, halbrinnenförmig unwächst. Darin liegt die Eigenthümlichkeit der Schlüsselbeinbildungen der ungeschwänzten Amphibien, wodurch zugleich die Bedeutung dieses Knochens am ausgebildeten Skelete verhüllt wird.

Es fragt sich nun, nachdem der Belegknochen des vorderen Schenkels des primitiven Schultergürtels als Clavicula zu erklären ist, wie dieser Schenkel selbst aufzufassen sei. Vergleicht man die Anlage des Schultergürtels der Frösche mit jener der Eidechsen, so sieht man am ventralen Abschnitte gleiche Verhältnisse. Zwei vom Gelenktheil ausgehende, medial zusammenlaufende, knorpelige Schenkel umschliessen eine Oeffnung. In beiden Fällen ist der hintere Schenkel der breitere, der zuerst ossificirende. Wenn man in beiden Abtheilungen das hintere Stück als dem Coracoïd der übrigen Wirbelthiere entsprechend annahm, so wird bei den Amphibien der vordere dem Procoracoïd der Eidechsen gleich sein. Noch übereinstimmender sind diese Theile der Amphibienschulter mit jenen der Blindschleiche (Vergl. oben Seite 46. und Taf. III. Fig. 1.). Die Aehnlichkeit ist so gross, dass Dugès die Vergleichung darauf baute. Es kommt aber dieser Beobachter, nachdem er einmal den unterhalb seines „Acromial“ liegenden Knorpel für die Clavicula erklärt, und demgemäss das knorpelige Procoracoïd der Blindschleiche eben so ansehen muss, zu einer Wiederholung des Geoffroy'schen Irrthumes; dass nämlich die Clavicula der Eidechsen einem Acromion entspräche. Wenn man von diesem Irrthume absieht, ist die Vergleichung eine richtige, da sie wenigstens innerhalb der Amphibien und Reptilien eine consequente ist.

Der Werth des Procoracoïd als eines eigenen, den Säugethieren, Vögeln und Crocodilen fehlenden Theiles des Schultergürtels, wird bei den ungeschwänzten Amphibien noch dadurch dargethan, dass sich hier die Wahrscheinlichkeit, dass es einem Acromion vergleichbar sei, unbedingt ausschliesst. Wo der vordere Rand der Scapula unmittelbar in das Procoracoïd auslief, wie bei den Schildkröten, konnte man, wenigstens mit einigem Grunde, in jenem vorderen Schenkel des ventralen Theiles des Schultergürtels einen Acromialfortsatz sehen. Bei den Amphibia anura erhebt sich am Gelenktheile der Scapula ein Fortsatz, an welchem das laterale Ende der Clavicula angefügt ist. Die geringe Entwicklung der Scapula bei *Pipa* lässt auch diesen Fortsatz fehlen. Auch bei *Bombinator* ist er unansehnlich. Bei allen übrigen untersuchten Amphibien ist er sehr bedeutend (Vergl. Taf. III. Fig. 5—9 a.). Er entspricht dem Paraglénal Dugès. Wenn bei den Amphibien ein Acromion gesucht werden soll, so kann man es nur in diesem Fortsatze finden, denn nur an ihm findet man die Beziehungen, die das zuerst sicher bestimmte Acromion der Monotremen zur Scapula besitzt. Der Ursprung des Procoracoïd unterhalb jenes Fortsatzes kann nicht zu einem Zusammenwerfen beider verworfen werden, weil die mediale Verbindung des Procoracoïd mit dem Coracoïd sofort die Eigenthümlichkeit des ersteren hervorhebt. Auch die Verbindung des Schlüsselbeins mit der ganzen Länge des Procoracoïd bestärkt diese Ansicht, wobei auch nicht zu vergessen ist, dass bei den Eidechsen die Verbindung des Procoracoïd mit dem Coracoïd an der Basis eine innigere ist als mit der Scapula.

Der ventrale Theil des gesammten primitiven Schultergürtels der ungeschwänzten Amphibien besteht also erstlich aus dem Coracoïd der Autoren, zweitens aus dem Procoracoïd oder dem „Fureulaire“ Dugès', einem Theile der Clavicula Cuvier's, endlich drittens aus dem Verbindungsstücke beider, das nach Ecker als „Brustbeinkörper“ zu betrachten wäre.

Dieser vor Ecker schon von Mertens als Sternmm gedeutete Theil existirt aber nicht selbständig, da die ganze mediane Verbindung beider Schultergürtelhälften ausschliesslich durch den das Procoracoïd mit dem Coracoïd vereinigenden Knorpel bewerkstelligt wird (Taf. III. Fig. 4.). Schon in der Anlage gehört dieser Knorpel dem Schultergürtel zu. Aus der Vergleichung des Verhaltens des Schultergürtels jener Amphibien, bei denen keine mediane Verschmelzung stattfindet, gelte ebenso die Irrigkeit jener Deutung hervor\*).

\*) Der Darstellung Ecker's zufolge ist das von mir als Procoracoïd angeführte Stück an seinem medialen Rande von dem von Ecker als „Corpus sterni“ bezeichneten Knorpel getrennt, und nach der in Fig. 35. (Op. cit.) gegebenen Abbildung der „Schlüsselbeinknorpel von einem jungen Thiere von *Rana halcina*“ ist dem Coracoïd noch eine besondere von der Fortsetzung jenes Knorpelstreifs getrennte Epiphyse angefügt. Es würden also die Procoracoïde sich nach hinten zwischen die beiden Coracoïde von diesen durch eine scharfe Grenze geschieden fortsetzen.

Die von dem Procoracoïd und Coracoïd umschlossene Oeffnung ist ebenso zu beurtheilen wie jene der Eidechsen, die das Hauptfenster des ventralen Theils des Schultergürtels bildete. Es hat diese Oeffnung bei den Amphibien aber noch eine andere Beziehung, indem durch sie ein Nerv zu den ventralen Schultermuskeln tritt, der bei den Eidechsen ein besonderes Durchtrittsloch hatte. Diese Eigenthümlichkeit steht wohl damit im Zusammenhange, dass bei den ungeschwänzten Amphibien das Fenster näher an das Schultergelenk gerückt ist, während es bei den Eidechsen erst in grösserer Entfernung davon beginnt.

Das Coracoïd verbindet sich mit den anderen Schultertheilen nur durch Knorpel, der auch die meist durchbrochene Pfannengegend bilden hilft. In jenen Fällen, wo eine mediane Vereinigung der Schulterstücke stattfindet, verkalkt dieser Knorpel allmählich, und bewirkt eine festere Verbindung mit der Scapula. Wo eine mediane Vereinigung der Coracoïde nicht vorhanden ist, erhält sich zwischen Scapula und Coracoïd in der Regel noch etwas weicher Knorpel, so dass dadurch das Coracoïd gegen die Scapula und den damit unmittelbar verbundenen vorderen Ast beweglich bleibt. Bei *Hyla adalaidensis*, *Phyllomedusa bicolor*, *Bombinator igneus*, *Bufo biporcatus* und *B. Leschenaultii* habe ich das wahrgenommen. Es ist in allen diesen Fällen das mediane, dem Epicoracoïd der Eidechsen homologe Knorpelstück beiderseits noch knorpelig und nicht mit dem der anderen Seite verschmolzen, vielmehr schiebt sich das rechte Coracoïd mit seinem Ende vor das linke. Aber auch bei *Pipa*, wo die medialen Coracoïdknorpel zusammenstossen, finde ich eine feste Verbindung des Procoracoïd — mit der Scapula, und eine bewegliche des hinteren Stückes; und ebenso bei *Polypedetes quadrivittatus*. Ich glaube somit dieses Verhalten als Regel ansehen zu dürfen.

In dieser Eigenthümlichkeit kommen die ungeschwänzten Amphibien mit den Schildkröten überein, und es ergibt sich dadurch eine grosse Aehnlichkeit des Brustgürtels, auf welche bereits schon von Meckel hingewiesen ward. Diese Aehnlichkeit vervollständigt sich durch die Art der medianen Verbindung des Procoracoïd und des Coracoïd, die bei allen ungeschwänzten Amphibien durch Knorpel zu Stande kommt. Bei den Schildkröten wird dieser Knorpel gleichfalls angetroffen, aber auf eine kurze Strecke durch Bandmasse ersetzt. Die Uebereinstimmung der Einrichtung des Brustgürtels in jenen beiden genannten Abtheilungen, erleidet aber noch dadurch eine Modification, dass das Procoracoïd der Chelonier aus wahren Knochengewebe besteht, indess die Verbindung eines als Clavicula

---

Dieser Darstellung gegenüber muss ich erklären, dass bei beiden, speciell darauf untersuchten einheimischen *Ranae*, von einer Trennung des medianen Knorpels und jener des Coracoïd nicht einmal eine Andeutung zu finden war. *R. halcina* habe ich nicht untersucht.

aufzufassenden Knochentheiles mit diesem Abschnitte bei den Cheloniern nicht existirt. Wenn ich die verschiedenen Grade der Selbständigkeit, welche die Clavicula der ungeschwänzten Amphibien aufweist, in Erwägung ziehe, so kann ich den Gedanken nicht ausschliessen, dass bei den Cheloniern der Mangel einer Clavicula und die Ossification des vorderen Coracoïdschenkels in einem Connexe stehen möchten. Es kann die Clavicula als solche völlig in das Procoracoïd aufgegangen sein. Das bei den Amphibien in deutlicher Weise Angebahnte wäre bei den Schildkröten zum Ausdruck gekommen. Da aber unmittelbare Nachweise hierfür zur Zeit noch fehlen, wird man sich nur an die andere Anschauung halten dürfen, die durch Thatsachen begründet ist. Man hat sich dabei zu erinnern, dass diesen Theilen des Schultergürtels ein einziger Knorpel zu Grunde liegt, an dem erst die Ossification einzelne Theile schärfer unterscheidbar macht. Je nach dem Umfange eines durch den Verknöcherungsprocess in einen discreten Abschnitt umgewandelten Theils des primitiven Knorpels entstehen Verschiedenheiten, die nicht grösser, als die, welche durch das Uebergreifen der Verknöcherung auf Theile hervorgehen, die andernfalls einen eigenen Verknöcherungsheerd besassen. Alle diese Erscheinungen sind, trotz der Mannichfaltigkeit ihrer Resultate am fertigen Skelete, nur untergeordnet mit Bezug auf die einheitliche Anlage, aus der immer die Zusammengehörigkeit hervorgeht, mag nun die Verknöcherung von einem Punkte aus sich über das Ganze verbreiten, oder an getrennten Orten entstehend, einen Complex von Knochen hervorrufen.

Nach diesen Erörterungen über die Bedeutung der einzelnen Theile des ventralen Abschnittes des Schultergürtels, und der Vergleichung desselben mit verwandten Reptilien können noch einige untergeordnete Verhältnisse in Betracht gezogen werden. Nach dem Verhalten des das Procoracoïd und das Coracoïd medianwärts abschliessenden Knorpels lassen sich zwei Gruppen unterscheiden.

Bei der einen sind die medianen Theile des Coracoïd übereinandergeschoben, das linke liegt durchgehend dorsal, das rechte ventral. Das trifft sich bei den Bufones, den Hylae, bei Pelobates und Bombinator. Bei den beiden letzteren ist das Procoracoïd säbelförmig gekrümmt, mit nach vorn gerichteter Concavität. Das Procoracoïd besitzt wie bei den Fröschen eine von der Clavicula ableitbare Periostknochenlage, von der es meist vollständiger als bei Rana umwachsen wird. Eine Trennung dieser Clavicula vom Procoracoïd ist daher nur in früheren Stadien leicht ausführbar, in älteren erschwert. An dem medialen Uebereinanderwachsen des Coracoïd nimmt das Procoracoïd keinen Theil. Die beiderseitigen Stücke sind gewöhnlich durch Bandmasse mit einander vereinigt. Verhältnissmässig sehr breit und nach hinten stark abgerundet ist der mediane Verbindungsknorpel bei Bombinator (Taf. III. Fig. 10.), wodurch auf den Zustand hingewiesen wird, der bei den Eidechsen sich findet und zur Bildung eines Epicoracoïd führt. Das andere

Extrem finde ich bei *Phyllomedusa* (Fig. 7.). Der Knorpel stellt hier nur einen schmalen Streif vor, und leitet so zu den Formen des Schultergürtels der Schildkröten.

Die andere Gruppe bilden jene Amphibien, deren Coracoïdstücke median aneinander stossen und mit dem knorpeligen Abschnitt mit einander verschmelzen. Da diese Verschmelzung nicht von vorn herein gegeben ist, die medianen Ränder beider Coracoïdea anfänglich von einander entfernt sind, ist diese Gruppe nicht so gar weit von der anderen geschieden. Während dort die Coracoïdstücke über einander hinauswachsen, wachsen sie hier gegen einander und erreichen sich in der Mittellinie. Hieher gehören *Pipa*, *Rana*, *Cystignathus*, *Phryniscus*, *Polypedetes*, *Rhinoderma*. Die vorderen Schenkel des Coracoïd sind bei *Pipa* und *Rana* gerade gestreckt, bei ersterem stark nach vorne zu von den hinteren divergirend, bei *Rana* liegen die beiderseitigen mehr in einer Linie. Sehr ansehnlich ist der Verbindungs-knorpel bei *Pipa*, wo er sich noch über das Procoracoïd hinaus fortsetzt, und auch am Coracoïd eine noch mächtigere Lamelle bildet\*).

Ueber den Sternalapparat ist ebensowenig wie bezüglich des Schultergürtels eine feste Ansicht begründet worden. Nachdem der mittlere Verbindungs-knorpel, den man bei den Fröschen für das Mittelstück des Brustbeines gehalten hat, als den Coracoïdtheilen zugehörig sich erwies, können Sternalgebilde nur vor und hinter der coracoïdalen Vereinigung gesucht werden. Es gibt da bekanntlich zwei Stücke, die hieher gerechnet werden können, so dass man mit Cuvier sagen kann, dass die Vereinigung der beiderseitigen Knochen der Schulter das Brustbein unterbricht. Fassen wir zunächst das hintere Stück näher in's Auge, so ist soviel klar, dass es nur dem eigentlichen Sternum, nicht dem Episternum, angehören kann. Diejenigen, welche ein Mittelstück des Sternum im Schultergürtel selbst suchen, bezeichnen das hintere Sternalstück als Xiphoidstück; Geoffroy hat es so aufgefasst (als Xiphisternal), nachdem er ein auch nicht auf den mehrerwähnten Coracoïdtheil beziehbares Entosternal angenommen hatte. Jene, welche im Schultergürtel keinen Sternaltheil wahrnehmen, sehen das Stück einfach als Sternum oder als Hyposternum an und erkennen in dem stets breiteren knorpeligen Ende den Schwertfortsatz. Es ist hier offenbar entweder nur die allgemeinste äussere Aehnlichkeit dieses Knorpels mit dem Schwertfortsatze des Säugethiersternum, welche diese Vergleichung geleitet hat. Oder man hat das ganze Stück so aufgefasst, weil es wie der Schwertfortsatz, nicht mit Rippen in Verbindung steht.

---

\*) Breyer hat drei Abschnitte daran als *ossa sterni antica*, *media* und *postica lateralia* unterschieden. -- Eine Verschmelzung der beiderseitigen Knorpel untereinander scheint nicht vorzukommen.

Den ersten Fall der Bestimmung braucht man nicht zu berücksichtigen, da er an sich der Begründung entbehrt. Die zweite Annahme ist belangreicher. Es ist ihr aber zu entgegen, dass in den Beziehungen zu den Rippen nur ein Theil der Charaktere des Sternum gegeben ist, denn auch die Beziehung zu den Coracoïdstücken gehört hierher. Sie waltet unter den Reptilien bei Sauriern und Crocodilen, dann bei den Vögeln und den Monotremen unter den Säugethieren, documentirt sich also in grosser Verbreitung.

Diese Beziehung zu den Coracoïdstücken ist aber am sogenannten Hyposternum der ungeschwänzten Amphibien ebenso gut gegeben, als bei den Vögeln oder Eidechsen. Der vordere Rand dieses Stückes nimmt die Coracoïdstücke ebenso auf, wie in jenen anderen Abtheilungen. Wo die Coracoïde beweglich sind, ist jener vordere Rand mit einer Rinne versehen, in welche der Rand des Coracoïd eingepasst ist. Ganz wie bei den Sauriern ist er bei vielen in zwei schräg nach hinten laufende Abschnitte getheilt, von denen jeder die Rinne für's Coracoïd besitzt. Wo der mediale Theil des Coracoïd sammt dem Verbindungsknorpel mit dem der andern Seite sich kreuzt, treten auch die beiden Rinnen am Sternum median an einander vorüber (Vergl. Taf. III. Fig. 7. \*). So bei *Phyllomedusa*, *Pelobates* u. a. Selbst bei *Pipa*, deren Coracoïde fast unbeweglich sind, ist an dem sogenannten Hyposternum diese Einrichtung wahrzunehmen. Dass sie aber da nicht mehr deutlich ist, wo die beiden Hälften des Schultergürtels median fester vereinigt sind, erklärt sich leicht aus diesem Verhalten.

Wenn wir also da, wo der Schultergürtel den Sauriern ähnliche Zustände zeigt, eine diesen entsprechende Einrichtung am fraglichen Brustbeinstücke finden, dürfen wir uns für berechtigt halten, letzteres Stück dem Brustbeinstück der Saurier für homolog zu erachten. Ich sehe daher das Hyposternum der ungeschwänzten Amphibien als das eigentliche Sternum an, das gleich jenem der Saurier und der Vögel eine einzige Platte bildet.

Gänzlich unwesentlich ist die speciellere Form oder die Verbreitung der knöchernen und knorpeligen Theile an dieser Sternalplatte. Schon innerhalb der Amphibien zeigen beide Verhältnisse einen grossen Wechsel. Was die Textur betrifft, so ist das Sternum bald ganz knorpelig, bald verkalkt, bald nur an seinem vorderen Theile verkalkt, am hinteren knorpelig, oder, was am häufigsten, es besteht aus einem vorderen knöchernen und hinteren knorpeligen Abschnitte. Diese zwei Stücke wieder als selbständige Theile gesondert zu betrachten, scheint mir deshalb nicht gestattet, weil ihre relative Ausdehnung eine sehr variable ist, und selbst individuellen Schwankungen unterliegt. Die Formverschiedenheiten dieses Sternum lassen sich am besten aus der bildlichen Darstellung beurtheilen, auf welche ich in dieser Beziehung verweisen will (Vergl. Taf. III. Fig. 5—9 st.). Am eigen-

thümlichsten verhält sich darin Bombinator (Fig. 10.), dessen Sternum eigentlich nur durch den Vordertheil einer Sternalplatte gebildet wird. Bei Hyla und bei Pipa (Fig. 12. st.) ist die Plattenform am ausgesprochensten, und auch durch die beiderseits schräg verlaufende Vorderrandbildung die Verwandtschaft mit dem Sauriersternum ausgedrückt.

Nicht so einfach erscheint mir die Beurtheilung des vorderen Sternalabschnittes, der von Geoffroy als Episternum oder Episternal bezeichnet und entweder der Episternalbildung anderer Wirbelthiere, oder dem Manubrium sterni verglichen wird. Dass jenes Stück nicht dem eigentlichen Sternum angehören kann, ist selbstverständlich, sobald man einmal als solches [das hintere Sternalstück erkannt hat. Es kann also nur dem Episternum Anderer verglichen werden. Die hiegegen sich erhebenden Schwierigkeiten entstehen theils durch die Lagerung, theils durch die Beschaffenheit des Gewebes, theils durch die mangelnden Beziehungen zu den Schlüsselbeinen. Es liegt das Stück nicht bloß vom Sternum entfernt, ohne alle unmittelbare Beziehungen zu ihm, sondern auch noch vor dem Procoracoïd. Man muss sich also, um das Episternum der Frösche etwa mit dem der Saurier in Einklang zu bringen, den ganzen hintern medianen Theil verkümmert denken. Nicht minder abweichend ist die Textur; bei den Amphibien ist es knorpelig angelegt, auch wo Verknöcherung an ihm auftritt, bleibt immer ein Theil, das freie vordere Ende, knorpelig. Mit Bezug auf das Gewebe würden also nur gegen die Säugethiere hin Verbindungen zu erkennen sein. Endlich ist bemerkenswerth das Fehlen engerer Beziehungen zu den Clavikeln, die meines Wissens niemals an das Episternum der Amphibien sich anlegen. Dies scheint mir aber die gegen die Natur des Episternum am wenigsten Bedenken erregende Thatsache zu sein. Die als Claviculae anzusehenden Theile haben, wie bereits ausgeführt, noch nicht den Werth der ihnen homologen Gebilde der Reptilien u. s. w. Ihre physiologische Function ist eine andere, wie auch ihre morphologische Selbständigkeit eine geringere ist. Daher können auch nicht die gleichen Beziehungen zum Episternum erwartet werden, wie bei den Schlüsselbeinen der Reptilien. Wir haben daher für den in Rede stehenden Theil des Brustskeletes der Ranac eine nach drei verschiedenen Seiten gehende Eigenthümlichkeit zu constatiren, aus welcher jedoch eine andere Deutung nicht mit Nothwendigkeit hervorgeht.

Das Episternum ist, wie bekannt, eine unbeständige Einrichtung. Stannius\*) hat die einzelnen Gattungen angegeben, bei denen es vorkommt, sowie jene, bei denen es fehlt. Darnach kommt es vor bei Rana, Cystignathus, Oxyglossa, Rhinoderma, Pyxicephalus, Microps, sowie den Hylae, ich finde es noch bei Poly-

\*) Zootomie der Amphibien. S. 17.

pedetes und bei Bufo Leschenaultii. Den anderen Bufones fehlt es, ebenso den Gattungen Pipa, Ceratophrys, Otilophus, Alytes, Pelobates, Bombinator, Atelopus, Brachycephalus, Brevieeps. Auch bei Phryniscus und Phyllomedusa habe ich es vermisst. Wo es mit beweglichen Coracoïdstücken vorkömmt, ist das Procoracoïd ihm festgeheftet, so dass nur die ersteren an einander verchiebbar sind.

### Geschwänzte Amphibien.

Der Schultergürtel dieser Abtheilung zeichnet sich durch seine grössere Einfachheit aus, und liefert dadurch für manche bei den höheren Wirbelthieren vorkommende Einrichtung den Schlüssel des Verständnisses.

Nach Cuvier's\*) ursprünglicher Auffassung wird bei den Salamandern das Schulter skelet dadurch gebildet, dass Schulterblatt, Schlüsselbein und Brustbein jederseits ein einziges den Kopf des Oberarmbeins aufnehmendes Stück bilden. Von den beiden von diesem Skeletstücke ventral abgehenden Fortsätzen wird der vordere schmale als Schlüsselbein, der hintere breitere als Brustbein angesehen. Später\*\*) ist diese Deutung dahin modificirt worden, dass der hintere Fortsatz als Coracoïd erklärt wurde, indem Cuvier die gesammte ventrale Knorpelscheibe, welche durch eine am vorderen Rande befindliche Einbuchtung jene Theile als Fortsätze unterscheiden lässt, als „Disque cléido-coracoïdien“ bezeichnete.

Von Funk\*\*\*) wurde die anfänglich von Cuvier gegebene Deutung vertreten, dass mit der Scapula das Sternum verbunden sei, obschon ihm das wahre Sternum theilweise bekannt war.

Dugès †) unterscheidet an dem Schulterknochen den oberen Theil als Scapula, dessen knorpelige Brustplatte dem „adscapulum“ der Amphibia anura entspricht. Mit der Scapula ist das Coracoïd und ein Theil der Clavicula oder Furcula verwachsen. Der grössere Theil der letzteren soll das untere Knorpelstück darstellen, in welchem man leicht die Clavicula der Anura erkenne. An einer andern Stelle ††) ist von einem sehr verlängerten Acromion die Rede, worunter nicht wohl etwas anderes, als der vordere Fortsatz des ventralen Abschnittes, der bei der ersten Beschreibung nicht speciell geschildert ist, gemeint sein kann.

Als ein einheitliches Stück wird der Schulterknochen von Stannius †††) aufgefasst. Es wird an ihm der dorsale Theil als pars scapularis, der vordere

\*) Vorlesungen I. S. 226.

\*\*) Oss. foss. X. S. 320.

\*\*\*) De Salamandrae terrestri vita, evolutione, formatione tractatus. Berolini, 1827. S. 8.

†) Op. cit. S. 165.

††) Ibid. S. 180.

†††) Zoot. d. Amphib. S. 72.

ventrale Fortsatz als pars acromialis, der hintere, zur Bauchfläche gerichtete, als pars coracoidea unterschieden.

Die ähnlich wie bei den Salamandrinen beschaffenen Schulterstücke der Derotremen und Perennibranchiaten werden im Wesentlichen auf gleiche Weise erklärt. Von Siren (*S. lacertina*) sagt Cuvier\*), dass ein schlankes, nach oben verbreitertes Schulterblatt unten mit einer grossen Knorpelplatte verbunden sei, welche man als eine doppelte Clavicula, jener des Frosches analog, ansehen könne. In einer ausführlichen Mittheilung\*\*) heisst es dann, dass Clavicula und Coracoideum durch zwei knorpelige Lappen vorgestellt würden, wovon der eine nach vorn, der andere nach hinten gerichtet sei, und sich mit dem der anderen Seite kreuze. Als ähnlich wie bei Siren wird von Cuvier\*\*\*) das Schulterstück von *Amphiuma* geschildert, das ebenso wie jenes von *Siredon*†) mit dem der Salamandrinen übereinstimmen soll. Für *Proteus*††) sind die Angaben nicht wesentlich verschieden. Auch bei *Cryptobranchus* ist durch neuere Untersucher†††) die Uebereinstimmung mit den übrigen Urodelen nachgewiesen worden, und zwar in einer Deutung der Theile, die in der Hauptsache mit der von Stannius gegebenen übereinstimmt. Neuestens ist von Hyrtl<sup>a)</sup> für alle Perennibranchiaten und Derotremen wieder die spätere Cuvier'sche Deutung in Anwendung gebracht, ohne dass jedoch irgend eine Begründung dafür gegeben wäre.

Die Verschiedenheit der Auffassung betrifft also vorzüglich den vordern Fortsatz des ventralen Abschnittes, er wird bald als Clavicula, bald als Acromialfortsatz angesehen.

Bei der Beurtheilung der einzelnen Stücke, welche an der jederseitigen Schultergürtelhälfte unterschieden zu werden pflegen, hat man die ursprüngliche Einheit des gesammten Stückes im Auge zu behalten, und darf nicht vergessen, dass es hier ebensowenig wie bei den Anura aus mit einander verschmelzenden Skelettheilen sich zusammensetzt, sondern dass vielmehr jene einzelnen Theile nur der Ausdruck einer Differenzirung sind, die an Einem primitiven Skeletstücke stattfindet.

\*) Recueil d'observations de Zoologie et d'anatomie comparée, faite par Al. de Humboldt et A. Bonpland. Paris, 1805. S. 168.

\*\*) Oss. foss. X. S. 347.

\*\*\*) Memoires du Muséum, XIV. 1824. S. 9.

†) Oss. foss. X. S. 330.

††) Ibid. S. 358.

†††) F. J. J. Schmidt, Goddard u. J. v. d. Hoeven. Aanteekeningen over de anatomie van den *Cryptobranchus japonicus*. Haarlem, 1862. S. 14.

a) *Cryptobranchus japonicus*. *Schediasma anatomicum*. Vindobonae, 1865.

Für den dorsalen Abschnitt kann die Deutung als Scapula nicht beanstandet werden. Es besteht diese aus einem unteren, schmalen verknöcherten Theile, und einem oberen breiteren, der knorpelig bleibt. Eigenthümlich der Urodelen ist die im Verhältniss zum ventralen Theile geringe Grösse des dorsalen. Die Scapula erscheint wie ein blosser Appendix der ventralen Parthie des Schultergürtels; am ausgeprägtsten ist das bei *Cryptobranchus*. Die Ablösung des knorpeligen Randstückes der Scapula, mittels selbständiger Ossification, wie es bei den Anura der Fall war, kommt bei den Urodelen nirgends vor; man kann daher jenen Knorpel nicht in dem Sinne als *Suprascapulare* ansprechen, wie es bei den Anura geboten war. Dieser Knorpel setzt sich sogar unverändert eine Strecke weit in die knöcherne Scapula fort\*). Die Betheiligung der letzteren an der Bildung der Pfanne des Schulterstückes geschieht in sehr verschiedenem Grade. Bei *Siren*, *Amphiuma*, *Proteus* (Taf. III. Fig. 15.) und *Menobranchus* (Fig. 14. s.) reicht der Knochen nicht bis an die Pfanne. Es entspricht das früheren Zuständen, welche von den Salamandern durchlaufen werden. Bei *Menopoma* (Fig. 16. s.) und *Siredon* (Fig. 17. s.) tritt der Knochen an die Pfanne heran, und bildet deren obere und vordere Umgrenzung. Die letztere Beziehung wird dadurch erlangt, dass die Verknöcherung sich nicht auf den der Scapula zugehörigen Theil beschränkt, sondern auch auf den ventralen Abschnitt des Schultergürtels sich ausbreitet. In noch höherem Maasse ist das bei *Salamandra* (Fig. 18.) der Fall, wo der ganze Pfannentheil des Schulterstückes von einer zusammenhängenden Knochenmasse gebildet wird. Es ist also hier die Scapula mit einem Theile des ventralen Abschnittes in continuo verbunden, und es gibt zwischen dem dorsalen und ventralen Theil des Schultergürtels keine anatomische Grenze.

Was den ventralen Theil betrifft, so besteht er aus einer hinteren breiten und einer vorderen schmalen Knorpellamelle. Die erstere wird jetzt allgemein als das Homologon des Coracoïd betrachtet, gewiss mit vollem Rechte. Es hat dieselbe Beziehung zur Gelenkpfanne, dieselbe Beziehung zum Sternum, in dessen seitlichen Falz es eingreift. Durch seine grössere Breite ist es vom Coracoïd der *Amphibia anura* verschieden, und steht dadurch jenem der Eidechsen näher, von welchem es wieder durch die stets mangelnde Fensterbildung abweicht. Die Verbindung, die es bei den Salamandrinen durch die gemeinsame Verknöcherung mit der Scapula eingeht, zeigt uns die in der Anlage bestehende Zusammengehörigkeit dieser Theile auch noch für den definitiven Zustand. Man kann daraus

---

\*) Bei *Proteus* ist die knöcherne Scapula nur von einer Deckknochenscheide gebildet, innerhalb welcher der Knorpel vom Randstücke aus zum Gelenktheile continüirlich sich hinerstreckt.

schliessen, dass das Coracoïd der Urodelen noch nicht als ein selbständiger Theil des Schultergürtels sich anlegt. Bei Siren ist dagegen am hinteren Seitenrande nach Cuvier\*) eine Ossification vorhanden, die nicht die ganze Breite der Platte durchzieht.

Daraus könnte gefolgert werden, dass das Coracoïd der Urodelen nicht blos dem der Anura entspräche, dass vielmehr noch das Procoracoïd der letzteren mit inbegriffen sei. Die Ossification bei Siren wäre dann die Andeutung des Coracoïd der Anura, die übrige Knorpelplatte entspräche dem Procoracoïd und dem davon ausgehenden medialen Verbindungsstreif. Die zwischen Procoracoïd und Coracoïd gelegene Oeffnung wäre bei den Urodelen nicht vorhanden, der schmalere Fortsatz, der mehr von der breiten Knorpelplatte als von der Scapula ausgeht, könnte nach derselben Auffassung nur dem bei den ungeschwänzten Amphibien relativ kurzen, an seiner Spitze einem Acromion verglichenen Fortsatze (Figg. 6—10. a.) homolog sein. Ob man also in der breiten Knorpelplatte das Coracoïd und Procoracoïd der Anura zu sehen hat, oder nur das erstere von beiden, wird zum grossen Theil von dem Werthe des schmalen Fortsatzes (des *proc. clavicularis* oder *proc. acromialis* der Autoren) abhängen. Wir müssen uns daher zunächst mit diesem Fortsatze beschäftigen. In seiner Länge- und Breiteausdehnung zeigt er bei den einzelnen Gattungen sehr wechselnde Verhältnisse. Vergl. Taf. III. Fig. 14—18. pc.). Sehr lang und schmal ist er bei Proteus, auch bei Siren. Bei Menobranchus, Menopoma, Amphiuma, Siredon und Salamandra nimmt er in dieser Reihenfolge an Länge ab. Nur an seiner Basis, oder eigentlich da, wo er vom gemeinsamen Schulterstücke sich abhebt, tritt von der Scapula her Knochengewebe in ihn ein bei Menopoma, Siredon und den Salamandrinen. Es kann daraus eine engere Beziehung zur Scapula abgeleitet werden. Allein gewiss ebenso belangreich ist der Umstand, dass der fragliche Fortsatz bei Siredon und Salamandra (vergl. Figg. 17. 18.) auf einer grossen Strecke hin mit der Coracoïdplatte zusammenhängt, so dass er wie eine von deren Vorderrand hervorgehende Verlängerung erscheint. Es wird also der zwischen ihm und dem Coracoïd befindliche Einschnitt je nach seiner geringeren oder stärkeren Tiefe jenen Fortsatz weniger oder mehr vom Coracoïd abtrennen und selbständig erscheinen lassen. Diese Incisur wird durch eine Membran ausgerüllt, welche das breite Coracoïd mit dem schmalen Fortsatze verbindet, und somit beide Theile enger an einander fügt. Das ist von Wichtigkeit, denn eine solche Einrichtung fehlt bei den Amphibia anura zwischen dem dortigen Fortsatze der Scapula und dem von der Clavicula überlagerten Procoracoïd, sie findet sich aber zwischen diesem und dem Coracoïd, und in gleicher Weise auch bei den Eidechsen

\*) Oss. foss. Atlas. Pl. 255. Fig. 8. b.

vor. Der Ausschnitt stellt sich dadurch in gleiche Reihe mit der Oeffnung des ventralen Theils des Schultergürtels der Anura, und mit dem Hauptfenster des Schulterstückes der Eidechsen. Die Verschiedenheit liegt nur darin, dass das mediale Verbindungsstück (Epicoracoïd) der Eidechsen fehlt. An letztere reiht sich die ganze Einrichtung auch noch durch die Lagerung des Durchtrittsloches für den die ventralen Schultermuskeln versorgenden Nerven an. Der Nerv tritt nicht durch die Incisur, sondern durchbohrt in der Nähe der Pfanne das breite Knorpelstück. Wenn man sich die Incisur gegen die Pfanne verlängert denkt, so würde sie stets auf jenes Loch treffen. In dieser Hinsicht ist also die Einrichtung vielmehr jener der Eidechsen oder der anderen Amphibien vergleichbar.

Es mehren sich damit die Gründe, welche den Processus acromialis oder clavicularis der Autoren als Homologon des Procoracoïd der übrigen Amphibien wie der Reptilien bestimmen, und es stellt sich damit zugleich der breitere Fortsatz zuverlässiger als das Coracoïd heraus. Die beträchtliche Breite des letzteren ist dann ebenso als ein untergeordnetes Verhältniss anzusehen, als die Richtung des Procoracoïd nach vorne zu, die überdiess durch das bei vielen ungeschwänzten Amphibien ähnliche Verhalten (z. B. Pipa, Bombinator, Pelobates) desselben Stückes minder auffallend wird. Nachdem die Beziehung jenes vorderen Fortsatzes auf eine Clavicula, wie sie jüngst noch Hyrtl anführt, gar keiner Widerlegung bedarf, und auch von einer freien Clavicula keine Spur sich zeigt, wäre der Schultergürtel der Urodelen jederseits nur aus einem Stücke gebildet, welches die an der Schulter der Amphibia anura schärfer unterscheidbaren Theile nur in der Anlage einer Differenzirung zeigt. Es lässt sich zugleich noch auf Verhältnisse beziehen, die erst bei den Reptilien sich in weiterer Ausbildung wieder finden, und erscheint damit in weiterem Sinne indifferent.

Brustbeingebilde der geschwänzten Amphibien sind lange Zeit hindurch übersehen worden, da sie meist dünne Knorpellamellen vorstellen. Bei den Salamandrinen, Derotremen und bei Siredon ist ein solches Sternum genauer bekannt. Bei den erstgenannten bildet es eine ansehnliche, aber lateral sich ausserordentlich verdünnende Knorpellamelle, welche jederseits eine tiefe Spalte besitzt zur Aufnahme der breiten Endplatten der Coracoïdea. Die gespaltene Brustbeinlamelle setzt sich vor und hinter jedem Coracoïd noch eine Strecke über letzteres fort, so dass dieses wie in einer Scheide steckt. Querdurchschnitte zeigen, dass die beiden, die Coracoïdea aufnehmenden Spalten, welche den falzartigen Vertiefungen anderer Sterna entsprechen, unten weit von einander geschieden sind (Taf. III. Fig. 19. 1.). Weiter nach aufwärts (resp. nach vorne zu) nähern sich die Vertiefungen (Fig. 19. 2.) und noch weiter (3) schiebt sich die das rechte Coracoïd aufnehmende Spalte vor jene des linken, so dass also die Sternalplatte der Kreuzung der Coracoïdea folgt,

und sich ihr mit ihrer Vertiefung anschmiegt. Bei anderen, wie bei *Cryptobranchus* und *Menopoma*, scheint diese Eigenthümlichkeit nur in geringerem Maasse ausgebildet zu sein.

Diese Brustbeinplatte ist ebensowenig wie die der *Anura* ein blosser Schwertfortsatz, dem sie noch von Stannius verglichen wird. Sie ist vielmehr der ganzen Sternalplatte, wie wir sie bei Reptilien finden, gleichzusetzen, und mit Beziehung auf die Säugethiere, viel eher deren vorderstem Stücke, als deren Schwertfortsatz homolog.

Von einem Episternum ist bei den Urodelen keine Andeutung nachgewiesen. Das bei den Salamandern vor der Keuzung der Coracoödstücke gelagerte, von v. Siebold\*) als „*ossiculum thyreoideum*“ beschriebene Knöchelchen könnte sich beim ersten Ansehen als Rudiment eines Episternum deuten lassen. Die durch Dugès\*\*) verfolgte Entwicklung jenes Stückes zeigt aber, dass es dem Kiemengerüste zugehört, mit dem sein Homologon bei Siren und Siredon in stetem Zusammenhange bleibt.

## F i s c h e.

Die Aufgabe, die ich mir bezüglich des hier behandelten Thema gestellt, erhält bei den Fischen ihre grösste Complication. In keiner Classe der Wirbelthiere herrscht eine grössere Mannichfaltigkeit in der Zusammensetzung des Schultergürtels. Es besteht diese nicht nur in dem Vorkommen untergeordneter Modificationen einzelner Theile, sondern ist vielmehr in extremen Zuständen, dem Fehlen einzelner, der ausserordentlichen Entwicklung anderer gegeben. Dabei wird durch die Verbindungen der Theile in den verschiedensten Combinationen die Bestimmung selbst in den einzelnen Abtheilungen erschwert. Es war bei dem gänzlichen Mangel von brauchbaren umfassenderen Vorarbeiten für mich also zuerst die Feststellung des Thatsächlichen in den einzelnen Abtheilungen, dann die Vergleichung innerhalb der einzelnen Abtheilungen, dann innerhalb der ganzen Classe der Fische auszuführen, woran sich die Anknüpfung an die übrigen Wirbelthiere schliessen musste. Das erforderte eine getrennte Behandlung der einzelnen Abtheilungen (Ordnungen oder Unterclassen der Ichthyologen), die jedoch den überall zu liefernden Nachweis der verwandtschaftlichen Beziehungen und die damit hervorzuhebenden Anknüpfungspuncte an andere Abtheilungen in keiner Weise beeinträchtigt.

---

\*) *De Salamandris et tritonibus* Diss. inaug. Berol. 1828. S. 12.

\*\*) *Op. cit.* S. 176.

## Dipnoi.

Ueber den Schultergürtel der Dipnoi liegen sowohl von Owen, als von Bischoff und Hyrtl, Beschreibungen vor. Owen\*) sagt von Lepidosiren (Protopterus) annectens: „The scapular or pectoral, like the hyoidean arch, is simply composed of a pair of elongated incurved bones, representing the ankylosed scapula and coracoid, on each side. The coracoids meet below the pericardium, and their inferior extremities are united by strong ligaments: the scapular part, as it bends upwards toward the occipital region of the skull, is expanded, compressed, and concave towards the internal and posterior aspects, where it affords origin to the lateral series of muscles below the lateral line.“ Etwas anders lauten die Angaben Bischoffs\*\*). Es heisst dort: „Als dem Schultergürtel angehörig betrachte ich zwei eigenthümlich gestaltete Knochen und Knorpel . . . Diese beiden Knochen sind eigenthümlich plattrundlich gestaltet, und unter einem nach vorn gerichteten Winkel vor der Brust mit einander vereinigt, so dass beide zusammen wie ein Kiel aussehen. Ihr nach aussen gerichtetes Ende ist platt, schaufelförmig und etwas ausgerundet, und nicht ganz knöchern, sondern zum Theile knorpelig.“ Indem Bischoff knöcherne und knorpelige Theile unterscheidet, weicht er nicht blos von Owen ab, sondern führt uns auch zu einer anderen Werthbestimmung. Noch genauer sind die Angaben, die Hyrtl\*\*\*) über *L. paradoxa* gemacht hat. Sie stimmen mit dem überein, was ich über das äusserliche Verhalten dieser Skelettheile mitzutheilen habe, so dass ich das für *L. paradoxa* gesagte für *Pr. annectens* bestätigen kann. Auch da finde ich Knorpel und Knochengewebe in ähnlicher Vertheilung, wie es Bischoff und Hyrtl angaben. Um aber zu einer vergleichenden Beurtheilung die Grundlage zu geben, darf ich nicht hierbei stehen bleiben, sondern muss eine genauere Schilderung der gegenseitigen Beziehungen jener Gewebe vorausschicken.

Bezüglich der Gestalt der aus Knochen bestehenden Hälfte des Schultergürtels kann ich mich auf die vorgenannten Forscher beziehen, verweise aber dabei auf die von mir gegebene Abbildung (Taf. VI, Fig. 1.). Der nach vorn und innen gerichtete, etwas concave Theil jeder Schultergürtelhälfte wird am dorsalen Abschnitte durchweg von Knochen gebildet, und zwar aus einer breiten Lamelle, die sich dann anderwärts in eine schmalere, fast stielartig erscheinende Parthie fortsetzt, welche nicht ganz bis zur Mittellinie reicht. Dies untere stärkere Knochenstück umschliesst eine trichterartige, die durch Knorpel ausgefüllte Vertiefung, und dieser Knorpel ist es,

\*) Philos. Transact. Vol. XVIII. S. 337.

\*\*\*) *Lepidosiren paradoxa*. Leipzig, 1840. S. 6.

\*\*\*\*) Abhandl. der böhmischen Gesellschaft der Wiss. 5. Reihe, III, 1845. S. 616.

der noch eine Strecke weit über den Knochen vorragend, mit dem der anderen Seite, wie es schon Hyrtl angegeben, Ein Stück bildet und so beide Hälften des Schultergürtels vereinigt. Es ist also nicht Bandmasse, wie von Owen, noch Knochen, wie von Bischoff angegeben ist, wodurch jene Vereinigung zu Stande kommt. Der betreffende Knorpel ist hyalin, an allen Stellen gleichmässig fest, in der Mitte dicker als seitwärts, wo er in den Knochen eintritt.

Eine zweite knorpelige Stelle findet sich an der oberen äusseren Hälfte des Knochens, es liegt hier eine in der Mitte stark verdickte, gegen den Rand hin, sowie nach abwärts, dünner werdende Knorpellamelle, auf der eine kleine Erhebung die Anfügestelle der Gliedmasse bildet. Diesen Knorpel haben Bischoff und Hyrtl für Lepidosiren angegeben; er weicht nach Ersterem in der Gestaltung ziemlich von dem des Protopterus ab, wie eine Vergleichung der Abbildungen lehren mag. Dieser obere Knorpel setzt sich, wie ich ermittelt habe, nirgends tief in den Knochen fort, sondern ist ihm nur flach, aber fest aufgelagert. Er hat also keinen unmittelbaren Zusammenhang mit dem medialen Knorpelstücke, das dem lateralen zwar eine Strecke weit entgegentritt, aber dann durch Knochenmasse von ihm getrennt ist.

Soweit liegen die anatomischen Thatsachen klar und einfach vor. Suchen wir diese nun durch die Vergleichung wissenschaftlich zu verwerthen. Es stellt sich da die Frage, ist jede Hälfte des Schultergürtels als Ein Skeletstück aufzufassen, von dem ein Theil verknöchert, ein anderer knorpelig bleibt, oder concurriren hier mehrfache bei anderen Wirbelthieren discrete Skelettheile, und welche davon können nachgewiesen werden. Zur Beantwortung dieser Fragen ist vor allem die histiologische Beziehung des Knochens zum Knorpel ins Auge zu fassen, und festzustellen, ob der Knochen aus dem Knorpel hervorgegangen, oder nicht.

Wenn der Knochen auf Kosten des Knorpels entstand, so muss sich zwischen beiden eine unmittelbare Verbindung nachweisen lassen, es muss zu erkennen sein, dass hier hyaliner Knorpel, dort verkalkter Knorpel, und daranstossende Markräume mit knöchernen Wänden vorkommen, mit einem Worte, jene Zustände, die man bei Umwandlung des Knorpels in Knochen wahrnimmt. Von alledem ist nun nichts zu sehen. Der Knochen ist schichtenweise abgesetzt und grenzt sich durch eine Bindegewebslage vom Knorpel ab. Es kann also nicht gesagt werden, dass der Knochen aus dem Knorpel hervorgegangen sei. Sowohl der obere breite Abschnitt, der eine Knorpelplatte hinten aufgelagert hat, als auch der untere schmalere, der den medialen Knorpel trichterförmig umfasst, lässt nichts erkennen, was auf eine knorpelige Präformirung hinwiese. Es darf daraus geschlossen werden, dass beiderlei Theile, Knochen und Knorpel, hier von einander unabhängige Gebilde seien, unabhängig insoferne der Knochen nicht knorpelig präformirt

war. Da aber der Knochen dem Knorpel unmittelbar aufliegt und ihn sogar an einem bestimmten Abschnitte umfasst, verhält er sich wie ein sogenannter Deck- oder Belegknochen.

Wir haben also am Schultergürtel von Lepidosiren knorpelige Theile, die als primordiale Bildungen fortbestehen, und von einem paarigen Deckknochen überkleidet sind. Die knorpeligen Theile sind getrennt, jederseits ist ein oberes Stück unterscheidbar, welchem die Gliedmaasse angefügt ist, und durch ein unpaares ventrales Knorpelstück kommt die Vereinigung beider knöcherner Hälften zu Stande.

Dieses Getrenntsein der knorpeligen Grundlage des Schultergürtels, die durch ihre Beziehung zur Gliedmaasse als ein sehr wichtiger Theil des gesamten Schultergürtels erscheint, ist eine höchst auffällige Thatsache. Wir haben bisher bei allen Wirbelthieren für jede Seite nur ein einziges Knorpelstück als Grundlage des Schultergürtels gesehen, welches beim Bestehen einer medianen Verbindung, diese durch Verschmelzung mit dem gleichen Stücke der anderen Seite einleitete. (Frösche).

Hier dagegen kommt die mediane Verbindung durch einen unpaaren Knorpel zu Stande, der mit dem die Gliedmaassen tragenden Stück in keiner Continuität steht. Es ist diese Thatsache ohne Analogie bei den übrigen Abtheilungen der Fische. Daher kann die Erklärung dafür nicht aus der blossen Vergleichung geschöpft werden. Da es sich darum handelt, das Getrenntsein des oberen und des unteren Knorpelstücks aufzuklären, so wird der trennende Theil selbst am besten Aufschluss geben können. Auf einem Längsdurchschnitt sieht man, wie bereits gesagt, den untern Knorpel sich weit in den Knochen hinein erstrecken, so dass sein oberes Ende dem unteren Ende des oberen Knorpelstückes bedeutend näher liegt, als es bei der blossen äusseren Besichtigung scheinen möchte. Da wo der Knorpel aufhört, findet sich aber kein Knochengewebe, sondern ein von Bindegewebe durchsetzter enger Markraum, der genau in der Richtung des Knorpels liegt, und nach aussen von demselben lamellös geschichteten Knochengewebe begrenzt wird, wie weiter abwärts der Knorpel. Der Markraum verlängert sich bis zu dem oberen Knorpel und ist von Bindegewebszügen durchsetzt, zwischen denen sich Zellen finden. Es kann sich darauf die Annahme stützen, dass beiderlei Knorpel anfänglich zusammenhängen und Ein Stück bildeten, welches durch den an seiner Aussenfläche sich entwickelnden Knochen getrennt ward. So muss sich der ursprünglich continuirliche Schulterknorpel in seine drei späteren Theile geschieden haben, in zwei obere laterale und einen medianen unteren. Damit stimmt der Umstand, dass der Knochen da am dicksten ist, wo er die Knorpel trennt. Es wird an dieser Stelle die Knochensubstanz am frühesten sich gebildet haben. Bei der Entwicklung vieler Knochen von Fischen ist der gleiche Vorgang

zu beobachten\*), es erklärt sich dadurch auf eine ganz einfache Weise das Verhalten des Schultergürtels von Protopterus hinsichtlich der Trennung des Knorpels. Man hat sich das so vorzustellen, dass der Knorpel an der Stelle, wo er vom Knochen zuerst umwachsen ward, beträchtlich dünne war und von da aus nach zwei Richtungen hin weiter wuchs, so dass zwei grössere, nur durch einen feinen Strang verbundene Knorpelmassen entstanden.

Ein selbständiges Weiterwachsen der beiden Knorpelmassen, welchem der frühzeitig von Knochensubstanz umschlossene Abschnitt nicht folgen konnte, musste zu einem Ueberwiegen der ersteren über den letzteren Theil führen, und konnte eine Trennung einleiten, die durch schliessliche Gewebsveränderung (Markraumbildung) des dünnen Verbindungsstückes vervollständigt ward.

Es muss sich nun um die Frage handeln, ob Knorpel und Knochen zu einem einzigen Skelettheile gehören, ob der Deckknochen sich zu dem darunter befindlichen Knorpel verhält, wie die im Perichondrium entstehende Knochenschichte vieler anderer Skelettheile zu dem Knorpel, mit dem sie endlich ein Ganzes bildet, oder ob beiderlei Theile distincte Skeletelemente sind. Die Beantwortung dieser Frage hat grosse Schwierigkeiten, und für jeden Theil der Alternative lassen sich Gründe beibringen, je nachdem man nur den Fall an sich, oder in Beziehung auf die Einrichtungen des Schultergürtels betrachtet, wie sie bisher dargelegt wurden, und wie sie später von den übrigen Fischen nachgewiesen werden.

An sich betrachtet erscheint der Schultergürtel von Protopterus als ein aus zwei mit einander verschmolzenen Hälften bestehendes Skeletstück, von welchem jede Hälfte aus einem zum Theile von Knochen umwachsenen Knorpel gebildet wird, der die Gliedmaasse trägt. Man wird so jede Hälfte als Schulterknochen, den oberen Theil davon als Scapula, den unteren mit dem der anderen Seite verbundenen als Coracoïd bezeichnen können, wie solches von Owen geschah. Freilich hat man sich diese beiden Stücke nicht als „anchylosirt“ vorzustellen, wie der genannte Anatom sich ausdrückte, denn es ist gerade hier noch weniger als sonst eine Trennung angedeutet und bestände sie auch nur in einer selbständigen Verknöcherung einzelner Theile.

Anders gestaltet sich die Auffassung, sobald man die Zusammensetzung des Schultergürtels der Amphibien und Fische mit in Erwägung zieht. Das die Gliedmaasse tragende Schulterstück der Amphibien geht aus knorpeliger Anlage hervor, oder bleibt zum grossen Theile knorpelig fortbestehen. Auch für die Fische werde

---

\*) Diese Erscheinung ist besonders bei den Clupeiden sehr leicht nachweisbar, übrigens auch sonst bei Fischen und auch noch bei Amphibien verbreitet.

ich nachweisen, dass das dem Schulterstücke der Amphibien entsprechende Stück sich ganz ähnlich verhält.

Wenn Verknöcherung eintritt, so wird immer der Theil des Knorpels, welcher die Gliedmaasse trägt, zuerst davon befallen. Die Verknöcherung wird bei den Amphibien überdiess durch die Veränderung des Knorpels eingeleitet. Unter den Fischen auch bei den Ganoïden (Polypterus, Lepidosteus) und vielen Teleostiern. Nur bei einigen Knochenfischen tritt am Schulterknorpel ein Belegknochen auf. Bei der Dipnoï ist dagegen gerade der flossentragende Abschnitt des Schultergürtels rein knorpelig, und nur nach vorne zu liegt diesem Knorpel der sicher weiter nach abwärts zuerst aufgetretene Deckknochen an. Zweitens ist der Deckknochen jederseits nur einfach vorhanden, während die dem Schulterstücke zugehörigen Verknöcherungen immer mehrfach auftreten, so dass man mindestens zwei Theile, einen dorsalen als Scapula, und einen ventralen als Coracoïd unterscheiden kann. Diese Umstände führen uns dahin, den Deckknochen des Schultergürtels der Dipnoï nicht als Aequivalent der Verknöcherung anzusehen, die am und im Schulterknorpel der Amphibien und Fische auftritt. Es muss sich daher die Aufmerksamkeit auf andere Theile des Schultergürtels lenken, und zwar werden solche den ersten Anspruch auf Berücksichtigung verdienen, welche gleichfalls nur als Deckknochen auftreten. Als ein solcher erscheint am Schultergerüste der Fische wie eines Theiles der Amphibien nur die Clavicula, sie ist noch bei den Amphibien ein Belegknochen des knorpelig präformirten Theiles des Schultergerüsts, und unter den Fischen werde ich bei den Teleostiern und Ganoïden dasselbe nachweisen können. Bei den letzteren besonders, die zum Theile den Schulterknorpel in grosser Ausdehnung besitzen, liegt die genannte Beziehung jenes Knochens zum Schulterknorpel klar zu Tage. Ich sehe also den Belegknochen des Schulterknorpels der Dipnoï als das Homologon der Clavicula an.

Eine Verschiedenheit der Clavicula der Dipnoï und jener der Teleostier und Ganoïden liegt darin, dass bei beiden letzteren die Clavicula den Schulterknorpel nicht umwächst, sondern nur an ihm und vor ihm sich ausbreitet, während der gleichartige Knochen bei den Dipnoï den Schulterknorpel an einer Stelle umwächst, und ihn jederseits in zwei Theile spaltet, wovon der obere die Gliedmaassen trägt, indess der untere, mit dem der andern Seite vereinigt, ein mittleres, unpaares Knorpelstück vorstellt.

Ich kam nicht in Abrede stellen, dass diese Erscheinung der Clavicula in so enger Beziehung zu einem in der allgemein verbreiteten Annahme selbständig gedachten Skelettheile überraschend, ja sogar befremdend ist, und ich erkenne recht gut, dass sie unserer ganzen bisherigen, allerdings mehr schematischen An-

schauungsweise widerstrebt; aber ich bin auch überzeugt, dass die von mir aufgeführten Erwägungen der Thatsachen geeignet sind, die Bedenken zu heben.

In wieferne das an der Seite der Schädelbasis ausgehende, wenigstens durch Ligamente mit dem behandelten Abschnitte des Schultergürtels in Zusammenhang stehende Skeletstück, ein typischer Theil des Schultergürtels ist oder nicht, will ich hier nicht unterscheiden. Dass bei den höheren Wirbelthieren nicht ähnliches mehr vorkommt, ist gewiss, und selbst bei den Fischen kann nur eine zur Clavicula tretende Bandmasse, die wenigstens unter den Knochenfischen constante Beziehungen bietet, jenem Knochen verglichen werden.

### Selachier.

Die Formverhältnisse und Verbindungsweisen des Schultergürtels sind in dieser Abtheilung wenigstens im Allgemeinen bekannt. Eine genauere Untersuchung dieser Skelettheile liegt jedoch nicht vor. Es konnte daher auch keine Basis für die Vergleichung und das daraus hervorgehende Verständniss der Theile gegeben sein. Von welcher Wichtigkeit aber die Kenntniss der Selachier-Schulter für die Erklärung des Schultergürtels der Ganoïden und Teleostier ist, wird aus den folgenden Mittheilungen einleuchten.

Man weiss, dass der Schultergürtel der Selachier nur aus einem knorpeligen Stücke besteht, welches mit dem der andern Seite in der ventralen Medianlinie verbunden ist und jederseits eine Brustflosse trägt. Bei den Haien läuft das dorsale Ende frei aus, während es bei den Rochen mit der Wirbelsäule in Verbindung ist.

Hinsichtlich der genaueren Verhältnisse sollen zuerst die Haie vorgeführt werden. Ich finde für diese zunächst bemerkenswerth, dass jede Hälfte des Schultergürtels mit der der andern Seite gewöhnlich durch viel weicherer Knorpelgewebe vereinigt ist, als sonst die Masse des Skeletstückes bildet. An dieser Stelle setzt sich aus jeder Hälfte eine dünne, bei den Scyllien und bei Scymnus und Carcharias sehr breite Lamelle zusammen, und bei Hexanchus geschieht die Vereinigung sogar nur durch Bandmasse. In der andern Gattung der Notidani fließen beide Hälften durch Knorpel zusammen. In fester massiver Verbindung stehen beide Hälften bei Squatina und Heterodontus.

Das obere Ende ist entweder breit und erinnert dadurch an die Chimaeren, so bei Heterodontus, oder es läuft, und diess ist die Regel, in einen dünnen Fortsatz aus. Zuweilen ist dieses obere Ende von dem Hauptstücke durch weicherer Gewebe abgegrenzt. Bei Acanthias (*A. vulgaris*) ist es sogar ein besonderes Knorpelstück, welches durch Bandmasse mit dem Hauptstücke sich verbindet.

Die Gestaltung des Schultergürtels bei den einzelnen untersuchten Gattungen bietet eine grosse Mannichfaltigkeit. Indem ich in dieser Beziehung auf die auf Taf. IV. gegebenen Abbildungen verweise, will ich nur diejenigen Einrichtungen hervorheben, die für die mir gesetzte Aufgabe von Wichtigkeit scheinen. Für das allgemeine Verhalten des Schultergürtels sind die von Molin\*) gegebenen Abbildungen brauchbar.

An der vorderen Fläche steht jede Hälfte des Schultergürtels in Verbindung mit dem hintersten Abschnitte des Kiemenskelets. Nur bei Acanthias und Heterodontus finde ich an dieser Stelle des Schultergürtels eine besondere Sculptur. Bei ersteren besteht sie aus drei halbkugeligen Vorragungen (Taf. IV. Fig. 9. B. k.), die zusammen einen Längswulst bilden\*\*). Bei Heterodontus ist es ein einfacher gelenkkopfartiger Vorsprung Fig. 3. A. C. k. Bei allen Haien trägt ein fast in der Mitte der Höhe jeder Schulterknorpelhälfte gelegener, nach hinten und aussen gerichteter Vorsprung die Brustflosse. Die Verbindungsstelle ist sehr verschieden gestaltet, häufig stellt sie eine etwas schräg gelagerte Kante vor und wird durch eigenthümliche Sculpturverhältnisse ausgezeichnet, die nach den Gattungen wechseln.

In der Nähe dieser Anfügestelle der Brustflosse finden sich immer besondere Gruben, die in Canäle führen und weiter unten genauer gewürdigt werden sollen.

Nur bei wenigen ist die Anfügestelle der Flosse durch einen gelenkkopfartigen Vorsprung gebildet. Ich habe diesen bei Heterodontus Acanthias, und Squatina gefunden, bei allen übrigen ist die Articulation an einer einfachen Leiste. Bei Heterodontus (Fig. 3. A. B. g.) ist dieser Gelenkkopf hemisphärisch und trägt die ganze Flosse, deren Basalstücke zusammen eine entsprechende Pfanne formiren. Die Verbindung geschieht mittels eines starken Kapselbandes. Die Innenfläche der Pfanne ist wie die Oberfläche des Kopfes durch dichte Villositäten ausgezeichnet, die mit einem bindegewebigen Ueberzuge der Knorpelflächen zusammenhängen, und so eine von den Gelenkeinrichtungen höherer Wirbelthiere sehr verschiedene Bildung bedingen.

Auch bei Acanthias sind die Gelenkflächen nicht glatt, und der beiderseitige Bindegewebsüberzug hängt hier sogar durch feine Fädchen hin und wieder zusammen. In der genannten Gattung wird aber nur ein Theil der Flosse vom

\*) Sullo scheletro degli Squali, ricerche anatomiche. Vol. VIII. delle memorie del Istituto Veneto di Scienze, lettere ed arti. Con dieci tavole. Venezia, 1860.

\*\*.) Von Owen sind an dieser Stelle für Acanthias zahlreiche Höckerchen angegeben, der cylindrische Kerne in der Substanz des Knorpels entsprechen. Lectures on the comp. Anatomy and Physiol. of the vertebrate animals, Part I. London, 1846. S. 128. Fig. 42. — Molin, der nichts vom Vorkommen eines Gelenkkopfes erwähnt, hat hier die Verbindung mit der Brustflosse angegeben. Aus dem Texte selbst ist nicht genauer zu ersehen, wie er die wahre Verbindungsstelle aufgefasst hat.

Gelenkköpfe des Schulterknorpels getragen, da sich lateralwärts vom Kopfe eine Leiste befindet, welcher das vordere Basalstück der Brustflosse angefügt ist (Fig. 9. B. g.). Bei *Squatina* (Fig. 8. A. B.) articulirt die Flosse auf zwei Gelenkköpfen, davon der grössere mehr nach aussen und abwärts, der kleinere dicht daran, aber nach innen und aufwärts angebracht ist.

Alle von mir untersuchten Haie besitzen im Schulterknorpel Canäle, durch welche vorzugsweise Nerven hindurchtreten. Diese sind für den Theil der Muscular der Flosse bestimmt, der vom Schultergürtel oder von den Knorpelstücken der Flosse selbst entspringt. Ausser diesen von Nerven durchsetzten Canälen kommen noch solche vor, an denen ich eine bestimmte Beziehung zu ein- oder austretenden Theilen nicht feststellen konnte. Diese letzteren Canäle sind unbeständig, insofern sie nur bei einem Theile der darauf untersuchten Thiere gefunden wurden. Die Nervencanäle, wie ich sie unbeschadet ihrer Beziehungen zu Blutgefässen, nennen will, sind dagegen nicht nur beständige Vorkommnisse, sondern auch durch die Lagerungsweise ihrer Oeffnungen charakteristisch. Diese Mündungen der Canäle sind häufig nicht leicht zu finden, und wenn man bei der Untersuchung sich nicht durch die Nervenfädchen leiten lässt, ist der genaue Nachweis der Oeffnungen zumeist nur nach sorgfältiger Entfernung des Perichondriums möglich. In allen Modificationen der Form des Schulterknorpels lässt sich eine bestimmte Anordnung der Oeffnungen erkennen, und aus dieser Beständigkeit des Vorkommens ergibt sich nicht nur ein gewisser Typus für die Ausführung des Schultergürtels der Haie, sondern auch, wie weiter unten gezeigt wird, ein wichtiger Anknüpfungspunct für die Vergleichung desselben mit dem Schultergürtel der Ganoïden und Teleostier. Das Verhalten der Canäle und der dazu gehörigen Oeffnungen ist im Ganzen sehr einfach. Der Canal, durch welchen das Nervenstämmchen in den Schulterknorpel eintritt, beginnt an der Innenseite des Knorpels und theilt sich regelmässig in zwei, davon der eine über, der andere unter der Anfügestelle der Flosse austritt. Diesem Verlaufe gemäss theilt sich auch der Nerv in zwei Aeste, einen oberen für die Hebemuskeln, einen unteren für die Senker der Flosse. Die Oeffnungen will ich als Eintrittsloch (e), oberes (o) und unteres Austrittsloch (u) bezeichnen. Diese Canäle sind von Mettenheimer\*) theilweise gesehen und in ihrer Beziehung zu Nerven erkannt worden. Eine Würdigung ihres näheren Verhaltens, sowie ihrer typischen Erscheinung, liegt nicht vor. Auch Molin hat nur einzelne dieser Oeffnungen angegeben.

Die wichtigsten Eigenthümlichkeiten dieser Canäle und Oeffnungen bestehen in Folgendem: Der Eintrittscanal bildet eine flache aber weite Grube, auf deren

---

\*) *Disquisitiones anatomico-comparativae de membro piscium pectorali.* Berolini, 1847. S. 35.

Boden sofort der obere und untere Austrittscanal beginnt. So ist es bei *Heptanchus* (Fig. 1. A.), annähernd auch bei *Acanthias* (Fig. 9. A.) der Fall. Oberes und unteres Austrittsloch können nahe bei einander liegen. Das trifft sich bei *Squatina*, wo der weite Eintrittscanal (Fig. 8. B. e.) von innen und vorne her den Knorpel auf eine grosse Strecke durchzieht und in die zwei kurzen Austrittscanäle sich spaltet, die medianwärts vom grösseren Gelenkkopfe mit einer oberen kleineren und unteren grösseren Oeffnung ausmünden (Fig. 8. A. o. u.), die nicht wie bei den anderen über und unter der Anfügestelle der Brustflosse, sondern vor derselben gelagert sind.

Auch die Eintrittsöffnung zeigt wechselnde Stellen. Bei *Galeus* (*G. canis*) liegt sie weit nach abwärts (Fig. 4. A. e.) und correspondirt dem unteren Austrittsloche, so dass der obere Canal steil emporsteigt. Bei *Scyllium* vermisste ich die obere Austrittsöffnung, so dass hier die zu den Flossenhebern tretenden Nerven ausser Beziehung zum Schulterknorpel stehen.

Zu diesen mit den Nervenbahnen in constanter Beziehung stehenden Canälen kommt noch ein anderer, den ich bis jetzt nur bei *Scyllium* (*Sc. canicula*), *Galeus* und *Pristiurus* (*P. melanostomus*) auffand. Er beginnt unterhalb der Eintrittsöffnung und durchsetzt den Knorpel gerade nach hinten, wo er in einer mit dem unteren Austrittsloche gemeinsamen weiten Grube ausmündet (Fig. 5. B.). Da eine histiologische Prüfung der diesen Canal durchsetzenden Theile nicht zulässig war, muss ich seine Bedeutung für noch unbestimmt erklären, glaube aber, dass aus seinem Fehlen bei den übrigen untersuchten Gattungen ein relativ geringerer allgemeiner Werth erschlossen werden darf.

Veränderungen in den Beziehungen der Nervencanäle entstehen mit der Erweiterung deren Ausmündungen, in welche sich dann Muskeln eingelagert zeigen. Dadurch dienen diese Stellen zugleich den Muskelnursprüngen, und werden so zur Oberflächenvergrösserung verwendet. Muskeln entspringen aus dem unteren Austrittsloche bei *Galeus* und *Squatina*. Bei ersterem ist es ein Theil des Flossensenker: bei letzterem ist es ein besonderer Adductor der Flosse. Bei *Galeus* und bei *Carcharias* (*C. glaucus*) geht aus dem sehr weiten oberen Austrittsloche ein Theil der Hebemuskeln hervor. Dadurch wird die Sculptur des Schulterknorpels nicht unbedeutend beeinflusst, und indem bei *Galeus* (Fig. 4. A. B.) wie bei *Carcharias* (Fig. 6. A. B.) von der flossentragenden Leiste ein Knorpelvorsprung nach innen und vorne tritt, der das weite Austrittsloch medianwärts umzieht, entsteht unter diesem eine Grube, aus der ein Canal in die untere Austrittsöffnung führt, so dass ein ähnliches Verhältniss wie bei *Scyllium* sich herausstellt. Dieses Verhalten ist besonders dadurch von grosser Wichtigkeit, dass es nicht nur zur Einlagerung von Muskeln verwendet wird, sondern auch in die bei Ganoiden gegebenen

Verhältnisse des Schulterknorpels sich fortsetzt, und somit zur Erklärung des Schultergürtels der übrigen Fische durch den Nachweis verwandtschaftlicher Beziehungen eine sichere Unterlage abgibt. Abweichend von dem bisher aufgeführten verhält sich *Scyllium* (*S. canicula*) und *Scymnus* (*Sc. Lichia*). Bei beiden fehlt der Eintrittscanal und der obere Austrittscanal, indem nur der unterhalb der Brustflosse ausmündende Canal vorhanden ist. Dieser öffnet sich bei *Scyllium* (Fig. 7.) in einer weiteren Bucht, welche zugleich jenen zweiten von innen her den Schulterknorpel durchsetzenden Canal in sich ausmünden lässt, dessen bereits oben gedacht ist. Bei *Scymnus* ist der einfache Canal so nahe an der dünnen, die Flosse tragenden Kante, dass er nur wie ein Loch im Knorpel sich darstellt. —

Der Schultergürtel der Rochen (Taf. V.) lässt sich von dem der Haie aus nicht unschwer verstehen, wenn auch die Mannichfaltigkeit der Form eine grössere ist. Die beiderseitigen Schulterstücke sind ventral meist continuirlich mit einander verbunden. Nur bei *Torpedo* (*T. oculata*) finde ich zwischen beiden Hälften eine Bandverbindung in der Medianlinie, und lateralwärts von dieser setzt sich noch einmal ein besonderer Abschnitt durch grössere Beweglichkeit von dem Hauptstücke ab. Das dorsale, entweder zugespitzte oder doch stark verschmälerte Ende (Fig. 1—5. d.) greift bei *Rhinobatus* (*Rh. laevis*) und bei *Raja* (*R. batis*) in den Einschnitt eines von den Dornfortsätzen der Wirbelsäule ausgehenden besonderen Knorpels ein und ist durch Bandmasse darin befestigt, während bei *Trygon* (*Tr. pastinaca*) und *Myliobates* (*M. aquila*) daselbst eine Art von Articulation statt hat. Bei den elektrischen Rochen vereinigen sich zwar die dorsalen Stücke untereinander, verbinden sich aber nicht mittelst Knorpel mit der Wirbelsäule.

Bei allen untersuchten Rajae ist die die Anfügestelle der Brustflosse tragende Parthie stark verbreitert, und die Anfügestelle selbst wird durch eine horizontale Kante vorgestellt, auf welcher sich drei höckerförmige Erhebungen als Gelenkköpfe (Fig. 1—5. v. m. h.) unterscheiden lassen\*). Bei den meisten ist der vorderste Gelenkkopf der grösste, der mittlere der kleinste. Die Oberfläche des vorderen erscheint glatt, und unterscheidet sich dadurch von den analogen Gebilden der Haie. Die beiden hinteren Gelenkköpfe lassen jedoch (mit Ausnahme von *Raja*) bei genauer Untersuchung feine bindegewebige Rauigkeiten erkennen. Wenn die Gelenkköpfe durch eine Querleiste untereinander verbunden sind, so befestigen an dieser gleichfalls Theile der Basalstücke der Flosse, jedoch ohne eine Gelenkhöhle zu bilden. Es findet sich also hier hinsichtlich der Verbindungsweise mit der Brustflosse ein gemischtes Verhalten, etwa wie bei *Acanthias* unter den Haien.

\*) Dieses Verhältniss hat bereits Kuhl im Wesentlichen angegeben. Beiträge zur Zoologie und vergl. Anatomie. Frankf. a. M. 1820. S. 186.

Den Uebergang von den Haien zu den Rochen vermittelt hinsichtlich des Schulterskeletes *Rhinobatus*. Die Innenfläche ist stark concav (Fig. 1. B.), die Aussenfläche (Fig. 1. A.) in zwei Hauptabschnitte geschieden. Ein an der dorsalen Hälfte sehr starker, an der ventralen ganz schwacher Längsvorsprung scheidet diese Aussenfläche in eine vordere und eine seitliche. Am Innenrande der vorderen Fläche befindet sich eine querovale, oben von einem Vorsprung überragte Gelenkfläche (Fig. 1. B. k.) zur Verbindung mit dem Kiemengerüste. Die horizontale Leiste, welche eine Scheidung der seitlichen Fläche in einen oberen und unteren Abschnitt bewirkt, zeigt vorn einen auf starkem Vorsprunge stehenden längsovalen Gelenkkopf, vertieft und verschmälert sich dann, um in einen quer gestellten Höcker überzugehen, von dem aus eine gleichmässige Kante bis zum dritten, nach hinten gerichteten Gelenkhöcker läuft. In der Vertiefung zwischen dem ersten und zweiten Gelenkhöcker bemerkt man zwei, durch die Querleiste von einander getrennte, ziemlich gleichgrosse Oeffnungen, die an der Innenseite des Schulterknorpels in eine gemeinsame Grube (Fig. 1. B. e.) zusammenfliessen. Diese letztere entspricht der Eintrittsöffnung, die beiden äusseren Löcher (Fig. 1. A. o. u.) dem oberen und unteren Austrittsloche der Flossenerven. Ein ähnliches Verhältniss findet sich noch zwischen dem mittleren und hinteren Gelenkhöcker. Hier bemerkt man ein oberes grösseres (Fig. 1. A. o') Loch, und ein unteres viel kleineres (n'), welches von mehreren, nur schwer unterscheidbaren feineren Löchelchen umgeben ist. Ob auch diese Oeffnungen zum Durchtritte von Nerven dienen, habe ich nicht ermitteln können. Jedenfalls sind die vorderen Löcher die wichtigeren, welche überdiess im Anschlusse an die Haie als typische erscheinen.

An *Rhinobatus* reiht sich hinsichtlich des Schulterskeletes *Myliobates* an. Ich nehme hier dieselbe Eintheilung und Bezeichnung der Flächen und ihrer Unterabschnitte an, wie ich sie vorhin gegeben. Die vordere Fläche ist beträchtlich schmaler, und die ihr und der Seitenfläche entsprechende Concavität an der Innenseite des Knorpels fehlt gänzlich. Der vordere Gelenkkopf ist schmaler und höher (Fig. 2. A. v.), der mittlere fehlt und wird durch eine Leiste ersetzt, welche den vorderen und hinteren Gelenkkopf verbindet. Auf dem vorderen Drittheile dieser Leiste articuliren mehrere knorpelige Radii der Brustflosse, indess solche dem hinteren Abschnitte nur durch Ligamente verbunden sind. Der hintere längsovale Gelenkkopf steht gerade nach hinten. Die bei *Rhinobatus* wie bei den meisten Haien engen Canäle sind bei *Myliobates* in weite Räume umgewandelt, in welche ein Theil der Flossenmusculatur eingebettet ist. Das grosse Eintrittsloch (Fig. 2. B. e.) führt in einen weiten Raum, der an der Seitenfläche mit einer grossen oberen (o) und unteren Austrittsöffnung (u) ausmündet, diese sind nur durch die schmale Gelenkleiste von einander getrennt. Der untere Theil dieses Binnenraums läuft in

einen Canal aus, der sich medianwärts in eine innen am Knorpel angebrachte Halbrinne öffnet. Die bei *Rhinobatus* ungleichen hinteren Oeffnungen (Fig. 2. A. o' u') sind bei *Myliobates* von gleicher Grösse und liegen an derselben Stelle, gehen aber innen von einer gemeinsamen Grube (e') aus.

An *Myliobates* schliesst sich *Trygon* und *Raja* an. *Trygon* hat die Seitenfläche des Knorpels beträchtlich verschmälert, dagegen ist die vordere Fläche noch verhältnissmässig breit. Die Gelenkfläche für das Kiemenskelet ist wie bei *Myliobates* deutlich. Aehnlich verhält sich auch der vordere Gelenkkopf für die Brustflosse, der hintere ist nach aussen und hinten gerichtet. Die zwischen beiden befindliche Leiste lässt die Andeutung eines mittleren Höckers (Fig. 3. A. m.) erkennen. Der zwischen diesem und dem vorderen Gelenkkopfe (v) gelegene Abschnitt der Leiste setzt sich in eine nach innen und aufwärts tretende Knorpellamelle fort, durch welche die Eintrittsöffnung (Fig. 3. B. e.) auch an der Innenfläche des Knorpels völlig getrennt wird. Auch die hinteren Oeffnungen (e') beginnen getrennt an der Innenfläche.

Von den bei *Rhinobatus* und *Myliobates* erkannten Thatsachen aus lassen sich die bei *Raja* gegebenen leicht verstehen, so eigenthümlich auch die Form des Schulterknorpels (Fig. 4. A. B. C.) erscheint, wenn man sie für sich mit dem der Haie in Zusammenhang zu bringen versucht. Die Vorderfläche des Schulterknorpels ist schmäler als bei den anderen Rochen; die ganze Innenfläche weniger concav. Die Seitenfläche stark nach hinten verlängert. Drei grosse Oeffnungen durchbrechen sie. Die vorderste ist in senkrechter Richtung oval und liegt zwischen dem vorderen (v) und mittleren (m) Gelenkkopfe. Sie ist offenbar dadurch entstanden, dass die bei *Myliobates* vorhandene Leiste, welche die obere und untere Ausgangsöffnung von einander scheidet, völlig geschwunden ist. Demgemäss sind auch die beiden Gelenkköpfe gänzlich von einander getrennt. Die beiden anderen Oeffnungen liegen nach hinten zu, eine (o') über, die andere (u') unter der Leiste, die den mittleren mit dem hinteren Gelenkkopfe in Verbindung setzt. Man kann sich diese Oeffnungen entstanden denken durch Erweiterung der accessorischen Oeffnungen, die bei den anderen Rochen an gleicher Stelle vorkommen. Hinsichtlich der Gelenkköpfe bemerke ich, dass alle drei ausgebildet und mit ziemlich glatter Oberfläche versehen sind. Der vordere und der hintere sind längsoval, der letztere entschieden nach hinten gerichtet, der mittlere dagegen besitzt eine querovale Gestalt. Der grösste Theil der zwischen mittlerem und hinterem Gelenkkopfe hinziehenden Leiste ist in 4—5 kleine längliche Höckerchen getheilt, die gleichfalls eine glatte Oberfläche besitzen. Es kömmt also hier die gesammte Verbindung der Brustflosse mit dem Schultergürtel durch eine wahre Articulation zu Stande.

Der Schultergürtel der elektrischen Rochen unterscheidet sich von dem der

nicht elektrischen durch viele Einzelheiten, unter denen die Gliederung des dorsalen und ventralen Abschnittes, sowie die mangelnde feste Verbindung mit der Wirbelsäule obenansteht. Durch den letzteren Umstand wird aber noch kein Anschluss an die Haie gegeben, wie zuweilen angeführt wird, denn bei diesen erreicht der Schultergürtel die Wirbelsäule gar nicht, während er bei den Rochen über der Wirbelsäule sich schliesst. Indem von dieser Verbindung an ein starkes Ligament zu den Wirbeldornen geht, lässt sich diese Beziehung mit den bei den nicht elektrischen Rochen vorhandenen Einrichtungen in Zusammenhang bringen, und beiderlei Zustände treten dadurch aus dem angenommenen Gegensatze heraus.

Die Form des Schultergürtels von *Torpedo* (*T. marmorata*) kann von *Rhinobatus* besser abgeleitet werden, als von einer anderen der mir vorgelegenen Gattungen (Vergl. Fig. 1. A. und Fig. 5. A.). Denkt man sich die Seitenfläche verschmälert, und den Theil derselben, welcher die Articulationen trägt, als eine solide Masse bedeutend nach aussen hin ausgezogen, so dass die Anfügstellen der Brustflosse nach vorn zu liegen kommt; stellt man sich ferner die vordere Fläche, die jener Umänderung zufolge mit der Seitenfläche in Einer Ebene liegt, von einer schräg von oben und aussen nach unten und innen ziehenden Oeffnung durchbrochen, so hat man die *Rhinobatus*-form des Schulterknorpels auf die *Torpedo*-form reducirt. Wenn man die grosse Oeffnung, welche bei *Torpedo* nach innen vom gelenktragenden Theile liegt, als eine Fensterung desjenigen Theiles ansieht, der bei *Rhinobatus* als die vordere Wand bezeichnet ward, so bleibt als Rest dieser vorderen Wand ein pfeilerartiges Stück übrig (Fig. 5. A. B. x.), welches vom ventralen Theile des Schulterknorpels aus schräg lateralwärts zum dorsalen sich hinauferstreckt. Dieses Stück ist das beim ersten Anblicke befremdendste des ganzen Skelettheiles, und weder von *Raja*, noch von *Trygon* oder *Myliobates* her zu erklären, da bei diesen die vordere Fläche des Schulterknorpels keine so bedeutende Ausdehnung besitzt, dass man eine Durchbrechung dieser Fläche annehmen dürfte. Durch die Ausdehnung der vorderen Fläche bei *Rhinobatus* wird die Operation der Vergleichung wesentlich vereinfacht. Die Deutung des erwähnten Pfeilers (x) als medianer Randtheil der durchbrochenen Vorderwand des Schulterknorpels rechtfertigt sich aus allen Beziehungen, und ich habe nur nöthig, in dieser Hinsicht auf eine Vergleichung der Fig. 5. A. mit Fig. 1. A. und der Fig. 5. B. mit Fig. 1. B. hinzuweisen, um die Richtigkeit meines Verfahrens einleuchtend zu machen.

Die Articulation der Brustflosse ist bei *Torpedo* auf eine wenig angedehnte Stelle gelegt. Drei Gelenkköpfe sind auch hier unterscheidbar, davon ist der vorderste (Fig. 5. A. v.) der grösste, und wie sonst mit seiner Längsaxe senkrecht gestellt.

Eine die Gelenkhöcker verbindende Leiste fehlt, was mit dem Umstande

zusammenhängt, dass nur drei grössere Basalstücke der Brustflosse in die Articulation eingehen. Die Canäle und ihre Ausmündungen verhalten sich ähnlich wie bei *Rhinobatus*. Es besitzen aber nicht blos die vorderen eine gemeinsame Eintrittsöffnung (Fig. 5. B. e.), sondern auch den hinteren kommt eine solche in Form einer flachen Grube (e') zu.

Von dem bei *Torpedo* gegebenen Baue des Schultergürtels scheint der von *Narcine* nicht besonders abzuweichen. Nach Henle\*) „zeichnet er sich dadurch aus, dass er nicht, wie bei *Torpedo*, in seiner ganzen Breite nach aussen und etwas schräg nach vorn gerichtet ist, sondern in einem spitzen Winkel erst nach vorn, dann fast gerade nach hinten sich wendet. Darin liegt der Grund, dass bei *Narcine* die Scheibe nach hinten schmaler wird als bei *Torpedo*.“ —

In dem Vorstehenden habe ich gezeigt, dass bei den Selachiern eine bestimmte Form des Schultergürtels existirt, die nicht blos in der knorpeligen Beschaffenheit und in der Bogengestalt durch alle Modificationen Gemeinsames beibehält, sondern die auch in dem Vorkommen und in der Anordnung besonderer Canäle eine die verwandtschaftlichen Beziehungen fester begründende Erscheinung bietet.

Wenn wir das Beständige als Wesentliches vom unbeständigen Accessorischen trennen, so ergibt sich für alle Fälle ein an der Innenseite des Schulterknorpels in diesen eintretender Canal, der sich immer in zwei Canäle spaltet und mit diesen oberhalb und unterhalb des Schultergelenkes ausmündet. Mit Einlagerung von Muskeln können diese Canäle in weitere Räume sich umwandeln und damit ihren ursprünglichen Charakter verlieren\*\*). Eben daraus gehen dann die complicirten Formen des Schulter skelets hervor, indem der massive Knorpel in ein architektonisch leichter geformtes, aus Spangen- und Bogenwerk zusammengesetztes Gerüste sich umwandelt. Der massivere Zustand ist bei den Haien, die durchbrochenen Zustände sind bei den Rochen gegeben. In den Hairochen ist auch hier eine Uebergangsform zu finden. Die Einrichtung bei den Rochen erzielt eine

\*) Ueber *Narcine*, eine neue Gattung elektrischer Rochen. Mit 4 Steintafeln. Berlin, 1834. S. 23. Taf. 4. Fig. 1. w. x. y. —

\*\*\*) Die Bildung dieser weiteren Räume im Schulterknorpel will ich nicht geradezu durch die Entwicklung der Musculatur bedingt aufstellen, sondern nur als damit in Causalnexus stehend bezeichnen. Mit der Dicke der durchtretenden Nervenstämmen hat aber die Weite der Canäle keinen Zusammenhang. Es ist irrig, wenn Mettenheimer (op. cit. S. 35.) anführt, dass die durch die mächtigere Flossenbildung der Rochen erforderten stärkeren Nervenstämmen jene weiten Räume und Canäle hervorriefen, denn diese letztern sind oft wohl ums zehnfache umfanglicher, als der sie durchlaufende Nerv.

grössere Verbindungsstelle mit der hier mächtigern Brustflosse, und bietet ein festes Stützwerk dar, ohne dass durch die grössere Breite des Gelenktheiles zugleich eine mächtigere Knorpelmasse in Anspruch genommen wird.

Die anatomische Deutung dieses Skeletabschnittes ist bisher meist in allgemeiner Weise vorgenommen worden, indem man sich begnügte, den ganzen Apparat als Schulter- oder Brustgürtel zu benennen, oder einen Theil desselben als Clavicula und dergleichen zu bezeichnen. Den unterhalb des Schultergelenkes befindlichen Abschnitt erklärt Kuhl als Clavicula, den oberen als Scapula, und so verhalten sich die meisten Angaben. Bei den Rochen soll nach Stannins\*), der sich darin an Mettenheimer anschliesst, das obere transversale Stück einer Scapula entsprechen, das davon abgegliederte und absteigende untere dagegen einer Clavicula.

Am ausführlichsten hat sich Owen\*\*) darüber geäussert. Nach ihm besteht der Schultergürtel der Haie vorzüglich aus Coracoïdbestandtheilen, die unter dem Pericardium sich mit einander verbinden. Eine hintere Vorragung des Coracoïdknorpels ist nach Owen mit den anchylosirten Vorderarmstücken in Verbindung. Unter den Rochen ist der Schultergürtel bei *Rhinobatus* ein zusammenhängender Knorpel, bei den anderen Rochen ist er in Coracoïd, Scapular- und Suprascapularstücke getheilt. Scapula und Coracoïd vereinigen sich in drei Puncten an der Gelenkstelle. Eine Beziehung zu Radius und Ulna, die bei den Haien entsprechende Theile am Schultergürtel besitzen sollen, wird nicht für die Rochen erwähnt.

Gegen diesen Erklärungsversuch ist vor allem anzuführen, dass er auf ganz willkürlichen Voraussetzungen beruht und dass er zugleich inconsequent ist. Bei den Haien soll der Vorderarm noch in den Schultergürtel mit aufgenommen sein, indess letzterer bei den Rochen nur aus Coracoïd und Scapula bestehe. Nachdem ich nachgewiesen, dass bei Haien und Rochen ganz homologe Bildungen am Schultergürtel sich finden, müssen in jedem auch dieselben Theile gesucht werden. Es besteht aber auch durchaus kein in der Structur des Schultergürtels liegender Grund, Theile des Armskelets darin anzunehmen, oder überhaupt einzelne bei anderen Wirbelthieren discrete Theile hier an ganz bestimmten Stellen sich mit einander verbinden zu lassen, da jede Hälfte des Schultergürtels aus einem continuirlichen Knorpel besteht.

Es ist ausser jedem Zweifel, dass die Clavicula niemals Beziehungen zum Schultergelenke besitzt, dass dieses vielmehr nur an Scapula und Coracoïd vorkommt, welche beide wir als ein ursprünglich einfaches Knorpelstück kennen

\*) Zootomie der Fische. Berlin, 1854. S. 89.

\*\*) Lectures etc. S. 128 u. 129.

lernten. Es wird also auch die Clavicula nicht im Schultergürtel der Selachier gesucht werden können, vielmehr nur solche Theile, die aus dem primitiven Schulterknorpel sich differenziren. Da aber der Schultergürtel der Selachier keine knöchernen Theile entwickelt, so wird auch hier nicht von Scapula oder Coracoïd die Rede sein können. Selbst diese Theile in concreterer Form nur hier vorgebildet zu sehen, halte ich für unpassend, weil jeder directe Anschluss an die höheren Wirbelthiere, schon an die Amphibien, fehlt. Zieht man die hier bei den Selachiern ganz andere Verbindungsart des Schultergürtels mit der vorderen Extremität, die Differenz der vorderen Extremität selbst, und endlich die schon den Amphibien nicht mehr zukommenden Canäle in Betracht, so wird man davon absehen müssen, solche Vergleichen, wie sie zwischen den Schultergürteln der höheren Wirbelthiere möglich waren, hier in Ausführung zu bringen. Es lässt sich also ohne Ignorirung der vorerwähnten Thatsachen nur ganz im Allgemeinen eine Erklärung der einzelnen Hauptabschnitte abgeben, und wenn man daran anknüpft, dass aus dem ventralen Theile des primitiven Schultergürtels der Amphibien Coracoïd in Procoracoïd hervorgehen, aus dem dorsalen aber die Scapula, so wird man auch bei den Selachiern solche Abschnitte bezeichnen können. Aber es ist nicht zu vergessen, dass die Complication der Canalbildung darauf hinweist, dass hier ausser Coracoïd und Scapula noch Theile im Knorpel enthalten sein können, von denen bei den höheren Wirbelthieren keine Spur mehr fortbesteht. Es werden hierüber die Ganoïden und Teleostier Aufschluss geben können.

Auch durch die Abgliederungen von einzelnen Theilen wird man zu keinem directen Anschluss an die höheren Wirbelthiere gewiesen. Das bei *Acanthias* einfache, bei *Torpedo* und *Narcine* doppelte vom dorsalen Abschnitte abgegliederte Stück hat gar keine Beziehung zum Suprascapulare der Amphibien, sowenig wie das ventral abgegliederte Stück ein Coracoïd sein kann. Das Suprascapulare haben wir als einen Rest des ursprünglichen Knorpels gesehen, der erst, indem er durch die Ossification der Scapula, in einen Gegensatz zu dieser tritt, unterscheidbar wird; wo also jede Knochenbildung fehlt und damit keine Scapula discret geworden ist, wird auch kein Suprascapulare angenommen werden dürfen. Es mag zwar dieses Stück so bezeichnet werden, aber der damit sich verbindende Begriff ist ein anderer als beim gleichnamigen Stücke der höheren Wirbelthiere. Die Suprascapularia der Rochen sind überdies viel eher von der Wirbelsäule als vom Schultergürtel ausgehende Bildungen, und haben mit den oberen Enden des Schultergürtels der Haie nichts gemeinsames. Diesen entspricht vielmehr der Theil bei den Rochen (*Rhinobatus*, *Trygon*, *Raja*), der, ohne vom Hauptstücke getrennt zu sein, als ein Fortsatz in jenes dorsale Knorpelstück eingreift.

So stellt sich also der Schultergürtel der Selachier hinsichtlich seiner Form-

verhältnisse, mit Bezug auf die höheren Wirbelthiere, auf einer indifferenten Stufe dar, und ebenso erscheint er hinsichtlich seiner Textur. Allein in der regelmässigen Wiederkehr bestimmter Sculpturen sind sichere Anhaltspuncte für die Vergleichung dieses Skelettheiles mit dem homologen der übrigen Fische gewonnen.

### Chimären.

Der Schultergürtel der Chimären (*Ch. monstrosa*) schliesst sich an den der Selachier an; es ist bekannt, dass auch er ganz aus Knorpel besteht, dass beide Hälften ventral zu einer hohen Platte mit einander verbunden sind, und dass die dorsalen Seitentheile abgeplattet sind und in eine nach hinten gerichtete Spitze auslaufen, ohne mit der Wirbelsäule in unmittelbarer Verbindung zu stehen. Das platte dorsale Seitenstück erscheint gegen das Hauptstück etwas beweglich, indem es an einer Stelle weicher ist, allein die Continuität des Knorpels ist nirgends unterbrochen und die einzelnen Stücke, die von Rosenthal\*) abgebildet wurden, sind an in Weingeist conservirten Thieren nicht unterscheidbar. Da ich in der Abbildung Fig. 6. A. B. C. auf Taf. V. eine genaue Darstellung der rechten Hälfte des Schultergürtels gegeben habe, brauche ich über die eigenthümlichen Sculpturen keine weitläufige Beschreibung zu liefern. Dass einige Aehnlichkeit mit dem Schultergürtel von *Heterodontus* besteht, ist nicht zu verkennen.

Das platte dorsale Stück geht etwa in der Mitte der Höhe des Skelettheiles in einen mehr cylindrischen dickeren Theil über, der nach abwärts sich in eine breite mediane Platte verflacht. An der Seite derselben erhebt sich ein leistenförmiger Vorsprung (Fig. 6. g.), der, ohne durch distincte Gelenkkopfbildungen ausgezeichnet zu sein, die Brustflosse trägt. Das Schultergelenk entspricht dem vieler Haie. Der vordere Theil der Kante ist breiter als der mittlere, und zugleich etwas vertieft, der hintere ist wieder verbreitert und besitzt dabei eine gewölbte Oberfläche. An der vorderen Fläche des breiten Mittelstückes bemerkt man eine von dem dicken Abschnitte des Seitentheiles herziehende, mit der der anderen Seite convergirende Leiste. Die beiderseitigen Leisten treffen in der Medianlinie zusammen, und laufen, eine mediane senkrechte Leiste bildend, gegen den unteren Rand des Mittelstückes aus. Nach oben begrenzen beide Leisten eine herzförmige Grube, deren seitliche Ausbuchtungen (Fig. 6. A. w.) sich in einen an die Innenfläche des Seitentheiles des Schulterknorpels gelangenden Canal fortsetzen. In denselben Canal führt eine zweite an der Vorderfläche vorhandene Oeffnung (Fig. 6. A. B. u.), die nach aussen von der erwähnten Leiste gelagert ist.

\*) Ichthyotomische Tafeln. Zweite Auflage. Berlin, 1837. Taf. XXVII.

An der hinteren Fläche des Mittelstückes findet sich eine grosse, an beiden Hälften nach aufwärts flach auslaufende, unten von einer starken Querleiste abgegrenzte Grube. Sie dient, wie jene an der Vorderfläche, als Ursprungsstelle von Muskeln. Da wo die Grube seitlich und aufwärts ausläuft, ist eine nach abwärts gerichtete Oeffnung vorhanden (Fig. 6. B. C. o.), welche, wie die beiden anderen bis jetzt erwähnten, in einer noch weiter nach oben gelegenen grösseren Oeffnung (Fig. 6. C. e.) ausläuft. Median und abwärts von dieser Oeffnung liegt eine kleinere, durch welche man in denselben Canal gelangt.

Beachtet man die Vertheilung dieser verschiedenen Oeffnungen am Schulterknorpel, so wird man sie in bestimmten Beziehungen zu der Schultergelenkkante finden. Eine Oeffnung (o) liegt über, eine andere (u) unter der gelenktragenden Kante, eine dritte nach vorn ohne nähere Beziehungen zum Gelenke. Die vierte endlich, vom Gelenke gleichfalls entfernt oben und innen. Durch diese letztere tritt ein ansehnlicher Nerv ein, der sich, in drei Aeste gespalten, in die von jener Oeffnung ausgehenden drei Canäle begibt und an den oben bereits bezeichneten Stellen (o. u. w.) austritt. Die Nervenäste vertheilen sich von da in die an den Schulterknorpel befestigte Musculatur.

Aus dem Verlaufe des Canals und der Verbreitung der sie durchsetzenden Nerven geht eine grosse Uebereinstimmung mit den bei den Selachiern als typisch erfundenen Verhältnissen hervor. Nur die einzige Verschiedenheit besteht, dass medianwärts von dem unteren Austrittsloche noch ein zweites vorhanden ist. Ich glaube nicht irre zu gehen, wenn ich diese Theilung des unteren Canals mit der beträchtlichen Breite und Höhe des Mittelstückes bei Chimaera, und mit der Theilung der Oberfläche desselben durch eine schräg verlaufende Leiste in Causalnexus bringe.

Hinsichtlich der vergleichenden Beurtheilung des Schultergürtels der Chimären muss ich auf das bei den Selachiern Gesagte verweisen, da der gleiche anatomische Befund auch eine gleiche Deutung verlangt.

### Ganoïden und Teleostier.

Der Schultergürtel der Ganoïden ist zumeist mit jenem der Knochenfische beurtheilt worden. In der That besteht auch zwischen beiden soviel Gemeinsames, dass jene Behandlungsweise gerechtfertigt erscheinen kann. Allein die jeder der beiden Abtheilungen zukommenden Eigenthümlichkeiten lassen ein strengeres Auseinanderhalten für zweckmässiger gelten, so dass ich nur die Vorführung der früheren Erklärungsweisen des Schultergürtels dieser Abtheilungen gemeinsam behandeln will.

Bei allen Ganoiden und Teleostiern ist der Schultergürtel aus paarigen Seitentheilen zusammengesetzt, die meist aus einem knöchernen Bogenstücke als einem Hauptabschnitte bestehen, dem nach innen und hinten zwei bis drei andere Stücke angefügt sind. Die letzteren können auch aus einem Knorpel bestehen, oder durch ein einziges Knochenstück vertreten werden. Gelenkverbindungen dieser Theile untereinander sind nicht bekannt. Mit dem hinteren Abschnitte ist die Brustflosse beweglich verbunden. Diese Stelle bildet zugleich die Grenze des aus fester mit einander vereinigten Theilen bestehenden Schultergürtels gegen die eigentliche vordere Extremität.

Das namentlich bei den Knochenfischen mächtig entwickelte Hauptstück des Schultergürtels wurde unter den älteren Ichthyologen von Artedi, bestimmter dann von Gouan \*) als Clavicula gedeutet, welcher Auffassung von Seiten Vieq d'Azyr's \*\*) zuerst entschiedener Widerspruch ward, da derselbe im erwähnten Knochen weder die gleichen anatomischen, noch physiologischen Beziehungen, wie in der Clavicula der höheren Thiere, zu erkennen vermochte. Die oberflächliche Lagerung in der hinteren Wand der Kiemenhöhle scheint sowohl dem Genannten, als auch Späteren für den Clavicularbegriff störend gewesen zu sein. Auch Cuvier \*\*\*) ist der Gouan'schen Deutung nicht beigetreten, indem er denselben Knochen anfänglich viel eher einem Schulterblatte verglichen wissen wollte. Dabei ist aber nicht zu übersehen, dass Cuvier die grossen, der Erklärung des Schultergürtels der Fische sich entgegenstellenden Schwierigkeiten keineswegs verkannte und seinen Deutungen dadurch einen mehr provisorischen Charakter gab, dass er die gesammte Vorderextremität der Fische nicht mit den übrigen Wirbelthieren, sondern in einem besonderen Abschnitte behandelt hat.

Einen Vertreter der auch von Lacépède angenommenen Deutung des grossen bogenförmigen Knochenstückes als Clavicula finden wir in Geoffroy St. Hilaire †). Er sagt, dass jener Knochen mit Recht diesen Namen führe, da das eine seiner Enden sich mit dem der anderen Seite verbinde, um sich auf das Sternum zu stützen, und da an einer anderen Seite ein System von Knochen angebracht sei, welches mit den Strahlen der Flosse endige. Später ††) hat derselbe Forscher die Clavicula Gouan's als Os furculaire bezeichnen zu müssen geglaubt.

Bakker †††) war wohl durch die Grösse dieses Knochens veranlasst, ihn

\*) *Historia piscium, sistens eorum anatonem etc.* Argentorati, 1770. S. 64

\*\*) *Op. cit.* V. S. 206.

\*\*\*) *Vorlesungen* I. S. 298.

†) *Annales du Muséum d'hist. nat.* Vol. IX. Paris. 1817. S. 381.

††) *Philosophie anatomique.*

†††) *Osteographia piscium.* Groningae, 1822. S. 90 u. 110

nicht ausschliesslich als Schlüsselbein anzusehen; er nahm in ihm noch den Humerus an und bezeichnete ihn als „Coenosteon“. Es schien ihm auch unnatürlich „a fabrica generali alienum“, dass der Carpus mit dem Humerus verbunden sei, was der Fall wäre, wenn das „Coenosteon“ wirklich nur einer Clavicula entspräche, denn dann würde der Humerus in dem hinter jenem liegenden, den Carpus tragenden Stücke zu suchen sein. Es ist beachtenswerth, wie Bakker in dieser Deduction von der Vorstellung beherrscht wird, dass die Theile der Extremität der höheren Thiere, wenn sie in den Fischen nachgewiesen werden sollen, auch in derselben Folge zu suchen seien, in der sie dort existiren.

Auch Cuvier\*) lässt sich später durch die Deutung zweier anderer Knochen als Radius und Ulna bestimmen, und sieht, seine frühere Meinung ändernd, in ihm den Humerus, obgleich er zugibt, dass der Knochen in gewisser Beziehung die Rolle der Clavicula spiele.

In einer andern Weise fasst ihn Owen\*\*) auf. Er erklärt ihn für das Coracoïd, weil dieser Knochen von den Säugethieren nach abwärts an Grösse und Bedeutung zunehme, und dadurch beurkunde, dass er einen wesentlichen Theil des Schultergürtels vorstelle. Dadurch, dass der Knochen der Gliedmaasse (radiated appendage) einen Anheftepunct gewähre, was bei der Clavicula niemals der Fall sei, werde jene Deutung befestigt. Unter diesen divergirenden Meinungen, die, wie ersichtlich, immer nur auf eine einzige, und nicht einmal sicher vermittelte Beziehung sich stützten, hat die ursprüngliche Deutung immer festeren Boden gewonnen. Spix und Meckel\*\*\*) erklärten in jenem Knochen die Clavicula zu sehen, und Agassiz vertrat gleichfalls diese Ansicht in seinem grossen Werke über die fossilen Fische.

In neuerer Zeit finden wir Mettenheimer und Stannius†) auf derselben Seite. Obwohl der erstgenannte Untersucher die Begründung seiner Ansicht auf vorwiegend anatomische Thatsachen stützt††), unterlässt er doch nicht, auch die Entwicklungsgeschichte mit sprechen zu lassen, und bringt damit sowohl die Grösse der Clavicula, als auch deren frühzeitiges Auftreten in Zusammenhang. Noch genauer hat Bruch†††) diese Umstände gewürdigt, da ihm die Clavicula des Menschen als ein nicht knorpelig präformirter Knochen erschienen war, war

\*) Hist. nat. des poissons. Paris, 1828. I. S. 373.

\*\*) Lectures on the comp. anat. and Phys. of the vertebr. animals. T. I. London, 1846. S. 118.

\*\*\*) Zuerst in der Uebersetzung von Cuvier's Leçons, dann in seinem Systeme der vergl. Anatomie. I. I. S. 277. Der Knochen wird als vorderes oder äusseres Schlüsselbein bezeichnet.

†) Zootomie der Fische. S. 91.

††) Op. cit. S. 32. u. folgende.

†††) Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. IV. S. 370.

die Beziehung zu den grossen, gleichfalls nicht knorpelig präformirten Knochen der Fische auch histiogenetisch verknüpft worden.

Die Schicksale der übrigen den Schultergürtel zusammensetzenden Stücke sind nicht minder wechselvoll. Zunächst dürfte es sich um die Theile handeln, welche die Clavicula dorsalwärts mit dem Schädel verbinden, oder doch an sie sich anfügen. Geoffroy St. Hilaire\*) hat ein solches Verbindungsstück als Schulterblatt (Omoplate) bezeichnet. Er findet an diesem Stücke dieselbe Verbindung mit der Clavicula, dieselbe Stellung zum Rücken, dieselben Anheftungen der Aponeurosen der grossen Rückenmuskeln, wie bei den übrigen Wirbelthieren. Wenn die Verbindung dieses Stückes mit dem Schädel etwas Auffallendes hat, so gibt Geoffroy dagegen zu bedenken, dass der ganze Halstheil der Wirbelsäule den Fischen fehle, woraus jene Beziehung nothwendigerweise hervorgehe. Nur bei den Aalen finde eine Ausnahme statt, insofern hier das Schulterblatt dieselbe freie Lage zwischen den Rückenmuskeln besitze, wie bei den übrigen Wirbelthieren.

Bei dieser ersten Erklärung der Bedeutung des Verbindungsstückes der Clavicula mit dem Schädel hat Geoffroy offenbar nur den einen Knochen gekannt. Dass noch ein zweiter vorkomme, ist nicht in jener Abhandlung erwähnt. Erst später\*\*) wird dessen gedacht und derselbe als „Omolite“ bezeichnet.

Bakker hat das obere Verbindungsstück als Omoplata oder Os scapulare bezeichnet, und findet (beim Hechte) sogar einige Aehnlichkeit mit dem Schulterblatte des Menschen. Der zweite an die Clavicula gefügte Knochen ist ihm Aeronion, von dem Geoffroy gezeigt habe, dass es bei Säugethieren, Vögeln und Reptilien von der Scapula getrennt sein könne.

In mehr allgemeiner Auffassung hält sich Meckel, der diese Verbindungsknochen unter dem Namen „Schultertheil“ des Brustgürtels aufführt, während sie von Cuvier als Scapulare und Suprascapulare bezeichnet werden. Dieser von Geoffroy begründeten, durch geänderten Namen nicht beeinträchtigten Auffassung stimmen spätere Autoren bei. Wir sehen sie bei Owen vertreten: von Mettenheimer sogar in der ursprünglichen Form.

Erst in der neuesten Zeit ist von Bruch\*\*\*) durch Berücksichtigung der Entwicklung dieser Theile eine andere Ansicht begründet worden. Nach diesem Autor ist, wie bereits oben erwähnt, nur die Clavicula richtig gedeutet; die beiden diese mit dem Schädel verbindenden Stücke können nicht als Scapula und Suprascapulare angesehen werden, da sie als blosse Deckstücke sich herausstellen. Sie

\*) Annales du Muséum. T. IX. S. 362.

\*\*) Philosophie anatomique.

\*\*\*) Vergleichende Osteologie des Rheinlachs. Mainz, 1861.

sind daher Bildungen, die den übrigen Theilen des Extremitätengürtels hinzugekommen sind. Bruch bezeichnet sie als *Supraclavicularia*.

Die übrigen hinter der *Clavicula* gelagerten und ihr meist fest, seltener beweglich verbundenen Knochen, die zwischen die *Clavicula* und die Brustflosse eingeschoben, sind bereits von älteren Forschern für das Schulterblatt angesehen worden. Ich nenne hiebei wieder *Artedi* und *Gouan*. *Geoffroy* bemüht sich zu beweisen, dass dieser Skelettheil nur dem Arme und Vorderarme entsprechen könne, da ja die Flosse selbst eine Hand sei. Drei Knochenstücke treten nach *Geoffroy* in jene Bildung ein, und wenn die Armknochen auch nur durch eine dreieckige Lamelle dargestellt seien, so könne man an diesen doch drei *Ossificationscentren* unterscheiden, welche durch ihre Lagerung dem *Humerus*, dem *Radius* und der *Ulna* entsprächen. Der *Humerus* ist der meist parallel mit der *Clavicula* nach abwärts gerichtete Theil. Der *Radius* liegt nach oben, die *Ulna* in der Mitte. Diese eigenthümliche Anordnung ist zwar eine Anomalie im Vergleiche mit den Verhältnissen der übrigen Wirbelthiere, allein es nehmen nicht alle Fische daran Theil. Bei *Lophius*, dann auch bei *Polypterus* ist die Vorderextremität in denselben Beziehungen wie bei den *Cetaceen*. Der Arm ist hier seiner Länge nach der *Clavicula* verbunden. Seine Skelettheile verwachsen nicht zu einem Stücke. Nur der *Humerus* legt sich an die *Clavicula*, die Vorderarmknochen articuliren mit ersterem und fassen bei *Polypterus* noch einen *Carpalknochen* zwischen sich.

Entsprechend seiner bereits oben angeführten Deutung der vorderen Schultergürtelstücke hat *Bakker* die hinter der *Clavicula* liegenden Knochenstücke als Vorderarmknochen angegeben, und ihm folgte *Cuvier*\*), der selbst in der That- sache, dass bei den Lachsen, Karpfen und Welsen drei Stücke vorkommen, keine Schwierigkeit findet. Es soll das obere von beiden Stücken — da wo nur zwei vorhanden sind — der *Radius*, das untere die *Ulna* sein. *Meckel*, der die drei Stücke genau kennt, und sie beim Welse, wo sie in eines zusammenfließen, sorgfältig beschreibt, enthält sich einer bestimmteren Aeusserung über ihre Bedeutung. Von *Owen* wurde die *Bakker'sche* Erklärung umgekehrt, und das obere Stück als *Ulna*, das untere als *Radius* bezeichnet, denn dasselbe finde sich in derselben Lagerung wie der unzweifelhafte *Radius* der Wale und *Enaliosaurier*. Wo noch ein drittes Stück vorkommt, mag es als *Humerus* bezeichnet werden, wenn es auch mehr als eine Abgliederung von der *Ulna* erscheint.

*Mettenheimer* findet die Auffassung *Owen's* gerechtfertigt. Er begründet sie ausführlich dadurch, dass er, von dem dritten, inneren, vielen *Teleostiern* fehlenden Stücke ausgehend, in diesem die Charaktere eines *Humerus* nachweist, die er

\*) *Hist. nat. des poissons*. I. S. 372.

in der Verbindung des Vorderarmes mit der Schulter aufgestellt hatte. Dass dieser Humerus nicht dem Schulterblatte, sondern dem Schlüsselbein angefügt ist, wird aus der functionellen Bedeutung des Schultergürtels der Fische zu erklären versucht, ebenso die Verbindung und Gestalt von Ulna und Radius.

Aber nicht blos die Skelettheile des Armes, sondern auch solche der Hand sind in jenen der Clavicula ansitzenden Stücken erkannt worden. Stannius hat sie für *Ossa carpi* erklärt, und stellt sich so die Hand unmittelbar ans Schlüsselbein angefügt vor. Er bezieht sich dabei auf eine Thatsache aus der Entwicklungsgeschichte der höheren Wirbelthiere, welcher zufolge die Hand früher auftreten soll, als die beiden Abschnitte des Armes. Die Verbindung der Brustflosse mit der Schulter entspräche demnach dem Carpo-metacarpalgelenk. Erst durch Bruch kommt mit einer allseitigen Beurtheilung des Verhaltens des Schultergürtels der Fische die zuerst von Gouan geäußerte Meinung wieder in den Vordergrund, dass nämlich die hinter der Clavicula gelagerten Theile vielmehr einem Schulterblatte entsprechen. Bruch\*) sagt: „Es ist wohl einleuchtend, dass ein Skeletstück, welches in der Musculatur des Rumpfes verborgen, gleich einem zweiten (primordialen) Extremitätengürtel von der Schultergegend bis zur vordersten Halsgegend reicht, hier mit dem der anderen Seite zusammenstößt, und in seiner ganzen Länge an der untern Seite der Clavicula befestigt ist, nicht wohl der Vorderarm der Fische sein kann. Auch ist kein Grund vorhanden, denselben einen Vorderarm zuzuschreiben, da das von Agassiz als Humerus bezeichnete Stück bei den meisten Knochenfischen vermisst wird.“ . . . „Ich betrachte demnach den ganzen primordialen Extremitätengürtel der Fische als gleichbedeutend mit dem Schulterblatte der höheren Thiere; welches immer ein primordiales Stück ist, und beziehe mich auf das, was ich bereits früher über das Vorkommen einer primordialen und secundären Clavicula gesagt habe.“

Ausser den bisher in ihren mannichfachen Deutungen vorgeführten Knochenstücken der Schulter pflegt noch ein anderes Stück hierher gerechnet zu werden, welches von Cuvier\*\*) zuerst gekannt und näher beschrieben, von Geoffroy als Analogon des Gabelknochens der Vögel aufgefasst wurde. Es inserirt sich dieser stiletförmige Knochen in der Regel an der inneren Fläche des oberen Theiles der Clavicula, und ist häufig durch zwei, zuweilen sogar durch drei, gesonderte Stücke vertreten. Nachdem Geoffroy seine Meinung hinsichtlich der echten Clavicula Gouan's geändert, hat er jenen Knochen als Coracoïd bezeichnet, worin

\*) Vergl. *Osteol. d. Rheinlachs.* Mainz, 1861 S. 19.

\*\*) *Leçons d'anatomie comp.* 1. Edit. Vol. I. S. 246.

ihm Bakker beigestimmt hat Auch Cuvier\*) hat sich in dieser Richtung ausgesprochen, während er von Owen, auch in jenen häufigen Fällen, wo er in zwei Stücke getrennt ist, als Epicoracoïd gedeutet ward. Mettenheimer hält diese beiden Stücke für getrennte Theile, und bezeichnet das untere als Coracoïd, das obere als Epicoracoïd. Wo nur ein einziges vorhanden ist, wird es als Coracoïd aufgefasst. Während alle Untersucher des Schultergürtels der Fische diesen Stücken einen typischen Werth beileigten, wurden sie zuletzt von Bruch für ein accessori-sches Gebilde erklärt.

Aus dieser soeben gegebenen Skizze von den mannichfaltigen Deutungen, welche der Schultergürtel der Teleostier erlitten, mag hervorgehen, dass eine erneuerte Untersuchung des Thatbestandes gerechtfertigt war.

### G a n o ï d e n .

Der Schultergürtel der Ganoïden ist nach der ganzen Stellung dieser Abtheilung am meisten befähigt, über die bei den Teleostiern herrschenden Verhältnisse Ausführliches zu bieten, und unter den Ganoïden sind es die Sturionen, welche durch ihr Knorpelskelet sich an die Selachier reihen und damit auch für den Schultergürtel Vermittelungen erwarten lassen.

Der die Flosse tragende Theil des Schultergürtels der Störe (*Accipenser sturio* und *A. rhynchaeus*) besteht jederseits aus einem einzigen Knorpelstück von hyaliner Beschaffenheit und eigenthümlicher Form. Man kann an demselben ein dickeres Mittelstück und drei nach verschiedenen Richtungen gehende Fortsätze unterscheiden. Sowohl dieses Mittelstück, als die unmittelbar davon ausgehenden Fortsätze lehnen sich nach aussen und vorn an einen Knochen an, der die hintere Wand der Kiemenhöhle begrenzt und ventralwärts von einem zweiten ähnlichen Knochen überlagert wird, der zugleich mit dem der anderen Seite in der Medianlinie zusammentrifft; die nach hinten und aussen gerichtete, die Flosse tragende Fläche des Mittelstückes ist mit fünf in einer Querreihe angeordneten Vertiefungen versehen (Taf. VI. Fig. 2. B. g.), von denen die fünfte nach aussen hin die ansehnlichste ist. Lateral schliesst diese Reihe mit einem breiteren, schräg nach aussen und aufwärts und innen und abwärts gerichteten, stark gewölbten Vorsprunge ab, auf welchem der äussere massive Radius der Brustflosse articulirt. Ueber der Einlenkstelle der Flosse ist eine weite, cylindrische Oeffnung (Fig. 2. B. o.) angebracht, die schräg nach innen und vorne führt, und, den Knorpel durchbohrend, an der Innenfläche des vorerwähnten grossen Knochenstückes ausmündet (Fig. 2. A. C. e.).

\*) Hist. nat. des poissons. T. I. S. 375.

Ein grosser Theil dieser Ausmündung ist von jenem Knochen verschlossen, und erst nach Entfernung desselben bemerkt man an der vorderen äusseren Fläche des Knorpels den ganzen Umfang dieser Oeffnung (Vergl. Fig. 2. C. e.).

Im Boden dieses den Knorpel durchsetzenden Canals bemerkt man ein anderes, bedeutend kleineres Loch (Fig. 2. B. u.), welches gerade nach abwärts leitet und unterhalb des das Flossengelenk tragenden Abschnittes ausführt. Man kann also sowohl von der hinteren als von der vorderen Oeffnung des weiten Canals zu dem unter der Flosse einlenkung befindlichen Raume gelangen.

Der weite Canal lässt durch seine vordere Ausmündung zwei vom Mittelstücke ausgehende Verlängerungen des Knorpels unterscheiden. Es trennt die Mündung des Canals diese Fortsätze durch einen tiefen Ausschnitt (Fig. 2. A. e.). Der eine Fortsatz ist einer dreiseitigen Pyramide vergleichbar und nach oben gerichtet (Fig. 2. A. B. C. s.), der andere (m) breitet sich mit verdünntem Rande nach vorne aus und stützt sich an die Innenfläche des grösseren Deckknochens, mit dessen Vorderrand er endigt. Endlich geht noch von dem Gelenktheile ein dritter Fortsatz nach innen, vorn und abwärts (Fig. 2. A. B. C. i.), der gleichfalls in eine dünne, nach aussen gekrümmte Lamelle ausläuft und damit jenem Deckknochen angelagert ist, allein sich noch über diesen hinaus auf den zweiten Deckknochen hinstreckt (Fig. 2. A. i'). Dieser Fortsatz begrenzt den unterhalb der Articulationsstelle gelegenen Raum, der nach aussen von den beiden Deckknochen abgeschlossen wird, und somit einen vorn und hinten sich öffnenden Canal vorstellt. Sowohl in diesem, als auch in dem oberen Canal (o. e.) liegen Muskelmassen, die einen auf der dorsalen, die anderen auf der ventralen Fläche der Flosse sich ausbreitend.

Von besonderer Wichtigkeit ist der Verlauf der zu diesen Muskeln tretenden Nerven. Ein Stämmchen tritt vorn und innen in dem Ausschnitte, der zwischen oberem (s.) und mittlerem Fortsatz (m) des Knorpels liegt, zu dem weiten Canale, und versorgt die diesen ausfüllenden Muskeln, um mit seinem Reste zu der oben beschriebenen Oeffnung (u) hindurch zu gelangen und in den unteren Flossmuskeln zu endigen.

Ich bin der Meinung, dass schon durch die Vergleichung der am Schulterknorpel der Störe gegebenen Oeffnungen und Canäle ein Anhaltspunct sich bietet zur Vergleichung dieses Gebildes mit anderen knorpelig bleibenden Schulterstücken, zunächst jenem der Haie. Gesichert wird diese Vergleichung durch die Berücksichtigung des Nervenverlaufs. Es wird so die vordere Oeffnung (e) des oberen Canals dem von mir als Eintrittsoffnung bezeichneten Loche im Schultergürtel der Haie entsprechen, die hintere Oeffnung (o) dem oberen Austrittsloche, und die die untere Canalwand durchbohrende Oeffnung wird dem unteren Austrittsloche gleichbedeutend sein. Denkt man sich im Schulterknorpel der Haie den das Ein-

trittsloch verbindenden Canal von ansehnlicher Weite, so wird dadurch ein Verhalten gegeben, das sich jenem der Störe bedeutend nähert. Thatsächlich wird diess schon dadurch herbeigeführt, dass bei einzelnen Haien (*Carcharias*, *Galeus*) die obere Austrittsöffnung mit Muskeleinlagerung versehen und in eine weite Bucht verwandelt ist. Auch die Beziehungen des unteren Austrittsloches sind bei manchen Haien (*Galeus*, *Pristiurus*) ähnlich, indem es sich nicht unmittelbar an der Oberfläche des Knorpels, sondern im Grunde einer von Muskeln eingenommenen Vertiefung öffnet, woselbst noch ein zweiter Canal von vorne her zur Ausmündung kommt. Würde diese Vertiefung sich in der Richtung des von vorne her kommenden Canals fortsetzen, d. h. wäre der Canal selbst im Maassstabe jener Vertiefung erweitert, so würde die untere Austrittsöffnung seine obere Wandung durchbohren, und dadurch dasselbe Verhalten wie beim Stör entstehen, mit dem einzigen Unterschiede, dass dieser Canal lateral nicht völlig abgeschlossen ist. Was an der seitlichen Knorpelangrenzung abgeht, wird durch den Deckknochen ergänzt. Die Beziehungen des Schulterknorpels der Störe zu jenem der Selachier sind dadurch einander ganz nahe gerückt, und es sind nur eigenthümliche Oberflächen-sculpturen, sowie Differenzen in der Weite der den Knorpel durchsetzenden Canäle, wodurch Verschiedenheiten bedingt sind. Bei der ersten Betrachtung scheinen diese grösser; eine nähere vergleichende Prüfung lässt sie weit zurücktreten, indem sie in beiderlei Formen die Uebereinstimmung des Wesentlichen erkennt und von den Volumsdifferenzen der Theil jedes grössere Gewicht zurückweist. Die Verschiedenheit innerhalb der Selachier ist nicht geringer als die, welche an diesen Theilen zwischen den Selachiern (den Haien nämlich) und den Stören besteht.

Aus der Vergleichung des flossetragenden Knorpels des Stör mit dem der Haie geht also hervor, dass zwischen beiden Bildungen eine klare Homologie besteht. Diese wird auch nicht aufgehoben durch die Verschiedenheit der Beziehungen, die der Schulterknorpel sowohl zu dem der anderen Seite, als zu dem übrigen Skelete besitzt. Der ventral abgeschlossene Schultergürtel der Selachier bildet keinen scharfen Gegensatz zu der Trennung beider Hälften bei den Stören. Beide Zustände sind bei den Haien schon vermittelt, indem die mediane Verbindung bei den meisten nur eine dünne Lamelle vorstellt, bei andern sogar vollständig aufgehoben ist, so dass nur Bindegewebe die Knorpel verbindet. Es ist von da aus nur ein Schritt zu dem bei den Stören gegebenen Zustande, indem der untere Fortsatz des Schulterknorpels sich weit medianwärts erstreckt, und gleichfalls in eine dünne Lamelle ausläuft.

Der Schulterknorpel des Stör ist mit dem Schädel verbunden, jener der Selachier ist dorsal frei, oder steht in Zusammenhang mit der Wirbelsäule. Die Verbindung bei den Stören wird durch ein dem oberen Ende des Schulterknorpels

schräg angeheftetes Knorpelstück (Vergl. Taf. VI. Fig. 2. A. B. ss.) vermittelt, sowie durch ein diesem aufliegendes knöchernes Deckstück. Dieser Knorpel ist nur durch Bandmasse dem Schulterknorpel angeheftet. Man kann ihn als ein dem letzteren angehöriges Stück ansehen, welches sich nur vom oberen Theile des grossen Knorpels getrennt hat. Dabei wird man an das Verhalten bei *Acanthias* erinnert, wo vom Hauptstücke ein besonderes Knorpelstück sich abgelöst zu haben scheint. Dieser Fall darf aber deshalb nicht völlig maassgebend sein, das accessorische Stück der Störe ohne weiteres mit dem von *Acanthias* zu homologisiren, weil beim Stör noch Beziehungen zum Schädel gegeben sind, die den Haien abgehen. Die Homologie beider oberen Stücke ist daher nicht sicher begründbar. Als wahrscheinlich wird sie aber so lange aufgestellt werden dürfen, bis sie entweder besser begründet, oder widerlegt sein wird.

Ein grösserer Unterschied, als in dem knorpeligen Theile des Schultergürtels bei Selachiern und den Stören zu finden war, ergibt sich für den gesammten Schultergürtel aus dem den Stören zukommenden knöchernen Belege. Es ist oben gesagt worden, dass vier solcher Knochen vorkommen, drei an dem Hauptstücke, ein vierter an dem oberen accessorischen Knorpel. Alle vier sind durch eine feste, weissliche Bindegewebsschichte innig mit dem Knorpel verbunden. Von den dreien, dem Hauptstücke des Schulterknorpels zugetheilten, ist das oberste ein kleines, dreieckiges Plättchen. Das nächstfolgende, um vieles grösser (Taf. VI. Fig. 2. A. B. cl.), ist fast ausschliesslich in Beziehung zum Knorpel, es ist winklig gebogen und umschliesst mit einer oberflächlich glatten vordern Lamelle die gegen die Kiemenhöhle gerichtete Vorderfläche, mit einer oben schmaleren, unten verbreiterten Lamelle die laterale Oberfläche des Knorpels. Mit diesem Theile sieht es nach aussen, und ist, wie andere, mit dem Integumente zusammenhängende Knochenstücke durch Leisten, Höckerchen und andere Rauhigkeiten ausgezeichnet. Das zweite grössere Deckstück schiebt sich mit einer dünnen Lamelle über das vorige hinweg und bildet die Fortsetzung des ersteren in medianer Richtung, um auf der Bauchfläche mit dem der andern Seite zusammenzustossen. Auf dieser Fläche liegt seine grösste Ausdehnung. Es ergänzt daselbst den Schultergürtel, indem es das, was dem Knorpel an Ausdehnung abgeht, ersetzt. Der dritte, dem accessorischen Knorpel aufliegende Belegknochen erstreckt sich auch auf den oberen Fortsatz des Hauptknorpels, und legt sich von da aus über den oberen und äusseren Theil des mittleren Deckknochens hinweg. Am Schädel schliesst er sich unmittelbar an den Deckknochen an, welcher dem mit dem accessorischen Knorpel sich verbindenden Fortsatze aufliegt. Der knöcherne Theil des Brustgürtels bildet somit ein Continuum, welches dem der unter ihm befindlichen knorpeligen Theile folgt und ventral sogar noch eine grössere Ausdehnung besitzt. Auch diese knöchernen Stücke

befinden sich mit einem grossen Theile ihrer Fläche in oberflächlicher Lagerung und sind dort mit denselben Leisten und Höckern ausgestattet, wie solche anderen Hautknochen der Störe zukommen.

Die Spatularien (*Polyodon folium*) zeigen mehrfache von dem Schultergürtel der Sturionen wichtige Abweichungen, insoferne die Uebergänge in andere Zustände bei ihnen noch deutlicher ausgeprägt sind.

Der beim Stör massive Schulterknorpel, der wie dort die Flosse trägt, ist schlanker, und unansehnlicher im Vergleiche zu den knöchernen, ihm angelagerten Stücken\*). Die drei bei den Stören unterschiedenen Fortsätze sind in derselben Weise, wie dort, unterscheidbar (Taf. VI. Fig. 3. A. B. C. s. m. i.), die mannichfachen Kanten und sonstigen Vorsprünge gehen ihm ab, so dass man ihn im Vergleich mit dem Stör als vereinfacht bezeichnen kann. Der Gelenktheil (Fig. 3. C. g.) zeigt ebenfalls mehrere vertiefte Facetten, aber weniger als beim Störe, und überdiess fehlt ihm der äussere Condylus, sowie der Brustflosse der mächtige äussere Knochenstrahl abgeht, der auf jenem articulirt. Ueber dem Gelenktheile des Knorpels liegt ein weiter Canal, der von Muskelmasse eingenommen wird. Er öffnet sich vorne (Fig. 3. A. e.) zwischen dem oberen und mittleren Fortsatze, hinten unmittelbar über dem Gelenke (Fig. 3. C. o.). Seine untere Wand ist von einem Loche durchbrochen, welches unterhalb des Gelenkes an der Aussenfläche des Knorpels sichtbar ist (Fig. 3. B. u.). Aus diesem durch die Abbildungen erläuterten Verhalten geht eine grosse Uebereinstimmung gerade in allem Wesentlichen hervor, und ich kann noch hinzufügen, dass auch der Verlauf des zu der Flossenmusculatur sich begebenden Nervenstämmchens derselbe ist, wie bei *Accipenser*. Das bei letzterem vorhandene obere accessorische Knorpelstück fehlt.

Was den knöchernen Theil des Schultergürtels betrifft, so besteht derselbe aus den nämlichen Stücken, die bereits beim Störe erwähnt wurden. Ein Stück liegt in grosser Ausdehnung der Aussenfläche des Knorpels an (Fig. 3. A. B. C. cl.). Am oberen Abschnitte ist es dicht dem Knorpel angeheftet, am unteren entfernt es sich eine Strecke weit von ihm, um erst das Ende des untern Fortsatzes wieder an sich anlagern zu lassen. Dieses Stück ist von Wagner als *Scapula* benannt worden. Ein zweites Stück legt sich über das untere Ende des ersten, umfasst dasselbe und hat auch noch einen kleinen Theil des Schulterknorpelendes innen an

---

\*) Dieser Knorpel ist von Wagner (*De Spatulariarum anatome*. Berolini, 1848.) nur nebenbei (S. 11.) erwähnt: „*Pinnae pectorales radios circiter triginta sex continentes scapulae cartilagine quoddam affixae sunt*“. Da in der Flosse gleichfalls knorpelige Theile vorkommen, so könnte man vermuthen, dass diese gemeint wären und der Schulterknorpel als *Scapula* aufgefasst sei. Dem steht entgegen, dass einer der Belegknochen bestimmt als *Scapula* sich bezeichnet findet.

sich angelagert. Medianwärts und nach vorne verschmälert es sich beträchtlich und vereinigt sich endlich mit dem anderseitigen durch ein Ligament. Wagner hat diesen Knochen als Clavicula aufgefasst. Ein drittes Stück ist fast von derselben Länge wie das untere, es verbindet sich mit dem obersten Theile des Schulterknorpels, überlagert da das oberste Ende des mittleren Stückes von aussen her, und setzt sich dünn, aber verbreitert, zum Schädel fort. Es ist das Suprascapulare Wagner's; es entspricht bei den Stören offenbar jenem Knochen, welcher den accessorischen Knorpel bedeckt. Unter diesem und hinter dem mittleren Deckknochen ist noch eine kleinere flache, den oberen Theil des Schulterknorpels von aussen deckende Knochenplatte vorhanden (Fig. 3. A. B. scl.), die von Wagner nicht erwähnt wird. Sie besitzt beim Stör ihr Homologon in einem ähnlich gestalteten, der Hinterfläche des oberen Knorpelfortsatzes aufliegenden Plättchen.

Das Bestehen eines knorpeligen Schulterstückes, an welchem die Brustflosse befestigt ist, findet sich auch bei den Ganoidei chondrostei. Die Ausdehnung desselben ist im Vergleich mit den Ganoidei chondrostei eine geringe, so dass es in dieser Beziehung nicht mehr auf die bei den Selachiern gegebene Gürtelform unmittelbar bezogen werden kann. Die Störe und Spatularien bilden somit auch in dieser Beziehung ein Verbindungsglied. Bei *Amia* zeigt es keine Andeutung einer Verknöcherung, bei *Lepidosteus* ist es wenig, bei *Polypterus* zum grossen Theile ossificirt. Dieses Verhalten mag für die Reihenfolge als Norm dienen.

Im Verhältniss zum knöchernen Theile des gesammten Schultergürtels bildet der Knorpel bei *Amia* (*A. calva*) ein unansehnliches Stück. Von Mettenheimer\*) ist es bereits beschrieben worden, jedoch ist dabei nicht alles der Vergleichung wegen Wichtige berücksichtigt. Man kann jenes Stück als dreieckig bezeichnen. Die längste Seite des Dreieckes besitzt zugleich die breiteste Fläche, mit der das Stück an die Innenfläche des grossen Schultergürtelknochen befestigt ist. Eine wenig kürzere in eine zugespitzte Kante auslaufende Seite sieht nach vorne und innen, und die dritte etwas eingebuchtete Seite ist nach hinten gerichtet. Der von diesen beiden Seiten gebildete Winkel ist abgestutzt und wird durch eine quere Kante vertreten, welche das Schultergelenk trägt (Taf. VI. Fig. 4. A. g. g.). Es ist dieses in zwei in einem stumpfen Winkel zusammenstossende Abschnitte geschieden, davon der innere vordere der grössere, resp. längere, der äussere hintere der kleinere ist. Die obere Fläche des Knorpels ist durch eine am Innenrande beginnende und nach aussen und oben ziehende Knorpelspanne ausgezeichnet, welche eine vertiefte Fläche des Knorpels überbrückt und sich da, wo sie wieder in den Knorpel übergeht, ansehnlich verbreitert. An

\*) Op. cit. S. 53.

dieser Stelle ist die Knorpelspange von einer Oeffnung durchsetzt (Fig. 4. A. B. e.), welche in den unter der Spange gelegenen Raum leitet. Im Boden dieses Raumes, also in dem Haupttheile des Knorpels, ist eine ähnliche Oeffnung (Fig. 4. A. u.) angebracht. In dem von der Spange überbrückten Rame auf der Oberfläche des Knorpels lagern die Hebmuskeln der Flosse, durch die Oeffnung e tritt das Nervenstämmchen ein, verzweigt sich und gelangt mit seinem Ende durch die Oeffnung u zu den von der Unterfläche des Schulterknorpels entspringenden Muskeln der Flosse. Diese Durchgangsstellen von Nerven, sowie der die Brustflosse tragende Theil des Schulterknorpels können als Orientirungspuncte dienen.

Wenn man den Schulterknorpel von *Amia* mit dem der Sturionen vergleicht, so muss vor Allem auffallen, dass von den bei diesen unterschiedenen Verlängerungen oder Fortsätzen der obere wenig, der mittlere etwas mehr, der untere gar nicht entwickelt ist. Dem oberen Fortsatze des Knorpels beim Stör entspricht der hintere obere in eine dünne Lamelle ausgezogene Theil (Fig. 4. A. s.) des Knorpels. Der mittlere Fortsatz (m) liegt bei *Amia* fast in derselben Horizontalen wie der obere. Er wird bestimmt durch seine Beziehungen zu der vorderen Oeffnung des die *Levatores pinnae* aufnehmenden Canales, der beim Stör besteht, bei *Amia* durch den von der Knorpelspange überbrückten Raum vorgestellt wird. Denkt man sich diese Spange verbreitert, so überbrückt sie einen Canal, der gleich dem beim Stör bei e' und o sich öffnet. Es möchte nunmehr scheinen, dass die Knorpelspange bei *Amia* beim Stör durch den breiten, bei der inneren Ansicht des Schulterknorpels (Fig. 2. A.) sich darstellenden Abschnitt dargestellt werde, der zwischen der Eintrittsstelle (e) des Nerven und dessen oberer Austrittsstelle (o) liegt. Dem ist aber nicht so, denn die Eintrittsstelle des Nerven liegt bei *Amia* in der Spange selbst (Fig. 4. A. e.), während die vordere Oeffnung des Muskelcanals sich vor und unter der Spange bei e' (Fig. 4. A.) findet. Diese somit sehr schwer verständlichen Beziehungen gestalten sich einfacher, sobald man das beim Stör gegebene Verhalten der kritischen Stellen näher würdigt. Man findet dann, dass die Eintrittsöffnung des Nerven und die vordere Oeffnung des von Muskeln eingenommenen weiten Canals gleichfalls nicht ein und dasselbe sind. Die vordere Oeffnung des Muskelcanals ist ein fast kreisrundes, nur nach Entfernung des sie verschliessenden Deckknochen sichtbares Loch (Fig. 2. C. c.) an der vorderen Fläche des Knorpels. Die vordere Umgrenzung dieses Loches ist nicht vollständig, und dadurch fällt eine zweite mehr nach innen und hinten gelagerte Oeffnung damit theilweise zusammen, und diese letztere (Fig. 2. A. e.) ist die Eintrittsöffnung des Nerven. Denkt man sich die dünnen, in den Figuren 2. A. C. mit \*) bezeichneten, gegen einander gerichteten Knorpellamellen etwas verlängert, so werden sie zusammenstossen und schliesslich eine gänzliche Trennung der

vorderen Oeffnung des Muskeleanals und jener des Eintrittsloches des Nerven bewerkstelligen.

Bei Polyodon ist gerade das entgegengesetzte Verhalten ausgeprägt, die jene beiden Oeffnungen beim Stör wenigstens theilweise scheidenden Knorpellamellen fehlen gänzlich, daher die bei Amia getrennten Oeffnungen hier völlig zusammengeflossen sind. Desshalb kann unmittelbar von Polyodon aus die Einrichtung bei Amia nicht erklärt werden, indess sie mit Accipenser in Einklang gebracht werden kann.

Die Knorpelspange bei Amia ist also nach dem oben gegebenen Nachweise der Uebereinstimmung der Oeffnungen beim Stör, in einem Theile des mittleren Fortsatzes des Schulterknorpels zu suchen, und zwar in jenem, der zwischen der hinteren Austrittsöffnung (o) und der vorderen Oeffnung des Muskeleanals (Fig. 2. C. e.) gelagert ist. Stellt man sich vor, dass die Spange bei Amia in eine breite und dicke Knorpelmasse umgewandelt sei, welche die vordere Oeffnung des unter ihr gelegenen Raumes nicht nur weiter von der hinteren entfernt, sondern sie zugleich von der Innenseite nach aussen verlegt, so dass sie durch eine von dem den Schulterknorpel deckenden Knochen sich entwickelnde Lamelle verschlossen wird, so erhält man einen Zustand, der dem beim Stör gegebenen entspricht. Die Uebereinstimmung wird aber eine vollständige, sobald man das erweiterte Eintrittsloch des Nerven mit jener vorderen von Knochen verschlossenen Oeffnung des Muskeleanals an einer Stelle zusammengeflossen sich vorstellt, so dass es nur wie ein Ausschnitt in der Umgrenzung jener Oeffnung erscheint. Bei den Teleostiern werde ich auf das Vorkommen dieses Zustandes aufmerksam machen.

Die Grösse des Knochenstückes, welchem das knorpelige Schulterstück angeheftet ist, lässt es nicht gut als einfachen Deckknochen des Knorpels erscheinen, wie es noch bei den Stören gerechtfertigt war. Es ist der besprochene Theil in seinen Formverhältnissen am besten aus der Abbildung (Taf. VI. Fig. 4. A. B. cl.) zu ersehen. Ventral vereinigt er sich mit dem der anderen Seite, vertritt somit die Stelle zweier bei den Ganoidei chondrostei — aber auch, wie wir sehen werden, unter den holostei — getrennt vorkommender Stücke. Das obere Ende des Knochens stellt mit anderen in Verbindung. Der Innenfläche des verdünnten hinteren Abschnittes ist ein länglich-ovaler, platter Knochen angefügt, der in Gemeinschaft mit dem oberen Ende des Hauptstückes mittels eines besonderen Knochens dem Schädel sich anheftet.

Die Einrichtung des Schultergürtels der Störe und von Amia können zugleich für das Verständniss der Verhältnisse bei Lepidosteus dienen. Der Schulterknorpel von Lepidosteus (*L. platyrhynchus*) besitzt im Allgemeinen die bei Amia beschriebene Form, ist aber zum Theile verknöchert. Der die Flosse tragende Rand ist abgerundet; auf ihm läuft die schwach vertiefte Oberfläche des Stückes,

über welche gleichfalls eine Spange sich brückt, rinnenförmig aus. Vor der Erhebung dieser Spange am medianen Rande des Stückes zieht sich ein knorpeliger Fortsatz nach vorn und innen, und legt sich an die Unterfläche einer breiten Knochenlamelle (Fig. 5. A. q.), die von dem Hauptknochen der Schulter ausgeht. Der unter der Spange verlaufende, von Muskeln eingenommene Canal ist lateralwärts von einer ovalen Oeffnung durchsetzt (u). Eine kleine, in diesen Canal führende Oeffnung findet sich am oberen mittleren Theile, da wo der Knorpel an den Knochen sich anlegt. Das ist die Eintrittsöffnung (Fig. 5. A. B. e.). Die hintere Oeffnung des Muskelcanals ist ringsum verknöchert; am unteren Rande bleibt nur ein knorpeliger Saum an der Verbindungsstelle mit der Brustflosse. Verknöchert ist auch der Umkreis der unteren Austrittsöffnung (u), dagegen ist der vordere Theil der Spange, sowie der nach vorn gerichtete Fortsatz (m), rein knorpelig. Ich bemerke ausdrücklich, dass die Verknöcherung eine continuirliche ist, und kein Abschnitt derselben als discretos Knochenstück unterschieden werden kann.

Die Vergleichung dieses Skelettheiles mit dem von *Amia* bekannten ist nicht schwer, da eigentlich nur in dem Fortsatze (m) etwas dort nicht vorhandenes vorkommt. Dennoch kann ich darin nichts neues sehen, indem dieser Fortsatz nur durch einen nach aussen von ihm gelegenen Ausschnitt des Vorderrandes des Knorpels bedingt wird, der bei *Amia* fehlt. Es hängt dieses Verhalten wohl mit der Entwicklung der von dem grossen Knochen ausgehenden medialen Lamelle zusammen, die bei *Amia* nur durch eine Längsleiste angedeutet ist (Vergl. Fig. 4. A. und Fig. 5. A.). Ist diese Leiste, an der nach hinten zugleich der Knorpel befestigt ist, in ähnlicher Weise wie bei *Lepidosteus* ausgeprägt, so wird mit ihr der bei *Amia* vorn spitz auslaufende Knorpel in die Breite ausgezogen gedacht werden können. Wenn aber nur das innere Ende mit fortwächst und nicht der ganze Vorderrand des Knorpels, so wird sich zwischen letzterem und der Knochenlamelle eine Lücke bilden, wie sie bei *Lepidosteus* in der That besteht und medianwärts von jenem Fortsatze (m) begrenzt wird.

Der knöcherne Theil des Schultergürtels wird seitlich nur durch einen einzigen grossen Knochen gebildet, der in der ventralen Mittellinie mit dem anderseitigen verbunden ist. Die Abbildung Fig. 5. A. B. cl. überhebt mich der näheren Beschreibung. Dem zugespitzt auslaufenden Hinterrande sitzen noch vier von oben nach abwärts an Grösse abnehmende Stücke an, die zugleich dem Integumente angehören. Das oberste dieser schuppenartigen Gebilde ist mit dem oberen Fortsatze des Hauptschulterknochens und durch einen besonderen Knochen mit dem Schädel in Zusammenhang gebracht.

Es besteht also auch hier gegen *Amia* nur die Verschiedenheit, dass die

dem Hauptknochen angefügten accessorischen Stücke in einer Mehrzahl vorhanden sind.

Am einfachsten unter allen Ganoïden verhält sich am Schultergürtel von *Polypterus* der Theil, welcher als Flossenträger dem grossen Knorpel der Störe entspricht. Es wird dieser Theil aus einer grösseren, durch einen mittlern Knorpelrest in zwei Hälften zerfallende Knochenmasse gebildet, die auch da, wo sie dem sie tragenden Knochen aufsitzt, noch knorpelige Parthieen aufweist. Sie springt weiter nach hinten vor als der entsprechende Theil der anderen Ganoïden, so dass sie von aussen her (Fig. 6. B.) grossentheils sichtbar ist. Man kann an dem fast senkrecht stehenden Stücke eine innere und eine äussere Fläche unterscheiden. Die innere besitzt eine breite Grube, durch deren Boden der die knöchernen Theile trennende Knorpel hindurchzieht, um am hintern Rande auf Kosten des Knochens grössere Ausdehnung zu gewinnen. In der Tiefe der Grube findet sich eine Oeffnung (Fig. 6. A. u.), die zu der äusseren Fläche führt. An dieser Fläche ist ein starker Vorsprung sichtbar, der mit einem halbkugeligen Gelenkkopfe (g) endet, und zum grossen Theile aus Knorpel, zum kleineren Theile aus Knochen, und zwar im Zusammenhange mit dem oberen Knochen gebildet wird. Unterhalb dieses Vorsprunges, etwas nach innen zu, bemerkt man das vorhin erwähnte Loch (Fig. 6. C. u.). Der die Flosse aufnehmende Gelenkkopf wird nur aus Knorpel gebildet.

Die nicht knorpelig präformirten Theile bestehen erstlich aus dem grössern, das vorbeschriebene innere Stück tragenden Knochen, der in Fig. 6. A. mit *cl* bezeichnet ist. Er schliesst sich zwar in seiner allgemeinen Gestaltung an den von *Amia* an, ist aber dadurch verschieden, dass er mit dem anderseitigen nicht zusammentrifft. Die mediale Vereinigung des Schultergürtels wird durch einen, jederseits vorhandenen, besonderen Knochen gebildet, welcher der Aussenseite des Vorerwähnten eine Strecke weit aufliegt (Vergl. Fig. 6. A. *cl'*). Die Verbindung mit dem Schädel wird wie bei den übrigen Ganoïden durch ein das obere Ende des mittleren Knochens von aussen her deckendes breites Knochenstück vermittelt. Nach hinten lagern noch zwei platte Knochen dem mittleren Knochen an: sie sind von Mettenheimer beschrieben und abgebildet.

Die Vergleichung des am Knorpel hervorgegangenen Schulterstückes mit dem entsprechenden Theile der anderen Ganoïden holostei weist vor allem das Fehlen jenes spangenförmigen Abschnittes nach, der einen zur Einlagerung von Muskeln dienenden Raum überwölbte. Es besteht bei *Polypterus* kein Muskeleanal, nur der Boden desselben ist vorhanden, der wie sonst von dem unteren Austrittsloche des Nerven durchbohrt ist. Auch hinsichtlich der Ossificationen ist Differentes hervorzuheben. Bei *Lepidostens* war eine zusammenhängende Verknöcherung um

die hintere Oeffnung des Muskelcanals, und von da um die untere Austrittsöffnung, deren Umfang bis auf eine kleine Stelle von Knochen umschlossen war. Wäre bei *Polypterus* das gleiche Verhalten der Ossification wie bei *Lepidosteus*, so müsste nur eine bis an den hinteren Rand continuirliche Verknöcherung vorhanden sein. Gerade da, wo bei *Lepidosteus* der Knochen sehr reich entwickelt ist, fehlt er bei *Polypterus*, und das Loch durchsetzt den zwischen beiden Ossificationen übriggebliebenen Knorpel\*). Die bei *Lepidosteus* bestehende Ossification entspricht aber dennoch dem oberen Knochenstücke bei *Polypterus*; denn sie ist es, die auf den Gelenktheil übergeht. Ein dem unteren Knochen entsprechendes Stück ist bei *Lepidosteus* nicht ossificirt vorhanden.

Von *Accipenser* bis zu *Polypterus* zeigt der Schulterknorpel Modificationen und Vereinfachungen sowohl an Masse, als an Gestalt, und wenn wir ihn beim Stör noch in gürtelförmiger Anordnung, sogar durch ein besonderes Knorpelstück mit dem Cranium in Verbindung sehen, so ist er bei den Ganoidei holostei, am meisten bei *Polypterus*, zu einem blossen Verbindungsstück der Brustflosse mit einem anderen knöchernen Gürtel geworden, der allmählich in eine wichtigere Rolle tritt.

Die Beziehungen dieses knöchernen Gürtels zu dem knorpeligen sind sehr eigenthümlich, denn es ist bei den Stören (bei *Accipenser* wie bei *Polyodon*) nicht zu verkennen, dass alle Stücke des knöchernen Gürtels — wir haben derer jederseits vier unterschieden — keine selbständigen Skelettbildungen sind, sondern eine knorpelige Unterlage besitzen, auf der sie als Deck- oder Belegknochen entstehen. Es sind bei den Stören drei solcher Knochen vorhanden, die jederseits den eigentlichen Gürtel bilden. Ein vierter Knochen erscheint in Bezug auf den Gürtel accessorisch, indem er sich nicht in die Reihe, sondern mehr nach hinten anschliesst.

Die drei Gürtelknochen zeigen ein ganz bestimmtes Verhalten zu einander. Oberer und unterer legen sich jederseits eine Strecke weit über den mittleren hinweg, und fassen ihn zwischen sich. Der obere, der die Schädelverbindung ver-

\*) Auf der von Mettenheimer gegebenen Abbildung des Schultergürtels von *Polypterus* (Op. cit. Tab. I. Fig. 6.) tritt das Loch durch den Knochen. Mettenheimer hat Veranlassung in seinen Deductionen darauf Gewicht zu legen. Diesem gegenüber muss ich für das von mir untersuchte Exemplar das von mir angegebene anatomische Verhalten behaupten, trage aber kein Bedenken, eine solche Verschiedenheit als ganz innerhalb des Breitegrades des Normalen liegend anzusehen. Die Knochen, um welche es sich handelt, sind keine selbständigen Theile, sondern nur „partielle Verknöcherungen“ eines selbständigen Skelettheiles. Unter den Teleostiern sind solche Schwankungen bei Untersuchung einer grösseren Anzahl von Exemplaren derselben Species leicht nachweisbar.

mittelt, hat nur bei *Accipenser* eine knorpelige Unterlage, bei den übrigen Ganoïden ist er durch das Fehlen der letzteren ein freier Deckknochen geworden. Der mittlere ist weniger durch seine Grösse, als durch seine dauernde Beziehung zum Hauptstücke des Schulterknorpels der belangreichste. Er bildet den nach aussen vorspringenden Winkel, in dem der senkrechte und der horizontale Theil des Gürtels zusammentreffen. Bei den Stören hat er ventralwärts keine beträchtliche Ausdehnung, und endet entfernt von der mittleren Verbindung, die durch das dritte Knochenpaar bewerkstelligt wird. Weiter erstreckt er sich bei *Polypterus*, wo er die Mittellinie erreicht; endlich bei *Amia* und *Lepidosteus* bildet er allein den ventralen Abschluss, indem hier das dritte noch bei *Polypterus* vorhandene Stück verschwunden ist. Wenn man nur die reducirte Form des Schulterknorpels bei *Polypterus* im Auge hat, ist es unmöglich das dritte Knochenstück als echtes Deckstück nachzuweisen, denn mit dem Schulterknorpel oder den daraus hervorgegangenen knöchernen Theilen hat es keine unmittelbare Beziehung. *Accipenser* und *Polyodon* geben darüber Aufschluss. In beiden, mehr bei der ersteren als bei der letzteren Gattung, tritt der untere Fortsatz des Schulterknorpels über einen Theil der Innenfläche jenes dritten Knochens hinweg, ist ihm enge angelagert. Es ergibt sich hieraus zweifellos der untere Knochen gleichfalls als wahrer Deckknochen, und wir vervollständigen diese Vorstellung, wenn wir mit Berücksichtigung des Schulterknorpels der Selachier bedenken, dass auch den Stören ein ventral abgeschlossener knorpeliger Schultergürtel ursprünglich zugekommen sein muss. Bei *Polypterus* ist dieser untere Knochen, dessen Werth durch die ventrale Entwicklung des mittleren ohnehin bedeutend beschränkt ist, ein freier Deckknochen geworden\*).

Von den drei grösseren, beim Stör einen knöchernen Gürtel bildenden Deckknochen bleibt nur der mittlere bei allen Ganoïden in seinen ursprünglichen Beziehungen erkennbar fortbestehen, er bildet den Hauptknochen, der den Schulterknorpel oder dessen knöchernes Derivat an sich ansitzen hat. Der obere besteht als Verbindungsglied mit dem Schädel gleichfalls fort, verliert aber die knorpelige Unterlage. Dem unteren endlich ist selbst bei den Stören jene Beziehung zum Knorpel grossentheils entzogen, bei *Polypterus* ganz aufgehoben, und bei den anderen ist der ganze Knochen verschwunden und wird durch die ventrale Verlängerung des mittleren Deckknochens ersetzt.

\*) Nach *Mettenheimer* geht der zwischen dem oberen und unteren Knochen des Schulterstückes lagernde Knorpel weit nach abwärts, so dass er sich bis in die Nähe jenes dritten Deckknochens erstreckt. Ich habe das nicht gesehen. Sollte es aber vielleicht bei jüngeren Exemplaren sich so treffen, so würde damit nur eine weitere Begründung für die oben geäusserte Ansicht gewonnen sein.

Auch dieser mittlere Knochen tritt bei den Ganoïden aus seinem Verhältniss als Deckknochen, indem er bei *Amia*, *Lepidosteus* und *Polypterus* nicht mehr in seiner ganzen Länge dem Schulterknorpel verbunden, sondern nur an einer verhältnissmässig kleinen Fläche ihm angefügt ist. Die Verkümmernng des Schulterknorpels begleitet das Selbständigwerden des noch bei den Stören von ihm abhängigen Knochenstückes. Es tritt dieses in eine ganz andere Function, indem es, voluminöser entwickelt, als Träger des Schulterknorpels zum Hauptknochen des gesammten Schultergürtels wird. Der Schulterknorpel, der bei den Selachiern der einzige Träger der Brustflosse war, übergibt bei den Ganoïden diese Bedeutung einem auf ihm entstandenen Knochen, der sich in mächtiger Entwicklung aus einer Reihe gleichartiger ablöst, und das Schulterknorpelrudiment, scheinbar als ein blosses Verbindungsstück zur Anfügung der Brustflosse, an sich ansitzen hat.

Es ist diese Erscheinung durch ihren Ursprung in Entwicklungsvorgängen von ausserordentlicher Wichtigkeit. Indem sie die Entstehung selbständiger Skelettheile aus untergeordneten Verhältnissen nachweist und bei gleichbleibendem morphologischem Werthe der Theile den Uebertritt der physiologischen Leistung von dem einen auf den andern zeigt, tritt sie jener Methode der vergleichenden Forschung entgegen, welche die anatomische Thatsache nur nach ihrem functionellen Werthe beurtheilt und dadurch das Verständniss des Zusammenhangs der Thatsachen sich verschliesst. Aber auch dadurch ist jene Erscheinung bedeutungsvoll, dass sie ein untergeordnetes, nicht einmal ausschliesslich dem inneren Skelete angehöriges Element auf eine höhere Stufe hebt, indem sie es allmählich aus seinen Beziehungen zum Integumente heraustreten und in die Reihe der Bestandtheile des inneren Skeletes sich einfügen lässt.

Nachdem der Schultergürtel der Ganoïden in seinen einzelnen Bestandtheilen und deren gegenseitigem Verhalten gewürdigt, muss die Frage behandelt werden, in welchen Beziehungen er steht, einerseits zu dem Schultergürtel der übrigen Fische, andererseits zu jenemder höheren Wirbelthiere. Da der letztere bereits abgehandelt, scheint es mir angemessen, die dahin gehenden Beziehungen sofort aufzusuchen.

Im Laufe der Vorführung der einzelnen Zustände des Schultergürtels habe ich darauf hingewiesen, dass die bezüglichlichen Skelettheile in zwei Abtheilungen zerfallen, davon eine die aus Knorpel bestehenden, oder doch daraus hervorgehenden, die andere entweder blosse knöcherne Belegstücke dieses Knorpels, oder selbständige, aber doch ohne knorpelige Präformation entstehende Knochenstücke in sich begreift. Die erste Abtheilung will ich, wie das bereits von Bruch für die Teleostier geschehen, als primären, die zweite als secundären Schultergürtel bezeichnen.

Der primäre Schultergürtel ist nur bei den Ströen von grösserem Umfange, bei den übrigen auf ein kleines Stück reducirt. Er allein trägt die Brustflosse, die an dieser Verbindungsstelle ihre grösste Beweglichkeit hat. Da wir die Ausgangspuncte für die Vergleichung mit Einrichtungen anderer entfernter stehenden Abtheilungen niemals in den von der ursprünglichen Form weit abgezweigten, durch Anpassung an die verschiedensten Lebensverhältnisse modificirten Organisationen suchen müssen, sondern gerade in den auf niedriger Entwicklungsstufe stehenden und daher indifferenten Formen, so erscheint der Schultergürtel der Ganoidei holostei weniger als der der Störe geeignet, dem Schultergürtel anderer Wirbelthiere verglichen zu werden. Es kann da zunächst nur der Knorpel in Betracht kommen, der bei den Amphibien den Arm trägt und dessen oberer und unterer Abschnitt mit der Verknöcherung in besondere Theile sich scheidet. Auch dieser Theil stellt einen bogenförmigen, dorso-ventralwärts gelagerten Gürtel vor. Wo Theile des secundären Schultergürtels vorkommen, liegen sie stets vor dem primären. Sie stehen niemals in unmittelbarer Beziehung zur vorderen Extremität. Soweit ist die Vergleichung zwischen beiderlei Theilen zulässig. Der näheren Ausführung der Vergleichung treten aber sofort erhebliche Hindernisse entgegen, die nicht weniger in der Verschiedenheit der äusseren Gestaltung, als in dem Mangel der für Nerven bestimmten Canäle liegen, die beim Störe nachgewiesen wurden, und die in solcher Weise bei den Amphibien nicht vorhanden sind. Das Vorhandensein dieser Canäle, oder die aus ihnen hervorgegangenen Räume bei *Amia* und *Lepidosteus*, endlich ihre allgemeine Verbreitung bei den Selachiern, hat mich bestimmt, in ihnen etwas typisches zu erkennen. Sie dürfen in Anbetracht dieser Beständigkeit nicht als etwas zufälliges, oder selbst nur untergeordnetes ignorirt werden.

Da sich nun im Schultergürtel der Amphibien — ebensowenig wie bei den übrigen höheren Wirbelthieren — etwas auf derartige Canalbildungen beziehbares findet, wird kein unmittelbarer Anschluss der aufgeführten Ganoïden an die höheren Wirbelthiere herzustellen sein.

Es wird also jene Form des primären Schultergürtels den Ausgangspunct bilden dürfen, welche die Complicationen durch Nervencanäle nicht besitzt. Das ist bei *Polypterus* der Fall. Das primäre Schulterstück ist hier von einer einzigen Oeffnung durchbohrt, welche den für die ventralen Schultermuskeln bestimmten Nerven durchtreten lässt. Es ergibt sich dadurch ein Anschluss an *Scyllium*, noch mehr an *Scymnus* unter den Selachiern. Dieselbe Oeffnung für die gleichen Nerven findet sich im Schultergürtel der Amphibien, sie fehlt auch bei den Reptilien nicht.

Da in der vergleichenden Anatomie die Grössenverhältnisse der Theile von untergeordnetem Werthe sind, kann das reducirt Volum des primären Schulter-

stückes bei *Polypterus* nicht abhalten, es als das Homologon des Schulterstückes der Amphibien anzusehen, aus dem *Scapula* und *Coracoïd* nebst *Procoracoïd* sich herausbilden. Ob die beiden bei *Polypterus* vorhandenen Ossificationen schon diesen Theilen entsprechen, ist nicht sicher festzustellen; für wahrscheinlich darf es immerhin gelten. Wenn aber das primäre Schulterstück von *Polypterus* dem in *Scapula* und *Coracoïd* sich differenzirenden Schulterstücke der Amphibien homolog ist, so können die mit mehreren Nervencanälen ausgestatteten Schultergürtel der übrigen Ganoïden und der Selachier dieser Homologie nicht theilhaftig sein. Nicht deswegen weil sie ganz andere, fremde Bildungen wären, sondern weil sie mehr enthalten als nöthig ist, um die Vergleichung in die höheren Wirbelthiere fortzuführen. Nur wenn wir die Knorpelmassen, welche den Eintrittscanal und den davon sich abzweigenden oberen Austrittscanal bedecken, uns entfernt denken, erhalten wir eine zur Vergleichung mit dem primären Schultergürtel der Amphibien zulässige Form. Es liegen somit in dieser Beziehung die Einrichtungen der Selachier und der Ganoïden mit Ausnahme des *Polypterus* unterhalb des Niveau, von dem aus die Vergleichung beginnen kann. Das hindert nicht in ihnen *Scapula* und *Coracoïd* anzunehmen, sobald wir nur dabei im Auge behalten, dass noch ein anderes Element darin vorkommt, welches im Skelet der höheren Wirbelthiere keine Verwendung findet. Bei *Lepidosteus* und *Amia* kann es näher bezeichnet werden, es ist die Knorpelspange, die den Muskelcanal überbrückte. Aus dem Umstande, dass diese Spange bei *Lepidosteus* zum Theile ossificirt, und dadurch mit der hinteren Ossification des Schulterstückes continuirlich verbunden ist, schliesse ich, dass diesem Theile bei den Ganoïden noch keine selbständige Bedeutung zukommen kann, während es eine solche bei manchen Teleostiern sich erwirbt. Ich werde bei den Teleostiern auf dieses Element zurückkommen.

Auch nach Abzug dieses nicht weiter sich fortsetzenden Theiles scheint mir die Vergleichung der einzelnen Abschnitte des Schulterknorpels der Störe wie von *Amia* und *Lepidosteus*, mit den Theilen des Schultergürtels der Amphibien nur bedingterweise ausführbar. Wenn wir nämlich das dabei berücksichtigen, dass zwischen diesen Bildungen und jenen der übrigen Wirbelthiere eine viel grössere Kluft sich findet, als zwischen den homologen Theilen jener besteht, und dass demnach der Nachweis des Details einer Form an der anderen unmöglich ist. Diese Grenzen anerkennend, kann man auch bei den Stören den oberen Theil des Schulterknorpels einer *Scapula* gleichbedeutend ansehen, den unteren, aber nicht bloß den von mir als unteren Fortsatz bezeichneten, wird man den Theilen entsprechend betrachten, aus denen das *Coracoïd* hervorgeht. Der mittlere Fortsatz bei *Accipenser* und *Polyodon* würde so dem *Procoracoïd* verglichen werden dürfen. Da ich das primäre Schulterstück von *Lepidosteus* und *Amia* bereits

oben aus dem der Störe ableitete, ergibt sich die Uebertragung dieser Vergleichung von selbst.

Wenn erwiesen ist, dass der primäre Schultergürtel der Ganoïden und Selachier nur dem in Scapula und Coracoïd (und Procoracoïd bei Amphibien und Reptilien) sich umbildenden der übrigen Wirbelthiere verglichen werden kann, so müssen alle jene Meinungen, welche in ihm Theile des Armskeletes erkennen wollten, irrig sein. Man kann beim Stör weder in dem oberen Abschnitte die Ulna oder den Radius finden, noch in dem unteren den einen oder den anderen ernstlich nachweisen wollen; auch der mittlere, zwischen beiden gelagerte, nach innen vorspringende Theil, der nicht bei den Ganoïden, wohl aber bei Teleostiern selbständig ossificirt, nämlich das spangenförmige Stück bei *Amia* und *Lepidosteus*, hat gar nichts mit einem Humerus gemein. Seine Ableitbarkeit aus dem gemeinsamen Knorpel, wie er bei den Selachiern und den Stören besteht, ist allein schon hinreichend die Agassiz'sche und Owen'sche Deutung dieses Theiles bei Knochenfischen, die Mettenheimer mit vielem Aufwand von Gelehrsamkeit vertritt, für unbegründet zu halten. Die Entwicklungsgeschichte, die gerade von letzterem Autor oftmals angerufen wird, hat für das Armskelet nirgends eine ursprünglich gemeinsame Anlage, und noch dazu in so wundersamer Verschränkung, wie es bei den Fischen der Fall sein müsste, nachgewiesen.

Dass der primäre Schultergürtel aus denselben Gründen auch nicht als Carpus gedeutet werden konnte, wie es durch Stannius geschah, ist einleuchtend. Es wird Niemand eine Widerlegung der Ansicht verlangen, dass der Schulterknorpel der Selachier und der Störe einem Carpus entspräche, und eine solche Annahme wäre nur die nothwendige Folge der Deutung des primären Schulterstückes der Ganoïdei holostei und der Teleostier als Carpus.

Wir werden daher auch per exclusionem auf die zuerst von Gouan gegebene Deutung des primären Schulterstückes als Omoplata (Scapula) zurückgeführt, und werden diese für die richtigere halten müssen, mit der einzigen Modification, dass wir in jenem Schulterstücke nicht bloß die Scapula der höheren Wirbelthiere, sondern alle mit dieser in gemeinsamer Knorpelanlage verbundenen Theile erkennen.

Bruch war meines Wissens der erste, der nach Gouan in dem primären Schulterstücke nicht Theile des Armskeletes, sondern Schultertheile suchte. Er hat das zuerst wissenschaftlich begründet, wie oben S. 94. bereits angeführt ist, und zwar wesentlich auf die gleichartige Anlage des primären Schultergürtels aller Wirbelthiere. Als nicht so richtig kann ich die Vergleichung der einzelnen Theile ansehen. Das obere Stück, welches von Bruch als Scapula oder als „angulare scapulæ“\*)

\*) Die Wirbeltheorie des Schädels, S. 34.

bezeichnet wurde, hat bei den Stören und Selachiern sein Homologon in dem ganzen dorsalwärts tretenden Abschnitte, von der Verbindungsstelle mit der Brustflosse an. Es kann dieses Stück, welches bei den Chimären sogar in die Breite entwickelt ist, nur einer Scapula verglichen werden; das daran gefügte besondere Knorpelstück bei Accipenser dürfte daher nach Bruch ganz richtig als Suprascapulare zu bezeichnen sein. Wo dieser Theil wie bei den Ganoidei holostei und den Teleostiern rudimentär geworden, stellt es immer noch eine Scapula vor, und zeigt selbst seine dorsale Ausdehnung durch eine an den grossen secundären Schulterknochen angelegte Lamelle. Das Coracoïd von Bruch ist, wie bereits oben angeführt, ein in die Schulter der höheren Wirbelthiere nicht übergelender Theil, es kann daher die so bezeichnete Spange nicht als Coracoïd gedeutet werden. Da dieses Stück bei den Teleostiern noch eine Rolle spielt, will ich es als „Spangenstück“ bezeichnen. Was das dritte Stück der Knochenfische angeht, welches von Bruch als Acromion gedeutet wurde, so ist das ein Stück, das bei den Teleostiern nur aus dem Theile sich hervorbildet, den ich bei den Stören als „mittleren Fortsatz“ (Taf. VI. Figg. 2. 3. A. m.) bezeichnet habe. Bei den Selachiern ist dieser Fortsatz mit dem unteren Fortsatze verschmolzen und bildet ventralwärts die Vereinigung der beiden Hälften des Schultergürtels. Durch die Vergleichung der Canäle bei den Selachiern mit den weiteren Durchbrechungen im Schulterknorpel der Störe ist das festgestellt worden. Jenes sogenannte Acromion der Knochenfische geht also aus einem Theile hervor, der sich entschieden median und ventralwärts entwickelt hat und in seinem höchst ausgebildeten Zustande den Schultergürtel abschliesst. Das ist allem entgegen, was wir von der Acromialbildung der höheren Wirbelthiere, bei denen diese allein vorkommen, kennen. Es ist aber auch die Irrigkeit jener Deutung noch durch die Beziehungen des fraglichen Knochens darzuthun. Es trägt dieser Knochen einen Theil der Brustflosse, während doch das Acromion niemals Beziehungen zum Schultergelenk hat. Wie aus diesen Verhältnissen das Fehlen einer Acromialbildung hervorgeht, so dürfte auch dadurch die Annahme begründet sein, dass jenes ventrale Stück der Teleostier einem Coracoïd oder genauer dem als Procoracoïd aufgeführten Theile entspricht. Während das Acromion ein erst bei den Säugethieren sich selbständiger entwickelndes Gebilde ist, finden wir das Procoracoïd gerade in den tiefer stehenden Classen mächtig entwickelt, und dürfen daraus schliessen, dass bei den Fischen eher ein Procoracoïd vorhanden ist, als ein Acromion. Dass das Procoracoïd der Amphibien nicht als Acromion gedeutet werden könne, habe ich oben (S. 60.) dargethan. Es ist dadurch auch dem Schultergürtel der Fische, bei seiner Vergleichung mit dem der Amphibien eine bestimmte Richtung gegeben.

Am secundären Schultergürtel finden wir bei den Ganoidei chondrostei vier

Stücke, davon drei dem Hauptknorpel anliegen; ein viertes ist bei *Accipenser* dem von mir als *Suprascapulare* benannten Knorpelstücke aufgelagert, bei *Polyodon* ist es ohne Beziehungen zum Knorpel, da dieser nicht mehr vorhanden ist. Stets vermittelt es die Verbindung mit dem Schädel und legt sich zugleich auf das zweite obere Knochenstück an. Man bezeichnete diese beiden sehr verbreitet vorkommenden Stücke als *Scapula* und *Suprascapulare*. Bruch hat gezeigt, dass dies unrichtig ist und dass sie viel besser ihre Bezeichnung von den Beziehungen zu den mittleren grossen Belegknochen erhalten.

Dieser letztere wird bei *Accipenser* und *Polyodon*, dann bei *Polypterus* noch von einem zweiten Stücke medianwärts begleitet, auf welches bei den Stören auch noch der untere Fortsatz des Knorpels sich hinerstreckt. Die beiden Stücke bei *Polypterus* wurden von Mettenheimer als *Sternum* aufgefasst, bei *Accipenser* bezeichnet er dasselbe Stück als *Radius*, während ein zwischen diese beiderseitigen Theile eingeschalteter Hautknochen das *Sternum* vorstellen soll. Es würde also hier das Brustbein zwischen den Radiis lagern. Zur Begründung dieser Ansicht werden viele Thatsachen über die Lageveränderung der Schulterknochen angeführt, die deshalb für uns keine Kraft besitzen, weil sie auf die bereits widerlegte Voraussetzung basiren, dass im Schultergürtel das Armskelet enthalten sei. Wagner endlich bezeichnet denselben Knochen bei *Polyodon* als *Clavicula*.

Wenn wir die Beziehungen dieses Knochens in den drei damit versehenen Ganoïden gegeneinander abwägen, so sehen wir ihn bei *Accipenser* und *Polyodon* als Belegknochen des Schulterknorpels, also noch in einem Verhältnisse zum Schultergürtel selbst. Es ist dieses Verhalten aber wie im Verschwinden begriffen, denn der Knochen erstreckt sich nur über eine kleine Fläche des Knorpels und in seiner grössten Ausdehnung ist er frei davon. Bei *Polypterus* ist er ein wahrer Hautknochen geworden, insofern er da gar keine Beziehungen zu den aus dem Schulterknorpel hervorgegangenen Theilen besitzt. Es ist also hier die Auflösung eines Verhältnisses vollzogen, welches ursprünglich in den Beziehungen zum Schulterknorpel gegeben war. Bei *Lepidosteus* und *Amia* fehlt der Knochen wie bei den Teleostiern.

Die Rückbildung und das Schwinden des unteren Knochens erscheint in Zusammenhang mit der Ausbildung des bis jetzt noch nicht besprochenen mittleren Belegknochen des primären Schultergürtels.

Bei *Accipenser* deckt dieser Knochen gerade den mittleren Theil des Knorpels. Er ist am dicksten an der Stelle, wo am Knorpel die Flosse ansitzt, und hier muss er auch zuerst aufgetreten sein, wie aus den concentrischen Schichtungen und radiären Streifungen zu ersehen. Verhältnissmässig ausgedehnter ist er bei *Polyodon*, wo er von Wagner als *Scapula* aufgefasst wurde, und in viel

umfänglicher Form endlich bei Polypterus, wo er schon eine Symphyse bildet. In demselben Maasse als der primäre Schultergürtel reducirt ist, entfaltet sich dieser Belegknochen zu einem selbständigen Skelettheile, und in diesem Zustande erscheint er auch bei Lepidosteus und Amia. Es ist derselbe Knochen, welcher auch bei den Knochenfischen den bei weitem umfangreichsten Theil des gesammten Schultergürtels bildet, und daselbst seit Gouan von Vielen als Clavicula angesehen ward.

Bei den Amphibien fanden wir einen Belegknochen des primären Schultergürtels als der Clavicula der höheren Wirbelthiere entsprechend. Bei den Ganoïden tritt genau in denselben Beziehungen zum primären Schultergürtel ein ähnliches Knochenstück in derselben Weise auf. Es ist daher wohlbegründet, diesen Belegknochen für das Homologon der Clavicula zu halten. Dass er weder als Humerus nach Cuvier, noch als Coracoïd nach Owen angesehen werden darf, rechtfertigt sich aus den früher gegebenen Erläuterungen. Gegen die erstere Deutung spricht jegliche Beziehung des Knochens, gegen die letztere, dass das Coracoïd immer mit der Scapula zugleich angelegt ist und eine Differenzirung des ventralen Theiles des knorpeligen Schultergürtels' vorstellt, gegen beide zugleich spricht endlich das Auftreten des Knochens aus nicht knorpelig präformirtem Gewebe. Bei den Ganoïdei chondrostei ist es das mittelste, den Haupttheil des Schulterknorpels deckende Stück, mit dessen ventraler Ausbildung das Schwinden des ventralen Belegstückes einhergeht. Die Clavicula von Accipenser und Polyodon hat daher noch nicht den gleichen Werth, wie jene von Lepidosteus, Amia und den Teleostiern, denn sie bringt für sich noch keinen ventralen Abschluss des Gürtels zu Stande. Dazu bedarf es noch jenes anderen Knochens. Beide zusammen sind Analoga der Clavicula der übrigen Fische, jedoch nur einer ist das Homologon.

Man könnte sich der Ansicht hinneigen, dass jene beiden Knochen zusammen der Clavicula der übrigen Fische entsprächen, und dass diese durch eine Verschmelzung jener hervorging. Die Thatsachen sprechen nicht nur nicht dafür, sondern sogar dagegen, indem bei Polypterus eine Clavicularsymphyse besteht, ohne dass der ventrale Belegknochen verschwunden wäre. Das müsste aber der Fall sein, wenn die Clavicula aus der Vereinigung jener beiden Belegknochen der Störe und Spatularien hervorgehen soll.

Durch die Beziehungen zum oberen Knochen kann der untere als *Infraclaviculare* unterschieden werden. Auch die beiden über der Clavicula befindlichen Knochenstücke, welche bei Accipenser reine Belegknochen von Theilen des Schulterknorpels, bei Polyodon nur zum Theil in diesem Verhältnisse sich finden, und hier, wie bei den übrigen Ganoïden und fast allen Teleostiern den secundären Schultergürtel an den Schädel befestigen, treten dadurch in Beziehungen zur Clavicula, und rechtfertigen die ihnen von Bruch gegebene Bezeichnung als *Supraclavicularia*.

Hinter der Clavicula der Ganoïdei holostei lagern noch zwei oder drei gesonderte Knochenstücke, die keine Beziehungen zum primären Schultergürtel aufweisen. Es sind Hautknochen, die ebenso wie die Supraclavicularia keine Homologa bei den höheren Wirbelthieren besitzen. Ob man sie den Knochen vergleichen darf, die bei den Teleostiern fast regelmässig vorkommen und von Geoffroy als „Furculaire“, dann von Cuvier als „Coracoïd“ bezeichnet worden sind, wage ich nicht zu entscheiden. Wenn die letzteren aus zwei oder drei Stücken bestehen, so hat allerdings das oberste davon (Mettenheimer's Epicoracoïd) ein gleiches Verhalten zur Clavicula, wie die bezeichneten Stücke der Ganoïden. Schwerlich liegen in ihnen Theile vor, die für die Wirbelthiere eine gleiche typische Bedeutung besässen, wie der gesammte primäre und der zur Clavicula werdende Theil des secundären Schultergürtels.

### Teleostier.

Die anatomischen Verhältnisse des Schultergürtels sind in dieser Abtheilung zum grossen Theile genau bekannt. Bei einer vergleichenden Prüfung ist daher eine vor auszuschickende Darstellung des allgemeinen Baues überflüssig. Die ausserordentlichen Schwankungen in der Erklärung und Deutung der Theile mussten schon bei den Ganoïden erwähnt werden, da diese zu den Teleostiern auch hinsichtlich des Schultergürtels nahe Beziehungen besitzen.

Je nach der reicheren oder geringeren Entwicklung haben sich am primären Schultergürtel verschiedene Zustände ergeben, die bei den Knochenfischen grössere Abtheilungen beherrschen, wo jeder sich wieder in ausserordentlicher Mannichfaltigkeit ausprägt. Gleichmässiger verhält sich der secundäre Schultergürtel, der immer in der Clavicula sein Hauptstück hat. Die Form auch dieses Knochens ist bekanntlich sehr wechselvoll, je nach dem Volumen, der Länge, der Ausprägung von Fortsätzen und Leisten zur Aufnahme von Muskelninsertionen. Die ventrale Vereinigung beider Claviculae geschieht unmittelbar; Infraclavicularstücke, wie sie die Störe, auch noch Polypterus besitzen, fehlen\*). An die Stelle der Bandvereinigung

\*) Die Beachtung des Verhaltens der Infraclavicularstücke bei Polyodon zum Zungenbein mit dem sie durch ein Ligament zusammenhängen, kann die Meinung entstehen lassen, dass das bei den Teleostiern als Zungenbeinkiel bekannte Stück (Episternum Geoffroy, Quene de l'os hyoïde Cuvier, Urohyal Owen) jenem entsprechen könnte. Mit der Ausbildung der Clavicula wäre an die Stelle des paarigen Infraclavicularare ein einziger Knochen getreten, der die Bedeutung des Infraclavicularare forterhält. Diese Ansicht erscheint mir jedoch nicht gut begründbar, da bei Polypterus sowohl Infraclavicularia vorkommen, als auch den Zungenbeinkiel repräsentirende Theile. Die letzteren bestehen aus einer über den Infraclavicularia senkrecht gelegenen dünnen Knocheulamelle, welche durch Bänder mit zwei zum Zungenbein tretenden Knochenstückchen verbunden ist (Vergl.

beider Claviculae tritt bei einzelnen, wie z. B. bei Siluroïden, eine Sutura; es greifen die Claviculae mit einer Zackennaht ineinander.

So innig aber auch die Verbindung beider Claviculae ist, so treten sie doch immer als getrennte Theile auf. Wenn Mettenheimer \*) aus Beobachtungen an jungen Exemplaren von *Cyclopterus lumpus* und *Cirrites punctatus* nachweisen will, dass die Vereinigung der Claviculae weniger aus einem Zusammenwachsen ursprünglich getrennter Theile als aus einer Theilung anfänglich innig zusammenhängender hervorgehe, so weiss ich das nicht mit den mir bekannten Thatsachen in Zusammenhang zu bringen. Bei Cyprinen und Salmonen habe ich jede Clavicula selbständig auftreten sehen. Die beiderseitigen Anlagen finden sich da sogar in ziemlicher Entfernung von einander.

Die Entstehung erfolgt ohne alle Betheiligung von Knorpel\*\*), aber dicht an der Anlage des knorpeligen Schulterstückes. Es stimmt das vollkommen mit dem Verhalten der Clavicula bei den Stören, ebenso wie bei den Amphibien und Reptilien. Mettenheimer leitet aus seiner Beobachtung an *Cyclopterus* die Uebereinstimmung der Claviculae der Knochenfische mit dem knorpeligen Schultergürtel der Selachier ab. Dass jede Vergleichung dieser Bildungen unzulässig, braucht nicht zum zweitenmale gesagt zu werden. Es besteht auch keine Homologie, wenn bei *Cyclopterus* die Clavicula wirklich unpaar entsteht und erst nachher in zwei Stücke sich scheidet. Es würde das eben nur als eine Ausnahme erscheinen, durch welche die im anderen Verhalten der übrigen Wirbelthiere gegebene Regel nicht gestört wird. Auch bei den Aalen, wo z. B. bei *Muraena helena* von Cuvier eine knorpelige Clavicula angegeben wird, ist sie knöchern. Die Verbindung der Clavicula mit dem Schädel durch ein oder zwei Suprascapularstücke bleibt auch

---

Joh. Müller, über den Bau und die Grenzen der Ganoïden. Abhandl. der math. phys. Cl. d. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. 1845, S. 210. Taf. 1. Fig. 3. hc, hc'). Die dem Zungenbein verbundenen Knochenstücke nehmen Muskeln auf, die vom Schultergürtel wie von der erwähnten senkrechten Knochenlamelle entspringen.

\*) Op. cit. S. 33.

\*\*) An der Symphyse beider Claviculae findet sich zuweilen hyaliner Knorpel vor. Ich finde ihn bei *Gobius* und *Hemitripterus*. Bei ersterem erstreckt er sich sogar ins Innere der Clavicula hinein. Zur Erklärung dieses Befundes bestehen zwei Möglichkeiten; entweder gehört der Knorpel dem primären Schultergürtel an und hat sich durch die Entwicklung der Clavicula, die hier nicht blos an einer Seitenfläche, sondern an einer Stelle um den Knorpel herum, erfolgte, von der Hauptmasse abgetrennt, um fortan nur in Beziehung zur Clavicula zu bleiben; oder es ist der Knorpel eine secundäre Bildung, die nie mit dem primären Schulterstücke zusammenhängt. Die Umlagerung des Knorpels von Knochen bei *Gobius* scheint mir mehr für die erstere Annahme zu sprechen, so dass das ganze Verhalten ähnlich wie bei *Protopterus* sich herausstellt.

für die Teleostier typisch. Diese Stücke haben aber niemals Beziehungen zu knorpeligen Theilen, wie es bei Accipenser der Fall war. Die Ablösung dieser Stücke vom Schädel, wie bei den Aalen, Symbranchii und Notacanthini, bedingt nicht das völlige Schwinden der Supraclavicularia, von denen das untere fortbesteht.\*)

Der secundäre Schultergürtel hat bei den Ganoïden drei verschiedene Formen erkennen lassen. Die erste war bei den Ganoïdei chondrostei gegeben. Am Schulterknorpel wurden drei Fortsätze unterschieden. Durch die Vergleichung der Hohlräume und Oeffnungen ist die Ableitung dieser Form von dem Schulterknorpel der Selachier möglich geworden.

Die zweite Form repräsentirt *Amia* und *Lepidosteus*. Es fehlt hier der untere Fortsatz des Schulterknorpels der Störe, und an der inneren Oberfläche des Knorpels ist eine schmale Spange vorhanden, welche aus einer Reduction des innern Theiles des oberen, zum Theil auch des mittleren Fortsatzes hervorging.

Die dritte Form ist bei *Polypterus* vorhanden. Es fehlt hier sowohl der untere Fortsatz, als auch die Spange des Schulterstückes.

Von diesem dreifachen Verhalten aus kann auch das primäre Schulterstück der Teleostier beurtheilt werden, indem die verschiedenen Formen dieses Theiles, auf die bei den Ganoïden gegebenen zurückzuführen sind.

#### Erste Form.

Ich finde diese bei *Accipenser* und *Polyodon* unter den Ganoïden ausgeprägte Form bei den Teleostiern nur bei den Welsen.

Sie ist hier mehrfach beschrieben worden, so von Meckel, dann von Mettenheimer. Die Erklärungsversuche des Letzteren nehmen wieder davon ihren Ausgang, dass in den einzelnen Fortsätzen dieser Gebilde Theile des Armskelets vorlägen. Eine Vergleichung mit den homologen Theilen des Schulterstückes der Ganoïdei chondrostei ist nicht versucht worden.

Der gesammte primäre Schultergürtel der Welse bildet einen zusammenhängenden Knochencomplex der, wie schon Meckel anführt, sehr frühe ossificirt und dann keinerlei knorpelige Theile unterscheiden lässt. Er liegt der Innen- und Hinterfläche der sehr mächtigen, im Allgemeinen die Form eines Säugethierunterkiefers nachahmenden Clavicula an (Taf. VII. Fig. 1. A. B. cl.) und ist dieser an drei Stellen, theilweise durch Zackenmaht, verbunden. Der nach hinten und aussen gerichtete Gelenktheil (Fig. 1. A. B. g.) ist in zwei Abschnitte zerfällt, ein medianer

\*) Den Fischen, deren Schultergürtel mit dem Schädel keine Verbindung hat, muss auch *Chauliodus* beigezählt werden. Es fehlt hier das obere Supraclavulare, das untere, mit der Clavicula verbundene, ist vorhanden, erreicht aber den Schädel nicht.

(Fig. 1. B. g.) besitzt eine längsovale Fläche, die etwas vertieft ist und auf der eines der Basalstücke der Brustflosse durch Bandmasse sich befestigt. Ein anderes Basalstück articulirt an der Innenseite dieses Stückes, ragt also medianwärts über die hintere Gelenkfläche vor. Der laterale Abschnitt des Gelenktheiles zeichnet sich durch eine horizontalgelegte Gelenkrolle aus, auf der nur der bei den Welsen so mächtige Aussenstrahl articulirt. Es hat sich der breite Gelenktheil dieses Strahls aber noch lateralwärts ausgedehnt, und auch die Clavicula in die Gelenkbildung mit eingezogen, indem diese an ihrer Innenseite eine jenem queren Condylus entsprechende längsovale Erhabenheit (Fig. 1. A. B. g') und eine dahinter gelegene Vertiefung (Fig. 1. A. f.) besitzt, in welche ein Theil jenes Strahles einlenkt. Diese Beziehungen des Strahles zur Clavicula, deren bereits Cuvier gedenkt, hat Mettenheimer abgebildet\*). Dass dieser Umstand ein durch die Eigenthümlichkeit des ersten Strahls entstandener ist, nicht durch etwaige typische Beziehungen der Clavicula zur Brustflosse, werde ich erst in einer die letztere betreffenden Abhandlung darlegen können.

Der gelenktragende Theil des primären Schulterstückes setzt sich nach vorn in eine dünnere, dreieckige, schräg nach aussen und aufwärts gerichtete Lamelle fort, deren oberes Stück, wiederum verbreitert, sich an die Clavicula anlehnt, und auf dieser sich nach aufwärts verlängert (Fig. 1. A. s.), um mit stark verdünntem, ausgezacktem Rande auszulaufen. Das vordere Stück der dreieckigen Platte ist eine Strecke weit von der Clavicula entfernt, und bildet dadurch die innere Umgrenzung einer Oeffnung, die von vorn und aussen in den unter dem Gelenktheile liegenden Raum führt. Weiter vorwärts und median läuft die Platte in einen langen, der Clavicula dicht angelagerten Fortsatz (Fig. 1. A. B. m') aus, der bis zur Clavicularsymphyse tritt, und dort mit dem der anderen Seite ligamentös sich verbindet. Mettenheimer hat diesen Fortsatz als „processus anterior radii“ bezeichnet. Der ihn tragende Theil der Clavicula bildet eine ansehnliche, median sich stark verbreiternde Leiste.

Die Oberfläche der Platte ist leicht concav. In ihrer Mitte, doch dem Gelenkrande etwas näher, ist eine grosse rundliche Oeffnung (Fig. 1. A. u.), die zum Theile von einer Membran umschlossen wird. Durch den offenbleibenden Theil der Oeffnung gelangt ein Nerv zu den unter der Platte liegenden Muskeln. Median wird die Platte von einer senkrecht stehenden Knochenlamelle überragt (Fig. 1. A. m.), die bis zum medianen Gelenktheile noch nach hinten und aufwärts sich ausdehnt und in eine dünne Knochenspange (x) übergeht. Diese überbrückt bogenförmig den über der Platte gelegenen Raum, und legt sich mit verbreitertem

\*) Op. cit. Taf. II. Fig. 10.

Ende schräg an den oberen Fortsatz, in den sie ohne deutliche Grenze übergeht. Es ist diese Spange der Humerus Owen's und Mettenheimer's.

Von derselben Stelle, an der die erwähnte Spange sich mit einer Lamelle erhebt, geht nach abwärts und hinten ein anderer Fortsatz aus, auf welchen der mediane Gelenktheil übergeht: er tritt breit, am Anfange schon von einem Loche durchsetzt, zum Hinterrande der Clavicula, mit der er durch Zackennaht sich verbindet. Mettenheimer hat ihn als horizontalen Fortsatz des Radius bezeichnet; er erwähnt auch, dass er nur den Siluroïden zukomme.

Zur Vergleichung dieser anscheinend complicirten Einrichtungen mit dem Schulterknorpel des Stör ist es nöthig, von dem Gelenktheile auszugehen. Es ist das der einzige Theil, der in beiderlei Bildungen die Homologie nicht verkennen lässt. Die Knorpellamelle, welche an ihrem hintern Ende die Brustflosse aufnimmt, entspricht der beim Welse beschriebenen dreieckigen Platte. In beiden Theilen ist eine Oeffnung, die in den unter dem Gelenktheile befindlichen Raum führt und einen Nerven dorthin gelangen lässt. Die Oeffnung entspricht dem unteren Austrittsloche der Selachier. Wenn beim Stör die laterale Wand des über dem Gelenkstücke gelegenen Raumes, mit der medialen vereinigt, sich in einen oberen Fortsatz auszieht, so ist dasselbe Verhalten beim Silurus dadurch gegeben, dass die äussere Wand der Platte sich nur am Anfange breit erhebt, dann aber spangenförmig (Fig. 1. A. B. x.) lateralwärts steigt, um in die der Clavicula angeschmiegte Knochenlamelle (s) auszulaufen. Der obere, hohe und dicke Knorpelfortsatz des Stör ist beim Welse durch eine dünne Knochenlamelle vorgestellt. Die breite mediane Knorpelwand des über der Gelenkplatte liegenden Muskelraumes ist beim Welse auf eine schmale Knochenspange reducirt. Die beim Stör theilweise von einander geschiedenen Oeffnungen — eine als vorderes Ende des Muskelcanals, die andere als Eintrittsöffnung der Nerven — sind bei Silurus in einen weiten Raum zusammengeflossen, der von vorn her unter die erwähnte Spange führt, und von da theils zur dorsalen Fläche der Brustflosse, theils, durch das in der Gelenkplatte befindliche Loch, zur ventralen Fläche.

Es ist ersichtlich, dass der längs der Clavicula medianwärts verlaufende lange Fortsatz dem mittleren Knorpelfortsatz des Stör entsprechen muss. Würde derselbe bei letzterem länger und dünner sein und die Clavicula dort in gleicher Weise medianwärts ausgezogen, so würde die Eintrittsöffnung für die Nerven nicht nur mit dem Muskelcanale völlig zusammenfliessen, sondern auch einen, wie bei Silurus, weiten Raum über der das Gelenk tragenden Platte freilassen.

Auch der untere Fortsatz von Silurus hat sein Vorbild beim Stör. Durch die Entwicklung der Clavicula zu einem beträchtlich längeren Knochen wird beim Wels eine etwas andere Richtung des Fortsatzes bedingt. Der Erkennbarkeit der

Homologie geschieht dadurch kein Eintrag. Beim Stör wie beim Wels stützt sich das Ende des untern Fortsatzes auf die Clavicula. Beim Stör läuft dieser der Clavicula angelagerte Theil lateral in eine dünne Lamelle aus. Diese fehlt bei Silurus, obgleich auch da das Clavicularende verbreitert ist (Fig. 1. A. B. i.). Durch jene dünne Knorpellamelle, der von der Unterfläche des Gelenkstücks her eine andere entgegentreten scheint, wird beim Stör die ursprüngliche Existenz eines unterhalb des Brustflossengelenkes vorhandenen Canals angedeutet, wie ein solcher bei Selachiern gegeben ist. Diese Einrichtung zeigt sich bei Silurus noch weiter umgebildet. Der schon beim Stör nicht mehr ganz vom Knorpel umschlossene, aussen, zum Theil wenigstens, von der Clavicula gebildete Canal (Vergl. Taf. VI. Fig. 2. B. mit Taf. VII. Fig. 1. B.) erhält beim Wels seine ganze laterale Wand von der Clavicula.

Die Verschiedenheit, die zwischen dem primären Schultergürtel des Stör und des Wels besteht, beschränkt sich somit nur auf das relative Volum der einzelnen Theile, und in allem Wesentlichen ist ein gleiches Verhalten unverkennbar.

Das für Silurus näher geschilderte Verhalten zeigt sich in allem wesentlichen bei anderen Gattungen, so bei Pimelodus und bei Synodontis. Von letzterem hat Mettenheimer eine gute Darstellung gegeben. Den Schultergürtel von Pimelodus kenne ich aus eigener Untersuchung. Die bedeutendste Eigenthümlichkeit besteht darin, dass die gelenktragende Platte eine senkrechte Stellung einnimmt und sich mit der der anderen Seite durch eine Zackennaht verbindet. So bildet sie das bei diesen Siluroïden bekannte „knöcherne Septum zwischen Brust- und Bauchhöhle“. Die genannte Platte schiebt noch einen breiten horizontalen Fortsatz nach vorn und medianwärts, der gleichfalls in eine Sutura zusammentritt und vorn von der viel schmaleren Clavicula begrenzt wird. Es ist der von mir als mittlerer Fortsatz bezeichnete Theil. Auch Mettenheimer sieht diese Stücke in gleicher Weise wie jene von Silurus an, indem er die senkrechte Platte als „processus verticalis“, die wagerechte als „processus anterior“ des Radius bezeichnet. Die senkrechte Platte ist bei Callichthys von einem schräg verlaufenden kleinen Loche durchsetzt, welches der bei Silurus weiteren Oeffnung entspricht und wohl ebenso als Durchtrittsstelle für die Nerven dient. Bei Synodontis ist diese Oeffnung nicht angegeben. Dass dieses so beständig vorkommende Loch hier wirklich fehlt, wage ich nicht zu behaupten. Die Knochenspanne ist bei Synodontis ganz ähnlich wie bei Silurus; dagegen vermisste ich sie bei einer andern verwandten Gattung, und finde da, wo sie entspringen müsste, nur einen kleinen Fortsatz\*).

\*) Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sie auch da vorhanden ist und an dem

Der untere Fortsatz des Schulterstücks ist bei *Synodontis* in gleicher Form mit *Silurus*. Bei jener anderen Gattung tritt ihm von der *Clavicula* her ein Fortsatz entgegen, durch den an das bei *Accipenser* angeführte Verhalten erinnert wird.

#### Zweite Form.

Das Vorbild dieser Form ist unter den Ganoïden bei *Amia* und *Lepidosteus* gegeben. Es sind dieselben Verhältnisse wie bei den Siluroïden, mit der Modification, dass der aus dem unteren Fortsatz der Störe hervorgegangene, gegen die *Clavicula* sich stützende Theil fehlt, oder nur als eine mit dem *Procoracoïd* verschmolzene Kante sich darstellt, die niemals die *Clavicula* erreicht.

Wir haben es also hier vorzüglich mit der hintern, das Schultergelenk tragenden Platte zu thun, die mehr oder minder deutlich einen obern, an die *Clavicula* sich anlegenden Fortsatz entwickelt, und sich immer in eine vordere Verlängerung auszieht, die eine Strecke weit der *Clavicula* sich anlagert. Die obere Fläche des Hauptstückes wird von einer dicht an oder über dem Gelenke für die Brustflosse entspringenden Spange überbrückt. Die Beziehung dieser Theile zu dem Schulterknorpel der Störe und Selachier ist bereits bei den Ganoïden hervorgehoben worden.

Gewöhnlich verknöchert diese Form des primären Schultergürtels vollständig, doch bleiben auch Knorpelreste bestehen, und es zeigt sich ausserdem noch das Eigenthümliche, dass die Ossification an drei verschiedenen Stellen auftritt und drei besondere Stücke liefert. Diese scheiden sich in ein hinteres, mehr lateral gelagertes, auf welchem der äussere Theil der Brustflosse einlenkt, dann ein vorderes, medianliegendes, welches den innern Theil der Brustflosse trägt, und endlich in ein Stück, welches keine Beziehung zum Gelenke besitzt und die oben erwähnte Spange vorstellt. Diese drei Knochenstücke scheinen nie vollständig unter einander zu verwachsen, sondern bleiben durch Nähte verbunden. Am beständigsten ist das „Spangengstück“ deutlich isolirt. Das Getrenntbleiben dieser Theile des Schultergürtels unterscheidet diese Form von jener der Siluroïden, es war auch die Ursache, darin drei individuelle Knochen zu suchen, die man als Armskelet ansah.

Wie oben (S. 110.) nachgewiesen, haben wir darin Skelettheile zu suchen, die bei den höheren Wirbelthieren durch *Scapula*, *Coracoïd* und *Procoracoïd* repräsentirt sind, ich darf daher das hintere, den lateralen Theil der Brustflosse tragende Stück

---

von mir untersuchten Skelete nur abgebrochen war. Die Beschaffenheit des erwähnten Höckerchens lässt mich das vermuthen. Nach den Angaben *Mettenheimer's* (Op. cit. S. 47.) bleibt dieses Stück zuweilen knorpelig (*Synodontis* schaal und *Clarias*, dann *Doras niger*). Die mannichfaltigen Modificationen dieses Theiles sind bei *Mettenheimer* nachzusehen.

(Radius Geoffroy, Cuvier; Ulna, Owen; angulare Scapulae Bruch) als Scapulare, das vordere, mehr nach innen gelagerte (Humerus Geoffroy, Ulna Cuvier, Radius Owen, Acromion Bruch) als Procoracoïd bezeichnen. Das brückenförmig gegen die Clavicula sich wölbende Stück (Humerus Owen, Coracoïd Bruch) will ich, wie oben bereits gesagt, als „Spangenstück“ unterscheiden.

Es ist bemerkenswerth, dass die mit diesem Verhalten des Schultergürtels ausgezeichneten Teleostier sich nur unter den Physostomen oder Malacopterygii abdominales finden. Es sind die Familien der Cypriniden, Mormyren, Characinen, Salmonen, Scopelinen und Clupeiden. Innerhalb dieser Familien kommen wieder, wie ich zum Theile aus den Angaben Mettenheimer's ersehe, ziemliche Schwankungen vor.

Als die am meisten an die bei den Ganoiden gegebenen Verhältnisse sich anschliessende Form ist die der Cypriniden zu bezeichnen. Bei *Cyprinus* (*C. carpio*) und *Abramis* (*A. brama*) umschliesst das Spangenstück, indem es sich mit zwei Zacken gegen die Clavicula anlehnt, eine Oeffnung, durch welche der Nerv zu dem unter der Spange gelegenen Raume gelangt (Taf. VII. Fig. 2. e.). Es ist das Verhalten ganz ähnlich wie bei *Amia*, wo die Eintrittsöffnung gleichfalls noch gesondert fortbesteht. Bei *Barbus* ist die Spange einfach geendet; es ist also hier die Eintrittsöffnung mit dem Raume zusammengefloßen, der vor der Spange liegt, und schliesst sich so mehr an das bei den Stören gegebene Verhalten an. Das Scapulare ist von einer weiten Oeffnung (u) durchbohrt, in der wir die untere Austrittsöffnung der Störe und Selachier wiederfinden. Bei *Abramis* liegt dieses Loch dicht an dem Procoracoïd, nur durch einen schmalen, verkalkten Saum davon geschieden; weiter davon ist es bei *Cyprinus carpio*, und noch weiter bei *Barbus* entfernt. Bei allen dreien liegt es nahe an der Clavicula, von der es häufig gleichfalls nur durch verkalkten Knorpel sich abschliesst. Ich erwähne diese scheinbar unwichtigen Verhältnisse deshalb, um auf die schwankende Lagerung des Loches aufmerksam zu machen. Das Procoracoïd (m) legt sich nicht in seiner ganzen Länge an die Clavicula an, sondern setzt sich auf eine Strecke von ihr ab, um sie wieder mit dem vorderen Ende zu berühren. Es entsteht dadurch eine Oeffnung (r), die dem Canale entspricht, der bei *Silurus* (Fig. 1. A. B. r.) gleichfalls zwischen beiden Knochen, allein viel weiter nach hinten und aussen sich findet. Die eigenthümliche Ausdehnung des Procoracoïd (m) nach innen und nach abwärts lässt an die bei den Welsen vorkommende Bildung eines unteren Fortsatzes denken, und solches wird noch mehr dadurch bestimmt, dass diese umgebogene Lamelle mit einer scharfen Ausrandung (Fig. 2. i.) genau an derselben Stelle endigt, wo bei *Silurus* der untere Fortsatz seine hintere Begrenzung hat, nämlich unmittelbar unter der Erhebung des Spangenstücks. Der bei *Silurus* vorhandene untere Fortsatz

fehlt also hier nicht ganz, er ist aber auch nicht selbständig, sondern stellt nur einen Theil des Procoracoïd vor, mit dem er nach vorne zusammenfließt. Wenn man sich bei *Cyprinus* die Clavicula an ihrem ventralen Theile als eine breitere, weiter nach hinten und abwärts entwickelte Lamelle vorstellt, so ist denkbar, dass vom medianen umgebogenen Rande des Procoracoïd aus eine Verbindung mit der Clavicula stattfinden könnte. Lässt man sich am Rande des Procoracoïd (m) noch vor der gedachten Verbindung mit der Clavicula einen Ausschnitt entstehen, so würden die Verhältnisse in allem Wesentlichen wie bei *Silurus* sein, indem auch ein unterer Fortsatz ganz wie dort bestände. Bei *Barbus* ist zudem der einem untern Fortsatze entsprechende Theil ganz ähnlich wie bei *Silurus* von einer Oeffnung durchsetzt. Die Verschiedenheit der Cyprinoïden und Welse liegt also darin, dass der als Coracoïd gedeutete untere Fortsatz bei den Cyprinoïden mit dem Procoracoïd zu einem Theil verbunden ist, dass er nicht nur die Clavicula nicht erreicht, sondern auch nicht einmal durch einen Ausschnitt vom Procoracoïd abgesetzt ist. Die Trennung der Schultergürtelformen der Cyprinoïden und Siluroïden ist also keine so scharfe, wie aus der ersten Vergleichung beider Theile hervorgeht.

Bei den Salmonen hat Bruch die Zusammensetzung des Schultergürtels am genauesten untersucht. Es bleiben hier nicht unbedeutende Knorpelreste, namentlich zwischen Procoracoïd und Scapulare, welches letztere nahe an der Procoracoïd-grenze durchbohrt ist. Die Spange ist undurchlöchert und erreicht nicht mehr den oberen Theil des Scapulare, sondern stützt sich wie ein Strebepfeiler an die Clavicula.

Der Schultergürtel der *Mormyri* ist in neuester Zeit von Marcusen\*) beschrieben worden. Ich habe ihm an *M. cyprinoïdes* (*Mormyrops labiatus* J. M.) untersucht und finde ihm gänzlich verknöchert. An die oben sehr breite Clavicula legt sich der primäre Schultergürtel durch Nath an. Das Scapulare (Fig. 3. A. B. s.) von Marcusen als „Vorderarmbein“ bezeichnet, ist schmal, zwischen ihm und dem Procoracoïd (m) liegt eine ansehnliche Oeffnung (u), die von jedem der beiden Knochen zur Hälfte begrenzt wird. Das vordere, sehr verschmälerte Ende des Procoracoïd (Marcusen's untere Clavicula) erreicht die mediale Spitze der Clavicula, ist aber weiter zurück durch eine schmale Spalte (r) davon getrennt. Die Spange (x) (von Marcusen als Humerus benannt) sitzt wie bei den Cyprinoïden auf einem Fortsatze des Procoracoïd, sie ist in der Mitte sehr verdünnt, reicht aber mit ihrem oberen Ende bis ans Scapulare. Eine gesonderte Eintrittsöffnung

\*) Die Familie der Mormyren, eine anatomisch-zoolog. Abhandlung (Mém de l'Académie impériale de St. Pétersbourg. VII. Série. T. VII. Nr. 4. S. 41.)

ist auch hier nicht vorhanden, so dass also das schon bei den Cyprinoïden erwähnte Verhalten herrscht. Die vom Innenrande des Procoracoïd abgehende Lamelle, deren hinteren Theil ich vorhin mit dem unteren Fortsatze des Schulterstückes der Welse verglich, ist auch bei Mormyrus da. Der Mangel eines hinteren scharfen Ausschnittes lässt die ganze Bildung noch weniger deutlich in jenen Beziehungen zu Silurus wahrnehmen, aber das Vorhandensein einer Oeffnung (Fig. 3. A. B. t.), hart an der Umbiegungsstelle lässt hier erkennen, dass mit dem mittleren Fortsatze noch ein Theil des unteren besteht. Es stellt diese Oeffnung eine nach innen vom Spangenstück liegende Längsspalte dar, deren äussere Oeffnung bei der unteren Ansicht in Fig. 3. B. t. dargestellt ist. An derselben Stelle, an der Seite der gelenktragenden Hauptplatte und des unteren Fortsatzes, liegt bei Silurus ein nur kleineres Loch (Fig. 1. A. t.), welches nach innen von der Spangensbasis gleichfalls als Spalte erscheint. Da die gleiche Lagerung beider Oeffnungen auf eine Homologie beider schliessen lässt, so wird, da das bei Silurus unterhalb der Oeffnung beginnende Knochenstück den untern Fortsatz vorstellt, der schmale, unterhalb der Spalte hinziehende Rand auch bei Mormyrus als ein dem unteren Fortsatze entsprechender Abschnitt angesehen werden müssen.

Unter den Clupeiden sind ähnliche Verhältnisse gegeben, doch besteht im einzelnen grössere Mannichfaltigkeit. Bei Heterotis (H. Ehrenbergii) ist die ganze Länge des primären Schultergürtels an die Innenfläche der Clavicula angefügt. Dieser Rand ist über die Hälfte seiner Länge knorpelig (Fig. 4.). Das Scapulare ist ossificirt, trägt aber mit knorpeligem Rande (g) die Flosse. Die Spange (x) ist verknöchert, und geht da, wo sie sich verbreitert an die Clavicula (cl) stützt, in einen abwärtssteigenden Knorpelstreif über. Das untere Austrittsloch liegt im Knorpel zwischen Scapulare und Procoracoïd. An letzterem ist der nach abwärts umgeschlagene Innenrand wie bei Mormyrus vorhanden und gleichfalls durch eine Längsspalte (t) vom Haupttheile des Procoracoïd abgegrenzt.

Aehnlich verhält sich nach Mettenheimer Osteoglossum. Die Spange ist hier viel breiter und setzt sich auch weit nach aufwärts an die Clavicula fort. Das untere Austrittsloch liegt im Scapulare (Ulna, Mettenheimer). Ob eine grosse, vom „processus posterior radii“ umschlossene Oeffnung der bei Heterotis und Mormyrus angegebenen (t) homolog ist, scheint mir zweifelhaft, vielmehr könnte sie der bei Silurus im untern Fortsatze liegenden (t') entsprechen, in welchem Falle dann der ganze sie einschliessende Theil dem untern Fortsatz der Welse und Störe gleichkäme.

Von den bisher beschriebenen Formen weicht der Schultergürtel von Alepocephalus (A. rostratus) ab. Die nach hinten in eine breite dünne Lamelle ausgezogene Clavicula (Fig. 5. cl) trägt an der Innenfläche derselben eine

fünfeckige Knorpelplatte in schräg medianwärts geneigter Stellung. An dieser Platte, sowohl an der hintern, als an der vorderen Hälfte, ist eine dünne, oberflächliche Knochenlamelle vorhanden, die auf beide Flächen des Knorpels übergreift, ohne dass der letztere selbst eine Andeutung von Ossification aufwiese\*). Das hintere Knochenstück entspricht einem Scapulare, das vordere einem Procoracoïd. Ersteres ist mit einer Oeffnung (u) durchsetzt. Vom Procoracoïd (m) gehen zwei mehr als rechtwinkelig divergirende Fortsätze ab, die in ihrem Innern knorpelig sind, und diese Beschaffenheit an den freien Enden zu Tage treten lassen. Der nach vorn und oben gerichtete umschliesst mit der Clavicula ein dreieckiges Loch (r) und lässt sich dadurch als das auch bei anderen Teleostiern eine solche Oeffnung begrenzende Vorderende des Procoracoïd betrachten. Der andere Fortsatz ist nach abwärts gerichtet und convergirt mit dem der anderen Seite. Auf der Innenfläche der Platte sitzt das bogenförmig gekrümmte Spangenstück (x), welches unten an dem zwischen Scapula und Procoracoïd befindlichen Knorpel beginnt, und mit breiterem Ende dem oberen an der Clavicula sitzenden Theil der Knorpelplatte verschmolzen ist. Die Verknöcherung dieser Spange ist gleichfalls eine oberflächliche. Wie sich diese Form des Schultergürtels durch den Besitz eines Spangenstücks den andern damit versehenen anreihet, so bietet sie wieder durch die beiden von Procoracoïd ausgehenden Fortsätze Anschluss an den Schultergürtel der Gadiden.

Unter den Scopelinen habe ich bei *Chauliodus* die Spange gefunden. Bei *Maurolicus* ist sie gleichfalls vorhanden. Bei *Argyropeleus* (*A. hemigymnus*) habe ich sie vermisst. Ebenso fehlt sie bei *Aulopus* (*A. filamentosus*; Taf. VII. Fig. 12).

Was die Characinen betrifft, so muss ich in Ermangelung eigener Untersuchungen auf die Angaben Mettenheimer's verweisen. Es geht aus diesen eine Uebereinstimmung mit den vorerwähnten Familien hervor, und ist namentlich den Angaben über *Distichodus* zufolge ein engerer Anschluss an die Cyprinoïden nicht zu verkennen.

---

\*) Das erwähnte Verhalten des Knochens zum Knorpel findet sich auch an anderen Skelettheilen dieses Fisches, und ist namentlich für alle Schädelknochen von mir constatirt worden. Es persistirt hier das gesammte Primordialeranium fast unverändert. Die sonst aus Theilen desselben hervorgehenden Knochen sind nur im Perichondrium entstandene Deckknochen. Diese Thatsache, welche auf den morphologischen Werth der bisher streng unterschiedenen Deckknochen und der aus Knorpel hervorgehenden Knochen ein helles Licht wirft, steht jedoch nicht so isolirt, wie es scheinen möchte, sondern wird durch das Verhalten der Knochen anderer Teleostier vermittelt.

## Dritte Form.

Durch das Fehlen des Spangenstücks wird eine fernere Reduction des Schultergürtels angebahnt, welche die unter den Teleostiern verbreitetste Form bildet und auch in jenen Familien der Malacopterygii abdominales sich findet, bei denen die vorige Form nicht vorhanden ist. Es besteht der primäre Schultergürtel dann nur aus zwei Stücken, dem Scapulare und Procoracoïd, die beide an der inneren und hinteren Seite der Clavicula sitzen. Je nach dem Vorhandensein dieser beiden Stücke, oder der Verkümmernng von einem derselben, lässt sich diese Form in Unterabtheilungen trennen, davon die erste als reguläre, die andere als irreguläre bezeichnet werden kann.

In dem ersten Zustande sind beide Knochen entwickelt und betheiligen sich an der Verbindung mit der Brustflosse. In der Regel bleibt zwischen beiden ein Knorpelrest bestehen. Dieser ist sehr ansehnlich bei *Esox* (Taf. VII. Fig. 10.), wo er das Coracoïd von der Verbindungsstelle mit der Brustflosse fern hält. Auch bei *Gadus*, *Lepidoleprus*, *Balistes* \*), *Amphacanthus* habe ich Knorpelreste aufgefunden. Das Scapulare ist durchbohrt, oder die Durchbohrung findet zwischen ihm und dem Procoracoïd statt. Ersteres ist das häufigere Vorkommen. Das letztere Verhalten finde ich bei *Gadus* und *Lepidoleprus*.

Das Procoracoïd liegt entweder in seiner ganzen Länge dem Schlüsselbein an (wie z. B. bei *Cepola* und *Balistes*), oder es entfernt sich an einer Stelle von ihm, um, erst wieder mit dem Ende herantretend, eine Oeffnung zu umschliessen.

---

\*) Eine eigenthümliche Deutung des Schultergürtels der Balistiden ist von Hollard gegeben worden. Vergl. Ann. des Sc. nat. 3 Sér. vol. 20. S. 106. Die Clavicula wird als Clavicula und Coracoïd angesehen, und zwar soll der letztere Knochen in dem unteren Theile der Clavicula gegeben sein, während der dorsale Abschnitt eine nach aussen umgeschlagene Leiste bildet, in dieser letzteren die Clavicula vorstelle. Das Anhangsstück der Clavicula wird als Scapulare benannt. Die Theile des primären Schultergürtels werden als Armknochen gedeutet, und zwar das ventrale Stück, mein Coracoïd, als Humerus. Das dorsale Stück dagegen wird aus zweien bestehend beschrieben und abgebildet. Das hintere, die Flosse tragende, soll der Radius, das vordere die Ulna sein. Ich finde bei *Balistes capriscus* an der Stelle dieser beiden nur Ein Stück, das ich als Scapulare bezeichne. Betrachtet man den Schultergürtel von der Aussenseite, so sieht man das Scapulare von einer von der Clavicula gebildeten Lamelle bis an die Oeffnung bedeckt; der Rand der Leiste theilt das Scapulare scheinbar in zwei Hälften. Nach Ablösung des primären Schultergürtels von der Clavicula, oder noch einfacher bei Untersuchung der Innenseite des ersteren ist es zweifellos, dass das Scapulare ein einziges, keine Spur einer Trennung besitzendes Stück vorstellt, dass es daher unbegründet ist, es aus zweien bestehen zu lassen. In der ganzen Form des Schultergürtels, sowie in der Stellung der Flosse zu demselben, zeigt sich die verwandtschaftliche Beziehung zu *Orthogoriscus*.

Der Anfang dieser Oeffnung ist bei *Esox* gegeben. Sehr gross ist die Oeffnung bei *Belone*, *Umbrina*, *Amphacanthus*, *Aulopus*. Bei letzterer Gattung tritt auch das Scapulare in die Umgrenzung der Oeffnung ein, indem das Procoracoïd nur mit seinem vorderen Fortsatze die Clavicula berührt (Fig. 12.). Die Vermittlung zu dieser Form liefert *Gadus* und *Lepidoleprus* (Fig. 11.). Auch die Ausbildung eines hinteren Fortsatzes des Procoracoïd bietet viele Verschiedenheiten. Bald fehlt jede Spur eines solchen (wie bei *Esox*), bald stellt er eine kurze, häufig durch einen Ausschnitt von der Brustflossenverbindung geschiedene Verlängerung dar, oder er ist, wie bei *Fistularia*, in ein langes, alle übrigen Schultertheile an Vollm bei weitem überragendes Knochenstück umgewandelt, an welchem der Beckengürtel befestigt ist.

Eine besondere Modification erleidet der Schultergürtel durch engere Beziehungen zu den Basalknochen der Brustflosse (*Carpus* der Autoren). Diese können unbeweglich mit *Scapula* und *Coracoïd* vereinigt sein, ohne dass sie in ihrer Lagerung von jenen Zuständen abwichen, die da, wo sie beweglich sind, obwalten. Das ist z. B. bei *Belone* der Fall, trifft sich übrigens bei vielen andern Fischen aus verschiedenen Abtheilungen. Die Flosse articulirt hier nicht am Schultergürtel, sondern an den vier fest mit letzterem vereinigten Basalstücken. An den unteren Rand des untersten Basalstückes legt sich sogar ein Fortsatz des Procoracoïd an und bewirkt eine grössere Festigung. In ähnlicher Weise sind auch bei *Pleuronectes* (*Pl. maximus*) jene Basalstücke mit dem Schultergürtel vereinigt.

Dadurch entsteht ein Verhalten, welches bei den *Cataphracten* und *Gobioïden* eine hohe Ausbildung erreicht. Bei *Peristedion* (*P. cataphractum*) (Fig. 6.) ist der primäre Schultergürtel fast in der ganzen Länge der Clavicula angedehnt, der obere Theil stellt das Scapulare vor, welches von einer Oeffnung (n) quer durchsetzt ist; darauf folgt nach abwärts ein breiter Knorpel, an welchen sich das ossificirte untere Stück (m) anschliesst. Letzteres besitzt eine ansehnliche Vertiefung an seiner Innenfläche, und läuft nach hinten und unten in einen dem Beckengürtel angehefteten Fortsatz aus. Dem hinteren, fast geraden Rande dieses primären Schultergürtels sind vier platte, von oben nach abwärts an Grösse abnehmende, zum Theil noch knorpelige Basalstücke der Brustflosse angesetzt, die sowohl an einander, als auch mit dem Schultergürtel fest vereinigt sind. Daran reiht sich *Trigla* (*Trigla hirundo*) (Fig. 7.), der Knorpel zwischen Scapulare (s) und Procoracoïd ist gleichfalls noch ansehnlich, sogar noch etwas länger, und entfernt so die beiden genannten Knochen weiter von einander. Da wo das Coracoïd bei *Peristedion* nur eingebuchtet war, ist es bei *Trigla* mit einem Ausschnitte versehen, auf welchen vor dem zugespitzten Ende noch ein zweiter folgt. Anderen *Triglen* fehlt der letztere, ebenso eine bei *Tr. hirundo* vorhandene Oeffnung. Mit

einem dünnen knorpeligen Ende stossen beiderseitige Procoracoïdstücke zusammen. Der hintere Rand dieses Schultergürtels ist concav und nimmt wieder vier Basalstücke (Fig. 7. 2—5.) auf, die gleichfalls fest unter einander und mit der Schulter vereinigt sind. Es tritt also hier ein Theil der Flosse näher in den Schultergürtel ein. Bei *Cottus* und *Hemitripterus* (Fig. 8.) ist das Verhalten noch weiter gediehen. Der Knorpel zwischen Scapulare und Procoracoïd ist sehr lang gedehnt, und bildet den Grund der Ausbuchtung, in welche, oben von Scapulare, unten vom Procoracoïd umfasst, die vier sehr breiten Basalstücke der Flosse sich einfügen. Diese bilden mit dem Schultergürtel ein Ganzes, dessen freier Rand aus einem knorpeligen Wulst gebildet wird, der auch auf das Scapulare übergeht. Der Knorpel ist continuirlich. Die Grenze zwischen den einzelnen Stücken wird im Knorpel nur durch eine geänderte Stellung der Knorpelzellen angedeutet. Es ist somit hier ein ganzer Abschnitt der Brustflosse unter Verlust der Selbständigkeit seiner Theile in den Schultergürtel völlig eingetreten. Girard\*) gibt bei *Cottus* nur drei Basalstücke der Brustflosse (als *Carpalia*) an, ich finde bei *C. Scorpius* regelmässiger deren vier, so dass der Schultergürtel ausser der Clavicula sechs verknöcherte Theile aufweist. Die Formverhältnisse sind wie bei *Hemitripterus*.

An diesen Zustand schliesst sich *Gobius* an. Ich finde hier (*G. guttatus*) (Fig. 9.) einen langen schmalen Knorpelstreif in eine Rinne der Clavicula eingerügt, und an diesem sitzen fünf knöcherne Stücke. Das unterste (m) kann nur dem Procoracoïd der *Cataphracten* verglichen werden. Es zeichnet sich aber von jenem durch einen nach innen und aufwärts umgebogenen Rand aus. Auch fehlt ihm der Ausschnitt. Von vier über diesem sitzenden, sehr breiten Stücken (Fig. 9. 2—5.) lehnt sich nur das unterste theilweise an das Procoracoïd, die übrigen drei sind nur mit dem Knorpelstreif (k) in Verbindung. Wenn man die drei vorher beschriebenen Formen beachtet hat, so kann die Frage nach der Deutung dieser vier Knochenplatten nur dahin beantwortet werden, dass es die vier Basalstücke der Flosse sind. Wollte man das oberste als Scapulare nehmen, so wären nur drei Basalplatten vorhanden. Es kann deshalb das oberste nicht als Scapulare angesehen werden, wie es auch durch den Mangel der charakteristischen Durchbohrung schon angezeigt wird. Man wird sich also dahin entscheiden müssen, dass hier das Scapulare fehlt, oder nur durch einen unansehnlichen, dem obersten Basalstücke aufsitzenden Knorpelrest vertreten ist. Von den Basalstücken der Brustflosse ist also der ganze obere und mittlere Theil des primären Schultergürtels verdrängt worden, und so bildet *Gobius* das Ende einer Reihe von Zu-

---

\*) Contributions to the nat. hist. of the fresh water Cottoids of North-America. Smithsonian Instit. III. III. S. 18.

ständen, deren Anfang durch eine Streckung des primären Schultergürtels angebahnt war.

Auch die Clavicula von *Gobius* zeigt einige bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten. Vor ihrem medialen knorpel einschliessenden Ende zeigt sie einen kurzen, nach hinten gerichteten Fortsatz zur Verbindung mit dem Beckengürtel. Ihr laterales Ende ist mit einer Längsspalte versehen, durch welche das vom Occipitale Basilare entspringende starke Band hindurch zum Supraclaviculare tritt. Bei den anderen, vorerwähnten Fischen tritt dieses Band durch einen Ausschnitt des oberen Clavicularendes (Vergl. Fig. 7. 8.). Mit der Clavicula selbst hat es keinen unmittelbaren Zusammenhang.

Die bei *Cataphracten*\*) und bei *Gobius* geschilderte Reduction des Schultergürtels hat zugleich Veränderungen der Basalstücke der Brustflosse im Gefolge. Aus den sonst längeren, durch Interstitien von einander getrennten Knochen sind hier platte, sogar in der Mitte etwas vertiefte Stücke geworden. Von den Interstitien bleibt hin und wieder ein Rest in Form eines feinen, an der Grenze zweier Platten angebrachten Loches bestehen. Wo auch dieses fehlt, ist der ursprüngliche Charakter der Basalknochen ganz verloren gegangen.

Einen unmittelbaren Anschluss an diese Structur des Schultergürtels habe ich bei andern Fischen nicht gefunden, dagegen zeigen einige jenen Reductionen ähnliche Zustände auf.

Bei *Centriscus*\*\*\*) sellt das Schulterstück einen breiten Knochen dar, der durch zwei von oben nach abwärts verlaufende Leisten, die eine rindliche Oeffnung zwischen sich fassen, ausgezeichnet ist. Der Vorderrand des Knochens lehnt an eine Lamelle der Clavicula: am ganzen Hinterrande sitzen die Basalstücke der Brustflosse. Eine Zusammensetzung dieses Knochens aus mehreren aufzufinden, habe ich vergeblich mich bemüht.

Noch eigenthümlicher sind die Verhältnisse bei *Orthagoriscus*. Der primäre Schultergürtel besteht hier aus einem hinter der Clavicula gelegenen, langen, nach abwärts stark verjüngten Knochenstücke, welches bis auf seinen obersten Theil aus dem merkwürdigen, das Skelet von *Orthagoriscus* auszeichnenden Gewebe besteht. Am oberen breiten Ende findet sich Knorpel. Diesem ist ein queres Stück angelagert, welches aus vier von vorn nach hinten an Grösse abnehmenden Knochenstücken

---

\*) Es sind durchaus nicht alle Glieder dieser Familie mit jenen Eigenthümlichkeiten ausgestattet. Z. B. bei *Dactyloptera* ist der ganze Schultergürtelapparat ganz wie bei den meisten übrigen Teleostiern gestaltet, und die vier Basalstücke der Brustflosse sind bewegliche längliche Knochen.

\*\*) Der Schultergürtel von *Centriscus scolopax* ist bereits von Geoffroy untersucht worden. Derselbe hat das Stück als *Humerus* bezeichnet, es entspräche also dem *Procoracoid*.

besteht die sowohl nach abwärts gegen das Schulterstück zu, als auch nach aufwärts gegen die Brustflosse, in eine gemeinsame Knorpelmasse übergehen. Die letztere ist aber der Quere nach gewölbt, und da sitzt, durch Bandmasse befestigt, der freie Theil der Brustflosse auf. Dadurch kommt jene Stellung der Brustflosse zu Stande, die schon von Wellenbergh\*) als diesen Fisch auszeichnend beschrieben ward. Da die Brustflosse auf den vier in gemeinsamen Knorpel übergehenden Stücken beweglich ist, die letzteren aber an dem langen Stücke unbeweglich sitzen, könnte man diese vier Knochen als dem Schultergürtel angehörig ansehen. Das vorhin bei den Cataphracten nachgewiesene Verhalten zeigte uns aber aufs bestimmteste, dass Theile der Brustflosse in den Schultergürtel eintreten können, und dass dann die Gelenkstelle, anstatt zwischen Schultergürtel und den Basalstücken der Flosse zu bleiben, nach aussen von der Reihe der Basalstücke sich verlegt. Wenn wir diese Thatsache bei den Cataphracten erkannt, so wird es nicht schwer sein, in jenen vier Knochenstücken vier Basalstücke der Brustflosse zu finden, die hier in einem gemeinsamen Knorpel entstanden sind. Die ursprüngliche Selbständigkeit wird durch die Ossificationen, sowie durch die zwischen ihnen befindlichen Löcher nachgewiesen. Dadurch nimmt der ganze Abschnitt Formverhältnisse an, wie sie dem Basalabschnitte der Brustflosse anderer Fische zukommen. Abweichend bleibt aber immer ausser der Verschmelzung des Knorpels der Basalstücke, deren Anfügung an dem oberen Rand eines einzigen Knochens, sowie die Verbindung des vordersten Basalstückes mit der Clavicula. Durch letzteren Umstand wird an das zwischen Scapulare und Claviculare bestehende Verhalten erinnert, und wenn nicht die Reihe der drei anderen gleichgestalteten Stücke an das erste sich unmittelbar anschliesse, könnte man leicht in dem ersten ein Scapulare sehen.

Bezüglich der Deutung des den Basalabschnitt der Brustflosse tragenden Knochens kann nicht gut ein Zweifel bestehen; er wird dem als Coracoïd oder vielmehr Procoracoïd bezeichneten Theile der übrigen Teleostier entsprechen, und es wird anzunehmen sein, dass ein selbständiges Scapulare nicht zur Entwicklung gekommen ist. Das steht auch im Einklange mit der horizontalen Stellung der Flossenbasis, die durch den Mangel des Scapulare an den oberen, sonst vom Scapulare eingenommenen Rand des Coracoïd gerückt ist\*).

\*) *Observationes anatomicae de Orthogorisco mola.* Lugd. Batav. 1845.

\*\*\*) Nach Wellenbergh ist ein meinem Scapulare entsprechendes Stück vorhanden, das er, nachdem das Coracoïd in der Cuvier'sehen Deutung als Cubitus aufgeführt ist, als Radius bezeichnet. Es soll dieser Knochen an der äusseren Seite des Cubitus liegen, unterhalb des Basalknorpels der Flosse. Ich habe ebensowenig etwas von einem gesonderten Knochenstücke gesehen, als ich den von Wellenbergh als Scapula bezeichneten oberen Theil der Clavicula von dem unteren getrennt fand. Aber selbst das Vorkommen des von genanntem Autor als Radius bezeichneten

Dieser Bau des Schultergürtels von *Orthogoriscus* zeigt das Extrem der Schwankung einer fundamentalen Einrichtung, wie sie innerhalb der Teleostier gegeben ist.

### Ergebnisse.

Die aus den mitgetheilten Untersuchungen über den Schultergürtel resultirenden Thatsachen lassen sich in Nachstehendes zusammenfassen.

Der Schultergürtel der Fische bietet einen dem der übrigen Wirbelthiere gegenüberstehenden Zustand, der mit diesen nach der gegenwärtigen Lage unserer Erkenntniss nicht unmittelbar verbunden scheint, da alle Zwischenstufen fehlen. Es sind die Theile des Schultergürtels der Fische daher nur bedingterweise mit jenen der höheren Wirbelthiere vergleichbar. Es muss, wie zuerst von Bruch gesehen, in primäres, knorpelig vorgebildetes, und ein secundäres Schulter skelet unterschieden werden. Der primäre Schultergürtel besteht aus einem knorpeligen, ventral abschliessenden Bogen, der bei Selachiern und Chimären von bestimmten Canälen durchzogen wird. Diese werden von den zur Flossenmusculatur gelangenden Nerven durchsetzt. Man muss einen Canal unterscheiden, durch den der Nerv eintritt, und eine Theilung dieses Canals in zwei, durch welche Nerven zu den oberen und unteren Muskeln der Flosse geleitet werden. Die Trennung dieses Knorpelbogens in zwei Hälften leitet sich bei den Selachiern ein. Die mannichfaltigen Formen des Schulterknorpels der Haie und Rochen sind nur Modificationen derselben Grundform, und aufeinander leicht zurückführbar.

Bei den Dipnois erscheint der knorpelige Schultergürtel in drei Abschnitte getrennt, indem jederseits ein um den Knorpel entstandenes secundäres Knochenstück denselben in ein ventrales unpaares Stück und zwei laterale verschieden hat. Das wie ein Belegknochen gebildete Stück ist als Clavicula anzusehen.

Bei den Ganoïden zeigen die Störe den primären Schultergürtel zwar in zwei seitliche Theile getrennt, allein in allen Verhältnissen aus den bei Selachiern waltenden Einrichtungen ableitbar. Aus den engen Canälen sind weite Räume geworden, in welche Muskeln sich einbetten. Das ist bei den Selachiern nur angedeutet. Am Knorpel lassen sich drei grössere Fortsätze unterscheiden. Ein oberer entspricht einem Scapulare. Ein mittlerer kann als Procoracoïd bezeichnet werden; ein hinterer als Coracoïd.

Ueber dem oberen Fortsatz liegt bei *Accipenser* ein besonderes Knorpelstück als Suprascapulare, welches die Verbindung mit dem Schädel vermittelt.

Stückes würde nicht geeignet sein, die Deutung des primären Schultergürtels anders zu nehmen, als von mir geschah, und auf keinen Fall dürfte man ein dem Scapulare der übrigen Fische entsprechendes Stück unterhalb der Brustflossenverbindung und hinter dem Coracoïd auffinden wollen.

Bei *Amia* und *Lepidosteus* ist der Schulterknorpel bedeutend reducirt, indem nur der bei den Stören die Brustflosse tragende Theil vorhanden ist, und ein Theil des Knorpels, der den über diesem Stücke liegenden Canal von innen her überwölbt. Er stellt eine dreieckige, von einer Spange überbrückte Platte dar. Sowohl Platte als Spange sind bei *Lepidosteus* theilweise, aber im Zusammenhange ossificirt. Bei *Polypterus* fehlt die Spange, und es ist nur das der Platte entsprechende Stück vorhanden, an welchem zwei Ossificationen bestehen.

Die secundären Theile des Schultergürtels sind bei *Accipenser* vier Belegknochen des Knorpels, zwei obere, ein mittlerer und ein unterer. Einer der oberen und die beiden anderen liegen zugleich oberflächlich im Integumente, und sind damit auch Hautknochen im eigentlichen Sinne des Wortes. Sie bestehen auch noch bei *Polyodon*, aber der oberste hat keine knorpelige Unterlage mehr. Der mittlere ist als *Clavicula* anzusehen, die aber hier noch keine ventrale Vereinigung besitzt, da der untere Knochen als „*Infraclaviculare*“ diesen Abschluss von jeder Seite her bewerkstelligt. Bei *Polypterus* sind zwar noch *Infraclavicularia* vorhanden, aber die *Clavicula* ist schon zum Hauptstücke geworden und bildet eine ventrale Symphyse. Bei *Lepidosteus* und *Amia* fehlen die *Infraclavicularia*. Die oberen Stücke stellen *Supraclavicularia* vor. Sie gehen wie die *Clavicula* und das Rudiment des primären Schultergürtels in das Skelet der Teleostier über.

Bei den Teleostiern bleibt die *Clavicula* Hauptstück des gesammten Schultergürtels, wie sie es schon bei den Ganoïden holostei war. Wenn sie auch noch in sofern ein Deckknochen ist, als sie am primären Schultergürtel ihren Ursprung nimmt, so erstreckt sie sich doch in allen Fällen mehrseitig über denselben hinaus. Die sie mit dem Schädel verbindenden Stücke sind Deckknochen, denen nur die noch bei *Accipenser* vorhandene knorpelige Unterlage abgeht. — Sie werden nach Bruch richtiger als *Supraclavicularia* bezeichnet.

Der primäre Schultergürtel, der durch die Ganoïden aus dem der Selachier ableitbar ist, darf eben deshalb nicht mit Theilen des Armskelets der höheren Wirbelthiere verglichen werden. Er bleibt entweder nur theilweise knorpelig, oder ossificirt vollständig. Die Verhältnisse von *Accipenser* sind noch am deutlichsten bei den Siluroïden erkennbar. Hier ossificirt dieser ganze Skeletabschnitt im Zusammenhange.

Bei anderen erreicht der dem unteren Fortsatze der Störe entsprechende Theil nicht mehr die *Clavicula*, und es treten drei Ossificationen auf, davon die eine den oberen, einem *Scapulare* entsprechenden, die andere den unteren, einem *Procoracoïd* (mit einem Theile des *Coracoïd*) entsprechenden Theil, die dritte endlich das Spangenstück ergreift. Das letztere, bei den Ganoïden noch kein discretetes Skeletstück, und wenn verknöchert — wie bei *Lepidosteus* im Zusammen-

hänge mit dem übrigen primären Schultergürtel, wird bei den Teleostiern durch die Ossification ein gesonderter Theil. So findet es sich bei Cyprinoïden, Salmoniden, Scopelinen, Clupeïden und Characinen. Bei den übrigen Teleostiern ist das Spangenstück nicht beobachtet. Es sind da nur zwei Stücke, ein laterales und oberes, das Scapulare, und ein medianes und unteres, das Procoracoïd, vorhanden, die beide als selbständig verknöchernde Theile unterscheidbar sind.

Von den Canälen der Selachier und Störe ist mit dem Schwinden des Spangenstücks nur noch einer vorhanden. Er ist auf ein Loch reducirt, welches entweder im Scapulare, oder zwischen diesem und dem Procoracoïd liegt, und durch welches der die ventrale Musculatur der Flosse versorgende Nerv tritt.

Modificationen des primären Schultergürtels finden sich bei Cataphracten und Gobioiden. Das ossificirte Scapulare ist durch einen Knorpelrest vom Procoracoïd entfernt, und zwischen beiden schieben sich vier Basalstücke der Brustflosse ein, die in demselben Maasse als Scapulare und Procoracoïd auseinanderweichen und sich der Clavicula nähern. Bei Gobius sind sie endlich nur durch einen dünnen Knorpelstreif davon geschieden. Damit verkümmert das Scapulare und die Brustflosse tritt mit ihren Basalstücken nahe an die Clavicula.

Eine andere Modification ist bei Orthogoriscus gegeben, hier fehlt gleichfalls das Scapulare vollständig, aber die Basalstücke der Brustflosse sind dem oberen Rande des Procoracoïd angeheftet.

Von den Amphibien bis zu den Säugethieren tritt der primäre Schultergürtel in Zustände, die näher mit einander verwandt sind, als mit jenen der Fische. Die Anlage dieses Schultertheils ist auch hier jederseits eine continuirliche, und die durch die Verknöcherung entstehenden Stücke sind nie selbständig angelegt. Die Pfanne des Schultergelenks trennt den Schultergürtel jederseits in einen ventralen und dorsalen Abschnitt.

Bei den Urodelen zeigt der ventrale Abschnitt zwei platte Fortsätze, einen breiten, median und nach hinten gerichteten, das Coracoïd, und einen mit diesem an der Pfanne verbundenen schmaleren, nach vorne gerichteten, das Procoracoïd. Es entspricht dieses letztere Stück dem vorderen Fortsatze des Schulterknorpels der Störe. Die beiden Fortsätze bleiben knorpelig, nur der die Pfanne mit bildende Abschnitt ossificirt, und zwar immer von der Scapula aus. Bei den Anuren sind die beiden ventralen Fortsätze jederseits median durch eine Knorpelleiste verbunden. Sie vereinigen sich entweder durch diesen Knorpel untereinander, und mit der Verknöcherung dieses Verbindungsknorpels entsteht ein unpaares Mittelstück, oder es schieben sich die Verbindungsknorpel übereinander.

Aus dem letzteren Zustande ist der ventrale Theil des Schultergürtels der Eidechsen ableitbar. Mit Ausnahme der Chamäleonten sind Coracoïd und Pro-

coracoïd mittels eines medianen und selbständig ossificirenden Stückes vereinigt, so dass dadurch, wie bei den Urodelen, eine Oeffnung umschlossen wird. Das Coracoïd besitzt häufig gleichfalls eine Oeffnung, die mitunter nur durch eine Vertiefung angedeutet ist. Das Coracoïd ossificirt sowohl bei den ungeschwänzten Amphibien, wie bei den Eidechsen selbständig. Dasselbe ist bei den Schildkröten der Fall, wo es den hinteren Schenkel des ventralen Schulterstückes vorstellt. Das Coracoïd ist hier durch ein zum Theil knorpeliges Band mit dem medialen Ende des Procoracoïd verbunden. Diese Vereinigung ist jener gleich, die bei Eidechsen und ungeschwänzten Amphibien anfänglich durch Knorpel, später durch Knochen zu Stande kommt. Das bei Schildkröten mit der Scapula verwachsene Procoracoïd ist, wie jenes der Amphibien, irrigerweise als Acromion gedeutet worden. Schon die mediane Verbindung mit dem Coracoïd lässt es als einen zu letzterem gehörigen Theil erscheinen. Indem aber bei Eidechsen und ungeschwänzten Amphibien ein durch seine Beziehungen zum lateralen Ende der Clavicula als Andeutung eines Acromion sich darstellender Fortsatz der Scapula besteht, widerlegt sich jene Auffassung am entschiedensten.

Das Procoracoïd geht den Crocodilen ab, die nur ein Coracoïd besitzen, wie die Vögel; davon machen nur die Cursoras eine Ausnahme, bei denen ein besonderer Fortsatz wenigstens zum Theil jenem Stücke entspricht.

Das Coracoïd bleibt mit der Scapula immer durch Knorpel verbunden, es ist daher niemals ein völlig selbständiges Skeletstück. Bei den Säugethieren findet sich nur das Coracoïd, niemals das Procoracoïd. Ersteres ist aber nur bei den Monotremen ein bis zum Sternum entwickelter Knochen, dem noch ein besonderes Stück, das Epicoracoïd, beweglich verbunden ist. Man hat das letztere dem das Coracoïd und Procoracoïd verbindenden gleichnamigen Theile der Eidechsen verglichen. Das trifft insofern nicht zu, als bei den Monotremen keine Beziehungen zu einem Procoracoïd bestehen. Das Epicoracoïd der Monotremen ist daher eine eigenthümliche Bildung. Bei allen übrigen Säugethieren bildet das Coracoïd nur einen Fortsatz der Scapula, der mit einem besonderen Kerne ossificirt. Nur ausnahmsweise (bei *Sorex* und *Mus*) erhalten sich auch sternale Reste des Coracoïd.

Der dorsale Abschnitt des Schultergürtels ist bei den Urodelen ohne scharfe Grenze gegen den ventralen. Erst bei den ungeschwänzten Amphibien bildet die Ossification des Coracoïd eine solche gegen die Scapula. Die Ossification des dorsalen Theiles des Schultergürtels ist niemals vollständig, sie ergreift nur den der Gelenkpfanne zunächst gelegenen Abschnitt, der knorpelige obere Theil grenzt sich nur bei den Anuren bestimmter vom unteren oder der Scapula ab, und ist gegen letztere in der Regel beweglich. Ossificationen auf der Oberfläche kommen häufig vor. Das mag rechtfertigen, dieses oft sehr ansehnliche

Stück als Supra-capulare zu unterscheiden, da dieses Stück von den Urodelen her sich als eine Abgliederung der dorsalen Hälfte des Schultergürtels erweisen lässt, so kann es mit dem Suprascapulare des Stör nicht verglichen werden, denn bei diesem ist das genannte Knorpelstück noch nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem übrigen Schulterknorpel erkannt.

Unter den Reptilien tritt das Suprascapulare bei den Eidechsen als ein grösserer Abschnitt auf, der aber nicht mehr mit der Scapula articulirt. Ein rundliches Knorpelstückchen ist er bei den Schildkröten, eine breitere Platte bei den Crocodilen. Vom Vorderrande der Scapula gehen bei Eidechsen 1—2 Fortsätze aus, die zur Verbindung mit der Clavicula noch keine constante Beziehung besitzen. Sie können ebensowenig als das Procoracoïd einem Acromion gleichgesetzt werden, denn sie haben häufig gar keine Beziehung zur Clavicula. Auch bei den Vögeln besteht noch kein wahres Acromion. Erst bei den Säugethieren beginnt diese Einrichtung. Die Monotremen lehren, dass es ein Fortsatz des vorderen Scapularrandes ist, der über der Gelenkpfanne sich erhebt. Indem der Vorderrand der Scapula lateral sich ausbreitet, bildet er die Spina scapulae, an deren unterem Ende das Acromion liegt. Der Beginn der Bildung einer spina scapulae ist schon bei Crocodilen erkennbar, aber ohne Acromion, unter den Monotremen bei Ornithorhynchus. Die Vergleichung dieser Zustände unter einander und mit Echidna zeigt wiederum, dass das Acromion eine nur den Säugethieren zukommende Bildung ist.

Von dem primären Schultergürtel verbindet sich nur das Coracoïd mit dem Sternum. Schon bei den Urodelen nimmt die Sternalplatte in besondere laterale Falze ihres Vorderrandes die breiten Coracoïdea auf. Bei den ungeschwänzten Amphibien zeigt die Sternalplatte häufig Reductionen ihres Volums; niemals aber lagern sternale Theile zwischen den Coracoïden. Auch wenn letztere median sich verbinden, besitzt das Sternum die gleiche Lagerung hinter dem ventralen Abschnitte des Schultergürtels. Wo die Coracoïdea unter einander beweglich sind, greifen sie in einen Falz des Sternum ein. Bei Pipa besteht dieser Falz auch mit gleichzeitiger Verbindung der Coracoïdea. Die Coracoïdea greifen auch am Sternum häufig übereinander, so dass die Falze am vorderen Sternalrande in der Mitte nicht zusammentreffen. Auch am Sternum der Eidechsen ist das zu beobachten und kommt auch bei Vögeln vor.

Der secundäre Schultergürtel, der bei den Fischen noch aus mehreren Stücken bestand, wird bei den übrigen Wirbelthieren jederseits nur aus einem einzigen gebildet: aus der am knorpeligen Schultergürtel ursprünglich als wahrer Deckknochen entstandenen Clavicula. Diese Beziehung des Knochens zum primären Schultergürtel ist noch unter den Amphibien erkennbar, indem die Clavicula der Anura

am Procoracoïd entsteht und diesem eng angeschlossen bleibt. Den Urodelen fehlt jede Andeutung einer Clavicula. Bei den Reptilien fehlt sie den Crocodilen und Schildkröten. Bei den Eidechsen entsteht sie zwar auf dieselbe Weise wie bei den Amphibien, aber nicht an demselben Orte, indem sie vom Procoracoïd entfernt ist und nur an einer beschränkten Stelle der Scapula sich anheftet.

Bei den Vögeln, wo beide Claviculae sich zur Furcula vereinigen, entsteht sie gleichfalls unabhängig vom primären Schultergürtel. Das erste Auftreten ihrer Anlage zeigt Knorpelgewebe. Indem die Clavicula der Reptilien und Vögel nicht mehr ein auf knorpeliger Unterlage entstehender Deckknochen ist, erscheint sie als ein selbständiger Skelettheil, der bei den Säugethieren in die Reihe der primären Skelettheile tritt. Das geschieht dadurch, dass die knorpelige Anlage des Schlüsselbeins in grösserem Maasse vorhanden ist, und, wie bei allen primären Skeletgebilden das Längewachsthum des Knochens von sich ausgehen lässt. Indem aber die Knorpelanlage unmittelbar verknöchert, geben sich Beziehungen zu der Abstammung des Schlüsselbeins von einem Deckknochen kund, und es entfernt sich eben dadurch die Clavicula von den übrigen knorpelig präformirten Skelettheilen. Die Clavicula der Säugethiere kann daher ebenso wenig den Deckknochen beigezählt werden, als sie sich in allen Stücken den primären Skeletgebilden anschliesst.

Die Verbindung der Claviculae mit dem Sternum geschieht mittels eines besonderen Apparates, dem Episternum. Ein solches trifft sich von den Amphibien an. Den Urodelen fehlt es mit der Clavicula. Bei den Anuren ist es ein knorpeliger Ansatz vor der Verbindung der beiden Procoracoïdstücke, und ist hier durch diese und durch die Coracoïdea vom Sternum getrennt. Bei den Reptilien liegt es der Vorderfläche der Sternalplatte auf, und kann auch damit verwachsen. Den Vögeln fehlt ein distinctes Episternum, vielmehr scheint dasselbe durch membranöse Gebilde repräsentirt zu werden (Harting). Bei den Säugethieren findet es sich vor dem Sternum, entweder als ein paariges, die Enden der Clavicula tragendes Stück, oder es ist unpaar, und dann beim Vorhandensein einer Clavicula in seitliche Fortsätze ausgezogen. In allen Fällen des Vorkommens eines Schlüsselbeins sind Episternalgebilde nachweisbar.

---

## Zweiter Abschnitt.

### Von der Brustflosse der Fische.

Der Bau der Brustflosse der Fische ist nur wenigemale Gegenstand genauerer Untersuchung gewesen. Die anscheinende Einfachheit ihrer Zusammensetzung bei den Teleostiern, die nur in vielfältiger Wiederholung gleicher Bildungen sich darstellende Complication des Flossenskelets der Selachier, endlich die eingewurzelte Vorstellung, dass man in diesen Gebilden nur ein im Vergleiche zu den übrigen Wirbelthieren mehr oder minder reiches Handskelet zu erkennen habe: diese Umstände waren es wohl, welche der Brustflosse der Fische eine grössere Beachtung abwendeten.

Eine genauere Untersuchung nicht vereinzelter Formen, sondern grösserer Reihen innerhalb der einzelnen Abtheilungen, ändert die Meinung von der Einfachheit des Baues der Flossen in das Gegentheil um, und erhebt der Vergleichung der einzelnen Theile der Flosse selbst innerhalb der Fische ansehnliche Schwierigkeiten. Es geht aber auch aus einer solchen Untersuchung hervor, dass im Baue der Flosse nichts sich findet, was die Meinung, dass hier von der ganzen Vorderextremität nur die Hand gegeben sei, bestärken könnte.

Eine Prüfung der Gründe, die jene Erklärung der Brustflosse stützen sollten, zeigt, dass sie sämmtlich unhaltbar sind, indem sie entweder auf irrigen Voraussetzungen, oder auf nicht vollständig erkannten Thatsachen beruhen. Zuerst ist es die Beschaffenheit der allgemeinen Form des Organs, die flache Ausbreitung desselben, wodurch einige Aehnlichkeit mit einer Hand gefunden werden kann. Dann fanden sich scheinbare Gründe im Baue. Die kurze und häufig auch breite Form der den ersten Abschnitt des Flossenskelets zusammensetzenden Knorpel oder Knochen liess diese mit einem Carpus vergleichen. Die darauf folgenden, in parallelen Reihen geordneten, zuweilen vielfach gegliederten Knorpelstücke bei den Selachiern, sowie die an jenen angenommenen Carpus sich anschliessenden knöchernen, gleichfalls gegliederten Strahlen der Knochenfische und Ganoiden boten wieder einige

Aehnlichkeit mit Fingern, und für die Vermehrung der Zahl dieser Finger fand sich in dem einer Hand schon näherstehenden Flossenskelete der Enaliosaurier ein bequemes Verbindungsglied. Die Eigenthümlichkeit des Umstandes, dass nach dieser Auffassung der Brustflosse die Hand unmittelbar an der Schulter angefügt wäre, entkleidete man dadurch ihrer störenden Wirkung, dass man die bei den übrigen Wirbelthieren zwischen Hand- und Schultergürtel liegenden Abschnitte der Vorderextremität in dem Schulter skelete selbst suchte, und auch gefunden zu haben glaubte (Cuvier, Agassiz, Owen, Mettenheimer). Andere liessen das Armskelet ganz fehlen, nachdem sie das Unnatürliche der Vereinigung desselben mit der Schulter erkannt, und auch im Schulter skelete Theile gefunden hatten, die auf den Schultergürtel der höheren Wirbelthiere sich deuten liessen (Bruch).

Ob eine unmittelbare Verbindung der Hand mit dem Schultergürtel naturgemässer ist, als die Einfügung des Armes in den Schultergürtel, ist schwer zu entscheiden. Für keine von beiden Annahmen bietet die Natur sichere Anhaltspuncte, beide sind deshalb, weil sie unbegründet sind, auch unnatürlich. Vor allem kommt es hier auf die Lage der Thatsachen an, denn nur daraus lässt sich die Frage endgültig beantworten. In dieser Beziehung ist zu beachten, dass die Vergleichung der Flossenskelettheile mit einem Carpus, Metacarpus etc. durchaus nicht in strigenter Weise geführt wurde. Während es möglich ist, die Verhältnisse des Carpalskelets der übrigen Wirbelthiere auf einander zurückzuführen (wie ich im ersten Hefte dieser Untersuchungen versucht), ist vom sogenannten Carpus der Fische durchaus kein Anschluss an die höheren Wirbelthiere zu finden, und wenn auch in einzelnen Fällen einige Aehnlichkeit existirt, so wird diese durch die Vergleichung innerhalb der Fische sofort wieder aufgehoben.

Ich erinnere hier nur an den Carpus der Teleostier und Selachier. Während der Carpus der höheren Wirbelthiere in seinen niederen Zuständen immer aus mehrfachen Reihen besteht (urodele Amphibien), und die Vereinfachung, wie sie z. B. bei den Vögeln sich findet, aus einer stufenweisen Reduction innerhalb der Reptilien erkennbar ist, soll die reich entwickelte Hand die Fische nur mit einer einfachen Carpusreihe versehen sein, aus 4, 3, 2 Stücken bestehen. Wenn man erwägt, dass in allem Uebrigen des Baues bei den Fischen Anschlüsse an die Amphibien viel eher sich finden, als an höhere Wirbelthiere, so wird man gegen die Deutung der Basalstücke der Flosse als Carpus grosse Zweifel hegen müssen. Da der als Carpus angesehene Abschnitt für die Bestimmung der übrigen Theile maassgebend war, so werden die gegen ihn erhobenen Bedenken auch die Deutung der übrigen Theile ins Schwanken bringen.

Nachdem so die bestehende Vergleichung zum mindesten als gänzlich unsicher bezeichnet werden kann, wird eine andere Auffassung an ihre Stelle treten dürfen. Zur

Aufstellung einer solchen muss aber vorher die anatomische Unterlage ausführlicher, als es bisher geschehen, in's klare gesetzt werden. Es wird also vor Allem die Aufgabe sein, die Structur des Flossenskelets innerhalb der einzelnen Abtheilungen der Fische zu ermitteln. Erst daraus kann eine Vergleichung der verschiedenen Skeletbildungen unter sich erfolgen, und es kann die Beantwortung der Frage versucht werden, welche Anschlüsse im Baue des Flossenskelets der Fische an das Skelet der Vorderextremität der höheren Wirbelthiere erkennbar seien.

### Selachier.

Die reiche Entwicklung des Flossenskeletes dieser Abtheilung lässt als zweckmässig erscheinen, die Darstellung desselben derjenigen der Uebrigen voranzuschicken, zumal es möglich ist, die mannichfaltigen Formen des Flossenskelets der anderen Fische aus dem der Selachier abzuleiten, und somit von da aus eine sichere Grundlage für die Vergleichung zu gewinnen.

Das gesammte Skelet der Brustflosse der Haie und Rochen besteht aus Knorpel, dessen einzelne Stücke entweder nur den auch den übrigen Skelettheilen zukommenden Beleg von verkalkten Plättchen besitzen, oder auch im Inneren verkalkt sind. Das erstere ist beständig für die breiten Stücke an oder in der Nähe der Flossenbasis der Fall, das letztere findet sich in der Regel an den längeren der Flossenperipherie zukommenden Stücken.

Die Verbindung mit dem Schultergürtel wird durch drei grössere, sehr verschieden geformte Knorpelstücke vermittelt, an denen Reihen von kürzeren oder längeren Knorpelstücken ansitzen. Diese drei Basalstücke besitzen eine verschiedenengradige Ausbildung, lassen sich aber selbst in ihren Umformungen und Reductionen wiedererkennen, und nur in seltenen Fällen fehlt eines oder auch zwei derselben. Die Verbindung der drei Stücke untereinander geschieht mittels straffer Bandmassen, und ebenso sind die an diesen sitzenden peripherischen Stücke untereinander vereinigt. Nur bei einigen Haien, dann bei allen Rochen laufen die knorpeligen Radien aus, ohne seitlich straffer mit einander verbunden zu sein.

Dieses knorpelige Skelet bildet mit Ausnahme der Rochen und von Squatina keine vollständige Unterlage für die gesammte Brustflosse, bei einigen nimmt es sogar nur einen kleinen Theil der Flosse ein. Der übrige Abschnitt erhält seine Stütze bekanntlich durch jene Fasern, denen man den wenig passenden Namen der „Hornfäden“ gegeben hat. Es beginnen diese bei den Rochen gänzlich fehlenden, oder nur spurweise entwickelten Hornfäden innerhalb der tiefsten Schichte des Integumentes schon an dem von Knorpel gestützten Abschnitte der Flosse, und erstrecken sich an der Dorsal- und Ventralfläche derselben in parallelem Verlaufe bis an den Flossenrand. Diese festen, elastischen, am Anfange dickeren, aber fein auslaufenden

Fäden liegen in mehreren Schichten übereinander, so dass die stärkeren nach innen, die schwachen nach aussen zu treffen sind. Von einer engeren Verbindung mit dem Knorpelskelete habe ich nichts bemerkt. Owen\*) spricht von einer Insertion von je drei oder vier dieser Hornfäden an die peripherischen Knorpel der Flosse, und hält diese Fäden für die Homologa der Klauen und Nägel der höheren Wirbelthiere. Auch gegen diesen letzteren Ausspruch ist viel einzuwenden. Es spricht dagegen ihre schichtenweise Anordnung, sowie der gänzliche Mangel von Beziehungen zur Epidermis. Die Hornfäden der Haie sind völlig structurlos, insofern keine Formelemente in sie eingehen. Nur eine concentrische Streifung der Querschnittsfläche derselben (Vergl. Taf. VIII. Fig. 12. 13 h.) lässt auf eine Schichtung der sie zusammensetzenden Substanz schliessen, und deutet zugleich auf ihre Entstehung durch Abscheidung von Seite der sie umschliessenden Matrix\*\*). Viel richtiger

\*) Lectures on the comp. Anat. and Physiol. P. I. S. 128.

\*\*\*) Auf der Oberfläche dieser Fäden bemerkt man eine feine Längsstreifung, die auf Querschnitten in einer feinen Zählung des Randes der Schnittfläche sich ausdrückt. Auch Längsspaltungen zeigen sie zuweilen (Taf. VIII. Fig. 13.) Gegen Säuren und Alkalien sind sie empfindlicher als Leydig (Lehrbuch der Histologie S. 162.) von ihnen angibt. Ich finde in dieser Beziehung das Verhalten der Fasern ganz ähnlich wie es Bruch angegeben (Zeitschr. für wiss. Zoologie Bd. XI. S. 168.), vermisste aber die Einschnürungen, die dort als wie von Spiralfasern gebildet, beschrieben worden sind. Untersucht habe ich die Fasern bei Galeus, Acanthias und Hexanchus. Leydig hält die Fasern für chitinisiertes Bindegewebe. Auch Bruch erklärt die sie zusammensetzende Substanz für Bindegewebe. Er sagt: „Sie erweisen sich demnach als eine höchst merkwürdige Art geformten Bindegewebes und entsprechen den Strahlen der Knochenfische, welche zwar knöchern, aber nie knorpelig auftreten.“ Gegen diese Auffassungen der chemischen, histologischen und morphologischen Seite dieser Fasern ist vieles einzuwenden. Gegen Chitin spricht das Verhalten zu Alkalien und Säuren, wie es Bruch nachwies. Es könnte nur junge Chitinsubstanz, d. h. solche, die gerade den wesentlichen Charakter des Chitins noch nicht erlangt hat, damit verglichen werden. Dass ein dem Chitin nahe stehender Körper die Grundlage der Fasern abgibt, kann immerhin zugegeben werden. Was die histologische Bedeutung angeht, so ist zu erwägen, dass keinerlei Zellgebilde oder Fortsätze von solchen innerhalb der „Hornfäden“ vorkommen, dass sie also kein Gewebe in histologischem Sinne vorstellen, so wenig als andere abgesonderte Theile, in denen weder Zellen, noch Ausläufer von Zellen vorkommen, z. B. die Schalen von Mollusken u. s. w. Es gehören die Fasern vielmehr zu den Cuticularbildungen, die nur der Intercellularsubstanz des Bindegewebes vergleichbar sind. Insoferne die „Hornfäden“ endlich den „Flossenstrahlen der Knochenfische“ entsprechen sollen, so besteht allerdings in der Localität des Vorkommens und in der Art des ersten Auftretens jener Strahlen einige Aehnlichkeit. Der Unterschied wird aber dadurch gebildet, dass auch die stärksten jener Fäden keine sie durchsetzenden Canälchen aufweisen, und dass sie bei den Selachiern immer in mehrfachen Lagen, die stärksten zu innerst, die feineren nach aussen vorkommen (Vergl. Taf. VIII. Fig. 12. u. 13.), welche Schichtung bei den Knochenstrahlen niemals sich findet. Wenn die Hornfäden auch die Knochenstrahlen functionell ersetzende Gebilde sind, so bestehen beide Gebilde doch bis jetzt ohne alle Vermittelung, und die Hornfäden können als Vorläufer der knöchernen Radien betrachtet werden, welche schwinden, wenn

als jene von Owen gegebene Deutung ist das was Bruch in dieser Hinsicht geäußert hat, indem er sie mit den Strahlen des secundären Flossenskelets vergleicht.

Das gesammte Skelet der Brustflosse theile ich nach den drei Basalstücken in drei Abschnitte, und unterscheide ein Propterygium, Mesopterygium und Metapterygium, von denen jedes aus einem Basalstücke und den daransitzenden knorpeligen Radien besteht. Das Propterygium nimmt den vorderen äussern Abschnitt des Flossenskeletes ein, das Mesopterygium folgt darauf, und das Metapterygium bildet den hintern, inneren Abschnitt, wenn man sich die Flosse in horizontaler Lagerung denkt.

Bei den Notidaniden sind alle drei Abschnitte vorhanden, allein das Propterygium ist verkümmert, indem es nur durch ein Basalstück bei Heptanchus dargestellt wird (Taf. IX. Fig. 2. p.). Bei Hexanchus sitzt diesem noch ein besonderes Stückchen (Fig. 1. p') an, welches als ein rudimentärer Strahl zu deuten ist. Das basale Mesopterygium (ms) ist in beiden Gattungen von ansehnlicher Breite und bildet mit den ihm angefügten Radien die Hälfte des Flossenskelets. Die Zahl der Radien beläuft sich auf elf. Sie sind je in drei bis zu sieben Stücken gegliedert, von denen einige der oberen Reihe paarweise verschmolzen sind. Bei Heptanchus zeigen die drei ersten Paare dieses Verhalten, bei Hexanchus das letzte Paar. Einzelne Folgen von Gliedern der Radien treten aus der Längsreihe in eine Anordnung von Querreihen zusammen, und zeigen so, wie Abschnitte von Längsreihen durch ungleichartige Verbreiterung zu sechseitigen Platten die Einrichtung compliciren können. Es ist aber sowohl bei Hexanchus als Heptanchus nachweisbar (Vergl. Figg. 1. u. 2.), dass diese Platten nur modificirte Gliedstücke sind. Die beweisenden Uebergänge sind leicht zu finden, worüber die Abbildungen zu vergleichen sind. Am Metapterygium hat das Basalstück eine Gliederung in zwei Abschnitte erfahren. Ich sehe nämlich die zwei am medialen Rande der Basis vorhandenen Stücke als Theile eines einzigen an, denn bei allen übrigen Selachiern werden sie durch Ein Stück repräsentirt. Wie die Strahlen Längsgliederungen

---

die knochernen Bildungen an ihre Stelle treten — Bei den Teleostiern erhalten sich diese „Hornfäden“ nur in der „Fettflosse“, wo ihrer Joh. Müller (Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoiden S. 185.) als ungegliederter Fäden gedenkt, die aus zahlreichen feinen, mit einander verklebten Fasern bestehen. Ich habe sie bei Salmo und Pimelodus untersucht, und finde bei letzterm gleichfalls mehrfache Lagen derselben. Bei Behandlung mit Alkalien quellen sie rascher auf, als die Hornfäden der Selachier, mit denen sie von Leydig gewiss mit Recht zusammengestellt wurden. Das Vorkommen solcher Fäden bei Teleostiern weist auf Zustände, die mit Selachiern verwandt sind, und ist um so wichtiger, als die Fettflosse gerade in der Abtheilung der Physostomi sich findet, die auch durch die übrige Organisation am wenigsten weit von einem den Knochenfischen gemeinsamen Ausgangspuncte sich entfernt haben

eingehen können, so scheint das hier auch für die Basalstücke sich zu treffen. Am lateralen Rande und am distalen Ende trägt das verbreiterte Basale des Metapterygium bei Hexanchus 15, bei Heptanchus 16 Strahlen, die in 2—5 Stücke gegliedert sind. Die Bildung von Platten kommt an diesem Abschnitte nicht mehr vor. Dagegen findet sich wieder die Ordnung in Querreihen und die dichotomische Theilung von Radien. Die letztere ist namentlich am medialen Abschnitte entwickelt. Ein breiteres Stück trägt immer zwei schmalere. Es kommt dabei eine Bildung zum Vorschein, die sich so ausnimmt, als ob die Beziehung des basalen Metapterygium zu den Radien durch seinem Ende angefügte Stücke (mt') sich fortsetze. Die Vergleichung von Hexanchus mit Heptanchus ist in dieser Hinsicht sehr instructiv. Bei Heptanchus sind am Ende des Basale drei in je zwei Strahlen auslaufende Stücke vorhanden, davon das mittelste sich zwischen die beiden andern zugespitzt einschiebt. Alle drei erscheinen als Anhänge des Basale. Bei Hexanchus ist das mittlere nicht nur in diesem Zustande, sondern schiebt sich in eine Einbuchtung des medialen am Basale sitzenden Gliedes, ist also in Abhängigkeit von diesem, welches damit zu einem strahltragenden Stücke wird. Da dieses Verhalten bei andern Selachiern noch mehr ausgeprägt ist, so muss hier, wo sich die Anfänge zeigen, davon Notiz genommen werden.

Bei *Acanthias*\*) sind wieder die drei Abschnitte der Flosse entwickelt. Das Basalstück des Mesopterygium bildet eine Pfanne für den Gelenkkopf des Schultergürtels. Das basale Propterygium ist an einer Leiste des Schulterknorpels befestigt. Das Metapterygium besitzt nur ganz geringe Beziehungen zum Schultergelenke. Am Propterygium ist nur Ein Radius vorhanden. Am Mesopterygium finden sich sechs Strahlen am Basale, wozu noch vier kommen, die an einem diesem angefügten Randstücke (Fig. 4. mt') sitzen. Ein drittes, dem vorigen angefügtes Stück trägt wieder einige Strahlenrudimente. Die meisten Strahlen sind dreigliedrig, einige zweigliedrig, andere ungegliedert. Die Gliederung bildet schräge Querreihen.

In der Form der Basalia stimmt *Heterodontus* (Fig. 3.) mit *Acanthias* überein. Das Propterygium fehlt gänzlich. Meso- und Metapterygium sind ansehnliche Stücke. Das letztere nimmt keinen Theil an der Verbindung mit dem Schultergürtel. Eine Anzahl von Radien des Mesopterygium sind in breite polygonale Platten umgewandelt. Es ist ersichtlich, dass eine dieser Platten aus den Gliedern dreier Radien zusammengesetzt ist. Es kommen so diesem Abschnitte mindestens sieben Radien zu. Das Metapterygium trägt acht Radien, davon die proximalen Stücke von drei Paaren verschmolzen sind. Einige Radien sind peripherisch ge-

---

\*) Eine Abbildung hat Owen, Lectures P. I. S. 128. gegeben; sie ist nicht ganz genau; richtiger ist die Molin von gelieferte (l. c. Tab. III. Fig. 6.).

theilt, so dass fünfzehn Endstücke dem Metapterygium zukommen, eine Zahl, die an die Verhältnisse der Notidaniden sich anfügt.

Bei *Carcharias* (Fig. 5.) sind die drei Basalstücke vorhanden, das dritte ist wie bei *Galeus* (Fig. 6.) sehr lang. In beiden Gattungen ist Pro- und Mesopterygium nur wenig entwickelt, und der grösste Theil der Strahlen sitzt am lateralen Rande des Basalstücks vom Metapterygium. Die Strahlen des Meso- und Metapterygium sind bei *Carcharias* (*C. glaucus*), wie bei *Galeus*, dreigliederig, bei ersterer Gattung ist das distale Glied von ausserordentlicher Länge. Aehnlich verhält sich *Alopias* und *Carcharias Milberti* nach Molin. Hier trifft sich noch eine Verbreiterung der Enden dieser Glieder. Verschmelzungen von Gliedstücken zu breiten Platten sind wie bei *Heterodontus* nur am Vorderrande der Flosse vorhanden. Im Metapterygium setzt sich das Basale in ein radientragendes Randstück fort (Fig. 5. 6. mt').

Die Bedeutung, welche das Metapterygium in den letzt angeführten Fällen gewonnen hat, findet sich auch noch bei den Scyllien. Das Metapterygium ist bei *Pristiurus* ähnlich wie bei *Carcharias* und *Galeus* mit einem langen Basalstücke versehen, dem sich ein zweites Randstück (Fig 7. mt') anfügt. Beide tragen Radien, die ersten sind dreigliederig, dann folgen zweigliederige, und ungegliederte schliessen ab. Die Radien des Propterygiums sind in Platten verschmolzen, ebenso bei *Scyllium* (Fig. 8. p.) und in beiden Gattungen sind auch einige der proximalen Glieder des Mesopterygiums in eine grosse, bei *Scyllium* noch theilweise (am distalen Rande) getrennte Platte eingegangen. Auch die peripherischen Stücke des Mesopterygiums stellen hier Platten vor.

Das Flossenskelet der *Musteli* ist nur wenig von dem der Scyllien verschieden.

Die Reduction des Pro- und Mesopterygium, wie sie durch geringe Grösse der betreffenden Basalia, durch Verschmelzung von Radiengliedern in Platten bei *Scyllium* und *Pristiurus* ausgedrückt war, verleiht dem Metapterygium ein Uebergewicht in der Flosse. Dadurch wird der Uebergang vermittelt zu dem Flossenskelete von *Seymnus* (Fig. 9.), das nur durch das Metapterygium der übrigen Haie gebildet wird. Es besteht nur Ein Basale, in Form dem des Metapterygiums der Notidaniden gleich. Es kann nicht aus einer Verschmelzung mehrerer Basalia abgeleitet werden, denn diese Erscheinung ist erstlich nirgends beobachtet, und zweitens ist dafür auch bei *Seymnus* keine leitende Spur vorhanden. Dies einzige Basale trägt zwölf Radien, deren proximale Glieder theilweise verschmolzen sind. Fünf Radien sind noch an einem besonderen Randstücke befestigt.

Wie bei *Seymnus* eine Schwankung des Banes nach einem Extrem sich macht, so trifft man einen Uebergang in ein anderes Extrem durch die Entwicklung des Pro- und Mesopterygiums bei *Squatina* (Fig. 10.). Pro- und Mesoptery-

gium besitzen eine grössere Anzahl von Radien an den Basalstücken. Einige Glieder der Radien des Propterygium und Mesopterygium sind in eine Platte verschmolzen, aber dennoch trägt das Basalstück des letzteren noch zwölf einzelne Radien. Das Metapterygium ist aber auch hier noch der ansehnlichste Theil der Flosse. Das lange und breite Basale setzt sich in eine Reihe von allmählich kleiner werdenden und gleichfalls Radien tragenden Stücken fort (Vergl. Fig. 10. mt'), so dass der mediale Rand dieses Abschnittes im Ganzen von 9 einzelnen Stücken eingenommen wird. Das nähere Verhalten dieses durch fortgesetzte Dichotomie der Gliedstücke ausgezeichneten Endtheiles des Metapterygium ist aus der Abbildung zu ersehen\*).

Durch die Ausdehnung des Propterygiums nach vorne, sowie des Metapterygiums nach hinten, bildet Squatina eine Uebergangsform zu den Rochen. Die drei Basalstücke sind auch in der Brustflosse dieser Abtheilung nachweisbar. Das Basale des Propterygiums ist am kürzesten bei Torpedo (Fig. 12.)\*\*); ihm folgen aber vier nicht unansehnliche, am Aussenrande gleichfalls Radien tragende Randstücke, die bei Rhinobatus, Trygon, Raja und Myliobates bei ansehnlich verlängertem Basale kürzer sind.

Das Mesopterygium bildet den unansehnlichsten Abschnitt des Flossenskeletes der Rochen. Sein Basale ist bei Torpedo schmal und schwach nach vorne gekrümmt, bei den anderen erwähnten Gattungen etwas verbreitert. Am Metapterygium, das bei Torpedo und noch mehr bei Narcine\*\*\*) einen verhältnissmässig kleinen Theil der Flosse darstellt, folgt auf das Basale eine bei den einzelnen Gattungen verschiedene Anzahl von Randstücken, die immer in einen durch Dichotomie ausgezeichneten Endabschnitt übergehen. Es ist dieses Verhalten zwar auch am Ende der übrigen Radien wahrzunehmen, aber an besagter Stelle ist die Einrichtung durch das Vorkommen kürzerer Stücke ausgezeichnet, die ähnlich wie bei Squatina sich darstellen.

In dem Verhalten der Flosse zum Schultergürtel tritt bei Rhinobatus, Raja und Myliobates eine Eigenthümlichkeit auf, indem hier die Basalia nicht mehr die einzigen Verbindungsstücke darstellen. Das Basale des Meso- und Metapterygium

\*) Von Molin ist dieser und auch der Vordertheil der Flosse wenig richtig dargestellt (Op. cit. Tab. IX. Fig. 1).

\*\*\*) Zu vergleichen ist auch die von Mettenheimer gegebene Abbildung (Op. cit. Tab. II. Fig. 14.).

\*\*\*) Nach Henle (Ueber Narcine, eine neue Gattung nicht elektrischer Rochen. Berlin, 1834. Taf. IV. Fig. 1). Die ausserordentlich geringe Entwicklung des Metapterygiums kann hier damit in Zusammenhang gebracht werden, dass der gelenktragende Theil des Schultergürtels sich sehr weit nach hinten erstreckt.

sind auseinander gerückt, und lassen so eine Anzahl von Radien direct mit dem Schultergürtel sich verbinden. Es ist nicht ganz bestimmt zu sagen, ob diese Einrichtung durch eine Verkürzung eines der diese Lücke in der Reihe der Basalia begrenzenden Stücke zu Stande kam, oder als die Folge einer Streckung der Articulationsstelle des Schultergürtels anzusehen ist. Die Vergleichung dieser Stelle aus den aufgeführten Gattungen zeigt sie beträchtlich länger als in jenen Fällen, wo nur die drei Basalia in das Schultergelenk eingehen. Das möchte für die letztere Annahme sprechen. Da die Ausdehnung der Articulationslinie nach hinten zu stattfindet, wie aus der Untersuchung des Schultergürtels hervorging, so werden die in die Basalreihe eingetretenen Radien dem Metapterygium zugehören. Das Basale des letztern ist das weiter nach hinten gerückte Stück (Vergl. Trygon Fig. 11. und Raja Fig. 13.). Bei Rhinobatus und Raja (Fig. 13.) finde ich vier bis fünf Radien zwischen dem Basale des Mesopterygium und jenem des Metapterygium vortreten. Bei Myliobates (Fig. 14.) geht aus demselben Verhalten eine Modification hervor. Nach dem Basale des Mesopterygium tritt ein Radius in die Articulationslinie vor, darauf folgt ein plattes viereckiges Knorpelstück, welches vier Radien trägt, dann ein ähnliches breiteres mit fünf bis sechs Radien, und erst an dieses schliesst sich das Basale des Metapterygium an. Es sind also hier gegen 11 Radien vorhanden, die keinem der drei typischen Basalstücke verbunden sind. Die anscheinende Vermehrung der Basalia von drei auf fünf darf nicht durch das Auftreten absolut neuer Theile erklärt werden, denn jene zwei überzähligen Stücke sind offenbar nichts anderes, als mit einander verschmolzene Gliedstücke von Radien. Bei den Haien ist die Verschmelzung von solchen Radialgliedern in der ersten Reihe keine Seltenheit, sie lässt sich in allen Stadien beobachten, wie eine Beachtung und Vergleichung der von mir gegebenen Abbildungen in den Figg. 1, 2, 3, 7, 8, 9 lehren mag. Auch bei Myliobates erkennt man noch am zweiten Stücke deutlich, dass es aus der Quere nach verbundenen Radialgliedern besteht. Es ist also das Verhalten bei Myliobates auf das von Rhinobatus und Raja zurückführbar, und eine Differenz beruht nur darauf, dass zwischen den Basalien des Meso- und Metapterygium eine grössere Anzahl von Radien zum Schultergürtel hervortritt, und dass von diesen eine Anzahl von Gliedern in zwei Platten verschmelzen. Diese Platten sind aber eben durch ihre Abstammung den Basalien fremd, und können uur functionell mit ihnen verglichen werden.

In der That, dass auch peripherische Elemente wie die Radien in die Basalreihe eintreten, und so dem Schultergürtel sich unmittelbar verbinden können, liegt das Fundament für die Erklärung der Brustflosse der Teleostier, wie von den Ganoïden aus nachgewiesen werden soll.

## Chimären.

Das Knorpelskelet der Brustflosse wird gewöhnlich dem der Selachier ähnlich angegeben \*). Nach Stannius \*\*) sollen nur zwei Basalstücke vorkommen, indem dem Schultergürtel „nur zwei ossa carpi“ unmittelbar eingelenkt sind. Das ist auch richtig, allein es bestehen dennoch die drei Basalien der Selachier, und zwar in einem schon bei diesen angebahnten Lagerungsverhältnisse. Das Propterygium wird nur durch das Basalstück repräsentirt (Taf. IX. Fig. 15. p.). Es bildet den grösseren Theil der Articulationsfläche gegen den Schultergürtel und legt sich so über den ganzen medialen Rand des Basale der Mesopterygiums und über einen Theil des Basale des Metapterygiums, so dass nur das letztere noch zur Gelenkverbindung gelangt. Das Basale (Fig. 15. ms.) des Mesopterygium, welches somit von dem Schultergelenke ausgeschlossen ist, trägt nur zwei Radien. Der bei weitem grösste Theil des Flossenskelets wird somit nur vom Metapterygium gebildet, dessen Basalstück sich jenem von *Carcharias* und *Galeus* ähnlich verhält (Vergl. Figg. 5. und 6.). Es trägt drei- bis fünffach gegliederte, peripherisch ähnlich wie bei den Scyllien verbreiterte Radien, deren proximale Glieder gleichfalls Verschmelzungen aufweisen. So sind die proximalen Glieder der ersten fünf Radien in ein Stück verschmolzen, dem folgen drei Stücke, die aus je zwei Gliedern bestehen. Das Ende des Metapterygium zeigt sich gleichfalls im Anschluss an die Haie.

Nachdem der grösste Theil der Flosse nur in den für die vorliegenden Untersuchungen nicht verwertbaren Einzelheiten der Radienfügung von jener der Haie abweicht, diese Verschiedenheiten aber nicht beträchtlicher sind, als die innerhalb der Haie selbst stattfindenden, so wird durch die Lagerung der Basalia die wichtigste Differenz gebildet. Aber auch diese gleicht sich aus durch die Beachtung des ersten Basale bei den Notidaniden. Hier (Fig. 1. u. 2.) bildet es nur einen kleinen Theil des lateralen Randes des Flossenskelets, indem es sich quer vor das Basale des Mesopterygiums hinlagert. Wenn diese Beziehung noch weiter entwickelt wäre, so würde sie unmittelbar in das Verhalten bei Chimära hinüberleiten, indem das genannte Basale das Mesopterygium von dem Schultergelenk vollständig ausschliessen würde.

Das Flossenskelet von *Chimaera* zeigt somit auch durch das letztberücksichtigte Verhalten viel eher eine Annäherung an den Bau der Haiflosse, als eine Ent-

\*) Die von Rosenthal (Ichthyotomische Tafeln. 2. Auflage. Berlin, 1839. Taf. 27.) gegebene Darstellung scheint nach einem trockenen Präparate gefertigt zu sein, und entspricht sehr wenig der Natur.

\*\*) Zootomie der Fische. S. 89.

fernung von derselben; aber als Eigenthümlichkeit muss ihm der Umstand zuerkannt werden, dass es eine Reihe von Verhältnissen in sich vereinigt, die bei den Selachiern auf verschiedene Gattungen vertheilt sind.

### D i p n o i.

Durch Bischoff, Owen und Hyrtl ist die Brustflosse der Dipnoï als ein einfacher, gegliederter Knorpelfaden kund geworden, dessen erstes Glied nach Bischoff eine von den übrigen abweichende Gestalt besitzt. Eine wesentliche Erweiterung dieser Angaben lieferte Peters\*) (für Rhinocryptis), indem er an dem gegliederten Knorpelfaden noch eine Längsreihe kleiner Knorpelchen nachwies, über denen noch feine Fäden, den „Hornfäden“ der Haie ähnlich, vorkommen. Durch diese Anhänge des Knorpelfadens wird der von ihm ausgehende hautartige Saum gestützt.

Eine Vergleichung dieser gemeinhin als Verkümmernng der Brustflosse aufgefassten Bildung ist nur insoweit ausgesprochen worden, als man die ganze Flosse als einen einzigen Strahl ansah\*\*). Als Flossenstrahlen sind aber die verschiedensten Theile bezeichnet worden, wie bei den Ganoïden erörtert wird. Da durch die knorpelige Beschaffenheit des Hauptfadens wie der secundären Anhänge zunächst die Vergleichung mit den knöchernen Strahlen der Ganoïden und Teleostier ausgeschlossen bleiben muss, so werden nur die „Knorpelstrahlen“ der Selachier in Betracht kommen können. Diese bestehen nur zwar gleichfalls häufig aus einer grösseren Anzahl von Gliedern, zeigen aber niemals einen Besatz von secundären Knorpelstückchen, denn die besonders an den Strahlen der Rochenflosse häufige Dichotomie kann gewiss nicht hieher bezogen werden.

Indem man das Wesentliche im Flossenbaue der Dipnoï in der Aufeinanderfolge von Knorpelstücken erkennt, denen seitlich kleinere, stäbchenförmige Knorpelchen ansitzen, wird man von der Vergleichung mit den Radien der Selachierflosse absehen müssen. Man findet aber jene Einrichtung dennoch in der Selachierflosse gegeben und zwar in der Verlängerung der Basalstücke und der daran sichfügenden Randstücke des Pro- oder des Metapterygium.

Die Richtung des Knorpelfadens der Dipnoï wird auf das Metapterygium führen. Wenn man das Basale dieses Abschnittes z. B. bei Myliobates (Vergl.

\*) Archiv f. Anatomie und Physiol. 1845. S. 2.

\*\*\*) Owen, der bekanntlich den Extremitätengürtel als Homologon der unteren Bogenbildungen des Armskeletes betrachtet, findet hier die elementarste Form der typischen Anhänge (diverging appendage) jener Bogen, wobei freilich von den durch Peters entdeckten Knorpelstrahlen keine Notiz genommen wird. (On the nature of limbs. London, 1849. S. 65)

Fig. 14. mt.) in eine grössere Anzahl kleinerer Knorpelstückchen gegliedert sich vorstellt, unter Vermehrung der es nach hinten zu fortsetzenden Randstücke (mt'), so erhält man den gegliederten Knorpelfaden der Dipnoiflosse. Die von Peters aufgefundenen secundären Knorpelchen werden dann den Radien entsprechen, oder vielmehr der ersten Gliedreihe derselben, während die übrigen bei den Rochen vielfach vorhandenen Glieder hier verkümmert sind. So ist es möglich, zu einer Einsicht in den morphologischen Werth der sonst ganz unverständlichen Flossenbildung zu gelangen. Ob nur das erste Stück einem Basale entspricht, und alle folgenden aus einer Vermehrung der bei den Haien nur in geringer Anzahl, bei den Rochen schon reichlicher vorhandenen Randstücke abzuleiten sind, ist nicht zu entscheiden, denn die bei den Notidaniden vorhandene Theilung des Basale, die für erstere Annahme sprechen könnte, wird durch die gleichfalls zu beobachtende Verkürzung des Basale (bei Torpedo), dann durch das Vorkommen einer beträchtlichen Vermehrung der terminalen Randstücke (bei Myliobates) aufgewogen. Es scheint mir auch hierauf viel weniger anzukommen, als auf die Vergleichung mit dem ganzen Metapterygium, die nicht beanstandet werden kann.

Wenn man beachtet hat, wie gerade dieser Abschnitt des Flossenskelets bei Selachiern und Chimären durch eine grössere Formbeständigkeit sich auszeichnet, ferner bei der Mehrzahl der Haie und bei Chimaera den Haupttheil der Flosse bildet, bei Scymnus sogar ausschliesslich, so wird man die gegebene Deutung gewiss für begründet halten, und dem Flossenskelet der Dipnoï eine engere, und zwar ganz bestimmte Beziehung zum Skelete der Selachierflosse zugestehen. Dabei ist das Vorkommen von den „Hornfäden“ der Haie ähnlichen Gebilden gleichfalls mit in Anschlag zu bringen.

#### G a n o ï d e n.

Die Theile, welche in dieser Abtheilung die Brustflosse zusammensetzen, bestehen theils aus knorpeligen Stücken, welche ganz oder theilweise verknöchern, theils werden sie aus knöchernen, niemals knorpelig vorgebildeten Stücken zusammengesetzt. Die letzteren stellen die sogenannten „Strahlen“ der Flosse vor. Es ist das Verdienst von Bruch\*) bei der ähnlich zusammengesetzten Telcostierflosse zuerst hervorgehoben zu haben, dass beiderlei Skelettheile scharf geschieden werden müssen, indem nur die ersteren mit dem Extremitätenskelet der Wirbelthiere (nach Bruch mit dem Skelete der Hand) vergleichbar seien, während die letzteren Hautknochen vorstellten. Diese Auffassung hat auch auf die Ganoïden ihre Anwendung, und ich folge Bruch, indem ich auch hier ein primäres und secundäres Flossen-

\*) Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. XI.

skelet unterscheide, nicht aber in der Vergleichung der Theile, in der ich zu ganz anderen Resultaten geführt werde.

Von allen Ganoïden findet sich bei *Polypterus* in dem Vorhandensein aller drei Abschnitte der Selachierflosse eine engere Beziehung zu jenen. Wie durch Agassiz, Joh. Müller und Mettenheimer bekannt ist, fügt sich die Brustflosse mit zwei wie Röhrenknochen gestalteten Stücken an den Schultergürtel. Diese zwei an den Enden noch knorpeligen Knochen fassen eine dreieckige Knorpelplatte, in der eine rundliche Ossification sich findet, zwischen sich. Es sind die drei Carpusstücke der Autoren. Joh. Müller\*) betrachtete sie als Mittelhandknochen, und verlegte den Carpus in den Schultergürtel. Ich vergleiche diese Stücke den Basalien der Selachier und der Chimaera, und unterscheide sie mit dem darangefügten Abschnitte von Radien als Pro-, Meso- und Metapterygium (Taf. VIII. Fig. 6.). Eine Eigenthümlichkeit ist die ansehnliche Entwicklung des Mesopterygium.

Das Basale dieses Abschnittes theilt die Ausschliessung vom Gelenke, indem das erste und dritte Basale sich vor ihm vereinigen, mit der Flosse von Chimaera. Sein breiter Rand trägt 16 Radien, die nur an den Enden knorpelig sind und sich ähnlich den Radiengliedern der Rochen gestaltet zeigen. Am distalen Ende dieser Reihe von Radiengliedern folgt eine Reihe von kleinen Knorpelchen (Taf. VIII. Fig. 6 r'), welche zahlreicher sind als die Glieder der ersten Reihe, somit, wenigstens theilweise, nach der Erscheinung der Dichotomie beurtheilt werden müssen. Diese zweite Reihe wird vom secundären Flossenskelete bedeckt und ist den früheren Untersuchern entgangen. Am Propterygium folgt auf das Basale nur ein einziges längeres Knorpelstück, und ebenso verhält sich das Metapterygium. Dagegen kommt letzterem noch ein Radius zu, der mit denen des Mesopterygium in einer Reihe liegt, und gleichfalls ein zweites Glied trägt.

Die übrigen Ganoïden schliessen sich sämmtlich enger aneinander, als an *Polypterus*, lassen jedoch, von den Stören her, ihr Flossenskelet gleichfalls aus dem der Selachier erklären\*\*).

Bei *Accipenser* ist das primäre Flossenskelet nächst *Polypterus* am reichsten entwickelt. Was Mettenheimer von *A. ruthenus* vorgeführt hat, ist nur ein kleiner Theil von den Stücken, die ich bei *A. sturio* finde. Es articuliren hier fünf Knorpelstücke mit dem Schultergürtel. Das mediane Stück (Taf. VIII. Fig. 2. mt.) verbreitert sich und trägt zwei gegliederte und dichotomirte Radien. Es schliesst

\*) Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoïden. S. 210.

\*\*.) Die bedeutende Differenz im Baue des Flossenskelets der Ganoïdei holostei entspricht vollständig der auch an andern Skelettheilen, wie z. B. am Schädel sich zeigenden Verschiedenheit, und bekräftigt die bereits von Joh. Müller ausgesprochene Ansicht, dass in jener Abtheilung der Ganoïden sehr weit von einander sich entfernende Formen vereinigt sind.

ab mit einem wiederum zwei gegliederte Stücke tragenden Randstücke (mt'). Im Ganzen besteht dieser Abschnitt aus 14 discreten Knorpeln. Das zweite, dritte und vierte Stück ist schmaler als das vorerwähnte. Das eine ist einmal einfach und einmal dichotomisch gegliedert, das andere (3) zweimal einfach, und das dritte (4) einmal. Das fünfte Stück (5) der Flossenbasis ist an seinem Gelenkende das breiteste, es verjüngt sich rasch in die Flosse hinein, und trägt an schräger Endfläche ein anderes Stück. Es wird vom knöchernen Randstrahl (R) der Flosse (dem fünften Finger nach Mettenheimer) umschlossen, so dass nur die knorpelige Basalfläche und die dem vierten Knorpelstücke zugekehrte Seite von Knochen frei ist. Der knöcherne Randstrahl verhält sich zu dem fünften Knorpelstücke der Flossenbasis wie ein Deckknochen, und tritt dadurch in directe Beziehung zum Schultergürtel, während die übrigen Knochenstrahlen keine solchen Verbindungen mit den Knorpeln der Flosse eingehen, und ihr Verhältniss als reine Hautknochen fortbestehen lassen.

Bei der Vergleichung des knorpeligen Theils der Flosse von *Accipenser* mit der Selachierflosse tritt zunächst hervor, dass eine grössere Zahl von Knorpeln, als dort die Regel ist, die Verbindung mit dem Schultergürtel vermittelt. An der Stelle der drei Basalien, die bei Selachiern und noch bei *Polypterus* sich finden, trifft man beim Stör fünf Stücke. Von diesen kann aber nur in Einem der Charakter eines Basale wieder erkannt werden. Es ist dieses das am Innenrand der Flosse liegende in Figur 2. mit mt bezeichnete Stück, in welchem man das dritte Basale erkennen wird. Es wird also mit dem ganzen darangefügten Abschnitt des Flossenskelets dem *Metapterygium* der Selachier entsprechen. Das Basale ist zwar viel kleiner als selbst bei den Haien, allein seine Verbindung mit gegliederten Radien und das nähere Verhalten dieser letzteren stellt die Vergleichung sicher. Ich verweise auf die Flosse der *Notidaniden*, besonders auf jene von *Hexanchus* (Taf. IX. Fig. 1.), an welcher das *Metapterygium* ein ganz ähnliches Verhalten bietet. Die geringere Ausdehnung des Basale, die sehr geminderte Zahl und Länge der Radien des *Metapterygium* beim Stör weisen nur auf eine Reduction im Verhältnisse zu den Selachiern, nicht aber darauf, dass etwas principiell Neues vorhanden sei. Zudem sind Zahl- und Volumverhältnisse der Einzelstücke auch in der Selachierflosse sehr mannichfaltigen Schwankungen unterworfen, ohne dass deshalb die Uebereinstimmung des Baues zu verkennen wäre. Von den folgenden drei Knorpeln ist keiner mehr einem Basalstück der Selachier vergleichbar. Sie verhalten sich vielmehr sämmtlich als Radien, und müssen den Radien verglichen werden, welche bei Rochen (*Raja*, *Rhinobatus*) unmittelbar zum Schultergelenke treten. Es combiniren sich also hier Zustände, die bei den Selachiern auf zwei verschiedene Abtheilungen vertheilt sind. Was das vom äusseren Knochenstrahl umschlossene Stück angeht,

so könnte es, ungeachtet seines grösseren Dickedurchmessers, gleichfalls als Radius erscheinen, und es würde der Störflosse demnach das ganze Pro- und Mesopterygium abgehen, da die selbständig zum Schultergürtel gelangenden Radien dem Metapterygium zugehören. Ich glaube aber dennoch, in jenem fünften Knorpel (Fig. 2. ms.) ein Basale und zwar jenes des Mesopterygium der Selaehier nachweisen zu können. Das ihm ausitzende terminale Knorpelstück erscheint nämlich nicht als eine einfache Abgliederung, sondern verbindet sich schräg mit ihm. Es ist hier eine auffallende Verschiedenheit von den Verbindungen der Glieder der andern Stücke (2—4). Wenn auch dadurch der Werth dieser Theile noch zweifelhaft bleiben mag, so wird bei *Polyodon* die gegebene Deutung zur Gewissheit, wie weiter unten dargestellt werden soll. Bei *Accipenser rhynchaeus* (Fig. 3.) stimmen die Zahlenverhältnisse der in der Flossenbasis liegenden Knorpel mit *A. Sturio* überein. Das Metapterygium (mt.) zeigt sich in einem andern Verhalten: das Basale trägt vier Radien, von deren Ende kleinere Knorpelchen abgegliedert sind, und endigt selbst mit vier Knorpelstücken. Im Zusammenhalte mit der bei *A. Sturio* nachgewiesenen Anordnung treten die Vergleichungspuncte des Metapterygium der Sturionen und Selaehier noch schärfer hervor. Die folgenden drei Stücke (2—4) sind wieder Radien wie bei *A. Sturio*. Es sind ihren Enden nur einfache Knorpelchen abgegliedert. Das fünfte Stück (ms.) der Basalreihe ist ebenfalls von starkem Knochenstrahl umschlossen, und trägt wieder ein Radienrudiment.

Die Basalreihe von *Polyodon* (Fig. 4.) weist nur vier Stücke auf. Das Metapterygium ist auch hier unterscheidbar, dann folgen zwei Radien, und darauf das Basale (ms.) des Mesopterygium, das hier noch ansehnlicher ist, als bei *Accipenser*. Es gibt sich zugleich hier auf's deutlichste zu erkennen, dass am Mesopterygium (Fig. 4. ms.) ein Radius vorhanden ist, eben jener Knorpel (r), der bei *Accipenser* leicht als eine blosse Abgliederung eines Radius genommen werden könnte. Dieser fügt sich hier nicht an's Ende, sondern an den medialen Rand des genannten Basale, und zeigt bei einer Vergleichung mit *Accipenser*, dass die dort vorhandene schräge Verbindungsebene nicht bedeutungslos ist.

Wenn man sich das Flossenskelet der Ganoidei chondrostei aus dem der Selaehier erklärt hat, ist es nicht schwer, auch das von *Amia* und *Lepidosteus* zu verstehen. Bei *Amia* (Fig. 7.) besteht es aus einem, mit breiter Basalkante dem Schultergürtel angehefteten Knorpel (mt.), der zugespitzt ausläuft, und am Ende drei kleine Knorpelchen trägt, während sein lateraler Rand sich mit sechs wie Röhrenknochen gestalteten Stücken verbindet. Diese sind nur an beiden Enden noch knorpelig. Ihre Mittelstücke sind ossificirt. Jedes dieser Stücke, die um so kürzer werden, je weiter sie nach hinten an dem grösseren Knorpel (mt.) sitzen, ist am distalen Ende mit 1—2 kleinen Knorpeln verbunden. Ich erkenne in diesem, bei weitem

den grössten Theil des Flossenskelets bildenden Theile wieder das Metapterygium. Der Knorpel stellt das Basale vor, die ihm ansitzenden Knochen sind Radien. Der nächste Theil in der Basalreihe wird von Einem Radius gebildet, der denen am Basale des Metapterygium sitzenden gleichgestaltet ist, und an den sich der äussere Knochenstrahl (R) des secundären Brustflossenskelets anschliesst. Der letztere articulirt mit einer knorpeligen Oberfläche nicht nur am Schultergürtel, sondern lehnt sich auch an den freien Radius an. Der Knorpel ist auf dem Durchschnitte des Strahls noch eine Strecke weit in den Knochen verfolgbar. Da aber der knöcherne Strahl selbst als ein Hautknochengebilde anzusehen ist, dem ursprünglich kein Knorpel zukommt, wie auch die übrigen Knochenstrahlen der Flosse an ihren Basen keinen Knorpel besitzen, so wird der Knorpel des ersten Knochenstrahls dem primären Flossenskelete angehören, und das ganze Verhalten aus den bei den Stören nachgewiesenen Thatsachen zu erklären sein. Demzufolge ist hier ein aus dem primären Flossenskelete hervorgegangenes Stück mit einem Hautstrahle verschmolzen, und dadurch wird letzterer mit dem Schultergürtel in unmittelbare Verbindung gebracht. Es dürfte hier die Frage entstehen, ob jener Knorpel wie bei den Stören, oder noch bestimmter bei Polyodon, dem Basale des Mesopterygium gleichzusetzen sei, oder ob er nur einen einfachen Radius vorstelle. Da hier zwischen jenem Stücke und dem basalen Knochenstrahle nur Ein Radius liegt, so erhält die letztere Ansicht grösseres Gewicht. Das wird aber dadurch aufgehoben, dass aus der Vergleichung von Accipenser mit Polyodon hervorgeht, wie die beiden Randstücke der Flossenbasis — das Basale des Meso- und Metapterygium — das constante, die dazwischen gelagerten, zum Schultergürtel tretenden Radien dagegen das schwankende in der Gesamteinrichtung vorstellen. Bei Accipenser treten drei, bei Polyodon nur zwei Radien in die Flossenbasis ein. Es wird also, indem auch hier bei Amia das Veränderliche in der Zahl der in die Basis gelangenden primären Radien vorausgesetzt werden darf, das vom Knochenstrahl absorbirte Stück dem von Accipenser und Polyodon entsprechen, und somit mit dem Basalstücke des Mesopterygium vergleichbar sein.

Im Flossenskelete von *Lepidosteus* (Fig. 5.) sind die sämtlichen grösseren Stücke ossificirt und nur an ihren Enden knorpelig. Es lassen sich die einzelnen Theile genau auf die bei den Stören gefundenen Verhältnisse zurückführen, indem wieder fünf Stücke in der Flossenbasis zu finden sind. Das am Innenrande der Flosse liegende entspricht wieder dem Metapterygium, indem einem dem Basale homologen Stücke zwei Radien angefügt sind. Einer davon ist sogar mit ihm verwachsen. Sowohl das Basale (Fig. 5. mt.) des Metapterygium, als die beiden ihm zugehörigen Radii, tragen an ihren distalen Enden kleine Knorpelchen, und ebenso verhalten sich drei in die Flossenbasis eingetretene Radienstücke (2, 3, 4.).

Der laterale Theil der Flossenbasis wird wieder von einem starken Knochenstrahl gebildet, der ein Knorpelstück in sich aufgenommen hat und mit diesem einen starken Gelenkkopf bildet. Indem an dem medialen Rande dieses mit dem Hautstrahle (R) verbundenen Knorpels, ganz ähnlich wie bei *Polyodon* (Vergl. Fig. 4. r.), ein zweites Knorpelstück sich findet, verlangt dieses Verhältniss die gleiche Beurtheilung wie dort, und muss also wieder auf das Rudiment eines Mesopterygium gedeutet werden. Der in den Knochenstrahl aufgenommene Knorpel repräsentirt das Basale, der zweite Knorpel einen Radius des Mesopterygium.

Das Skelet der Brustflosse der Ganoïden tritt dem Geschilderten zufolge in zwei Hauptmodificationen auf, die sich beide aus der Selachierflosse ableiten.

1) Es bestehen die drei bei den Selachiern unterschiedenen Abschnitte mit drei Basalien, von denen aber nur zwei ins Schultergelenk treten. Der Haupttheil des Flossenskeletes wird vom Mesopterygium gebildet. *Polypterus*.

2) Es fehlt das ganze Propterygium. Vom Mesopterygium besteht nur das rudimentär gewordene Basale, nebst einem (bei *Amia* fehlenden) Radienrudimente. Den Haupttheil des Flossenskeletes bildet das Metapterygium. Dessen Basale, 1—3 freie Radien und das Rudiment des Basale vom Mesopterygium gehen ins Schultergelenk ein; *Polyodon*, *Accipenser*, *Amia*, *Lepidosteus*. Der den Aussenrand der Flosse bildende Knochenstrahl verbindet sich mit dem Basale des Mesopterygium, und dadurch gelangt er zur Articulation mit dem Schultergürtel, wovon die übrigen secundären Strahlen ausgeschlossen sind. *Accipenser*, *Amia*, *Lepidosteus*.

In den basalen Abschnitt des Brustflossenskelets treten bei der zweiten Abtheilung der Ganoïden Theile sehr verschiedenen Werthes ein. Nur zwei Stücke von der bis auf fünf sich erhebenden Anzahl sind ursprüngliche Basalia (bei den Selachiern), — 1 bis 3 zwischen diese eingeschaltete sind nur frei gewordene Radien des Metapterygium, Radien, die bei den Haien nie mit dem Schultergürtel articuliren, dagegen bei den Rochen zwischen dem Basale des Meso- und Metapterygium hervortreten. Endlich kommt noch ein Element des secundären Flossenskelets hinzu, durch die erwähnte Verbindung des Knochenstrahls mit einem knorpeligen Basale.

Die Verschiedenartigkeit dieser Theile gibt sich noch bei den Stören durch die Formverhältnisse und die Art der Gliederfüng zu erkennen. Auch bei *Amia* besteht noch eine Differenz der Form und der Lagerung wie der Textur bei den genetisch verschieden gewertheten Theilen, indem das Basale des Metapterygium knorpelig bleibt, indess die ihm ansitzenden Radien verknöchern. Bei *Lepidosteus* dagegen ist dies Verhalten aufgehoben und das Basale des Metapterygium ist ebenso ossificirt und geformt wie die aus blossen Radien hervorgegangenen Stücke. Es spricht sich dadurch eine allmähliche Assimilirung der heterogenen Theile aus,

welche die Flossenbasis zusammensetzen, und damit wird vorbereitet, was bei den Teleostiern zum vollständigen Ausdruck kommt.

### T e l e o s t i e r.

Das Skelet der Brustflosse besteht hier aus zwei bis vier einzelnen, in verschiedener Beziehung gleichartig sich darstellenden Knochenstücken, die man wieder als Homologa des Carpus ansah. Nur Stannius bezeichnet sie als Metacarpus. Diese Stücke sind entweder wie Röhrenknochen gestaltet, oder sie sind an einem Ende verbreitert, oder stellen flache Platten vor, die mannichfaltigsten untergeordneten Formverhältnisse bietend. Ueber das Eintreten dieser Stücke in den Schultergürtel bei Cataphracten und bei Gobius habe ich bereits in dem ersten Abschnitte dieses Heftes berichtet (S. 126.). Ihre Zahl scheint nicht höher als vier zu gehen. Man hielt sie lange für die einzigen primären Theile des Flossenskelets, bis Bruch\*) bei *Salmo salar* und *Cyprinus carpio* hinter jenen noch eine Reihe von Knorpelchen nachwies, die beim Karpfen sogar kleine Knochenkerne enthielten. Er hat diese Knorpelstückchen mit der Mittelhand der höheren Wirbelthiere verglichen, lässt jedoch auch die Möglichkeit offen, dass sie zum Carpus gehören könnten. Ich habe diese Knorpelstücke bei einer grösseren Anzahl von Teleostiern constatirt\*\*). Bald liegen sie frei im Bindegewebe, welches die secundären Knochenstrahlen der Flosse mit der basalen Knochenreihe verbindet, bald lagern sie dicht an der Basalreihe an und stehen in gegenseitiger Berührung. Von sehr beträchtlichem Volumen finde ich sie, zwölf an der Zahl, bei *Orthogoriscus* (Taf. VIII. Fig. 1. r.), wo sie weit in die Brustflosse sich hinein erstrecken und auf der gewölbten Oberfläche des den vier Basalstücken gemeinsamen Knorpels unmittelbar articuliren. Die Bewegung der Flosse geschieht zwischen dem quergelagerten grossen Basalknorpel, der dem Schultergürtel anhaftet, und der Reihe jener in die Flosse sich erstreckender Knorpelstücke.

Eine Anordnung dieser Knorpelstücke in zwei Reihen habe ich bei Siluroïden gefunden. Bei *Silurus* (Taf. VIII. Fig. 8.) articuliren am Schultergelenke drei Knochenstücke, zu äusserst liegt der mächtige Knochenstrahl (R), der bei vielen Siluroïden am Rande gezähnelte ist, bei manchen Gattungen auch nur den einzig entwickelten Theil der Brustflosse bildet. Er articulirt bekanntlich nicht blos mit

\*) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XI. S. 165.

\*\*\*) Die besagten Knorpelstückchen finde ich bei *Barbus fluviatilis* (Taf. VIII. Fig. 10.), *Esox lucius* (Taf. VIII. Fig. 6. k.), bei *Alepocephalus rostratus* (8 an der Zahl), *Chauliodus setinotus*, *Heterotis Ehrenbergi* (4), *Lepidoleprus trachyrhynchus* (3—4), *Cepola rubescens* (16), *Centriscus scolopax* (10—12), *Gobius punctatus* (16—19), *Cottus scorpius* (8), *Balistes capriseus* (14), *Orthogoriscus mola* (12).

dem primären Schultergürtel, sondern auch mittels besonderer Fortsätze an der Clavicula. Er steht auch in Articulation mit dem folgenden in der Basalreihe liegenden Stücke (3), welches er zugleich von der Verbindung mit dem Schultergürtel ausschliesst, indem er sich über es medianwärts hinweglagert. Nach innen folgen dann zwei an einander geschmiegte Stücke (2. 1.), von denen das innerste sich gegen das distale Ende schaufelförmig verbreitert. Diese drei, mit dem grossen Knochenstrahle vier Stücke, liegen in der Basalreihe, die also, nach Abrechnung des zum secundären Flossenskelete gehörigen Strahls aus drei eigentlichen Basalstücken besteht, von denen aber nur zwei ins Schultergelenk treten. An diese drei Basalstücke fügt sich nun gleichfalls eine Reihe von Knorpelchen, die gegen die mediane Seite der Flosse zu an Grösse abnehmen. Während die am zweiten und dritten (2. 3.) Basalstücke befindlichen sich mit ihren Rändern sowohl an letztere, als auch unter sich eng verbinden, sind die dem ersten Basalstücke entsprechenden fünf bis sechs Knorpelchen rings von Bindegewebe umgeben. Eins der an das zweite Basale angefügten Knorpelstücke zeigt eine Quertheilung, und dadurch ist der Ansatz zu einer doppelten Reihenbildung gegeben.

Eine solche ist noch deutlicher bei *Pimelodus* (*P. atrarius*) (Fig. 9.) vorhanden, wo die drei Basalstücke im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie bei *Silurus* aufweisen. Das dritte Basalstück ist knorpelig. Die an diese drei Stücke sich anschliessenden vier Knorpelchen sind von einer zweiten Reihe gefolgt, die aus drei kleinen Knorpelstücken besteht (Vergl. die Abbildung). Eine Dichotomie ist in der Anordnung dieser Knorpel nicht zu verkennen, und darin ergeben sich Anschlüsse an das Flossenskelet der Störe und Selachier.

Ehe ich diese Beziehungen durch näheres Eingehen auf die Vergleichung weiter verfolge, ist es nöthig, die anatomische Unterlage etwas fester zu begründen, und dadurch vor allem den Werth der die Flossenbasis darstellenden, mit dem Schultergürtel articulirenden Stücke zu ermitteln. Wenn wir auch die in der Regel vorhandenen vier Stücke (*Carpus* der Autoren) wegen ihres im Wesentlichen gleichartigen Verhaltens auch als genetisch gleichartige ansehen, so tritt doch in den basalen Abschnitt der Flosse etwas Ungleichartiges ein, indem ein offenbar dem secundären Flossenskelet angehöriger Strahl sich mit dem Schultergürtel verbindet. Dieser Strahl ist gewöhnlich der stärkste der Brustflosse, er besitzt ein eigenes, meist sattelförmig construirtes Gelenk an dem als *Scapulare* bezeichneten Knochenstück des Schultergürtels. Es ist dies die einzige wahre Gelenkverbindung eines secundären Strahles, denn alle übrigen sind nur durch Bandmasse mit den vier Basalstücken oder den diesen angefügten Knorpeln in Verbindung. Jene Beziehung zum Schultergürtel unterscheidet den Randstrahl von allen übrigen, sowie er wiederum durch

seine Ausdehnung in die Reihe der übrigen secundären Strahlen von den vier Basalstücken verschieden ist.

Diese Eigenthümlichkeit klärt sich auf, sobald wir die Entwicklung des Flossenskelets näher betrachten. Bei *Salmo* bestehen im ausgebildeten Zustande vier längliche, an beiden Enden knorpelige Basalstücke, an welche sich lateral der starke Randstrahl schliesst. Bei Embryen von *Salmo salar* finde ich fünf knorpelige Stücke in der Flossenbasis, die von innen nach aussen an Länge ab, aber an Dicke zunehmen. Man erkennt nun durch Vergleichung späterer Stadien, wie mit der Entwicklung des secundären Flossenskelets durch die Bildung des Randstrahls das fünfte und kürzeste Knorpelstück der basalen Reihe umwachsen wird, und wie es allmählich in den Randstrahl selbst übergeht, dessen Gelenktheil es vorstellt. Es wird also hier ein dem primären Flossenskelet angehöriges Stück von dem secundären sich angeeignet. Es tritt ein Basalstück in einen Strahl des secundären Skelets über. Bei *Salmo* ist dieses Verhalten auch noch beim ausgewachsenen Thiere zu erkennen. Ich finde bei *S. salvelinus* nicht blos an der Articulationsfläche des Randstrahls noch reichlichen Knorpel, sondern es schickt auch der basale Abschnitt dieses Strahls noch einen besondern Fortsatz (Fig. 11. s') ab, der gleichfalls knorpelig in der Reihe der unteren Enden der übrigen Basalstücke, aber mit seiner Endfläche schräg gegen die Seite eines der kleinen Knorpelchen gerichtet ist. Es repräsentirt dieser Knorpelfortsatz gewiss das untere Ende des in den Randstrahl aufgenommenen Basalstückes, sowie der gegen den Schultergürtel articulirende Knorpeltheil dem oberen Ende entspricht. Bei anderen Teleostiern habe ich dieses Verhalten nicht wieder aufgefunden, dagegen ist bei ihnen wenigstens die Gelenkfläche des Randstrahles knorpelig (Fig. 10.). Bei den Siluroïden ist nur der Theil des massiven Randstrahles knorpelig, der mit dem primären Schultergürtel articulirt, woraus man schliessen kann, dass der in Gelenkverbindung mit der Clavicula tretende Fortsatz vom secundären Theile des Knochenstrahles gebildet wird. Es wird dadurch auch der secundäre Werth dieser Verbindung bestätigt.

Der Basalabschnitt des Brustflossenskeletes der Teleostier wird also im höchsten Falle aus fünf Knochenstücken gebildet, davon eines in einen Strahl des secundären Skelets aufgenommen wird, und diesem dadurch die unmittelbare Verbindung mit dem Schultergürtel gestattet. Auf diese Basalstücke folgt sehr häufig eine Reihe von kleinen Knorpeln, deren Zahl grösser ist als die der Basalstücke, und dieser Reihe schliesst sich zuweilen (bei den Siluroïden) eine theilweise vorhandene zweite Reihe an.

Die Vergleichung dieser Einrichtung mit den bei anderen Abtheilungen der Fische gesehenen Zuständen wird uns zu den Ganoïden führen. Es werden von

diesen jene, die gleichfalls fünf Stücke in der Basalreihe der Flosse zeigen, zuerst in Betracht zu ziehen sein: Accipenser, Lepidosteus,

Dass die gleiche Zahl von Basalstücken in zwei sonst so verschiedenen Abtheilungen der Ganoïden sich findet, deren Repräsentanten die Störe und Knochenhechte sind, lässt uns etwas fundamentales in jenem Zahlenverhältniss erkennen, wenn es auch aus ganz anderen Zuständen von den Selachiern her ableitbar ist. Die Uebereinstimmung der fünf Basalstücke der Teleostier mit jenen der genannten Ganoïden äussert sich zunächst in der gleichartigen Längenabnahme vom Innenrande nach aussen zu, dann in den Beziehungen des fünften Basale zum secundären Flossenskelete, endlich in der Verbindung mit kleineren Knorpelstücken gegen die Flosse zu.

Was den ersten Punct angeht, so ist es Lepidosteus, der hier sich eng an die Teleostier anschliesst, wenn man von den zwei Radien absieht, die noch dem ersten Basale (Fig. 5. mt) sich anfügen. Auch für Accipenser (*A. rhynchaeus*) erhebt sich keine Schwierigkeit. Hinsichtlich des zweiten Punctes bieten die Ganoïden das interessante Verhältniss dar, dass das bei den Teleostiern während der Entwicklung des Individuums sich vollziehende Verschmelzen des Randstrahles der Flosse mit dem fünften Basalstücke in seinen einzelnen Stadien im bleibenden Zustande nachgewiesen werden kann. Die Stadien der Entwicklungsfolge im Individuum sind hier auf verschiedene Gattungen übertragen, und die Entwicklungsreihe ist durch diese repräsentirt. So sahen wir, dass bei *Polyodon* das fünfte Basalstück noch keine Beziehungen zu einem knöchernen Randstrahl besass, während es bei *Accipenser* in einem solchen aufgenommen ist. Dabei ist es aber noch unverändert in der Form, und nur an seiner Aussenseite vom Knochenstrahl umschlossen. Bei *Lepidosteus* und *Ania* endlich war es bedeutender redueirt und nur noch am Knorpelgewebe unterscheidbar. Insofern bei den Teleostiern der Knorpelrest des Basalstücks nur noch an der Gelenkfläche des Knochenstrahles sich erhält, ist der genannte Verbindungsprocess sogar noch weiter fortgesetzt, als bei den Ganoïden, und die Selbständigkeit des fünften Basalstücks ist gründlicher vernichtet.

Hinsichtlich der bei vielen Teleostiern auf die Basalreihe folgenden Reihe kleiner Knorpel bieten die Ganoïden gleichfalls die überzeugendsten Anschlüsse dar. Es kommen diese Knorpel allen Ganoïden zu, mehrfache Reihen finden sich bei den Stören. Bei den letztern können sie als rudimentäre Gliedstücke von Strahlen des primären Flossenskelets erkannt werden.

Die Uebereinstimmung des Flossenskelets bei Ganoïden und Teleostiern lässt das der letztern in gleicher Weise wie jenes der Ganoïden deuten. Es erscheint demnach völlig gerechtfertigt, auch der Basalreihe bei den Knochenfischen das erste

Stück\*) dem Basale des Metapterygium der Selachier gleichzuhalten. Dass dieses auch für die Flosse der Siluroïden Geltung hat, erschliesse ich aus dem Umstande, dass dort dem ersten Basale eine grössere Anzahl von kleinen Knorpeln (6) folgt. Die drei folgenden Basalia der Teleostier entsprechen den mittleren Basalstücken der Stör- und Lepidosteusflosse, und sind dadurch jenen Radian homolog, die bei den Selachiern (Rochen) zwischen dem Basale des Meso- und Metapterygium zum Schultergürtel treten. Endlich ist das fünfte Basale, wiederum mit Bezugnahme auf die Ganoïden, dem Basale des Mesopterygium der Selachier gleich.

Es ist also auch das Flossenskelet der Teleostier auf das der Selachier zurückführbar, aber nicht unmittelbar, denn nur die Kenntniss des Flossenskelets der Ganoïden eröffnet den Einblick in jenen Zusammenhang. Wie wir das der Ganoïden als eine Reduction von jenem der Selachier erklären mussten, so ist das Brustflossenskelet der Teleostier eine Reduction von jenem der Ganoïden. Das Basale des Metapterygiums trägt bei letzteren immer noch Strahlen. Diese sind bei Teleostiern in jenem Verhalten nicht mehr erkennbar. Es bleibt nur jenes Basale als erstes Basalstück fortbestehen, und als Strahlenrudimente finden sich nur kleine Knorpelstücke, die auch an den drei folgenden, aus Radian hervorgegangenen Basalstücken vorhanden sind.

Mit der allgemeinen Reduction des Flossenskelets verknüpft sich noch eine andere wichtige Erscheinung. Während nämlich bei den Ganoïden, am bestimmtesten bei *Accipenser* und *Polyodon*, der ungleichartige Werth der in die Flossenbasis eingetretenen Theile sich in den ungleichen Formverhältnissen der primitiv verschiedenen Theile aussprach, so dass es von da ausgehend möglich war, zwei Stücke als Basalien der Selachier gleich zu halten und drei Stücke (bei *Accipenser*) als in die Flossenbasis eingetretene Radian festzustellen: so sind bei den meisten Teleostiern jene Verschiedenheiten verwischt, und alle Basalstücke treten als gleichartige Theile auf, an denen die Zeichen der Abstammung verloren gingen. Dass Grösse- wie Formdifferenzen mannichfaltiger Art hiebei nicht in Betracht

\*) Bei den Lagerungsbezeichnungen der das Flossenskelet zusammensetzenden Theile reducere ich die Stellung der Flosse der Teleostier auf die bei den Selachiern bestehende. Die nicht unbedeutende Verschiedenheit in der Stellung bei den Teleostiern lässt dies Verfahren rechtfertigen, da andernfalls immer erst eine umständliche Beschreibung zu geben wäre. Ich stelle mir also die Brustflosse in horizontaler Lagerung vor, den Vorderrand zugleich als Aussenrand nehmend, den entgegengesetzten als medianen oder Innenrand. Die Basalstücke zähle ich von hinten (innen) nach vorne (aussen), so dass der ungliederte Randstrahl das letzte Stück der Flossenbasis bildet. Das ward nothwendig durch die bei Ganoïden nachgewiesene Beständigkeit des aus dem Basale des Metapterygium hervorgegangenen Basalstückes, und durch die schwankenden Verhältnisse, welche der weiter nach aussen liegende Theil des Flossenskelets nachweist.

kommen, ist selbstverständlich. Das gilt auch für die auf die basale Knochenreihe folgenden Knorpelchen. Die dem ersten Basalstücke angefügten Knorpelchen müssen aus ersten Gliedern von Radian, die den folgenden, drei Basalstücken zugehörigen aus zweiten Gliedstücken hervorgegangen sein. Alle aber erscheinen meist gleichartig, und lassen wenig oder gar nichts mehr erkennen, aus dem man ihre ursprünglichen Beziehungen nachweisen könnte. Indem also die genetisch ungleichartigen Theile des Brustflossenskelets ihre trennenden Merkmale aufgeben und zu gleichartigen Bildungen werden, schaffen sie eine neue Combination, an der die an der Selachier- und Ganoïdenflosse nothwendigen Unterscheidungen nicht mehr durchführbar sind.

Die bisher gegebenen Erläuterungen betreffen jene Flossenskelete, an denen fünf Basalstücke vorkommen, die sich durch die Aufnahme des äussersten in den knöchernen Randstrahl des secundären Flossenskelets auf vier reduciren. Es gibt aber noch Skeletformen, die nur vier oder noch weniger Basalstücke besitzen. Man kann diese in solche theilen, bei denen ein ungegliederter Strahl mit dem Schulter-skelete articulirt, und in solche, bei denen er fehlt. Beide Zustände müssen verschieden beurtheilt werden.

Für die erste Form liefern die Siluroïden Beispiele (Taf. VIII. Figg. 8, 9). Die Vergleichung des Flossenskelets dieser Abtheilung mit jenem der vorhin abgehandelten Teleostier weist vor Allem nach, dass die Verminderung der Basalia nicht durch eine Reduction der Flosse am Aussenrande stattgefunden haben kann. Der mit einem Basale verbundene Knochenstrahl bildet eine unversehrte Grenze. Es wird also der Ausfall entweder am medialen Rande, oder in der Mitte der Basalreihe anzunehmen sein. Für die erstere Annahme ist der Umstand ungünstig, dass bei *Silurus* (Fig. 8.) mit dem ersten Basalstücke sechs Knorpelchen verbunden sind. Diese Mehrzahl weist uns darauf, dieses Basalstück dem ersten Basalstück der Ganoïdenflosse (Taf. VIII. Figg. 2, 3, 4, 5, 7 mt.) gleich zu erachten. Es wäre also demnach der Ausfall eines Stückes in der Mitte der Basalreihe anzunehmen. Das begründet sich aber nicht blos auf den bei *Silurus* gefundenen Fingerzeig, sondern auf eine viel sicherer leitende Erscheinung: wo nämlich bei den Ganoïden eine Minderung der an den Schultergürtel tretenden Stücke unter die Fünffzahl besteht, ist diese aus einer Minderung der zwischen dem äusseren und inneren Basalstücke liegenden, aus Radian hervorgegangenen Stücke nachweisbar (*Amia*, *Polyodon*). Jene beiden Basalstücke sind bei den Ganoïden stabile Gebilde. Das Verhalten an der Siluroïdenflosse kann also aus der bei Ganoïden sich ergebenden Erscheinung erklärt werden. Wie aber dort die Minderung der Basalien weniger als ein Ausfall, als ein Verschwinden früher etwa vorhandener Stücke anzusehen war, sondern vielmehr aus einer Verminderung der eintretenden Radian sich dar-

stellte, so wird auch für die Siluroïden bei der Uebereinstimmung des übrigen Verhaltens die gleiche Auffassung Geltung haben dürfen.

Wenn dadurch die Siluroïdenflosse aus der Reihe der Flossen anderer Teleostier sich auffallend entfernt, so ist noch an eine andere Erklärungsweise zu denken, welche gleichfalls auf der vorhin begründeten Voraussetzung der Stabilität des Innen- wie des Aussenstückes beruht. Es kann die Reduction der Zahl der Basalien auch durch Verschmelzung zweier in Eines entstanden sein. Das erste oder das zweite Basalstück aus zwei ursprünglich getrennten Basalien anzunehmen, dazu ist in dem Verhalten dieser Stücke kein Grund gegeben. Anders verhält es sich mit dem dritten Basalstück (Figg. 8. 9. 3.), welches bei *Pimelodus* knorpelig bleibt. Es trägt dieses kurze und auffallend breite Stück einen lateral und nach vorne gerichteten Fortsatz, welcher in eine Vertiefung des grossen Randstrahles eingepasst ist, so dass letzterer auf jenem wie auf einem Gelenkkopfe articulirt. In der Abbildung wird dieser Fortsatz vom Randstrahl bedeckt, ist daher nicht sichtbar. Da der Knorpelüberzug dieses seitlichen Fortsatzes mit dem am oberen Ende desselben Stückes befindlichen Knorpel keinen Zusammenhang hat, so kann in dem seitlichen Fortsatze das Rudiment eines vierten Basalstückes erkannt werden, welches mit seinem distalen Ende mit dem dritten zu Eines Stücke sich vereinigte. Vielleicht lässt die Untersuchung eines reicheren Materials, als mir zu Gebote stand, diese Frage zur Entscheidung kommen. Nach den mir vorliegenden Thatsachen ist solches unthunlich, und ich kann darauf hin die Annahme einer Verschmelzung von Basalien mit der Ableitung von den bei Ganoïden vorhandenen Zuständen vorläufig nur als gleichberechtigt hinstellen.

Das Aufgehen eines Basalstückes in einem dem secundären Flossenskelet zugehörigen Radius kann zur Beurtheilung jener Fälle, wo sowohl das bezügliche Basalstück, wie auch der Knochenstrahl fehlt, eine Unterlage abgeben, insofern nämlich durch die genannte Verbindung der Basalreihe ein Stück entzogen wird. Es ist anzunehmen, dass durch allmähliche Rückbildung des äusseren Strahles und des damit vereinigten Basale jene Veränderung des Basalskelets eingetreten ist. Das Fehlen des einen Theiles bedingt somit auch das Fehlen des anderen. Die hierdurch eingeleitete neue Reduction findet sich vorzüglich verbreitet in jenen Abtheilungen, welche auch durch zahlreiche andere Wandlungen der Organisation sich von dem den Ganoïden am nächsten stehenden Stamme der *Malacopterygii* abdominales oder *Physostomi* weiter entfernt haben. Dieses Verhältniss ist auch dann immer mit in Betracht zu ziehen, wenn es sich um weiter ausgebildete Reductionen oder Modificationen handelt, wie sie bei den Teleostiern so zahlreich sind.

### Ergebnisse und Vergleichung.

In dem Vorhergehenden habe ich nach Darlegung des Baues des primären Flossenskeletes der Fische nur die Vergleichung der verschiedenen Organisationszustände unter sich im Auge gehabt, weil es mir nöthig schien, bei diesen nach solchen Gesichtspuncten zu suchen, die bei einer Vergleichung des Flossenskelets mit der Vorderextremität der höheren Wirbelthiere mit Erfolg benützt werden könnten.

Als allgemeine Resultate der mitgetheilten Untersuchung sind folgende Punkte aufzuführen.

1. Die Flossenskelete der Fische zeigen in allen ihren vielfältigen Modificationen deutliche verwandtschaftliche Beziehungen untereinander. Als Grundform kann die bei den Selachiern vorhandene gelten, denn von ihr aus lassen sich alle übrigen erklären.

Diese Grundform besteht darin, dass drei grössere Knorpelstücke, an der Basis der Flosse gelagert und die Verbindung mit dem Schultergürtel bildend mit zahlreichen, schwächeren, mehr oder minder reich gegliederten Knorpelstücken besetzt sind, die in den Flossenkörper auslaufen. Indem jedem Basale eine nach den Familien und Gattungen wechselnde Zahl solcher als Strahlen oder Radien bezeichneten gegliederten Knorpelstücke angefügt ist, werden drei bestimmte Abschnitte an dem Flossenskelet unterscheidbar, die ich als Pro-, Meso- und Metapterygium benenne. Jeder Abschnitt besteht aus einem Basale und den ansitzenden Radien. Bei den Rochen sind alle drei Abschnitte entwickelt, bei den Haien das Pro- und Mesopterygium nur wenig. Es kann sogar ganz fehlen. Das Metapterygium bildet den Haupttheil des Flossenskelets.

So ist es auch bei den Chimaeren, wo vom Pro- und Mesopterygium nur die Basalien vorhanden sind.

Bei den Dipnoös besteht das ganze Flossenskelet nur aus dem Metapterygium.

Die Ganoïden besitzen nur noch Theile des Meso- und Metapterygium, mit einziger Ausnahme von Polypterus, bei dem das Propterygium durch das Basale und ein zweites Stück vertreten ist. Den grössten Theil der Flosse bildet hier das Mesopterygium. Bei den übrigen Ganoïden ist das Basale des Metapterygium mit Strahlen besetzt. Das Basale des Mesopterygium trägt höchstens einen und noch dazu rudimentären Strahl. Zwischen den beiden genannten Basalien gelangen noch 1—3 Strahlen in die Articulation mit dem Schultergürtel, was unter den Selachiern nur bei einigen Rochen der Fall war. So entstehen aus den ersten Gliedern dieser Strahlen neue Basalstücke, und es erhebt sich die Summe der Basalstücke bei den Ganoïden bis zu fünf.

Das aus dem Basale des Mesopterygium hervorgegangene fünfte Basalstück wird bei den Stören in den lateralen Knochenstrahl des secundären Flossenskelets eingebettet, bei *Amia* und *Lepidosteus* völlig von diesem Knochenstrahle aufgenommen.

Die Strahlen der ursprünglichen Basalia, sowie die zweiten und dritten Gliedstücke der in die Basis eingetretenen Strahlen reduciren sich an Zahl und Umfang. Dadurch werden die Einrichtungen bei den Teleostiern vorbereitet.

Fünf Basalstücke bilden auch bei den Teleostiern die Verbindung mit dem Schultergürtel. Davon sind die drei mittelsten aus Strahlen, die beiden seitlichen aus den ursprünglichen Basalien abzuleiten. Das äussere Basale verliert seine Selbständigkeit, indem es vom Randstrahle des secundären Flossenskelets umwachsen wird. Dadurch erklärt sich die Einlenkung dieses Strahls an den Schultergürtel. Somit blieben nur vier Basalstücke frei, die sich auf die verschiedenste Weise unter sich und mit dem Schultergürtel verbinden können, und durch Formveränderung vielfache Modification bedingen. Die ursprüngliche Verschiedenheit ist an ihnen verschwunden, sie sind gleichartige Stücke geworden. Fernere Reductionen in der Zahl dieser Basalia sind aus dem Verschwinden einzelner abzuleiten. Auf die basale Reihe folgt bei vielen Teleostiern aus verschiedenen Ordnungen eine meist einfache, selten, wie bei Siluroïden, mehrfache Reihe von Knorpelstücken, die infolge des bei den Ganoïden getroffenen Befundes als Rudimente einer Strahlengliederung zu betrachten sind.

2. Die Veränderung des primären Flossenskelets von den Selachiern zu den Ganoïden, und von diesen zu den Teleostiern geschieht hauptsächlich durch Reduction.

Im primären Flossenskelet der Teleostier treten keine neuen Theile auf. Alles vorhandene ist bereits bei den Ganoïden da, sowie das bei diesen gefundene schon bei den Selachiern besteht. Aber sowohl Zahl als Volum der Theile hat sich geändert; die Zahl beschränkt sich, das Volum vermindert sich. Von einem ganzen Abschnitte der Selachierflosse, dem Propterygium, erhält sich nur bei *Polypterus* einiges, bei allen übrigen Ganoïden und den Teleostiern nichts. Die ausgebildete Gliederfolge in der Fortsetzung des Basale des Metapterygium der Selachier, die reiche Gliederung der Strahlen der Basalia schwindet zugleich bei den Teleostiern, oder beschränkt sich auf einige Knorpelchen, die nur dadurch Bedeutung haben, dass sie die secundären Flossenstrahlen stützen. Auch diesen Knorpelchen geht die ursprüngliche Verschiedenheit ihres Werthes verloren, und sie treten als gleichartige Gebilde auf. Der Reduction untergeordnet ist das Eintreten von Radien in den basalen Abschnitt, und die Umformung aller selbständig bleibenden Basalia zu mehr oder minder gleichartigen Gebilden.

Wenden wir uns zu der Vergleichung des Brustflossenskelets mit dem Skelete der Vorderextremität der höheren Wirbelthiere, so haben wir zunächst die bisher gültige Meinung von der Gleichbedeutung der Flosse mit einer Hand zurückzuweisen, und zwar aus den Gründen, die bereits am Eingange dieser Abhandlung dargelegt wurden, und welche durch die im Verlaufe der Schilderung des Flossenbaues vorggeführten Thatsachen nur bestärkt werden konnten.

Da es sich bei der vorliegenden Aufgabe darum handelt, eine höhere Form mit einer niederen in Zusammenhang zu bringen, und damit die Einrichtungen der höheren Form in der niederen nachzuweisen, so werden wir bei der Verschiedenartigkeit der innerhalb der niederen Form gegebenen Zustände, aus diesen selbst zunächst jene aufzusuchen haben, welche jenen Anschluss bieten können. Aber auch das Vergleichungsobject der höheren Form ist vorher näher zu bestimmen. Für die Vorderextremität der höheren Wirbelthiere ist es die der Amphibien, und zwar der Salamandrinen, Derotremen und Perennibranchiaten, welche nach der Einrichtung ihres carpalen Abschnittes die übrigen Formen in sich birgt, und zugleich die einfachsten Zustände bietet. (Man vergleiche darüber das erste Heft dieser Untersuchungen. Leipzig, 1864). Es wird also diese auch zur Vergleichung mit den niederen Formen das günstigere Object sein.

Auf der anderen Seite stellt sich das Brustflossenskelet der Selachier als jenes dar, welches den indifferentesten Zustand bietet, insofern die der übrigen Fische von ihm ableitbar sind, und als Umbildungen von jenem gedacht werden können. Da aber die Flossenskelete von Chimaera, von Lepidosiren, der Ganoïden und Teleostier, sämmtlich nur Theile des Flossenskelets der Selachier besitzen, und dieselben nicht als Weiterbildung in der bei den Selachiern ausgesprochenen Richtung erscheinen lassen, sondern vielmehr als eine Rückbildung, so wird das Flossenskelet der Selachier damit zugleich als das vollständigere erscheinen: damit rechtfertigt sich von neuem, hier den Maassstab der Vergleichung anzusetzen, und nicht an die bereits reducirten Zustände des Flossenskelets der Ganoïden oder der Teleostier. Denn wenn eine Vergleichung der Extremität der höheren Wirbelthiere mit jener der Fische ausführbar ist, so wird sie bei den Selachiern sich finden müssen, und selbst, wenn sie in einer der anderen Abtheilungen noch möglich wäre, so wird sie bei den nachgewiesenen Beziehungen doch immer wieder auf die Selachier hinzuleiten sein.

Für die Vergleichung selbst gibt es zwei Methoden, die hier in Anwendung kommen können. Die eine, specielle, sucht Theil für Theil des einen Formzustandes in einem anderen nachzuweisen. Sie schliesst aus dem Vorhandensein der einzelnen Theile auf das Vorhandensein des Ganzen. Da wir im Extremitätenskelet der höheren Wirbelthiere das bestimmte, in dem der Selachier das zu bestimmende Object haben,

so wird nach dieser Methode zuerst der Humerus, dann Radius und Ulna, dann der Carpus in seinen Elementen u. s. w. bei den Selaehiern aufzusuchen sein. Es ist dies die am meisten in Anwendung kommende, aber auch bei alleinigem Gebrauche vielfach irreführende Methode, denn sie setzt in dem zu bestimmenden Theile das gleiche Verhalten mit dem bestimmten auch in der einzelnen Ausführung bereits voraus. Es darf diese specielle Methode nur da in Anwendung kommen, wo bereits sichere Anhaltspuncte für die Erkenntniss des Vorkommens gleichartiger Einrichtungen gegeben sind. So bieten sich diese zum Beispiel in der vordern Extremität der höheren Wirbelthiere durch die Gleichartigkeit der Anordnung einer sich in distaler Richtung vermehrenden Reihenfolge von Skelettheilen. Da hier überall ein Stück die Verbindung mit der Schulter eingeht, und überall zwei Stücke entfernt an sich angeschlossen hat, und diese Einrichtung sich aus vielfachen Modificationen immer herausfinden lässt, so ist hier der Boden für die Anwendung der speciellen Methode geebnet. Gerade diese Vorbereitung ist aber durch die Anwendung einer anderen, der generellen Methode, geschehen. Da die allgemeine Uebereinstimmung jener Theile der Vorderextremität eine sofort einleuchtende ist, bedarf hier die generelle Methode keiner besonderen Entfaltung und kommt nur implicite in Anwendung. Sie wird aber in vollen Gebrauch kommen müssen, wo nicht die Gleichartigkeit, sondern die Verschiedenartigkeit der Theile das dem Untersueher zuerst Entgegentretende ist, wie bei der Vergleichung der Selaehierflosse und der Extremität eines Amphibium. Ehe die einzelnen Theile zu bestimmen sind, wird nachzuweisen sein, ob das homologe Organ gegeben, ob die allgemeine Einrichtung der Vorderextremität des Amphibium in jener der Brustflosse der Selachier erkennbar sei. Wir haben also zunächst das Allgemeine der Organisation im bestimmten, wie im zu bestimmenden Objecte aufzusuchen.

Für das zu bestimmende Object stellt sich Folgendes heraus: Drei Skeletstücke von wechselnder Form und Grösse vermitteln die Verbindung mit dem Schultergürtel. Jedes dieser drei Stücke trägt verschieden reich gegliederte Knorpelstrahlen, und das vordere wie das hintere der drei Basalstücke hat eine Folge von kleinen Stücken an sich gefügt, die wieder mit Strahlen besetzt sein können, wie die Basalien selbst. Die Glieder der Strahlen können an einzelnen Abschnitten polygonale Platten darstellen, die mosaikartig aneinander gefügt sind. Gegen das Ende der Strahlen zu wird die Gliederung häufig dichotomisch. Von dieser bei den Rochen und bei *Squatina* vorhandenen Einrichtung ist bei den Haien nur der hintere, oben als *Metapterygium* bezeichnete Abschnitt durchgehends ausgebildet. Selten findet sich noch das *Mesopterygium* (*Heterodontus*, *Notidaniden*, *Acanthias*) entwickelt. In allen aber sind vom *Propterygium* nur Rudimente vorhanden. Diese Verkümmernng der vordern Abschnitte der Brustflosse lenkt die Aufmerksamkeit auf das

Metapterygium: dieses ergibt sich als der constanteste Theil. Zu beachten bleibt hierbei, dass es auch bei Chimaera den wichtigsten, bei Protopterus den einzigen Theil des Brustflossenskeletes bildet. Auch bei den Ganoïden und Knochenfischen wird fast das ganze primäre Flossenskelet aus Theilen des Metapterygiums der Selachier zusammengesetzt.

Wenn hieraus die hohe Wichtigkeit des Metapterygiums erhellt, so wird es gerechtfertigt sein, es näher in's Auge zu fassen. Wir finden an ihm ein nach hinten gerichtetes Basalstück (Taf. IX. Figg. 1—15. mt.) von verschiedener Länge, welches den medialen Rand der Flosse bildet. Längs dieses Randes der Flosse setzt sich vom Basale aus eine Reihe verschieden grosser Stücke (ich habe sie in der Beschreibung als Randstücke bezeichnet) fort, die sämmtlich mit lateral gerichteten Strahlen besetzt sind. Letztere sind wieder gegliedert und bilden durch Plattenbildung ihrer Gliedstücke und durch verschiedengradig entwickelte Dichotomie ausserordentlich mannichfache Modificationen. Aus diesen wechselnden Verhältnissen hebt sich die Aufügung lateraler Strahlen an die Reihe der Randstücke als das Constante hervor. Wir haben also dieses von den inconstanten Grösse-, Form- und Zahlenverhältnissen zu trennen.

Sehen wir nun, wie solche Verhältnisse auch in der Extremität der Amphibien gegeben sind. Wir haben hier zunächst das Handskelet nach dem fünf-fingerigen Typus zu vervollständigen, so dass es jenem Zustande gleichkommt, der an dem Fusse der geschwänzten Amphibien sich findet. Der bei ungeschwänzten Amphibien als Rudiment vorhandene innere Finger (Daumen) ist sammt dem ihm zugehörigen Carpale dem Handskelete zuzufügen.

Es ergeben sich somit für das Skelet der vollständigen Vorderextremität folgende Stücke in der Reihenfolge: Humerus; Radius und Ulna; Radiale carpi, Intermedium und Ulnare carpi; darauf ein Centrale, und an dieses, wie an Radiale und Ulnare angeschlossen fünf Carpalstücke der zweiten Reihe, denen eben so viele Metacarpalstücke mit den Phalangen folgen.

Nachdem hiemit Theile des Flossenskelets der Selachier verglichen werden sollen, muss der Versuch gemacht werden, diese Anordnung nach dem Befunde bei den Selachieren zu beurtheilen. Es war bei diesen ein ungegliedertes Hauptstück mit gegliederten secundären Strahlen, als das Typische getroffen worden. Es ergibt sich nun für die höheren Wirbelthiere eine Reihe, welche vom Humerus abwärts an der Innenseite der Extremität liegt und sich durch folgende Knochen hindurch verfolgen lässt: Humerus, Radius, Radiale Carpi, Carpale<sup>1</sup> Metacarpale<sup>1</sup>, erster Finger. Ich will diese Reihe als Stammreihe bezeichnen. Dieser Reihe vergleiche ich die vom Basale des Metapterygiums aus längs des Flossenrandes hinziehende Folge von Stücken, welche den Stamm bilden, an dem die Radien lateral

angehängt sind. Von solchen Radien lassen sich drei oder vier nachweisen. Der erste beginnt am Humerus. Sein oberstes Gliedstück ist die Ulna, darauf folgt das Ulnare carpi, das Carpale<sup>5</sup> und darauf mit dem Metacarpale<sup>5</sup> der fünfte Finger. Ein zweiter Radius inserirt am zweiten Knochen der Stammreihe am „Radius“ des Vorderarmes. Das erste Glied wird vom Intermedium gebildet, darauf folgt das Centrale, dann das Carpale<sup>4</sup>, Metacarpale<sup>4</sup> und der vierte Finger. Eine dritte Reihe geht von der Stammreihe am Radiale carpi ab. Das erste Glied würde hier wieder vom Centrale gebildet. Es scheint dieses also zwei solchen Reihen angehören zu müssen. Man kann diese Thatsache als eine Störung der ganzen Reihenanzordnung betrachten und als ein Argument gegen die Richtigkeit dieser Deutung verwenden. Ich habe hiegegen anzuführen, dass noch keineswegs erwiesen ist, dass das Centrale carpi der Amphibien in der That ein auch in niederen Formen einfaches Carpusselement sei, dass vielmehr die Möglichkeit, dass es aus zwei verschmolzenen Stücken sich bildet, zuglassen werden muss. Ich habe aber nicht bloß die Möglichkeit, sondern die Wahrscheinlichkeit für mich. Das nach meinen früheren Untersuchungen dem Centrale carpi völlig homologe Centrale tarsi wird wirklich (bei *Cryptobranchus japonicus*) durch zwei nebeneinander gelagerte Stücke vertreten\*). Es wird sonach meine Annahme als begründet zu betrachten sein. Das laterale Centrale wird so der zweiten Reihe, das mediale der dritten Reihe zugehören.

Eine vierte Reihe beginnt an dem Gliede der Stammreihe, welches dem Carpale<sup>1</sup> entspricht. Sie beginnt mit dem Carpale<sup>2</sup>, und führt in den zweiten Finger, während der erste das Ende der Stammreihe vorstellt. Es ist übrigens einzuräumen, dass auch die Dichotomie eine Rolle spielen kann, so dass dadurch zwei, vielleicht auch drei Finger mit ihrem Carpalabschnitte aus dichotomischer Gliederung eines einzigen Strahles hervorgehen. Jedenfalls wird dadurch die Auffassung der Vorderextremität als aus der Stammreihe und den Radien des Metapterygium entstanden, in keiner Weise beeinträchtigt.

Es ist bemerkenswerth, dass auch an dem Flossenskelete der Enaliosaurier dieselbe Anordnung von gegliederten Radien nachgewiesen werden kann, und dass hier bei *Ichthyosaurus* wirklich ein doppeltes Centrale sich findet, wie es vorhin vom Tarsalskelet her für die Amphibien supponirt werden musste. Wenn dafür

\*) Aus der von Schmidt, Goddard und van der Hoeven herausgegebenen Abbildung des Fuss skeletes von *Cryptobranchus* glaubte ich schon zwei Centralia unterscheiden zu können, war jedoch, da die Abbildung (Aanteekenigen voor de Anatomie von den *Cryptobranchus japonicus*. Haarlem, 1862. Pl. II. Fig. IV.) undeutlich, meiner Sache nicht sicher. In der jüngst von Hyrtl veröffentlichten Monographie (*Schediasma anatomicum*. Vindobonae, 1865) finde ich eine genauere bildliche Darstellung (Taf. VI. Fig. 2.) gegeben, und erkenne, dass in der That hier ein doppeltes Centrale carpi vorhanden ist.

in der zweiten Reihe der Carpalstücke zwei dieser Knochen (der für den dritten und der für den vierten Finger) durch ein einziges Stück dargestellt werden, so kann man daraus nur eine grosse Veränderlichkeit in der Zahl der Stücke ersehen, wie sie schon innerhalb der Selachier, durch Verschmelzung einzelner Gliedstücke, ausgebreitet vorkam. Auch an der Handwurzel der Amphibien und Reptilien habe ich das früher nachgewiesen.

Am Skelet der Vorderextremität der höheren Wirbelthiere lässt sich also im Wesentlichen die gleiche Einrichtung wie am Metapterygium der Brustflosse der Selachier erkennen\*). Eine Folge von Skeletstücken von denen die proximalen stärker sind als die distalen, bildet die Stammreihe, an welcher seitlich gegliederte Radien sitzen. Bei den Selachiern sind diese zahlreicher. Die oberen Glieder der Stammreihe, vor allem das Basale, tragen viele Radien. Bei den Amphibien tritt von jedem Gliede der Stammreihe, auch von dem aus dem Basale des Metapterygium hervorgegangenen „Humerus“, nur Ein Strahl ab, der wieder gegliedert ist, und wie die folgenden Strahlen einige seiner Glieder in plattenförmige Stücke umgewandelt zeigt, die zusammen einen besondern Abschnitt bilden, den Carpus, von dem die Enden der Strahlen als Metacarpus und Phalangen hervorgehen.

Wie an der Flosse das Basalstück des Metapterygium das constanteste ist, so sind auch am Armskelete die proximalen Stücke die beständigsten. Carpus, Metacarpus und Fingerglieder sind die wechselnden, durch vielfältige Anpassungszustände in Zahl, Gestalt und Verbindungsweise abändernd. Selbst die Differenzierung in jene einzelnen Abschnitte, wie sie das Handskelet zeigt, ist eine innerhalb weiter Grenzen sich bewegende Erscheinung, wie die Flosse der Enaliosaurier lehrt. Bei Ichthyosaurus sind alle Theile, bis auf den Humerus, noch gleichartige, plattenförmige Knochen, die man nur durch ihre Reihenfolge auf homologe Theile

\*) Für die Hinterextremität, die ich gleichfalls in Bereich der Untersuchung gezogen, gilt dasselbe. Das Metapterygium, dem nur ein Theil des Mesopterygium ansitzt, bildet bei Selachiern die Skeletgrundlage der Bauchflosse. Bei Protopterus und Chimaera ist es das Metapterygium allein, und bei Ganoïden und Teleostiern lassen sich wieder die gleichen Homologien wie an der Brustflosse nachweisen. Es kommt also dem von mir als Metapterygium unterschiedenen Theile des Flossenskelets für die gesammte Extremitätenbildung eine grosse Bedeutung zu, und wenn man, die Homologie der Vorder- und Hinterextremität der höheren Wirbelthiere im Auge behaltend, die Hinterextremität der Letztern von jener der Fische abzuleiten versucht, so wird man für die bisherige Anschauung, nach, der der Tarsus am Beckengürtel sitzen müsste, wie der Carpus am Schultergürtel, auch nicht die mindeste Stütze finden können. Die Ganoïden zeigen auch für das Bauchflossenskelet den Uebergang zu den Teleostiern, und lassen erkennen, dass Strahlen des Metapterygium neben dem Basale in eine Reihe treten können.

der Amphibien deuten kann. Bei Plesiosaurus ist eine Differenzirung eingetreten. Der Carpus ist vom Vorderarm, wie vom Metacarpus verschieden, es ist aber nicht mit Gewissheit zu sagen, ob diese Differenzirung direct auf jene der Amphibien zu beziehen sei. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dass Skelettheile, die bei den Amphibien, und von da an bei den höheren Wirbelthieren, im Carpus liegen, hier nicht dem Carpus angeschlossen sind. Aus der Vergleichung mit der Ichthyosaurushand auf der einen, mit der Hand der Amphibien auf der anderen Seite lässt sich erschliessen, dass bei Plesiosaurus vier Carpalia die Gestalt von Metacarpalien besitzen, und demzufolge auch dem Metacarpus zugerechnet wurden. Uebergangsformen fehlen unter den fossilen Sauriern keineswegs. Wie also im einen Falle Mittelhand- und Fingerglieder in der Form von Carpalien auftreten, so können im anderen Falle Carpusstücke in der Form der Metacarpalien oder Phalangenglieder erscheinen. Damit setzen sich die bei Selachiern vorhandenen Verhältnisse nur noch weiter fort, denn auch bei diesen sind lange Stücke durch kurze, plattenförmige, und umgekehrt, vielfach vertreten.

Indem die Selachier den Ausgangspunct bilden, von dem sowohl das Flossenskelet der übrigen Fische, als auch das Armskelet der höheren Wirbelthiere sich ableiten lässt, können sie wohl im Allgemeinen als indifferentere Formen bezeichnet werden. Die von ihnen ableitbaren Differenzirungen stellen sich in einer doppelten, sehr verschiedenen Weise dar. Bei den Ganoïden und Teleostiern erhalten sich nämlich ganz andere Theile vom Flossenskelete der Selachier, als bei den höheren Thieren. Bei den ersteren ist ausser dem Basale des Metapterygium und des Mesopterygium noch eine Anzahl zwischen beiden zur Schulter tretender Strahlen da; bei den letzteren bleibt nur das Basale des Metapterygium, mit einem Theile der bei den Selachiern diesem angefügten Stücke. Es hat also bei den Teleostiern nur Ein Knochen der basalen Reihe sein Homologon bei den höheren Wirbelthieren. Das aus dem Basale des Metapterygiums hervorgegangene Stück ist gleich dem Humerus. Die jenem Basale ansitzenden Knorpelchen werden demgemäss auch als Homologa der dem Humerus angefügten Skelettheile sein, sie sind jedoch nicht im einzelnen sicher bestimmbar.

Wenn man in der basalen Reihe ein Stück als dem Humerus entsprechend nachgewiesen, so ist es gerechtfertigt, in Anbetracht der Gleichartigkeit, welche die ursprünglich zwar heterogenen übrigen Stücke der Basalreihe mit diesem Humerusaequivalent sich erworben, die ganze Reihe als „humerales“ zu bezeichnen. Das Flossenskelet der Teleostier ist in dieser Beziehung als vielarmiges, nicht als einvielfingeriges anzusehen\*).

Die Reduction des Flossenskelets der Selachier zu dem der Teleostier und in geringerem Grade auch der Ganoïden, betrifft vorwiegend die peripherischen

\*) Vergl. meinen Aufsatz in der Jenaischen Zeitschrift. Bd. II, Heft 2.

Theile des Meso- und Metapterygium. Man kann sich also die Umwandlung als eine von dem ganzen Umkreise des primitiven Flossenskelets gegen die Basis hin vorgehende Verkümmernng vorstellen.

Für das Armskelet der höheren Wirbelthiere muss der Vorgang ganz anders gedacht werden. Gerade die in der Länge sich aneinander fügenden Theile eines bestimmten Flossenabschnittes (des Metapterygium) erhalten sich hier, indess alles Andere verschwindet.

Daher bieten die Ganoïden und Teleostier Zustände des Flossenskelets, die als seitliche Abzweigungen der bei den Selachiern vorhandenen Organisation zu betrachten sind, und damit als Endpunkte einer als Rückbildung auftretenden Entwicklungsrichtung erscheinen. Die bei den Teleostiern und Ganoïden fehlenden Anschlüsse an die höheren Wirbelthiere sind dagegen bei den Selachiern vorhanden, und in dieser Beziehung stellen sich die Selachier über die Ganoïden und Teleostier\*).

---

\*) Zu ganz ähnlichen Schlüssen wurde ich bereits durch Beurtheilung der Wirbelsäule der Selachier geführt (Unters. zur vergl. Anatomie der Wirbelsäule. Leipzig, 1862. S. 61.). In dem knorpeligen Zustande derselben erkannte ich „einen niederen Entwicklungszustand der Wirbelsäule der höheren Vertebratenklassen, nicht jener der Wirbelthiere überhaupt, oder jener der Fische insbesondere. Materiell erhebt sie sich über die Wirbelsäule der Teleostier, mit der sie nur in der Form der Wirbelsegmente Gemeinsames besitzt. Indem ich also die Wirbelsäule der Selachier nicht obgleich, sondern weil sie aus Knorpel besteht, höher stelle, als jene der Teleostier, glaube ich dadurch einen Widerspruch zu lösen, der durch die bisherige Auffassung des Skelets dieser Thiere und die Vergleichung desselben mit der übrigen Organisation entstehen musste.“ Ich glaubte hiedurch deutlich genug ausgedrückt zu haben, dass ich hier auf den knorpeligen Zustand deshalb Werth legte, weil er dem embryonalen Zustande der Wirbelsäule der höheren Wirbelthiere entspricht, dass sich somit hier ein Anschluss fände, während er bei den niemals knorpeligen, oder nur mit minimalen Knorpeltheilen ausgestatteten Wirbelsäulen der Knochenfische nicht in diesem Grade zu erkennen ist. Die Wirbelsäule der Teleostier entspricht nicht dem embryonalen Zustande jener der höheren Wirbelthiere, eben weil der Knorpel entweder gar keine, oder nur eine untergeordnete Rolle spielt. Gegen diese Auffassung hat Kölliker (Weitere Beobachtungen über die Wirbel der Selachier. Frankfurt, 1864. S. 47.) Bedenken erhoben, weil der knorpelige Zustand doch nur ein primordiales Stadium sei. Er sagt: „Eben so wenig als ein knorpeliges Cranium, und wenn es auch noch so ausgebildet ist, höher steht, als ein knöcherner Schädel, scheint mir eine knorpelige Wirbelsäule ausgebildeter genannt werden zu dürfen, als eine, die aus Knochen besteht.“ Ich nehme hiervon Aet nicht sowohl wegen der offenliegenden Verwechslung der Begriffe „höher stehen“ und „ausgebildet sein“, als wegen des Schlusses jener Excursion, in welchem mir zugegeben wird, „dass die knorpelige Wirbelsäule der Selachier in ihren entwickelten Formen bei weitem die vollkommenste der primordialen Wirbelsäulen ist und Bildungen erreicht, die unbedingt höher stehen, als die einfacheren Formen der höheren Entwicklungsreihe der knöchernen Wirbelsäulen.“ Da sich vom Kölliker'schen Standpunkte gegen diese seine eigene Auffassung dasselbe einwenden lässt, wie gegen die meinige, von der jene im Grunde nur eine Paraphrase ist, so muss es scheinen, als ob der genannte Autor jene Einwände gar unüberlegt erhoben habe.

Es ist also das Extremitätenskelet der höheren Wirbelthiere nur in seinen allgemeinsten Einrichtungen mit jenem der Selachier, und damit auch der übrigen Fische vergleichbar, und so bestimmt es aus den im Laufe dieser Abhandlung hervorgehobenen Thatsachen hervorgeht, dass das Metapterygium der auch in das Skelet der Vorderextremität der höheren Thiere übergehende Abschnitt der Brustflosse der Fische ist, so wenig begründbar ist eine Ausführung der Vergleichung der einzelnen Stücke mit einander. Wir haben selbst bei den Selachiern solche bedeutende Verschiedenheit im Flossenbaue gefunden, dass nur wenige Stücke in allen gleichmässig nachgewiesen werden konnten, die bei weitem grössere Mehrzahl dagegen keine Vergleiche zulassen. Das Armskelet der höheren Wirbelthiere verhält sich nicht anders zum Flossenskelete der Selachier etc., als die Flossenskelete der Selachier etc. unter sich. Auch bei diesen fand die Vergleichung nur eine Homologie der Einrichtung des Ganzen, nicht der einzelnen Theile. Es fehlen also die Nachweise der speciellen Homologien, weil die Uebergangsformen uns abgehen, nicht nur die von den Fischen zu den höheren Wirbelthieren, sondern auch jene, welche unter den Selachiern einen unmittelbaren Zusammenhang herstellen könnten.

Wo die Reihen vollständig sind ist es ein Leichtes den Zusammenhang zu erkennen; er entgeht da auch dem Lagen nicht. Aufgabe der Wissenschaft ist es aber, ihn da aufzudecken, wo er verborgen ist. Wenn nun auch weder die Untersuchung, noch die darauf gegründete Vergleichung die Kluft auszufüllen vermag, die zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren besteht, so baut uns doch die Erkenntniss jenes Zusammenhanges eine Brücke, auf der selbst auf entferntere Strecken der Anschluss nicht zu verkennen ist.

# Erklärung der Abbildungen.

## Erste Tafel.

### Zur Entwicklung der Clavicula des Menschen.

- Fig. 1.** Senkrechter Querschnitt durch die Mitte der Clavicula eines 18 Mm. langen Embryo.  
*p* Peripherische Zellschichte.  
*e* Knorpelhöhlen.  
*k* Knochenhöhlen.
- Fig. 2.** Theil des Querschnittes durch die Mitte der Clavicula eines wenig grösseren Embryo.  
*p* Peripherische Zellschichte.  
*a* Höhlungen ohne Ausläufer.  
*k* Höhlungen mit radialen Ausläufern und concentrischer Streifung der Wandung
- Fig. 3.** Querschnittsegment der Clavicula eines 18 Mm. langen Embryo, ein Dritteltheil der Gesamtlänge der Clavicula von der Mitte entfernt.  
*p* Peripherische Zellschichte.  
*c* Knorpelzellen.
- Fig. 4.** Theil eines Querschnittes etwas näher gegen die Mitte (von demselben Embryo).
- Fig. 5.** Längsschnitt durch die sternale Hälfte der Clavicula eines 37 Mm. langen Embryo.  
*CC* Continuirliche Knorpelanlage in der ganzen Länge der Clavicula.  
*m* Markraum im Knorpel.  
*o* Ossificirte Rindenschichte des Knorpels.  
*K* Periostale Knorpelschichte.  
*m'* Haversische Canäle in derselben.
- Fig. 6.** Querschnitt durch die acromiale Hälfte derselben Clavicula, in der Nähe des Endes (etwas mehr als Fig. 5 vergrössert).  
*p* Periostschichte.  
*C* Grosszelliges Knorpelgewebe.  
*K* Corticale Knochenschichte.  
*m* Markraum im Innern des Knorpels.
- Fig. 7.** Querschnitt durch die acromiale Hälfte der Clavicula desselben Embryo, dicht an der Mitte  
*p* Periostschichte  
*C* Ossificirter Knorpel.  
*K* Periostales Knochengewebe.  
*m* Haversische Canäle der periostalen Knochen.
- Fig. 8.** Ein Stück des in Fig. 5. dargestellten Längsschnittes nahe an der Mitte.  
*C* Knorpel.  
*K* Knochen.  
*o* Einige Zellen der Osteoblastschichte.  
*o'* Eine sich bildende Knochenhöhle.

**Zweite Tafel.**

## Schultergürtel von Säugethieren, Vögeln und Reptilien.

- Fig. 1.** Rechte Hälfte des Schultergürtels von *Echidna setosa*.  
**Fig. 2.** Dieselbe von *Ornithorhynchus paradoxus*.  
**Fig. 3.** „ „ *Aquila leucocephala* (schräg von oben und aussen).  
**Fig. 4.** „ „ *Dromaeus novae Hollandiae* (wie die vorige Fig.). *cl. clavícula*.  
**Fig. 5.** „ „ *Alligator Lucius*.

Für die Figuren 1—5 gültige Bezeichnung:

- s* Scapula.  
*ss* Suprascapularknorpel.  
*sp* Spina scapulae.  
*a* Acromion.  
*g* Schultergelenkpfanne.  
*co* Coracoïd.  
*ec* Epicoracoïd.  
*f* Loch im Coracoïd.

- Fig. 6.** Episternum von *Dasyurus Maugei*.  
**Fig. 7.** „ „ *Dasyurus ursinus* (nach einem trockenen Skelete).  
**Fig. 8.** „ „ *Choloepus didactylus* (desgl.).  
**Fig. 9.** „ „ *Cercolabes* sp.

Bezeichnung der Figuren 6—9:

- m* Mittelstück des Episternum.  
*l* Seitenstück desselben.  
*s* Sternum.  
*c<sup>1</sup>* Erste, *c<sup>2</sup>* zweite Rippe.  
*cl* Schlüsselbein.

- Fig. 10.** Schultergürtel und Sternum von *Lacerta agilis* (juv.).

- s* Scapula.  
*ss* Suprascapulare.  
*ch* Knorpel zwischen beiden, der sich bei \* in einen die Clavicula tragenden Fortsatz auszieht.  
*g* Gelenkpfanne der Schulter.  
*co* Coracoïd.  
*a* Vorderer Schenkel desselben (Procoracoïd).  
*p* Hinterer Schenkel.  
*ec* Verbindungsstück dieser beiden.  
*cl* Clavicula.  
*ep* Episternum.  
*st* Sternum.  
*c* 1—5 Sternale Enden der Rippen.

- Fig. 11.** Sternum und Schultergürtel von *Grammatophora barbata*, ventrale Ansicht.  
**Fig. 12.** Schulterknochen der rechten Seite von demselben Thiere.  
**Fig. 13.** Sternum und Schultergürtel von *Trachysaurus rugosus*.  
**Fig. 14.** Schulterknochen der rechten Seite von demselben.  
**Fig. 15.** Sternum und Schultergürtel von *Iguana*.  
**Fig. 16.** Schulterknochen der linken Seite von demselben.  
**Fig. 17.** Sternum und Schultergürtel von *Plestiodon Aldrovandi*.  
**Fig. 18.** Schulterknochen der rechten Seite von demselben.  
**Fig. 19.** Sternum und Schultergürtel von *Hemidactylus Oualensis*.  
**Fig. 20.** Schulterknochen der rechten Seite von demselben.  
**Fig. 21.** Schultergürtel von *Chamaeleo vulgaris*.

\* ligamentöser Strang.

- Fig. 22.** Schulterknochen der linken Seite von demselben.

## Bezeichnung der Figuren 11—22.

- s* Scapula.  
*ss* Suprascapularknorpel.  
*g* Schultergelenkpfanne.  
*co* Coracoïd.  
*pc* Procoracoïd.  
     1 Fenster zwischen Coracoïd und Procoracoïd.  
     2 Fenster im Coracoïd.  
     3 Unteres } Fenster der Scapula.  
     4 Oberes }  
*st* Brustbeinplatte.  
*st'* Hinterer Theil des Sternum.  
*ep* Episternum.  
*cl* Schlüsselbein.  
*l* Ligamentöser Strang.

**Dritte Tafel.**

## Schultergürtel von Reptilien und Amphibien.

- Fig. 1.** Rechte Hälfte des Schultergürtels von *Anguis fragilis* etwa 10 mal vergrößert.  
**Fig. 2.** Desgleichen von *Testudo geometrica*. nat. Gr.  
**Fig. 3.** Linke Hälfte des Schultergürtels von *Chelydra serpentina*.  
**Fig. 4.** Frontaler Durchschnitt durch die ventrale Verbindung des Schultergürtels von *Rana temporaria* juv.  
**Fig. 5.** Ventraler Theil des Schultergürtels von *Polypedetes quadrivittatus*.  
**Fig. 6.** Ventraler Theil des Schultergürtels von *Hyla adelaidensis*. Ein und ein halb mal vergrößert.  
**Fig. 7.** Derselbe Theil von *Phyllomedusa bicolor*. \* Sagittaldurchschnitt durch die Sternalplatte.  
**Fig. 8.** Derselbe von *Pelobates fuscus* zweimal vergrößert.  
**Fig. 9.** Derselbe von *Bufo Leschenaulti*.  
**Fig. 10.** Derselbe von *Bombinator igneus*.  
**Fig. 11.** Rechte Hälfte des Schultergürtels von *Bombinator igneus*.  
**Fig. 12.** Ventraler Theil des Schultergürtels von *Pipa americana*.  
**Fig. 13.** Rechte Hälfte des Schultergürtels von *Pipa americana*.  
**Fig. 14.** Derselbe Theil von *Menobanchus lateralis*.  
**Fig. 15.** Derselbe Theil von *Proteus anguineus*.  
**Fig. 16.** Derselbe Theil von *Menopoma*.  
**Fig. 17.** Derselbe Theil von *Siredon*.  
**Fig. 18.** Derselbe Theil von *Salamandra maculosa*.  
**Fig. 19.** Senkrechte Querschnitte durch die ventrale Vereinigung des Schultergürtels von *Salamandra maculosa*.

Für alle Figuren dieser Tafel gültige Bezeichnung:

- s* Scapula.  
*ss* Suprascapulare.  
*g* Pfanne des Schultergelenks.  
*pc* Procoracoïd.  
*co* Coracoïd.  
*ec* Epicoracoïd.  
*a* Acromionartiger Fortsatz.  
*cl* Clavicula.  
*st* Sternum.  
*ep* Episternum.

**Vierte Tafel.****Schultergürtel der Selachier (Haie).**

In allen Figuren ist die rechte Hälfte des Schultergürtels dargestellt.

- Fig. 1.** *Heptanchus cinereus*. *A* von innen, *B* von hinten und aussen.  
**Fig. 2.** *Hexanchus griseus*. *A*, *B* wie in Fig. 1.  
**Fig. 3.** *Heterodontus Philippi*. *A* und *B* wie in Fig. 1. *c* von vorne.  
**Fig. 4.** *Galeus canis*. *A*, *B* wie in Fig. 1.  
**Fig. 5.** *Pristiurus melanostomus*. *A* von innen, *B* von hinten.  
**Fig. 6.** *Carcharias glaucus*. *A* von innen, *B* von hinten und aussen.  
**Fig. 7.** *Scyllium Canicula*. *A* von innen und hinten, *B* von vorne.  
**Fig. 8.** *Squatina vulgaris*. *A* von hinten und aussen, *B* von vorne.  
**Fig. 9.** *Acanthias vulgaris*. *A* von innen und hinten, *B* von aussen.

Für alle Figuren dieser Tafel gültige Bezeichnung.

- s* Verbindungsstelle mit der linken Schultergürtelhälfte.  
*g* Anfügestelle der Brustflosse.  
*e* Eintrittsöffnung  
*o* Oberes } Austrittsloch } des Flossennerven.  
*u* Unteres }  
*v* Vordere }  
*h* Hintere } } Öffnung eines accessorischen Canals.  
*k* Verbindungsstelle mit dem Visceralskelet.

**Fünfte Tafel.****Schultergürtel der Selachier (Rochen) und Chimaera.**

In allen Figuren ist die rechte Hälfte des Schultergürtels dargestellt.

- Fig. 1.** *Rhinobatus laevis*. *A* von aussen und vorne, *B* von innen.  
**Fig. 2.** *Myliobates aquila*. *A*, *B* wie Fig. 1.  
**Fig. 3.** *Trygon pastinaca*. *A* von aussen, *B* von innen und hinten.  
**Fig. 4.** *Raja batis*. *A* von aussen, *B* von innen und vorne, *C* von oben.  
**Fig. 5.** *Torpedo marmorata*. *A* von vorne, *B* von hinten.  
**Fig. 6.** *Chimaera monstrosa*. *A* von vorne, *B* seitlich, *C* von hinten.

Für alle Figuren dieser Tafel gültige Bezeichnung:

- s* Verbindungsstelle mit der linken Hälfte des Schultergürtels.  
*d* Dorsales Ende des Schultergürtels.  
*g* Anfügestelle der Brustflosse.  
*v* Vorderer }  
*m* Mittlerer } Gelenkhöcker.  
*h* Hinterer }  
*e* Eintrittsöffnung  
*o* Oberes } Austrittsloch } des Flossennerven.  
*u* Unteres }  
*c'* Accessorisches Eintrittsloch.  
*o'* Oberes }  
*u* Unteres } } accessorisches Austrittsloch.

**Sechste Tafel.****Schultergürtel des Protopterus und der Ganoïden.**

In allen Figuren ist die rechte Hälfte des Schultergürtels dargestellt. Der Knorpel ist bläulich, die aus knorpeliger Anlage entstandenen Knochen theile sind rothbräunlich, die nicht knorpelig präformirten Knochen gelbbraunlich colorirt.

**Fig. 1.** *Protopterus annectens.* *A* von aussen, *B* von innen.

**Fig. 2.** *Accipenser sturio.* *A* von innen, *B* von hinten, *C* Schulterknorpel von vorne und aussen nach Entfernung der Deckknochen.

**Fig. 3.** *Polyodon folium.* *A* von innen und hinten, *B* von aussen und vorne, *C* von hinten.

**Fig. 4.** *Amia calva.* *A* von innen, *B* von hinten.

**Fig. 5.** *Lepidosteus platyrhynchus.* *A* von innen, *B* von unten.

**Fig. 6.** *Polypterus bichir.* *A* von innen, *B* von aussen, *C* von hinten.

Für alle Figuren dieser Tafel gültige Bezeichnung:

<i>cl</i>	Clavicula.	
<i>cl'</i>	Accessorisches Clavicularstück.	
<i>sc</i>	Supraclaviculare.	
<i>q</i>	Innere Leiste der Clavicula.	
<i>g</i>	Gelenkstelle der Brustflosse am primären Schulterknorpel.	
<i>v</i>	Verbindungsstelle des beiderseitigen Schulterknorpels.	
<i>s</i>	Oberer	} Fortsatz des Schulterknorpels.
<i>m m'</i>	Mittlerer	
<i>i i'</i>	Unterer	
<i>e</i>	Eintrittsloch des Nerven.	
<i>o</i>	Oberes	} Austrittsloch.
<i>u</i>	Unteres	

**Siebente Tafel.****Schultergürtel der Teleostier.**

In allen Figuren ist die rechte Hälfte des Schultergürtels dargestellt. Das Colorit der einzelnen Theile entspricht der für Taf. VI. gegebenen Erklärung.

**Fig. 1.** *Silurus glanis.* *A* von innen und hinten, *B* von hinten und aussen.

**Fig. 2.** *Cyprinus carpio.*

**Fig. 3.** *Mormyrus cyprinoides.* *A* von innen, *B* von unten.

**Fig. 4.** *Heterotis Ehrenbergii.*

**Fig. 5.** *Alepocephalus rostratus.*

**Fig. 6.** *Peristedion cataphractum.*

**Fig. 7.** *Trigla hirundo.*

**Fig. 8.** *Hemitripterus acadianus.* *ch* Knorpel an der Schlüsselbein-Symphyse.

**Fig. 9.** *Gobius guttatus.* *k* Knorpelstreif, *ch* Knorpel an der Schlüsselbein-Symphyse.

**Fig. 10.** *Esox lucius* von oben.

**Fig. 11.** *Lepidoleprus coelorrhynchus.*

**Fig. 12.** *Aulopus filamentosus.*

Für alle Figuren dieser Tafel gültige Bezeichnung

<i>cl</i>	Clavicula.	
<i>s</i>	Oberes Stück (Scapulare)	} des primären Schultergürtels
<i>m</i>	Vorderes Stück (Procoracoid)	
<i>r</i>	Spangienstück	
<i>i</i>	Unterer Fortsatz	
<i>g</i>	Verbindungsstelle mit der Brustflosse.	

- e* Eintrittsöffnung  
*o* Obere } Austrittsöffnung } des Flossennerven.  
*u* Untere }  
*t t'* Öffnungen.  
*v* Lücke zwischen Clavicula und dem Procoracoïd.  
 1, 2, 3, 4, 5 Basalstücke der Brustflosse.  
*ch* Knorpel an der Clavicular-Symphyse.

### Achte Tafel.

#### Brustflosse der Fische. Ganoiden und Teleostier.

Knorpel bläulich, die aus Knorpel entstandenen Knochen rothbräunlich, die secundären Knochen gelbbraunlich colorirt.

**Fig. 1.** Rechter Schultergürtel und Brustflosse von *Orthogoriscus*.

- cl* Clavicula.  
*m* Vorderes Stück des primären Schultergürtels.  
 1—4 Basalstücke der Brustflosse.  
*v* Reihe von Knorpelstrahlen.

**Fig. 2—9.** stellen Skelete der rechten Brustflosse von der Unterseite dar.

**Fig. 2.** *Accipenser sturio*.

**Fig. 3.** *Accipenser rhynchaeus*.

**Fig. 4.** *Polyodon folium*.

**Fig. 5.** *Lepidosteus platyrhynchus*.

**Fig. 6.** *Polypterus bichir*.

**Fig. 7.** *Amia calva*.

**Fig. 8.** *Silurus glanis*.

**Fig. 9.** *Pimelodus atrarius*.

**Fig. 10.** Durchschnitt durch das primäre Flossenskelet von *Barbus fluviatilis*, } vergrößert.

**Fig. 11.** „ „ „ „ „ „ „ „ *Salmo salvelinus*, }

Bezeichnung für Fig. 2—11:

- p* Propterygium.  
*ms* Mesopterygium.  
*mt* Metapterygium.  
 1, 2, 3, 4, 5 Basalstücke der Brustflosse.  
*rr'* Radien und Radienrudimente des primären Flossenskelets.  
*R* Randstrahl des secundären Flossenskelets.

**Fig. 12.** Senkrechter Durchschnitt des Integuments der Brustflosse von *Galeus canis*, vergrößert.

*hh* Durchschnitte der „Hornfäden“, die concentrische Schichtung zeigend.

*i* Interstitielles Gewebe (Bindegewebe).

**Fig. 13.** Querdurchschnitt durch die zweite Rückenflosse eines Embryo von *Acanthias vulgaris*, dicht über den Enden der Knorpelstrahlen.

*hh* Durchschnitte der „Hornfäden“.

*ss* Schuppen des Integuments.

### Neunte Tafel.

#### Brustflossenskelet der Selachier und Chimaera.

In allen Figuren ist die rechte Brustflosse von der Unterseite dargestellt. Bei Figg. 10, 11, 13, 14 wurde nur die Basis des Flossenskelets, sowie der hintere Theil desselben, vollständig gegeben.

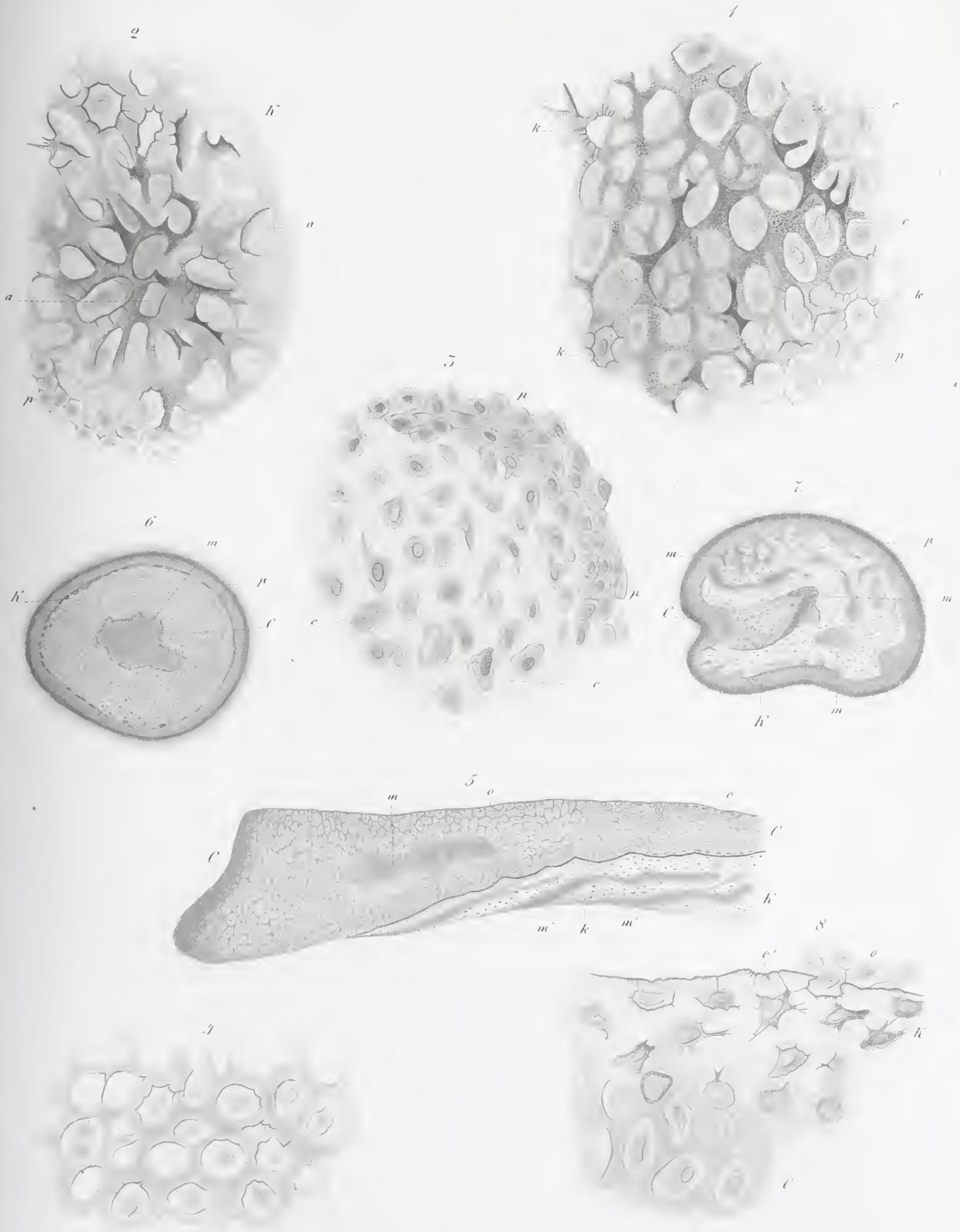
**Fig. 1.** *Hexanchus griseus*.

**Fig. 2.** *Heptanchus cinereus*.

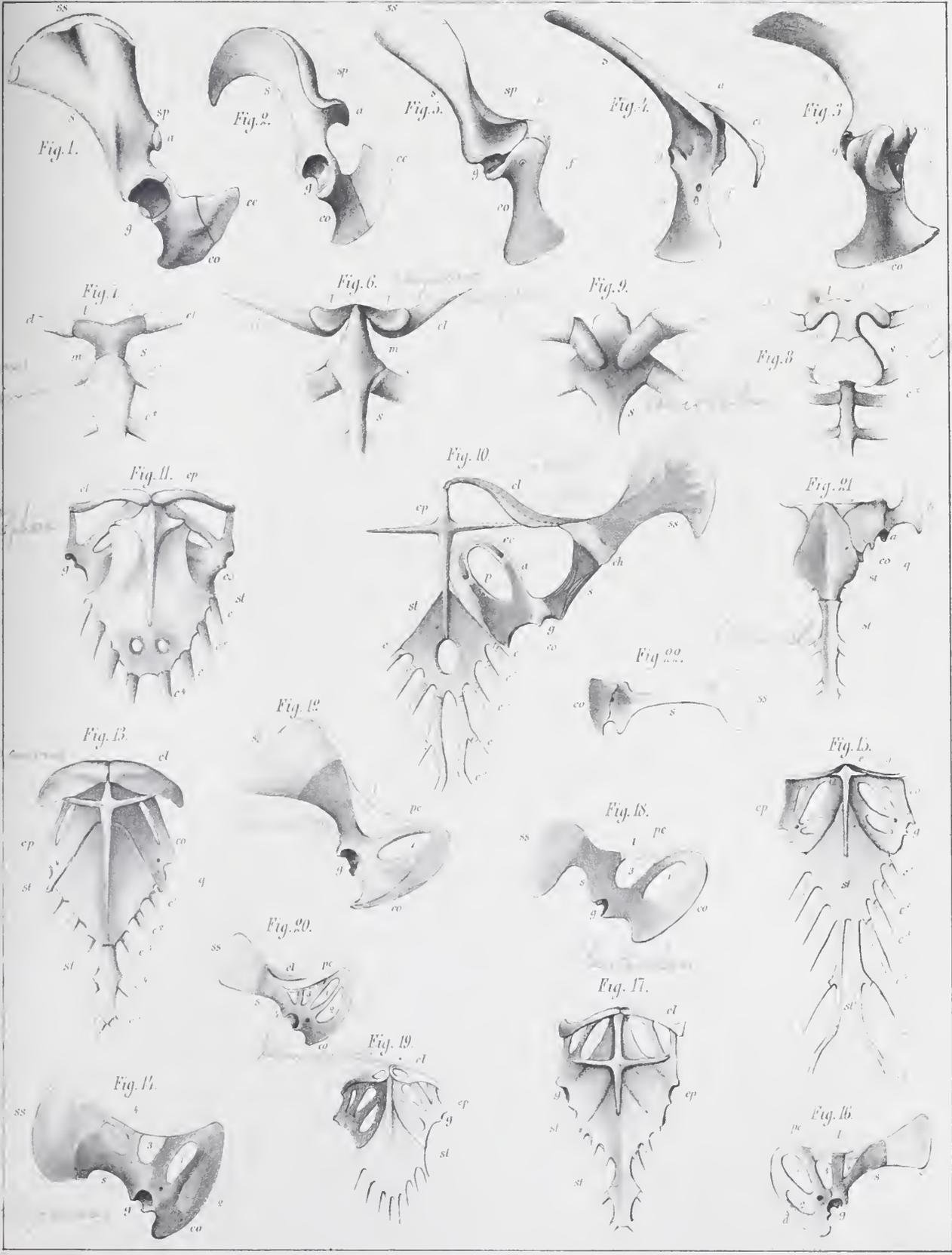
- Fig. 3.** *Heterodontus Philippi.*  
**Fig. 4.** *Acanthias vulgaris.*  
**Fig. 5.** *Carcharias glaucus.*  
**Fig. 6.** *Galeus canis.*  
**Fig. 7.** *Pristiurus melanostomus.*  
**Fig. 8.** *Scyllium canicula.*  
**Fig. 9.** *Scymnus lichia.*  
**Fig. 10.** *Squatina vulgaris.*  
**Fig. 11.** *Trygon pastinaca.*  
**Fig. 12.** *Torpedo marmorata.*  
**Fig. 13.** *Raja spec?*  
**Fig. 14.** *Myliobates aquila.*  
**Fig. 15.** *Chimaera monstrosa.*

Für alle Figuren dieser Tafel gültige Bezeichnung:

$p\}$  Propterygium.  
 $p'\}$   
 $ms\}$  Mesopterygium.  
 $ms'\}$   
 $mt\}$  Metapterygium.  
 $mt'\}$   
 $mt''\}$









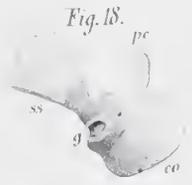
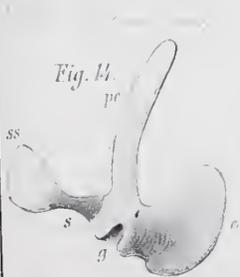
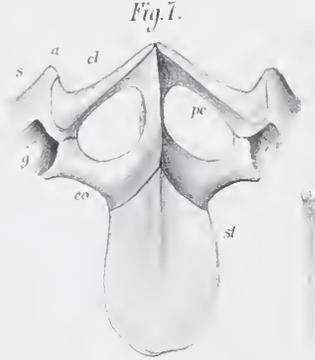
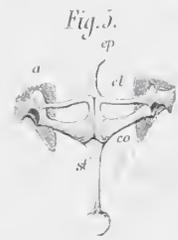
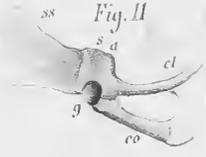
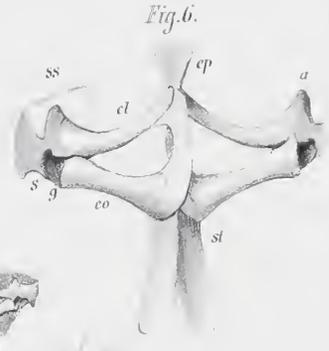
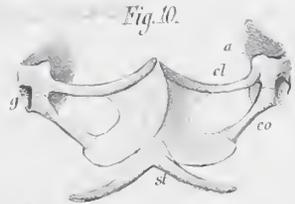
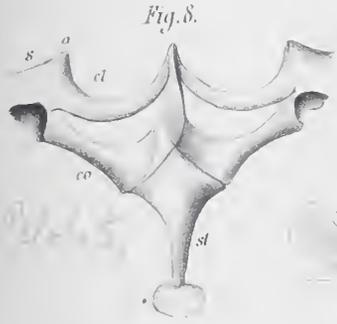
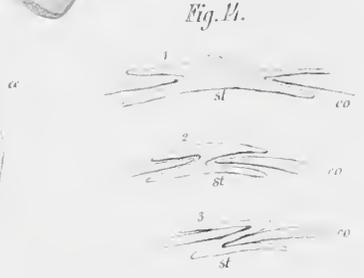
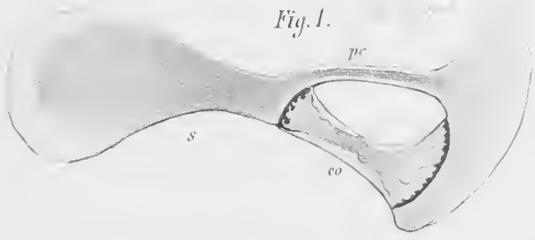
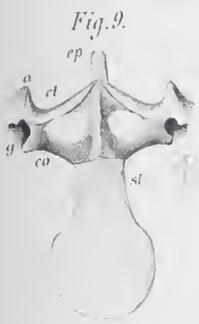
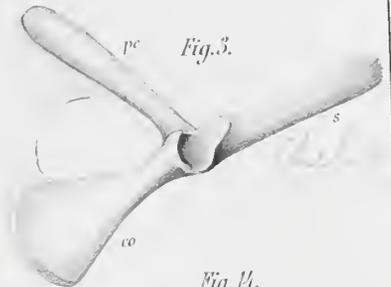
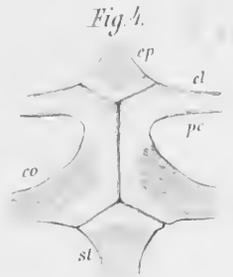
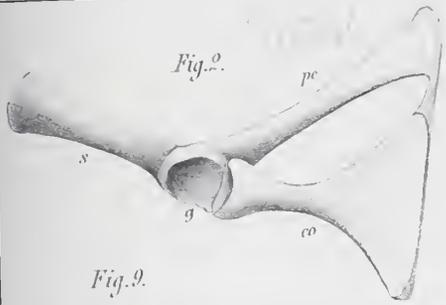




Fig. 8. A

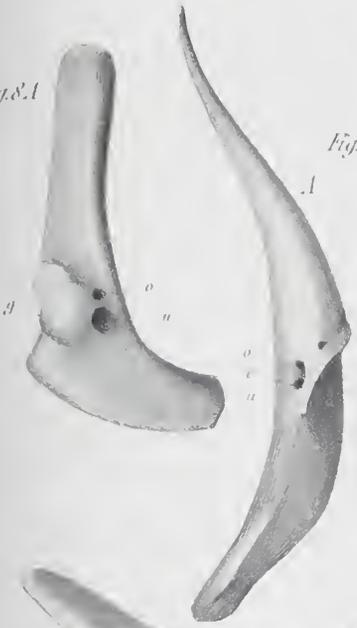


Fig. 1.



Fig. 2.

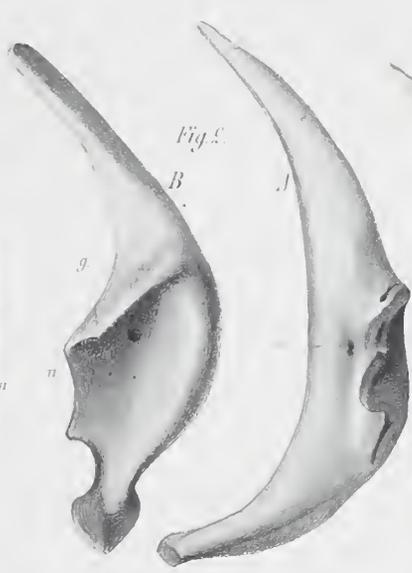


Fig. 4.



Fig. 8. B



Fig. 3.



Fig. 5.



Fig. 7.



Fig. 9.

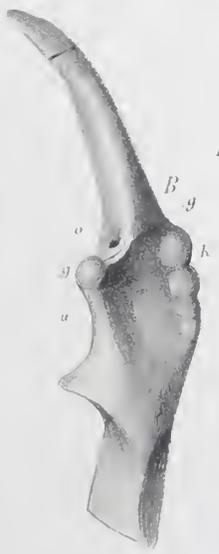


Fig. 6.

