

4/25.-

114

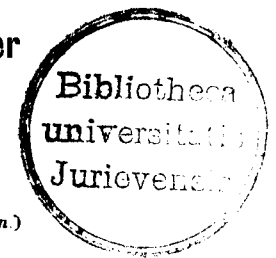
Untersuchungen
über die
Entwicklung des Meckel'schen Knorpels
und seiner Nachbargebilde.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Magisters der Veterinairwissenschaften

verfasst und mit Bewilligung des
Hochverordneten Conseils der Veterinairanstalt zu DORPAT
zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

Alexander Semmer
aus Livland.



(Mit zwei lithographirten Tafeln.)

Ordentliche Opponenten:
Pros. Mag. **E. Semmer.** — Prof. Dr. **Stieda.** — Prof. **F. Unterberger.**

DORPAT 1872.

Druck von Heinrich Laakmann.

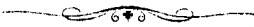
- 25/8

Von der Censur erlaubt. — Dorpat, den 31. August 1872.

Die Untersuchungen, über welche in Nachstehendem berichtet werden soll, sind durch eine Preisfrage veranlasst worden, welche das Conseil der Dorpater Veterinairschule für das Jahr 1869 gestellt hatte; dieselben kommen im Wesentlichen in derjenigen Gestalt zur Veröffentlichung, die sie am Schluss des genannten Jahres erlangt hatten, da ein nachträglich (im Sommer 1871) unternommener Versuch, die betreffenden Verhältnisse auch an einem Vertreter der untersten Wirbelthierclassen zu verfolgen, nicht zum Abschluss gelangt ist.

Meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Prof. Dr. A. Rosenberg, unter dessen Leitung ich meine Untersuchungen ausgeführt, bin ich für vielfache Unterstützung mit Rath und That zu grossem Dank verpflichtet.

D 172 133



Einleitendes.

Indem ich hinsichtlich der specielleren Fragen, welche auf dem von mir in Angriff genommenen Untersuchungsgebiete der Beantwortung noch offen stehen, auf den Text verweise, hebe ich an dieser Stelle zur Begründung des allgemeineren Interesses, welches eine Untersuchung des Meckel'schen Knorpels ¹⁾ und seiner Nachbargebilde beanspruchen darf, nur die Thatsache hervor, dass gegen die bisher allgemeine Geltung habende Anschauung von der Uebereinstimmung, welche der Meckel'sche Knorpel gegen andere Theile des Visceralsceletes zeigt, neuerdings von einem namhaften Forscher entschiedener Protest eingelegt worden ist.²⁾

Dieser Protest macht eine erneute Untersuchung des Verhaltens des Meckel'schen Knorpels und seiner Nachbargebilde bei den verschiedenen Wirbelthierabtheilungen erforderlich und lässt dieselbe um so gebotener erscheinen, als erst nach Fest-

1) Der Meckel'sche Knorpel ist das knorpelige, bei niederen Wirbelthieren persistirende, bei höheren transitorische Axengebilde des Unterkiefers, welches im Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens sich differenzirt. Er entwickelt sich ausnahmslos bei allen Gnathostomen, fehlt unter den Cranioten also nur den Cyclostomen, und ist deshalb ein fast ebenso allgemeines Attribut des Wirbelthieres, wie die Chorda dorsalis.

Die vorstehende Definition enthält Thatsachen, welche auch von Peters nicht in Abrede gestellt werden. Aus ihr folgt ohne Weiteres die Homologie dieses Gebildes, soweit dasselbe im Unterkiefer gelegen, für alle Wirbelthierclassen.

2) cf. Text S. 31.

stellung des Verhaltens, welches der Meckel'sche Knorpel, als ein durch feste topographische Beziehungen wohlcharacterisierter Scelettheil, zu den Nachbargebilden zeigt, die Deutung dieser letzteren (Articulare, Quadratum und Columella (Operculum), Hammer, Ambos und Steigbügel), die nichts weniger als unbestritten ist, erfolgreich unternommen werden kann.

Betreffs der Untersuchungsmethode habe ich von Präparationen unter der Loupe aus leicht ersichtlichen Gründen Abstand nehmend, das bei entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten neuerdings allgemein geübte, bekannte Verfahren befolgt, die entsprechend vorbereiteten (erhärteten und gefärbten) Untersuchungsobjecte in für die mikroskopische Untersuchung geeignete Schnittserien, die später eingeschlossen werden, zu zerlegen.

I. Amphibien.

Die Entwicklung des Meckel'schen Knorpels mit dem Articulare, sowie die Entstehung der Decklamellen der Unterkiefer und die Bildung des Quadratum und Operculum habe ich bei Triton taeniatus untersucht. Zur Wahl gerade dieses Untersuchungsobjectes bestimmte mich vor Allem der Umstand, dass der Triton zu denjenigen Sozuren gehört, die sich in ihrer Organisation noch verhältnissmässig wenig vom ursprünglichen Amphibientypus entfernt haben, weshalb derselbe in vergleichend anatomischer Hinsicht ein viel günstigeres Object abgibt, als der leichter zu erlangende, aber bereits eine weit aberrantere Form darstellende Frosch.

Ausserdem eignet sich der Triton seiner Kleinheit wegen vortrefflich gerade für die von mir befolgte Untersuchungsmethode.

Den entwicklungsgeschichtlichen Angaben schicke ich Notizen über die betreffenden Verhältnisse beim ältesten Triton, den ich erlangen konnte, voraus, da sich im Verlaufe der Beobachtungen ergab, dass dieselben erst unzureichend bekannt sind.

Der Meckel'sche Knorpel mit dem Articulare.

Historisches.

Aus den von Dugès¹⁾ für ein dem Triton nahverwandtes Untersuchungsobject gemachten Angaben geht hervor, dass bei ausgewachsenen Salamandern das Articulare verknöchert ist (es verschmilzt

1) Dugès, Recherches sur l'osteologie et la myologie des Batraciens à leurs différents âges. Mémoires prés. par div. sav. à l'Acad. des Sciences. Sc. math. et phys. T. VI. Paris 1835, S. 161.

mit dem medialen Deckknochen) und dass der persistirende Meckel'sche Knorpel in den lateralen Deckknochen (cf. diese) sich hineinerstreckt. Ob er die Symphyse erreicht, wird nicht mitgetheilt.

Reichert¹⁾ findet bei alten Tritonen fast nur das verknöcherte Articulare noch erhalten. Der Meckel'sche Knorpel ist meist vollkommen atrophirt, nur zuweilen persistiren einzelne Abschnitte desselben als „rudimentäre Knochenstücke, welche an der innern Fläche des Unterkiefers lose oder in einer Rinne sich befestigen.“

Nach Stannius²⁾ besitzen alle Amphibien im Unterkiefer einen primitiven Bogen (den Meckel'schen Knorpel), der ganz oder grösstentheils in knorpeligem Zustande zu verharren pflegt und immer den Gelenktheil des Unterkiefers (d. Articulare) bildet. Huxley³⁾ theilt mit, dass bei Amphibien das Articulare, welches zuweilen verknöchert, continuirlich in den Meckel'schen Knorpel übergeht, der stets als solcher persistirt.

Gegenbaur⁴⁾ führt an, dass im Unterkiefer der Amphibien der den manchmal ossificirenden Gelenktheil bildende primordiale (Meckel'sche) Knorpel persistirt.

Eigene Untersuchungen.

Das im Querschnitt annähernd ovale Articulare bildet den bei weitem grössten Theil des hinteren Unterkieferabschnittes, indem das unter ihm gelegene rinnenförmige hintere Ende des Angulare im Verhältniss zu ihm ziemlich dünn ist (cf. Fig. IV.). Oben ist es abgeplattet und bildet hier die leicht convexe, lateralwärts und besonders nach hinten und unten geneigte Articulationsfläche für das Quadratum. An die Gelenkfläche stösst eine ziemlich starke Schicht verkalkten Knorpelgewebes; an seiner übrigen Peripherie ist das Articulare in ziemlich dünner

1) Reichert, Vergleichende Entwicklungsgeschichte des Kopfes der nackten Amphibien etc. Königsberg 1838, S. 126.

2) Stannius, Handbuch der Zootomie. Th. II, 2. 2. Auflage, Berlin 1856, S. 37.

3) Huxley, Lectures on the elements of comparative anatomy. London 1864, S. 217.

4) Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie, 2. umgearbeitete Auflage. Leipzig 1870, S. 649.

Schicht verknöchert und mit dem Angulare fest verwachsen. Der centrale Theil des Articulare wird seiner ganzen Länge nach von einem Markraum eingenommen, dessen Lumen von dicht gedrängten und deshalb polyedrisch gestalteten kolossalen Fettzellen mit geschrumpften wandständigen Kernen erfüllt ist. Nach rückwärts läuft das Articulare, sich rasch verjüngend, in eine abgerundete Spitze aus, die aus verkalktem Knorpelgewebe besteht. Nach vorn setzt sich das Articulare als Meckel'scher Knorpel fort.

Der Meckel'sche Knorpel, der sich in seinem Verlauf nach vorn allmählig verjüngt, ist zunächst bis gegen die Unterkiefermitte im Querschnitt oval, sodann kreisförmig, stellt also einen cylindrischen Stab dar, dessen hintere Hälfte seitlich leicht comprimirt ist. Sein hinterer stärkster, aus dem Articulare hervorgehender Theil ist ebenfalls verkalkt und fast an seiner ganzen Peripherie verknöchert; die betreffende Knochenlamelle ist mit dem unter ihr und an ihrer medialen Seite gelegenen Angulare zum Theil verschmolzen, von dem an ihrer lateralen Seite gelegenen Dentale jedoch durch Periost getrennt. Soweit der Meckel'sche Knorpel an seiner Peripherie ossificirt ist, bis an den vorderen Theil des hinteren Unterkieferdrittels, enthält er einen Markraum, der mit dem des Articulare zusammenhängt und ein verhältnissmässig enges Lumen hat. Von dem vorderen Ende des Markraumes ab, ist der schon bedeutend verjüngte Knorpel noch ein kurzes Stück, bis in den hinteren Theil des mittleren Unterkieferdrittels, verkalkt. Von hier ab besteht er aus noch gut erhaltenem hyalinem Knorpel mit rundlichen, ovalen oder etwas abgeglatteten, in ihrem fein granulirten Protoplasma deutliche runde Kerne enthaltenden Zellen in bedeutender, vollkommen homogener Grundsubstanz.

Bis in den hintern Theil der vorderen Unterkieferhälfte wird er vom Angulare und Dentale fest umschlossen, von da ab wird er nur von letzterem umfasst und verläuft so als cylindrischer sehr stark sich verjüngender Knorpelstrang bis gegen

die Mitte des vorderen Unterkieferdrittels, wo er, mit verkalkter und zum Theil ossificirter Spitze aufhörend, eine Unterbrechung in der Continuität zeigt und erst hart vor der Symphyse der Unterkiefer wieder auftritt. An der Symphyse stösst sein vorderes, verbreitertes und nach oben gerichtetes Ende an eine zwischen beiden Dentalien liegende Faserknorpelmasse, durch welche es von dem entsprechenden Ende des Knorpels des andern Unterkiefers getrennt ist. Der laterale Theil dieses Symphysenstückes des Meckel'schen Knorpels ist ebenfalls zum Theil ossificirt (cf. Fig. IX).

Die Entwicklung des Meckel'schen Knorpels mit dem Articulare.

Historisches.

Dugès¹⁾ giebt beiläufig an, dass bei vor Kurzem ausgeschlüpften Salamanderlarven das knorpelige Articulare sich nach vorn in den Meckel'schen Knorpel fortsetzt, und dass dieser bis zur Symphyse sich erstreckt.

Reichert²⁾ lässt bei Tritonlarven, die schon ziemlich lange Vorderextremitäten haben, an welchen eben die Finger sich zu bilden beginnen, den Meckel'schen Knorpel aus dem ersten Visceralbogen entstehen, indem in demselben etwas oberhalb der Mitte eine Trennung sich ausbildet, die ihn in ein kleineres oberes Stück, das Quadratum, und in ein etwas längeres, den Meckel'schen Knorpel, theilt. Dieser letztere verläuft nach vorn und unten und vereinigt sich mit dem der anderen Seite in der Medianebene des Körpers.

Eigene Untersuchungen.

Die erste Anlage des Meckel'schen Knorpels tritt bei Tritonlarven von 4,5 mm. Länge auf. Die Unterkieferfortsätze des ersten Kiemenbogens sind in diesem Stadium noch äusserst kurz, ihre vorderen, in der Medianebene in einander übergehen-

den, noch unter der hinteren Hälfte der secundären Augenblasen befindlichen Enden werden von den Oberkieferfortsätzen nach vorn hin weit überragt, so dass die Mundspalte vollkommen ventral gelagert ist. Der Meckel'sche Knorpel ist hier erst in seinem hintern, hart hinter und zum Theil unter der Augenblase gelegenen, dem Articulare entsprechenden Theil angelegt. Die im Querschnitt annähernd rundliche Anlage ist noch sehr unbestimmt gegen die Umgebung abgegrenzt und nur dadurch kenntlich, dass die Zellen derselben kleiner sind und dichter zusammengedrängt liegen, als die Zellen der Umgebung. Im weiteren Verlauf der Entwicklung macht die Differenzirung des Meckel'schen Knorpels rasche Fortschritte und schon bei einer 6 mm. langen, eben aus dem Ei geschlüpften Larve erreicht der Knorpel die Medianebene, wo er mit dem gleichnamigen Gebilde der andern Seite zusammenstösst. Dieses vordere Ende des Meckel'schen Knorpels besteht ursprünglich zum grössten Theil aus nur einer Reihe scheibenförmiger, senkrecht gestellter, dicht bei einander gelagerter Zellen.

Später ist es vorzugsweise die hintere Hälfte des Meckel'schen Knorpels, die rasch an Länge und Durchmesser zunimmt, durch weitere Differenzirung des Gewebes in hyalinen Knorpel übergeht und durch Perichondriumbildung gegen die Umgebung sich abgrenzt. Sie hat zunächst eine annähernd cylindrische Gestalt, geht aber bald in eine im Querschnitt ovale Form über, indem zugleich der hintere, stärkste, stumpf endigende, dem Articulare entsprechende Theil von oben her sich abzuplatten beginnt, wodurch eine leicht convexe Gelenkfläche für das Quadratum gebildet wird.

Die vordere, unter ziemlich scharfer Krümmung sich medianwärts wendende und im flachen mit der Concavität nach oben gerichteten Bogen die Symphyse erreichende Hälfte des Meckel'schen Knorpels nimmt eine rein cylindrische Gestalt an. Das vordere Ende besteht noch längere Zeit hindurch aus der bereits erwähnten Zellenreihe (cf. Fig. III), und erst bei

1) Dugès, l. c. S. 174. Figg. 90, 91.

2) Reichert, l. c. S. 102.

einer 10 mm. langen Larve hat es, jetzt aus hyalinem Knorpel bestehend, an Umfang zugenommen. Die in der Medianebene mit einander verschmolzenen Enden der beiden Meckel'schen Knorpel platten sich ein wenig ab und richten sich zugleich etwas in die Höhe. Gegen die Verschmelzungsstelle beginnen bei 15 mm. langen Larven von unten her grosskörnige Zellen emporzuwuchern, die die Verlänger des bei erwachsenen Tritonen zwischen den vorderen Enden der Dentalien gelegenen Faserknorpels bilden.

Bei den ältesten untersuchten, 36,3 mm. langen Larven übertrifft der Meckel'sche Knorpel an Volumen den entsprechenden Theil des Knorpels bei erwachsenen Tritonen ganz bedeutend; am mächtigsten entwickelt ist das Articulare; nach vorn hin verjüngt sich der bis zur Unterkiefermitte im Querschnitte ovale, von da ab cylindrische Meckel'sche Knorpel allmähig bis an die Symphyse hin, wo die Zellen der Anlage des Faserknorpels die Schenkel des Symphysenstückes von unten her schon stark aus einander gedrängt haben.

Bei erwachsenen Tritonen ist besonders das Articulare in seinen Durchmesser schon erheblich reducirt. Dasselbe, das die gleiche Gestalt, wie beim ältesten von mir untersuchten Triton besitzt, ist nur unbedeutend an seiner medialen und unteren Wand ossificirt und mit dem Angulare zum Theil schon verschmolzen. Im Uebrigen besteht es seiner ganzen Ausdehnung nach aus hyalinem Knorpelgewebe. Vom Articulare ab ist der Meckel'sche Knorpel, wenngleich bedeutend atrophirt, so doch noch knorplig erhalten bis fast gegen die Mitte des vorderen Unterkieferdrittels, von wo ab er fast vollständig ossificirt, mit dem ihn einschliessenden Dentale jedoch noch nicht verschmolzen ist, so dass er noch, erst im Dentale, sodann in einer an dessen unterem medialen Rande befindlichen Rinne gelegen, bis an die Symphyse verfolgt werden kann; das verbreiterte, in der Substanz des hier schon stark entwickelten

Faserknorpels eingebettete Symphysenstück ist noch vollständig knorplig.

Bei einem sehr grossen Tritonweibchen ist das Articulare bis auf den von einer ziemlich starken Knorpelschicht gebildeten Gelenktheil und sein hinteres stumpfes Ende schon vollständig ossificirt und mit dem Angulare fest verwachsen (cf. Fig. IV.). In seinem Innern befindet sich ein von Fettzellen und Gefässen eingenommener Markraum von ziemlich bedeutendem Lumen, der sich eine kurze Strecke weit in die knöcherne Axe des hintern, an seiner Peripherie gleichfalls verknöcherten Theiles des Meckel'schen Knorpels fortsetzt. Das kurze ossificirte Stück der Peripherie des Meckel'schen Knorpels ist mit dem Angulare theilweise verwachsen. Von hier ab bis gegen die Mitte des vorderen Unterkieferdrittels ist der nach vorn hin stark sich verjüngende und weiter als beim vorhergehenden Stadium atrophirte Meckel'sche Knorpel noch hyalin und gegen die ihn deckenden Unterkieferknochen durch sein Perichondrium scharf abgegrenzt (cf. Fig. V. und VI.). Sein vorderes sehr verschmälertes Endstück ist vollständig ossificirt und mit dem Dentale schon so verschmolzen, dass sein Verlauf nicht mehr bis an die Symphyse verfolgt werden kann. An letzterer ist sein im Symphysenfaserknorpel eingebettetes Ende noch vollständig knorplig erhalten (cf. Fig. VIII.). Gerade bei diesem Stadium lässt sich zwischen den grossen ovalen, mit grossen länglichen Kernen versehenen Zellen des Symphysenknorpels, die in spärlicher, durch Carmin etwas tingirter Grundsubstanz liegen, und den kleineren, meist rundlichen und rundkörnigen, in mächtiger, ungefärbt gebliebener Grundsubstanz eingeschlossenen Zellen des Meckel'schen Knorpels eine ganz scharfe Grenze wahrnehmen.

Die Deckknochen des Unterkiefers.

Historisches.

Bevor ich über die Angaben der einzelnen Autoren referire, erscheint es im Interesse später vorzunehmender Vergleichen geboten, eine Uebersicht der Unterkieferdeckklamellen derjenigen Wirbelthierclassen voranzuschicken, die die meisten derselben aufzuweisen haben (Reptilien und Vögel). Für den Unterkiefer jeder Seite¹⁾ sind folgende Deckknochen unterschieden worden:

I. Das Dentale (Cuvier²⁾, Stannius³⁾, Owen⁴⁾, Gegenbaur⁵⁾, Magnus⁶⁾, meist zähnetragend, bildet den vorderen Theil eines jeden Unterkiefers und stösst an der Symphyse der Unterkiefer mit dem gleichnamigen Deckknochen der anderen Seite zusammen, mit demselben entweder nur eine Syndesmose oder Synchronrose eingehend, oder durch Nath sich ihm verbindend (Saurier), oder aber mit ihm verschmelzend (Vögel). Es erstreckt sich meist nur bis zur Mitte jedes Unterkiefers, nur selten weiter, und liegt ursprünglich stets an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels, dessen vorderen Theil es erst spät zu umwachsen pflegt.

II. Das Operculare (Cuvier, Stannius, Gegenbaur, Magnus.), Spleniale (Owen), liegt an der medialen Seite des Meckel'schen Knorpels meist in der Mitte jedes Unterkiefers, wo es gewöhnlich an's

1) Der verbreitete Brauch beide, bei manchen Thieren in der Spmphyse mit einander verschmelzenden Unterkiefer erst mit der Bezeichnung „der Unterkiefer“ zu belegen, ist sowohl in genetischer als in vergleichend-anatomischer Hinsicht unrichtig. Ich schliesse mich deshalb den Autoren an, welche die Bezeichnung „der Unterkiefer“ demjenigen Scelettheile geben, den die ältere Anschauungsweise erst als „Unterkieferhälfte“ auffasst. Es braucht übrigens kaum erwähnt zu werden, dass auch die Bezeichnungen „rechter“ und „linker“ Unterkiefer noch Collectivnamen bleiben.

2) G. Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*. Sec édit. Tome IV, 1. Paris 1835, pag. 16–19, und *Recherches sur les ossements fossiles*. Tome X. Paris 1836, pag. 43–45.

3) Stannius, l. c. S. 53, 54, 57, 58.

4) Owen, *On the anatomy of vertebrates*. London 1866, vol. I, S. 130, 131, 141, 151; vol. II, S. 56, 57.

5) Gegenbaur, *Grundzüge der vergleichenden Anatomie* 2. umgearbeitete Auflage. Leipzig 1870, S. 655, 656.

6) Magnus, *Untersuchungen über den Bau des knöchernen Vogelkopfes*; *Zeitschrift für wiss. Zool.* von Siebold und Kölliker. Leipzig 1850, Band XXI, S. 97, 98, 99.

hintere Ende des Dentale anstösst. Manchmal erstreckt es sich weiter nach vorn, wobei es an die mediale Fläche des Dentale sich anlegt und mit derselben zuweilen verschmilzt. Nie reicht es bis an die Symphyse.

III. Das Complementare (Cuvier, Stannius, Gegenbaur, Magnus), Coronoideum (Owen), ist gleichfalls an der medialen Seite des Unterkiefers hinter und zum Theil über dem Operculare gelegen. Mit seinem vorderen zugespitzten Ende kann es die untere Hälfte der medialen Fläche des Dentale erreichen. Nach hinten zu breiter werdend bildet es in der hinteren Unterkieferhälfte fast die ganze mediale Wand derselben und zieht sich hier meist in einen Proc. coronoideus aus.

IV. Das Angulare, unmittelbar nnter dem Articulare gelegen, bildet den hinteren, unteren Theil jedes Unterkiefers. Zur Aufnahme des Articulare ist es rinnenförmig ausgehöhlt. Nach vorn erstreckt es sich bis ans Dentale, medianwärts gelangt es ans Complementare, lateralwärts ans Supraangulare.

V. Das Supraangulare liegt an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels und grenzt mit seinem untern Rande seiner ganzen Länge nach ans Angulare. Vorn stösst es ans hintere Ende des Dentale; sein hinteres Ende spitzt sich zu und legt sich an die laterale Seite des Articulare, zuweilen einen Theil der Gelenkfläche bildend.

Bei Salamandern findet Dugès¹⁾ zwei Stücke, von welchen das eine, das mit dem Articulare verschmolzen ist, dem Angulare, Operculare und Complementare verglichen wird, während das andere, Zähne tragende Stück, in welches der Meckel'sche Knorpel sich hineinbiegt, dem Dentale und Supraangulare entsprechen soll.

Cuvier²⁾ beschreibt bei Salamandern im Unterkiefer ebenfalls zwei Stücke, ein Zähne tragendes Dentale und ein hinteres nicht weiter benanntes Stück, das einen Processus coronoideus entwickelt und mit dem Articulare verschmolzen ist.

Huxley³⁾ erwähnt bei Amphibien ein Dentale und ein Angulare. In einer neueren Mittheilung⁴⁾ werden das Dentale, das

1) Dugès, l. c. S. 161, Figg. 87, 88.

2) Cuvier, *Recherches etc.* Tome X, S. 318.

3) Huxley, l. c. S. 217.

4) Huxley, *A manual of the anatomy of vertebrated animals*. London 1871.

Spleniale und das Angulare aufgeführt; die Existenz des letzteren erscheint Huxley nicht ganz festgestellt. Owen¹⁾ findet ein Dentale, ein Angulare und ein Spleniale. Nach Gegenbaur²⁾ besitzen manche Amphibien das Dentale, Angulare und Operculare; meist finden sich nur die beiden erstgenannten Stücke:

Eigene Untersuchungen.

Jeden Unterkiefer setzen zwei Deckknochen zusammen (cf. Fig. IV — IX.). Von ihnen entspricht der eine, wie später näher begründet werden soll, dem Dentale, Supraangulare und Operculare, der andere dem Angulare und Complementare. Der Kürze wegen wird in Folgendem der erste einfach als Dentale, der zweite als Angulare bezeichnet werden. Das Angulare beginnt unter dem hintern Ende des Articulare als dünne, schmale Lamelle, die nach vorn dicker und breiter werdend, mit ihrer oberen entsprechend gekrümmten Fläche das Articulare medianwärts bis an die Gelenkfläche hinauf umfasst und mit demselben vollständig verwachsen ist. Von dem vorderen Theil des Articulare ab rückt das jetzt mehr winklig gekrümmte Angulare mehr an die mediale Seite des Meckel'schen Knorpels und verbreitert sich zugleich stark, mit seinem untern Rande unter dem Knorpel ruhend, während der obere, stark verdickte Rand weit über ihn hinaufreicht und ganz nahe an das Pterygoideum herantritt (cf. Fig. V). So weit der Meckel'sche Knorpel an seiner Peripherie ossificirt ist, ist das Angulare mit ihm zum Theil verwachsen. Zur Mitte des Unterkiefers hin verschmälert sich das Angulare ziemlich rasch und endet mit dünner, an der medialen unteren Knorpelseite gelegener Spitze im hintern Theil der vorderen Unterkieferhälfte.

Das hintere Ende des lateralwärts convexen Dentale beginnt an der lateralen Wand des vorderen Theiles vom Arti-

1) Owen, l. c. S. 87.

2) Gegenbaur, l. c. S. 649.

culare und rückt, sich verbreiternd, mit seinem untern Rande unter das Angulare, während sein oberer verdickter Rand im hinteren Unterkieferdrittel über den Knorpel hinaufreicht und an den oberen Rand des Angulare sich anlegt, wodurch der Meckel'sche Knorpel vollständig von beiden Deckknochen eingeschlossen wird. Starkes Periost verbindet die aufeinander treffenden Ränder der beiden Knochen. Von einer kleinen Hervorragung des oberen verdickten Randes entspringt der *M. mylo-hyoideus* (*Sous-maxillaire* Dugès). In dem Maasse, wie sich das Angulare verschmälert und am Knorpel hinabrückt, folgt ersterem ein, die erwähnte Muskelcriste tragender Theil vom Dentale, der deshalb von dem vorderen Ende des Angulare ab auf den unteren Rand des Dentale stösst, mit welchem er durch stark entwickeltes Periost verbunden ist.

Der Canal, in welchem der hier stark atrophirte Meckel'sche Knorpel liegt, wird nur noch vom Dentale gebildet. In der vorderen Hälfte des vorderen Unterkieferdrittels, wo das Dentale in scharfer Krümmung zur Medianebene sich wendet, ist der untere Rand des Dentale mit dem Fortsatz seines oberen Theiles und dem ossificirenden Meckel'schen Knorpel vollständig verwachsen. An der Symphyse stossen beide Dentalien durch Vermittlung des bereits erwähnten Symphysenknorpels zusammen.

Die Entwicklung der Deckknochen des Unterkiefers.

Historisches.

Dugès¹⁾ findet bei vor Kurzem ausgeschlüpften Salamanderlarven 3 Deckknochen. Der grösste derselben, der die vordere Hälfte des Meckel'schen Knorpels von aussen her bedeckt, wird als Dentale bezeichnet. Ein zweites, wie das Dentale Zähne tragendes Stück, das nach innen und oben vom Meckel'schen Knorpel, zwischen demselben und dem hinteren Ende des Dentale, gelegen ist und um die Zeit des Verschwindens der äussern Kiemen mit dem Dentale

1) Dugès, l. c. S. 173, 174; Figg. 90, 91.

verwächst, spricht Dugès als Supraangulare an. Das dritte, der Grösse nach mittlere Stück, welches der Innenfläche der hinteren Hälfte des Meckel'schen Knorpels anliegt und später mit dem Articulare verschmilzt, wird als Operculo-angulare gedeutet.

Nach Reichert¹⁾ bilden sich bei jungen Tritonlarven erst 2 bezähnte Knochenblättchen an der medialen Seite des Meckel'schen Knorpels. Beide Lamellen verschwinden jedoch später wieder, die vordere mit dem Meckel'schen Knorpel zugleich, die hintere schon früher. Erst bei älteren Tritonlarven bilden sich wieder meist 3 Knochenlamellen, ein bezählter, an der Symphyse mit dem gleichnamigen Stück der andern Seite verbundener unterer Zwischenkiefer (d. Dentale), ein an der lateralen Seite des hinteren Knorpeltheiles auftretender zahnloser Knochen (d. Supraangulare) und ein unter dem hinteren Ende des Meckel'schen Knorpels gelegener Knochen (d. Angulare), der an der innern Fläche des Articulare emporsteigt und dadurch gleichsam einen Proc. coronoideus bildet. Alle 3 Knochen verwachsen frühzeitig und innig miteinander.

Eigene Untersuchungen.

Bei 8 mm. langen Larven sieht man gegen die Unterkiefermitte an dem medialen oberen Theil des Meckel'schen Knorpels eine kurze, medianwärts leicht convexe, zarte, homogene Lamelle sich bilden, welche die Basen der bereits bei 6 mm. langen Larven deutlich angelegten und hier schon gut ausgebildeten konischen Zähne mit einander verbindet und die erste Anlage des Operculare darstellt. Bald treten noch 2 weitere Lamellen auf, eine an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels liegende, lateralwärts convexe, an ihrem vorderen Theil ebenfalls Zähne tragende Lamelle, die sich von der Symphyse bis in's hintere Unterkieferdrittel erstreckt und der Lage nach dem Dentale und Supraangulare entspricht und eine zweite rinnenförmige, die, zum Theil unter, zum Theil an der medialen untern Wand des Meckel'schen Knorpels gelegen, von dem vorderen Theil des Articulare bis nahe an die Unterkiefermitte sich er-

streckt und dem Angulare und Complementare entspricht. Alle 3 Lamellen erscheinen noch bei 12,3 mm. langen Larven vollkommen homogen; später findet mit der Einbettung von Osteoblasten die Bildung von Knochengewebe statt, während namentlich das Dentale und Angulare zugleich an Länge und Mächtigkeit zunehmen. Das Dentale verlängert sich bis an die vordere Hälfte des Articulare, das Angulare nach hinten zu bis an's hintere Ende des letzteren, nach vorn bis in die vordere Unterkieferhälfte hinein. Das Operculare bleibt verhältnissmässig kurz.

Bei den 36,3 mm. langen Larven beginnt das Dentale gegen die Mitte der vorderen Hälfte vom Articulare. Bis gegen die Unterkiefermitte liegt es mit einem Theil seines untern Randes unter dem Knorpel, während der obere Rand bis an die Mitte des Knorpels hinaufreicht. Von da ab reicht das Dentale mit seinem oberen Rande bis über den Knorpel hinauf, ihn somit an seiner ganzen lateralen Seite umfassend. Zum vorderen Ende hin rückt die ganze Lamelle am Knorpel hinauf, legt sich mit ihrem untern Rande an die laterale Seite des Knorpels, während der obere hier Zähne tragende Rand bedeutend über den Knorpel sich erhebt. Diese Lage beibehaltend, wendet sich das Dentale unter scharfer Krümmung zur Symphyse hin, wo es über und vor dem Schlussstück des Meckel'schen Knorpels mit der gleichnamigen Lamelle des andern Unterkiefers in Berührung tritt.

Das Angulare, unter dem hinteren Ende des Articulare beginnend, von welchem es vollständig getrennt ist, verläuft als rinnenförmig gekrümmtes Blättchen erst unter dem Meckel'schen Knorpel, dessen untere mediale Seite umfassend, nach vorn und rückt in seinem vorderen Theil mehr an die mediale untere Wand des Knorpels, wo es in dem hinteren Theil der vorderen Unterkieferhälfte in eine Spitze ausläuft.

Das Operculare ist eine verhältnissmässig nur kurze 2—3 Reihen Zähne tragende Knochenlamelle, die über dem vorderen

1) Reichert, l. c. S. 95, 97, 98, 105, 126.

Ende des Angulare gelegen, den Knorpel hier an seinem medialen oberen Theil deckt.

Bei erwachsenen jungen Tritonen existiren nur noch 2 discrete Knochen, die sich wie das bereits beschriebene Angulare und Dentale des ältesten Tritons verhalten. Dem Operculare der Larven entspricht der vom oberen Rande des Dentale an der medialen Seite des Knorpels sich hinab erstreckende Fortsatz. Da dieser hier keine Zähne trägt, müssen dieselben während weiterer Entwicklung der Larven atrophirt sein.

Das Quadratum.¹⁾

Historisches.

Dugès²⁾, der das Quadratum der Salamander als Tympanicum bezeichnet, führt von ihm an, dass es in seinem Mittelstück in bedeutender Ausdehnung ossificirt sei, während das obere, wie das untere Ende knorplig persistiren. Das obere Ende legt sich an den „rocher“ (Pro-oticum) an und trifft daselbst mit dem „cartilage adgustal“ zusammen; das untere Ende bildet die Gelenkfläche für's Articulare. Medianwärts wird das Tympanicum vom Pterygoideum, lateralwärts vom „Temporo-mastoidien“³⁾ bedeckt.

1) In Bezug auf die allgemeinen Verhältnisse des Quadratum der unteren Wirbelthierclassen, sowie betreffs der Beziehungen desselben zum „Palato-quadratum“ Huxley's (l. c. S. 176) muss auf die ausführlichen Schilderungen bei Huxley und Gegenbaur verwiesen werden.

2) Dugès, l. c. S. 30, 31, 160.

3) Hinsichtlich der Deutung dieses von Dugès (l. c. S. 26, 160) mit dem oben angeführten Namen belegten Deckknochens gehen die Ansichten der Autoren weit auseinander. Cuvier (Oss. X. S. 312), Reichert (l. c. S. 68, 69, 103, 123) und Stannius (l. c. S. 36) bezeichnen den in Rede stehenden Knochen als Tympanicum; Huxley (Elem. S. 210, 216, 217) ist geneigt, ihn für das Homologon des Praeoperculum der Knochenfische zu halten und ist neuerdings (Man. S. 177) der Ansicht, dass auch das Squamosum und das Tympanicum in ihm repräsentirt sein könnten; Owen (l. c. S. 86, 88, 89) nennt ihn Masto-tympanicum; Gegenbaur endlich (l. c. S. 647, 648) vergleicht ihn, da er bei einzelnen Amphibien das Trommelfell tragen hilft, dem Tympanicum, führt aber zugleich an, dass die Deutung ihre Schwierigkeit habe und das möglicherweise der fragliche Knochen dem Squamosum der Fische entspreche. Obgleich der Triton bekanntlich zu denjenigen Amphibien gehört, bei denen es gar nicht zur Entwicklung einer Paukenhöhle kommt (cf. Gegenbaur, l. c. S. 774, 776) schliesse ich mich doch derjenigen Ansicht an, welche in diesem Knochen das Tympanicum der Säugethiere sieht, und werde ihn im Text demgemäss bezeichnen.

Eigene Untersuchungen.

Das die Articulation des Unterkiefers mit dem Schädel vermittelnde Quadratum ist in seinem ganzen mittleren Theil annähernd cylindrisch, an seinen beiden Enden stark abgeplattet. Mit seiner untern Endfläche ruht es auf dem Articulare und erstreckt sich von da nach hinten, oben und ein wenig medianwärts zum Pro-oticum hinauf, so dass es mit dem Articulare einen stumpfen Winkel bildet. Seine untere Gelenkfläche ist schwach concav und weit grösser als die des Articulare, weshalb es letzteres lateralwärts und nach hinten überragt (cf. Fig. IV). Auf die Gelenkfläche folgt eine ziemlich dicke Schicht verkalkten Knorpelgewebes; der ganze mittlere Theil des Quadratum ist vollständig ossificirt; an der lateralen Peripherie erstreckt sich die Verknöcherung am weitesten nach aufwärts; die ziemlich starke Knochenlamelle schliesst einen Markraum in sich ein, dessen Lumen von gefässreichem Fettgewebe eingenommen ist. Das obere Ende des Quadratum ist noch grösstentheils knorplig. Vom Markraum ab besteht es zunächst noch aus verkalktem, weiter hinauf aus hyalinem Knorpelgewebe. Die obere entsprechend der untern und äussern Fläche des Pro-oticum stark concav gestaltete Endfläche des Quadratum liegt ersterem zum grössten Theil nur an, zum kleineren Theil ist es mit einer knorplig persistirenden Zone dieses Knochens vollkommen verschmolzen (cf. Fig. XII).

Ein lateraler schwächtiger Fortsatz seiner oberen Endfläche ragt an der lateralen convexen Wand des Pro-oticum hinauf und legt sich hier an's Operculum an (cf. Fig. XI—XIII). An seiner lateralen Fläche ist das Quadratum vom Tympanicum bedeckt, welches bis an die untere Gelenkfläche desselben hinabreicht. Medianwärts grenzt an das Quadratum das Pterygoideum, dem in einer Furche seiner lateralen Fläche der cylin-

drische „Palatknorpel“¹⁾ anliegt. Letzterer, der mit einer vorderen freien Spitze zugleich mit dem Pterygoideum beginnt, erreicht die Schädelkapsel nicht, sondern hört ziemlich nahe vor der Stelle, wo das Quadratum mit dem Schädel verschmilzt, sich zuspitzend, auf.

Die Entwicklung des Quadratum.

Historisches.

Bei Dugès²⁾ findet sich nur die Notiz, dass das Quadratum bei Larven mehr nach vorn geneigt ist, als später, und dass es erst spät verknöchert.

Nach Reichert³⁾ entsteht das Quadratum aus dem oberen Theil des ersten Visceralbogens, aus dessen unterem Abschnitt der Meckel'sche Knorpel gebildet wird. Dasselbe ist mit dem ersten Schädelwirbel verbunden und verläuft von hier ab als breiter plattgedrückter Körper gerade nach unten zum hinteren Ende des Meckel'schen Knorpels, mit welchem es articulirt. Nach der Entwicklung des Ohrlabyrinthknorpels giebt es seine Verbindung mit dem Schädel auf, behält sie höchstens ligamentös bei und heftet sich an die äussere Fläche des Pro-oticum an.

Eigene Untersuchungen.

Gleichzeitig mit der Anlage des Meckel'schen Knorpels tritt auch die des Quadratum auf. Es ist zunächst eine nur unbestimmt umgrenzte zum Gehörbläschen hinaufgerichtete, nach oben an Durchmesser zunehmende Gruppe von dicht gedrängten Zellen, die die gleiche Beschaffenheit mit den Zellen der Anlage des Meckel'schen Knorpels zeigen. Später verlängert sich das Quadratum, an Durchmesser zunehmend, in der Richtung nach oben und zugleich ein wenig nach hinten und median-

1) Ich habe diese Bezeichnung gewählt, weil sie das Verhältniss dieses Knorpels zum primordiales Palato-quadratum ausdrückt. Dugès (l. c. S. 159) nennt das betreffende Gebilde bald cart. adgustal, bald Pterygoidien externe; Huxley (Elem. S. 176) bezeichnet es bei Knochenfischen als „cartilaginous pedicle.“

2) Dugès, l. c. S. 171.

3) Reichert, l. c. S. 102, 121, 122.

wärts zum Schädel hin; die bindegewebige¹⁾ Seitenwand desselben erreicht es bei einer circa 7,5 mm. langen Larve und legt sich, nach vorn in eine kurze stumpfe Spitze auslaufend, derselben an. Der laterale Theil seines oberen concaven breiten Endes liegt in der Nähe des Gehörbläschens.

Bei einer 8,8 mm. langen Larve, bei welcher das knorpelige Pro-oticum sich eben zu bilden beginnt, ist das Quadratum an dem medialen Theil seines oberen Endes mit der hier schon aus hyalinem Knorpel bestehenden Seitenwand des Primordialcraniums vollkommen verschmolzen, während der laterale und hintere Theil seines oberen concaven Endes die durch's Pro-oticum gebildete untere Wand des Vestibulum erreicht und sich, von deutlichem Perichondrium überkleidet, derselben anlegt. Das erst nur wenig nach hinten geneigte Quadratum nimmt im weiteren Verlauf der Entwicklung eine mehr schräge Lage ein, nunmehr einen stumpfen Winkel mit dem Articulare bildend, wobei seine untere erst einfach convexe Gelenkfläche sich abplattet und, an Mächtigkeit zunehmend, die des Articulare nach hinten und lateralwärts überragt. Sein oberes, dem Pro-oticum entsprechend concav gestaltetes breites Ende, am medialen Theil in ziemlich beträchtlicher Ausdehnung mit dem Primordialcranium verschmolzen, entsendet an seinem lateralen unter dem Pro-oticum gelegenen Theil einen spitzen Fortsatz noch lateralwärts und ein wenig nach oben, wo derselbe sich an die laterale, bei

1) Die Differenzirung des knorpeligen Primordialcranium beginnt erst bei einer circa 7 mm. langen Larve, bei welcher der Meckel'sche Knorpel, wie das Quadratum bereits weit in d. Entwicklung vorgeschritten sind, u. betrifft zuerst die vordere Basalzone desselben. Erst bei 8 mm. langen Larven beginnt auch die bisher bindegewebige Seitenwand des Cranium, da wo das Quadratum sich derselben anlegt, von unten her sich in Knorpel umzuwandeln und sodann mit dem anliegenden Theil des Quadratum zu verschmelzen.

Aus dieser Beobachtung, die im Gegensatz steht zu den Angaben von Stan-
nius (l. c. S. 38) und Gegenbaur (l. c. S. 649), denen zu Folge der Kiefernstiel sich im Zusammenhang mit dem Primordialcranium anlegt, und zu keiner Zeit getrennt existirt, folgt, dass ein „Cranio-facialknorpel“ wenigstens bei Triton nicht vorhanden ist.

den ältesten, 36,3 mm. langen Larven schon merklich verdickte Wand des Vestibulum anlegt (cf. Fig. X.).

Bei den erwähnten Larven ist das ganze Quadratum noch hyaliner Knorpel. An seiner lateralen Fläche sieht man das Tympanicum angelegt. Dasselbe besteht ursprünglich aus 2 sehr dünnen, homogenen Lamellen, einer oberen längeren, an der lateralen Wand das Vestibulum und dem oberen Theil des Quadratum gelegen, und einer unteren kürzeren Lamelle. Vom Pterygoideum und dem Palatknorpel ist noch nichts zu entdecken.

Bei jüngeren Tritonen ist das Quadratum in seinem ganzen mittleren Theil bereits ossificirt und schliesst einen Markraum mit Fettzellen in sich. Sein unterer, die Gelenkfläche bildender Theil besteht noch aus hyalinem Knorpelgewebe, ebenso sein oberer Theil, der mit concavem breiten Ende sich an das hier schon fast ganz verknöcherte Pro-oticum anlagert. Der laterale Fortsatz seines oberen Endes legt sich an das Operculum an, während ein medialer Fortsatz mit einem kleinen noch nicht ossificirten Bezirk des Pro-oticum vollkommen verschmolzen ist. Das Tympanicum verhält sich wie beim ältesten Triton. Das Gleiche gilt vom Pterygoideum. Der Palatknorpel ist mit dem medialen Theil des oberen knorpeligen Endes vom Quadratum vereinigt.

Bei dem erwähnten Tritonweibchen ist das Quadratum schon eben so weit wie beim ältesten von mir untersuchten Triton ossificirt, doch sind seine Enden noch nicht verkalkt. Der Palatknorpel ist auch hier noch mit dem oberen Ende des Quadratum verbunden (cf. Fig. XII.).

Das Operculum.

Historisches.

Windischmann¹⁾ beschreibt bei *Salamandra maculata* ein knorpeliges, von Muskeln überlagertes Operculum, welches durch feste

1) Windischmann, De penitiori auris in amphibis structura. Diss. Bonn 1831, S. 8.

Bandmassen mit dem Rande der Fenestra ovalis verbunden und deshalb ziemlich unbeweglich ist. Nach Dugès¹⁾ ist bei Salamandern die Fenestra ovalis durch eine dicke und dünne Knorpelscheibe verschlossen, die dem Steigbügel, oder auch nur der Platte desselben entspricht und starken Muskeln zur Insertion dienen soll.

Cuvier²⁾ führt an, dass bei Salamandern die Fenestra ovalis durch eine Knorpelplatte ohne Stiel verschlossen ist, die unter Muskelbündeln versteckt liegt.

Wie Reichert³⁾ mittheilt, ist bei Tritonen die Fenestra ovalis durch eine knorpelige Haut verschlossen, welche ihre Entstehung dem Ohrlabyrinth-Knorpel verdankt. Mit letzterem steht das Knorpelplättchen (wenigstens bei *Bufo igneus*) „an seiner Peripherie nur häufig im Zusammenhange.“

Stannius⁴⁾ definiert das Operculum der Urodelen, denen Tube und Paukenhöhle fehlt, als eine die Fenestra ovalis verschliessende Platte, die von verschiedener histologischer Beschaffenheit sein kann und mit dem Quadratum in verschiedener Weise sich verbindet.

Nach Gegenbaur⁵⁾ ist bei Urodelen die Fenestra ovalis durch ein mittelst eines Ringbandes befestigtes Knochenplättchen verschlossen. Dieses Operculum entsteht aus dem obersten Abschnitt des zweiten Visceralbogens und ist deshalb dem Hyomandibulare der Fische homolog.

Eigene Untersuchungen.

Das Operculum (cf. Fig. XIII) ist ein kurzer, aus verkalktem Knorpelgewebe bestehender, fast horizontal gelagerter Cylinder, dessen Mantelfläche continuirlich in die Knochensubstanz des Pro-oticum übergeht, weshalb das Operculum vollkommen unbeweglich ist.

Seine dem Vestibulum zusehende Fläche liegt in einer Flucht mit der innern Oberfläche des Pro-oticum; seine äussere,

1) Dugès, l. c. S. 161.

2) Cuvier, l. c. X. S. 311.

3) Reichert, l. c. S. 45, 126.

4) Stannius, l. c. S. 161.

5) Gegenbaur, l. c. S. 647, 774.

ist deshalb die erwähnte Bildungsweise ohne Weiteres ersichtlich. Bei dem erwähnten Tritonweibchen steht das cylindrisch gestaltete, aus hyalinem Knorpel bestehende Operculum auf der Höhe seiner Entwicklung. Dasselbe hat eine beträchtliche Länge (cf. Fig. XII); an seine gewölbte äussere Fläche legt sich der laterale Fortsatz des Quadratum an; lateralwärts ist es vom Tympanicum bedeckt.

II. Vögel.

Die Entwicklung des Meckel'schen Knorpels mit dem Articulare, wie die der Unterkieferknochen, des Quadratum und der Columella bei Vögeln habe ich hauptsächlich an Sperlingen untersucht. Zum Vergleich sind die betreffenden Verhältnisse, soweit sie sich auf frühere Entwicklungsvorgänge beziehen, auch an Hühnerembryonen¹⁾ verfolgt worden.

1) Das der nachstehenden Darstellung zu Grunde liegende Material setzen folgende Untersuchungsobjecte zusammen:

A, ein Sperlingsembryo der von der Spitze des Unterkiefers bis zum hinteren Rande l. Porus acusticus externus 1,1 mm. misst	
B,	1,3 mm.
C,	1,4 "
D,	1,9 "
E,	2 "
F,	2,2 "
G,	3,6 "
H,	5,5 "
I, ein eben aus d Ei geschlüpfter Sperling	11,4 "
K, ein halbflüger Sperling	18,4 "
L, ein Hühnerembryo	2,3 "
M,	3,1 "
N,	5,6 "
O,	7,3 "
P,	11 "

convexe Endfläche ragt ein wenig über die Aussenfläche des Pro-oticum hervor. Seine Beziehungen zum Quadratum haben bereits Erwähnung gefunden.

Die Entwicklung des Operculum.

Historisches.

Windischmann¹⁾ theilt mit, dass bei Larven von Salamandra maculata, welche noch äussere Kiemen haben, im bereits knöchernen Petrosum (Pro-oticum) die Fenestra ovalis noch nicht durch's Operculum, sondern nur durch eine durchsichtige Membran geschossen ist.

Nach Reichert²⁾ verdankt das knorpelige Operculum seine Entstehung dem Ohrlabyrinthknorpel. Die obere knorpelige Abtheilung des zweiten Visceralbogens verkümmert vollkommen. Das Operculum ist deshalb der Columella und dem Stapes nicht homolog.

Eigene Untersuchungen.

Bei den ältesten von mir untersuchten Larven beginnt die vom Pro-oticum gebildete laterale knorpelige Wand des Vestibulum dort, wo der laterale Fortsatz des Quadratum an sie herantritt, sich deutlich zu verdicken (cf. Fig. X). Aus diesem immer weiter sich verdickenden Theil bildet sich, in Uebereinstimmung mit den desfallsigen Angaben von Reichert, das Operculum in sehr einfacher Weise dadurch, dass die das Pro-oticum in späteren Entwicklungsstadien betreffende Verknöcherung in einiger Entfernung von der Achse dieser Verdickung Halt macht.

Bei erwachsenen jüngeren Tritonen ist diese Ossification des Pro-oticum schon so weit vorgeschritten, dass nur ein kleiner, über dem Operculum gelegener Bezirk noch knorpelig ist. (cf. Fig. XI). Zwischen diesem Bezirk und der angrenzenden Peripherie des Operculum besteht vollkommene Continuität, es

1) Windischmann, l. c. S. 8.

2) Reichert, l. c. S. 45, 70, 126

Die Entwicklung des Meckel'schen Knorpels mit dem Articulare.

Historisches.

Neben Meinungsverschiedenheiten in Betreff untergeordneter Verhältnisse bestehen unter den einzelnen Autoren sehr erhebliche Differenzen in Bezug auf die Frage nach der Ausdehnung, in welcher bei Vögeln der Meckel'sche Knorpel sich anlegt, sowie hinsichtlich der Deutung des Articulare. Meckel¹⁾, der den später nach ihm benannten Knorpel auch für Vögel entdeckt hat, giebt an, dass dieses Gebilde bei Vögeln ebenso mit dem knöchernen Articulare zusammenhänge, wie bei Säugethieren mit dem Hammer, und fügt zugleich hinzu, dass man wegen dieses übereinstimmenden Verhaltens Grund habe zur Annahme, dass das Articulare der Vögel und der Hammer der Säugethiere einander homolog seien.

Gegen diese Darstellung tritt Breschet²⁾ auf. Dieser Untersucher, der in der Paukenhöhle der Vögel neben der knöchernen Columella noch einen Ambos und Hammer als discrete Knorpel repräsentirt findet, und deshalb die Homologie zwischen Articulare der Vögel und Hammer der Säugethiere nicht gelten lassen kann, behauptet, dass der von ihm gefundene knorpelige Hammer in derselben Weise in einen knorpeligen Fortsatz sich ausziehe, wie der Hammer der Säugethiere in den Meckel'schen Knorpel übergehe. Dieser, dem Meckel'schen Fortsatz der Säugethiere homologe Fortsatz, der im Text als *Processus mallei gracillimus* bezeichnet wird (entsprechend der Ansicht, die aus dem atrophirenden Meckel'schen Knorpel der Säugethiere den sog. *Proc. gracillimus* (*Proc. long.*, *Folianus*) des Hammers entstehen lässt), verlaufe in einer mit der Convexität nach hinten gerichteten Krümmung durch die Paukenhöhle nach vorn, und lasse sich beim erwachsenen Vogel nicht über die Paukenhöhle hinaus (zum Unterkiefer hin) verfolgen. Dass in früheren Entwicklungsstadien der genannte Fortsatz sich auch in seinen Beziehungen zum Unterkiefer wie der Meckel'sche Knorpel der Säugethiere verhalten werde, scheint Breschet vorausgesetzt zu haben, da er in

1) Meckel, Handbuch der menschlichen Anatomie. Band IV. Halle und Berlin 1820, S. 47.

2) Breschet, *Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'audition chez les oiseaux.* Paris 1836, pag. 24, 29, 30; Taf. II, Fig. 6; Taf. III, Fig. 3; Taf. IV, Fig. 1, 7, 11.

einer weiteren Arbeit, deren Veröffentlichung indessen unterblieben ist, eine Untersuchung der Entwicklung dieses Fortsatzes zu liefern verspricht, offenbar in d. Erwartung, seine Deutungen bestätigt zu sehen.

Die Breschet'schen Angaben bleiben zunächst unberücksichtigt; der nächste Forscher, Reichert¹⁾, dem wir ausführlichere Mittheilungen über die in Rede stehenden Gebilde verdanken, übergeht sie mit Stillschweigen. Nach Reichert kann man beim Hühnerembryo zur Zeit, wenn der Zwischenkiefer schon auffallend aus der Stirnkappe sich hervorhebt, die erste Anlage einer soliden knorpelartigen Bildungssubstanz in den Visceralbogen, den sogenannten Visceralstreifen, auffinden. Später, wenn der obere Zwischenkiefer die Schnabelform anzunehmen beginnt, ist der erste Visceralstreifen in drei Abtheilungen zerfallen — „von welchen die obere sich noch wenig consolidirt hat, die mittlere, kleinere, an der Umbiegstelle nach unten verlaufende, knorpelartig, und die letzte an der respectiven der andern Seite anliegende schon mehr knorpelig geworden sind.“

Aus der untern dieser Abtheilungen geht der Meckel'sche Knorpel mit dem Articulare hervor. Zu einer Zeit, wo das über seinem hinteren Ende liegende (aus dem mittleren Abschnitt des Visceralstreifens sich bildende) Quadratum an seinem oberen Ende bereits Fortsätze getrieben hat, beginnt das hintere Ende des Meckel'schen Knorpels sich zu verdicken und einen Fortsatz „in ähnlicher Weise, wie das Urrudiment des Hammers“, aber in der Richtung nach vorn und innen, zu erzeugen. Nach unten hin haben sich um diese Zeit die beiden Meckel'schen Knorpel gleichfalls verbunden und bilden ein keilförmiges Schlussstück. In späteren Stadien, wo die knöchernen Unterkieferstücke mit einander bereits verwachsen sind, hat der Meckel'sche Knorpel schon zu verkümmern angefangen. Das keilförmige Schlussstück ist nicht mehr vorhanden und auch der übrige Theil hat an Volumen bedeutend abgenommen. Das hintere Ende mit dem Fortsatze erhält sich am längsten unversehrt, bildet mit dem über ihm liegenden Quadratum ein Gelenk und beginnt zu verknöchern. Dieser Prozess schreitet rasch nach vorn vor „so dass die den runden Visceralknorpeln eigenthümliche rothe

1) Reichert, über die Visceralbogen der Wirbelthiere im Allgemeinen und deren Metamorphosen bei den Vögeln und Säugethieren. *Archiv für Anat. und Phys. und wiss. Med. von J. Müller.* Jahrgang 1837, S. 172, 173, 199—201, 205, 206; Taf. VIII, Fig. 8, 9; Taf. IX, Fig. 7.

Knochensubstanz von dem Gelenk und dem innern Fortsatze des Meckel'schen Knorpels bis beinahe durch die ganze knöcherne Unterkieferhöhle hindurch als ein von der umliegenden Knochenmasse sich durchaus unterscheidender Theil verfolgt werden kann. So ist der Zustand bei einem eben aus dem Ei gekrochenen Hühnchen. Später wird die Knochensubstanz weisslich, verwächst untrennbar mit dem Unterkiefer, oder wird auch wohl ganz resorbirt.“ Das verknöcherte Gelenkstück (das Articulare) mit seinem Fortsatze bleibt immer erhalten.

Bruch¹⁾ schliesst sich in seiner Beschreibung des Meckel'schen Knorpels bei Hühnerembryonen vom 10—12 Tage der Bebrütung der von Meckel ausgesprochenen Ansicht über die Homologie des Articulare der Vögel und des Hammers der Säugethiere an. Im erwähnten Stadium findet er im Meckel'schen Knorpel noch keine Spur von Verknöcherung. Die Gelenkverbindung zwischen dem Articulare (Kopftheil des Hammers) und Quadratum (Ambos der Säugethiere) sei jedoch schon ausgesprochen, während der dritte eigenthümlich gestaltete Knorpel, die Columella (Steigbügel) ganz isolirt hinter beiden liege. In der Kinngegend kämen die etwas kolbigen Enden der beiden Meckel'schen Knorpel zwischen den Dentalien hervor, um sich innig aneinander zu legen; sie seien jedoch noch durch eine Art Raphe getrennt, die erst später verschwinde. Die primordiale Verknöcherung im Innern des dem Hammer entsprechenden Theiles, wodurch dieser definitiv in das Articulare umgewandelt werde, finde erst statt, wenn die Deckstücke eine gewisse Ausdehnung erlangt hätten und miteinander in wirkliche Berührung kämen, was zuerst am oberen Ende des Meckel'schen Knorpels, wo er am dicksten sei und eine prismatische Form habe, geschehe. Das ehemalige kolbige Ende des Meckel'schen Knorpels scheine in dem Dentale, von dem es umschlossen werde, unterzugehen, die beiden Fortsätze des Articulare dagegen verknöcherten, erhielten sich und entsprächen dem Manubrium und Processus brevis des Hammers, wie der Processus pterygoideus und temporalis des Quadratbeins die Fortsätze des Ambos der Säugethiere repräsentirten.

Für die Breschet'schen Deutungen tritt in sehr entschiedener Weise Peters²⁾ auf. Auf Grund von Untersuchungen, die vorzugs-

1) C. Bruch, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Knochensystems. S. 155 und 156.

2) W. Peters, Ueber die Gehörknöchelchen und den Meckel'schen Knorpel bei Crocodilen und Vögeln. Monatsbericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin. Nov. 1868, S. 593—595.

weise an Embryonen von Crocodilen¹⁾, ausserdem aber auch an einigen Vögeln angestellt wurden, stimmt er Breschet einmal darin bei, dass bei Reptilien und Vögeln in der Paukenhöhle ein knorpeliger Hammer existire und findet sodann gleichfalls, dass (bei Crocodilen) dieser mit der Columella²⁾ zu keiner Zeit in Continuität stehende, sondern mit ihr articulirende Hammer, dessen Gestalt genauer beschrieben wird, in einen dünnen Knorpel übergeht, der sich, das Articulare in einigen Fällen d u r c h s e t z e n d, durch das Foramen pneumaticum hindurch in den von den Unterkieferdeckknochen umschlossenen Theil des Meckel'schen Knorpels verfolgen lässt und mit ihm ein Continuum bildet.

Peters bezeichnet deshalb den ganzen vom Hammer bis zur Unterkiefersymphyse reichenden Knorpel als Meckel'schen und tritt mit Entschiedenheit gegen die Annahme auf, das Articulare der Reptilien und der Hammer der Säugethiere seien einander homolog: „Es dürfte den mitgetheilten Thatsachen gegenüber nun aber auch die Ansicht, nach welcher das Gelenkstück des Unterkiefers der Amphibien (soll heissen: Reptilien) dem Hammer der Säugethiere homolog sein soll, jede Basis verlieren.“

In Bezug auf die Vögel werden ganz ähnliche Beobachtungen mitgetheilt, wie für die Reptilien, und namentlich wird angegeben, dass Hammer und Columella stets von einander isolirt seien, und dass der erstere in den Meckel'schen Knorpel sich fortsetze.

So hat Peters bei einem Gänseembryo einen soliden Knorpelstrang vom Luftloche des Unterkiefers aus eine Strecke weit in der Richtung nach der Paukenhöhle hin verlaufen sehen, und an einem Embryo von *Spermestes atricapilla* einen dünnen Knorpelstrang von dem in der Paukenhöhle gelegenen Knorpel, den er mit Breschet als Hammer betrachtet, bis zum Articulare verfolgt. Diesen Knorpelstrang, der etwas dünner war als der Meckel'sche Knorpel in dem

1) Die vielfachen Uebereinstimmungen im Bau, welche die Reptilien mit den Vögeln zeigen (— bekanntlich ist Huxley dadurch zum Vorschlag veranlasst worden, beide Wirbelthierclassen zu einer, als „Sauropsida“ zu bezeichnenden Provinz zu vereinigen —) rechtfertigen die Erörterung der von Peters an Reptilien erhaltenen Ergebnisse an diesem Orte.

2) Hinsichtlich des Ambos neigt Peters zu der Annahme, dass derselbe den Crocodilen fehle, führt aber zugleich an, dass ein einmal zwischen Columella und Hammer gefundener kleiner Knorpelcylinder als Ambos gedeutet werden könne. —

mittleren Theil des Unterkiefers, hat er jedoch nicht durch den knorpeligen Gelenktheil des Unterkiefers hindurch verfolgen können und es ihm daher fraglich geblieben, ob derselbe den Gelenktheil durchsetzt oder ob dieser letztere eine Anschwellung des Meckel'schen Knorpels selbst ist. In Bezug auf die in der Continuität dieses Knorpels später erfolgende Trennung giebt er an einem andern Orte¹⁾ an, dass die Höhle das Articulare des Unterkiefers bei Crocodilen und ohne Zweifel auch bei Vögeln zuerst innerhalb der Anschwellung des Meckel'schen Knorpels entstehe und dass durch Verdünnung und allmälige Resorption der Knorpelwände dieser Höhle der Meckel'sche Knorpel von seinem, vom Hammer entspringenden Anfangsstück nach und nach ganz getrennt werde.

Die Beobachtungen, aus denen die von Peters entwickelten Anschauungen resultirten, haben alsbald durch Huxley²⁾ eine eingehende Kritik erfahren. Huxley, dem ein reiches Material zu Gebote stand, weist zunächst nach, dass bei Crocodilen der „Hammer“ stets in Continuität mit der Columella stehe und einfach Fortsätze derselben darstelle; die Fortsätze, welche der laterale Theil der Columella entwickelt, werden näher beschrieben und als Extrastapedial- und Suprastapedialfortsatz bezeichnet. Sodann wird nachgewiesen, dass zwischen dem Articulare und dem von Breschet und Peters als Hammer gedeuteten Antheile der Columella kein Zusammenhang bestehe, dass derselbe aber durch die Lagerungsverhältnisse des Ductus pneumaticus und des Stylohyoidknorpels (die für den Meckel'schen Knorpel gehalten worden waren) vorgetäuscht werden könne (cf. auch auf S. 400, 401 die zutreffende Deutung der Peters'schen Fig. 1).

Schliesslich wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Columella mit ihren Fortsätzen aus dem zweiten Kiemenbogen stamme, und dass schon aus diesem Grunde es unthunlich sei, eine Homologie der Columellafortsätze mit dem aus dem ersten Kiemenbogen entwickelten Hammer anzunehmen. Bei Vögeln ist das Verhalten der betreffenden Gebilde ein im Wesentlichen durchaus übereinstim-

1) Peters, Ueber die Höhlen des Unterkiefers der Crocodile. Monatschrift der Berliner Academie. Jan. 1869, S. 8.

2) Huxley, On the representatives of the Malleus and the Incus of the Mammalia in the other Vertebrata. Proceedings of the scientific meetings of the Zoological Society of London 1869, S. 391—407.

mendes; der knöcherne Columellastiel (die Entwicklung der Columella hat Huxley nicht verfolgt) geht in 3 knorpelige Spitzen aus; eine horizontalgelagerte, dreiwinklige, durchbohrte Platte, deren lateraler Rand an das Trommelfell befestigt ist, entspricht dem Extrastapedialfortsatz des Crocodils; ein zweiter, kürzerer, aufsteigender Fortsatz, von dessen Ursprung ein Ligament nach vorn und oben zum Squamosum sich erstreckt, ist dem Suprastapedialfortsatz des Crocodils homolog; ein dritter, langer, dünner, gebogener, abwärts steigender Ausläufer, der, wie der Suprastapedialfortsatz, frei in der Paukenhöhle liegt, wird als Infrastapedialfortsatz bezeichnet.

Der Suprastapedialfortsatz stellt nach Huxley (cf. S. 395—398) das eigentliche proximale Anfangsstück der Knorpelaxe des zweiten Visceralbogens dar.

Nach Parker¹⁾, der sich für die Homologie des Articulare der Vögel mit dem Hammer der Säugethiere ausspricht, ist bei einem Hühnerembryo vom 4. Brütstage (Kopf des Embryo 3''' lang) der Meckel'sche Knorpel schon sehr deutlich unterscheidbar, die Gelenkfläche des Articulare der Unterfläche des Quadratum entsprechend ausgehöhlt und der hintere und mediale Fortsatz des Articulare bereits angelegt. Der leicht gekrümmte Meckel'sche Knorpel ist im Verhältniss zu seinem Durchmesser sehr kurz und sein vorderes abgerundetes Ende ist dem der andern Seite bereits sehr genähert.

Bei Hühnerembryonen vom 5.—7. Brütstage (Kopflänge 4—5½''') bildet der Meckel'sche Knorpel einen soliden, in seinem Verlauf geringe Durchmesserchwankungen zeigenden Stab aus hyalinem Knorpel, der nach vorn hin nur wenig sich verjüngt und ein abgerundetes vorderes Ende besitzt; das Articulare ist entsprechend den Anschwellungen des Quadratum ausgehöhlt und schickt 2 stumpfe fingerförmige Fortsätze ab, den medialen und den hintern Articularfortsatz. Bei einem 2 Tage alten Hühnchen ist der mediale Articularfortsatz (Manubrium mallei der Säugethiere) rundum von einem knöchernen Ring umgeben; am vorderen Ende beginnt der Meckel'sche Knorpel bereits zu atrophiren. Bei 7—9 Monat alten Hühnern ist die Atrophie schon sehr weit gediehen.

1) Parker, On the structure and development of the skull of the Common Fowl (*Gallus domesticus*). Philosophical Transactions of the Royal Society of London 1869, vol. 159, London 1870, S. 760, 768, 788, 796. Taf. 81 Fig. 1, 5, 12, 13; Taf. 84 Fig. 7, 8; Taf. 86 Fig. 14.

Eigene Untersuchungen.

Die erste Anlage des Meckel'schen Knorpels tritt in demjenigen Entwicklungsstadium auf, welches der Embryo A repräsentirt. Bei diesem Embryo, dessen Unterkieferfortsätze erst partiell sich verdickt haben, ist im hinteren Drittel derselben der Differenzirungsprocess bereits eingeleitet, dem der Meckel'sche Knorpel seine Entstehung verdankt. Der hintere Theil des Meckel'schen Knorpels ist der zunächst angelegte. Seine Anlage ist nur daran kenntlich, dass sie aus Zellen besteht, die kleiner sind, weit zusammengedrängter liegen, und sich stärker mit Carmin imbibirt haben, als die Zellen der Umgebung. Das Gesagte gilt vorzugsweise für die central gelegenen Zellen; die Peripherie des späteren Knorpels lässt sich vorläufig noch nicht bestimmt abgrenzen; im Querschnitt zeigt die Anlage eine rundliche Form.

Beim Embryo B hat die Anlage des Meckel'schen Knorpels entsprechend an Länge und Durchmesser zugenommen und tritt hier schon deutlicher aus der Umgebung hervor. Das hintere stumpfe, dem vorderen Theil des Articulare entsprechende Ende der Anlage des Knorpels (der hintere Theil des Articulare, wie überhaupt ein grosser Theil der Gelenkfläche wird erst später durch Verlängerung des Meckel'schen Knorpels nach hinten und Verdickung desselben gebildet), welcher sich hart unter dem vorderen Theil des Quadratum befindet, hat im Querschnitt eine ovale Form, wie die Knorpelanlage im ganzen hinteren Unterkieferdrittel. Nach vorn hin allmähig sich verjüngend und im mittleren Unterkieferdrittel von im Querschnitt runder Form, erstreckt sich die Knorpelanlage bis in die vordere Unterkieferhälfte, wo sie, immer unbestimmter werdend, sich schliesslich nicht weiter abgrenzen lässt. Während dieses Verlaufes tritt die Knorpelanlage, die im hinteren Unterkieferdrittel unter dem N. mandibularis verläuft, an dessen mediale Seite.

Bei C, D und E ist das Verhalten des Meckel'schen Knorpels nahezu dasselbe.

Bei F hat der ganze zuerst angelegte Theil des Meckel'schen Knorpels ansehnlich an Durchmesser zugenommen und ist durch bereits differenzirtes Perichondrium deutlich gegen die Umgebung abgegrenzt. Sein hinterer, verdickter, dem Articulare entsprechender Theil hat sich verhältnissmässig wenig nach hinten zu verlängert, so dass das stumpfe Ende desselben auch hier noch hart unter dem vorderen Theil der unteren Fläche des Quadratum sich befindet. Das vordere cylindrische Ende des Knorpels erstreckt sich, mit dem entsprechenden Gebilde des andern Unterkiefers convergirend, hier schon bis ins vordere Unterkieferdrittel, wo es sich ohne scharfe Abgrenzung im Bindegewebe verliert.

Bei G hat der Meckel'sche Knorpel entsprechend an Länge und Dicke zugenommen; sein vorderer Theil erstreckt sich bis nahe an die Symphyse; sein hinterer dem Articulare entsprechender Theil hat sich gleichfalls nach hinten verlängert. Dieses eben angelegte, nur unbestimmt hervortretende, verhältnissmässig sehr breite hintere Ende besitzt annähernd die Gestalt einer Rinne, in welcher das Quadratum ruht.

Bei H besteht der Meckel'sche Knorpel seiner ganzen Ausdehnung nach, bis auf das hintere, sich noch weiter verlängernde Ende des dem Articulare entsprechenden Theiles, aus hyalinem Knorpel. Der dem Articulare entsprechende Theil, der fast überall deutlich gegen die Umgebung abgegrenzt ist, bildet hier eine deutliche, mit der Concavität nach oben gerichtete, nach hinten zu immer tiefer ausgehöhlte Rinne, die noch unter dem Gelenktheil des Quadratum ihr Ende erreicht. Nach vorn hin hat der Meckel'sche Knorpel mit seinem im Querschnitt wieder eine mehr ovale Form annehmenden Ende die Symphyse der Unterkiefer erreicht, vereinigt sich jedoch nicht mit dem Knorpel des andern Unterkiefers, sondern bleibt bis an sein vorderes stumpfes, über dem Dentale gelegenes Ende isolirt. Der Zwischenraum zwischen den vorderen einander parallel verlaufenden Endstücken der beiden Meckel'schen

Knorpel ist noch ziemlich beträchtlich. Im Stadium J hat der Meckel'sche Knorpel seiner ganzen Ausdehnung nach sich äusserst stark verdickt. Sein hinterer, dem Articulare entsprechender Theil hat sich hier schon vollständig zu der Gestalt ausgebildet, die das ossificirte Articulare erwachsener Sperlinge besitzt. An seinem vorderen, im Querschnitt rundlichen, im Verhältniss zur Grösse des Sperlings kolossal dicken Theil nur eine schmale und flache Rinne tragend, in welcher das vordere Ende des Gelenktheils vom Quadratum ruht, wird das Articulare nach hinten zu bedeutend breiter und zugleich von oben her immer tiefer ausgehöhlt, so dass seine hintere Hälfte die Gestalt einer breiten, mit der Concavität nach oben gerichteten Rinne mit ziemlich gleich dicken Wandungen besitzt (cf. Fig. XVI.). Auf der Innenfläche der medialen Wand dieser Rinne ruht der Körper des Quadratum, während sein das Quadrato-jugale tragender Fortsatz dem lateralen Rande des Articulare aufliegt, wodurch eine ziemlich bedeutende Gelenkhöhle entsteht. Der rinnenförmige Theil des Articulare verlängert sich nach hinten in zwei Fortsätze. Von diesen hört der laterale, im Querschnitt ovale Fortsatz noch unter dem lateralen, auf ihm ruhenden, mit dem Quadrato-jugale verbundenen Theil des Quadratum mit stumpfem Ende auf, während der mediale Fortsatz sich an der medialen Seite des Quadratum ein wenig weiter nach hinten und oben verlängert, um sodann ebenfalls stumpf zu endigen. Seiner ganzen Ausdehnung nach besteht das Articulare, dessen Perichondrium sich entsprechend verstärkt hat, aus hyalinem Knorpel. Vom Articulare ab verläuft der bedeutend verdickte, noch aus hyalinem Knorpel bestehende und fast seiner ganzen Länge nach von Deckknochen umschlossene Meckel'sche Knorpel, sich allmähig verjüngend, bis an die Symphyse; derselbe ist im hinteren Unterkieferdrittel im Querschnitt oval, im mittleren rein kreisförmig (cf. Fig. XVII.). Sein vorderes im Querschnitt ovals Endstück, bei dem die Vascularisirung begonnen hat (cf. Fig. XVIII.), ist durch eine

beträchtliche aus kleinen Zellen bestehende Schicht von dem betreffenden ihm parallel verlaufenden Abschnitt des Knorpels der anderen Seite getrennt und endigt stumpf, das Dentale nach vorn hin noch überragend.

Bei K ist das Articulare, unter Beibehaltung seiner Gestalt, noch weiter verdickt, aber erst im hinteren Theil seines medialen Randes vascularisirt. Der Meckel'sche Knorpel im engeren Sinne hat in diesem Stadium seinen Culminationspunkt schon überschritten, und beginnt zu atrophiren. Im hinteren Abschnitt des Meckel'schen Knorpels ist die eingetretene Atrophie daran zu erkennen, dass der Umfang des Knorpels sich (zunächst erst unerheblich) verkleinert hat, ohne dass histiologische Merkmale der Atrophie sich nachweisen liessen. Im mittleren Unterkieferdrittel ist die Verjüngung bereits sehr beträchtlich und im vorderen Drittel ist vom Knorpel überhaupt nichts mehr aufzufinden; die Atrophie scheint also an dem vorderen Ende des Knorpels zu beginnen und hier die schnellsten Fortschritte zu machen. Indessen muss wegen des Befundes im vorhergehenden Stadium die Möglichkeit offen gelassen werden, dass ein Theil des vorderen Endstückes verknöchert und mit dem Dentale verschmolzen sein könne.

Bei Hühnerembryonen entwickelt sich der Meckel'sche Knorpel im Wesentlichen ebenso wie bei Sperlingen. Die Hauptabweichung besteht darin, dass das Articulare eine andere Gestalt als bei Sperlingen annimmt. Beim Hühnerembryo L ist der Meckel'sche Knorpel in der ganzen hinteren Hälfte des Unterkieferfortsatzes bereits angelegt. Von seinem hinteren, im Querschnitt ovalen, dem Articulare entsprechenden Abschnitt verläuft er, eine mehr cylindrische Form annehmend, wie bei Sperlingsembryonen im Unterkieferfortsatz nach vorn, unten und medianwärts, um alsbald sein Ende zu erreichen. Seinem Gewebe nach verhält er sich ganz wie der gleich weit entwickelte Knorpel beim Sperlingsembryo B, und ist, wie bei letzterem, gegen die umgebende Zellenmasse nicht deutlich abgegrenzt.

Bei M hat sich der Knorpel schon bedeutend verdickt und verlängert und ist in einem grossen Theil seines Verlaufs schon von Perichondrium umschlossen. Das Articulare hat auch bei diesem Stadium noch eine im Querschnitt einfach ovale Form und endigt stumpf hart unter dem vorderen Theil des Quadratum, so dass dieses nur mit einem kleinen Theil seiner unteren Fläche auf dem Articulare ruht. Nach vorn hin hat sich der Meckel'sche Knorpel schon bis in das vordere Unterkieferdrittel hinein verlängert.

Beim Embryo N hat sich das Articulare ansehnlich verdickt, nach hinten verlängert und von seiner medialen Seite einen ziemlich langen, stumpfen Fortsatz nach medianwärts und oben abgeschickt, der die Gelenkfläche bilden hilft. Hinter der stark convexen Gelenkfläche für das Quadratum zieht sich das Articulare in einen rückwärts gerichteten, im Querschnitt runden Fortsatz aus, der, allmählig sich verjüngend, noch eine Strecke weiter nach hinten, oben und lateralwärts sich verlängert, worauf er stumpf endigt. Der vordere, im Perichondrium eingeschlossene, cylindrische Theil des Meckel'schen Knorpels hat die Symphyse erreicht, legt sich an den gleichnamigen Knorpel des andern Unterkiefers und verläuft neben demselben bis an sein Ende weiter, ohne sich mit ihm zu vereinigen.

Beim Embryo O schiebt das noch weiter verdickte Articulare, dessen Formverhältnisse bereits die gleichen sind, wie bei einem ausgewachsenen Huhn, einen kürzeren Fortsatz an seiner lateralen Seite nach lateralwärts und unten ab, der die Gelenkfläche für den lateralen Theil des Quadratum bildet. Die Gelenkfläche, welche der Körper des Articulare trägt, ist in ihrem mittleren Theil stark convex und zu beiden Seiten leicht concav. Das über die Gelenkfläche hinaus nach rückwärts sich verlängernde Endstück des Articulare erstreckt sich, allmählig sich verjüngend nach oben und lateralwärts bis unter den äussern Theil des Meatus acusticus externus; sein stumpfes Ende liegt etwa in gleicher Höhe mit dem stumpfen des in diesem Stadium

noch bedeutend unter die wenig erweiterte Paukenhöhle hinabreichenden, später näher zu beschreibenden ersten Columella-astes (Infrastapedialfortsatz Huxley's); von diesem, der einen erheblich geringeren Durchmesser besitzt und stark lateralwärts liegt, ist es durch ein starkes Muskelbündel getrennt. Vom Articulare ab erstreckt sich der im hintern Unterkieferdrittel im Querschnitt ovale, weiterhin rein cylindrische, nur wenig sich verjüngende Meckel'sche Knorpel, der hier schon zum grössten Theil von Decklamellen umschlossen ist, nach vorn und ein wenig nach unten verlaufend, durch den ganzen Unterkiefer bis an die Symphyse, wo er, dicht neben dem entsprechenden Abschnitt des andern Meckel'schen Knorpels und über den vereinigten Dentalien gelegen, im vorderen Theil der Symphyse stumpf endigt.

Bei P ist das Verhalten des Meckel'schen Knorpels mit dem Articulare im Wesentlichen dasselbe; zwischen die vorderen cylindrischen Enden beider Knorpel sieht man bei diesem Stadium von den Dentalien her dünne Knochenbälkchen sich erstrecken.

Die Entwicklung der Deckknochen des Unterkiefers.

Historisches.

Nach Reichert¹⁾ zeigen sich beim Hühnchen zu einer Zeit, wo die beiden Meckel'schen Knorpel mit ihren vorderen Enden sich zu einem keilförmigen Schlussstück verbunden haben, in der Bildungsmasse der Unterkiefer „2 beinahe parallel verlaufende weisse Streifen, welche mit ihren Enden weder das obere und noch viel weniger das untere des Meckel'schen Knorpels erreichen.“ Diese bandartigen, später in Knochen sich umwandelnden Streifen „liegen auf beiden Rändern des Meckel'schen Knorpels doch etwas mehr nach aussen und ihn gleichsam umschliessend, so dass ein in ihren Zwischenraum dringendes Messer überall auf den Knorpel trifft.“ Diese Unterkieferrudimente verknöchern weit früher als der Meckel'sche Knorpel

1) Reichert, l. c. Müll. Arch. 1837, S. 199, 200, 206.

und wachsen dann weiter gegen das hintere Ende desselben, wo sie sich fest anlegen. Vorn erreichen sie allmählig den gleichfalls verknöcherten Zwischenkiefer (die vereinigten Dentalien, über deren Auftreten keine weitere Angabe sich findet) und vereinigen sich mit ihm. Indem die Verknöcherung weitere Fortschritte macht, wird der Meckel'sche Knorpel fast in seiner ganzen Länge akseitig von Knochenlamellen umschlossen.

Bruch¹⁾ findet, dass im Unterkiefer bei Hühnerembryonen am Meckel'schen Knorpel zuerst das Angulare als eine rinnenförmige vorn in eine lange Spitze ausgezogene Knochenplatte entsteht, die sich am unteren Rande des Articulare befindet. Bald darauf bildet sich das Dentale, welches von Anfang an eine grosse Oeffnung oder Lücke enthält, und ein dünnes schmales Complementare in der Mitte am oberen und inneren Rande des Knorpels. Das Dentale verschmilzt bald mit dem der andern Seite und wird unpaar.

Nach Owen²⁾ verknöchert der Unterkiefer der Vögel gewöhnlich von neun Punkten aus. Zuerst erscheint das Dentale, welches entweder von Anfang an mit dem gleichnamigen Stück der andern Seite an der Symphyse verbunden ist, oder sich erst später mit demselben vereinigt. Das Supraangulare verschmilzt bald mit dem Articulare. Das Angulare bleibt länger getrennt, verwächst dann aber ebenfalls zunächst mit dem Articulare. Das Spleniale behält am längsten seine Unabhängigkeit und vereinigt sich sodann mit dem Dentale.

Nach Parker³⁾ findet man bei einem 2 Tage alten Hühnchen eben so viel Knochenplatten am Unterkiefer als bei Eidechsen, nur das Coronoidstück fehlt dem Hühnchen. Das Dentale reicht nach rückwärts bis in die Nähe der Articulationsfläche; das Spleniale ist oblong und gleich weit entfernt von beiden Enden des Meckel'schen Knorpels, den es halb verdeckt.

Das Supraangulare, das schon um den 6. Brüttag aufgetreten war, liegt an der lateralen Seite des Knorpels, das Angulare unter demselben und deckt den hinteren Articularfortsatz. Bei 7—9 Monate alten Hühnern sind das Angulare und Supraangulare theilweise mit dem Articulare verschmolzen.

1) Bruch, l. c. S. 155.

2) Owen, l. c. Vol. II., S. 56.

3) Parker, l. c. S. 768, 790, 796, 803, Taf. 84, Fig. 7, 8; Taf. 86, Fig. 14; Taf. 87, Fig. 4.

Eigene Untersuchungen.

Erst beim Embryo G treten die ersten Anlagen der Unterkieferknochen auf. Sie zeigen sich zunächst als Zusammengruppierung von grösseren Zellen (den späteren Osteoblasten) und treten dadurch aus dem den Knorpel umgebenden Bindegewebe deutlich hervor. Die in Rede stehenden Anlagen befinden sich zum Theil an der lateralen Seite des Knorpels, zum Theil unter ihm. Fast vom Articulare ab bis ins vordere Unterkieferdrittel hinein findet man eine, unter dem Knorpel verlaufende, im Querschnitt rundliche Anlage, die dem Angulare entspricht; eine gleiche, im hintern Unterkiefertheil lateralwärts und über der vorigen verlaufende Zellengruppe wird das Supraangulare bilden.

Bei H treten schon 3 deutliche, wenn auch noch äusserst dünne Knochenlamellen auf, die Knochenkörperchen in sich schliessen und an ihrer Peripherie von Osteoblasten umgeben sind. Sie bestehen zum Theil aus netzartig mit einander verbundenen kleinen Bälkchen. Es sind dies das Angulare, das Supraangulare und das Dentale. Das von dem Articulare ab unter dem Knorpel gelegene, erst gerade unter demselben verlaufende, dann mehr an dessen mediale Seite tretende, im Querschnitt rundliche Angulare erstreckt sich bis in die vordere Unterkieferhälfte. Das ebenfalls vom Articulare ab an der lateralen Seite des Knorpels verlaufende, breitere Supraangulare, welches mit seinem stark verdickten, oberen Rande sich weit über den Knorpel hinauf erstreckt, während sein unterer dünner Rand dicht über dem Angulare liegt, zeigt gegen die Unterkiefermitte hart unter seinem oberen verdickten Rande eine bedeutende länglichrunde Lücke. Zur Unterkiefermitte hin verschmälert es sich; der untere Rand entfernt sich mehr vom Angulare und in dem zwischen beiden entstehenden Zwischenraum findet man das spitze Ende des Dentale, welches nach vorne hin rasch breiter wird, mit dem über ihm liegenden Supraangulare verschmilzt und nun als leicht lateralwärts ge-

krümmte Lamelle an der lateralen Seite des Knorpels bis an die Symphyse verläuft, wo es mehr unter den Knorpel rückt und mit seinem untern hier stark verdickten Rande sich dem entsprechenden Rande des Dentale vom andern Unterkiefer nähert, mit demselben jedoch nicht verschmilzt, sondern durch eine beträchtliche Zellschicht getrennt bleibt.

Bei J haben sich die 3 Lamellen entsprechend verdickt und verlängert. Das Angulare erstreckt sich hier als nach unten leicht convex gekrümmte und dadurch flachrinnenförmig gestaltete dünne Lamelle unter dem Articulare nach hinten zu bis an dessen hintere Hälfte, wo es sich in 2 Ausläufer fortsetzt, von welchen der eine an die laterale untere Seite des Knorpels tritt und hier fast bis ans hintere Ende desselben verläuft, während der andere breitere Theil an der medialen Seite des Articulare ebenfalls bis fast an dessen Ende sich hinzieht. Ausser den erwähnten treten bei diesem Stadium noch 2 weitere, dünnere, an der medialen Seite des Knorpels gelegene Lamellen, das Complementare und Operculare, auf (cf. Fig. XVII). Das Complementare erstreckt sich von seinem hinteren spitzen, mit dem Angulare hart vor dem Articulare verschmolzenen Ende, nach vorn breiter werdend und die ganze mediale Seite des Knorpels deckend, bis ins mittlere Unterkieferdrittel, wo es wieder schmaler werdend mit spitzem Ende hart unter dem stark verdickten, über dem Knorpel gelegenen oberen Rande des Supraangulare aufhört. Das Operculare beginnt ebenfalls spitz hart über dem Angulare, zwischen diesem und dem unteren Rande des Complementare, und verläuft in dem Maasse, wie das über ihm gelegene Complementare sich verschmälert, breiter werdend und im mittleren Unterkieferdrittel die ganze mediale Wand des Meckel'schen Knorpels deckend, bis ins vordere Unterkieferdrittel.

Bei K haben sich die Decklamellen bis aufs Complementare und Operculare, die auch hier noch verhältnissmässig dünn sind, beträchtlich verdickt, sind jedoch nicht weiter mit einander

verwachsen, als das beim vorhergehenden Stadium der Fall war. Vom Articulare und dem Meckel'schen Knorpel, soweit dieser noch erhalten ist, sind sie scharf getrennt, obgleich sie zum Theil denselben fest anliegen. Die vorderen Enden der Dentalien sind ebenfalls noch nicht mit einander verschmolzen, sondern durch eine beträchtliche Schicht faserknorpelartigen feinzelligen Gewebes von einander getrennt.

Bei Hühnerembryonen treten die ersten Anlagen der Decklamellen beim Embryo N auf. Auch hier findet man ein im Querschnitt rundliches, sich bis gegen die Unterkiefermitte erstreckendes, unter dem Meckel'schen Knorpel gelegenes Angulare und ein an der lateralen Seite des Knorpels, etwa gleich weit mit dem Angulare sich erstreckendes, wie bei Sperlingen gestaltetes Supraangulare. Vom Dentale sind erst Spuren vorhanden.

Bei P haben sich das Angulare und Supraangulare bedeutend verdickt und verlängert.

Ersteres erstreckt sich als rinnenförmig gestaltete Lamelle nach rückwärts bis gegen die Mitte des Articulare, wo es, schmaler werdend, an die laterale Seite desselben tritt und hier unter dem im Querschnitt rundlichen, sich verjüngenden, hinteren Ende des Supraangulare, unter dem lateralen Fortsatze des Articulare bis fast ans Ende der Gelenkfläche verläuft. Auch das Dentale hat sich bedeutend entwickelt. Ueber dem Angulare noch in der hinteren Unterkieferhälfte beginnend, verläuft es, breiter und stärker werdend, und mit seinem verdickten oberen Rande sich bis über den Meckel'schen Knorpel hinauf erstreckend, bis an die Symphyse, wo es mehr unter dem Meckel'schen Knorpel gelegen mit dem Dentale des andern Unterkiefers in beträchtlicher Ausdehnung verschmilzt. Mit dem erst über ihm und weiter nach vorn mehr an seiner medialen Seite bis in den vorderen Theil des mittleren Unterkieferdrittels sich erstreckenden, im Querschnitt rundlichen, spitz endigenden Supraangulare ist das Dentale nicht ver-

schmolzen, was bei Sperlingen von vorn herein der Fall war. Ausser den drei obigen Lamellen tritt bei diesem Embryo noch eine vierte an der medialen Seite des Knorpels gelegene Lamelle auf, die der Lage nach dem Complementare und Operculare homolog zu sein scheint.

Ueber dem Angulare im hintern Unterkieferdrittel mit einer hinteren Spitze beginnend, verläuft sie, breiter werdend und die ganze mediale Seite des Meckel'schen Knorpels deckend, über das vordere Ende des Angulare hinaus bis ins vordere Unterkieferdrittel, wo sie stumpf ihr Ende erreicht. Alle vier Decklamellen verlaufen noch vollständig isolirt von einander.

Die Entwicklung des Quadratum.¹⁾

Historisches.

Nach Reichert²⁾ bildet sich das Quadratum aus der mittleren knorpeligen Abtheilung des ersten Visceralstreifens, dessen unterer Abschnitt, wie bereits erwähnt, den Meckel'schen Knorpel mit dem Articulare liefert.

Der genannte mittlere Abschnitt, der zunächst noch wenig umfangreich ist, schiebt von seinem vorderen Ende einen Fortsatz ab, welcher sich nach oben und hinten biegt, um sich ans Schläfenbein anzulegen. Diesem Fortsatz gegenüber entwickelt sich ein anderer kleinerer (die Anlage des Proc. orbitalis) nach vorn und innen, womit das Quadratum im Wesentlichen seine definitive Gestalt erreicht hat.

Parker³⁾ beschreibt bei einem Hühnerembryo, dessen Kopf 3 Linien lang war, das Quadratum als eine in der Differenzirung schon weit vorgeschrittene knorpelige Masse, welche bald in hyalines Knorpelgewebe übergeht; die Anlage des Quadratum stammt aus dem ersten Kiemenbogen (first poststomal arch) und liegt unmittelbar vor der ersten Kiemenspalte.

1) In Bezug auf die Verhältnisse des ausgebildeten Quadratum der Vögel cf. Huxley, Elem. S. 229, 230 und Man. S. 288. Owen, l. c. S. 55, 56. Parker, l. c. S. 802, 803, Taf. 87, Fig. 4, 5, 7. Gegenbaur, l. c. S. 651 bis 653.

2) Reichert, l. c. Müll. Arch. 1837, S. 198, 199, 205.

3) Parker, l. c. S. 760, 765, 771, 772, 793, 795, Taf. 81, Fig. 1, 5, 5a; Taf. 83 Fig. 1; Taf. 84, Fig. 6, 8; Taf. 85, Fig. 7a.

Bei einem Hühnerembryo, dessen Kopf 4—5,5 Linien misst, hat das Quadratum schon eine bedeutende Entwicklung erlangt. Nach vorn entsendet es den gebogenen, stumpf endigenden Orbitalfortsatz; an seinem untern verdickten Ende besitzt es zwei schiefe Gelenkfortsätze für das Articulare; nach hinten zu ist es in einen langen bogenförmigen Schenkel ausgewachsen, welcher nicht allein mit der knorpeligen Gehörkapsel über der Stelle, wo später Pro-oticum und Opisthoticum zusammentreffen, sondern auch mit dem Exoccipitalknorpel articulirt.

Letztere Verbindung hat das Quadratum bei Embryonen aus der Mitte der zweiten Brutwoche (Kopflänge 8—9''') aufgegeben. Bei einem zwei Monate alten Hühnchen articulirt das Quadratum sowohl mit dem Pro-oticum als mit dem Squamosum. Die hierfür bestimmte Gelenkfläche des Quadratum ist lateralwärts gelegen und viel grösser, als die an das Pro-oticum stossende.

Eigene Untersuchungen.

Das Quadratum wird zu gleicher Zeit mit dem Meckel'schen Knorpel angelegt.

Beim Embryo A befindet sich hart hinter und über der Anlage des Meckel'schen Knorpels die im Querschnitt länglich runde Anlage des Quadratum. Dieselbe zeigt die gleiche histologische Beschaffenheit, wie der Meckel'sche Knorpel und ist wie dieser vom Gewebe der Umgebung nur unbestimmt abgegrenzt.

Beim Embryo B tritt das Quadratum, das ansehnlich an Mächtigkeit zugenommen hat, schon deutlicher aus der Umgebung hervor.

Man erkennt in dem hart hinter und über dem hintern Ende des Meckel'schen Knorpels gelegenen, im Querschnitt länglich runden, unten convexen stärksten Theil der Anlage den Körper des Quadratum, von welchem sich im Bogen nach vorn, oben und medianwärts eine weniger mächtige Zellenanhäufung erstreckt, die dem Proc. orbitalis entspricht. Ueber dem Ursprunge dieses Fortsatzes lässt sich die sich verjüngende und nach hinten und oben sich erstreckende Anlage bis an die vordere Peripherie der von der ersten Kiemenspalte gebildeten

Paukenhöhle hinauf verfolgen, wo sie sich ohne bestimmte Grenze allmählig verliert. Hier wie beim vorhergehenden Stadium, bei welchem die Kiemenbogen noch weniger mit einander verwachsen waren, lässt sich leicht erkennen, dass das Quadratum, wie der Meckel'sche Knorpel, innerhalb des ersten Kiemenbogens entsteht.

Bei C, D und E ist das Verhalten des Quadratum nahezu das gleiche.

Bei F hat das Quadratum, wie der Meckel'sche Knorpel in diesem Stadium ¹⁾ erheblich an Volumen zugenommen und grenzt sich in dem grössten Theil seiner Ausdehnung von Perichondrium umgeben, deutlich gegen die Umgebung ab. Sein unterer convexer, stärkster Theil ruht vorläufig nur mit einem sehr kleinen Theil seiner untern Fläche auf dem hier noch mit einfach convexer Gelenkfläche versehenen Articulare; das obere Ende hat sich an der lateralen oberen Seite der Paukenhöhle ein wenig weiter nach hinten zu verlängert.

Bei G, wo das Quadratum in noch erheblicherem Maasse sich vergrössert hat, ruht sein unterer Theil in einer beträchtlichen Strecke auf dem hier schon bedeutend weiter nach hinten zu vorgerückten und rinnenförmig gestalteten Articulare. An seiner lateralen Seite schickt das Quadratum in seinem untern Theil lateralwärts einen beträchtlichen stumpfen Fortsatz ab, der an seiner lateralen Endfläche mit dem hintern Ende des als Deckknochen entstehenden Quadrato-jugale verbunden ist. Der Proc. orbitalis hat sich ebenfalls verdickt und nach vorn hin verlängert und ebenso hat der Proc. mastoideus an Länge zugenommen, indem er jetzt bis über die Paukenhöhle hinauf sich erstreckt.

Bei H hat sich hart vor dem Ursprung des Processus orbitalis an der medialen Seite des Quadratum ein sehr kurzer

¹⁾ Meckel'scher Knorpel und Quadratum halten, wie das bei Tritonlarven der Fall war, auch hier, was die Entwicklung des Gewebes anlangt, immer gleichen Schritt.

breiter Fortsatz gebildet, mit dem das Pterygoideum articulirt. Der dem Quadrato-jugale zur Anheftung dienende Fortsatz hat sich verdickt und ruht mit seiner untern Fläche auf dem lateralen Rande des Articulare. In diesem Stadium, wo sowohl das als Deckknochen angelegte Squamosum, als auch das knorplig präformirte Pro-oticum und das ebenfalls als hyaliner Knorpel auftretende Opisthoticum bereits gebildet sind, reicht das obere stumpfe Ende des Quadratum bis hart unter die knorplige Gehörkapsel.

Bei J besitzt das stark verdickte Quadratum schon ganz die Gestalt des ossificirten Quadratbeins erwachsener Sperlinge (cf. Fig. XVI). An seinem breiten untern Theil befinden sich 2 Gelenkflächen, von welchen die mediale und grössere durch den unten convexen Körper des Quadratum gebildet wird, welcher mit seinem vorderen verjüngten Theil die ganze, am vorderen Ende des Articulare befindliche hier schmale und flache Rinne ausfüllt und weiter nach hinten, wo diese bedeutend breiter und tiefer wird, bis ans Ende derselben auf der medialen Seitenwand derselben ruht. Die andere Gelenkfläche wird von dem an der lateralen Seite des Quadratum befindlichen Fortsatz gebildet, welcher gerade lateralwärts verlaufend mit seiner nur leicht convexen untern Fläche auf dem lateralen stumpfen Rande des Articulare ruht, sich über denselben noch etwas hinaus verlängert und hier in einer flachen Rinne das hintere Ende des Quadrato-jugale trägt. An den bereits erwähnten medialen Fortsatz legt sich das Pterygoideum mit planer überknorpelter Endfläche an. Der hart über und hinter dem letztgenannten Fortsatz abgehende, nach oben, medianwärts und vorn verlaufende, annähernd cylindrische und wenig sich verjüngende Processus orbitalis hat sich gleichfalls beträchtlich verdickt. Nach Abgabe dieses und des lateralen Fortsatzes verläuft das sich verjüngende Quadratum in leichtem Bogen nach hinten und oben bis über die Paukenhöhle hinauf, über welcher es sowohl mit dem Squamosum, wie mit der knorpligen Ohrkapsel articulirt. Mit seiner untern

Fläche liegt dieser über der Paukenhöhle verlaufende Theil derselben hart an.

Der ganze untere Theil des Quadratum ist noch knorpelig, während in seinem dünnern zum Schädel sich hinauferstreckenden Theil die Verknöcherung schon eingeleitet ist.

Bei K ist die Ossification des Quadratum, welches unterdessen noch bedeutend an Volumen zugenommen hat, schon weit vorgeschritten.

Bei Hühnerembryonen ist die Entwicklung des Quadratum im Wesentlichen eine gleiche.

Beim Embryo L ist die hart hinter und über dem hintern Ende des Meckel'schen Knorpels gelegene Anlage des Quadratum, was Gestalt und histologische Beschaffenheit betrifft, wie beim Sperlingsembryo B beschaffen.

Man erkennt an derselben schon deutlich die Anlage des Processus orbitalis und ebenso lässt sich der hintere sich verjüngende Theil, die Anlage des Processus mastoideus, bis an die enge Paukenhöhle hinauf verfolgen.

Bei N grenzt sich das Quadratum, welches hier schon zum Theil aus hyalinem Knorpel besteht, scharf gegen die Umgebung ab. Sein unterer, noch verhältnissmässig wenig verdickter Theil ruht mit stark concaver Gelenkfläche auf den im Querschnitt noch einfach ovalen, eine stark convexe Gelenkfläche besitzenden Articulare. Sein sich verjüngender Proc. mastoideus erstreckt sich schon bis gegen die Mitte der Paukenhöhle, mehr an der lateralen Seite derselben über dem Meatus acusticus externus gelegen.

Bei P hat das Quadratum besonders in seinem untern Theil bedeutend an Volumen zugenommen und besitzt bereits die Gestalt des vollkommen ausgebildeten Knochens.

Entsprechend der Gelenkfläche des Articulare zeigt die des Quadratum 2 seitliche convexe Flächen, zwischen welchen eine mittlere concave liegt. An die mediale Fläche des Quadratum heftet das Pterygoideum sich an, während der die

laterale Gelenkfläche bildende Theil mit dem hintern Ende des Quadrato-jugale verbunden ist.

Die Entwicklung der Columella.¹⁾

Historisches.

Nach Reichert²⁾ bildet sich die Columella aus dem am Ohr-labyrinth sich anlegenden knorpelartigen oberen Stück des zweiten Visceralbogens. „Das obere Ende desselben wird von dem anwachsenden Ohrlabyrinth aufgenommen und wie in einer Grube aufbewahrt.“ Mit dem Meckel'schen Knorpel zu gleicher Zeit geht sie zunächst in hyalinen Knorpel über und ossificirt später ebenfalls gleichzeitig. In der ersten Zeit nach ihrer Anlage kann sie leicht übersehen werden, da sie sehr klein ist und sehr versteckt liegt.

Nach Parker³⁾ erscheint bei Embryonen aus der Zeit des 5.—7. Brüttag die vom Quadratum überragte Columella, deren Differenzirung bei Embryonen aus dem 4. Brüttag eben erst begonnen hatte, als unverhältnissmässig starker, flachgedrückter Stab, der etwas nach vorn gebogen ist, eine ovale Basis besitzt und lateralwärts in eine dreizinkige Platte sich fortsetzt; der Hauptausläufer dieser Platte ist stark nach vorn und lateralwärts gekrümmt, im Allgemeinen sind die Fortsätze noch wenig entwickelt. In einer Anmerkung giebt Parker der Vermuthung Raum, dass die erwähnte Platte isolirt aufgetreten sein könne: This bar (die Columella) must be studied at an earlier etage; in Cyclodont Lizards and Chamaeleons the trilobate (hyoid) portion is quite distinct from the dubbed periotic rod. In einer spätern Anmerkung (S. 798) wird die betreffende Platte als Homologon des Amboses gedeutet; welche Deutung alsdann das Quadratum erhalten solle, wird nicht weiter erörtert.

Bei Embryonen aus der Mitte der 2. Brütwoche (Kopflänge 8—9'') ist die noch unverknöcherte Columella sehr beträchtlich entwickelt; der Schaft ist keilförmig; der Extrastapedialfortsatz wendet sich nach vorn und heftet sich mit seinem lateralen Rande an das

1) Hinsichtlich des Verhaltens der ausgebildeten Columella cf. die eingehende Schilderung bei Huxley, Proceed. Zool. Soc. 1869 S. 398, 399, Fig. 5.

2) Reichert, l. c. Müll. Archiv, S. 172, 173, 187, 188.

3) Parker, l. c. S. 760, 765, 766, 772, 797, 798. Taf. 81 Fig. 5, 5a, 9, 10, 14; Taf. 84 Fig. 8, 10; Taf. 85 Fig. 8.

Trommelfell; der lange Infrastapedialfortsatz legt, nach vorn sich richtend, an den untern Rand der Paukenhöhle sich an; an den Suprastapedialfortsatz ist ein aufsteigendes Band befestigt.

Bei einem seit 2 Tagen ausgeschlüpften Hühnchen ist der Columellastiel bereits verknöchert.

Bei 7—9 Monat alten Hühnern ist die Basis des Stapes unregelmässig oval, der Stiel, dessen perichondrale Knochenlamellen auf die Basis sich fortsetzen, ist sehr dünn und geht in einen complicirt gestalteten dreizinkigen Knorpel aus. Der nach vorn und unten gelegene Infrastapedialfortsatz ist schlank und gekrümmt; der mittlere Extrastapedialfortsatz ist viel breiter, spatelförmig, lateralwärts convex und berührt die hintere innere Fläche des Quadratum; von dem untern Rande des zweispitzigen Suprastapedialfortsatzes entspringt eine breite dünne Platte, welche mit dem freien Ende des Extrastapedialfortsatzes zusammenhängt, wodurch eine Fensterbildung zu Stande kommt.

Eigene Untersuchungen.

Beim Embryo B ist die Columella schon deutlich angelegt. Sie besteht aus einer an der lateralen Seite des Canalis cochlearis ziemlich entfernt von demselben gelegenen rundlichen Anhäufung von Zellen, welche wie die Zellen der Anlage des Meckel'schen Knorpels und des Quadratum beschaffen sind. Von dem lateralen Theil derselben erstreckt sich eine gleichbeschaffene Zellengruppe von geringerem Durchmesser gerade lateralwärts, während ein anderer, längerer, annähernd cylindrischer Gewebszug nach vorn, unten und etwas medianwärts verläuft, wo er etwa in gleicher Höhe mit dem hintern Ende des dem Articulare entsprechenden Antheils des Meckel'schen Knorpels, jedoch ein beträchtliches Stück hinter demselben sein Ende erreicht. Aus der rundlichen Zellenanhäufung bildet sich der Körper der Columella, während aus den übrigen Zellengruppen die Columellaäste entstehen.

Aller Wahrscheinlichkeit nach hat die Columella mit den Anlagen ihrer Fortsätze aus dem zweiten Kiemenbogen sich differenzirt, was aus ihrer dicht unter der ersten Kiemenpalte

befindlichen Lage geschlossen werden muss. Die zweite Kiemenpalte ist um diese Zeit bereits vollständig obliterirt.

Bei C und D ist das Verhalten der Columella so ziemlich das gleiche.

Bei F hat der rundliche mit convexem medialen Ende der knorpeligen Wand des Labyrinthes dicht anliegende Körper der Columella ansehnlich an Volumen zugenommen und sich schon deutlich gegen die Umgebung abgegrenzt. Die vom lateralen Ende der Columella abgehenden Zellenstränge sind in der Entwicklung noch nicht soweit vorgeschritten; sie lassen sich gegen die Umgebung noch nicht scharf abgrenzen. Nur der nach unten und vorn sich erstreckende Zellenstreifen hat sich an seinem untern auch hier noch in gleicher Höhe mit dem Articulare gelegenen, doch hier noch weiter von demselben entfernten, stumpfen cylindrischen Ende deutlich abgegrenzt.

Bei G hat die Columella eine mehr cylindrische Gestalt angenommen. Von ihrer medialen, convexen Endfläche erstreckt sie sich, nur wenig sich verjüngend, lateralwärts und zugleich etwas nach vorn und giebt hier zuerst den cylindrischen Ast ab, welcher nach vorn, unten und etwas medianwärts verläuft und dessen stumpfes Ende noch erheblicher vom Articulare entfernt liegt (cf. Fig. XIV.). Nach Abgabe dieses ersten und längsten Astes verläuft die Columella noch eine kurze Strecke weit zu dem in schräger Richtung von oben und lateralwärts nach unten und medianwärts sich erstreckenden Trommelfell, dem sie mit dreigetheiltem, feinzelligem Ende sich anheftet.

Bei J hat die Paukenhöhle sich schon bedeutend erweitert und schliesst die verhältnissmässig grosse Columella mit ihren dünnen cylindrischen Aesten ein.

Von ihrer rundlichen, leicht convexen, in der knorpelwandigen Fenestra ovalis gelegenen Basis aus verläuft die sehr starke und nur allmähig sich verjüngende, annähernd cylindrische Columella lateralwärts und zugleich etwas nach vorn und unten bis über die Mitte der Paukenhöhle, wo sie an ihrem äussern

Drittel den verhältnissmässig sehr dünnen und langen cylindrischen Ast (den Infrastapedialfortsatz Huxley's) abgiebt, der erst nach unten und etwas medianwärts bis an's untere Ende des Trommelfelles verläuft, hier eine Strecke demselben angeheftet ist und nun unter stumpfem Winkel sich weiter nach unten und lateralwärts wendet, um bis an die untere Paukenhöhlenwand hinab zu verlaufen, wo er mit nach vorn gerichtetem stumpfen Ende zwischen dem medialen knöchernen und lateralen knorpligen Theil der untern Paukenhöhlen-Wand aufhört. Ueber der Abgangsstelle dieses Astes ist die Columella an das über ihr gelegene obere Ende des Quadratum durch ein Ligament angeheftet. Von hier aus plattet sich die verjüngte Columella ab, wobei sie mit ihrem unteren Rande etwas nach vorn gerichtet ist, während der obere etwas nach hinten sieht. Von ihrem oberen Rande schickt sie zwei gleichdicke cylindrische Aeste ab (cf. Fig. XV.), von welchen der eine (der Suprastapedialfortsatz Huxley's) in leichtem, mit der Convexität nach oben gerichteten Bogen nach hinten und oben verläuft und sich hier dicht unter der knorpligen Paukenhöhlenwand dem Trommelfell anlegt (cf. Fig. XV. coll. ast. II.), während der andere schwach nach vorn und unten sich erstreckt (cf. Fig. XV. coll. ast. III.) und in den vierten abgeplatteten Ast (den Extrastapedialfortsatz Huxley's) übergeht, der von der Columella lateralwärts verlaufend, als ihre directe Fortsetzung angesehen werden kann. Dieser letzte Columellaast reicht am weitesten lateralwärts und heftet sich mit verdicktem Rande dem Trommelfell an.

Alle vier Aeste stehen bei diesem Stadium, wie bei allen vorhergehenden in ununterbrochener Continuität mit dem Columellakörper, wovon ich mich durch die Längsachse der Columella in verschiedener Richtung treffende Schnitte vollkommen überzeugt habe.

Bei K ist die Columella fast bis an die Abgangsstelle des ersten langen Astes ossificirt, wobei sie bis auf ihre in der Fenestra ovalis gelegene Basis bedeutend an Volumen eingebüsst

hat. Das Verhalten ihrer knorpligen Fortsätze ist ganz wie beim vorhergehenden Stadium, dieselben haben sich nur etwas mehr verdickt.

Bei Hühnerembryonen ist die Entwicklung der Columella im Wesentlichen die gleiche. Auch bei ihnen ist die Columella von ihren Aesten niemals getrennt. Der sich nach hinten verlängernde Fortsatz des Articulare rückt dem untern Aste der Columella näher, bleibt jedoch durch ein starkes Muskelbündel von demselben getrennt, was auf Querschnitten, die das hintere Ende des betreffenden Fortsatzes und das untere weit medianwärts gelegene Ende des viel dünneren Columellaastes getroffen haben, am prägnantesten hervortritt. Ein Zusammenhang des Meckel'schen Knorpels mit dem lateralen Antheil der Columella findet also auch bei Hühnern nicht statt.

III. Säugethiere.

Als Untersuchungsobjecte habe ich fast ausschliesslich Schaf- und Mäuseembryonen ¹⁾ benutzt. Von letzteren fehlten mir leider gerade die Stadien, in welchen die Differenzirung der betreffenden Gebilde fällt. Die ersten Entwicklungsstufen musste ich daher an Schafembryonen untersuchen und mich in Betreff des günstigeren Objectes damit begnügen, die mir gerade zu Gebote stehenden, schon weit vorgeschrittenen Stadien zum Vergleiche mitzuuntersuchen.

1) Das Gesamtmaterial vertheilt sich auf folgende Stadien:

A, ein Schafembryo, der von der Spitze der Unterkieferfortsätze (resp. Unterkiefer) bis zur entferntesten Partie der Nackengebeuge 5,1 mm. misst

Die Entwicklung des Meckel'schen Knorpels mit dem Hammer.

Historisches.

Wie es scheint, ist der Mensch das erste Object gewesen, an dem Meckel¹⁾ den später nach ihm benannten Knorpel entdeckt hat. Was er darüber mittheilt, ist Folgendes: In frühen Stadien entspringt vom vorderen Umfange des Hammerkopfes ein verhältnissmässig sehr dicker und langer, nur sehr allmählig sich verjüngender gerader Knorpelstab, der zwischen dem Felsenbein und dem Tympanicum aus der Paukenhöhle hervortritt, sich dicht an die innere Fläche des Unterkiefers legt und bis ans vordere Ende desselben verläuft, wo er bisweilen, vielleicht immer, mit dem der andern Seite unter spitzem Winkel sich vereinigt. Dieser Knorpel, der anfänglich an Volumen die Gehörknöchelchen sehr bedeutend übertrifft, verknöchert nie, sondern verschwindet beim menschlichen Embryo schon im 8. Monat. Der Knorpel ist nicht identisch mit dem Processus longus (gracill.) des Hammers. Der vordere (lange) Fortsatz des Hammers entspricht ihm zwar der Lage nach einigermaßen, allein man findet beim Embryo beide zugleich deutlich von einander getrennt, den erwähnten Knorpel über dem vorderen Hammerfortsatze liegend; letzterer würde also höchstens nur einen unbedeutenden Theil des Knorpels ausmachen und sich früh von ihm trennen.

B, ein Schafembryo, der von der Spitze der Unterkieferfortsätze (resp. Unterkiefer) bis zur entferntesten Partie der Nackenbeuge	6,2 mm. misst
C,	6,4 "
D,	6,6 "
E,	7 "
F,	8,7 "
G,	10,5 "
H,	11 "
I,	15,6 "
K,	16,7 "
L,	46 "
M, ein eben geworfener Hund	"
N, ein Mausembryo	5,4 "
O,	7,6 "
P,	8,2 "
Q, eine eben geworfene Maus	"
R, ein fast ausgetragener Rattenembryo	12,2 "

1) J. F. Meckel, Handbuch der menschlichen Anatomie. Band IV. Halle und Berlin 1820, S. 47.

Dass in der Auffindung dieses Knorpels beim Menschen eine in vergleichend-anatomischer Beziehung sehr bedeutungsvolle Thatsache vorliege, wird vom Entdecker sofort hervorgehoben: „Dieser Knorpel ist insofern merkwürdig, als sich bei Fischen, Amphibien und Vögeln ein völlig ähnlicher, vom hintern Unterkieferstück in das vordere dringender findet. Er sitzt hier auf einem kleinen, an der innern Fläche des hintern Unterkieferstückes befindlichen Knochen (dem verknöcherten Articulare) und man darf daher diesen wohl nicht ohne Grund für ein Rudiment des Hammers bei diesen Thieren halten.“

Nach Reichert¹⁾ bildet sich auch bei Säugethieren, in gleicher Weise wie bei Vögeln, der Meckel'sche Knorpel mit dem Hammer aus dem untern Abschnitt des ersten Visceralstreifens. Dieser Abschnitt schiebt bald von seinem hintern Ende einen gleichdicken Fortsatz ab, welcher beinahe parallel dem langen Ambosfortsatze in die den äussern Gehörgang und die Paukenhöhle trennende Bildungsmasse hineinwächst, bis in die Nähe des zweiten knorpeligen Visceralstreifens, wo er mit einer nach vorn gerichteten Spitze endigt. Vergleiche man diesen Fortsatz in Verbindung mit dem Knorpel, von dem er seinen Ursprung nahm, mit einem Hammer, so finde man zwischen beiden die grösste Aehnlichkeit, obgleich die jetzige Form desselben eine andere als die des späteren Hammers sei. Vor Allem erfahre der gegenwärtige Griff, oder das vordere Stück die merkwürdigsten Veränderungen. Dieser von Meckel beschriebene Abschnitt des ersten Visceralstreifens sei schon um die Zeit knorpelig, wo noch keine Spur einer festen Bildungsmasse des Unterkiefers zu erkennen sei. Als bald verwachse er mit dem der andern Seite, so dass ein Bogen mit einem spitzen Schlussstück entstehe. Der Knorpel liege an der medialen Seite des sich bildenden Unterkiefers und beginne dann sich zu verkümmern, wenn der Unterkiefer schon zum grössten Theil ausgebildet und ossificirt sei. Später atrophire er zuerst da, wo er mit demselben in Berührung stehe und nur hinten, wo er in den Hammer übergehe, erhalte er sich längere Zeit. Das keilförmige Schlussstück sei bei Wiederkäuern oft noch nach der Geburt vorhanden. Oft ossificire ein Theil des Knorpels. Es verknöchere alsdann zuerst die Partie desselben, welche am Hammer liegt und dieser Process schreite zum Unterkiefer hin fort, so dass

1) Reichert, Müllers Archiv. 1837, S. 169, 170, 180, 181—184, 187.

oft sein ganzer zwischen Unterkiefer und Gehörknöchelchen gelegener Theil ossificire. Immer jedoch atrophire später dieser ossificirte Theil bis auf das dem Hammer angrenzende Stück, welches nur zum Theil resorbirt werde, so dass seine runde Form in eine plattgedrückte übergehe, wozu der Annulus tympanicus beizutragen scheine. Dieser spatelförmige Ueberrest stelle den langen Hammerfortsatz dar. Das von Meckel beobachtete abweichende Verhalten scheine in seltenen Fällen durch unvollständige nur einseitig fortschreitende Ossification des Knorpels bedingt zu sein.

Der am Unterkiefer gelegene Theil des Meckel'schen Knorpels werde oft resorbirt ohne zu ossificiren, zuweilen jedoch ossificire und verwachse er mit dem Unterkiefer vollständig. Der vom hintern Ende des Meckel'schen Fortsatzes¹⁾ parallel dem langen Ambosfortsatze herabverlaufende Fortsatz bilde sich im oberen Theil zum Kopf und Hals und in dem untern zum Manubrium des Hammers aus. Zuerst ossificire der Processus longus des Hammers als Ueberbleibsel des Meckel'schen Knorpels, darauf der Hammerkörper und zuletzt erst sein Manubrium.

Günther²⁾ lässt ebenfalls den Meckel'schen Knorpel und den Hammer aus dem (untern) vorderen Segment des knorpeligen ersten Visceralstreifens sich bilden. Der grösste Theil dieses Segments gehe in den später wieder schwindenden Meckel'schen Knorpel über und aus dem hinteren Ende, welches mit dem Ambose zusammenstosse, werde der Kopf des Hammers und der kurze Fortsatz gebildet, während ein hervorsprossender weichknorpeliger Fortsatz, der von aussen her in die Grundlage des Trommelfelles eindringe, den späteren Handgriff des Hammers abgebe. Der Proc. longus (Folii) ist nach Günther ein selbstständiger Auswuchs des Hammerkörpers. Magitot und Robin³⁾, die grösstentheils das über den Meckel'schen Knorpel bereits Bekannte wiederholen, behaupten, dass der Meckel'sche Knorpel zunächst in seinem Symphysenstück gebildet werde und eigentlich ein unpaares Gebilde sei, welches mit seinen beiden

1) In Bezug auf diese von Einzelnen gebrauchte Bezeichnung macht Reichert mit Recht darauf aufmerksam, dass sie genetisch unrichtig sei, da der Meckel'sche Knorpel früher existirt als der Hammer.

2) A. Günther, Beobachtungen über die Entwicklung des Gehörorgans bei Menschen und Säugethieren. Leipzig 1842, S. 45, 46.

3) E. Magitot et Ch. Robin, Mémoire sur un organe transitoire de la vie foetale désigné sous le nom de cartilage de Meckel. Annales de sciences nat. Zool. Sér. IV. T. XVIII, S. 214, 215, 217—226, 238, 239.

Spitzen nach rückwärts auswachse und später an diesen hinteren Enden den Hammer entwickele. Zu keiner Zeit der Entwicklung werde der Meckel'sche Knorpel von den Decklamellen des Unterkiefers umschlossen. Der Hammer stehe in directem Zusammenhang mit dem Meckel'schen Knorpel. Der Stiel des Hammers sei durch einen untern Fortsatz gebildet; der lange Hammerfortsatz bilde sich in Form einer dünnen Leiste unter und parallel dem Meckel'schen Knorpel und unabhängig von diesem, zur Zeit, wo die Ossification am Kopfe des Hammers beginne. Zugleich trete die Atrophie des am Unterkiefer gelegenen Theiles vom Meckel'schen Knorpel ein, von der Mitte des Unterkiefers beginnend und sowohl zur Symphyse hin, wie zur Paukenhöhle weiter schreitend; nur bei Nagern (Ratten und Mäusen) beginne die Atrophie erst nach der Geburt. Das Symphysenstück erhalte sich noch ziemlich lange, doch atrophire es schliesslich auch vollständig, und ebenso der obere Theil des Knorpels bis an den Hammer.

Nach Bruch¹⁾ bildet bei einem $1\frac{1}{2}$ —2" langen Embryo vom Rinde der im ersten Visceralbogen entstehende Meckel'sche Knorpel sammt Hammer und Ambos einen zusammenhängenden Knorpelstreif, in welchem jedoch schon eine Gliederung erkennbar ist. Der Hammer erscheine zwar vollständig eins mit dem Meckel'schen Knorpel, als dessen oberes Ende, doch glaube er in jüngeren Embryonen die Entstehung des Hammers aus einem besonderen Knorpelkern, der jedoch bald mit dem Meckel'schen Knorpel verschmelze, gesehen zu haben. Bei einem 1' langen Rinderfoetus sei der Meckel'sche Knorpel in einem Stück seines Verlaufes in einem knöchernen, von der inneren Fläche der Unterkieferscherbe gebildeten Halbkanal eingebettet, lasse sich jedoch aus demselben leicht herausheben. Erst später werde er fester eingeschlossen und beginne zu verknöchern. Das freie obere Ende des Meckel'schen Knorpels schwinde vollständig, indem es durch den sich entwickelnden Trommelfellring vom Hammer abgedrängt werde, während die vordere Partie im Knochengewebe der innern Wand des Unterkiefers untergehe.

In einer andern Arbeit²⁾ beschreibt Bruch den Meckel'schen Knorpel eines $\frac{5}{4}$ " langen Embryo vom Rinde als einen noch sehr

1) Bruch, Beiträge etc. S. 18, 19, 158.

2) Bruch, Untersuchungen über die Entwicklung der Gewebe bei den warmblütigen Thieren. Frankfurt a. M. 1863—1867, S. 95, 99, 112, 120.

weichen Knorpel, der keine Fortsätze besitze und vorn in ein stumpfes kolbiges Ende auslaufe. Der Gelenktheil sei noch nicht entwickelt. Bei einem $1\frac{1}{2}$ " langen Embryo besitze der Meckel'sche Knorpel eine im Allgemeinen cylindrische Gestalt, endige vorn mit starker kolbiger Anschwellung, während er hinten zwei ungleich lange Fortsätze entwickelt habe, welche dicht an der Gelenkstelle abgingen. Der Hammer sei daher noch nicht abgegliedert und stehe mit dem dicht dahinter liegenden Ambos durch eine dünne Schicht indifferenten Gewebes in Verbindung.

Bei einem 3" langen Embryo sei der Meckel'sche Knorpel noch ganz knorplig, aber bereits vom Unterkiefer umschlossen. Der Hammer sei noch nicht von ihm getrennt und hänge fest am Labyrinth.

Bei einem 6" langen Rinderfoetus sei der Knorpel bereits von der innern Wand der Unterkieferscherbe in der Länge eines Zolles umschlossen. Nach vorn rage er mit um's dreifache seines Volumens angeschwollenem kolbigem Ende eine kurze Strecke über den Unterkiefer hinaus. Das hintere vom Unterkiefer zum Schädel verlaufende Ende des Meckel'schen Knorpels sei gleichfalls angeschwollen. Der Meckel'sche Knorpel bestehe noch aus hyalinem Knorpelgewebe, lasse jedoch schon zwei Knochenkerne erkennen, einen in dem vom Unterkiefer eingeschlossenen Theil, den zweiten da, wo er in's Felsenbein eintrete.

Eigene Untersuchungen.

Beim Embryo A sieht man an der lateralen, oberen Wand der spaltförmigen, stumpfwinklig lateralwärts gekrümmten Paukenhöhle fast vom hintern Ende derselben ab einen, im Querschnitt rundlichen, feinzelligen Zellenstrang verlaufen, der etwas sich verjüngend nach unten und medianwärts zum Unterkieferfortsatz hinab sich erstreckt, wo er, unter und zugleich etwas medianwärts vom N. mandibularis gelegen, durch's ganze hintere Drittel desselben verfolgt werden kann. Der von der Mitte der Paukenhöhle zum Unterkieferfortsatz hinab sich erstreckende Theil des erwähnten Zellenstranges wird den Meckel'schen Knorpel, der kurze, hintere, einen grösseren Dickendurchmesser

besitzende, an der oberen Paukenhöhlenwand gelegene Theil desselben den Ambos bilden.

Eine Grenze zwischen beiden Knorpelanlagen lässt sich für's Erste nicht erkennen, wie überhaupt die ganze nur schwach hervortretende Anlage auch gegen die Umgebung erst sehr undeutlich abgegrenzt ist.

Bei B, C und D ist der feinzellige Strang ein wenig deutlicher aus der Umgebung hervorgetreten und hat sich nach vorn hin bis gegen die Mitte des betreffenden Unterkieferfortsatzes verlängert. Eine Grenze zwischen dem später zum Hammer sich ausbildenden Antheil des Meckel'schen Knorpels und dem Ambos ist auch bei diesen Embryonen noch nicht deutlich ausgesprochen. Aus dem Vorhandensein einer gegen die Mitte der Paukenhöhle vom Zellenstrang nahezu unter rechtem Winkel nach unten und ein wenig lateralwärts zwischen Paukenhöhle und Meatus acusticus externus hinab sich verlängernden gleichfalls feinzelligen, cylindrischen Zellenanhäufung (der Anlage des Hammerhalses und Hammerstieles) lässt sich indessen die Grenze feststellen.

Bei E, F, G hat der dem Meckel'schen Knorpel entsprechende Theil des Zellenstranges sich durch weitere Differenzirung seines Gewebes und Perichondriumbildung deutlich gegen die Umgebung gesondert, eine rein cylindrische Form angenommen und an seinem hintern, gegen die Mitte der Paukenhöhle gelegenen Ende sich scharf gegen den, dem Amboskörper entsprechenden Theil des Zellenstranges abgegrenzt. Der an der lateralen Wand der Paukenhöhle hinab verlaufende, cylindrische, gleichen Durchmesser mit dem hintern Theil des Meckel'schen Knorpels besitzende Hammerfortsatz erstreckt sich bis gegen die Mitte der Verticalausdehnung der Paukenhöhle hinab, woselbst er unter rechtem Winkel medianwärts zur Paukenhöhle vorzudringen beginnt.

Das vordere Ende des cylindrischen, nach vorn hin sich nur wenig verjüngenden Meckel'schen Knorpels hat bei F bereits

die Symphyse erreicht und ist hier mit seinem noch feinzelligen Ende mit dem entsprechenden Knorpel vom andern Unterkiefer zu einem im Querschnitt ovalen kurzen Symphysenstück verschmolzen.

Bei H hat der Hammerfortsatz sich in der bereits ange deuteten Richtung weiter entwickelt. Der kegelförmig gestaltete, dem Manubrium mallei entsprechende Theil desselben treibt mit seinem Ende die Wände der noch spaltförmigen Paukenhöhle vor sich her, so dass an dieser Stelle eine bedeutende Einstülpung der ganzen Paukenhöhle zur Schnecke hin zu Stande kommt.

Bei J ist dieses Verhalten noch stärker ausgebildet (conf. Figg. XX., XXI.) An der medialen Seite des Hammers, dicht über dem Manubrium sieht man den kurzen kegelförmigen, nach medianwärts und oben gerichteten Processus muscularis angelegt, an den der Tensor tympani sich anheftet.

Von der Continuität des Hammers mit dem Meckel'schen Knorpel kann man sich leicht durch Schnitte überzeugen, die der Längsachse des Meckel'schen Knorpels parallel fallen (cf. Fig. XIX.). Vom Hammer ab verläuft der sich nur wenig verjüngende Meckel'sche Knorpel in schwachem Bogen nach vorn unten und medianwärts an der medialen Seite der Unterkieferlamellen (cf. Fig. XXII.) bis an die Symphyse, wo er eine im Querschnitt dreieckige Form annimmt und schliesslich in das senkrecht ovale Symphysenstück übergeht.

Bei K verhält sich der Meckel'sche Knorpel nebst Hammer wie beim vorhergehenden Stadium. Von einem Proc. longus ist noch nichts zu sehen.

Bei L ist der Hammer an seinem dem Ambos an- und zum Theil aufliegenden Kopf stark verdickt und bis auf das kegelförmige, die Paukenhöhle einstülpende Manubrium fast vollständig ossificirt. Knorpelig erhalten ist ausser der dem Ambos anliegenden Fläche nur noch der untere Theil seines Halses und der Proc. muscularis. Ein Proc. brevis existirt nicht; dafür

besitzt der Hammer einen bedeutenden knöchernen Proc. longus, der eine breite und dünne vom vorderen oberen Theil des ossificirten Kopfes vom Hammer ausgehende horizontale Lamelle vorstellt, die, nach vorn sich zuspitzend, bis über das hier schon bedeutend entwickelte, als Deckknochen entstehende Tympanicum hinaus nach vorn hin sich verfolgen lässt. An seinem hinteren, vom Hammerkopfe entspringenden Theil ist der Proc. longus mit dem hier ossificirten hinteren Theil des Meckel'schen Knorpels vollkommen verschmolzen. Weiter nach vorn sieht man den hier stark atrophirten und ossificirten Meckel'schen Knorpel allmählig deutlicher gegen den ihn von unten her umgebenden Proc. longus sich abgrenzen, und schliesslich sich vollkommen isoliren. ¹⁾ (cf. Fig. XXV.) Von dem vorderen Ende des Proc. longus mallei ab verläuft der atrophische, noch knorpelig erhaltene Meckel'sche Knorpel erst unter dem Condylus des Unterkiefers, dann an der medialen Seite desselben und kann noch bis in die Gegend des Foramen mandibulare verfolgt werden, wo er, nur aus wenigen Knorpelzellen noch bestehend, sein Ende erreicht.

Bis gegen die Unterkiefermitte ist er vollständig verschwunden. Hier ist ein, an der medialen untern Seite des Unterkiefers gelegenes, kurzes, stark in Atrophie begriffenes, nicht ossificirtes Stück des Meckel'schen Knorpels noch erhalten. Vor diesem Stück ist der Meckel'sche Knorpel wieder vollständig atrophirt bis ans vordere Unterkieferdrittel, wo er, in einer flachen Rinne der medialen Unterkieferwand gelegen in Ossification begriffen ist und gegen die Mitte des vorderen Unterkieferdrittels vollständig ossificirt und mit dem Unterkiefer verschmolzen erscheint, während er in der Nähe der Symphyse noch vollständig knorpelig erhalten ist. Das knorpelige Symphy-

1) Vom Proc. longus mallei wird bei Schafen also nur ein Theil der Wurzel desselben auf Kosten des hier ossificirenden Meckel'schen Knorpels gebildet, während sein bei weitem grösster Theil vollkommen unabhängig vom Meckel'schen Knorpel entsteht.

senstück ist bis auf seinen oberen Rand zwischen den hier zusammentreffenden Unterkiefern fest eingeschlossen. An seinem hinteren Ende ist es im Querschnitt rundlich, weiter nach vorn hin seitlich stark abgeplattet.

Bei dem eben geworfenen Hunde M ist vom Meckel'schen Knorpel nur sein vorderes an der Symphyse gelegenes Ende erhalten. Der Hammer ist bis auf das kegelförmige Manubrium fast vollständig ossificirt. Das Manubrium ist mit seiner Spitze nach vorn, unten und medianwärts gerichtet und ragt, von dem innern Stratum des Trommelfelles überzogen, weit in das Lumen der Paukenhöhle hinein. Der dicke und breite horizontal gestellte, vor und über dem Tympanicum endigende knöcherne Proc. longus des Hammers scheint vollständig unabhängig vom Meckel'schen Knorpel entstanden zu sein, da man in der Paukenhöhle ein kurzes, in Atrophie begriffenes, nicht ossificirtes und nicht mehr mit dem Hammer zusammenhängendes Stück dieses letzteren über dem Proc. longus und vollständig von demselben isolirt verlaufen sieht. Das an der Symphyse zwischen beiden hier bereits stark überknorpelten Unterkieferenden eingeschlossene, im Querschnitt eine Herzform zeigende Vereinigungsstück beider Meckel'schen Knorpel reicht mit seinem stumpfen vorderen etwas verjüngten Ende kaum bis über die Mitte der Symphyse hinaus. Der hintere stärkere Theil ist schon von Gefässen durchzogen und die aus ihm sich fortsetzenden eine kurze Strecke weit noch erhaltenen vorderen Antheile der Meckel'schen Knorpel sind mit dem Belegknorpel der Unterkiefer verschmolzen und wie dieser, in Ossification begriffen.

Bei Mäuseembryonen ist das Verhalten des Meckel'schen Knorpels mit dem Hammer im Wesentlichen das gleiche.

Bei N ist der Meckel'sche Knorpel schon bis an die Symphyse angelegt. Von seinem hinteren, im Querschnitt ovalen, gegen den Ambos deutlich abgegrenzten und demselben dicht anliegenden stumpfen Ende sieht man den feinzelligen, gegen die Umgebung noch nicht deutlich abgegrenzten Hammerfortsatz

abgehen. Derselbe verläuft erst eine kurze Strecke nach unten und lateralwärts, sodann nach unten und medianwärts und erstreckt sich, diese Richtung beibehaltend, bis unter die Mitte der Verticalausdehnung der Paukenhöhle, wo er, wie bei Schafembryonen, unter rechtem Winkel sich medianwärts wendet und mit seinem kegelförmigen, dem Manubrium mallei entsprechenden Endabschnitt die Paukenhöhle einstülpt. Vom Hammer ab erstreckt sich der erst ovale Meckel'sche Knorpel zum Unterkiefer hinab, wo er cylindrisch wird, an der medialen Seite der lateralen Unterkieferlamelle bis an die Symphyse verläuft und hier mit noch feinzelligem Ende an das entsprechende des anderen Knorpels tritt, ohne jedoch mit ihm zu verschmelzen.

Bei O verlängert sich der Hammerfortsatz, der verhältnissmässig länger als bei Schafembryonen ist und dessen Dickendurchmesser nur $\frac{2}{3}$ von dem des hinteren Endes vom Meckel'schen Knorpel beträgt, nach Abgabe des Manubrium noch etwas weiter nach unten, wo er mit verdicktem Ende stumpf aufhört. Hart über dem Manubrium sieht man an seiner medialen Seite den kurzen kegelförmigen Proc. muscularis angelegt. Im Unterkiefer, wo der cylindrische Meckel'sche Knorpel einen etwas grösseren Dickendurchmesser als in seinem an der Paukenhöhle gelegenen Theil besitzt, verläuft er an der medialen Fläche der bereits erwähnten Unterkieferlamelle, an derselben allmähig herabrückend bis ans For. mandibulare, wo über ihm eine zweite Lamelle auftritt. Zwischen den untern Rändern beider Lamellen gelangt er bis in die Gegend des ersten Backenzahns, wo er von den, von hier ab an ihren Rändern vollständig mit einander verschmolzenen Lamellen eingeschlossen wird und so bis nahe an die Symphyse verläuft, wo die mediale Lamelle ihr Ende erreicht und er wieder frei wird. An der Symphyse verschmelzen die Enden beider Meckel'scher Knorpel zu einem im Querschnitt nahezu halbmondförmigen mit der Convexität nach oben gerichteten Schlusstück, das nach vorn hin eine umgekehrte Herzform annimmt und schliesslich stumpf endigt.

Bei P (cf. Fig. XXIII. und XXIV.) ist der Meckel'sche Knorpel schon in Atrophie begriffen. Fast von der Symphyse ab durch das ganze vordere Unterkieferdrittel findet man ihn von der lateralen Seite her atrophirt, so dass er etwa in der Mitte des vorderen Unterkieferdrittels im Querschnitt eine halbmondförmige Gestalt besitzt.

Bei Q hat der noch rein knorpelige Hammer sich besonders, wie auch bei P, an seinem rundlichen Kopf stark verdickt. Vom Hammer ab ist der Meckel'sche Knorpel bis gegen die Unterkiefermitte erhalten von da ab in Atrophie begriffen und im vorderen Unterkieferdrittel vollständig geschwunden, indem er hier zum Theil auch ossificirt und mit dem Unterkiefer verschmolzen sein mag. Das Symphysenstück ist vollständig erhalten.

Beim Rattenembryo R ist das Verhalten des Meckel'schen Knorpels mit dem Hammer ganz wie beim Embryo P. Im vorderen Unterkieferdrittel ist der Knorpel vollständig von Knochen umschlossen und in bereits weit vorgeschrittener Atrophie begriffen. Auch hier ist die laterale Seite die stärker betroffene; seine mediale Peripherie ossificirt und bildet eine dünne medianwärts convex gekrümmte Lamelle, die mit dem Unterkiefer verschmilzt.

Die Entwicklung des knöchernen Unterkiefers.

Historisches.

Nach Reichert¹⁾ beginnt, wenn der Meckel'sche Knorpel mit dem der andern Seite sich zum Schlussstück vereinigt hat, der knöcherne Unterkiefer sich zu bilden.

An der äussern Seite des Meckel'schen Fortsatzes, ihn etwas nach vorn überragend und den Schädel nicht erreichend, bildet sich eine längliche Knochenlamelle, die sich dem Meckel'schen Fortsatz fest anlegt und von demselben gleichsam getragen wird. Später wird ihr oberes Ende breiter und nähert sich dem Schädel. Bald

1) Reichert, l. c. Müll. Arch., S. 194, 195.

nach der ersten bildet sich eine zweite, innere Lamelle, indem vom hinteren Rande der äussern nach innen gegen den Meckel'schen Fortsatz sich Knochensubstanz abgelagert, denselben erreicht, zwischen ihm und der äussern Platte sich nach vorn biegt und an die Zahnkeime anlegt. Das obere Ende des Unterkiefers, welches nur aus der äussern Lamelle besteht, erzeugt nun die beiden Fortsätze, von welchen der hintere das Squamosum erreicht, sich überknorpelt und gelenkig mit demselben verbindet. Die unteren Enden des Unterkiefers wachsen zweispaltig fort und berühren sich zuerst mit ihrer innern Lamelle. Ein frei sich entwickelnder unterer Zwischenkiefer existirt bei Säugethieren nicht.

Nach Bruch¹⁾ erscheint bei einem 1 $\frac{1}{2}$ '' langen Embryo vom Rinde die Anlage des Unterkiefers an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels als eine platte, länglichviereckige Knochenscherbe, die den Knorpel in seinem Mittelstück begleitet und am vorderen schmalen Ende eine längsovale Oeffnung für den Canalis alveolaris besitzt. Allmähig nimmt die Scherbe die Gestalt des Unterkiefers an, jedoch fehlen fürs Erste noch der ganze Angulus und die beiden Fortsätze. Am untern Rande schlägt sich die Scherbe nach innen um und giebt dem Unterkiefer die Gestalt einer kahnartig ausgehöhlten Schiene.

Nach Kölliker²⁾ entwickelt sich der Unterkiefer beim Menschen nur aus einer an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels gelegenen Lamelle, an welcher am vorderen Ende und am Gelenkkopf sich Knorpelbelege bilden und wie bei einem Röhrenknochen das Längenwachsthum besorgen.

Eigene Untersuchungen.

Die Anlage des knöchernen Unterkiefers tritt beim Embryo F auf. Sie besteht in einer durch das ganze mittlere Unterkieferdrittel an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels sich hinziehenden, lateralwärts leicht convexen Lamelle, deren vorderer Theil so gestellt ist, dass der untere etwa in gleicher Höhe mit dem untern Rande des Meckel'schen Knorpels ver-

1) Bruch, Beiträge etc., S. 157, 158.

2) A. Kölliker, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. Leipzig 1861, S. 217.

laufende Rand letzterem ziemlich nahe liegt, während der obere, über den Knorpel bedeutend hinaufreichende Rand stark lateralwärts gerichtet ist. Im hinteren Theil steht die Lamelle mehr senkrecht.

Bei H sieht man diese Lamelle sich nach vorn hin bis gegen die Mitte des vorderen Unterkieferdrittels verlängern, während sie nach hinten zu den Meckel'schen Knorpel bis zum Squamosum begleitet und hier von der lateralen Seite des Knorpels mehr auf denselben rückt. Ausser dieser Lamelle findet sich bei diesem Stadium im hintern Theil des vorderen Unterkieferdrittels eine zweite, dünne und kurze Lamelle angelegt, welche an ihrem vorderen Abschnitt mit ihrem unteren Rande mit dem gleichnamigen Rande der lateralen Lamelle verschmolzen, hart an der lateralen Wand des Meckel'schen Knorpels zwischen diesem und der lateralen Lamelle nach hinten zu bis ans mittlere Unterkieferdrittel verläuft und hier, mehr über dem Knorpel gelegen, spitz endigt.

Bei J hat die zuerst aufgetretene verdickte Lamelle die Symphyse fast erreicht und ragt in ihrem vorderen Theil mit ihrem untern Rande unter den Meckel'schen Knorpel hinab, ebenso im hinteren Unterkieferdrittel, wo ihr verdickter unterer Rand sich weit unter den Knorpel hinab erstreckt. Von ihrem oberen Rande, der ein beträchtliches Stück über dem Knorpel liegt, sieht man den Proc. temporalis abgehen. Das hintere, den Condylus des Unterkiefers bildende Ende der Lamelle, liegt unter dem beträchtlich entwickelten Squamosum. Die andere Lamelle, ein nach oben convex gekrümmtes Blättchen, welche auch hier nur an ihrem vorderen Ende mit der lateralen verschmolzen ist (cf. Fig. XXII), erstreckt sich nach hinten bis über die Unterkiefermitte. An ihren obern Rand heftet sich der Mylo-hyoideus an, welcher somit den Meckel'schen Knorpel an seiner lateralen Seite liegen hat.

Bei L hat der Unterkiefer schon die Gestalt erlangt, die er bei erwachsenen Thieren besitzt. Die beiden stark ent-

wickelten Lamellen sind mit ihren Rändern vollständig miteinander verschmolzen und bilden dadurch den einen beträchtlichen Durchmesser besitzenden Canalis mandibularis. Der Condylus besitzt schon eine Knorpelschicht.

Bei M ist der Can. mandibularis in seinen Durchmessern schon erheblich reducirt. Ausser dem Condylus sind auch die an der Symphyse zusammenstossenden und das Schlusstück der Meckel'schen Knorpel einschliessenden Flächen der Unterkiefer stark überknorpelt.

Bei Mäusen entwickelt sich der Unterkiefer aus einer lateralen und einer medialen Lamelle. Zuerst entsteht, wie das bei N zu sehen ist, die an der lateralen Seite des Meckel'schen Knorpels gelegene Lamelle. Ist diese ossificirt, so bildet sich die mediale, im hintern Theil des Unterkiefers über dem Meckel'schen Knorpel, im vorderen an dessen medialer Seite gelegene Lamelle. Bei P (cf. Fig. XXIII., XXIV.), wo sie schon beträchtlich entwickelt ist, verschmilzt dieselbe von dem durch ihr hinteres Ende gebildeten Foramen mandibulare ab zuerst an ihrem oberen Rande mit der lateralen Lamelle und verläuft, dem M. mylo-hyoideus zur Anheftung dienend, bis an das vordere Unterkieferdrittel, wo sie sich auch an ihrem untern Rande mit dem gleichnamigen der lateralen Lamelle vollkommen vereinigt und so bis an ihr Ende, das sich kurz vor der Symphyse befindet, den einen beträchtlichen Durchmesser besitzenden Canalis mandibularis bildet, in welchen der Meckel'sche Knorpel mit eingeschlossen wird. Den Symphysentheil bildet, wie bei Schafen, der vordere Theil der lateralen Lamelle, welcher, rinnenförmig gekrümmt, den betreffenden Nagezahn trägt. Das hintere Ende der lateralen Lamelle entwickelt auch hier den Proc. temporalis und den Condylus. Am Angulus und Condylus bildet sich eine beträchtliche Knorpelmasse, die erst später ossificirt.

Die Entwicklung des Amboses.

Historisches.

Nach den Untersuchungen von Reichert¹⁾ entsteht der Ambos aus der mittleren Abtheilung des ersten Visceralbogens. Diese schickt ihrer ganzen Länge nach einen am Ende nur wenig sich zuspitzenden Fortsatz ab, welcher erst häutig-knorpeliger Natur ist. Er verlängert sich allmähig weiter, wobei er mit seiner Spitze etwas nach aussen sich wendet und gelangt zum zweiten Visceralstreifen dort, wo der kolbige obere Theil desselben von dem unteren sich differenzirt hat. Hier legt er sich an die äussere Seite des untern Endes vom kolbigen Abschnitt fest an, so dass beide Theile bald wie verwachsen erscheinen. Noch ehe jedoch der letztere Vorgang beendigt ist, schickt die mittlere Abtheilung des ersten Visceralstreifens einen zweiten Fortsatz ab, welcher nach hinten und etwas nach oben sich erstreckt und nicht ganz die Länge des vorhergehenden erreicht. Mit dem Auftreten dieses Fortsatzes ist die Anlage des Amboses unverkennbar geworden. Die mittlere Abtheilung stellt den Körper, der zuerst sich entwickelnde Fortsatz den langen, der spätere den kurzen Fortsatz desselben vor.

Günther²⁾ lässt die von Reichert beschriebene mittlere Abtheilung des ersten knorpeligen Visceralstreifens die Grundlage sowohl für den Ambos wie auch für den Steigbügel bilden. Dieselbe lege sich als zarter, weicher Knorpel an die Labyrinthblase an und schicke später ein kleines Knötchen aus, welches von einem Grübchen, dem späteren ovalen Fenster aufgenommen werde. Später verlängere sich dieses Knötchen und werde in eine Art Fortsatz zwischen dem ovalen Fenster und dem Visceralstreifen verwandelt, welchen Fortsatz man bald als eine Anlage des Steigbügels und des langen Ambosfortsatzes erkenne. Bevor sich zwischen beiden ein Gelenk entwickle, sei eine Grenze zwischen ihnen schwer zu ziehen. Allmähig werde der Steigbügel immer mehr von seiner ursprünglichen Stelle entfernt und horizontal gestellt, während der Ambosfortsatz perpendiculär gestellt bleibe, wodurch an der Verbindungsstelle beider ein rechter Winkel entstehe, in welchem das Ossiculum lenticulare aus einem eigenen Knochenkern sich hervorbilde. Zwischen dem oberen horizontalen und dem unteren perpendiculären Fortsatze

1) Reichert, l. c. Müll. Arch. 1837, S. 178, 180, 187.

2) Günther, l. c. S. 41, 42, 44, 45.

werde die Masse des Visceralstreifens in den Körper des Amboses umgebildet. Der obere Fortsatz hänge anfangs durch zartes Zellgewebe mit dem künftigen Proc. styloideus zusammen. Die ursprünglich runde Gestalt des Amboskörpers verwandele sich in eine winklige und er erhalte das Gelenkgrübchen für den Hammer.

Magitot und Robin¹⁾ sehen zur Zeit, wo das hintere Ende des Meckel'schen Knorpels die Form des Hammers annimmt, an diesem einen Knorpel entstehen, welcher alle Charaktere des Amboses besitzt und ganz deutlich seine beiden Fortsätze zeigt.

Nach Bruch²⁾ entsteht der Ambos als gesonderter Knorpelkern dicht hinter dem Hammer; bei einem 1½" langen Embryo vom Rind hat er schon seine zwei Fortsätze und ist am Ohrlabyrinth durch Fasergewebe befestigt.

Eigene Untersuchungen.

Die im Querschnitt rundliche, einen etwas grösseren Durchmesser als der Meckel'sche Knorpel besitzende Anlage des Amboskörpers ist bei den Embryonen A bis E weder gegen die Umgebung, noch gegen die Anlage des Meckel'schen Knorpels deutlich abgegrenzt; von den Ambosfortsätzen ist noch nichts zu sehen. Dass diese von der Anlage des Meckel'schen Knorpels nicht scharf abzugrenzende und noch über der Paukenhöhle (der ersten Kiemenspalte) gelegene Zellengruppe, wie die Anlage des Meckel'schen Knorpels, vom ersten Kiemenbogen gebildet werden, lässt sich mit Sicherheit aussagen.³⁾

Bei F hat der Amboskörper sich schon scharf gegen die Umgebung, wie gegen das Hammerstück des Meckel'schen Knorpels abgegrenzt. An seinem vorderen Theil sieht man ihn dicht hinter dem Hammer, diesem fast parallel, seinen langen Fortsatz abschicken, der sich verjüngend, bis gegen die Mitte des Hammers hinab sich erstreckt, wo sein Ende von dem Capitulum

1) Magitot et Robin, l. c. pag. 225.

2) Bruch, Beiträge etc. l. c. S. 19 und Untersuchungen etc. l. c. S. 99.

3) Hiernach versteht es sich von selbst, dass ich der von Huxley (Proc. l. c. S. 403—407 und Man. S. 27, 84, 85) neuerdings entwickelten Anschauung, der Ambos sei das proximale Anfangsstück des zweiten Kiemenbogens und speciell dem Suprastapedialfortsatz homolog, und der Hammer repräsentire das Quadratum, nicht beitreten kann.

des schon bedeutend entwickelten Steigbügels ziemlich weit entfernt liegt. Nach hinten zu beginnt der Ambos den stumpfen und dicken, kurzen Fortsatz zu entwickeln.

Bei G hat sich der lange Ambosfortsatz weiter verlängert und tritt mit stark medianwärts und etwas nach hinten gerichteten Ende an das Capitulum des Steigbügels, mit seinem Perichondrium sich an dasselbe anlegend. Das Ende des Fortsatzes hat hier noch einen weit geringeren Durchmesser als das Capitulum, so dass es nur den centralen Theil von dessen lateraler Fläche berührt. Der kurze Fortsatz hat sich gleichfalls weiter nach hinten verlängert.

Bei K, wo der Ambos, wie dessen Fortsätze bedeutend an Volumen zugenommen haben, verhält sich der lange Fortsatz in Bezug auf die Grösse der Berührungsfläche mit dem Steigbügelcapitulum noch wie im Stadium G. Der fast horizontal nach hinten verlaufende Fortsatz erreicht hier mit seinem stumpfen Ende die knorplige Wand des Petrosium.

Bei L ist das plane Ende des langen Ambosfortsatzes schon so weit verdickt, dass es die ganze ebenfalls plane Gelenkfläche des Capitulum vom Steigbügel deckt. Ein Lenticulare existirt zu keiner Zeit. Der mediale Theil des Amboskörpers erfährt den Beginn der Vascularisirung.

Bei M ist der Ambos bis auf die Gelenkfläche für den Hammer und unbedeutende Strecken an den Enden seiner Fortsätze vollständig ossificirt.

Bei dem jüngsten Mausembryo N ist der dicht hinter dem Hammer gelegene Ambos schon deutlich sowohl gegen den Hammer, wie gegen die Umgebung abgegrenzt; seine beiden Fortsätze sind bereits angelegt.

Bei O erstreckt sich der lange Ambosfortsatz, wie bei Schafembryonen, hart hinter dem Hammer, demselben nahezu parallel verlaufend, sich verjüngend gerade nach unten bis gegenüber dem Capitulum des Steigbügels, erreicht dasselbe jedoch noch nicht.

Bei Q liegt das untere Ende des langen Fortsatzes dicht am Capitulum des Steigbügels; der kurze Fortsatz verläuft horizontal nach hinten, wo er mit stumpfem Ende dem knorpligen Petrosium sich anheftet. Ein gleiches Verhalten zeigt der Ambos bei R.

Die Entwicklung des Steigbügels.

Historisches.

Wie Reichert¹⁾ angiebt, entwickelt sich der Steigbügel aus dem oberen Ende des zweiten Visceralstreifens, das, durch das aus der Schädelhöhle sich hervordrängende Ohrlabyrinth seiner Verbindung mit der Kopfwirbelsäule beraubt, mit kolbig angeschwollenem Ende an das Gehörorgan sich anlegt. Dieses kolbige Gebilde, welches von dem sich vergrößernden knorpligen Ohrlabyrinth aufgenommen und wie in eine Grube desselben versenkt wird, stellt die Anlage des Steigbügels dar. Letzterer verknöchert später, nachdem zuvor der bisher solide Knorpel in seiner Mitte atrophirt ist, durch welchen Hergang der Steigbügel seine definitive Gestalt erlangt.

Dass nach Günther²⁾ sich der Steigbügel aus der mittleren Abtheilung des ersten Visceralstreifens bilden und anfangs mit dem langen Ambosfortsatze vereinigt sein soll, ist bereits erwähnt worden. Die Anlage des Steigbügels ist anfangs konisch gestaltet, plattet sich sodann von oben nach unten ab; die dadurch gebildete obere und untere Fläche erhalten bald kleine Grübchen und gegen das Ende des dritten Monats wird der Steigbügel durchbohrt, wodurch seine spätere Form hervorgebracht wird. Die Verknöcherung geht von 3 Punkten aus, von welchen einer in der Basis und einer in jedem Schenkel liegt.

Nach Magitot und Robin³⁾ entsteht, wenn der Ambos sich mit seinen beiden Fortsätzen schon deutlich ausgebildet hat, an dem Ende des langen Ambosfortsatzes und von diesem durch die abgerundete, ein wenig früher entstehende knorplige Anlage des Lenticulare getrennt, als kleines scheibenförmiges Gebilde die Anlage des Steigbügels, welche noch vorläufig keine Oeffnung zeigt. Bald jedoch

1) Reichert, l. c. Müll. Arch. S. 185, 186, 187.

2) Günther, l. c. S. 41, 42, 43.

3) Magitot et Robin, l. c. pag. 225.

tritt eine Depression im Centrum des Steigbügels auf; allmählig gewinnt diese an Tiefe und so bildet sich bald ein ovales Loch in der knorpeligen Scheibe.

Bruch¹⁾ lässt den Steigbügel am oberen Ende des zweiten Visceralbogens als gesonderten, eiförmigen Knorpel auftreten, als welchen man ihn noch bei einem 1½" langen Rinderembryo finden soll, da seine Bildung unter den Gehörknöchelchen am spätesten erfolge.

Eigene Untersuchungen.

Die erste Anlage des Steigbügels finde ich schon beim Embryo B. Sie besteht aus einer länglich runden Zellengruppe, die sich wie die erste Anlage des Meckel'schen Knorpels und des Amboses verhält, dicht hinter und über dem proximalen Ende der Anlage des Stylo-hyoideum liegt und gegen dieses, wie gegen die Umgebung sich nicht deutlich abgrenzen lässt. Gegen den etwas lateralwärts und weit über ihr gelegenen Amboskörper ist sie durch das hintere Ende der schmalen Paukenhöhle, wie durch eine beträchtliche Schicht indifferenten Gewebes vollkommen isolirt.

Das gegen die Anlage des Stylo-hyoideum undeutlich abgegrenzte Capitulum ist stark nach unten und vorn gerichtet, so dass die Basis nur wenig medianwärts liegt. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat die hinter der ersten Kiemenspalte gelegene Steigbügelanlage aus dem zweiten Kiemenspalte sich entwickelt; als absolut sicher lässt sich dieses Verhalten nicht hinstellen, da die zweite Kiemenspalte bereits verstrichen ist.

Bei C, D und E sieht man den Steigbügel sich immer deutlicher gegen seine Umgebung abgrenzen, das Capitulum und die Basis sich rundlich verdicken und den Inter-cruralcanal entstehen.

Bei F, wo Capitulum und Basis noch von gleichem Durchmesser sind, ist der Steigbügel mit ersterem mehr nach oben

und lateralwärts gerückt. Zum Capitulum sieht man den langen Ambosfortsatz sich herab verlängern.

Bei G hat der Steigbügel schon eine fast horizontale Lage angenommen; an die laterale plane Endfläche des Capitulum legt sich der lange Ambosfortsatz an.

Bei K ist der Steigbügel mit seiner rundlichen, medianwärts leicht convexen, das Capitulum an Durchmesser schon übertreffenden Basis in der knorpelwandigen Fenestra ovalis definitiv eingeschlossen.

Bei L besteht der Steigbügel, der bedeutend an Länge und namentlich in seiner Basis an Volumen zugenommen hat, noch seiner ganzen Ausdehnung nach aus hyalinem Knorpelgewebe; bei M dagegen ist er bis auf den, dem Ambosfortsatz anliegenden Theil seines Capitulum und einen Theil der Peripherie vollkommen ossificirt.

Beim Mausembryo N besitzt der horizontal gestellte Steigbügel einen bedeutenden Inter-cruralcanal, durch welchen die starke Steigbügelarterie tritt. Das im Querschnitt rundliche Capitulum, wie die gleich beschaffene Basis sind hier noch von gleichem Durchmesser. Bei P ist der Inter-cruralcanal bedeutend erweitert, und die kolossal verdickte Basis mit dem Capitulum nur durch sehr dünne stark convexe Crura verbunden.

Bei Q hat namentlich die Basis noch weiter an Volumen zugenommen; der ganze Steigbügel besteht noch aus hyalinem Knorpel.

Schlussbemerkungen.

Die gemachten Beobachtungen gestatten die Formulierung der nachstehenden Sätze:

1. Der Meckel'sche Knorpel weist besonders im Verhalten seines Symphysenstückes und sodann in Betreff der Ausdehnung, in welcher er später atrophirt oder verknöchert, Verschiedenheiten auf, die für die einzelnen Wirbelthierclassen charakteristisch sind.

1) Bruch, Beiträge etc. I. c. S. 19.

2. Im Gegensatz zu den Angaben von Peters zeigt auch bei Vögeln der Meckel'sche Knorpel in Bezug auf das aus seinem hintern Abschnitt sich entwickelnde Gebilde dasselbe Verhalten, wie bei Amphibien und Säugethieren.

3. Das Articulare der Vögel, das bei Owen und Peters keine weitere Deutung findet, ist dem Articulare der Amphibien, sowie dem Hammer der Säugethiere homolog.

4. Bei Triton entwickelt sich das Quadratum, wie bei den höheren Wirbelthieren, unabhängig vom Primordialcranium und setzt sich erst später mit ihm in Verbindung.

5. Erst zu Ende des Larvenlebens tritt der „Palatknorpel“ auf. (Bei alten Thieren ist er, atrophirend, vom Schädel getrennt.)

6. Ein „Palato-quadratum,“ das von vorn herein mit dem Primordialcranium in Continuität steht (Stannius, Gegenbaur), existirt demnach bei Triton nicht.

7. Das Quadratum entspricht dem Ambos der Säugethiere und nicht dem Tympanicum (Owen, Peters), oder dem Hammer (Huxley).

8. „Hammer“ und „Ambos“ der Vögel (und Reptilien) tragen ihre Namen mit Unrecht; sie sind Verästelungen der Columella.

9. Columella und Stapes entsprechen einander.

10. Das Operculum ist der Columella nicht homolog.

11. Der Ambos kann nicht als Homologon des Suprastapedialfortsatzes (Huxley) angesehen werden.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind in ihren Umrissen und zum Theil auch im Detail mit Hilfe einer Oberhäuser'schen Camera lucida angelegt worden.

Die Vergrößerung der Fig. 1—9, 11—13, 23 und 24 ist $\frac{1}{2}$, die der Fig. 10, 14—22 und 25, $\frac{2}{3}$.

Diese im Interesse der Uebersichtlichkeit gewählten Vergrößerungen erlaubten nicht, alle histologischen Verhältnisse bis ins Detail anzugeben.

Häufiger wiederkehrende Bezeichnungen: *an.* Angulare, *ar.* Articulare, *c. cr.* Cavum cranii, *c. o.* Mundhöhle, *c. ty.* Paukenhöhle, *de* Dentale, *hbl.* Hornblatt, *mck.* Meckel'scher Knorpel, *m. ep.* Mundhöhlenepithel, *ml.* Hammer, *my. hy.* Musc. mylo-hyoideus, *opm.* Operculum, *pr. cr.* Primordialcranium, *pt.* Pterygoideum, *qu.* Quadratum, *st. hy.* Stylo-hyoideum, *ty.* Tympanicum, *vt.* Vestibulum.

Fig. I. Querschnitt des Schädels einer 7.1 mm. langen Tritonlarve in der Höhe der Gehörbläschen. *gh.* Gehörbläschen, *ch.* Chorda.

Fig. II.a. Querschnitt durch das hintere Ende des Articulare einer 8.8 mm. langen Tritonlarve. *s. oc.* Secundäre Augenblase, *hy.* Zungenbeinapparat, *p. o. c.* Musc. post-orbito-coronoidien v. Dugès.

Fig. II.b. Querschnitt durch das Quadratum aus derselben Larve.

Fig. III. Querschnitt durch das Symphysenstück der Meckel'schen Knorpel derselben Larve. *dn.* Zähne.

Fig. IV. Querschnitt durch den hintern Theil des Articulare eines alten Triton-Weibchens.

Fig. V. Querschnitt durch den Unterkiefer kurz vor dem Articulare. Von demselben Triton. *n. md.* Nervus mandibularis, *pa. k.* Palat-Knorpel, *p. o. c.* Muscul. post-orbito-coronoidien.

Fig. VI. Querschnitt durch die Mitte des Unterkiefers von demselben Object. *a. m.* Arteria mandibularis, *n. md.* Nervus mandibularis.

Fig. VII. Querschnitt durchs Dentale kurz vor der Symphyse. Von demselben Triton. *x.* Bindegewebsstrang im Dentale.

Fig. VIII.a. Querschnitt durch die Symphyse desselben Triton. *dn.* Zähne, *x.* Bindegewebsstrang, *sy. k.* Symphysenfaserknorpel.

Fig. VIII.b. Querschnitt durchs Dentale kurz vor der Symphyse. Von demselben Triton. *x.* Bindegewebsstrang.

Fig. IX. Querschnitt durch die Symphyse eines sehr alten Triton-Männchens. *sy. k.* Symphysenfaserknorpel, *o.* ossificirter Theil des Meckel'schen Knorpels, *x.* Bindegewebsstrang.

Fig. X. Querschnitt durch den vorderen Theil des Vestibulum einer 36,3 mm. langen Tritonlarve. *pr. ot.* Pro-oticum.

Fig. XI. Querschnitt durchs Vestibulum, der das Operculum in der Längsrichtung trifft. Von einem erwachsenen jungen Triton. *pa. k.* Palat-Knorpel, *pr. ot.* Pro-oticum.

Fig. XII. Querschnitt durchs Vestibulum, der das Operculum in der Längsrichtung trifft. Vom alten Triton-Weibchen. *pa. k.* Palat-Knorpel, *pr. ot.* Pro-oticum.

Fig. XIII. Querschnitt durchs Vestibulum, der das Operculum in der Längsrichtung trifft. Vom alten Triton-Männchen (Fig. IX.) *pr. ot.* Pro-oticum.

Fig. XIV. Sagittalschnitt, die Columella treffend. Vom Sperlingsembryo G. I. *col. ast.* Der lange Columellaast, *ms.* Masseter, *r. hy.* Zungenbeinast.

Fig. XV. Sagittalschnitt des verästelten Endes der Columella vom Sperling J. *coll. ast. II.* zweiter Columellaast, *coll. ast. III.* dritter Columellaast.

Fig. XVI. Querschnitt durch den hinteren Theil des Articulare vom Sperling J. *qu. j.* Quadrato-jugale, *pr. orb.* Proc. orbitalis.

Fig. XVII. Querschnitt durch die Mitte des Unterkiefers desselben Sperlings. *cmp.* Complementare, *opc.* Operculare, *sup. an.* Supraangulare, *n. md.* Nervus mandibularis.

Fig. XVIII. Querschnitt durch die Symphyse desselben Sperlings. *sy. k.* Symphysenfaserknorpel.

Fig. XIX. Längsschnitt durch den Hammer und Ambos vom Schafembryo J. *inc.* Ambos, *m. ac. ext.* Meatus acusticus externus, *m. stp.* Musculus stapedius, *pr. l. inc.* Langer Ambosfortsatz.

Fig. XX. Frontalschnitt, der den Hammer seiner Längsachse nach trifft. Vom Schafembryo J. *m. ac. ext.* Meatus acusticus externus, *m. ml.* Manubrium mallei, *tns. ty.* Musc. tensor tympani.

Fig. XXI. Frontalschnitt, der den querdurchschnittenen Meckel'schen Knorpel kurz vor dem Hammer zeigt. Von demselben Embryo. *m. ac. ext.*, *m. ml.*, *tns. ty.* wie in Fig. XX.

Fig. XXII. Querschnitt durch das vordere Drittel des Unterkiefers von demselben Object. *l. l.* laterale Unterkieferlamelle, *ln.* Zunge, *m. l.* mediale Unterkieferlamelle, *n. md.* Nervus mandibularis, *schm. k.* Schmelzkeim.

Fig. XXIII. Querschnitt durch die Mitte des vorderen Unterkieferdrittels vom Mausembryo P. *l. l.*, *ln.*, *m. l.* wie in Fig. XXII, *y.* Wurzel des Nagezahns.

Fig. XXIV. Querschnitt durch die Mitte des Unterkiefers. *l. l.*, *m. l.*, *ln.*, *n. md.* wie in Fig. XXII, *schm. o.* Schmelzorgan.

Fig. XXV. Querschnitt durch das Mittelstück des Processus longus mallei. Vom Schafembryo L. *pr. l. ml.* Processus longus mallei.

THESEN.

1. Die sogenannte Tuberculose der Rinder und die Tuberculose der Menschen sind nicht identisch.
2. Eiterkörperchen sind nicht ausschliesslich ausgetretene farblose Blutkörperchen.
3. Der Tod beim Milzbrand tritt durch Asphyxie ein.
4. Die Ansicht Thiry's über den Einfluss der Brunstzeit auf das Geschlecht des Embryo ist unwahrscheinlich.
5. Das erste Stadium der Krankheit bei der Rinderpest ist nur durch Temperaturmessungen festzustellen.
6. Die Fleischschau gehört in's Gebiet der Veterinärmedizin.

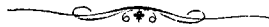


Fig. I.

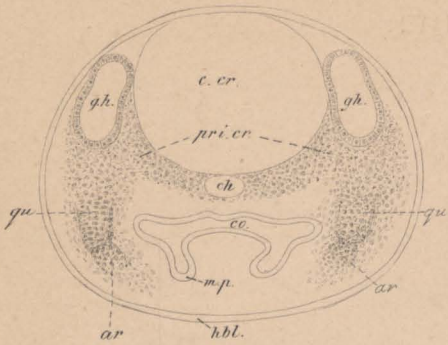


Fig. II.

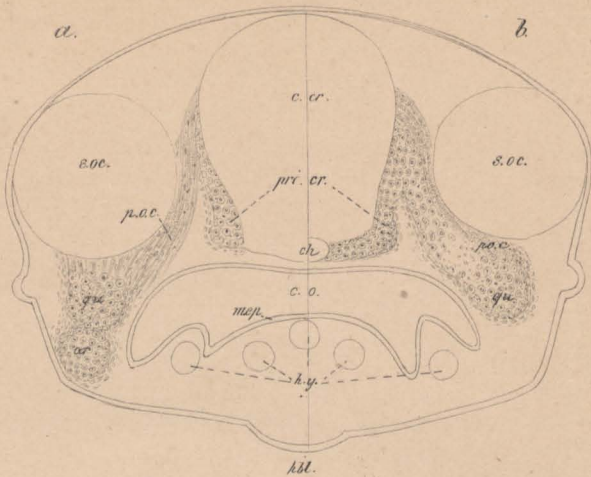


Fig. VIII.

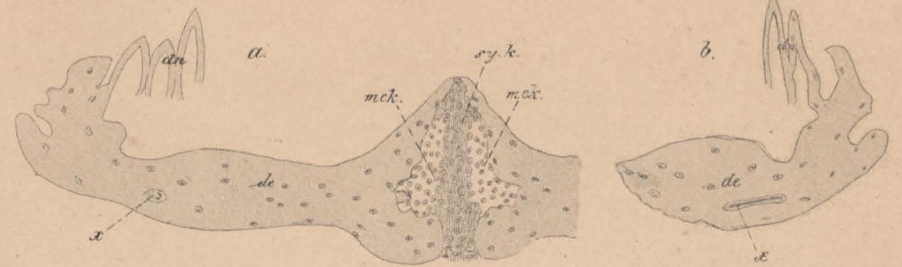


Fig. III.

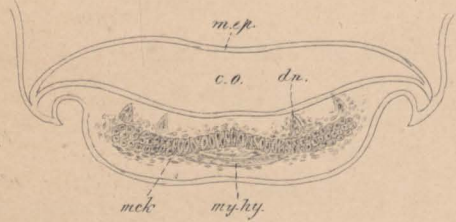


Fig. M.



Fig. IX.

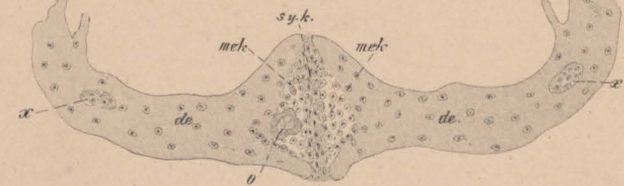


Fig. XI.

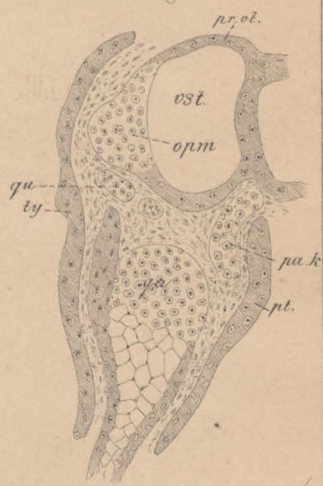


Fig. VII.

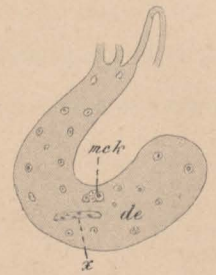


Fig. V.

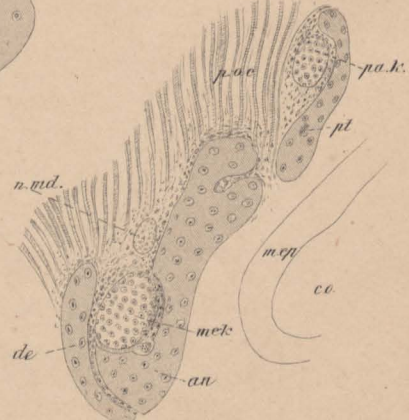


Fig. XIII.

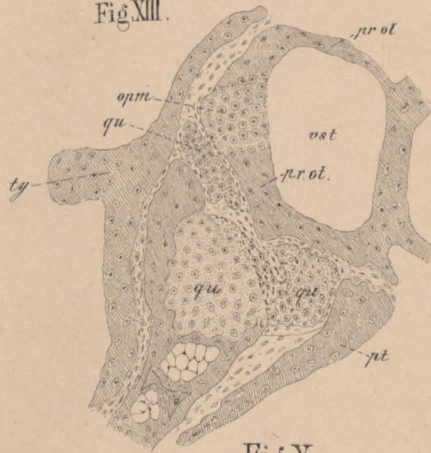


Fig. XII.

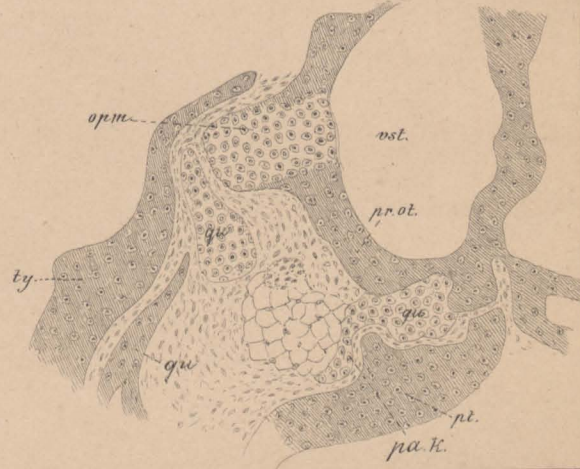


Fig. IV.

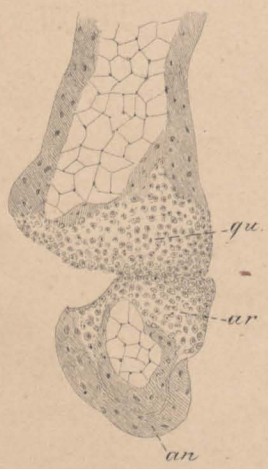


Fig. X.

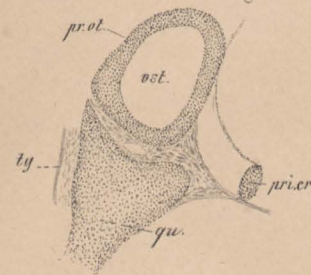


Fig. XVII.



Fig. XVIII.

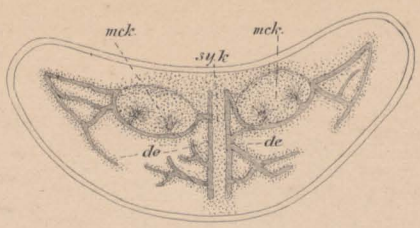


Fig. XIX.

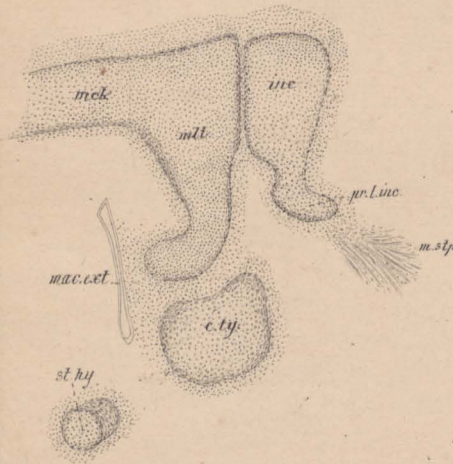


Fig. XX.

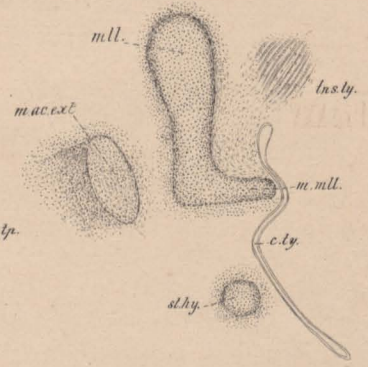


Fig. XXI.

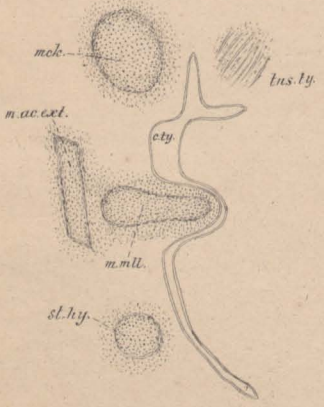


Fig. XXII.

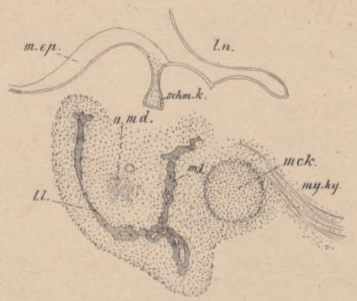


Fig. XXIII.

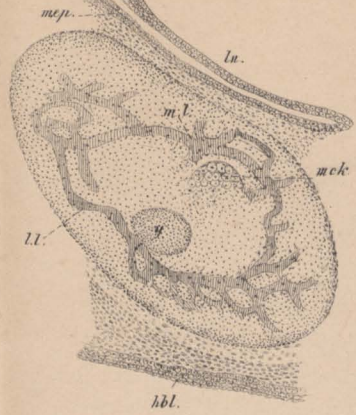


Fig. XXIV.

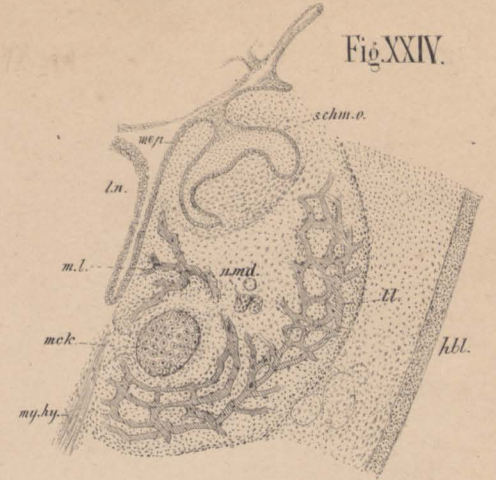


Fig. XXV.

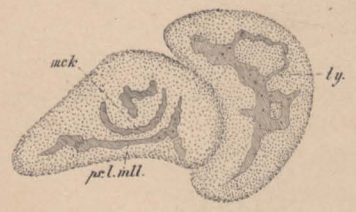


Fig. XXIV.

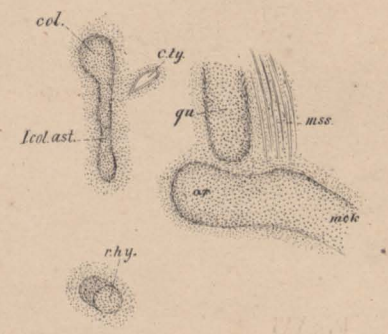


Fig. XXV.

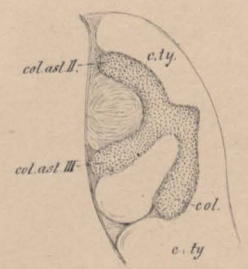


Fig. XXVI.

