

Zur Entwicklungsgeschichte des Ophiurenskelettes.

Von

Professor Dr. **Hubert Ludwig** in Gießen.

Mit Tafel X und XI und einem Holzschnitt.

I. Entwicklung der Armwirbel. Die Gründe, welche ich in einer früheren Arbeit¹ zu Gunsten der MECKEL- und JOH. MÜLLER'schen Ansicht von der Homologie der Ophiurenwirbel mit den Wirbeln der Asterien entwickelte, waren vorzugsweise den anatomischen Verhältnissen der erwachsenen Thiere entnommen. Ich wies dort darauf hin, dass sowohl die Zusammensetzung aus zwei in der Mittellinie mit einander verwachsenen Hälften als auch die Lagebeziehung zum radiären Wassergefäße und zu dessen die Füßchen versorgenden Zweigen für jene Homologie sprechen, dass dagegen die GAUDRY-LYMAN'sche Auffassung, welche die Ophiuren-Wirbel als ganz eigenartige, den Asterien völlig fehlende Skelettstücke hinstellt, der triftigen Gründe entbehre. Indessen war der eine Hauptpunkt, die ursprüngliche Zusammensetzung aller Ophiurenwirbel aus zwei, den Wirbelhälften oder Ambulacralstücken der Asterien vergleichbaren Hälften, nicht entwicklungsgeschichtlich festgestellt, sondern nur aus einigen anatomischen Thatsachen abgeleitet. Es blieb also hier eine Lücke der Beweisführung auszufüllen um jene Homologie allem Zweifel gegenüber sicher zu stellen. Und wenn auch der neuerdings veröffentlichte interessante Fund LYMAN's², dass bei einigen Tiefseeophiuren die Armwirbel sämmtlich aus zwei deutlich von einander unterscheidbaren Stücken bestehen, erst recht darauf hindeutete, dass das Ergebnis der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung wohl kaum

¹ Beiträge zur Anatomie der Ophiuren. Diese Zeitschr. Bd. XXXI. p. 347 sqq. (Morphol. Studien an Echinodermen. I. Bd. p. 242 sqq.)

² TH. LYMAN, A structural feature hitherto unknown among Echinodermata, found in deep-sea Ophiurans. Boston 1880 (Anniversary Memoirs of the Boston Society of Natural History).

ein anderes sein werde als eine thatsächliche Bestätigung des von der vergleichenden Anatomie aufgestellten Postulates, so blieb es nicht weniger wünschenswerth jene entwicklungsgeschichtliche Untersuchung einmal vorzunehmen und die Entstehung der Ophiurenwirbel in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen. Ein für diesen Zweck sehr geeignetes Objekt ist die lebendiggebärende *Amphiura squamata*. Man kann sich hier mit größter Leichtigkeit alle in Betracht kommenden Entwicklungsstadien verschaffen, wenn man aus einer Anzahl von Exemplaren die Jungen aus den Bursae herausnimmt. Ich benutzte einen Aufenthalt in der zoologischen Station zu Neapel im Frühling des vorigen Jahres um mir eine große Menge aller Entwicklungsstadien zu verschaffen, an welchen ich die im Folgenden mitzutheilenden Verhältnisse feststellen konnte.

Bekanntlich wachsen die Ophiurenarme eben so wie diejenigen der Asterien an der Spitze. Dort hat man also stets die jüngsten Stadien der Skelettstücke zu suchen, während weiter nach der Scheibe hin die nächst älteren folgen. Eine Ausnahme von dieser Regel macht nur das Terminalstück an der Armspitze, welches von allen Theilen des Armskelettes zuerst entstanden ist. An der ventralen Seite des jungen Armes nun und nach innen vom adoralen Rande des Terminalstückes findet man die erste Anlage der Wirbel (Fig. 2). Dieselbe besteht aus zwei rechts und links von der Medianebene des Armes symmetrisch zu einander gelegenen Kalkstückchen, deren jedes die Form eines winzigen Dreistrahles besitzt. Jeder dieser beiden Dreistrahler ist in durchaus konstanter Weise orientirt. Der eine der drei Strahlen ist von dem Mittelpunkt des Dreistrahlers aus nach der Armspitze, also aboral gerichtet und fällt in die Längsrichtung des Armes; die beiden anderen Strahlen sind entgegengesetzt nach der Armbasis, also adoral gerichtet und bilden unter sich einen kleineren Winkel als ihn jeder von ihnen mit dem aboralen Strahle bildet; die beiden adoralen Strahlen liegen aber nicht in einer und derselben Horizontalebene, sondern der eine ist mit seiner Spitze der ventralen Fläche des Armes mehr genähert als der andere; wir können also einen ventralen und einen dorsalen adoralen Strahl unterscheiden; und wenn wir ferner die Beziehung dieser beiden Strahlen zur Medianebene des Armes berücksichtigen, so zeigt sich, dass der dorsale adorale Strahl auch als medianer Strahl bezeichnet werden kann, da er der Medianebene näher liegt als der ventrale, der dementsprechend auch lateral heißen kann. Wir unterscheiden also an der dreistrahligem Anlage der Wirbelhälfte einen aboralen und zwei adorale Strahlen, und unter den beiden letzteren wieder einen dorsalen, der zugleich median ist, und einen ventralen, der zugleich lateral ist.

Sehr frühzeitig macht sich eine Größendifferenz der drei Strahlen bemerkbar, die in den nächstfolgenden Stadien immer deutlicher hervortritt: Der aborale Strahl wird länger als die beiden adoralen Strahlen (Fig. 3). Der fernere Fortschritt in der Entwicklung der Wirbelanlagen besteht in einer weiteren Größenzunahme; zugleich aber beginnt die Form der primären Wirbelstücke eine immer komplicirtere zu werden. Die Formveränderung kommt hier, wie überhaupt bei den Skeletttheilen der Echinodermen, wesentlich dadurch zu Stande, dass von der erst gebildeten kalkigen Anlage Fortsätze aussprossen, die sich früher oder später an ihrem freien Ende gabeln, dann verbinden sich die Gabelenden benachbarter Fortsätze und bilden so und indem sich derselbe Vorgang wiederholt Maschen und immer neue Maschen des kalkigen Netzwerkes der Skeletttheile; wenn die die Maschen begrenzenden Balken dann noch ein nachträgliches Dickenwachsthum erfahren, so werden die Maschen entsprechend verengt, während sie in anderen Fällen ihren ursprünglichen Durchmesser behalten. So also bilden sich Gabeläste und Maschen auch an den jungen Wirbelstücken und zwar zunächst an den beiden adoralen Strahlen der primitiven Anlage; die beiden adoralen Äste werden dadurch mit einander netzförmig verbunden. Bald aber beginnt auch der aborale Fortsatz sich zu gabeln und Maschen zu bilden; er bleibt indessen stets durch alle folgenden Stadien hindurch hinter der stärkeren Entwicklung des adoralen Theiles der Wirbelanlage zurück. Und wenn wir die beiden adoralen Strahlen der einfachen dreistrahligen Anlage als Gabeläste am adoralen Ende einer anfänglich nur stabförmigen Anlage ansehen wollen, so ist damit schon in den allerersten Stadien das Vorwiegen des adoralen Theiles der Wirbelanlage bezüglich der Massenentwicklung angedeutet. Ein Blick auf die Abbildungen zeigt, dass sich dieses Übergewicht des adoralen Theiles des Wirbels über den weniger massig entwickelten aboralen Theil durch alle Stadien hindurch bewahrt.

Da die Ausbildung von Fortsätzen und Maschen am adoralen und aboralen Ende der jungen Wirbelstücke nicht nur lateralwärts, sondern auch medianwärts vor sich geht, so gelangen die Enden der zu einem Paare gehörigen Wirbelstücke sehr bald in unmittelbare Aneinanderlagerung ohne aber jetzt schon an den Berührungsstellen völlig mit einander zu verschmelzen. Es ist in diesen Stadien (Fig. 4, 5) immer noch leicht die beiden Wirbelstücke als von einander isolirte Gebilde zu erkennen. Später erst tritt eine immer inniger werdende Verwachsung beider Wirbelstücke und zwar zunächst an ihren adoralen und aboralen Enden ein. In ihrem mittleren Theile bilden die beiden Wirbelstücke zwei leicht gekrümmte Bogen, die mit ihren konkaven glatten Seiten

einander zugekehrt sind, während an den konvexen Seiten der Bogen Fortsätze, die sich gabeln und zu Maschen schließen, entspringen. Es bleibt sonach, nachdem die adoralen und aboralen Enden der Wirbelstücke sich mit einander fest verbunden haben, in ihrer Mitte eine Längsspalte übrig, die eine Zeit lang erhalten bleibt, in späteren Stadien aber sich vollständig schließt. So kommen also die Wirbel der Ophiure dadurch zu Stande, dass sich getrennt von einander entstandene Stücke paarweise mit einander vereinigen und eine anfänglich nur lose, dann aber immer innigere Verbindung schließen.

Die zuletzt beschriebenen Stadien in der Entwicklung der Armwirbel der *Amphiura squamata* lassen sich ohne Weiteres mit den Verhältnissen vergleichen wie sie unlängst von einigen Tiefseeophiuren durch LYMAN bekannt geworden sind. Die Beschreibung, welche er von den Armwirbeln von *Ophiohelus umbella*¹ giebt, wiederholt die Hauptzüge, welche wir soeben bei den Jugendstadien der *Amphiura squamata* kennen gelernt haben, und es ist durchaus zutreffend, wenn LYMAN von einem »embryonalen Charakter« der Wirbel bei *Ophiohelus* spricht. Er schildert die letzteren (seine »arm-bones«) folgendermaßen: »The very singular arm-bones, instead of the usual disk-like figure, are composed of two long, curved bars, lying side by side and joined at each end to make the articulating surfaces, the whole forming an elongated oval with terminal articulating surfaces. This embryonic division of the arm-bone into its two halves continues to the disk, but the bars become proportionately shorter and shorter, and the articulating surfaces approach, until, just at the margin of the disk, the central hole nearly or quite disappears, and the bone pretty much resembles the usual type.«

In der älteren Litteratur finde ich nur eine einzige Andeutung über die paarige Anlage der Ophiurenwirbel. JOH. MÜLLER² erwähnt bei Schilderung der Metamorphose des *Pluteus bimaculatus* »längere Kalkleisten«, die er bei den jungen, schon mit dreigliedrigen Armen versehenen Ophiuren »nächst der Mittellinie des Armes rechts und links« auftreten sah. Wie aus dem Zusammenhang und der beigegebenen Abbildung hervorgeht, kann damit nur die Wirbelanlage gemeint sein. Auch in der Abbildung, welche JOH. MÜLLER von der jungen *Ophiothrix*

¹ l. c. p. 6; Pl. I, Fig. 46. In den von Herrn LYMAN mir freundlichst übersandten Probetafeln der Ophiuren der Challenger-Publikation ist das erwähnte Verhalten von *Ophiohelus umbella* auf Pl. XXVIII, Fig. 40 abgebildet.

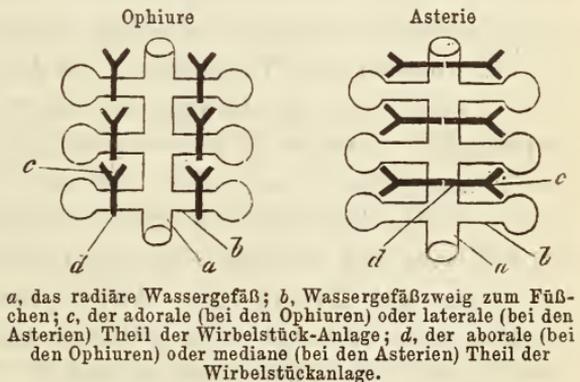
² JOH. MÜLLER, Über die Ophiurenlarven des adriatischen Meeres. Berlin 1852. p. 43; Taf. V, Fig. 4.

fragilis giebt¹, sind an dem vorletzten Armgliede zwei ziemlich parallele Kalkstäbe rechts und links von der Mittellinie eingezeichnet, die er zwar nicht näher erläutert, die aber offenbar nur die Wirbelanlagen sein können.

Besonders beachtenswerth ist das Verhalten der ersten Stadien der Wirbel zu dem radiären Wassergefäße und zu dessen die Füßchen versorgenden Seitenzweigen. Das radiäre Wassergefäß liegt von Anfang an ventral von den Anlagen der Wirbelstücke und die gleichfalls ventral davon befindlichen Füßchenzweige liegen so, dass bei der Ansicht von der Dorsalseite des Armes der adorale Theil der Wirbelanlagen zwischen je zwei auf einander folgende Füßchenzweige fällt, der aborale Theil der Wirbelanlagen aber über dem Füßchenzweige liegt. Erst später werden die Füßchenzweige von dem Kalkgewebe des wachsenden Wirbels umspinnen und kommen schließlich in der bekannten Weise zum Theil ins Innere der Wirbel zu liegen. Anfänglich liegen also die Füßchenzweige des radiären Wassergefäßes nicht in den Wirbelstücken, sondern ventralwärts von ihnen, ganz so wie es sich bei den Asterien das ganze Leben hindurch verhält. Es erweist sich demnach auch in dieser Beziehung die Homologie der Wirbelhälften der Ophiuren mit den Ambulacralstücken der Asterien für wohlbegründet.

In dem Holzschnitte habe ich versucht das primäre Verhalten der Ambulacralstücke zu den Füßchenzweigen des radiären Wassergefäßes in der Dorsalansicht anzudeuten.

Der Gegensatz in dem anfänglichen Verhalten der Ophiuren im Vergleich zu dem der Asterien besteht darin, dass das Ambulacralstück nicht in toto zwischen zwei Füßchenzweigen liegt, sondern nur zum Theile, mit seinem adoralen Abschnitt nämlich, dass aber der aborale Strahl den Füßchenzweig von oben überdeckt. Man kann diese Eigenthümlichkeit der Ophiuren so auf das Verhalten der Asterien zurückführen, dass man die zu einem Paare gehörigen Wirbelanlagen in konvergirender Richtung um ihre Mittelpunkte eine Drehung von 90° ausführen lässt, so dass ihre aboralen Strahlen quer und zugleich



¹ l. c. Taf. VIII, Fig. 4.

médianwärts, ihre adoralen Strahlen aber quer und zugleich lateralwärts zu liegen kommen. Es entspricht dann das aborale Ende des primären Ambulacralstückes der Ophiuren dem medianen und das adorale Ende des primären Ambulacralstückes der Ophiuren dem lateralen Ende des Ambulacralstückes der Asterien. Mit dieser Auffassung steht das Verhalten der Ambulacralstücke zu den Adambulacralstücken in bestem Einklange. Bei den Asterien verbinden sich bekanntlich die Adambulacralia mit den lateralen Theilen der Ambulacralia. Bei den Ophiuren findet die Verbindung zwischen den den Adambulacralia homologen Seitenplatten und den Wirbeln, wie das z. B. an den jungen Armgliedern der *Amphiura squamata* sehr leicht zu sehen ist, an dem adoralen Theile der Wirbel statt, also gerade an demjenigen Theile, welcher in der oben angegebenen Weise sich auf den lateralen Theil des Asterienwirbels zurückführen lässt. Wenn man aber auch dem eben gemachten Versuche das in Rede stehende Lageverhältnis der jungen Ambulacralia der Ophiuren aus demjenigen der Asterien abzuleiten keinen Werth beilegen will, so scheint mir doch der Umstand, dass die Fußchenzweige der Ophiuren anfänglich aboral von dem stärker entwickelten adoralen Theile desjenigen Wirbels gelegen sind, von welchem sie nachher theilweise umwachsen werden, unbedingt in demselben Sinne zu sprechen wie die anatomischen Thatsachen, aus denen ich schon früher folgerte, dass¹ »jeder Wassergefäßzweig mit seinem Fußchen bei den Ophiuren ursprünglich zwischen je zwei Wirbeln gelegen war und erst sekundär durch Umwachsung von Seiten des aboralen Abschnittes des adoralwärts von dem betreffenden Fußchen befindlichen Wirbels zum Theil in die Substanz des letzteren eingelagert worden ist«, so dass also beispielsweise das dem zwölften Wirbel einer Ophiure aufsitzende Fußchenpaar dem zwischen dem zwölften und dreizehnten Wirbel einer Asterie gelegenen Fußchenpaar entspricht.

Was nun spätere Entwicklungsstufen der Ophiurenwirbel anbelangt, so lassen sich dieselben bei *Amphiura squamata* ohne große Mühe verfolgen. In den Figuren 6—16 habe ich einige spätere Stadien abgebildet, welche genügen werden um zu zeigen, wie sich aus der anfänglich so einfach gestalteten Anlage der complicirt gebaute fertige Ophiurenwirbel mit seinen Gelenkgruben, Gelenkhöckern, Muskelansatzflächen etc. entwickelt, wie ich denselben früher² von *Ophiarachna incrassata* näher beschrieben habe. Zum Verständnis dieser Figuren

¹ l. c. Diese Zeitschrift. Bd. XXXI. p. 355. (Morphologische Studien. I. Bd. p. 250.)

² l. c. Diese Zeitschrift. Bd. XXXI. p. 346 sqq. (Morphologische Studien. I. Bd. p. 243 sqq.)

bitte ich jene frühere Beschreibung zu vergleichen, so wie auch die Mittheilungen, welche JOH. MÜLLER¹, LYMAN² und SIMROTH³ über den Bau der Ophiurenwirbel gemacht haben.

II. Entwicklung der übrigen Theile des Armskelettes. 1) *Terminalplatte*. In Stadien, welche noch erheblich jünger sind als dasjenige, auf welches sich die Fig. 17, 18 und 22 beziehen und in welchen das später resorbirte larvale Kalkskelett noch sehr vollständig erhalten ist, sind die Terminalplatten der Arme schon angelegt. Gleichzeitig mit den jungen Terminalplatten fand ich immer auch schon die Anlagen der fünf großen Radialplatten des Scheibenrückens, welche wir später, bei der Entwicklung des Scheibenskelettes, noch genauer zu betrachten haben werden. Ich kann leider nicht mit Bestimmtheit angeben, ob die Terminalia früher oder später als jene primären Radialia des Scheibenrückens ihre Entstehung nehmen, obgleich ich das Erstere für wahrscheinlicher halten möchte.

Bekanntlich behalten die Terminalplatten durch das ganze Leben der Ophiure hindurch ihre anfängliche Lage an der Spitze der Arme bei, ganz so wie die entsprechenden Skelettstücke an den Armen der Asterien. Es unterscheidet sich aber die Terminalplatte eines Ophiurenarmes dadurch sehr auffällig von der Terminalplatte eines Seesternarmes, dass sie nicht wie jene den Fühler in eine untere (ventrale) Rinne aufnimmt, sondern denselben ringförmig umgiebt, also auch an der Ventralseite überdeckt. Die fertige Terminalplatte der Ophiuren hat die Form eines kurzen Röhrenstückes, welches von dem Fühler durchsetzt wird. Indessen hat schon JOH. MÜLLER⁴ beobachtet, dass auch das Terminalstück der Ophiuren anfänglich eine unten offene Rinne bildet und sich erst später zu einem Ringe schließt. Von der Richtigkeit dieser Beobachtung konnte ich mich bei *Amphiura squamata* mit aller Sicherheit überzeugen. In Stadien, wie dasjenige, welchem die Figuren 17 und 23 entnommen sind, so wie auch in etwas älteren Stadien (Fig. 22) ist die junge Terminalplatte ein dorsal von dem unpaaren Ende des radiären Wassergefäßes (Fühler) gelegenes Skelettstück, welches erst später von den Seiten her den jungen

¹ JOH. MÜLLER, Über den Bau der Echinodermen. Berlin 1854. p. 52 sqq.

² LYMAN, Ophiuridae and Astrophytidae, Old and New. Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge, Mass. Vol. III. No. 10. 1874. p. 254 sqq.

³ SIMROTH, Anatomie und Schizogonie der *Ophiactis virens*. I. Theil. Diese Zeitschr. Bd. XXVII. 1876. p. 420—423.

⁴ JOH. MÜLLER, Über die Ophiurenlarven des adriatischen Meeres. Berlin 1852. p. 42—43.

Fühler umwächst und sich endlich an dessen Ventralseite zu einem vollständigen Ringe schließt. Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, dass der von GREEFF¹ bei den erwachsenen Ophiuren aufgefundene Fühler bei den jungen Thieren schon von JOH. MÜLLER entdeckt worden ist².

Die jungen Terminalplatten der *Amphiura squamata* sind bereits von METSCHNIKOFF gesehen und in unverkennbarer Weise abgebildet³ worden. Doch scheint METSCHNIKOFF dieselben falsch aufgefasst zu haben, denn während er sie in seiner Tafelerklärung gar nicht weiter erläutert, geht aus einer Stelle seines Textes hervor, dass er sie für »die ersten Anfänge der Wirbelstücke« hält. Die wirklichen ersten Anfänge der Wirbelstücke sind bei METSCHNIKOFF nicht angedeutet. Auch M. SCHULTZE⁴ hat die jungen Terminalia nicht unbeachtet gelassen, aber nur ganz allgemein als die »erste Anlage der Arme« bezeichnet. Ferner und wohl zuerst von allen Forschern hat schon KROHN⁵ die jungen Terminalstücke der *Amphiura squamata* bemerkt, jedoch gleichfalls nicht scharf aufgefasst. Auch bei A. AGASSIZ⁶ finden sich Beobachtungen über die jungen Terminalstücke einer Ophiure, die er damals irrthümlich zu *Amphiura squamata* stellte; er hält die jungen Terminalia für die Dorsalschilder des erstgebildeten Armgliedes, eine Bezeichnung, die ebenfalls nicht korrekt genug ist.

2) *Seitenplatten*. Die Seitenplatten der Arme entstehen eben so wie auch die Dorsal- und Ventralplatten in der Reihenfolge, dass die jüngsten Platten immer der Terminalplatte zunächst liegen. Dieses Verhalten, wie es durch KROHN⁷ und JOH. MÜLLER⁸ bekannt geworden ist, lässt sich bei den Jungen der *Amphiura* sehr leicht konstatiren. Es

¹ R. GREEFF, Sitzungsberichte der Gesellsch. zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Februar 1874. p. 31. Anmerkung.

² JOH. MÜLLER, Über die Ophiurenlarven des adriatischen Meeres. Berlin 1852. p. 43, 44, 49. — Über den Bau der Echinodermen. Berlin 1854. p. 46.

³ EL. METSCHNIKOFF, Studien über die Entwicklung der Echinodermen und Nemertinen. Mém. de l'Acad. imp. des scienc. de St.-Petersbourg. 7. sér. T. XIV. Nr. 8. St.-Petersbourg 1869. p. 18. Taf. IV, Fig. 17.

⁴ M. SCHULTZE, Über die Entwicklung von *Ophiolepis squamata*, einer lebendiggebärenden Ophiure. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. Taf. I, Fig. 4 u. 5, c.

⁵ A. KROHN, Über die Entwicklung einer lebendiggebärenden Ophiure. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. Taf. XIV B, Fig. 1 b; p. 342.

⁶ A. AGASSIZ, On the Embryology of Echinoderms. Memoirs of the American Academy. Vol. IX. 1864. p. 20. Fig. 32 y.

⁷ A. KROHN, l. c. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. p. 342.

⁸ JOH. MÜLLER, l. c. 1852. p. 44.

entstehen aber die zu einem Armgliede gehörigen Seiten-, Dorsal- und Ventralplatten nicht etwa auf einmal, sondern zuerst legen sich nur die Seitenplatten an. Ganz ähnliche Beobachtungen hat LYMAN an den sich regenerirenden Armspitzen von *Pectinura marmorata* gemacht¹. Erst nachdem die Seitenplatten sich angelegt haben, beginnen auch die Dorsal- und Ventralplatten aufzutreten und zwar sind, wenigstens bei *Amphiura squamata*, die Ventralplatten den Dorsalplatten immer ein wenig voraus. Man findet also bei den jungen Thieren zunächst der Armspitze ein oder einige Armglieder, welche außer den Wirbelanlagen nur die Seitenplatten besitzen, dann folgt gewöhnlich ein Glied, bei dem auch schon eine junge Ventralplatte vorhanden ist und erst die dann folgenden Glieder besitzen auch Dorsalplatten. Auf dem aboralen Rande der jungen Seitenplatten treten sofort Stachelanlagen auf, anfänglich in geringerer Zahl; erst später wird die für das ausgebildete Thier ziemlich konstante Zahl der Stachel erreicht, wie das bereits von M. Sars bemerkt worden ist².

Die jungen Seitenplatten berühren sich bei *Amphiura squamata* weder in der dorsalen noch in der ventralen Mittellinie des Armes. Ihr ältester Theil ist derjenige, mit welchem sie sich mit dem adoralen Abschnitte der Wirbel in Verbindung setzen. Für diese Verbindung besitzen die jungen Seitenplatten an ihrer konkaven Innenseite eine leistenförmige Verdickung. Bezüglich der Homologie der Seitenplatten am Arme der Ophiuren mit den Adambulacralstücken der Seesterne kann ich auf meine früheren Ausführungen³ verweisen und brauche wohl kaum zu bemerken, dass diese Homologie auch in den eben erwähnten entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen eine Stütze findet.

5) *Ventralplatten*. Die erste Anlage einer Ventralplatte liegt in Form eines kleinen Dreistrahles genau in der Mittellinie des Armes. Die eine Spitze des Dreistrahles (vgl. Fig. 18 V') ist adoral, die beiden anderen sind aboral gerichtet — dieser Dreistrahle ist also gerade umgekehrt orientirt wie die dreistrahligten Anlagen der Wirbelstücke. Die unpaare, genau in der Mittellinie des Armes auftretende erste Anlage wie auch alle späteren Stadien in der Ausbildung der Ventralplatten zeigen, dass dieselben

¹ LYMAN, l. c. Bull. Mus. Comp. Zool. Vol. III. No. 10. 1874. Pl. V, Fig. 1, 2.

² M. Sars, Geologiske og zoologiske Jagttagelser, anstillede paa en Reise i en Deel of Trondhjems Stift: Sommeren 1862. Christiania 1863. (Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Bd. XII. 1863. p. 337—338.)

³ l. c. Diese Zeitschrift. Bd. XXXI. p. 352 sqq. (Morphologische Studien. I. Bd. p. 247 sqq.)

durchaus unpaare Skelettstücke sind. Es muss das deshalb betont werden, weil AGASSIZ annimmt, dass jede Ventralplatte durch Verschmelzung zweier, rechts und links von der Mittellinie gelegenen Anlagen entstehe, also als ein ursprünglich paariges Gebilde aufzufassen sei. Neuerdings hat P. H. CARPENTER¹ diese irrthümliche Auffassung von AGASSIZ reproducirt. Auch SEMPER² hat die Ansicht vertreten, dass die Ventralplatten der Ophiuren ursprünglich paarige Gebilde seien. AGASSIZ beruft sich allerdings auf die Entwicklungsgeschichte, indessen in einer Weise, die es sehr zweifelhaft lässt, ob es genaue Beobachtungen oder nur Meinungen sind, auf welche er sich stützt. Weder AGASSIZ noch irgend ein anderer Forscher hat bis jetzt bestimmte That-sachen angeführt, aus welchen die Entstehung der Ventralplatten aus paarigen Anlagen hervorginge. SEMPER hat die Ansicht von MECKEL wieder aufgenommen, dass die Ventralplatten der Ophiuren den Adambulacralplatten der Asterien homolog seien, gesteht aber die Schwierigkeit zu, welche diese Vergleichung darin hat, dass die Ventralplatten bei allen bekannten Ophiuren ausnahmslos unpaar sind. Um diese Schwierigkeit zu heben, verweist er auf den fossilen Protaster Sedgwickii Forbes, in welchem uns eine Ophiure mit paarigen Ventralplatten erhalten sei. Leider ist nun aber Protaster ein noch so ungenügend bekanntes Fossil, dass man dasselbe überhaupt als Beweismittel in dieser Sache nicht gelten lassen kann.

4) *Dorsalplatten*. Wie schon vorhin angegeben, entstehen die Dorsalplatten an den jungen Armgliedern etwas später als die Ventralplatten. Sie legen sich als unpaare Gebilde in der dorsalen Mittellinie der Arme an. In Stadien, welche nicht älter sind als das in Fig. 24 gezeichnete, sind noch gar keine Dorsalplatten vorhanden, obgleich schon drei freie Armglieder angelegt sind.

III. *Entwicklung des Mundskelettes*. Das Mundskelett der Ophiuren ist bis jetzt noch nicht genauer auf seine Entwicklung untersucht worden. Am ausführlichsten sind noch immer die Angaben, welche M. SCHULTZE³ vor fast dreißig Jahren darüber gemacht hat. Dieselben beziehen sich gleichfalls auf *Amphiura squamata* und

¹ P. H. CARPENTER, On the Oral and Apical Systems of the Echinoderms. Part. II. Quart. Journ. Microsc. Science. Vol. XIX. 1879. p. 24 (des Separatabdruckes).

² C. SEMPER, Reisen im Archipel der Philippinen. II, 4. Holothurien. 1868. p. 162.

³ I. c. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. p. 37—46. Taf. I.

stimmen in allen Hauptpunkten, was die Beobachtungen anbelangt, mit meinen Befunden überein; indessen hat M. SCHULTZE nicht alle in den Aufbau des Mundskelettes eintretenden Skeletttheile gesehen, auch ist eine Zurückführung des Mundskelettes auf bestimmte Bestandtheile des Armskelettes nicht von ihm versucht worden.

Meine Beobachtungen an den Jungen von *Amphiura squamata* haben mir gezeigt, dass die früher von mir versuchte Zurückführung des Mundskelettes der Ophiuren auf bestimmte Theile des Armskelettes sich auch entwicklungsgeschichtlich als begündet erweist, dass namentlich auch die paarigen Peristomalplatten JOH. MÜLLER'S, welche ich als umgewandelte erste Ambulacralstücke glaubte ansprechen zu müssen, durch die Art ihrer Entstehung die Berechtigung meiner Ansicht unterstützen.

Betrachtet man eine junge *Amphiura squamata* in dem Stadium, wie es in Fig. 23 dargestellt ist, von der Mundseite, so lassen sich im Bereiche eines jeden der fünf Strahlen neun Skelettanlagen in konstanter Lagerung erkennen. Eines von diesen neun jungen Skelettstücken liegt terminal und ist unpaar, die acht anderen aber liegen in vier Paare angeordnet rechts und links von der Mittellinie des Radius. Das unpaare Stück ist die schon oben besprochene junge Terminalplatte des Armes, welche jetzt noch eine an der Ventralseite offene Rinne für die Aufnahme des jungen Fühlers darstellt und erst später den letzteren von den Seiten her umwächst und endlich umschließt. Von den acht paarigen Skelettanlagen liegen zwei schwächer entwickelte Paare, A_1 und A_2 , näher an der Medianebene des Radius und zugleich auch tiefer im Innern des Körpers, die beiden anderen aber, Ad_1 und Ad_2 , sind stärker entwickelt, liegen oberflächlicher und zugleich auch etwas mehr von der Medianebene des Radius entfernt. Erstere besitzen die Form und die Lagerung, wie wir sie von den jungen Ambulacralstücken am Arm kennen gelernt haben. Auch ihre Lagebeziehung zu den beiden, jetzt schon angelegten Paaren der Mundfüßchen beweist, dass wir in ihnen die Anlagen der ersten beiden Wirbel vor uns haben, also das erste und zweite Paar der Ambulacralstücke. Die beiden anderen Paare junger Skelettstücke, Ad_1 und Ad_2 , sind, wie der weitere Verlauf der Entwicklung zeigt, die beiden ersten Paare von Adambulacralstücken.

Die beiden Paare ambulacraler Skelettanlagen, A_1 und A_2 , entwickeln sich trotz ihrer anfänglichen Ähnlichkeit sehr ungleich. Zunächst fällt auf, dass in dem Stadium, welches wir hier zuerst betrachten, das zweite Paar der Ambulacralanlagen, A_2 , stärker entwickelt ist als das erste Paar A_1 . Diese Ungleichheit wird noch merklicher in etwas

späteren Entwicklungsstufen, vgl. Fig. 22, und in früheren Stadien erkennt man, dass die Anlage der zweiten Ambulacralia überhaupt etwas früher auftritt als diejenige der ersten (d. h. der dem Munde zunächst gelegenen) Ambulacralia. Es bekommt dadurch die sonst gültige Regel, dass das am meisten adoral gelegene Paar von Ambulacralstücken immer auch das ältere und stärker entwickelte sei, ihre Ausnahme. Doch lässt sich diese Ausnahme durch die gewiss nicht unberechtigte Annahme erklären, dass die Umbildung des adoralen Theiles des Armskelettes zu einem besonderen eigenartig gestalteten Mundskelett nicht nur Umänderungen in den Formverhältnissen sondern auch in dem zeitlichen Auftreten der betreffenden Skelettstücke nach sich gezogen habe. Die späteren Entwicklungsstadien der *Amphiura squamata* lehren, dass die Differenz zwischen den beiden ersten Paaren von ambulacralen Skelettstücken immer größer wird. Die beiden Stücke des ersten Paares, A_1 , werden nach und nach zu dünnen länglichen Kalkplättchen, welche immer tiefer in die Mundwinkel hineinrücken, niemals aber sich gelenkig mit einander verbinden, sondern im Gegentheil später aus einander rücken und schließlich in Gestalt der Peristomalplatten an die innere (dorsale) Seite der Munddeckstücke zu liegen kommen. In dem Stadium, welchem die Fig. 48 entnommen ist, sind sie auch schon von M. SCHULTZE¹ abgebildet und als »löffelförmige Kalkplättchen, welche die Mundspalte begrenzen« beschrieben worden.

Ganz anders verläuft die Umbildung des zweiten Paares der ambulacralen Skelettanlagen, A_2 . Sie gehen zunächst in die in Fig. 22 dargestellte Form über, welche man noch leicht auf die ursprüngliche dreistrahlige Anlage zurückführen kann. Die größte Länge eines jeden zweiten Ambulacralstückes liegt aber schon in diesem Stadium nicht — wie das an den Wirbelanlagen der Arme der Fall ist — in der Längsrichtung des Radius sondern quer. Der gedrungene mehrzackige mediane Theil, vgl. Fig. 22, ist aus der Umbildung des aboralen und des medianen adoralen Strahles der primären Anlage (Fig. 23) hervorgegangen, während der laterale adorale Strahl den verlängerten, schlanken, seitlichen Theil geliefert hat. In den folgenden Stadien treten die beiden Ambulacralia des zweiten Paares mit ihren medianen Theilen in Gelenkverbindung mit einander, während sie mit ihren lateralen Enden anfänglich nur eine dichte Aneinanderlagerung, dann aber eine immer inniger werdende Verwachsung mit den gleich zu besprechenden ersten Adambulacralstücken eingehen. Durch die Verbindung der zweiten Ambulacralstücke mit den ersten Adambulacral-

¹ l. c. Taf. I, Fig. 6 d.

stücken entstehen die Mundeckstücke der ausgebildeten Ophiure.

Von dem ersten Paare der Adambulacralstücke, Ad_1 , ist besonders hervorzuheben, dass sie frühzeitig, vgl. Fig. 22, einen nach der Mittellinie des Radius und zugleich nach innen gerichteten Fortsatz entwickeln, welcher sich an die zweiten Ambulacralstücke anlegt und die spätere innige Verwachsung beider Skelettstücke (zur Bildung eines Mundeckstückes) einleitet. So weit die ersten Adambulacralia oberflächlich liegen bleiben, gestalten sie sich zu einer auch schon von M. SCHULTZE abgebildeten Platte, deren Form aus Fig. 18 Ad_1 erhellt. Mit ihrem aboralen Rande grenzt diese Platte an die inzwischen entstandene Ventralplatte V ; mit ihrer adoralen Spitze trägt sie, zusammen mit ihrem Partner, den Torus angularis, To ; mit ihrem adradialen, konkaven Rande begrenzt sie den betreffenden Mundwinkel; ihr abradialer, konvexer Rand berührt in seinem adoralen Theile die erste Adambulacralplatte des anstoßenden Radius, während sich an seinen aboralen Theil die zweite Adambulacralplatte, Ad_2 , anlegt.

Das zweite Paar der Adambulacralstücke, deren erste Anlage schon in dem Stadium der Figuren 17 und 23 deutlich erkennbar ist, bildet auf der Entwicklungsstufe der Fig. 18 in seiner Form den unverkennbaren Übergang zu den Adambulacralstücken oder Seitenplatten des Armes, vgl. Fig. 1. Eben so wie die letzteren sind auch die zweiten Adambulacralstücke in diesem Stadium so gebogen, dass sie nur zum Theil der ventralen Seite des jungen Thieres, zum anderen Theile aber der dorsalen Seite angehören. In den weiteren Stadien ändert sich das allerdings. Mit der stärkeren Entwicklung des Scheibenrückens werden die zweiten Adambulacralia ganz auf die ventrale Seite der jungen Ophiure gedrängt. In Fig. 18, 19, 25 liegen sie noch zum Theil auf der Dorsalseite. Sobald aber drei freie Armglieder zur Ausbildung gelangt sind, Stadium der Fig. 21, gehören sie ganz der Ventralseite an. Wie sich durch alle diese Stadien Schritt für Schritt verfolgen lässt, entstehen aus den zweiten Adambulacralstücken die Seitenmundschilder der fertigen Ophiure. — Auf einer Entwicklungsstufe, welche derjenigen der Fig. 18 unmittelbar vorausgeht, sind die zweiten Adambulacralstücke schon von M. SCHULTZE¹ gesehen und abgebildet worden; er beschreibt sie als »keulenförmige Fortsätze, welche nach außen divergirend mit ihren Spitzen etwas über den Rand der Scheibe hervorragen« und er vermuthete ganz zutreffend die Entstehung der Seitenmundschilder oder, wie er sie nennt, »der seitlichen Leisten, welche die Mundschilder

¹ l. c. p. 42. Taf. I, Fig. 6 d.

der ausgebildeten Ophiure begrenzen « aus den »keulenförmigen Fortsätzen«. Zum Verständniß der M. SCHULTZE'schen Bezeichnung der zweiten Adambulacralstücke als »keulenförmig« und »mit der Spitze über den Rand der Scheibe hervorragend« will ich bemerken, dass das »keulenförmige, hervorragende Ende« durch eine Stachelanlage bewirkt wird, welche dem aboralen Rande des zweiten Adambulacralstückes aufsitzt — ich habe diese Stachelanlage, eben so wie die Stachelanlagen an dem aboralen Rande der übrigen Adambulacralplatten absichtlich in den Abbildungen der Tafel XI weggelassen, um die Figuren nicht unnöthig zu compliciren. M. SCHULTZE hat nun die dem aboralen Rande des zweiten Adambulacralstückes aufsitzende Stachelanlage nicht als besonderes Gebilde unterschieden, sondern als einen Theil der zweiten Adambulacralplatte angesehen.

Was später METSCHNIKOFF¹ sehr unbestimmt als Anlagen der Maxillen bei *Amphiura squamata* beschreibt und abbildet, sind die Anlagen der ersten und zweiten Adambulacralplatten; er scheint die Anlagen jeder ersten und zweiten Adambulacralplatte zusammen für ein einziges aus zwei divergirenden Schenkeln gebildetes Stück zu halten.

Von dem *Torus angularis* und den demselben aufsitzenden Zähnen ist in den jüngsten Stadien, wie sie den Fig. 17, 22 und 23 entsprechen, noch keine Andeutung vorhanden. Erst später (vgl. Fig. 18) bemerkt man an den Mundecken eine senkrecht gestellte durchlöcherete Platte, *To*, welche die adoralen Spitzen der ersten Adambulacralstücke mit einander verbindet und auf ihrer dem Mundeingang zugekehrten Seite die Anlagen der Zähne (*Z*) trägt. Dieselbe ist auch schon von M. SCHULTZE² gesehen und als »Kaustück der Maxillen« oder »Zahnstück« bezeichnet worden.

IV. Entwicklung der übrigen Skeletttheile der Scheibe. Die ersten Skelettstücke, welche auf der dorsalen Seite der jungen *Amphiura squamata* auftreten, sind die fünf Terminalplatten der Arme und weiter centralwärts von ihnen fünf andere, gleichfalls in der Richtung der Radien gelegene Platten, die wir als primäre Radialia des Scheibenrückens bezeichnen wollen (vgl. Fig. 47). Schon oben habe ich angegeben, dass ich nicht mit aller wünschenswerthen Sicherheit konstatiren konnte, ob die Terminalia, wie ich das allerdings für sehr wahrscheinlich halte, früher angelegt werden als die Radialia. Da die Terminalia an der Spitze der Radien verbleiben und mit der Entwicklung der Arme immer weiter aus der Scheibe hinausrücken und da wir

¹ 1. c. p. 18. Taf. IV, Fig. 16 cc.

² 1. c. p. 42 und Tafelerklärung. Taf. I, Fig. 6 c.

dieselben schon bei Besprechung des Armskelettes betrachtet haben, so können wir dieselbe hier, wo wir nur das Scheibenskelett ins Auge fassen wollen, außer Acht lassen. Was nun die fünf primären Radialia des Scheibenrückens anbelangt, so sind dieselben nicht nur bei *Amphiura squamata*, sondern auch bei anderen Arten von früheren Forschern bereits öfters erwähnt worden. SCHULTZE¹, KROHN², AGASSIZ³ und METSCHNIKOFF⁴ sind darüber einig, dass der dorsale Theil des Scheibenskelettes anfänglich aus fünf radialen Stücken besteht, welche eine central gelegene sechste Platte umgeben. Diese sechste Platte, das Centrale, tritt bei *Amphiura squamata* in der Regel später auf als die fünf Radialia. M. SCHULTZE hat schon auf diesen Umstand aufmerksam gemacht und meine Beobachtungen haben das gleiche Resultat ergeben. In dem Stadium der Fig. 17 war meistens noch keine Spur des Centrale zu bemerken und wenn eine Anlage desselben vorhanden war, so war sie stets schwächer entwickelt als die Anlagen der fünf Radialia. Ganz unterdrückt aber wird die Entwicklung eines Centrale niemals und schon in dem Stadium der Fig. 19 findet man dasselbe wohlausgebildet. Diese sechs Kalkplatten des Scheibenrückens, die fünf Radialia und das eine Centrale, lassen sich in allen späteren Entwicklungsstadien wieder erkennen und sie sind es, welche bei so manchen Ophiuren auch im erwachsenen Zustande sich in Form einer Rosette aus der übrigen Beschuppung des Scheibenrückens hervorheben. Sie bleiben aber bei *Amphiura squamata* nicht in der anfänglichen dichten Aneinanderlagerung, sondern rücken mit dem Wachsthum der Scheibe aus einander, während sich intermediäre Skelettplatten zwischen sie einschieben.

Das Auftreten der intermediären Skelettplatten nimmt seinen Anfang im Umkreis des Centrale (Fig. 25). In der Richtung eines jeden Interradius tritt zwischen dem Centrale und zwei benachbarten Radialien eine intermediäre Platte auf. Schon in den nächsten Stadien vermehrt sich die Zahl der Intermediärplatten, zwischen je zwei Radialia schiebt sich eine ganze Reihe derselben ein und auch in radiärer Richtung hat sich zwischen dem Centrale und je einem Radiale eine intermediäre Platte entwickelt (Fig. 24). Weiterhin lässt sich eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in dem Auftreten der Intermediärplatten nicht mehr konstatiren; es scheinen überall im Bereiche des dorsalen Scheiben-

¹ l. c. p. 40 und 41.

² A. KROHN, Über einen neuen Entwicklungsmodus der Ophiuren. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1857. Taf. XIV B, Fig. 3.

³ l. c. 1864. Fig. 29.

⁴ l. c. Taf. IV, Fig. 17.

perisoms neue Intermediärplatten zwischen und neben den einmal gebildeten sich anlegen zu können.

Bei den ausgebildeten Ophiuren werden bekanntlich als »Radialschilder« fünf Paare größerer Schilder bezeichnet, welche auf dem Rücken der Scheibe in der Nähe der Abgangsstellen der Arme sich befinden. Diese »Radialschilder« legen sich bei *Amphiura squamata* an dem äußeren Rande der primären Radialia an und sind in dem Stadium der Fig. 24 schon deutlich vorhanden. Später schieben sich auch zwischen sie und das primäre Radiale intermediäre Platten ein.

Wenn wir nun noch einmal zurückkehren zu dem Stadium der Fig. 19, so haben wir dort in der Richtung eines jeden Interradius, nach außen von der Berührungslinie je zweier Radialia noch je ein Skelettstück liegen, welches wir allein von allen bis jetzt noch nicht beachtet haben. Dieses Skelettstück ist auch schon von M. SCHULTZE gesehen worden, wie aus seiner Beschreibung und Abbildung zweifellos hervorgeht; er nennt diese fünf Stücke »interbrachiale Dorsalschuppen«. M. SCHULTZE hat aber die Bedeutung derselben verkannt und es ist namentlich irrtümlich von ihm, wenn er die Mundschilder der fertigen Ophiure unabhängig von jenen »interbrachialen Dorsalschuppen« entstehen lässt; denn wie ich gleich bemerken will, diese fünf anfänglich dorsal gelegenen interradialen Skelettplatten sind nichts anderes als die jungen Mundschilder. M. SCHULTZE'S andere Auffassung erklärt sich wohl daraus, dass er die verschiedenen Stadien »nicht in vollständiger Reihe hat verfolgen können«. Von Anfang an grenzen die jungen Mundschilder (Fig. 19) an die sich zu den Seitenmundschildern umgestaltenden zweiten Adambulacralstücke und behalten diese Lagebeziehung unabänderlich bei. Und eben so wie die zweiten Adambulacralplatten so rücken auch die jungen Mundschilder mit der weiteren Ausdehnung des Scheibenrückens und namentlich auch der intermediären Skelettplatten des letzteren ganz auf die Bauchseite.

Bei der ausgebildeten Ophiure ist wie allbekannt eines der fünf Mundschilder zugleich Madreporplatte. Diese Beziehung zum Wassergefäßsystem tritt schon auf, wenn die Mundschilder noch ganz der Rückenseite des jungen Thieres angehören. Man findet nämlich dann schon, dass eines der fünf späteren Mundschilder sich vor den vier anderen durch seine Größe auszeichnet (Fig. 19, *M* und Fig. 20) und zugleich einen Porus umschließt, welcher, wie die genauere Untersuchung lehrt, die Eingangsöffnung in den jungen Steinkanal ist. Die Madreporplatte tritt auch in ihrer ersten Anlage etwas früher auf als die vier anderen Mundschilder und ist schon vorhanden, bevor von den anderen sich auch nur eine Spur zu erkennen giebt (Fig. 17 *M*). Der

Porus der jungen Madreporenplatte liegt niemals genau in der Mitte derselben, sondern weicht etwas ab in der Richtung nach einem anstoßenden Radius und zwar stets nach demjenigen Radius, welcher, wenn man das Thier von der Rückseite betrachtet, links herum (umgekehrt wie der Zeiger der Uhr) der nächste ist. Es ist beachtenswerth, dass das ganz dieselbe Lageverschiebung ist, die auch bei den erwachsenen Ophiuren konstant wiederkehrt¹ und welche auch der primäre Kelchporus der Antedonlarve zeigt².

Schließlich verdienen noch die Reste des Larvenskelettes Erwähnung, welche man in Stadien, die nicht älter sind als das in Fig. 17 und 23 gezeichnete, stets vorfindet. Wie zuerst von M. SCHULTZE³ beobachtet wurde, entwickelt sich bei den Jungen der *Amphiura squamata*, obwohl sie in den Bursae ihre ganze Entwicklung ohne eigentliches Pluteusstadium durchmachen, dennoch, wenn auch weniger ausgebildet, das für die Pluteusstadien anderer Ophiuren charakteristische Skelett. Von diesem Skelette hat METSCHNIKOFF⁴ eine nähere Beschreibung gegeben, welche ich nach meinen Beobachtungen durchaus bestätigen kann. Als letzte Überbleibsel des rudimentären Pluteusskelettes, welches hier wie bei anderen Ophiuren nicht abgeworfen sondern resorbiert wird, findet man in dem Stadium der Fig. 17 und 23 in einem Interradius des Körpers einige kleine unregelmäßig geformte Kalkstückchen (x), die fast sämtlich der Rückseite des jungen Thieres angehören; in den nächst älteren Entwicklungsstufen der jungen Amphiuren sind auch diese letzten Reste des Larvenskelettes vollständig verschwunden und der Resorption anheimgefallen. So weit sind meine Beobachtungen nicht mehr als eine Konstatirung der schon von Anderen gemachten Funde. Was ich aber als bisher unbeachtet betonen möchte ist der Umstand, dass der Interradius, in welchem sich das Larvenskelett findet, stets und immer derselbe ist. Wenn man von dem Interradius der Madreporenplatte ausgeht und das Thier von der Rückseite betrachtet, so ist der Interradius des Larvenskelettes ausnahmslos der zweite, welcher nach rechts herum (also in der Richtung, wie sich der Zeiger der Uhr bewegt) auf den Interradius der Madreporenplatte folgt;

¹ Vgl. LUDWIG, Neue Beiträge zur Anatomie der Ophiuren. Diese Zeitschrift. Bd. XXXIV. 1880. p. 336 (Morphol. Studien an Echinod. II. Bd. p. 60).

² Vgl. LUDWIG, Über den primären Steinkanal der Crinoideen. Diese Zeitschrift. Bd. XXXIV. 1880. Taf. XII, Fig. 2 (Morphol. Studien an Echinod. Bd. II).

³ l. c. Taf. I, Fig. 2—5.

⁴ l. c. p. 45 sqq. Taf. III, Fig. 6; Taf. IV, Fig. 7—11, 13, 17.

nach links liegen zwischen dem Rest des Larvenskelettes und der Madreporenplatte zwei Radien und ein Interradius, nach rechts aber drei Radien und zwei Interradien. In METSCHNIKOFF's Abbildung, Taf. IV, Fig. 17, ist die eben besprochene Beziehung zwischen dem Interradius des Larvenskelettrestes und dem Interradius der Madreporenplatte auch schon deutlich zu erkennen, doch finde ich nirgends, dass der genannte Forscher darin ein durchaus gesetzmäßiges Verhalten erkannt hätte. Es ist diese gesetzmäßige Lagebeziehung aber nicht ohne Interesse, denn sie giebt uns einen Fingerzeig für die Lösung der schwierigen Frage, in welchem Verhältnisse die Körperregionen des fertigen Echinoderms zu den Körperregionen der bilateralen Larve stehen. Auf die weitere Erörterung dieser Frage will ich mich hier aber deshalb nicht einlassen, weil ich in Bälde in der Lage sein werde dieselbe an der Hand der Entwicklungsgeschichte der *Asterina gibbosa*, wo zwischen Larve und fertigem Seestern ähnliche Verhältnisse obwalten, ausführlich zu besprechen — ich werde mir dann erlauben auf die hier für *Amphiura squamata* konstatierte Gesetzmäßigkeit in der Lagebeziehung eines reinen Larventheiles zu einem der wesentlichsten Organe des ausgebildeten Echinoderms zurückzukommen.

Gießen, 10. Juni 1881.

Erklärung der Abbildungen.

Häufiger angewandte Buchstabenbezeichnung :

- A_1, A_2 , erstes, zweites Ambulacrale ;
- Ad_1, Ad_2, Ad_3 etc., erstes, zweites, drittes etc. Adambulacrale
- C , Centrale ;
- M , Madreporenplatte ;
- O , Orale (Mundschild) ;
- R , primäres Radiale ;
- Ra , » Radiale « des fertigen Thieres ;
- T , Terminale ;
- V, V' , Ventralplatten ;
- X , Reste des Larvenskelettes ;
- ω z , Medianlinie des Armes (Fig. 1—4).

Tafel X.

Sämmtliche Figuren dieser Tafel sind bei einer 220fachen Vergrößerung mit Hilfe der Camera gezeichnet. Überall ist das adorale Ende der Abbildungen mit * bezeichnet.

Fig. 1. Ansicht einer jungen Seitenplatte eines Armgliedes von der Ventralseite gesehen. Dem aboralen Rande sitzen zwei junge Stachel (*St*) auf. Neben der Seitenplatte liegt in der Medianlinie des Armes eine junge Ventralplatte.

Fig. 2. Erste Anlage eines Wirbels, d. h. der beiden später zu einem Wirbel verwachsenden Ambulacralstücke, von der Dorsalseite gesehen.

Fig. 3. Eine etwas ältere Wirbelanlage in derselben Ansicht; die jungen Ambulacralstücke sind noch dreistrahlig.

Fig. 4. Die Bildung von Gabelfortsätzen und Maschen hat begonnen. Dorsalansicht.

Fig. 5—16. Spätere Entwicklungsstadien der Wirbel in verschiedenen Ansichten.

Fig. 5. Dorsalansicht.

Fig. 6, 7 und 12. Ein späteres Stadium in der Dorsalansicht Fig. 6, in der Ventralansicht Fig. 7, und in einer Seitenansicht Fig. 12.

Fig. 8, 9 und 11. Ein noch späteres Stadium in der Dorsalansicht Fig. 8, in der Ventralansicht Fig. 9, und in einer Seitenansicht Fig. 11.

Fig. 10. Seitenansicht eines Stadiums, welches älter als das Stadium der Fig. 13 und 14, aber jünger als das Stadium der Fig. 15 und 16 ist.

Fig. 13 und 14. Dorsalansicht und Ventralansicht desselben Stadiums.

Fig. 15 und 16. Dorsalansicht und Ventralansicht eines noch älteren Stadiums.

In den Figuren 6—16 sind an den Gelenkseiten die Gelenkhöcker und Gelenkgruben mit Ziffern bezeichnet; die Gelenkhöcker mit arabischen, die Gelenkgruben mit lateinischen Ziffern; mit 1(*I*) der mediane Gelenkhöcker (Gelenkgrube), mit 2(*II*) und 3(*III*) die lateralen Gelenkhöcker (Gelenkgruben). *F* bedeutet die Grube für den Ansatz des Füßchens, *F*¹ die diese Grube von der Dorsalseite her überdeckende Kalkplatte.

Tafel XI.

Die Figuren 17—20, 22 und 23 sind bei 220facher, die Figuren 21, 24 und 25 bei 140facher Vergrößerung gezeichnet. In den Figuren 18, 19, 21, 24, 25 sind die Stachelanlagen an dem aboralen Rande der Adambulacralplatten weggelassen.

Fig. 17 und Fig. 23 stellen das Skelett desselben jungen Thieres in der Dorsalansicht Fig. 17, und in der Ventralansicht Fig. 23 dar.

Fig. 22 stellt die zu einem Radius gehörigen Skelettanlagen eines etwas älteren Thieres in der Ventralansicht dar.

Fig. 18. Theil der Ventralansicht eines späteren Stadiums. *V'*, ganz junge Ventralplatte; *V*, ältere Ventralplatte; *To*, Torus angularis; *Z*, Zahnanlage.

Fig. 19. Ein Stadium, welches jünger als das der Fig. 18, aber älter als das der Figuren 17, 23 und 22 ist, von der Dorsalseite gesehen.

Fig. 20. Die Madreporplatte der vorigen Figur in derselben Ansicht, aber isolirt.

Fig. 25. Ein Stadium, welches dem der Fig. 18 entspricht, bei schwächerer Vergrößerung, von der Dorsalseite. Zwischen dem Centrale und den primären Radialia beginnen intermediäre Platten aufzutreten.

Fig. 24. Ein älteres Stadium in derselben Ansicht. Die Bildung intermediärer Platten ist fortgeschritten.

In Fig. 24 und 25 sind nur die eben erst angelegten Intermediärplatten ausgezeichnet, die übrigen Platten aber, eben so wie die sämtlichen Platten der Fig. 24 nur durch Umrisse angedeutet.

Fig. 24. Ein noch älteres Stadium. Es haben sich noch mehr intermediäre Platten gebildet, darunter auch die sog. »Radialia« der erwachsenen Ophiure.

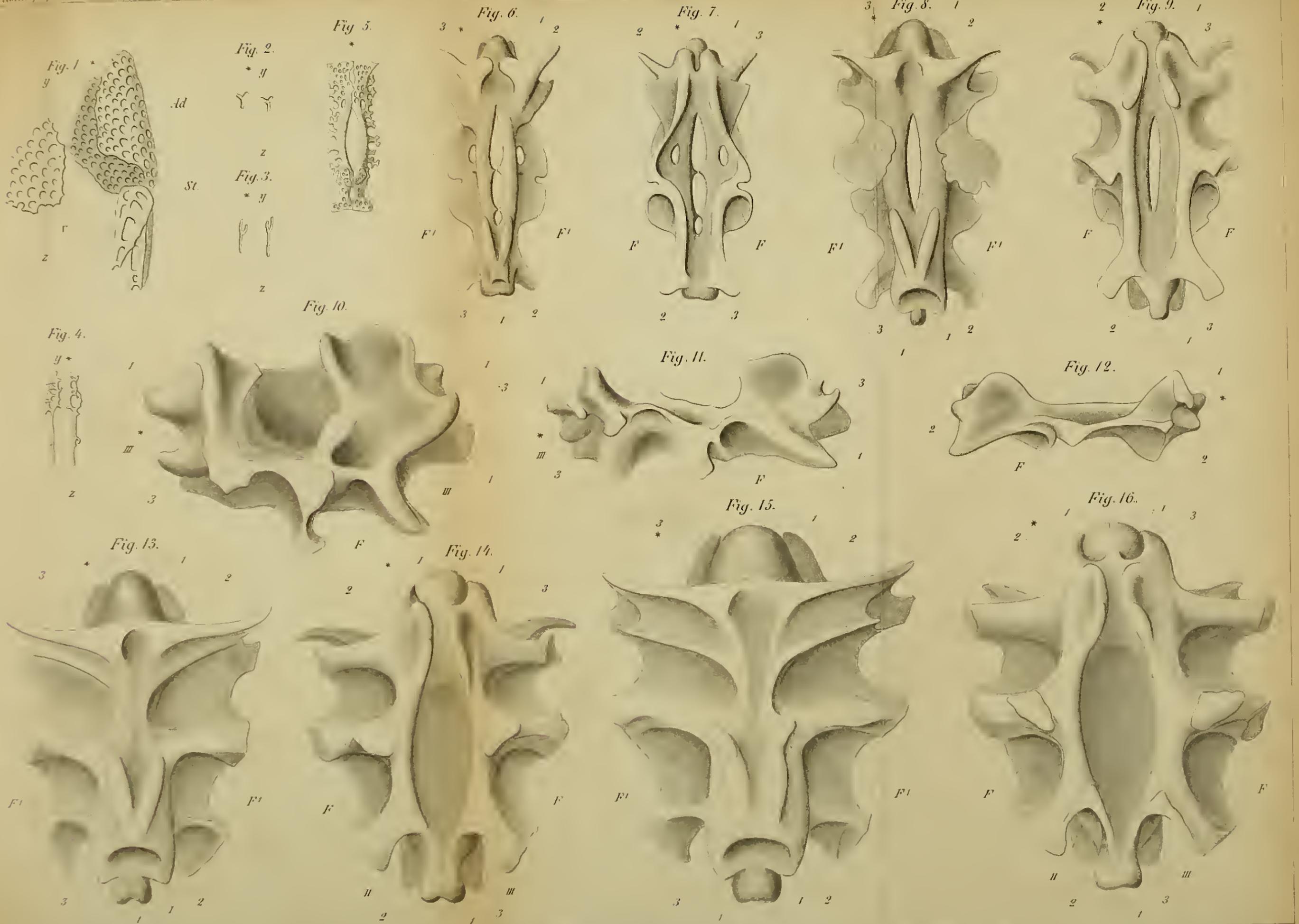


Fig. 17.

X

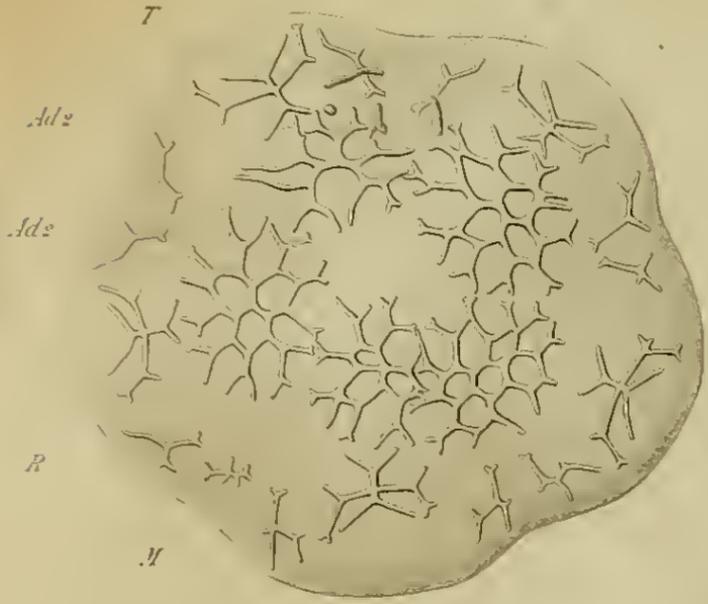


Fig. 18.

T V₁ Ad2 O



Fig. 19.

Ad2

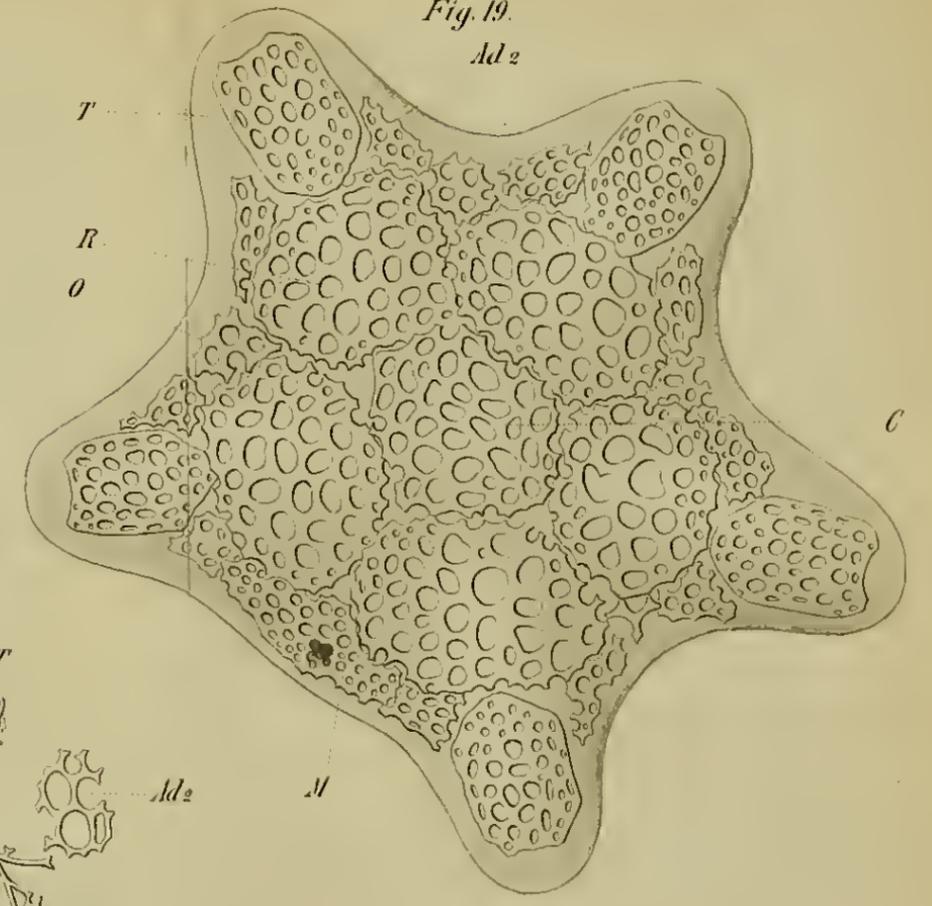


Fig. 21.



Fig. 22.

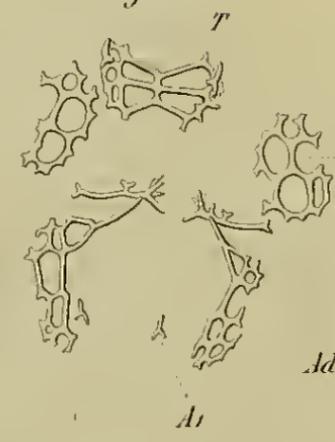


Fig. 20.

a



b c

Fig. 23.

X

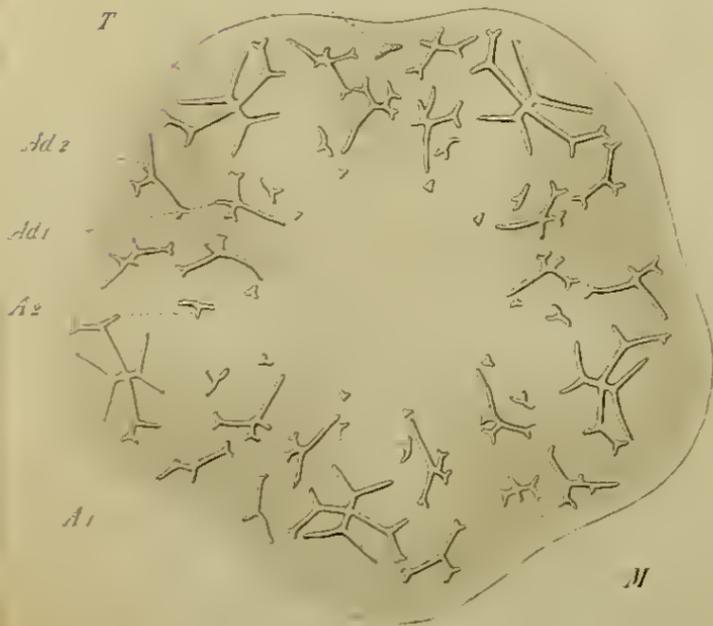


Fig. 24.

Ra

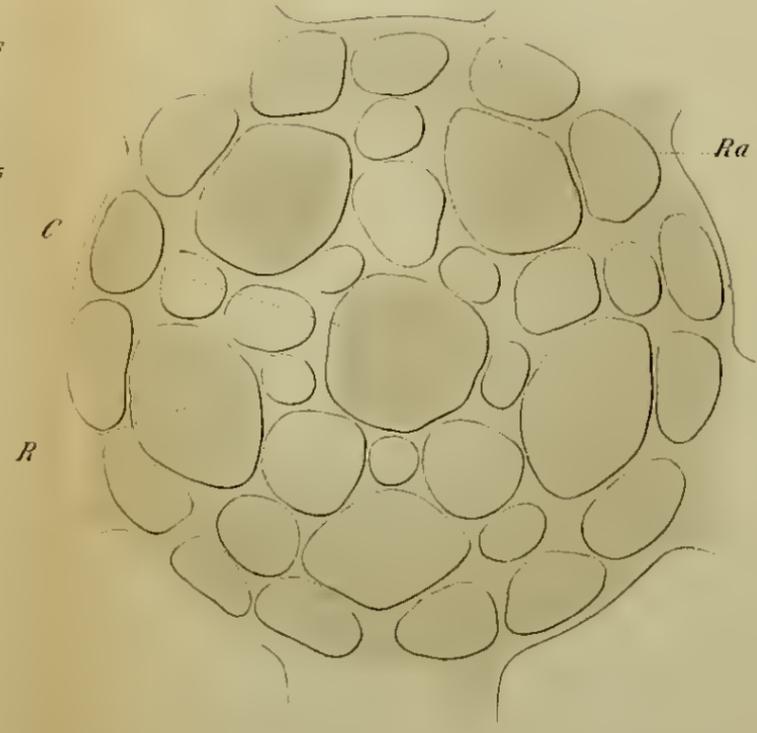
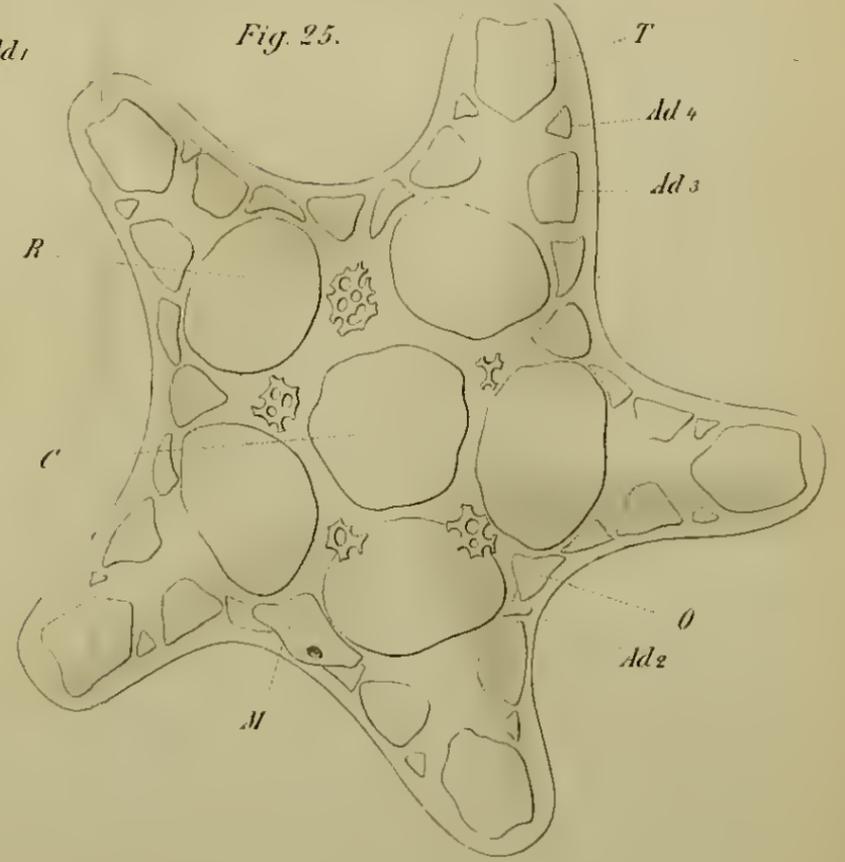


Fig. 25.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Ludwig Hubert

Artikel/Article: [Zur Entwicklungsgeschichte des Ophiurenskelettes.
181-200](#)