

Anatomie und Schizogonie der *Ophiactis virens* Sars.

(Ein Beitrag zur Kenntniss der Echinodermen.)

Von

Dr. Heinrich Sünroth.

Mit Tafel XXII—XXV u. 9 Holzschnitten.

Zweiter Theil¹⁾. Schizogonie.

Erstes Capitel. Theilung und Regeneration der Seesterne.

Was man bis jetzt über die Theilung und Wiederergänzung der Asteriden veröffentlicht hat, bezieht sich fast allein auf die äusseren Erscheinungen. Ich gebe im Auszuge, was ich für das beachtenswerthe halte. LÜTKEN's Beobachtungen und Schlüsse lassen sich ungefähr so zusammenfassen (V, p. 11—20): *Asterias problema* Stp. und *tenuispina* Lmk. nebst einigen anderen verwandten Formen mit mehr als fünf Armen (*Asterias acutispina* Stmps., *macrodiscus* Stmps., *muricata* Verr., *atlantica* Verr.) sind fissipar. Die Untersuchung von 23 Exemplaren der zweiten Art ergab, dass 11, mit 3—7 Armen, nach vorhergegangener Theilung ihre eine Körperhälfte regenerirt hatten. Je kleiner die Thiere, um so deutlicher waren Theilung und Regeneration. Von den übrigen 12 zeigten nur wenige die ungleiche Armausbildung, und da sie sich immer nur auf einen oder zwei Arme beschränkte, so wird sie auf Rechnung eines früheren, gewaltsamen Verlustes, wie es so oft vorkommt, gesetzt. Die Grösse des Individuums zeigt keinerlei Beziehung zur Armzahl.

1) Erster Theil s. diese Zeitschr. XXVII. Bd. 4. Hft.

Von *Asterias problema* wurden mehrere hundert Stück geprüft. Wenige nur waren annähernd regelmässig fünfarmig, wohl aus getheilten, normalen, sechsarmigen entstanden¹⁾. Bei scheinbar vierarmigen, kreuzförmigen sassen zwei kleine Knospen in einem Interradius. Die meisten hatten drei kleine und drei grosse Arme. Von drei (oder vier) jungen Armen war gewöhnlich der mittelste der kleinste, also am spätesten hervorgesprosst. Auch dreiarmige Individuen kamen vor, ohne jede Anlage der jungen Arme, ja selbst mit noch klaffender, unvernarbter Wunde. Da die dreiarmigen Individuen alle möglichen Grössen, bezw. Altersstufen repräsentirten, so folgte daraus, dass entweder die Theilung in verschiedenem Lebensalter bei verschiedenen Thieren sich vollzieht, oder, was näher liegt, dass sie sich an einem Thiere wohl vier, fünf und mehrere Male wiederholt. Die normalen, sechsarmigen Exemplare waren sehr selten, die Theilung also sehr allgemein. Sie hört wahrscheinlich auf bei voller Entwicklung des Thieres oder bei Eintritt der sexuellen Fortpflanzung. Die von STEENSTRUP gestreifte Hypothese, es möchte den losgelösten Armen eine ähnliche Aufgabe zufallen wie dem Hectocotylus der Cephalophoren, wird als absurd zurückgewiesen, wenn auch die Untersuchung der Genitalorgane kein besonderes Licht über das Verhältniss zur geschlechtlichen Fortpflanzung verschaffte. Bei *Asterias problema* war die junge Scheibenhälfte anfangs ohne Madreporenplatte, bei Exemplaren jedoch, wo sie ziemlich der alten gleichkam, zeigten sich zwei Madreporenplatten, weit von einander abgehend. Die Gesetze, welche die die Theilung einleitende Linie an der Scheibe regeln, blieben völlig unklar.

Der gesammten Kategorie dieser Theilungsformen, bei welchen ein vollständiges Individuum sich nach Scheibe und Armen halbt, um die Hälften zu vollständigen Individuen zu ergänzen, wird eine andere gegenübergestellt, deren Träger die Genera *Linckia* und *Ophidiaster* sind, nämlich HAECKEL'S *divisio radialis*, wo einzelne Arme sich ablösen und, anfangs kometenähnlich, eine Scheibe mit allmählig sich ausbildenden kleinen Armen aus ihrer Bauchfläche hervorsprossen lassen. Es soll also ein Arm ohne jede Spur von Scheibe die Fähigkeit besitzen, ihr mit allen ihren weiteren Armen das Dasein zu geben. Dabei würden aus einem einzigen Individuum gleichzeitig so viele neue hervorgehen können als es Arme hat, ja noch eins mehr, da vermuthlich die Scheibe allein im Stande ist ihre Arme zu ergänzen. Kleinen Thieren, welche aus solcher Fortpflanzung entsprangen, echten Kometen also, wird die

1) Die Gründe dafür, dass auch diese Species wahrscheinlich mit fünf Armen zur Welt kommt, s. Cap. II, Anfang von H.

Madreporenplatte ganz abgesprochen; nachher sollen auf einmal zwei auftreten, zu jeder Seite des Hauptarmes eine. Die Kometenformen von *Asterias rubens* und *tenuispina*, von *Echinaster eridanella* werden als zweifelhaft bezeichnet und auf eine ursprüngliche Scheibe mit nur einem Arm (nicht einen Arm allein) zurückgeführt. — Es geschieht ferner des Vermögens der meisten Asteriden Erwähnung, abgerissene Armstücke wieder zu ergänzen, ein Vermögen, welches nach STEENSTRUP dem Genus *Asterias* fehlt. — Schliesslich wird noch gezeigt, dass bei *Asterias helianthus* und verwandten Arten in der Entwicklung nicht gleich alle Arme gleichzeitig sich bilden, sondern dass im späteren Leben zwischen den ursprünglichen noch weitere hervorwachsen. — Alles was von diesen mannigfachen Behauptungen noch als Hypothese dasteht, wird einer geduldigen Experimentirkunst im Aquarium zur Entscheidung überwiesen.

Eine ganze Anzahl Fragen, die LÜTKEN angeregt, werden durch die neueren, kürzeren Daten von KOWALEWSKY und GREEFF theils beantwortet, theils neu beleuchtet. Die Cardinalfrage zunächst, welche, scheinbar feststehend, bisher doch noch nicht sicher beantwortet war, ob nämlich die Theilung der Seesterne überhaupt eine freiwillige sei oder nur durch gewaltsame äussere Eingriffe bewirkt werde, löst KOWALEWSKY mit Sicherheit zu Gunsten der ersteren, erwarteten Ansicht, wenn er sagt (III): »Die Theilung der Seesterne beobachtete Referent schon im Jahre 1866 im Golf von Neapel an einer kleinen *Ophiopsis*, aber viel schärfer trat diese Erscheinung hervor an *Asteracanthion tenuispinus*.

Diese Species von *Asteracanthion* besitzt eine sich nicht gleichbleibende Zahl von Armen, — es existiren bald sechs, bald sieben, — Exemplare mit vollständig entwickelten Armen kommen relativ selten zu Gesicht; unter ihnen befinden sich immer einige, so zu sagen, im embryonalen Zustande. Um den Process der Theilung zu beobachten, braucht man nur einige Exemplare mit vollständig entwickelten Armen in ein Gefäss zu setzen. Höchstens nach einem Tage fangen sich die Seesterne an zu theilen, — die sechsarmigen theilen sich gewöhnlich in zwei dreiar-mige; besass aber ein Individuum ihrer sieben, so entstand ein dreiar-miges und ein vierarmiges, und letzteres theilte sich dann nicht selten weiter in zwei zweiar-mige Individuen«. Leider ist diese Mittheilung zu knapp und oberflächlich, als dass man Stoff zu weiteren Erörterungen daraus schöpfen könnte; immerhin folgt aber, dass in der That freiwillige Theilung statt hat, und es folgt weiter das interessante Factum, dass die Theilung nicht, wie bei den Ophiuren immer, nur eine Dichotomie zu sein braucht, sondern auch eine Trichotomie werden kann; und man

kann vielleicht bei acht- und neunarmigen Thieren eine Viertheilung vermuthen. Es lässt sich ferner zeigen, dass die Linie der Theilung bei Ueberschreitung der Dichotomie nicht immer dieselbe bleiben kann; denn wenn sich ein zweiarmiges Theilstück etwa wieder zu einem sechsarmigen Individuum ergänzt (was ich vermuthen muss, da eine noch grössere Anzahl junger Arme ungewöhnlich) und nach vollendetem Wachsthum eine neue Dichotomie eingeht, so muss schon dadurch die ursprüngliche Theilungslinie wenigstens theilweise verlassen und in die junge Scheibenhälfte hinein verlegt werden.

KOWALEWSKY hat auch die andere Form, die *divisio radialis*, an lebenden Thieren sich vollziehen sehen, denn er berichtet weiter: »Im rothen Meere, in der Umgebung von Tor, fand Referent *Ophidiaster Ehrenbergii* mit ungemein unregelmässig entwickelten Armen. Es war nicht möglich, auch nur ein einziges Exemplar mit gleich grossen, regelmässig entwickelten Armen zu finden; entweder war ein Arm stark entwickelt, die übrigen im Gegensatz zu diesem sehr klein, oder es fanden sich Exemplare mit einigen grossen Armen, wogegen die anderen wie abgerissen erschienen. Ein längeres Nachforschen brachte schliesslich einzelne Arme zu Gesicht, bei denen man die übrigen vier Arme kaum gewahr werden konnte; endlich fanden sich Exemplare, bei denen die Arme eben im Begriff waren sich abzutrennen. Die Abtrennung der Arme findet regelmässig, einer nach dem andern, statt. Beim abgetrennten Arme verdickt sich der centrale Stumpf, aus dem schliesslich vier Arme hervorsprossen, anfangs als kleine Papillen, die bei wenigen in vollständige Arme auswachsen«.

Ueber die Weiterführung von LÜTKEN's Angaben durch die citirten Beobachtungen brauche ich mich nicht mehr zu verbreiten; nur auf ein doppeltes will ich kurz hinweisen: erstens vermisst man die Erwähnung von Scheiben, welchen alle alten Arme genommen wären, woraus vielleicht folgt, dass der armlosen Scheibe die Kraft der Ergänzung abgeht (weitere Gründe Cap. II); zweitens scheint aus KOWALEWSKY's Darstellung hervorzugehen, dass die Thiere während der Zeit ihres allmähigen Armverlustes ihre Regenerationskraft verloren haben, denn an Individuen mit einigen grossen Armen erschienen die fehlenden wie abgerissen, also die Wunden weder vernarbt noch mit jungen Armen ausgefüllt.

GREEFF hat (II, p. 161 u. 162) LÜTKEN's Beobachtungen betreffs der mehrfachen Madreporenplatte dadurch gefördert, dass er nachwies (was jener voraussetzte): auch bei einem Multipulum dieser Platten komme stets einer jeden Herz und Stein canal, sowie die Drüsen des ersteren zu. Er irrt sich aber, wie ich glaube, wenn er die Vermehrung

der Platten durch Theilung der einen ursprünglichen sich vollziehen lässt¹⁾.

Einen interessanten Gesichtspunct liefert GREEFF's Ermittlung, dass die Zahl der Madreporenplatten mit der Grösse des Thieres bei sonst gleichen Bedingungen zunimmt. Ein fünfzehnmiges kleines Exemplar von *Echinaster solaris* hatte sechs, ein gleiches, aber mehr als doppelt so grosses mehr als zehn Platten. Daraus geht hervor, dass die morphologische Bedeutung der Madreporenplatte und des Steincanales als Reste der ursprünglichen Wassergefässanlage in der Larve später mehr gegen die physiologische zurücktritt, welche die Inhaltsregulierung im Auge hat. Man könnte sich denken, dass der Erweiterung der betreffenden Oeffnungen und Canäle, welche bei zunehmendem Körperwachsthum nöthig wird, bestimmte Hindernisse entgegenstehen, dass daher dem Mangel durch die Umbildung irgend einer Verbindung des analen Blutgefässringes mit der Haut zum Herzen und Steincanales Abhilfe geschafft wird (Cap. II, H. 4).

Ich gehe über zu meinen eigenen, freilich spärlichen Beobachtungen. Ich habe 9 Exemplare von *Asteracanthion tenuispinus*, 24 von *Asteracanthion rubens*, theils von Helgoland, theils aus Arendal, ein Exemplar von *Asteracanthion glacialis* und eins von *Echinaster sepositus* zur Untersuchung verwandt; für die *divisio radialis* des *Ophidiaster* fehlte mir das Material gänzlich. Alle untersuchten Thiere boten besondere Eigenthümlichkeiten. Einige waren verletzt mit Vernarbungen, andere hatten begonnen sich zu regeneriren, andere waren regelmässig, doch nicht ohne Anhaltspuncte zu einer Erweiterung des Verständnisses. Selten traf ich freilich ein Thier mit frischen Bruchflächen, und das scheint zu zeigen, dass der Choc, welchen die Organisation durch freiwillige Theilung oder unwillkürliche Verletzung erleidet, energisch genug ist, um sie zu einer rapiden Reaction behufs der Vernarbung zu veranlassen.

Diese Vernarbung oder Neubildung wechselt je nach der Grösse

1) Man wird wenigstens diese sonst nicht geradezu aufgestellte Behauptung herauslesen müssen aus seiner Anmerkung: »Bei den Echiniden findet sich die Madreporenplatte ebenfalls zuweilen äusserlich durch scharfe nicht poröse Furchen in »Felder, resp. Platten« getheilt«. Es liegt wohl näher, die Theilung dieser Madreporenplatte als eine durch mechanischen Zug des in der Mitte inserirten Steincanales bewirkte Berstung oder Knickung aufzufassen. Wenn aber GREEFF anzunehmen scheint, die Felderung sei als Einleitung zu wirklicher Theilung, bezw. Vermehrung der Madreporenplatte zu betrachten, so spricht dagegen nicht nur die von ihm selbst angegebene Lage sämtlicher Madreporenplatten in Interbrachialräumen, sondern gewiss noch mehr LÜTKEN's Beobachtung von der selbständigen Entstehung der Platten bei den jungen Kometenformen von *Ophidiaster*.

der Verletzung. Am geringsten ist sie überall an der Bauchfläche; sie besteht hier einfach in der Verklebung der Wundränder, welche von einem Epithel überwachsen werden. (Die Veränderungen, welche weiterhin zum Zwecke der Neubildung sich unmittelbar anschliessen, sollen bei der *Ophiactis* erörtert werden.) An der Bauchfläche finden zur Schliessung der Wunden so gut wie keine Lageveränderungen der Organe statt; in dieser Beziehung leistet um so mehr der Rücken. Hier kommt es darauf an, ob es sich um einen zerrissenen Arm handelt oder um einen am Grunde abgerissenen, welcher bald kleinere, bald grössere Stücke aus der Scheibenhaut mit sich zog, — oder um ein durch freiwillige Theilung halbirtes Exemplar. Bei zerrissenen Armen (womit ich solche meine, denen nur ein peripherischer Theil verloren ging) biegt sich die Armrückenhaut mit ihren Kalkplatten senkrecht herab und zieht sich seitlich zusammen, um mit den Wirbeln zu verkleben. Während aber an der unteren Seite die neue Armspitze hervorsprosst, so wird, augenscheinlich durch die von der Scheibe eingetriebene Flüssigkeit der Leibeshöhle, die geschlossene Rückenhaut am Ende des verletzten Armes, bezw. am Grunde der neuen Armspitze, noch weiter ausgebaucht und vorgewölbt, so dass letztere anfangs ganz darunter versteckt bleibt und von oben nicht wahrgenommen werden kann. Fig. 6 zeigt dies in mässigem Grade, andere Arme in ungleich stärkerem. — Ist der Arm am Grunde abgerissen, wobei ich fast immer die ersten zwei oder drei Saugfüsschenpaare erhalten fand, und ist der Verlust des Scheibenrückens unbedeutend, so reicht ein geringes Zusammenziehen und Herabbiegen der Dorsalhaut oft ebenso hin, um die Armwunde zu bedecken. Bei dem erwähnten *Asteracanthion glacialis*, einem mittelgrossen fünfarmigen Exemplare, welchem ein Arm am Grunde genommen war, verfolgte ich den Kranz der Rückenstacheln auf der Scheibe und fand, dass er nach der Seite des fehlenden Armes hin erweitert war, eben jener Zusammenziehung zufolge. Diese Contraction genügt indessen nur in den seltensten Fällen, um die Scheibendefecte auszugleichen. Es gehört dazu vielmehr meist ein eigentliches Narbengewebe. Auch dieses ändert wieder ab nach dem Umfange des zu ersetzenden Verlustes. Fig. 3 stellt einen grossen regulären (fünfarmigen) *Asteracanthion rubens* vor, welchem zwei nicht benachbarte Arme in gleicher Weise am Grunde abgerissen wurden, so jedoch, dass je zwei oder drei Paare von Ambulacraftfüsschen erhalten blieben. Von der Decke wurde gerade so viel weggenommen als von der Bauchfläche. Hier war also eine relativ mässige Lücke auszufüllen. Demgemäss hat das Narbengewebe am Rücken ein von dem der übrigen Haut wenig verschiedenes Aussehen; es ist ein starkes, höckeriges Granulations-

gewebe, welches als dicker Wulst die schadhafte Stelle zu bedecken sucht. In Fig. 4 erblicken wir einen regelmässigen *Asteracanthion tenuispinus*, welchem ein Arm so abgerissen wurde, dass weder die ersten Füsschen noch auch der betreffende Theil des Gefäss- und Nervenringes bestehen blieb, und der Defect der Scheibenrückenhaut griff fast bis zur Mitte über. Der Lücke entsprechend sind der weite Vormagen und Magen nicht unerheblich herausgetreten, ihre Wandungen frei in's Seewasser vorstülpend. Ein solch dickes Narbengewebe wie in vorigen Falle würde hier nicht schnell genug in so reichlichem Maasse erzeugt werden können, um den nöthigen Verschluss herzustellen. Es wird daher schleunigst eine dünne Platte von faserigem Bindegewebe mit Epithelüberzug gebildet, deren geringe Masse in viel kürzerer Zeit fertig sein kann, während ihr Umfang genügende Dienste leistet. Von dergleichen Narbenbildungen boten meine Seesterne noch mancherlei, was mit dem beschriebenen durchaus im Einklange war. Ich erwähne noch, dass nach eingetretener Theilung die Gewebsbildung nach Analogie der *Ophiactis* in den Hintergrund treten, dass vielmehr einfache Verklebung zwischen Scheibenrückenhaut und Darmwand statthaben wird.

Bei diesen Vernarungen ist viel wichtiger als die Verschiedenheit der jungen Gewebe ein anderes Verhältniss, auf welches mich die Untersuchung neu hervorgetriebener Arme hinwies. An einem neunarmigen Exemplar von *Asteracanthion tenuispinus* von etwa 48 Cm. Durchmesser mit vier grossen und fünf jungen 4 Cm. langen Armen (die Gruppen auf Hälften vertheilt) fand ich in dem einen äussersten jungen Arme, welcher immerhin doch schon eine ziemliche Ausdehnung besass, keine Spur einer Leber oder sonstigen Magenausackung, selbst jene bindegewebigen Bänder, welche den Magen an die obere Fläche der Wirbel befestigen, fehlten durchaus; die übrigen jungen Arme waren vollständig. Wenn der Mangel hier bei der sonstigen Entwicklung des betreffenden Armes sehr auffällig war, wunderte ich mich nicht, in einem anderen Falle, bei einem Thiere von circa 8 Cm. Durchmesser mit vier grossen Armen und vier kleinen von 0,3—0,6 Cm. Länge die letzteren ebenfalls ohne Leber anzutreffen. Denn war es nicht denkbar und möglich, dass die Leber erst überhaupt verhältnissmässig spät vom Magen in den Arm hineinwuchert? Dieser Schluss erschien bei weiterem Nachsehen ungerechtfertigt, fast alle jungen Arme von wenig grösserem Umfang als die letztgenannten enthielten je eine Leber. Ich musste also nach einer anderen Erklärung suchen. Diese glaube ich gefunden zu haben bei einem *Asteracanthion tenuispinus* von circa 40 Cm. Durchmesser, mit fünf jungen Armen von 0,5—1,3 Cm.

Länge. Während die vier kleinen unter diesen schon je eine Leber aufwiesen, ungefähr vom Aussehen einer völlig ausgebildeten nach Farbe, Drüsenbeschaffenheit und so weiter, so war im grössten, welcher zugleich ein äusserer, noch weiter nichts zu entdecken als eine Leberanlage, bestehend in einem Blindschlauche, welcher, vom Magen ausgehend, sich, den Leberausführgängen entsprechend, an der Decke der betreffenden Armwand anheftete. Es konnte kaum eine Frage sein, dass aus einer solchen Anlage durch endständige Erweiterung eine Leber hervorgehen mochte. Der naheliegende Gedanke, der Mangel oder die Anwesenheit einer Leber in einem jungen Arme dürfte in der zufälligen Vereinigung der Magenwand mit dem Narbengewebe nach der Theilung seinen Grund haben, lenkte meine Aufmerksamkeit wieder zurück zu diesen Bildungen. Da traf ich denn allerlei Stufen, welche sehr differente Lebererzeugungen zulassen mögen. In manchen Fällen, Fig. 4 z. B., war die Magenwand fest mit der Narbenplatte verklebt, und es sind dadurch die Bedingungen gegeben, um sie beim Hervorsprossen eines oder mehrerer jungen Arme entsprechend auszuziehen. Noch günstiger war die Verschmelzung bei einem *Asteracanthion rubens* (Fig. 5), wo beim Abreissen des einen Armes am Magen gleich der Leberausführgang sich erhalten hatte und der Rückenhaul fest anhaftete. Es ist klar, dass in solchen Fällen, deren ich noch mehrere ausführen könnte, Darmausstülpungen in die neuen Arme mit hineingenommen werden müssen, wo sie zu Lebern werden. In Betreff aber der nach Theilung regenerirten Armgruppen achte man darauf, dass es allemal einer der äussersten Arme war, welchem die Leber fehlte. Der Grund wird einleuchten, wenn wir die Gesetze der Neubildung bei der *Ophiactis* kennen gelernt haben werden. Sind nämlich nach der Verschmelzung von Magenwand und Rückenhaul der Wasser- und Blutgefässring durch je einen aufsteigenden Bogen wieder vervollständigt, und beginnt die Leibeshöhle sich darauf zu erweitern auf Kosten der Trennung von Magen und Haut, so kann dies bei inzwischen fortschreitender Anlage und Entwicklung der jungen Arme in stärkerem Maasse nur an der Seite stattfinden, während in der Mitte der jungen Hälfte das Zusammenhaften ein längeres und innigeres bleiben muss, daher hier viel weniger eine Leber fehlen kann als in den seitlichen unter den jungen Armen.

In Bezug auf die Zahlenverhältnisse und die Anordnung junger (regenerirter) Seesternhälften habe ich nicht mehr und nicht weniger gesetzliches gefunden, als was LÜTKEN herausgebracht hat. Die Anzahl der neuen Arme schwankt zwischen drei und fünf; die äussersten sind

die grössten; die mittleren drängen sich zwischen ihnen bald unten, bald oben hervor; selten liegen alle regelmässig in einer Ebene.

Als Analogie zu den von LÜTKEN hervorgehobenen Fällen, wo bei sonst regelmässigen Thieren epigonal zwischen den ursprünglichen Armen beliebig neue hervorknospen, erwähne ich einen kleinen Echinaster sepositus von 2,6 Cm. Gesamtdurchmesser. Zwei getrennte Arme waren 1,3 Cm. lang, der, welchen sie auf einer Seite zwischen sich fassten 1,1 Cm., die beiden auf der anderen Seite 0,4 Cm., also ein sehr ungleiches Wachsthum der Arme.

Unter die Zahl der Geschlechter, welche theilweise abgerissene Arme wieder ergänzen, ist auch das Genus *Asteracanthion* aufzunehmen, von welchem diese Eigenthümlichkeit bisher nicht bekannt war (s. o.). Es giebt also jetzt keinen Ausnahmefall mehr unter den Seesternen, und auch unter den Ophiuren habe ich keinen gefunden, daher das Vermögen wohl allen Asteroiden zukommt.

Ich will hier schliesslich noch einiger Unterschiede gedenken, welche zwischen neugebildeten Armen und zwischen den gleich grossen junger Thiere bestehen und zugleich die Bildungsweise einiger Organe berühren, welche die Eigenart der Seesterne gegen die Ophiuren mit ausmachen. Die Hauptverschiedenheit ist die, dass bei der Regeneration das Material für die jungen Arme von der alten Körperhälfte in reichlichem Maasse zugeführt wird, während junge Thiere durch den Gebrauch ihrer Arme sich dieses erst erwerben müssen. Diesem Unterschiede einer grösseren oder geringeren physiologischen Arbeitsleistung entspricht eine energischere histologische Differenzirung der ursprünglichen Arme junger Thiere gegenüber einer unbestimmteren Ausbildung der Gewebe bei regenerirten Armen, was gleich nachher im einzelnen gezeigt werden soll. — Eine zweite Differenz findet in der ungleichen ursächlichen Betheiligung der verschiedenen Organe, von denen die an der Bauchseite den Vorrang haben, bei der Neubildung ihre Erklärung. Durch sie wird es verständlich, warum die Rückenfläche junger Arme eine ungleich gesetzmässiger Ausbildung zeigt, als die neugebildeter; daher jene in Anordnung der Rückenplatten und -stacheln und der allerdings noch vereinzelt Pedicellarien vor letzteren schon durchaus einem völlig entwickelten alten Arme gleicht, während bei neugebildeten Armen nicht nur die Rückenfläche durch Raumbeschränkung allerlei Verbiegungen und Compressionen erlitten hat, sondern auch der Platten und Stacheln ausser den endständigen fast gänzlich ermangelt, die Pedicellarien aber fast ganz unregelmässig vertheilt, wie ebenso die noch unausgebildeten Hautkiemen.

Um auf die Unterschiede in der histologischen Differenzirung der

Organe bei jungen und regenerirten Armen zurückzukommen, so berücksichtige ich zunächst HOFFMANN'S Beschreibung und Zeichnung der Pedicellarien und ergänze sie durch meine Fig. 7. HOFFMANN leugnet den Stiel, indess mit Unrecht. Wenn auch durch Hautverdickung der Kopf direct dem Körper aufzusitzen scheint, so findet sich doch in der Mitte ein derber bindegewebiger Strang, welcher den eigentlichen Stiel vorstellt. Er erweitert sich oben becherförmig, und aus dem Becher ragen die Scheerenarme heraus. Deren Kalkplattenbeleg hat HOFFMANN abgebildet, leider ohne die Gelenkverbindungen anzugeben (mir selbst fehlt zur Ausfüllung der Lücke unentkalktes Material). Zur Bewegung der Platten dienen fünf Muskeln, welche HOFFMANN nicht beobachtet hat, ein starker, kurzer, horizontaler und zwei Paare schräger, diese offenbar Antagonisten von jenem; nur kann ich nicht bestimmen, ob der unpaare die Scheere schliesst und die paarigen sie öffnen, oder umgekehrt.

Zur Vergleichung der Pedicellarien bei jungen, originalen und bei neugebildeten Armen verweise ich auf Fig. 6 u. 8 (die Vergrösserung ist dieselbe). Die neugebildete Armspitze in Fig. 6 besteht bereits aus einigen zwanzig Gliedern (welche im Schrägschnitt nicht alle zur Darstellung gekommen sind), der junge Arm in Fig. 8 dagegen nur aus sechzehn. Entsprechend ist die Pedicellarie auf dem Rücken der Armspitze viel voluminöser und länger gestielt als die an der Endplatte des jungen Armes in Fig. 8, ja die reichliche Zufuhr an Bildungsmaterial hat sie den nach dem Zahlenverhältniss der Füsschen ihr zukommenden Umfang überflügeln lassen. Nichtsdestoweniger zeigen die letztgenannten kleineren, ihrer nothwendigen Bethheiligung an den Lebensthätigkeiten des gesammten Organismus gemäss, bereits die Anlage des unpaaren Muskels, von welchem in Fig. 6 noch keine Spur sichtbar.

Greller noch ist der Unterschied bei den Hautkiemen. An dem Seestern, dessen einen Arm Fig. 8 im Längsschnitt vorstellt, zwar einzelt, stimmen sie in ihrer Ausbildung völlig mit denen erwachsener Thiere überein und verrichten sicher dieselben Dienste; es sind Blindschläuche mit grosser Höhlung, und diese hat eine weit offene Communication mit dem Leibesraume. In Fig. 6 dagegen sind es solide Sprossen, unregelmässig zerstreut oder zu Gruppen gesammelt und noch der Durchbohrung harrend, offenbar unfähig einen Wasseraustausch durch Diffusion zu vermitteln.

Als nebensächliches Resultat verzeichne ich die Gleichmässigkeit der Anlagen, aus denen bei der Neubildung Pedicellarien und Hautkiemen hervorgehen; beide sind anfangs solide Höcker, welche im wei-

teren Verlauf Gabelung der Spitze zu Greifzangen, Aushöhlung zu Hautkiemen umformt.

Derselbe Gesichtspunct physiologischer Differenz erklärt die starke Entwicklung der Muskulatur der Füsschen und Ambulacralampullen bei jungen Armen, gegenüber der viel schwächeren bei regenerirten.

Ungleich auffallender ist endlich der völlige Mangel der gesammten Skelettmuskulatur bei der neugebildeten Armspitze, während deren originale Anlage beim jungen Arme fast bis in die kleinsten Einzelheiten zu verfolgen ist (Cap. III, 2).

Zweites Capitel. Theilung und Regeneration der *Ophiactis virens*.

A. Die Theilung.

Voran stelle ich auch hier einen Auszug aus LÜTKEN'S Arbeit (V, p. 6—11). Er bespricht zuerst die *Ophiothela isidicola*, von welcher er Exemplare sowohl mit sechs als mit drei gleich entwickelten Armen vorfand, mit Uebergängen, in denen die drei Arme der einen Seite kleiner waren als die der anderen. Dass die Heteractinie auf Theilung und Wiederergänzung beruht, scheint danach auf der Hand zu liegen. Es fragt sich, ob Individuen mit sechs gleichen Armen sich schon getheilt haben, und ob sie überhaupt sich theilen würden? ob die Theilung bei einem und demselben Individuum sich wiederhole? LÜTKEN glaubt, dass die Theilung schon früh stattfinde und dass auch die bleibende Hälfte noch wachse, während die neue sich bildet. Selten wurden Exemplare beobachtet mit zwei grossen Armen und vier kleinen oder mit dem umgekehrten Verhältniss. LÜTKEN streift dann die Annahme, dass die Ophiuriden als halbe Thiere mit drei Armen geboren würden, verwirft sie jedoch als absurd; nicht so die andere Möglichkeit, dass die Thiere zwar bei der Geburt eine vollständige Scheibe besitzen möchten, aber nur drei Arme, wie denn ähnlich in der Gattung *Linckia* drei Arme nachträglich in den Intervallen zwischen den grossen hervorsprossen¹⁾. Dagegen wird freilich angeführt, dass die sechs bis achtarmigen *Ophiactis anomala* und *vivipara* mit allen Armen zur Welt kommen. — Bei der Frage, ob die Theilung eine freiwillige sei oder von äusserer Verletzung herstamme, entscheidet sich LÜTKEN für den ersteren Fall wegen der Regelmässigkeit. Die freiwillige Theilung gilt dann nicht nur für diese Art, sondern für das gesammte Geschlecht *Ophiothela*, bestimmt wenigstens für noch vier Arten.

1) Den diesem Vergleich entnommenen Beweisgrund weise ich zurück wegen des sehr verschiedenen Verhaltens beider Thiergattungen in der Schizogonie. Die Theilung der *Ophiura* ist eine Dichotomie, die der *Linckia* eine *divisio radialis*.

STEENSTRUP, SARS und LÜTKEN (in einer früheren Abhandlung) hatten sie schon den Ophiactisarten zugesprochen. Aus einem grossen Exemplar von Ophiactis Savignyi mit drei grossen und drei kleinen Armen schliesst unser Gewährsmann, die Theilung und Wiederergänzung möge hier zweimal im Leben geschehen. Ophiactis sexradia Gr. und virens Sars hatten je drei kleine und drei grosse Arme. Bei Ophiactis virescens sind die kleinen Individuen meist nur dreiarinig oder sechsarmig mit Heteractinie. LÜTKEN fand ein grosses Exemplar mit fünf gleichen Armen. Bei Ophiactis Krebsii und Mülleri waren die kleinen Thiere heteractinisch, die grossen gleichmässig. — Unter 22 Exemplaren von Ophiocoma pumila und Valenciae hatten die kleinen drei Arme oder sechs mit Heteractinie, die grossen hatten fünf gleiche Arme. — Aus der Gesammtheit dieser Statistik folgert LÜTKEN, dass in allen diesen Geschlechtern die jungen Thiere die Heteractinie aufweisen dürften, die alten dagegen nicht mehr. Und das Interesse an diesem Resultate wird als enorm bezeichnet, weil dann die ganze Erscheinung als ein Generationswechsel aufgefasst werden könne zwischen jungen ungeschlechtlichen Formen und alten geschlechtlichen. Um gleich diese Frage (welche mir sehr nebensächlich erscheint, da der hypothetische Generationswechsel kaum einen wesentlichen Einblick in die Organisation unserer Thiere geben möchte) zu erledigen, gestatte man mir, auf die Seesterne hier nochmals zurückzugreifen. Ich halte mich an einen grossen Asteracanthion rubens mit sieben Armen. Der Scheibendurchmesser glich ungefähr dem in Fig. 5. Die vier jungen Arme sind minimal, denn das Thier hat eine Theilung unlängst überstanden. Von den drei grossen Armen ist der eine seitliche um etwa ein Drittel kleiner als die beiden anderen, benachbarten (die Ungleichheit deutet wohl auf die Abstammung aus der alten und der regenerirten Hälfte bei einer früheren Theilung hin). In dem einen der grossen Arme, dem seitlichen, sind beide Geschlechtsdrüsen stark entwickelt mit fast gleichem Umfange; im mittleren ist die dem vorigen Arme anliegende eben so gross wie die besprochenen, die andere ungefähr um die Hälfte schwächer. Im dritten der drei grossen Arme, jenem kleinsten unter ihnen, ist nur von der einen Geschlechtsdrüse eine geringe Spur zu bemerken, von der nämlich, welche der letztgenannten schwach entwickelten benachbart ist; die andere, welche an die in der Regeneration begriffene Körperhälfte anstösst, fehlt noch gänzlich. Fasst man als die Bedingung der Erzeugung von Geschlechtsproducten einen gewissen Ueberschuss des Körpers an Nahrungs- und Bildungsstoffen nach vollendeter morphologischer Ausbildung, so findet die Vertheilung der Geschlechtsorgane bei unserem Seestern in diesen beiden Factoren sehr wohl ihre

Erklärung. Die beiden grössten Arme nämlich, auch der, welcher der neu zu bildenden Scheibenhälfte anliegt (der zuerst erwähnte also), sind in allen Beziehungen weit genug ernährt und entwickelt, um einen ihnen weiter zugeführten materiellen Ueberschuss zur Production von Geschlechtsstoffen zu verwerthen, und der letztere wird durch seine hohe Ausbildung auch noch befähigt, trotz einer gewissen Entziehung von Material für die Herstellung von Narbengewebe und dergleichen die seinem Alter entsprechenden Geschlechtsstoffe zu liefern. Nicht so der dritte, der kleinste der grossen Arme, welcher durch die Berührung mit der jungen Scheibenhälfte von dieser ebenfalls in materielle Mitleidenschaft gezogen wird. Wenn dieser Arm bei seinem noch weniger vorgeschrittenen Wachsthum an und für sich schon in seinen geschlechtlichen Leistungen hinter jenen ersten zurückstand, daher sie sehr leicht gestört werden können, so zeigt sich ganz klar, wie an der Seite, welcher eine gewisse Quantität von Bildungsmaterial zum Aufbau der jungen Körperhälfte entzogen wird, d. h. an der dieser Hälfte anliegenden Seite, auch dieses Minus die sonstige Verwendung dieser Ueberschüsse, zur Geschlechtsproduction nämlich, vereiteln muss; daher denn an dieser Seite die geforderte Genitaldrüsenanlage gänzlich unterdrückt und gehemmt ist. So wird es verständlich, wie zwar die Regeneration der fehlenden Körperhälfte nach der Theilung die Geschlechtsproduction beeinflussen kann, indem sie die sonst dieser zufließenden Bildungstoffe des Körpers für sich beansprucht und ihr entzieht, — wie aber umgekehrt die Ausbildung der zehn völlig radiär angeordneten Genitaldrüsen die in der Theilung ausgesprochene Bilateralität aufheben oder vorher ihr Mangel sie bedingen soll (was doch die von LÜTKEN angenommene Wechselwirkung zwischen der Erzeugung der Geschlechtsproducte und der Theilung, oder der von ihm so betonte Generationswechsel verlangt), dafür finde ich keine Erklärung. Ich kann auch dem hier von LÜTKEN gemachten Einwurf, welcher ein Urtheil über die Ausbildung der Genitaldrüsen verbietet, ausser nach geliefertem Nachweis völliger Reife der Geschlechtsproducte bei frischen Thieren, nicht die Bedeutung beilegen, die er ihm giebt. In dem beschriebenen *Astercanthon*, einem Spiritusexemplar, waren die grössten prall gefüllten Geschlechtsdrüsen 2,5 Cm. lang und ihre Schläuche bis 0,5 Cm. dick, die kleinste Anlage einer solchen Drüse maass kaum so viel an Länge, wie jene an Dicke, und diese kam bei ihr nur auf 0,4 Cm.; die vier jungen Arme aber waren, wie gesagt, minimal, nicht über 1,5 Cm. lang. Die temporär sehr schwankende Entwicklung der Geschlechtsdrüsen bei den Stachelhäutern erlaubt schwerlich anzunehmen, die Drüsen sollten auf demselben Stadium verharren oder sich zurück-

bilden (für welch' letztere Hypothese gar kein Grund vorliegt), bis die jungen Arme annähernd zur Grösse der alten herangewachsen wären. Vielmehr wird mit der Ausbildung der jungen Arme, wie alle Functionen, so auch die Geschlechtsthätigkeit in der alten Hälfte ihren continuirlichen, wenn auch verlangsamten Fortgang nehmen, die grossen Drüsen werden ihre Producte entleeren, während die kleinen sie reifen lassen. Von einem wechselseitigen sich ausschliessen zwischen geschlechtlicher Zeugung und Regeneration kann also wohl schon nach diesem Beispiele nicht die Rede sein. Eben so bestimmt wird eine solche Wechselwirkung verneint zwischen der geschlechtlichen Zeugung und der Theilung selbst, durch die Befunde an meiner *Ophiactis*. Sie bestätigt keineswegs das von LÜTKEN gefundene Gesetz, dass die Theilung sich auf die kleinen Exemplare beschränke. Im Gegentheil zeigen sich gerade die grössten (die Maassverhältnisse s. Th. I, p. 449) theilweise dreiarbig, wie denn alle mir vorliegenden Altersstufen an der Möglichkeit eines solchen Habitus participiren. Andererseits ist z. B. die Geschlechtsdrüse Th. I, Fig. 43 einem ziemlich kleinen Individuum entnommen. Da meine Thiere während der Wintermonate in Neapel gesammelt sind, lassen sie im Allgemeinen nur sehr kärgliche Entwicklungsstufen ihrer Zeugungsdrüsen wahrnehmen; gewöhnlich findet man gar nichts, und jene Figur stellt bereits eine der entwickeltsten Formen dar, vielleicht von einem Individuum, welches gerade zuletzt im März eingefangen wurde. Wie dem auch sei, die gegebenen Beispiele werden darthun, dass Theilung und geschlechtliche Zeugung ganz unabhängig von einander ihren Weg gehen, abgesehen von der oben erläuterten Rivalität in der Annexion von Bildungsmaterial. Der Generationswechsel soll daher von jetzt ab völlig aus dem Spiele gelassen werden.

Nehmen wir also die Untersuchung der Theilungserscheinungen wieder auf! Die auch hier noch immer offene Hauptfrage, ob die Theilung eine willkürliche sei oder von zufälliger Verletzung herrühre, wird wiederum durch die schon angeführten Worte KOWALEWSKY'S im Sinne der ersten Eventualität beantwortet (III): »Die Theilung der Seesterne beobachtete Referent schon im Jahre 1866 im Golf von Neapel an einer kleinen *Ophiure*, *Ophiolepis*«. Es ist schon zu Anfang dieser Arbeit (Th. I, p. 449) erörtert, dass unter der *Ophiolepis* vielmehr unsere *Ophiactis virens* zu verstehen sei.

Unter den 450 — 480 Exemplaren, welche ich von der *Ophiactis* erhielt, ist erstens kein fünfarmiges (abgesehen von den Regenerationsstadien, wo erst zwei junge Armanlagen als Höcker äusserlich sichtbar sind, s. D), zweitens nur ein einziges, an welchem ich keine Spur der Heteractinie mehr finden konnte, und zwar ein sehr grosses von etwas

mehr als 3 Mm. Scheibendurchmesser. Daraus geht hervor, dass die Theilung bei dieser Species sehr verbreitet sein muss. In Betreff des zweiten Punctes, des Unterschiedes zwischen wirklich gleichmässigen Thieren und solchen, welche noch Spuren der Theilung an sich tragen, scheint man bisher nicht genau genug zu Werke gegangen zu sein. Es reicht für erstere nicht aus, dass die Grössen- und Reliefverhältnisse in jedem Radius dieselben seien, sondern es darf auch keine Verschiedenheit der Farbe die Körperhälften trennen. Letzteres Merkmal kommt mir als untrüglichstes vor, da auch bei sonst sehr regelmässigen Thieren fast immer der dunklere, lebhaftere Ton der Scheibe am Armbeginn die ältere Körperhälfte verräth.

Theilung und Wiederergänzung kann in jedem Lebensalter stattfinden von denen, welche ich vorhatte. Die Scheibendurchmesser schwankten bei meinen Thieren zwischen kaum 1,2 und etwas mehr als 3 Mm. Innerhalb dieser Grenzen fand ich alle Grössenstufen bald äusserlich dreiarmig (was auf kurz vorhergegangene Theilung hinweist); bald mit kleinen Armknospen, bald annähernd gleichmässig. Daraus schon eine Wiederholung der Theilung bei demselben Thiere zu folgern, halte ich für unstatthaft; der Schluss kann höchstens zu einer gewissen Wahrscheinlichkeit führen (s. H).

Die Theilung scheint fast immer so vor sich zu gehen, dass das sechsarmige Thier in zwei dreiarmige zerfällt. Ich habe unter den halbirten Thieren nur ein einziges Exemplar mit zwei Armen angetroffen, unter den sechsarmigen aber nicht eins mit zwei alten und vier jungen Armen; überall war die Armzahl der Körperhälften dieselbe. Da nun Thiere mit verletzten Armen und regenerirten Armspitzen beinahe noch gewöhnlicher sind als unter den Seesternen, da also gewaltsame Eingriffe von aussen massenhaft eintreten, so könnte man vielleicht auch bei jenem zweiarmigen Thiere den gewaltsamen Verlust des dritten Armes annehmen und die Theilung eines sechsarmigen Individuums in zwei dreiarmige als Gesetz aufstellen. Wenn ich nichtsdestoweniger der Regel keine allgemeine Gültigkeit beizulegen wage, so geschieht es zunächst aus Rücksicht auf LÜTKEN'S Angabe, wonach er bei *Ophiobela isidicola* auch Exemplare mit vier grossen und zwei kleinen Armen beobachtet zu haben scheint; mich bestimmen aber noch andere Gründe (das Nähere s. sub H), hauptsächlich die Vermuthung, dass die erste Theilung fünfarmige Thiere betreffen wird. Gleichwohl wird man mir es schwerlich verargen, wenn ich bei der Ausnahmestellung der ungleichmässigen Theilung mich in der Untersuchung vorerst nur an die in Bezug auf die Armzahl gleichmässige halte.

So scheinbar regelmässig nun die Theilung der *Ophiactis* zu zer-

legen scheint, so sehr verkehrt sich diese Regelmässigkeit bei genauem Nachsehen in das gerade Gegentheil. Das geht so weit, dass ich auch nicht ein einziges Organsystem bei dem fertigen Thiere gefunden habe, welches nur einigermaßen nach festem Gesetz sich schiede, die Theilung kann sämmtliche Organe nach völliger Willkür zerreißen. So werden in den meisten Fällen nur die beiden Zahnträger¹⁾ zwischen den bleibenden Armen erhalten, die seitlichen aber (seitlich am getheilten Thiere) zeigen alle möglichen Stufen der Erhaltung oder Verletzung. Bald ist einer vollständig conservirt, bald beide; meist sind beide beschädigt, indem bald ein Mundstück zerbrach, bald einzelne Zähne mit fortgerissen wurden, bald der Torus mit der ganzen Zahnsäule und der Zahnmuskulatur sich ablöste. Von den seitlichen interradialen aboralen Muskeln können beide oder nur einer mit in die eine Körperhälfte in der Theilung hineingenommen, sie können auch geradezu zerrissen werden, wo dann die Fasern nur mit einem Endpunkte an einem Mundeckstück haften. -- Nicht besser geht's den Wassergefässen. Die einzelnen Hälften enthalten bald zwei, bald drei, bald vier Poli'sche Blasen mit dem entsprechenden Stück des Ringcanales. Der (bezw. ein) Stein canal kann zwischen den Armen liegen, er kann direct in die Theil- oder Bruchfläche fallen, mit partieller Verletzung der Madreporenplatte, welche dann unmittelbar nach der Theilung in die Vernarbung mit hineingezogen wird. Das Schicksal des Stein canals theilt das Herz, das des Wassergefässrings der Nervenblutring und der Magen, nach welchem wieder die Rücken haut der Scheibe sich richtet. Deren Bauchhaut bleibt so weit an der Hälfte erhalten, als sie zur Bedeckung der Poli'schen Blasen nöthig ist, falls deren mehr als zwei übrig. So bleibt nichts, was bei der Theilung ein festes Gesetz erkennen liesse.

Diese Resultate habe ich gewonnen nicht etwa durch Untersuchung eben durch Theilung frei gewordener Körperhälften, denn von denen fand ich kaum eine oder zwei. Vielmehr genügt es, schon in der Regeneration begriffene Thiere in ausführlichen Schnittreihen zu studiren, da sich denn bald, wie wir sehen werden, die Organe des alten Theiles von denen des jungen unterscheiden lassen. Dieses ist, wenn man nicht über unbegrenztes Material gebietet, der einzige, aber auch, wie ich glaube, bequemste und sicherste Weg, um über die Theilungsverhältnisse zur Klarheit zu kommen.

1) Unter Zahnträger verstehe ich (um der Einfachheit des Ausdrucks willen) zwei benachbarte Mundeckstücke verschiedener Arme mit ihren Toris, Zähnen und Deckplatten.

B. Abschluss der Körperhälfte zum Individuum. Die nächsten Vorgänge nach der Theilung. Ursachen der Regeneration.

Meinem Material gemäss betrachte ich eine Hälfte kurz nach der Theilung. Hier finden wir an der Theilungslinie, einem gerade aufwärts strebenden, nach oben convexen Bogen, zwischen den Organen folgende neuen Verbindungen: Die Magenwand hat sich mit der Rücken- haut unmittelbar im ganzen Bogen oben und seitlich vereinigt, ihre Zotten ragen grossentheils unter dieser hervor oder schlagen sich selbst über sie hinauf. Die Leibeshöhlenwand, welche die inneren Flächen von Magen und Rücken- haut bekleidet, lässt ihre beiden Blätter an der ganzen Theilungslinie dicht unter der Vereinigungsstelle jener beiden verkleben, so dass der Mesenterialsack jetzt hier seinen völligen Abschluss findet; ich sagte »verkleben«, denn die neuen Verbindungen sind kaum mehr als reine Verklebungen, von einer gewissen Verdün- nung und Erweichung der Scheibenrücken- haut in der nächsten Um- gebung der Theilungslinie begleitet, ohne Vermittelung eines eigent- lichen, neu erzeugten, fibrillären oder zelligen Narbengewebes. An den beiden Seiten des neuen Schliessungsbogens kommen dadurch, dass die Mundeckstücke zerbrachen, die verklebten blinden Enden des Wasser- gefäss- und Blutnervenringes auch dann unmittelbar aneinander, wenn sie eigentlich der Richtung der Theilungsebene nach von einander ab- stehen müssten. Ueber sie weg zieht sich die untere Magenepithel- grenze, welche auch hier der seitlichen Abdachung des Scheibenrückens die Hand reicht. Wo aber an den unteren Partien der Magen zum Ver- schluss nicht mehr zulängt, kommt eine zellige Wucherung der Haut- knochen zu Hülfe, welche die blossgelegten, ursprünglich inneren Flächen von Knochen, Muskeln etc. bedeckt. Dieses zellige Narbengewebe offenbart grosse Neigung, mit den alten anliegenden Organen, z. B. den Zähnen oder den Deckknochen der Mundeckstücke, sich fest zu verbind- en. Ich verweise etwa auf Fig 44 und Theil I, Fig. 44, welche beide von demselben Thiere herkommen. Der Zahn der linken Säule (einer der untersten) ist in letzterer Figur mit dem schon etwas vorgerrückten Narbengewebe verschmolzen, in Fig. 44 C ist dagegen die linke Säule völlig frei, wahrscheinlich weil hier in der oberen Partie das Spiel des Mundsaugers hindernd dazwischentritt. Am stärksten ist die Verschmel- zung etwas unterhalb der Schnittebene von Fig. 44 C in B. Dass durch solche Verklebungen die äussere Seite der betroffenen Zahnsäule zum Kauen untauglich gemacht wird, ist klar, ebenso aber auch die Un- schädlichkeit einer solchen Verklebung, da ja der betroffenen Seite des

Zahnträgers kein ebensolcher gegenübersteht, an welchem er sich kauend reiben könnte. Diese Verbindungen sind übrigens nicht blosse Aneinanderlagerungen und Verklebungen, sondern völlig organische Verschmelzungen, mit Vernichtung des Epithels der Contactfläche, wie ein Blick auf die betreffende Stelle von Fig. 14 sofort zeigt.

Haben alle diese Neuerungen die isolirte Körperhälfte formell als Individuum abgeschlossen, so gesellen sich einige Verschiebungen hinzu, um die durch die Theilung gestörten Lebensthätigkeiten und die dabei betheiligten Organe in eine für die Sonderexistenz nothwendige Gestalt umzusetzen. Das Organ, dessen Unfähigkeit zur fortgesetzten Erfüllung der ihm zufallenden Functionen in der durch die Theilung bedingten Gestalt sofort erhellt, ist der Magen. Dieser halbe Sack mit weit klaffender Oeffnung ist weder geschickt, das von der Mundhöhle, welche durch je eine oder ein Paar Zahnsäulen auf jeder Seite (je nachdem zwei oder vier mit in die Körperhälfte übernommen waren) als echte bilaterale Höhle hergestellt ist, gelieferte Nahrungsmaterial in seinen Hohlraum einzuleiten, noch auch zu halten. Die jetzt vor allen Dingen nöthige Umbildung läuft daher darauf hinaus, die Theilungslinie oder die neue Körperbegrenzung am Rücken und an den Seiten zu contrahiren und so die Mund- oder Magenöffnung zu verengern. Eine solche Verengerung kommt zu Stande theils durch Wucherung der weichen Hauttheile an der Berührungslinie von Darm und Rücken, theils durch Zusammenbeugung der Rückenhaut, welche hauptsächlich durch den folgenden Factor bedingt wird, theils endlich eben durch diesen Factor, das ist die Erweiterung des Winkels, welchen je zwei Nachbararme bilden, von 60° auf annähernd 90° (Th. I, Fig. 45). An dem so umgeformten Munde oder Mageneingange wird die die eine oder die zwei anliegenden äusseren Poli'schen Blasen bedeckende Haut (falls deren drei oder vier erhalten waren), als Wulst an der entsprechenden oder an beiden Seiten vorragen.

Durch eine solche Umgestaltung des Mundes ist die Körperhälfte der radiären Ophiure factisch in ein bilaterales Individuum übergeführt; vorn liegt der Mund, die Längsachse des Körpers fällt mit dem unpaaren Arme zusammen, die übrigen Organe gruppiren sich symmetrisch zu beiden Seiten. Diese zweiseitige Gestalt wird endlich vervollkommnet und vollendet durch eine höchst interessante Bildung, welche zugleich zeigt, wie unabhängig von allen morphologischen Gesetzen die Histologie in den Dienst jeweiliger physiologischer Forderungen tritt. Die Mundöffnung entwickelt nämlich auf jeder Seite eine Art von Lippe, oder doch einen Muskel, dessen Wirkung der einer solchen Lippe gleichkommen muss (Fig. 14 M. 1b). Dieser Muskel setzt an den äusseren, freien

Seiten der seitlichen, äusseren Mundeckstücke an und zieht von hier gegen die Mitte des Schliessungsbogens der Mundöffnung, also aufwärts, ohne dabei diese Mitte (welche in der Längsachse des Körpers dem unpaaren Arme gegenüberliegt) völlig zu erreichen. Wenn dabei Reste der in der Theilung zerrissenen interradialen aboralen Muskeln da waren, so kann die Bildung der neuen erst noch zarten und diffusen Fasern von den restirenden ausgehen; doch können auch die letzteren ganz unbetheiligt bleiben, indem sie im Acte der Theilung aus ihrer Richtung herausprallten, sich an die Längsseite ihres Mundeckstückes anlegten und hier haften blieben (Fig. 42). Dass aber in den beiden Lippenmuskeln nicht etwa bestimmte morphologische Anlagen für die neue Körperhälfte zu vermuthen, zeigt der Verfolg der Schnitte in Fig. 44. Die morphologische Anlage, welche in den Muskeln der Lippe nur enthalten sein könnte, wäre die von zwei neuen angrenzenden interradialen aboralen Muskeln. Solche sind in ihnen nicht zu sehen, wie der Umstand beweist, dass sie nach Angabe jener Schnitte nicht auf zwei Ballen sich zusammendrängen, sondern von den sogleich hinzukommenden neuen Gefässsprossen ganz willkürlich und unregelmässig zerklüftet werden.

Es handelt sich nunmehr darum, in dem so hergestellten bilateralen Organismus den Ursachen nachzuspüren, welche ihn durch Regeneration der fehlenden Hälfte zum radiären Typus zurückführen. Die Frage fällt offenbar zusammen mit der, warum das Thier, wie es sich jetzt gestaltet hat, nicht im Stande sei, in dieser Bilateralität, welche doch, wie die That beweist, völlig lebensfähig ist, zu verharren; und man wird sie weiter so zuspitzen können, dass man untersucht, welches Organsystem in dem bilateralen Thiere eben durch die Bilateralität aus dem Gleichgewicht gebracht sei, in welches es nur durch Regeneration der fehlenden Hälfte zurückkehren kann¹⁾. Dem Magen ist sol-

1) Streng genommen ist es kaum ein ganz berechtigter Versuch, ein besonderes Organ als Träger der Regeneration auffinden zu wollen; denn gerade darin, dass sich hier der ganze Körper unmittelbar betheiligt, besteht der Unterschied von der Ontogenese, bei welcher der Eierstock allein das Material liefert, aus dem sich der neue Organismus, frei und unabhängig von der Mutter, gewissermassen aus sich selbst erzeugt. Auch lässt schon die fortwährende Continuität zwischen den Organen der alten Körperhälfte und denen der neuen im einzelnen erwarten, dass sie alle (die Genitalien etwa ausgenommen) gemeinsam die neue Hälfte aufbauen. Und eine solche Vermuthung wird, wie die weitere Entwicklung darlegt, keineswegs getäuscht. Gleichwohl wird man in der alten Körperhälfte die einzelnen Organsysteme darauf prüfen können, welches von ihnen am meisten durch die Theilung alterirt und aus dem Gleichgewicht gebracht wurde, daher es zunächst für die Regenerationsvorgänge die Initiative übernimmt.

ches kaum nachzusagen; mit der Ausbildung des Mundes hat er eine sehr wohl denkbare und gebräuchliche Form angenommen, wie z. B. manche rhabdoceole Strudelwürmer sie aufweisen¹⁾. — Die Geschlechtsorgane sind sicher auszuschliessen aus oben erörterten Gründen, — ebenso natürlich die starren Hautbedeckungen, — der Leibeshöhle muss wohl ein gewisser Einfluss zugesprochen werden. Aehnlich wie ich oben (Cap. I) die Vorwölbung des Rückens bei ihrer Spitze beraubten und vernarhten Seesternarmen auf den andrängenden Strom und Druck des Leibeshöhleninhalts reducirte, so kann man sich denken, dass die Flüssigkeit im Mesenterialsack der Ophiactis bei gewissen Bewegungen des Magens und der Arme gegen die Verbindungslinie von Rückenhaut und Magen (die Theilungslinie) angedrängt wird und diese vor sich herschiebt, bis ein Gleichgewicht nach allen Seiten hergestellt ist. Doch genügt ein solcher Ausgleich nimmermehr, um das Detail der neuen Hälfte zu construiren. Inwiefern die Bewegungen der Leibesflüssigkeit, namentlich durch die Krümmungen der Arme und den dabei aus ihnen hervordringenden Strom veranlasst, bei der Regeneration mitwirken, wird sich später ergeben²⁾.

Ganz anders das Wassergefässsystem mit der Fülle in ihm selbst liegender, innerer bewegender Kräfte, den contractilen Blasen und den Sphincteren der Armstämme, vor allem mit den volumschwanken Tentakeln und mit der daraus folgenden Energie der Propulsion! Hier lässt sich theoretisch wie empirisch die Gleichgewichtsstörung unschwer erkennen. Theoretisch zunächst aus der durch die Theilung gegebenen Form und den dadurch bedingten Widerständen und localen Kraftüberschüssen. Der Körperhälfte wird bei der Theilung das Wassergefässsystem überliefert als ein Halbkreis (natürlich ein Halbkreis mit den Abweichungen, welche den Wassergefässring vom mathematischen

1) Der Magen erlangt ausser der indirecten Betheiligung, dass er durch Verdauung und Ernährung die ganze Weiterführung des Organismus, und damit auch der Regeneration, unterhält, einen directen Einfluss erst allmähig, nachdem der überwachsene Rücken für eine Erweiterung nach vorn ihm Raum geschaffen hat.

2) Den Einwurf, der Austritt von Flüssigkeit durch die Genitalspalten müsse die Wirkung solcher Bewegungen vereiteln, glaube ich durch die Vermuthung widerlegen zu können, dass durch die Genitalspalten zwar Seewasser ein-, aber nicht Leibesflüssigkeit austreten möge. Der weiche Mesenterialüberzug im Innern, die ansitzenden Bänder zum Magen und dergl. wirken, denke ich, wie ein Ventil, welches bei Druck von innen sich schliesst, bei Druck von aussen sich öffnet. Die Analogie der übrigen Stachelhäuterclassen, bei denen eine so freie Communication zwischen Seewasser und Leibesraum nicht statthat, scheint mir die absolute Durchgängigkeit der Genitalspalten für beiderlei Richtung geradezu zu verbieten, da dadurch in kurzer Zeit jede Differenz zwischen dem innern Fluidum und dem Seewasser völlig ausgeglichen werden müsste.

Zirkel entfernen) mit daranhängenden zwei bis vier Polr'schen Blasen und drei Armstämmen (von den indifferenten Schläuchen der Leibeshöhle ganz abgesehen). Der Halbkreis wird an seinen beiden Enden durch Verklebung der Wände leicht geschlossen. Die nächsten Veränderungen, welche bei der Umbildung der Körperhälfte zum selbständigen Individuum mitwirken, nähern die Enden des Halbkreises einander ein wenig, so dass der frühere Halbkreis etwas mehr von einer Kreisperipherie einnimmt. An diesem Peripheriestück ist endlich noch ein Stein-canal (oder mehrere) zu verzeichnen, welcher bald gegen die Mitte, bald an einem Ende einsetzt. Was wird jetzt die Folge sein, wenn die bewegenden Kräfte innerhalb der Wandungen des Systems zu spielen anfangen und den flüssigen Inhalt in Circulation versetzen? Ich will mich beispielsweise nur an die ergiebigsten Factoren halten, an die Polr'schen Blasen. Von diesen aber brauche ich auch blos die zwei zwischen den Armen, da die endständigen, wenn sie da sind, auch nur in demselben Sinne zu wirken vermögen. Lasse ich diese beiden Polr'schen Blasen sich contrahiren und ihren Inhalt in den Ring hervortreiben, so muss aus jedem der beiden Ausflussrohre ein doppelter Wasserstrom in dem Ringe erzeugt werden, der eine gegen die andere Blase gerichtet, der andere nach der entgegengesetzten Seite nach den Enden des Ringes zu. Die beiden gegen einander gerichteten Ströme werden bei gleichzeitigen und gleich starken Bewegungsursachen offenbar am Ansatz des mittleren Armes aufeinander prallen, sie werden in dessen Wassergefäße ausweichen und sie nach Möglichkeit füllen, wozu bei der Enge der dortigen Gefässbahnen und bereits normaler Schwellung der Tentakeln nicht viel gehört. Es liegt in der Natur der Sache, dass durch die rasche gegenseitige Beeinträchtigung die beiden gegeneinander gerichteten Ausflusströme der Polr'schen Blasen quantitativ schwächer sein müssen als die nach den Enden abfließenden. Auf diese aber kommt's mir hier lediglich an. Sie werden theils in die seitlichen Arme sich abzweigen, theils sich fortsetzen bis zu den verklebten blindgeschlossenen Enden hin. Wäre, wie beim vollständigen Thiere, der Ring geschlossen, so würden sie weiter gehen und sich in der Mitte des Schliessungsbogens treffen, um sich dort in den Appendices auszugleichen. In unserem Falle aber kann ihre Wirkung keine andere sein, als ein Stoss gegen die blinden Enden, mit dem Bestreben, sie wiederum zu öffnen und die überschüssige Flüssigkeitsmenge aus dem Gefäss in die Umgebung zu ergiessen.

Man braucht keineswegs bei diesem Beispiel stehen zu bleiben und die beiden Polr'schen Blasen sich contrahiren zu lassen. Die Contraction jeder einzelnen muss dieselbe, wenn auch schwächere Wirkung

haben. Immer wird der Strom beim Eintritt in den Ring sich theilen, jeder Einzelstrom wird an jeder Stelle, wo der Ring eine Röhre aufnimmt, eine Trennung erleiden in zwei Ströme, von denen der eine in den Appendix eintritt, der andere im Ringe weiter verläuft, immer aber wird er mit einer wenn auch noch so schwachen Componente am entsprechenden blinden Ende des Ringes anlangen und einen Stoss dagegen führen. Dasselbe, was von der Contraction einer Poli'schen Blase gesagt ist, gilt von jeder Ursache, welche einen Flüssigkeitsstrom in den restirenden Theil des Gefässringes hineintreibt, d. h. von jeder Contraction eines Tentakels, eines Sphincters, von jeder Armkrümmung, jeder Kau-, ja beinahe von jeder Körperbewegung. Fasst man die ganze Summe dieser Einzelkräfte in's Auge, so leuchtet ein, mit welcher Heftigkeit die beiden aus ihnen resultirenden Ströme gegen die blinden Enden des Wassergefässringes anstossen müssen. Und hierin liegt, wie sich weiter zeigen wird, die hauptsächlichste Ursache für einen schnellen Ausfluss brauner (Lymph-)Körperchen aus den durchbrochenen Enden, für die Herstellung eines Schliessungsbogens, für die Anlage neuer Poli'scher Blasen und Armstämme, kurz für die ganze Regeneration und ihren raschen Eintritt und Fortschritt.

Dieser Stoss gegen die blinden Enden des Wassergefässringes wird natürlich nicht etwa durch den besonderen Fall aufgehoben oder verändert, in welchem die Theilungslinie den Ring so gekreuzt haben könnte, dass dessen Rest nicht mit blindgeschlossenen Zipfeln endete, sondern direct in eine Poli'sche Blase (oder einen Steincanal) umböge. Auch hier muss jeder ankommende Strom bei seiner Ablenkung in die Blase oder aus dieser heraus eine Componente übrig lassen, die gegen das Knie, welches das Ringende mit dem Blasenausführgange bildet, drückt. (Dasselbe betrifft den Steincanal.)

Wären die bei der Theilung durchgerissenen Ringenden offen geblieben, nicht verklebt, so müsste aus den Ueberschüssen und Stößen der hier ankommenden Ströme der sofortige Ausfluss massenhafter Lymphzellen folgen. Die Verklebung gestattet indessen nur einen allmähigen Durchbruch und setzt zunächst den Stößen einen gewissen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand wird eine Steigerung des Druckes in den anliegenden Partien des Wassergefässsystems bewirken.

Aus diesen theoretisch gewonnenen Factoren, dem Stoss gegen die blinden Ringenden und dem erhöhten Druck in der Umgebung, erwachsen practisch folgende von mir beobachtete Veränderungen:

Erstens: Erweiterung eines Steincanals, welcher gerade an dem abgerissenen Ringende sich ansetzte (Th. I, Fig. 47). Während sonst

dessen Lumen ein sehr mässiges und gleichförmiges bleibt, hatte es sich hier unregelmässig gedehnt.

Zweitens: Sehr erhebliche Ausbauchungen und Erweiterungen der Tentakelwassergefässe in den ersten (Scheiben-) Gliedern der seitlichen Arme an der äusseren Seite bei Körperhälften, denen nur die beiden POLI'schen Blasen zwischen den drei Armen geblieben waren, daher die Drucksteigerung hier zunächst diese Stelle ergreifen musste. Die Wirkung war so mächtig gewesen, dass die Gefässe die Wirbelknochen durchbrochen hatten, wobei freilich zu berücksichtigen ist, dass die Wirbel hier, wo die Verbindung mit der Rückenhaut noch fehlt, am schwächsten sind. Die neue Körperhaut, welche die Bauchfläche verschliesst, lag den Wirbeln dicht an, so dass (im Horizontalschnitt) von den Wirbelkörpern, ihren äusseren Fortsätzen und der Haut Vierecke gebildet werden, welche die Zwischenwirbelmuskeln einnahmen. In diese hinein hatten sich die Gefässausbauchungen gedrängt, die Muskeln fast zerstört und den Raum lediglich für sich in Besitz genommen. Ich würde von diesen sehr klaren Verhältnissen Abbildungen gegeben haben, wenn es mir verstattet wäre, nach Belieben Farben zu benutzen; dann würden nämlich Wirbel, Haut etc. carminroth, die Lymphzellen aber in den Gefässerweiterungen noch rein gelb und ungefärbt ausfallen.

Drittens: Die verklebten blinden Enden des Wassergefässringes werden bald durchbrochen, und es erfolgt ein massenhafter Austritt von Lymphzellen (und unsichtbarer Flüssigkeit).

Ganz ähnliche Consequenzen, wie sie die Theilung für das Wassergefässsystem setzte, müssen auf die Blutgefässe wirken, wenn auch ungleich schwächer, da hier die propulsatorischen Kräfte viel mehr in anderen Organen liegen, die Gefässe selbst aber sich passiv verhalten. Nichtsdestoweniger wird auch hier jede Bewegung der Blutflüssigkeit auf einen Stoss gegen die blinden Enden des Ringes hinauslaufen. Empirisch konnte ich keine denen des Wassergefässsystems entsprechenden Veränderungen nachweisen, theils wegen der Zartheit der Wandungen, theils wegen des Mangels an zelligem Inhalt, theils wegen der sicher viel schwächeren Ausprägung.

Ob endlich auch beim Nervensystem etwaige Nervenströme eine Erweiterung des offenen Nervenringes über die Endpunkte hinaus verlangen, ist vor der Hand nach der jetzigen Unklarheit der Wissenschaft über die Thätigkeit dieses Gewebes schwerlich eine discutable Sache. Vom practischen Gesichtspuncte aus genügt es, die Nervenstränge als einen Theil der Wandung der Hauptblutbahnen aufzufassen und ihre Ausbildung von deren Fortschritten abhängig zu machen.

C. Entstehung der Schliessungsbögen der Gefässringe.

In kurzem geschieht durch den fortwährenden Stoss gegen die blinden Enden des Wassergefässringes der Durchbruch der Verklebungstellen. Unmittelbare Folge davon ist massenhaftes Ausströmen der beweglichen (amöboiden) Lymphzellen. Wohin werden nun diese, so fragen wir, gelangen? Die Enden des Wassergefässringes staken, einander zugekehrt, eng eingeklemmt in einem Raume, welcher begrenzt wird nach aussen theils durch die Magenwand und die Rückenhaut der Scheibe an ihrer seitlichen Verklebungsstelle, theils durch das blinde Ende des Blutnervenringes, welches an derselben Stelle sich mit jenem verbindet, nach innen durch die beiden Blätter der Leibeshöhlenwand oder des Mesenteriums, das Magenblatt und das Hautblatt, welche hier durch neu geschaffene Verbindung ineinander umbiegen. Der Raum zwischen den beiden blinden Enden des Gefässringes wird ausgefüllt durch die obere Schlusslinie des Mundes, einen Bogen, der anfangs vertical nach oben sah, dann aber mit seiner Spitze schräg nach oben und vorn gerichtet wurde. Ursprünglich war der Bogen identisch mit der Verwachsungslinie von Magen und Haut, welcher innen die gleiche der beiden entsprechenden Mesenterialblätter unmittelbar folgte; nachher bildeten sich aus dem Narbengewebe zwischen Haut und Magen die beiden Lippenmuskeln. Erfolgt jetzt aus den einander zugerichteten Enden des Wassergefässringes der Austritt der Lymphkörperchen, so drängt er die Umbiegungsstelle des Mesenterialsackes, zunächst von der Seite her, von der Haut (dem Scheibenrücken) und den Lippenmuskeln ab und ergiesst sich in den so geschaffenen Raum. Das einfachste würde nun sein, den Erguss von beiden Seiten her bis zur Berührung in der Mitte fortschreiten zu lassen, wodurch der Schliessungsbogen geschaffen und der Wassergefässring wieder vervollständigt wäre. Einem solchen einfachen Fortgange der Durchbohrung und Erweiterung jenes Raumes tritt ein Umstand hindernd entgegen, das ist die sofortige Gerinnung des Wassergefässinhalts in diesem Raume. Der Grund dafür liegt vermuthlich in der Contactwirkung, welche von den Wänden ausgeht; denn keine dieser Wände kommt unter normalen Verhältnissen, wie sie der ausgebildete Organismus setzt, in Berührung mit dem Inhalt der Wassergefässe oder dem sehr ähnlichen der Leibeshöhle. Die geronnenen Massen der Lymphzellen erfüllen zunächst in einzelnen langgestreckten oder rundlichen Klumpen in völliger Unregelmässigkeit die subcutane Höhlung, welche sie selbst erst hervorriefen. Man erkennt in den Haufen (Fig. 44 Pl) noch die einzelnen Zellen, eingebettet in ein dichtes Plasma, welches ent-

weder von diesen ausgeschwitzt wird oder dem Serum der Wassergefäßflüssigkeit seinen Ursprung verdankt. Die Klumpen nähern sich dadurch allmählig mehr den übrigen Gewebeelementen, dass sie der Carminisirung immer zugänglicher werden. Nachher bekommen die Zellen Kerne oder werden selbst zu Kernen in homogener Grundsubstanz, sie schienen sich zu theilen und dergl. mehr; dadurch geben sie die Grundlage her für das gesammte Material der neuen Körperhälfte, mit Ausnahme vielleicht des Magens, des Mesenteriums, der interradialen aboralen Muskeln, der Tentakeln¹⁾, d. h. ihre Vermehrung liefert den Stoff vielleicht für alle Organe, sicher aber für die Haut, für sämtliche Knochen, für die Stachel- und Zwischenwirbelmuskeln und für die oberen und unteren radialen Muskeln.

Während die ersten Gerinnungsklumpen so sich verändern, muss der Stoss aus dem Wassergefäßringe immer neues Material an Lymphzellen zu- und an jenen vorbei- oder durch sie hindurchführen. Die neuen Massen werden an den geronnenen schon einen ihnen adaequateren Contactstoff finden, welcher sie zwar zunächst auch noch zur Gerinnung zwingen mag, aber doch mit weit weniger Energie als die viel heterogeneren Gewebe der ursprünglichen Wandungen; und allmählig wird ein neuer und neuer Nachschub so wenig von den Wänden beeinflusst werden, dass er ohne Gerinnung frei hindurchzugehen vermag. Damit ist endlich der Schliessungsbogen des Gefäßringes hergestellt (Fig. 44 V. an. +), und die Ströme aus beiden Seiten der alten Körperhälfte können sich darin nach rechts und links ausgleichen. Inzwischen geht die Umänderung in den geronnenen Massen stufenweise weiter. Zuerst werden die ältesten in kernhaltiges Gewebe übergeführt, während die jüngeren deren schmutzig unbestimmte Färbung übernehmen u. s. f. — Der Schliessungsbogen ist, wie zu erwarten, anfangs unregelmässig und ausgebaucht, wie ich ihn oft bei früheren Stadien bemerkte, er bekommt indess bald ein überall gleiches Lumen (Fig. 44 E. F) und eine eigene Wandung. Wie diese sich bildet, kann ich nicht entscheiden; entweder wächst die des alten Gefäßringes weiter aus, oder, was mir wahrscheinlicher ist, es werden Lymphzellen an die (ideelle) Wand angedrückt und zu Epithelzellen umgeformt, welche nach aussen eine Grundmembran, eine homogene Haut, ausscheiden.

4) Es wird sich weiter zeigen, dass alle diese Ausnahmen sehr problematischer Natur sind; für keine einzige kann die Ableitung aus dem Gewebe des erhaltenen Theiles desselben Organes bestimmt behauptet werden; es ist im Gegentheil gar nicht unwahrscheinlich, dass sie allesammt aus dem indifferenten Bildungsgewebe, welches die Lymphzellen liefern, entstehen. Nur die Möglichkeit der ersteren Entwicklungsform soll durch die Aufstellung für die angeführten Organe bezeichne werden.

Der ganze eben geschilderte Vorgang hat offenbar die allergrösste Aehnlichkeit mit einem apoplectischen Erguss bei Wirbelthieren, welcher ja auch allmählig in andere, zunächst indifferente Gewebsformen sich umbildet und nachher von Blutbahnen durchbohrt, »organisirt« wird.

Die Ermittlung der Vorgänge gelang mir nicht durch Verfolgung aller einzelnen Stufen, welche hier, wenn ich auch das Material gehabt hätte, immerhin bei der Unbestimmbarkeit der ursprünglichen Rissstelle des Wassergefässringes, bezw. Trübung durch Narbengewebe sehr verwischt sein mussten, sondern durch Prüfung von Schnittreihen nur wenig vorgeschrittener Entwicklungsstufen, welche die Reihenfolge der Veränderungen noch erkennen liessen. Beispielsweise halte ich mich an Fig. 14. Hier ist in *A—E* die Haut, wie ich's in der Anatomie öfters beschrieb, nur durch eine Cuticularschicht vertreten, welche allein den Durchbruch der Lymphmassen nach aussen (in's Seewasser) hinderte. Ihr liegen unmittelbar die ältesten Haufen geronnenen Wassergefässinhaltes an, welche schon in kernhaltiges Gewebe übergeführt sind. Darunter kommen, in *B, C, D*, stark getrübe Gerinnungshaufen, welche den Uebergangsprocess von den Lymphzellen her noch deutlicher zeigen; das Ganze eine schmutzig dunkle Masse, aus welcher die künftigen Kerne erst noch als dunklere Punkte abstechen, ohne der eigentlichen Carminisirung schon fähig zu sein. Zwischen- und unter- oder innerhalb von diesen Massen liegen dann Haufen von Lymphzellen, welche von den frischen in den Wassergefässen selbst sich kaum unterscheiden lassen. Noch weiter nach innen gegen den Schliessungsbogen hin sind die Lymphmassen bereits wieder zu kernhaltigem Gewebe geworden, obgleich man doch hier erst recht die wenigst veränderten Formen erwarten sollte. Das hängt jedoch zusammen mit der Entwicklungsstufe, welche wir vor uns haben. Während der Schliessungsbogen entstand, hat die Leibeshöhle an ihrer Verschlussstelle (der Umbiegung der Mesenterialblätter) nachgedrängt und das neue Gewebe ebenfalls zu einer Einbiegung, zu einer Scheidung in zwei Blätter veranlasst, wie sie in *D* und *E* deutlich sind. Im äusseren Blatt, nach der Haut zu, ist die geronnene Lymphe nur zwischen der Cuticula und dem Mesenterium eingeschlossen, und sie geht hier in ihrer Umbildung allmählig weiter, um der Cuticula wieder eine Epidermis und ein Hautskelet zu geben. Das innere Blatt, die Lippenmuskeln mit ihrer Haut und den Schliessungsbogen bis zum Mesenterium umfassend und dem Munde zugewandt, scheint die Lymphe schneller in kernhaltiges Gewebe umzuwandeln, vielleicht durch die energischeren Bewegungen, welche hier durch die Lippenmuskeln und den sich bildenden Schliessungsstrom

gegeben sind und eine entsprechend beschleunigte Gewebsbildung setzen.

Ganz ähnlichen Gesetzen, wie der durch die Theilung geöffnete Wassergefässring, unterliegt der Nervenring, dessen blinde Enden gleiche, wenn auch schwächere Stösse erleiden. Der geringeren Energie dieser Ströme und dem fehlenden Inhalt ist es zuzuschreiben, wenn die Entstehung des Schliessungsbogens (Fig. 14 *N. an.* +) geringere oder vielmehr nur minimale Veränderungen zu Wege bringt gegen die des Wassergefässringes. Dass bei der Theilung infolge der zerbrochenen äusseren Mundeckstücke die blinden Enden von Wassergefäss- und Blutnervenring unmittelbar aneinanderkommen, letztere natürlich mehr adoral, wurde sub B bemerkt. Wenn daher der Lymphstrom des ersteren Ringes sich Raum schafft zur Bildung des Schliessungsbogens, so wird es dem letzteren erlaubt sein, in dem jetzt erweichten Gewebe nachzudringen und auch einen Schliessungsbogen herzustellen. Die Nervenmasse folgt dabei, wie auch schon bemerkt, als untere, innere, adorale Wand der Blutbahn, sie unterliegt sehr schnell der histologischen Differenzirung aussen in Zellen, innen in Fasern.

So lagern denn Wassergefäss- und Nervenblutring in ihren Schliessungsbögen unmittelbar aneinander, wie es ihnen nach dem allgemeinen Schema der Echinodermen zukommt. Nichtsdestoweniger muss eine ganz geringe, aber für die Folge wichtige Abweichung dieser Lagerung von den Verhältnissen einer völlig entwickelten *Ophiactis* sogleich verzeichnet werden. Nach der Anatomie (Th. I, Cap. V) liegt sowohl der Nervenblut-, als der Wassergefässring in einer horizontalen Ebene, aber die des letzteren ist ein wenig höher gestellt als die des ersteren. Bei den ersten Stufen der Regeneration ist das Verhältniss fast umgekehrt, hier liegt der schräg aufsteigende Nervenschliessungsbogen mit dem Wassergefässringe an jeder Schnittstelle in gleichem Niveau, so jedoch, dass der breitere Nervenblutbogen das gemeinsame Niveau überragt. Diese Lagerung entspringt hauptsächlich aus der Verschiedenheit der Ebenen der alten Gefässringe und der Schliessungsbögen; die der ersteren ist horizontal, die der letzteren steigt schräg auf. Da so ein horizontaler Stoss an der Uebergangsstelle in den Schliessungsbogen eine Ablenkung nach oben erfährt, so muss eine Componente übrig bleiben mit dem Bestreben, die Ebene des Schliessungsbogens in die des Gefässringes, in die horizontale, zu schieben. In der That folgen beide Schliessungsbögen allmählig diesem Zuge, indem ihre Ebenen sich senken. Da aber diese Kraft in den Wassergefässen der grösseren Stromenergie zufolge die im Nervenblutringe überwiegt, so wird auch die Ebene des Wassergefässschliessungsbogens sich rascher senken

müssen als die des schwächeren Nachbars. So entsteht die beschriebene Abweichung.

Hier gedenke ich noch einer gewissen Schwierigkeit der Untersuchung. Wenn es schon in der Anatomie schwer oder unmöglich war, eine feste Grenze zwischen der Zellschicht des Nervenringes und dem anstossenden Magen- (Schlund-) Epithel aufzufinden, so gelingt eine derartige Unterscheidung im jungen Schliessungsbogen des Nervenringes noch viel weniger, weder nach oben, nach dem Magen, noch nach unten, nach der Haut zu, und ich habe in Fig. 44 *E* und *F* die Grenzen des Bogens (nicht die seiner Ausstülpungen) zur Deutlichkeit schärfer markirt als es in den Präparaten der Fall war. Daraus scheint hervorzugehen, dass der Nervenbogen nicht vom Nervenring her etwa einwuchert; vielmehr dürfte der Blutgefässring sich zunächst für sich vervollständigen; gleichzeitig aber dürften die Spannungen der Nervenströme in den blinden Enden des Nervenringes die Zellenmasse und das Epithel zwischen dem Blutgefässbogen und dem Munde zur Umwandlung in die histologischen Nervelemente zwingen. Dann gründet sich die Zusammengehörigkeit von Blut- und Nervenring nicht auf eine innere Abhängigkeit ihrer Functionen, sondern sie wäre mehr zufällig, wie sie dem verschiedenen Wesen beider Gewebsformen entspricht.

Die Betheiligung der noch unberücksichtigten Organe bei den besprochenen Umbildungen ist leicht einzusehen. Der Magen übt bei Füllung und Verdauung einen Druck aus auf seine Umgebung. Er dehnt sich daher bei der Entstehung weicher Gewebsmassen an der oberen Seite der Mundöffnung in diese hinein aus. Da die Bildung der Gewebsmassen von den Seiten ausgeht und ihre Quantität hier überwiegt, so erfährt auch der Magen an jeder Mundhälfte eine Aussackung (Fig. 44 *F*, nur rechts erst sichtbar), verharrt aber in der Mittellinie länger auf dem ursprünglichen Stadium, so dass er hier als ein enger Zipfel bestehen bleibt. Das Mesenterium dringt, dem Druck seines flüssigen Inhalts folgend, mit der Umschlagstelle seines Magen- und Hautblattes nach vorn in das weiche Gewebe hinein; es ruft so eine Vertiefung und Ausbuchtung hervor im neuen Gewebe, daher sich dieses trennt in solches, welches die Haut des Scheibenrückens und der Scheibenseite herstellt (Fig. 44 *D*, *E*), und solches, welches um die Gefässschliessungsbögen einen verdickten Wulst bildet; beide Arten gehen natürlich ineinander über (Fig. 44 *A*, *B*, *C*). Auf diese Weise sind die späteren Lageverhältnisse zum Theil schon hergestellt, indem die Ganglienzellschicht des Nervenschliessungsbogens nach oben in das Magenepithel, nach unten in die Haut übergeht, wobei allerdings die directe Verbindung zwischen Magen und Haut über dem Bogen noch durch eine dünne,

später zur Cuticula herabgedrückte Epithellage (Fig. 14 F) vermittelt wird. Besonders zu betonen ist, dass der directe Zusammenhang zwischen Magen, Haut und den Schliessungsbögen mit geringem Polster weichen Bildungsgewebes in der Mittellinie am festesten und am längsten erhalten bleibt, daher diese Stelle nachher als die zäheste und widerstandsfähigste dasteht. Endlich erwähne ich noch, dass inzwischen im Bildungs- und Narbengewebe ausser den Lippenmuskeln allerlei zunächst indifferente Anlagen von fibrillärem Bindegewebe zum Vorschein kommen (Fig. 14).

D. Die ersten äusserlich sichtbaren Veränderungen der neuen Körperhälfte. Fortschritt der Regeneration bis zur Anlage der Arme.

Die äusserlich sichtbaren Veränderungen sind diese: Unmittelbar nach der Theilung vernarbt die Wunde, und jede Körperhälfte gelangt zum individuellen Abschluss, mit je drei Armen und zwei, drei oder vier Zahnsäulen. Die Vernarbungsebene fällt senkrecht ab. Nachher aber bildet sich von eben dieser Ebene aus an dem oberen Mundbogen ein kleiner vorspringender Wulst quer über den Mund weg; dieser wird weiterhin in zwei Wülste getheilt, von denen je einer sich seitlich vom Munde vorwölbt, während der Mittelpunkt des oberen Mundbogens festgehalten wird (dieses Stadium, Th. I, Fig. 2, entspricht den von der Seite eindringenden und loslösenden Lymphströmen). Man sieht wohl gleichzeitig den inneren unteren Rand des vorspringenden Wulstes über dem Munde, den nämlich, welcher den Zahnreihen sich zuwendet, unregelmässig sich theilen und klüften, wie es etwa in Th. I, Fig. 4 zum Ausdruck kommt. Weiter aber ist bis zum Hervorbrechen der jungen Armknospen kaum eine Veränderung zu nennen, als etwa die Verbreiterung und stärkere Vorwölbung des Wulstes, wovon dieselbe Figur Zeugniß ablegt. Das Hervorbrechen der jungen Arme erfolgt so, dass erst die beiden seitlichen als zwei anscheinend solide, rings geschlossene, conische Hörnchen sich herausschieben, wie in Th. I, Fig. 3. Noch während sie minimal sind wie hier, oder etwas später bis zu dem Stadium hin, wo sie ungefähr $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$ vom Breitendurchmesser der Scheibe an Länge gewonnen haben, tritt zwischen ihnen der unpaare mittlere Arm hervor als ein eben solcher Kegel, in vielen Fällen sehr regelmässig, in andern weniger genau die eigentliche Richtung einhaltend; und ich bemerke schon hier, dass dergleichen Schwankungen in der accidentellen Entstehung des Bildungsgewebes infolge physiologisch wechselnder Ströme im Wassergefässring bedingt sein werden, ebenso wie ich die grössere relative Dicke oder Schlankheit der jungen

Arme der grösseren Zähigkeit oder Weichheit desselben unregelmässigen Bildungsgewebes schuld gebe. Ungefähr zur Zeit des Hervorbrechens des dritten Armes beginnen die conischen Zapfen ihre gleichmässige Oberfläche umzugestalten durch seitliche Einkerbungen und Hervorstossen von stacheligen Erhabenheiten (Thl. I, Fig. 4 u. 5). Dadurch wird das äussere Relief dem einer erwachsenen Armspitze ähnlich, mit dem ausserordentlichen Unterschiede jedoch, dass diese ihre regelmässigen Oeffnungen besitzt für den Durchtritt der Saugfüsschen, während jene rings geschlossen sind, und mit der ferneren Differenz, dass die Armspitzen eine Eintheilung in Glieder und entsprechende Hautplatten selten vermissen lassen, während es bei den jungen eine ganze Zeit lang unmöglich ist, auch nur eine Spur davon nachzuweisen. Erst wenn die Arme etwa zu der Grösse derer in Thl. I, Fig. 5 sich ausgezogen haben, wird eine undeutliche Abgliederung sichtbar; und eben dann beginnen die Tentakeln auf der Unterseite durchzubrechen, und zwar vom Munde aus, so jedoch, dass beim ferneren Wachsthum die junge Armspitze der freien Saugfüsschen fortwährend noch ebensogut entbehrt wie die ersten Armsprossen.

Diesen äusseren Vorgängen entsprechen keineswegs die inneren Umbildungen, weder nach der chronologischen Reihenfolge, noch an Einförmigkeit der Gliederung. Ich halte mich zunächst wieder an Fig. 14. Die Körperhälfte, welcher sie entnommen wurde, hatte nur zwei Polr'sche Blasen mitbekommen. Der Schliessungsbogen des Wassergefässringes besitzt hier sechs blindsackförmige Ausstülpungen von unbedeutender Länge, drei äussere (*B—F*, *Vs. P. +*) und drei innere, dem Munde zugekehrte (*B—E*, *N. br*). Freilich kann ich die Communication zwischen den Blindsäcken und dem Ringe nur bei dreien bestimmt nachweisen, dem linken äusseren (*F*, *Vs. P. +*) und dem mittleren und dem rechten inneren (*C*, *D*, *N. br*); aber ein Blick auf die Gleichförmigkeit der inneren Anlagen mit diesen lässt an deren gleichem Ursprunge aus dem Ringe oder Bogen nicht länger zweifeln. Die drei inneren Ausstülpungen treiben als enge Canäle breitere Vorwölbungen des Nervenschliessungsbogens vor sich her und manifestiren sich dadurch als erste Anlagen der Arme, bezw. der radialen Ambulacralstämme. Die drei äusseren Blindsäcke mit ihrem regelmässig kubischen Epithel und ihrem kreisförmigen, bald engeren, bald erweiterten Lumen und mit ihrem Herübergreifen über die Lippenmuskeln, aus denen dies päteren interradianalen aboralen Muskeln ganz oder zum Theil hervorgehen, werden unbedingt als drei neue Polr'sche Blasen erkannt. Es fragt sich, welche von den Ringausstülpungen älter sind, die äusseren oder die inneren, die Polr'schen Blasen oder die Anlagen der

brachialen Wassergefäßsstämme, oder ob beide gleichalterig sind. Mir war's nicht möglich, dies durch die Untersuchung aller Stufen auszumachen wegen der öfters erwähnten Raschheit dieser Bildungsprocesse; doch wird sich die Antwort aus Bildern, wie Fig. 44, recht gut ableiten lassen. In dieser Figur sind die POLI'schen Blasen sämtlich durch mehr Schnitte hindurch zu sehen als die Armanlagen; dazu kommt, dass die letzteren sich zusammensetzen aus einer Nervenschicht und der inneren Wassergefäßsbogenausstülpung, daher diese sich auf ein Minimum beschränkt. Wenn also die äusseren Ausstülpungen schon auf dieser frühen Stufe, wo alles im raschen Fortgange begriffen, so sehr die inneren an Ausdehnung übertreffen, so wird man auch ihre Entstehung nicht unbeträchtlich vor die der letzteren setzen müssen.

Es fällt auf, dass die Armzahl sofort die definitive Höhe erreicht hat, während wir an alten und jungen Blasen zusammen nur fünf statt sechs zählen. Es können daher Blasen und Arme nicht, wie es zu erwarten gewesen wäre, regelrecht abwechseln; vielmehr folgen sich nach unserer Figur die Organe von links nach rechts so: auf den linken seitlichen alten Arm folgt eine junge POLI'sche Blase ($C-F$, Vs. P. \dagger), dann kommt eine innere Ausstülpung als erste neue Armanlage (E , N. br), dann wieder eine junge Blase ($C-F$, Vs. P. \dagger), dann wieder eine Armanlage, die in der Mittellinie nämlich ($B-E$, N. br), dann abermals eine POLI'sche Blase ($B-E$, Vs. P. \dagger)¹), dann endlich die dritte Armanlage ($C-D$, N. br); rechts stossen wir auf den rechten seitlichen alten Arm, ohne dass zwischen ihm und dem vorbergehenden jungen Arme eine POLI'sche Blase angelegt wäre. Man kann die Glieder dieser Anordnung zu folgendem zunächst ganz problematischen Schluss combiniren: Ich fasse von den vier jungen, zur vollen Ergänzung geforderten POLI'schen Blasen die beiden der Mittellinie zunächst liegenden als ein Paar, die beiden anderen, die seitlichen, welche auf die seitlichen alten Arme folgen müssten, als ein zweites. Da das erste mediale Paar vollständig, das andere laterale unvollständig, nur auf einer Seite nämlich angelegt, die drei Armanlagen aber regelmässig in die Erscheinung getreten sind, so ist die Anlage des ersten Paares der POLI'schen Blasen, sowie die der drei Arme eine typische, die des zweiten Blasenpaares dagegen eine atypische, zunächst nicht unbedingt in der augenblicklichen Regenerationsstufe begründete. Ein solcher Schluss würde natürlich durchaus hinfällig sein, wenn er aus dem einzigen Beispiele seine Beweiskraft zöge. Für die Richtigkeit der Bestimmung der typi-

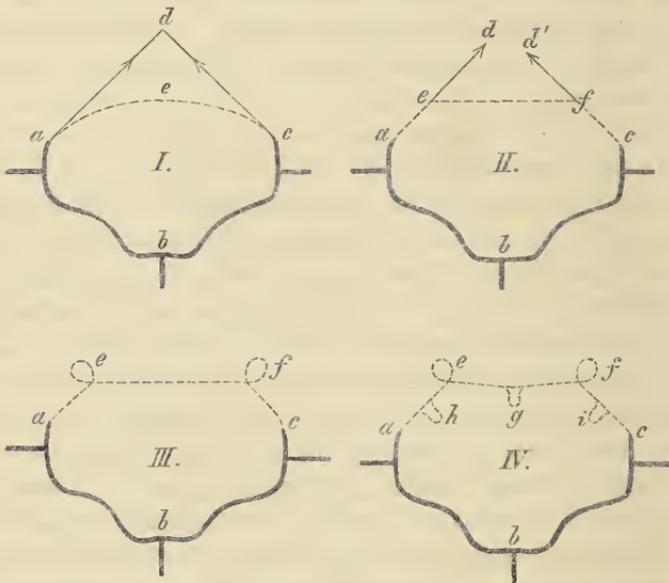
1) Wenn deren Einmündung in den Gefäßbogen nicht verfolgbar, so zeigt doch besonders die Abbiegung nach links in D und die nach rechts gerückte Ausstülpung der nächsten Armanlagen, dass die Blase an diese Stelle zu setzen.

schen Anlagen führe ich daher an, dass ich keine Ausnahme getroffen habe, dass vielmehr überall, wo überhaupt ein Arm angelegt war, alle drei sich vorfanden (gegen den äusseren Schein, welcher später erklärt werden wird), da aber, wo überhaupt Ausstülpungen des Wassergefässbogens da waren, auch die beiden medialen Poli'schen Blasen existirten; für die atypische Anlage der seitlichen Blasen wird nicht nur die nachfolgende theoretische Betrachtung eintreten, sondern noch diese Momente: vor allem springt sie da in's Auge, wo nicht zwei, sondern drei oder vier alte Poli'sche Blasen mit in eine Körperhälfte gerathen waren; hier wird an und für sich nur die Anlage einer oder überhaupt gar keiner der lateralen Blasen verlangt. Dazu habe ich bei der Bildung des Wassergefässschliessungsbogens darzulegen versucht, dass es für dessen Zustandekommen durchaus gleichgültig, ob an dem alten Gefässringe noch die äusseren Blasen vorhanden oder ob die seitlichen Armwassergefässstämme die äussersten Abzweigungen bilden. In jedem Falle wird die Wirkung die nämliche sein, ein horizontaler Stoss gegen das blinde Ende des Ringes. Wenn aber die Ursache für die Schliessung des Ringes dieselbe ist, ob zwei oder vier Blasen daranhängen, so muss auch die weitere Wirkung dieser Ursache, die Ausstülpungen nämlich, sich in beiden Fällen gleich bleiben; es kann also aus dieser Ursache immer nur dieselbe Anzahl der Ausstülpungen abgeleitet werden, also immer nur zwei, seien zwei, drei oder vier alte Blasen vorhanden. Daher halte ich mich für berechtigt, für die Entstehung des lateralen Paares andere, wenn auch ähnliche Ursachen anzunehmen, wie für die des medialen. Die ungleiche Ausbildung der Blasen aber des seitlichen Paares lässt sie nicht blos als von den andern ursächlich abweichend erscheinen, sondern überhaupt als weniger typisch. Und diese Behauptung wird gestützt durch einen schon in der Anatomie (Thl. I, Cap. V A) erwähnten Fall, wo ich in einem Interradialfelde zwei Poli'sche Blasen antraf, und zwar bei einem Exemplar, dessen eine Körperhälfte regenerirt und ziemlich bis zur Grösse der alten herangewachsen war. Die beiden Blasen desselben Feldes lagen auf der Grenze zwischen der alten und neuen Hälfte, also an der Stelle der einen Blase des als atypisch hingestellten lateralen Paares. Dies alles zusammen weist darauf hin, dass ich mich bei der nunmehrigen Erklärung der Ausstülpungen des Wassergefässschliessungsbogens auf die typischen Anlagen, die beiden medialen Poli'schen Blasen und die drei jungen Armanlagen einzuschränken habe; und von diesen ist ausgemacht, dass die ersteren vor den letzteren entstehen.

Es folgt aus der Form des Wassergefässringes in der ausgebildeten Ophiactis, dass die Richtung, mit welcher die Flüssigkeitsstösse aus

ihm in seinen Schliessungsbogen eintreten, mit der Richtung des Bogens nicht übereinstimmt, sondern dazu sich verhält, wie die Tangente oder vielmehr Secante zur Kreisperipherie. Denn wenn auch die beiden seitlichen Arme nach der Theilung vom mittleren sich entfernen und abbiegen, bis sie zu ihm oder zur Mittellinie des Körpers senkrecht oder annähernd senkrecht stehen, so sind doch immer die Ausflussrichtungen aus den blinden Enden (falls diese geöffnet werden) in dem Falle, dass nur zwei Pol'sche Blasen erhalten waren, wie in Thl. I, Fig. 45, parallel, in dem jedoch, wo drei oder vier in die Körperhälfte übernommen wurden, ein wenig convergent, doch lange nicht so sehr, um in einem ganz flachen Winkel oder Bogen, wie es der Schliessungsbogen anfangs ist, zusammenzustossen. Wie nichtsdestoweniger der flache Schliessungsbogen durch diese nur wenig convergirenden Stösse zu Stande kam, wird eingeleuchtet haben aus den Lagerungsverhältnissen zwischen Ringenden, Lippenmuskeln, Magen- und Hautverbindung, und Uebergangslinie der Mesenterialblätter. Dabei musste ein Theil der Stosskraft für die Schliessung des Ringes durch den Bogen infolge der Ablenkung verloren gehen. Dieser Theil der ununterbrochen fortwirkenden Stosskraft, welcher nicht direct für die Bildung des Communicationsbogens verwendet werden konnte, diente theils und zunächst zur Senkung der Ebene des Schliessungsbogens aus der ursprünglich fast verticalen Lage in eine mehr schräge und horizontale, welche mit der des Gefässringes identisch ist, theils wird sie die weiteren nunmehr zu besprechenden Wirkungen haben. Verstehen wir in den Holzschnitten unter der starken continuirlichen Linie den alten (offenen) Wassergefässring, unter der feinen continuirlichen den Stoss und unter der punctirten den Schliessungsbogen, so wird der Gefässring in *I* etwa das Mittel darstellen zwischen den verschiedenen Umfangsgrössen, in denen er mit in die eine Körperhälfte bei der Theilung übernommen wird. Wenn in *I* der Schliessungsbogen *aec* hergestellt ist, wird dessen ungeachtet die Richtung der Stösse, welche in den Bogen übergehen, *ad* und *cd* sein. Stände deren Wirksamkeit kein Widerstand im Bogen selbst entgegen, sondern wird er beliebig ausdehnbar gedacht, so würde aus der Wirkung der Ströme als Form des Bogens der spitze Winkel *adc* resultiren. Nun sind aber in dem Bogen Widerstände vorhanden, theils in der beschränkten Länge seiner Wandung, theils in dem festen Zusammenhange verschiedener Organe, zumal Magen und Haut, in der Mitte von *aec*, bei *e* (s. o.); diese gestatten dem Bogen nicht die Form *adc* anzunehmen. Die Wirkung der Stösse wird sich daher zunächst in einer anderen Weise kundgeben, welche *II* zeigen soll. Jeder Stoss wird den Anfangstheil des Bogens in seine

eigene Richtung zu bringen suchen, soweit es dessen Länge erlaubt, den restirenden Theil aber spannen als gerade Linie. So geht der Bogen aec von *I* über in die geknickte Form $aefc$ von *II*. Die stossenden Ströme, welche hier bei a und c eintreten, biegen also bei e und f um nach ef und fe . Bei dieser Ablenkung wird je eine Componente jedes Stosses übrig bleiben, welche in der ursprünglichen Richtung fortwirkt. Diese Componenten ad und fd' müssen an und für sich bestrebt sein, das gerade Bogenstück ef vor sich herzuschieben, zu knicken und seinen



geraden Antheil zu verkürzen, bis es endlich auf Null herabsinkt, womit die Winkelform des Bogens adc erreicht wäre. Diesen Process gestatten, wie gesagt, die Widerstände im Bogen nicht. Daher müssen die Stösse sich darauf beschränken, den Bogen in die geknickte Form $aefc$ von *II* bis zum Maximum der Spannung der Bogenwände hineinzutreiben. Dann aber werden die überschüssigen Componenten der Stosskräfte ed und fd' in *II* keinen anderen Effect haben als die Gefässwand an den geknickten Stellen in Form von Ausstülpungen hervorzuwölben (*III*). Auf diese Art sind die beiden ersten Polr'schen Blasen, welche als typische Ausstülpungen nach obigem zuerst entstehen sollten, in der That also hergestellt. Die Form aber, durch welche der Gefässring hindurchgeht, um zu dem schliesslichen Sechseck wieder vervollständigigt zu werden, ist zuerst ein Pentagon (natürlich in der Wirklich-

keit weniger regelmässig), von dessen Ecken drei in die alten brachialen Wassergefässstämme; zwei dagegen in junge POLI'sche Blasen auslaufen. Die ganze Stromstärke der Componenten *ed* und *fd'* in *II* muss von nun ab dazu dienen, die jungen Blasen zu erweitern, bis diese durch den Reiz (sehr bald) zur Contraction veranlasst werden und dadurch wiederum eine neue Complication setzen, welche das Fünfeck durch eine neue Zwischenform, die mit drei inneren Ausstülpungen, den Armanlagen, an Steilen, welche in der alten Hälfte den POLI'schen Blasen entsprechen, in das schliessliche Sechseck überführt. Die Ausstülpungen *e* und *f* in *III* treffen in der Umgebung das unregelmässige, aus der Lymphe entstandene, jedenfalls noch weiche Bildungsgewebe, es erwächst ihnen aus der unbestimmten Natur dieses Gewebes und dem geringen Widerstande, welcher in der dünnen Schicht zu liegen scheint, die Freiheit, sich in Blasenform auszudehnen, allerdings mit Modificationen, bestehend in einer Abdrängung von der Mitte weg, da dort der festeste Widerstand (s. o.), und in ungeordneten Einschnürungen, je nach den zufälligen Hindernissen in jenem Gewebe, und so ist die Beschaffenheit der Umgebung, in welche die Ausstülpungen gerathen, der directe Grund, warum sie zu POLI'schen Blasen erweitert werden. Diese Auftreibung zur Blasenform scheint aber, je rapider sie fortzuschreiten bestrebt ist, um so mehr in der Stärke des Reizes die Veranlassung in sich zu bergen zur Contraction der Wandungen. Wird mir diese zugestanden, so werden sich die Ausstülpungen, welche zur Armentwicklung führen, leicht ableiten lassen; vielleicht kann man ihrer auch entzathen, indem man für die nunmehr von den jungen Blasen ausgehenden Ströme einen Rückprall der früheren, aus dem alten Gefässringe kommenden in diesen Blasen wirken lässt. Ich will zur ersteren Möglichkeit greifen und die jungen Blasen sich contrahiren lassen. Lässt man die beiden Blasen *e* und *f* in *III* zusammen spielen, so wird der Strom aus *e* sich theilen in die Richtungen *ea* und *ef*; der Strom aus *f* in die Richtungen *fc* und *fe*; zugleich werden aber die Ströme *ef* und *fe*, welche doch erst aus Theilung und Ablenkung je eines Stromes entstanden sind, der die adorale Wandung des Gefässbogens dem Munde zuzutreiben sucht, in der That bei noch vorhandener Weichheit und Biegsamkeit dieser Wandungen sie ein wenig nach dem Munde zu einbiegen, sie werden dann in der Mitte sich treffen und — gleichgültig, ob diese Einbiegung eine wirklich sichtbare wurde oder nicht (der Seitendruck der Ströme ist in jedem Fall an der adoralen Wand grösser) — eine Ausstülpung der Wand nach innen, nach dem Munde zu, hervorrufen. Eine gleiche Wirkung hat aber der Strom *ea* mit dem aus dem alten Theile des Ringes kommenden Gegenstrom *ae*

und der andere *fc* mit seinem Gegenstrom *cf*. Dadurch werden zu den beiden äusseren Ausstülpungen drei innere nach dem Munde zu schauende hinzugefügt, *g*, *h* und *i* in *IV*; von diesen entsteht die mittlere, *g*, ein wenig vor den anderen, weil hier die betreffenden Stromcomponenten aus dem alten Gefässringe zuerst und am kräftigsten aufeinanderprallen. Auch diese drei Ausstülpungen würden, so schliesse ich, zweifelsohne sich sonder Ordnung zu unregelmässigen Blasen erweitern, wenn ihnen nichts anderes im Wege stände als das weiche Bildungsgewebe in der Umgebung der äusseren. Nun habe ich aber gezeigt, wie auf den Wassergefässschliessungsbogen nach innen der Blutnervenbogen folgt, so zwar, dass der Nervenbogen jenen oben überragt und umfasst, nach unten allmählig in die Haut übergeht. Gegen den Nervenbogen also müssen die inneren Ausstülpungen sich andrücken, und dessen feste Elasticität sorgt dafür, dass die jungen Arme nicht in den Mund hineinwachsen. Sie biegen sich vielmehr, da bei der Lagebeziehung des Nervenbogens zum Wassergefässbogen ihnen oben mehr Widerstand entgegensteht, nach unten um, drücken auf die Uebergangsstelle der Nervenmasse in die Haut, ziehen und stülpen dadurch die Nervensubstanz selbst aus, biegen sich immer weiter nach aussen um, werden endlich zu äusseren Anhängseln des Ringes und wachsen als typische Armanlagen weiter. Den Unterschied zwischen Polr'schen Blasen und Armanlagen setze ich also lediglich in den Einfluss, den unregelmässigen oder regulären Widerstand, welchen die Umgebung auf die äusseren oder inneren Ausstülpungen des Wassergefässschliessungsbogens ausübte.

Offenbar müssten die Stösse und Ströme, welche das Fluidum in dem Nervenblutbogen bewegen und treiben, dieselbe Wirkung haben wie die im Wassergefässringe. Da sie jedoch ungleich schwächer sind als diese, so werden sie wohl ihren Bogen zwingen, den Verbiegungen des Wassergefässbogens zu folgen, aber ihre Kraft wird zu gering sein, um zunächst die entsprechenden äusseren Ausstülpungen, welche in das Wassergefäss eindringen müssten, zu veranlassen, und mit diesen fallen die inneren von selbst hinweg.

Was die Entstehung des noch fehlenden atypischen, seitlichen, äusseren Ausstülpungspaares (bezw. die eine laterale Ausstülpung bei drei alten Polr'schen Blasen) betrifft, so habe ich sie nicht weiter verfolgt. Doch kann man sie sich leicht erklären aus der Wirksamkeit eines der Vollendung nach Ausdehnung und Regelmässigkeit nahegeführten Gefässringes. Die Regelmässigkeit der darin circulirenden Ströme könnte sie fordern. Vielleicht ist auch die Uebergangsstelle des alten Gefässringes in den neuen Schliessungsbogen besonders geeignet zur

Ausstülpung, worauf möglicherweise die Duplicität der Polr'schen Blase in einem solchen Interradialfelde (s. o.) hinweist. — Die Ausbuchtung des Magens über der Mundöffnung nach aussen, resp. vorn, schreitet inzwischen nach Kräften fort. Ebenso wirken die Bewegungen und der Druck, welcher die Mesenterialhöhle auszudehnen strebt und welcher oben besprochen wurde, weiter, in der Weise, dass das Mesenterium seiner Aufgabe, alle inneren Flächen der Organe zu bekleiden, fort und fort nachkommt. Es überzieht den neuen Magentheil, die jungen Polr'schen Blasen, das Bildungsgewebe, die innere Hautfläche, als ein ziemlich regelmässiges Plattenepithel, wahrscheinlich alsbald wimpernd.

E. Das Bildungsgesetz der Arme.

Wie schon angedeutet, treffen die drei inneren Ausstülpungen des Wassergefässschliessungsbogens auf einen gleichmässigen regulären Widerstand im Blutnervenbogen, welcher die blasenförmige Erweiterung hindert. Sub C habe ich ausgeführt, warum die Lageverhältnisse zwischen Nerven- und Wassergefässschliessungsbogen andere sind als zwischen den Ringen in der alten Körperhälfte, so dass der Nervenbogen den Wassergefässbogen auf jedem Schnitte überragt und umfasst. In den Horizontalschnitten von Fig. 14 treffen wir, von unten nach oben fortschreitend, erst auf den Schnitt *E*, wo nach innen von dem breitesten Lumen des Wassergefässbogens der Nervenbogen nur erst als schwacher Saum sichtbar wird; im folgenden oberen Schnitt *F* dagegen erscheint da, wo wir an die obere Grenze des Wassergefässbogens gelangen, der Nervenbogen in seiner vollen Breite. Daraus folgt für die inneren Ausstülpungen die Nothwendigkeit, dass sie bei der beabsichtigten Durchbohrung sich die schwächste Stelle aussuchen, dass sie nach unten abgebogen werden. Da ist nun die eigenthümliche Entstehung des Nervengewebes im Bogen von Wichtigkeit. Ich zeigte, dass sich der Nervenbogen nicht durch Auswachsen der Enden des Nervenringes, sondern durch Umwandlung gewisser Partien eines gleichmässigen, continuirlichen Bildungsgewebes erzeugt; eine solche Entstehungsweise lässt die Histogenese nicht einen fest abgeschlossenen Nervenbogen herbeiführen, sondern, da sie aus der Continuität heraus geschieht, nur einen allmähig, in das Bildungsgewebe übergehenden, welcher ohne merkliche Grenze oben und unten in das Nachbargewebe sich verliert. Als er entstand, war seine innere Oberfläche (von einem schwachen Epithel- oder Cuticularüberzug etwa abgesehen) zugleich die innere Begrenzung der betreffenden Haut des Mundeinganges, — nicht mehr auf den nächsten Stufen. Indem das Bildungsgewebe im Mundwulste, unter dem Schliessungsbogen, weiter wuchert und sich auszudehnen strebt,

schiebt es sich zugleich innen in die Höhe und legt sich vor den Nervenbogen (Fig. 14 *E, F*); und das geschieht bei der Festigkeit der inneren Oberfläche des Nervenbogens durch Umschlag der Haut an der unteren Begrenzung dieses Bogens, daher das Hautbildungsgewebe innen vor den Nervenbogen als eine Falte anzusehen, welche von dem Bogen getrennt wird durch eine von der Mundhöhle eindringende Spalte. Das blinde Ende der Spalte ist also identisch mit der Umschlagstelle der Oberfläche des Nervenbogens in die Haut der in den Mund hinein sich erhebenden Falte vom Bildungsgewebe. Dadurch, dass die Spalte den Nervenbogen in seiner ganzen Breite von rechts nach links umfasst oder gewissermassen unterwühlt, wird ein fester Abschluss des Bogens gegen die unten angrenzende Haut geschaffen; daher auch die histologische Differenz der Nachbargewebe, der Haut und der Nervensubstanz, sich immer greller und fester markirt.

Die Falte von Haut- oder Bildungsgewebe, welche den Nervenbogen von dem Mundraume trennt, liefert nachher, wie weiter zu zeigen, durch Abgliederung die drei bis vier Zahnträger (die adoralen Hälften der Mundeckstücke, die Tori, die Deckknochen und die Zähne). Die Abgliederung aber wird nur ermöglicht durch die Spalte, welche zwischen die Falte und den Nervenbogen eindringt.

Die schräg nach unten ausgewichenen inneren Ausstülpungen des Wassergefässbogens drücken mit ihren blinden Enden auf die untere Grenze des Nervenbogens, welche sie dadurch in je einer vor dem Blindsäckchen, das ihn vorschiebt, endigenden Zipfel ausziehen. Diese Zipfel, welche so jene Ausstülpungen unten und innen umfassen, sind die ersten Anlagen der brachialen Nervenstämme (Fig. 14 *N. br*) und beginnen sofort, vielleicht durch Nachschub von dem Nervenbogen aus, energisch zu wachsen und sich histologisch zu differenzieren. Indem sie sich verdicken, drängen sie wiederum die schräg nach innen und unten gerichteten Wassergefässausstülpungen immer mehr hinab in die perpendiculäre Lage und weiter durch diese hindurch ein wenig schräg nach unten und aussen, wo sie dann gleich einer anderen Kraft verfallen.

Die Zipfel am Nervenbogen treffen bei der Verlängerung nach unten augenblicklich auf das blinde Ende (die Umschlagstelle) der beschriebenen Spalte, wo das Nervengewebe in das Bildungsgewebe allmählig sich verliert. Durch ihr Weiterwachsen ziehen sie auch die Spalte in entsprechende Zipfel, Blindsäcke, mit aus (z. B. Fig. 14 *B, C, Fs*), welche ihnen eine Zeitlang folgen, um dann ihre Verlängerung einzustellen und überhaupt zusammenzufallen und zu verkleben. Durch dasselbe Hinabwachsen der Nervenzipfel in die Falte von Bildungsgewebe wird diese

in Glieder getheilt, indem das Gewebe nach innen von den Zipfeln um so viel durch mechanische Verdrängung verdünnt wird, als die Dicke der an Umfang zunehmenden Zipfel ausmacht. In den Zwischenräumen zwischen je zwei Zipfeln ist die Falte voluminöser, von grösserer Ausbreitung im Horizontalschnitt als nach innen von den Zipfeln selbst. Die dickeren Abschnitte betragen aber nicht drei, wie die Zipfel, sondern, da aussen von jedem äusseren Zipfel, zwischen diesem und je einem seitlichen alten Arme je einer zu liegen kommt, vier. An den verdünnten Stellen nach innen von den Nervenzipfeln erweitert sich der Spaltzipfel allmähig, mit Verdünnung des inneren Bildungsgewebes, er bricht endlich durch und communicirt so nicht nur durch den oberen horizontalen Theil der Spalte mit der Mundhöhle, sondern in seiner ganzen eigenen verticalen Länge. Dadurch aber ist die Falte durch Quergliederung gespalten in vier einzelne in die Mundhöhle vorspringende interradiale Wülste (Fig. 45 Z), die Anlagen der Zahnträger. Ihre Abgliederung geht natürlich von oben nach unten vor sich, indem der Spaltzipfel zuerst an der Ursprungsstelle aus der bogenförmigen Spalte den Durchbruch bewirkt und diesen nach unten fortschreiten lässt.

Man könnte sich fragen, warum die räumliche Verdrängung des Faltengebildes durch das Eindringen der Nervenzipfel nicht zu Vortreibungen der Falte nach innen führe, sondern durch Verdünnung zu Spaltung und Gliederung. Ein solches Vortreiben und Ausbiegen wird verhindert dadurch, dass die innere Oberfläche der Falte unmittelbar den Zähnen oder alten Mundtentakeln sich anschmiegt, und zwar so dicht, dass deren Bewegungen die weiche Haut der Falte beliebig verdrücken und modeln (Fig. 44).

Es erhellt, dass durch die Anlage der drei jungen Arme die Zahl der Zahnträger jedesmal wieder auf sechs ergänzt werden muss, seien deren zwei, drei oder vier bei der Theilung erhalten. Dadurch nämlich, dass das neue Bildungs- und Narbengewebe sogleich mit der äusseren (Bruch-) Fläche der äusseren lateralen Zahnträger verklebt, findet die Falte, aus welcher die jungen Zahnträger hervorgehen, in den beiden seitlichen alten ihre seitliche Begrenzung, so zwar, dass diese selbst gewissermassen mit zur Falte gehören. (Wären nur zwei Zahnträger vorhanden, so kann die Falte nicht an diesen sich ansetzen.) Bei der Theilung nun müssen aus der Falte, zu welcher ich die etwa vorhandenen seitlichen alten Zahnträgerstücke rechne, jedesmal vier Glieder entstehen; das aber, was dabei von neuem Bildungsgewebe an den seitlichen alten Zahnträgern hängen bleibt, dient zu deren Ergänzung;

waren gar keine Reste seitlicher Zahnträger da, so stellen die seitlichen Theilstücke der Falte sie her.

In dasselbe Verhältniss, in welchem der Nervenbogen zum Wassergefässbogen steht, indem er ihn umfasst, oben und unten aber allmählig in die angrenzenden Gewebe übergeht, tritt auch der Nervenzipfel zur inneren Wassergefässausstülpung. Er umfasst sie also im Querschnitt halbkreisförmig (Fig. 14 *D. N. br.* rechts) und verdünnt sich dabei an jeder Seite, hier in einer einzelligen oder wenig dickeren Schicht in die Haut umbiegend.

Sobald jede innere Ausstülpung des Wassergefässringes bei der oben begründeten Wanderung oder Drehung zunächst nach unten und innen, und von da in die perpendiculäre Lage u. s. f., die letztere auch nur um ein wenig überschritten hat und nach unten und etwas nach aussen gerichtet ist, unterliegt sie einer andern Stromkraft als der, welche ihr die Entstehung gab. Ich nehme als Beispiel zunächst eine der seitlichen Armanlagen, etwa *h* in *IV* der obigen Holzschnittreihe (sub *D*). *h* wurde gebildet durch den aus *e* kommenden, nach innen dringenden Strom *eh* und seine Begegnung mit dem viel stärkeren Stosse aus dem alten Gefässringe *ah*. Wendet sich nun *h* durch eine Drehung nach unten und aussen, so verliert die Begegnung der beiden Ströme, welche nach innen gerichtet sein musste, ihre Wirkung auf *h*; der Stoss und die Flüssigkeit, welche jetzt in *h* eindringt, ist vielmehr ein abgezweigter Theil des Stromes *ah*. Dabei ist es gleichgültig, wie viel oder wie wenig *h* als Blindsäckchen bei seiner Drehung nach aussen zunächst noch nach unten gerichtet ist. Die Stromkraft, welche aus *ah* nach *h* sich abzweigt, wird freilich nicht ganz zu einem Druck gegen das blinde Ende von *h* und einer dadurch veranlassten Verlängerung verwendet, sie spaltet sich aber in eine Componente von eben dieser Tendenz und eine zweite, welche das noch nach unten schauende Blindsäckchen in die horizontale Ebene zu drehen und auszurichten sucht. Je mehr anfangs die letztere Componente überwiegt, um so mehr wird sie, indem sie ihr Ziel erreicht, allmählig abnehmen zu Gunsten der ersteren, so dass endlich das Blindsäckchen, wenn es horizontal nach aussen gerichtet ist, die volle Kraft des Stromzweiges, welcher aus *ah* sich abspaltet, zu seiner Verlängerung gebrauchen kann.

Ganz dasselbe wie *h* erfährt die andere seitliche Ausstülpung *i*. Und die Wirkung wird für *g* die gleiche sein, so zwar, dass sie aus der Summe der übrig bleibenden Kräfte der Ströme *ae* und *cf*, nachdem sie bei *h* und *i* vorbeigegangen sind, resultirt. Vergleicht man diese Drehung der Ausstülpungen von der horizontalen Richtung nach innen durch einen unten ausgeführten Bogen in die entgegengesetzte horizon-

tale äussere Lage mit der Richtung des Anfangtheiles des brachialen Wassergefässstammes im fertigen Thiere, dessen aufsteigendem Aste nämlich, so ergibt sich die merkwürdige Thatsache, dass das Armwassergefäss bei der Regenerationsentwicklung erst eine volle Pendelbewegung von innen nach aussen ausführt, um nachher wieder in die perpendiculäre Mittellage zurückgezogen zu werden. Die Kräfte, welche das letztere leisten, sollen unten erörtert werden (F).

Ich habe schon berührt, dass die Stoss- und Triebkräfte, welche die Armwassergefässanlage beeinflussen, nachdem sie sich nach aussen gedreht hat, stärker sind als die, welche die erste Ausstülpung hervorriefen. Dieses Uebergewicht wird immer deutlicher bei der nun folgenden Veränderung im Gefässbogen. Der Stoss nämlich, welcher aus dem dem Gefässring entspringenden Strome (Holzschn. *IV a h* und *c i*) sich abzweigt in jeden seitlichen Armwassergefässblindsack, hat das Bestreben, dessen blindes Ende immer weiter vom Gefässbogen zu entfernen. Diese Entfernung gelangt in doppelter Weise zum Ausdrucke, erstens durch Verlängerung und Wachsthum des Blindsackes, welche wir nachher betrachten wollen, und zweitens durch wirkliche Entfernung des gesammten Blindsackes von der ursprünglichen Linie des Wassergefässbogens. Die letztere verwirklicht sich so, dass der Blindsack dabei den Wassergefässbogenthail, an welchem er hängt, nach sich zieht und zu einem mit der Convexität nach aussen sehenden Bogen umformt. Zwei solche Bogen zeigt Fig. 46. Je mehr aber die seitlichen Bogen (an denen die Stösse aus dem Wassergefässringe zuerst ankommen) sich erweitern und ausbauchen, um so mehr nehmen die an den Bogen sich ansetzenden seitlichen jungen Armwassergefässe von der Stosskraft auf, und um so weniger lassen sie weiter gelangen nach der Mitte, zu der mittleren Anlage; das ist der Grund, warum die seitlichen Armanlagen, welche doch erst nach der medianen entstanden, von jetzt ab viel schneller wachsen als diese und daher zuerst äusserlich sichtbar werden. Mag diese Differenz anfangs unmerklich klein sein, sie trägt in sich selbst die Ursache zur fortwährenden Vergrösserung. Denn je mehr die Ausbiegungen der seitlichen Wassergefässbogenabschnitte von den Stössen aus dem Ringe auffangen, um so mehr wird diese Kraft die Ausbiegung selbst neben dem überwiegenden Wachstume fördern und vergrössern, bis zur Form eines Winkels von ziemlich 90° (Fig. 47).

Die Stromcomponenten, welche dabei an den seitlichen Armwassergefässen vorbeigehen und in der mittleren Armanlage sich treffen, werden zwar weit schwächer sein, als jede der seitlichen Abzweigungen und daher diesen Arm langsamer wachsen lassen; ihre centrifugale Wir-

kung wird aber eine ganz gleiche sein, wie bei den seitlichen, und so geschieht es, dass auch dieser Wassergefässblindsack nicht nur wächst, sondern auch vom Wassergefässbogen sich entfernt und ihn bogenförmig auszieht (Fig. 46 und 47).

Anfangs überwog die mittlere Armanlage über die seitlichen, nachher kehrte sich das Verhältniss um. Die Vortheile der ersteren genossen in noch höherem Maasse die Anlagen der medialen Poli'schen Blasen: auch sie werden jetzt vor der Hand in den Hintergrund gedrängt. Denn, wenn die seitlichen jungen Arme die Hauptstosskraft für sich beanspruchen, durch die Ausbiegungen aber ihrer Ursprungsstellen am Wassergefässbogen Winkel erzeugen und durch diese die Winkel, an welchen zuerst die Poli'schen Blasen sassen, mehr und mehr ausgleichen, so bleibt in der That wenig Kraft mehr, welche die Blasen weiterhin aushöhlen und erweitern sollte, daher ihre relative Kleinheit in Fig. 45 C und 46.

So ist durch den Widerstand, welchen der Nervenbogen den inneren Ausstülpungen des Wassergefässschliessungsbogens entgegengesetzte, und die dadurch veranlasste Drehung nach aussen das zuerst angelegte Fünfeck, an welchem zwei Ecken durch junge Poli'sche Blasen, drei durch alte Armwassergefässstämme gebildet waren (Holzschn. III), allmählig übergeführt in ein Sechseck, dessen Ecken sämtlich in brachiale Wassergefässstämme auslaufen. Die drei alten richten sich lothrecht nach unten, die drei jungen horizontal nach aussen. Daher kommt es, dass alle Stösse, welche in dem sechseckigen Ringe thätig sind und vor der Hand noch zum bei weitem grössten Theile von der alten Hälfte ausgehen, auf die junge Hälfte centrifugal wirken, indem sie theils die jungen Arme und zwar am meisten die seitlichen, zu verlängern, theils die junge Hälfte des Ringes auszuweiten bestrebt sind. Während dieser Zeit ruhen, wie gesagt, die beiden jungen Poli'schen Blasen mehr oder weniger. Sollte eine dritte, seitliche, atypische angelegt sein, so wird sie sich mehr erweitern, als die beiden medialen, da sie einen bedeutenderen Theil der auf ihrer Seite aus dem alten Gefässringe kommenden Ströme und Stösse aufnimmt, daher die verhältnissmässig grosse Ausdehnung der linken derartigen Blase in Fig. 44 C—F. Die gleichmässige Ausbildung der sämtlichen jungen Blasen und der Ausgleich im Wachsthum der jungen Arme ist in eine spätere Zeit zu versetzen, wo die junge Körperhälfte der Form der alten durch weitere Umbildung sich nähert (F).

Indem die inneren Ausstülpungen des Gefässbogens, die Anlagen der brachialen Wassergefässstämme, auf den Nervenbogen drücken und an diesem Zipfel ausstülpfen und hervorstrecken, indem dann diese Nervenzipfel durch ihre Wachsthumverdickung die Gefässe zur

Drehung oder Pendelbewegung zwingen, welche sie selbst mitmachen, so wird die ganze Armanlage, Gefäss- und Nervenzipfel zusammen, bei der Drehung auf das Bildungsgewebe der Falte (s. o.) einen Druck ausüben und auch von diesem eine Art Hülle bei der Verlängerung vor sich hertreiben. Die mittlere Armanlage kann ihre Drehung ohne weitere Hindernisse ausführen, die seitlichen aber stossen dabei unten und aussen auf den Lippenmuskel ihrer Seite; die Folge ist die, dass der ursprünglich ganz anderen Zwecken dienende Muskel jeder Seite quer durchschnitten und in zwei Theile getrennt wird. Die Fasern jedes Theiles inseriren sich mit den beiden neu entstandenen, einander zugewandten Muskelschnittenden nunmehr an jeder Seite der Hülle von Bildungsgewebe, welche die Armanlage bei der Drehung vor sich hertreibt und mitnahm. Anfangs blieben die Muskelfasern zwar noch ziemlich ungeordnet, wie sie es zuerst waren, allmählig aber drängen sie sich mehr und mehr zu geregelter Lage zusammen. Dadurch werden aus jedem Lippenmuskel zwei typische, zwei interradiale aborale Muskeln; im ganzen entstehen mithin deren vier, wodurch die Gesamtzahl auf die Norm gebracht ist. — Die Hüllen von Bildungsgewebe um die Armanlagen, an welche die Muskeln sich inseriren, werden, wie leicht zu verstehen, zu den äusseren, aboralen Hälften der Mundeckstücke mit ihren Deckknochen (die inneren, adoralen wurden schon bei der Bildung der Zahnträger besprochen).

Die Blutbahn folgt inzwischen den Neubildungen im Wassergefässsystem im allgemeinen und dehnt sich auch in die ausgezogenen Nervenzipfel in Gestalt von Blindsäcken aus, sie theiligt sich nachher aber aus Mangel an Stromenergie nicht an allen Verbiegungen des Wassergefässbogens im einzelnen. Der centrifugale Strom im Wassergefässbogen treibt die brachialen Wassergefässanlagen nach ihrer Ausrichtung in die äussere horizontale Lage, sich vom Bogen zu entfernen und damit diesen festonartig auszuziehen. Die Kraft, welche eine ähnliche Umformung im Blutgefässschliessungsbogen hervorbringen könnte, wird schon dadurch abgeschwächt, dass die Ausstülpungen dieses Bogens (welcher noch mit dem Wassergefässbogen in derselben Ebene liegt) unter den Ausstülpungen des letzteren, zwischen diesen und den Nervenzipfeln sich hinabziehen, also aus der horizontalen Ebene nach unten abbiegen, wodurch ein Theil der Kraft verloren geht. So kommt es, dass der Nervenblutbogen zwar auch die Knickungen erhält, am Abgange der Arme (anstatt der früheren zwei am Ansatz der Poli'schen Blasen), aber die Knickungen werden, da die ursächliche Kraft fehlt, gar nicht oder doch viel schwächer nach aussen bogenförmig vorgetrieben, als die entsprechenden Theile des Wassergefässbogens. Dadurch entsteht jedesmal

an der Abgangsstelle eines Armes ein kleiner Zwischenraum zwischen dem weniger vorgewölbten Nervenblutbogen und der stärkeren Ausbuchtung des Wassergefässbogens, ein Zwischenraum von der Form einer Mondsichel. In den übrigen Theilen liegen die beiden Gefässbogen so fest an einander, dass nur wenige Zellen des Bildungsgewebes sich dazwischen einschieben können; in den sichelförmigen Lücken jedoch vermehrt sich dieses Bildungsgewebe sofort (oder drängt sich hinein), um sie auszufüllen, wobei es den Gefässwänden anhaftet. Da in dem bogenförmigen Abschnitt des Wassergefässschliessungsbogens noch dieselben centrifugalen Kräfte thätig sind, welche ihn zuerst hervorriefen, so üben sie, indem sie ihn zu erweitern bemüht sind, zugleich nach beiden Seiten einen Zug aus auf das anhaftende Bildungsgewebe innerhalb des Ausschnittes. Dieses aber wirkt dem Zug und dem darin liegenden Reiz entgegen, indem es sich zu contrahiren beginnt und sich zu Muskelfasern umbildet. Auf diese Weise entsteht der *Musculus radialis superior*, zunächst als ein Bündelchen äusserst zarter Fasern (Fig. 15 *B M r s* +). Diesem folgt der inferior aus ähnlichen Ursachen, namentlich infolge der Erweiterung der Ambulacralrinne durch das Wachsthum; und so würde sich continuirlich in jedem Armgliede ein gleichnamiger Muskel bilden, wenn nicht andere Ursachen hindernd dazwischenträten (*F*).

Nun zur weiteren Bildung der Arme! Deren erste Anlage war je eine Wassergefässbogensausstülpung, welche sich bald zu einem geraden Blindsäckchen streckte. Das Säckchen wird vorn (am aboralen, blinden Ende) umfasst von einer nervösen Hülle, welche ihm wie eine Kappe aufsitzt; die Kappe geht über in einen dicken nervösen Strang, welcher dem Wassergefässe unten in seiner ganzen Länge anliegt, bis er am Munde in den Nervenbogen übergeht. Seitlich verdünnt sich der Strang zu einer einfachen Zellenschicht, welche das Wassergefäss umfasst, aber nicht oberhalb desselben zusammenstösst, sondern schon vorher jederseits in das umgebende Gewebe abbiegt. Der Nervenstrang fügt sich aber nicht überall dem Wassergefässe dicht an, sondern nur an den Seiten, unten bleibt ein spaltförmiger Zwischenraum, die Blutbahn. Die Kräfte in diesem System der jungen Armanlage sind der Stoss, welcher das Wassergefäss zu verlängern strebt, und der viel schwächere Stoss in der Blutbahn. Jede Verlängerung des ersteren zieht den Nervenstamm in gleicher Weise mit aus, da die Nervenkappe von ihm vorgeschoben wird. Die Verlängerung aber des Nervenbandes geschieht nicht ohne ein Schritt für Schritt ununterbrochen mitgehendes Dickenwachsthum, welches überall den aus der Verlängerung entspringenden Querschnittverlust auszugleichen sucht. Das Wachsthum scheint durch eine fortwährende Vermehrung der Nervenzellen

an der Spitze zu Stande zu kommen. — Das Material, in welches das System bei seiner Verlängerung, in der es die beschriebene Pendelbewegung ausführt, zunächst mitten eindringt, ist der Wulst von jungem Bildungsgewebe, welches die obere Begrenzung des Mundeinganges abgibt, und von dem die niedrige Falte der späteren Zahnträger nach innen sich erhebt. Die Wirkung ist die, dass das System einen dicken Zapfen des Bildungsgewebes vor sich hertreibt, welcher es sowohl vorn an der Spitze kappenförmig, wie auch ringsum als ein geschlossener Cylinder- oder Kegelmantel einhüllt. Ich habe schon geschildert, wie diese Hülle bei den seitlichen jungen Armen den beiderseitigen Lippenmuskel durchschneidet und theilt. Hat das System mit seiner Hülle von Bildungsgewebe seine Drehung vollendet, so dass es nun horizontal nach aussen gerichtet ist, so hat es bei seiner Verlängerung einen neuen Widerstand zu überwinden. Man fasse die Schnitte *D* und *E* in Fig. 44 ins Auge! Hier ist der Mesenterialsack soweit vorgedrungen, dass er die junge Rückenhaut von dem Mund rechts etwas tiefer abgespalten hat. Die Armanlage trifft daher auf die Rückenhaut, da, wo sie in den Mundwulst umbiegt, sie zieht die Rückenhaut nun auch mit aus, so dass diese oben eine weitere Hülle um die Armanlage bildet, welche ihr vorn als Kappe aufsitzt und seitlich sich an den Cylinder aus Bildungsgewebe anschliesst. Dieser ist von der Rückenhaut durch eine Spalte gesondert, in welche sich eine Verlängerung des Mesenterialsackes einschleibt, um sie auszukleiden. Dem weiten Abstand zwischen Scheiberrücken und Scheibenboden (welchen der Magen einnimmt und bei einem Nachdringen in die junge Körperhälfte beständig zu erweitern sucht) gemäss klafft auch die Spalte im jungen Arme bei ihrem Ursprunge aus der Scheibe weit und verjüngt sich erst allmähig nach der Armspitze zu. Ein so erweiterter Mesenterialraum kann sich im jungen Arme ziemlich lange erhalten, wie z. B. in Fig. 44. In anderen Fällen wird er bald zu der Kleinheit und Enge reducirt, welche ihm im ausgebildeten Arme zukommt (die Ursachen siehe im nächsten Abschnitte). Auf diese Weise gleicht der junge Ophiactisarm dem allgemeinen Schema eines Seesternarmes, wenn man dessen Ambulacralrinne von derbem Gewebe ausgefüllt sein lässt. Dieses Gewebe zusammen mit dem Wirbelmaterial würde dann der Hülle von Bildungsgewebe entsprechen, welche das Gefässsystem des Armes, wie wir sahen, umgiebt, die Rückenhaut aber des Seesternarmes derselben am jungen Arme der Ophiure. Das Bildungsgewebe der Hülle, welches der Gerinnung des ausgetretenen Wassergefässinhalts seinen Ursprung verdankt, besteht noch aus einem mehr oder weniger homogenen Stroma mit eingelagerten Kernen. Zellgrenzen sind nur selten, schwer und undeutlich wahrzunehmen. Ebenso sieht das

Gewebe der Rückenhaul aus. Aeusserlich sondert sich eine Cuticula ab. Ausserdem kommt noch fibrilläres Bindegewebe, Pigment u. dergl. hinzu, dessen nähere Besprechung s. sub. G. Wichtig erscheint mir, dass an beiderlei Localitäten, zumal in der Rückenhaul, im Bildungsgeewebe sich noch Haufen unveränderter (ungefärbter) Lymphkörperchen befinden, welche direct auf die Entstehung hinweisen.

Der bedeutendste Fortschritt in der Armentwicklung, welcher die gesammte Gliederung der Innen- und Aussentheile begründet, geht wiederum vom stossenden Strome im Wassergefäss aus, der dieses und somit den ganzen Arm zu verlängern sucht. Das Ende des Gefässes dringt bohrend vor, es schiebt die Nervenkappe vor sich her und zieht dadurch das Nervenband, ebenso die ganze Hülle von Bildungsgeewebe und die Rückenhaul weiter aus. Das bohrende Vordringen des Wassergefässes wird aber durch die in den verschiedenen Leistungen gesetzten Widerstände gehemmt und eingeschränkt. Sie gestatten dem Gefässe keine so rasche Verlängerung, als der eindringende Strom es verlangt. Infolge dessen erhöht sich der Seitendruck und führt schliesslich zur seitlichen Ausstülpung. Da die Widerstände auf beiden Seiten des Gefässes die gleichen sind, und da ferner der Stoss horizontal geführt wird, so folgt, dass nicht eine Ausstülpung auf einer Seite allein entstehen kann, ohne dass nicht in demselben Momente eine vollkommen symmetrische auf der andern Seite hervorbräche, und dass die Richtung der Ausstülpungen eine Horizontale sein müsse. Diese Ausstülpungen, welche zunächst also horizontal nach aussen und vorn schauen, sind die Anlagen des ersten Tentakelpaares.

Das Wassergefäss besteht bis jetzt aus einer homogenen Röhre, mit einem einschichtigen Endothel. Die seitlichen Ausstülpungen oder Tentakelanlagen müssen zunächst ebenso gebaut sein. Sie stossen aber bei ihrem Hervorsprossen auf das Nervenband und zwar auf dessen seitliche obere Verdünnung zu einer annähernd einzelligen Schicht. Sie stülpen sie über sich aus und treiben sie als äussern Ueberzug vor sich her. Die Tentakeln bestehen daher anfangs aus einer zweischichtigen Röhre; die äussere Schicht ist ein einfaches Plattenepithel, ebenso die innere; beide sind durch eine homogene, plasmatische Membran getrennt (Fig. 15).

Ebenso, wie das erste Tentakelpaar, entstehen die folgenden. Sobald das erste Paar durch seitliche Stromabzweigung sich hervorstülpt, muss eine momentane Ruhe oder Verlangsamung im Vordringen, in der Verlängerung des Hauptgefässstammes eintreten; diese dauert an, bis die schwächeren Seitenströme auf stärkere, hemmende Widerstände stossen (welche mit dem Wachsthum durch Materialverdrängung sich

steigern, wie denn z. B. der Widerstand beim Zusammendrücken einer elastischen Platte stetig wächst). Von da an geht der Hauptstoss wieder im Wassergefässstamm fort, treibt diesen weiter vor, bis abermals der Widerstand so stark wird, dass die vom Stamme geforderte Verlängerung ihn überwiegt; dann bricht das zweite Tentakelpaar hervor, und in gewissen Abständen und Pausen das dritte, vierte u. s. f. Die fortwährende Unterbrechung der Geschwindigkeit des Vordringens wird durch das Beispiel der elastischen Platte noch klarer. Der Stoss und die Verlängerung des Hauptwassergefässes drücken das vor ihnen liegende Bildungsgewebe der Armspitze durch ihre Energie zusammen nach Art einer solchen Platte, bis der Widerstand zu gross wird und ein Tentakelpaar hervorruft. Die Ruhe, welche bei dessen Hervortreiben die Spitze geniesst, kommt dem vor ihm liegenden, comprimierten Bildungsgewebe insofern zu gute, als es Zeit hat, durch Wachsthum und Vermehrung sich auszudehnen und dadurch die Compression aufzuheben. Sobald dies erreicht, trifft die vordringende Wassergefässspitze wiederum auf eine uncomprimierte elastische Platte, drückt sie zusammen, bis der dadurch entstandene Widerstand das Vordringen von neuem hindert, den Strom zur seitlichen Abzweigung in ein neues Tentakelpaar zwingt u. s. f. — Während der Zeit der Verlängerung und Bildung neuer Tentakelpaare erhalten die alten fortwährend Stösse, die sie verlängern; daher sind die ältesten, ersten Tentakeln die längsten, die nachfolgenden aber nehmen continuirlich nach der Spitze zu ab, der conischen Aussenform des jungen, noch rings geschlossenen Armes gemäss. Während aber das Hauptgefäss vorn weiter bohrt und sich dadurch an seiner Spitze verlängert, drückt sich die Verlängerung zugleich in einem Ausziehen des Gefässes in jedem einzelnen Theile aus; dies wird unterstützt durch das ununterbrochene Wachsthum aller Organe und Organanlagen an jedem Punkte; so kommt es, dass der Abstand zwischen erstem und zweitem Tentakelpaare, die erste Gliedlänge, am grössten ist und die übrigen nach der Spitze zu ebenso continuirlich abnehmen, wie die Länge der Tentakeln (Fig. 44, 45, 49 A).

Die fortwährenden Unterbrechungen und Pausen in dem Vordringen des Wassergefässstammes finden ihren entsprechenden Ausdruck in der Blutbahn und dem Nervenbande, von welchem gesagt ist, dass erstere ähnlichen Stössen unterliegt, wie das Wassergefäss, letzteres aber ununterbrochen fortwächst. Die Folgen, welche daraus für die Blutbahn entstehen, habe ich nicht zu untersuchen vermocht. Sehr deutlich dagegen ist die Wirkung, welche die Unterbrechung im Vordringen und der Armverlängerung auf das Nervenband ausübt. Da dieses keine geschlossene Röhre ist, sondern im Wesentlichen ein Band oder ein solider

Cylinder, welcher ununterbrochen sich nach vorn zu verlängern strebt, so führt ein Widerstand, welcher die Spitze am Vordringen hindert, nicht zu seitlichen Ausstülpungen, sondern allein zu einer knopfförmigen Verdickung; auf jedes Armglied oder Tentakelpaar kommt natürlich, da die Ursache die gleiche, je eine Verdickung. Die Summe aller Verdickungen giebt eine perlschnurartige Ganglienkette. Den Wachstumsverhältnissen gemäss sind die aboralen Knoten die voluminösesten und nehmen nach dem aboralen Ende continuirlich ab (Fig. 41, 45, 49 A). Dabei ist aber eine Beziehung von Wichtigkeit: das Nervenband liegt unten einer Platte von Bildungsgewebe auf (der unteren Hälfte des Hüllcylinders oder -kegels, welcher die Armgefässanlage umschliesst). Jedesmal, wenn ein Nervenknopf sich bildet, wird die darunter gelegene Partie dieser Platte zu einer entsprechenden Vertiefung eingedrückt und ausgehöhlt. Wenn dann beim stärkeren Vorstoss nach der Pause das Nervenband im raschen Vordringen wieder sich verdünnt, so wird sich die Platte umgekehrt wieder heben und verdicken. Die Platte zeigt also abwechselnd Verdünnungen und Verdickungen, wie das Nervenband, nur in der umgekehrten Reihenfolge, so dass auf eine Verdickung des Nervenbandes eine Verdünnung der Platte, auf eine Verdünnung der ersteren eine Verdickung der letzteren fällt. So entstehen zwischen den einzelnen Ganglienknoten in ihren unteren Partien, so weit sie sich über das Nervencommissurensystem nach unten vorwölben, regelmässige Querscheidewände von Bildungsgewebe (Fig. 41, 43, 45 A, 49 A. B. Ds).

Der Druck des Nervenbandes auf die untere Platte von Bildungsgewebe bei der Verdickung ruft eine gleichmässige Umformung des (im Querschnitt) sichelförmigen Nervenstranges zum platten Bande hervor, daher der Querschnitt durch ein Ganglion von Fig. 49 A etwa dieselbe Umrisszeichnung des Nervenbandes aufweisen würde, wie in Th. I, Fig. 40. — Bei dem weitem Wachstume des Armes werden die Ganglien mehr in die Länge gedehnt, als sie an Dicke zunehmen, und so verändern sich allmählig die kurzen, dicken Knöpfchen von Fig. 45 A oder Fig. 49 A in die gestreckten Gestalten, welche wir im ausgebildeten Arme kennen gelernt haben (Fig. 44, 43).

Eine besondere Beachtung erfordern die beiden ersten Ganglien (Fig. 49 A B). Ich greife auf die Falte von Bildungsgewebe zurück, welche sich nach innen vom Nervenschliessungsbogen hervordrängt, und sich zwischen diesen und die Mundhöhle legt, deren Begrenzung an dieser Seite bildend. Ich zeigte, wie sie durch die hervorsprossenden Armanlagen zertheilt oder gegliedert wurde, da es ihr bei den entgegengesetzten alten Zahnsäulen nicht freistand, sich beliebig zu verdicken. Die Theilstücke werden zu den jungen Zahnträgern. Durch die Theilung

der Falte aber wird das Anfangsstück der Armröhre unten blossgelegt, so dass hier der brachiale Nervenstamm nicht mehr auf einer dicken Platte von Bildungsgewebe ruht, sondern nur von einem dünnen Epithel, bezw. der Cuticula überzogen wird. Da die Platte fehlt, kann sie auch hinter dem ersten Ganglion keine Scheidewand bilden. Hier kommt nun die Elasticität des Nervengewebes den sonstigen Wachstumsverhältnissen zu Hülfe und bewirkt, dass die beiden ersten Ganglien sich ausgleichen und verschmelzen, daher die fehlende Gliederung im aufsteigenden Theile des brachialen Nervenstammes des fertigen Thieres.

Der Mangel der unteren Platte von Bildungsgewebe spielt auch eine Rolle bei der Bestimmung der Richtung, welche die Tentakeln bei ihrer Ausdehnung einschlagen. Anfangs sahen sie alle nach vorn und aussen in horizontaler Ebene. Ihr weiteres Vordringen wird bedingt durch den Widerstand, welchen sie treffen, sie weichen dahin aus, wo er am kleinsten ist. Das erste Paar muss nach dieser Regel sich nach unten, nach der Mitte des Armes zu krümmen, da hier die Bauchplatte fehlt, also der geringste Widerstand ihnen entgegen ist; sie brechen daher in die Zwischenräume zwischen den Anlagen der Zahnträger durch. Zugleich werden sie, da dicht an ihnen an der adoralen Seite die Bauchplatte einsetzt und auf sie drückt, nach der entgegengesetzten, adoralen gedreht und strecken sich in den Mund hinein (Fig. 45 *AB*, 49 *AB Ts +*). — Die übrigen Tentakelpaare dringen in die seitlichen Theile des Hüllcylinders von Bildungsgewebe ein, da wo sich die obere Decke, die Rückenhaut, an diesen ansetzt. Man könnte vielleicht schon die so gegebenen Widerstände heranziehen, um die Abbiegung der Tentakeln nach unten zu erklären. Mir scheint aber der Gang der Umformung noch anders zu sein. Die erste Folge des seitlichen Vordringens der Tentakeln ist die Vorwölbung der ganzen anliegenden Masse des Bildungsgewebes, welche der Tentakel vor sich herschiebt (Fig. 45 *A* und *B*). Die Ausstülpungen der Haut sind die ersten, später die obersten Stacheln. So verhalten sich diese Stacheln zu den paarigen Tentakeln, wie die Armspitze zu dem letzten, unpaaren (dem Fühler der Seesterne), und die obersten Stacheln und die Armspitze sind insofern homologe Gebilde, als der unpaare Tentakel mit den seitlichen ursächlich übereinstimmt. — Indem aber das Bildungsgewebe in der Vorwölbung zugleich einen Reiz erfährt, wächst es und verdickt sich's (dieselbe Figur); und diese Verdickung verstärkt wiederum den Widerstand, welcher den Tentakel beim Vordringen in dieser Richtung beeinträchtigt; er wird gezwungen, nach unten auszuweichen. Dazu kommt ein anderer Umstand. Indem der Magen nach der neuen Körperhälfte zu sich aus-

weitet, sucht er stetig die Rückenhaul vom Boden zu entfernen und in die Höhe zu heben; diese Wirkung erstreckt sich sachgemäss über die Scheibe hinaus in die Arme; daher deren mesenteriale Höhle sich fortwährend erweitert (vergl. Fig. 44). Durch dieses Emporheben der Rückenhaul wird die erste Stachelanlage zugleich mit in die Höhe gezogen und dem Stosse im Tentakel allmählig entrückt, dieser wirkt daher auf die vertical darunter befindliche Hautpartie gerade so, wie bei der Vorwölbung des ersten Stachels auf diesen; es entsteht die Ausstülpung des zweiten Stachels (von oben nach unten gerechnet), weiter die des dritten und vierten, falls die Erweiterung des brachialen Mesenterialraumes hinreicht, um die früheren immer wieder dem Tentakel zu entziehen; dass sie nicht immer genügend ist, was man nach der Abnahme des Lumens nach der Armspitze zu erwartet, beweist die Abnahme der Stachelzahl an der Armspitze.

Noch einmal kehre ich zurück zum ersten Tentakelpaare. Dieses (bezw. seine Wassergefässe) entspringt in der ausgebildeten Ophiactis aus dem Wassergefässringe. Es fragt sich, ob es bei seiner Entstehung denselben Ursprung nimmt. Die Frage muss deshalb betont werden, weil bei der Comatula etwas ähnliches vorkommt. Hier lassen THOMSON und GÖTTE (VII und I) eine Anzahl von Tentakeln unmittelbar aus dem Ringe hervorsprossen. Ich habe zwar Schnitte von solchen Stufen, wo erst das fragliche Tentakelpaar ausser dem brachialen Wassergefässstamm angelegt ist, aber sie sind zu unklar, um einen bestimmten Schluss darauf zu gründen. Seine Lagebeziehung indess in den nächstfolgenden Entwicklungsstufen berechtigt mich, wie ich glaube, seine Abstammung aus dem Wassergefässringe, bezw. dessen Schliessungsbogen, zu verneinen. In Fig. 45 C entspringt es zwar bereits aus dem Bogen, jedoch ist die Entfernung beider Ursprungsstellen geringer, als sie es nach dem Verhalten im fertigen Thiere sein müsste; ebenso ist die Richtung dieser Tentakelgefässe noch eine solche, wie bei den übrigen. Das lässt sich aber am einfachsten so combiniren, dass dieses Tentakelpaar aus denselben Ursachen, wie die übrigen vom Armwassergefäss ausgestülpft wird, und das bereits da, wo der Stamm an den Bogen ansetzt. So dringt der Strom allerdings vom Bogen direct in das erste Tentakelpaar ein. Ich beziehe mich beispielsweise auf den Strom *a h* in Holzschn. IV des vorigen Abschnittes. Dieser Strom bildet mit der von ihm ausgesendeten Abzweigung, welche in den linken der ersten Tentakel (Fig. 45 C) eindringt, einen spitzen Winkel, wird also mit möglichst ungünstigen Bedingungen fast in die entgegengesetzte Richtung umgekehrt. Seine mechanische Wirkung muss das Bestreben sein, den Winkel zu erweitern und dadurch die Communication zu erleichtern. Der Effect

des Bestrebens ist die Abdrängung und Entfernung des Tentakelursprunges von seiner ursprünglichen Stelle am Uebergange des brachialen Wassergefäßstammes in den Bogen. So kommt dieses Tentakelwassergefäß allmählig in die Lage, welche ich ihm im ersten Theile bei der anatomischen Beschreibung gegeben habe, wo es in ziemlichem Abstände vom Abgangspuncte des brachialen Wassergefäßstammes aus dem Wassergefäßringe herabsteigt. — Die nachträgliche Communication zwischen erstem und zweitem Tentakelwassergefäße, vermittelst Durchbohrung der Mundeckstücke, habe ich nicht verfolgt, doch ist sie unschwer aus der Combination der Regenerationsgeschichte und der Anatomie zu construiren. — Die Anlage des ersten (und zweiten) Tentakelpaares erfolgt der Natur der Sache nach schon sehr früh, früher als die Armanlage bei der Drehung von innen nach aussen die äussere horizontale Lage erreicht. Ein Arm, welcher so weit sich gedreht hat, besitzt regelmässig schon einige Tentakelpaare mehr, als die späteren Mundsauger, etwa drei, vier oder fünf. Es erhellt wohl, dass diese Complication für die Theorie der Tentakelentstehung ohne Belang ist.

F. Vollendung der morphologischen Anlage der neuen Körperhälfte.

Die regulatorische Entwicklung der jungen Arme ist bis zu dem Punct hinaufgeführt worden, wo aus ihrer Anlage in den grössten Umrissen, von den Bauchplatten etwa abgesehen, ebensogut der Arm eines Seesternes, wie der einer Ophiure hervorgehen könnte. Es kommt darauf an, zu zeigen, wie die Armanlagen aus der allgemeinen Form in die spezifische übergeführt werden. Ich habe oben die Anlagen der brachialen Wassergefäßstämme so geschildert, als wenn sie bei ihrer Drehung von der ursprünglichen Richtung nach innen in die nach aussen endlich in die horizontale Lage übergingen. Damit habe ich mir eine Ungenauigkeit erlaubt im Interesse vereinfachter Darstellung, eine Ungenauigkeit, deren Unschädlichkeit für die obigen Erörterungen aus der einfachsten Ueberlegung klar wird. Die Tendenz der Ströme ist die, die jungen Armwassergefäße in die horizontale Richtung nach aussen überzuleiten; und sie würden das Ziel erreichen, wenn ihnen nicht eine andere Kraft entgegenwirkte, welche dem Anfangstheile des brachialen Wassergefäßes nicht gestattet, über eine zunächst allerdings schwach nach unten sehende Richtung nach aussen sich zu strecken. Weiterhin wird das fragliche Gefäß wirklich horizontal; aber es gelingt nicht, wie Fig. 15 C zeigt, zugleich den Wassergefäßbogen und die jungen Wassergefäßstämme in denselben, leidlich dünnen Horizontalschnitt zu bekommen. Man hat daher im vorigen Abschnitte für den Beginn des

Wassergefässes an Stelle der horizontalen Ebene eine nach Maassgabe der Gefässbiegung nach unten geneigte Ebene zu setzen und wird dann dieselben Wirkungen, welche von der Ebene unabhängig waren, erhalten. — Die Kraft, welche die Beugung des Armes, die jetzt näher zu schildern ist, erzeugt, ist die Summe aller der Einzelkräfte, —ströme und —stösse, welche den Magen und den Mesenterialraum in die neue Körperhälfte hineintreiben. Der Magen aber wird nicht eher im Gleichgewichte sein, als bis seine regenerirte Hälfte der alten nach Ausdehnung und Form gleich, bezw. symmetrisch geworden ist, d. h. bis er die Gestalt eines ausgebildeten Magens erreicht hat. Dasselbe gilt von der Leibeshöhle. Zur besseren Veranschaulichung der Kraft mag folgende Vorstellung dienen! Man denke sich die Scheibe der Ophiactis, ohne die Arme, als einen plattgedrückten Sack, wie er ihrer Hautoberfläche entspricht. Der Sack soll einen glatten Boden haben. In der Mitte soll sich zwischen Decke und Boden eine starke, cylindrische, verticale Säule ausspannen, welche beide verbindet; die Säule entspricht dem Kauapparate. Dann wird das Cavum des Sackes zu einem hohlen Ringe. In diesem Ringe soll ein horizontaler Strom unausgesetzt circuliren. Jetzt wird das Ganze durch einen Verticalschnitt halbirt, und die Schnittflächen werden durch je eine senkrechte Wand verschlossen. Die Stromkraft soll dabei in jeder Hälfte fortdauern. Sie wird das Bestreben haben, den Ring wieder zu vervollständigen, durch Stösse auf die Querwand. Es gelinge ihr das zunächst (den ersten Vorgängen bei der Regeneration gemäss) durch irgend welche Zufälligkeit in der oberen Hälfte durch Ansatz eines kleineren, mit dem alten communicirenden Halbringes mit dehnbaren Wandungen. Dann ist der weitere Effect des Stromes der, die Wandungen des jungen Halbringes um so viel zu erweitern, bis er dem alten gleichgebildet, resp. symmetrisch ist. — Dieses Beispiel passt nun vor allem deshalb nicht ganz auf die Wirklichkeit, weil die thätigen Kräfte nicht in einen horizontalen, kreisförmigen Strom zusammengefasst werden können. Nichtsdestoweniger muss dieser Strom die Hauptkraft bleiben. Da der Wassergefässbogen bei seiner Herabsenkung in die horizontale Lage mit dem alten Wassergefässringe in dieselbe Ebene zu liegen kommt, und da die jungen Armwassergefässsstämme mit ihrer unbedeutenden Senkung in eine nur wenig tiefere Ebene, die alten aber bei der beträchtlichen Länge ihrer aufsteigenden Theile in einer entsprechend tieferen Ebene liegen, da ausserdem die jungen Armtheile unter den Gefässstämmen in ihrer (verticalen) Dicke schwächer sind, als die alten, so steht die untere (horizontale) Begrenzungsebene der jungen Körperhälfte um eine ziemlich bedeutende Distanz höher als die der alten. Werden die beiden Hälften mit diesem

Abstände ihrer unteren Ebenen aneinandergesetzt, so bleibt in der verticalen Ansatz- oder Berührungsebene rechts und links unten eine Lücke, wo die Seiten der alten Hälfte die der jungen überragen. Diese Lücken werden ausgefüllt und geschlossen durch zwei verticale (oder schräge) Wände, die Reste der ursprünglichen Verschlusswand der Körperhälfte nach der Theilung. Die Leibeshöhle hat in der unteren Hälfte ihre grösste Weite und Ausdehnung, daher die aus den Körper-, Magenbewegungen etc. resultirenden Kräfte hier am wirksamsten sein müssen. Ihre Wirkung wird sein ein Druck auf jene beiden verticalen Wände, und der wird sie in ihren oberen Theilen immer mehr nach aussen zu neigen suchen, damit aber zugleich die untere Begrenzungsebene der jungen Körperhälfte herabdrücken, bis sie mit der der alten zusammenfällt. — Man hat indess kein Recht, die sämtlichen Kräfte (Stösse und Ströme) in der Leibeshöhle allein in dieser horizontalen Richtung wirken zu lassen; sie werden vielmehr, wie die im Magen, den wechselnden Körperbewegungen zufolge, in allen möglichen Richtungen des Raumes thätig sein. Dabei können nur die in Betracht kommen, welche nach der neuen Körperhälfte zu gerichtet sind; und diese sind allerdings bei der Form des halbirten Thieres bei weitem die meisten. Man wird alle diese Kräfte zerlegen können in drei Componenten, jede von einer besonderen Wirkungsfähigkeit. Die erste Componente richtet sich vertical nach oben, die zweite horizontal nach vorn, die dritte ist der ersten entgegengesetzt und sieht vertical nach unten. Die Arbeit, welche die erste Componente leistet, bezieht sich auf den Rückentheil von Scheibenhaut, Magen und Mesenterium. Sie bringt alle drei auf die gleiche Niveauhöhe mit denselben Theilen der alten Körperhälfte. Die zweite, horizontale Componente treibt theils den Magen nach vorn in die neue Körperhälfte und den Mesenterialsack ebenfalls in diese und zugleich in die jungen Arme hinein, theils sucht sie die untere Begrenzungsebene der jungen Körperhälfte in die der alten herabzudrücken; dieser Antheil ist die vorhin bei dem Beispiele mit dem Ringe besprochene Stromkraft. Die dritte Componente sucht den Boden des Magens, die ganze Unterhälfte der Arme und deren Rückenhaut soweit herabzudrücken, bis jedes dieser Organe mit dem gleichnamigen der alten Körperhälfte in derselben Ebene liegt. — Sobald durch diese Kräfte (zusammen mit denen im Wassergefäßsystem und in der Blutbahn) die neue Körperhälfte zum Umfange der alten ungefähr herangebildet ist, sind zugleich die Kräfte sämtlich vernichtet, durch die annähernde Coincidenz nämlich der morphologischen und der histologischen Ausbildung der jungen Körperhälfte, welche dadurch befähigt und gezwungen wird, durch Thätigkeit dieselben Kräfte

zu erzeugen und sie denen der alten Hälfte entgegensetzen. Hier betrachte ich nun den zweiten Antheil der zweiten Componente und die dritte. Da die Wirkung beider nach unten geht, so ist ihr Effect erstens ein Herabdrücken der Armrückenhaut, bezw. Verengerung des brachialen Mesenterialraumes, zweitens aber ein Herabdrücken des ganzen unteren Armcylinders, bezw. Knickung des Anfangstheiles des brachialen Armwassergefässes. (Eine Knickung kommt dadurch zu Stande, dass der Wassergefässring durch die in ihm circulirenden Ströme in der horizontalen Ebene erhalten wird, der Ansatzpunct des brachialen Wassergefässes also festbleibt.) Die Verengerung des Armes zusammen mit der Knickung bringt alle Veränderungen hervor, welche die morphologische Ausbildung der jungen Körperhälfte noch durchzumachen hat, mit Ausnahme allein der seitlichen Polr'schen Blasen und der Madreporenplatte mit Herz und Steincanal.

Die erste Wirkung der Knickung bezieht sich auf das Material an Bildungsgewebe zwischen dem brachialen Wassergefässstamm und seiner Blutbahn, aus welchem ich schon oben (E) den *Musculus radialis superior* abgeleitet hatte. So lange das Armwassergefäss eine annähernd horizontale Lage hat, kann es die Blutbahn nicht direct berühren, obgleich es diese vermöge der vorn ihr aufsitzenden Nervenkappe erst auszieht und herstellt. Der Grund liegt in der Verschiedenheit der Ebenen, welche der Nerven- und der Wassergefässbogen bei ihrer Herabsenkung in die horizontale Lage einnehmen. Während früher der erstere den letzteren überragt, liegt jetzt umgekehrt seine Ebene tiefer als die des letzteren, entsprechend der Lagebeziehung zwischen den alten Gefässringen. Demgemäss liegt der Anfangspunct des brachialen Wassergefässes soviel über dem Anfangspuncte des brachialen Nerven, als die Ebenen der betreffenden Bögen von einander abstehen. Zugleich liegt jener Punct ein Stück nach aussen von diesem, aus oben erörterten Gründen. Wird nun von ersterem Puncte eine horizontale Linie nach aussen geführt (das brachiale Wassergefäss), deren jedesmaliger Endpunct durch eine zweite Linie (den brachialen Nerven) mit dem zweiten Puncte verbunden ist, so bilden beide Linien einen spitzen Winkel, welcher sich vergrössert, wenn die Wassergefässlinie sich mit der Spitze etwas neigt. In diesen offenen Winkel, resp. Keil, dringt von beiden Seiten her junges Bildungsgewebe ein, natürlich an der Oeffnung des Winkels am adoralen Ende am massigsten, nach aussen sich allmähig verdünnend (Fig. 19 A). Der erste Abschnitt dieses Keiles von Bildungsgewebe wurde zum *Musc. rad. superior*, der zweite (unter dem zweiten Tentakelpaare) zum *inferior*. Die Kette dieser Muskeln würde bis zur Armspitze weitergeführt werden, wenn nicht durch die Knickung das

Wassergefäss sich hinter dem zweiten Muskel mit der Blutbahn berührte und dadurch das noch indifferente Muskelmaterial aus dem Keil wieder verdrängte. So wird also die Ausbildung dieser Muskelreihe über den zweiten hinaus verhindert; doch habe ich schon im ersten Theile (p. 442) dargethan, dass auch noch Andeutungen eines dritten vorkommen.

Die andere Wirkung der horizontalen und senkrecht nach unten gerichteten Kräfte war die Herabdrückung der Armrückenbaut gegen den inneren, unteren Armcylinder. Man kann sich leicht vorstellen, dass die Tentakeln, wenn sie bei ihrer Ausstülpung das vorliegende Bildungsgewebe verdrängen, dieses auch zu je einer Erhöhung vertical über sich hinaufschieben. Die Herabdrückung des Armrückens muss den (im Längsschnitt) keilförmigen Mesenterialraum immer mehr verschmälern, so dass des Keils Winkel immer spitzer wird (vergl. die Breite des Keils in Fig. 44 mit seiner Schmalheit in Fig. 49¹⁾). Wird der Keil schmal oder flach genug, so berührt die Rückenbaut die Buckeln des unteren Armcylinders, und zwar offenbar zuerst an der Armspitze und von da immer weiter nach der Scheibe zu, der Keilform gemäss. Diese Berührungspunkte, welche sogleich zu einer Verschmelzung führen, sind die nachherigen vorderen, oberen Verbindungen oder Gelenke der Wirbel mit der Rückenbaut (Th. I, Cap. I. 4, Cap. II. 4⁹⁾). Die Weite des brachialen Mesenterialraumes correspondirt keineswegs mit der morphologischen Ausbildung; sie kann bei jüngeren Armen bedeutender sein als bei grösseren (z. B. Fig. 49 A gegen Fig. 44; noch früher ist die Verbindung entstanden in Fig. 45 C); die Berührung wird um so mehr verzögert, je grösser das ganze Individuum ist, da hier alle Zwischenräume bedeutender, die jungen Armanlagen aber nicht entsprechend massiger sind; sie wird andererseits sehr beeinflusst von der Magenerweiterung, welche bei der sehr wechselnden Magenthätigkeit den meisten Schwankungen unterliegt. — Die Verbindungen des unteren Armcylinders mit der Rückenbaut bedingen bei dem weiteren Wachstume die morphologische Vollendung der Wirbel. Während der Arm sich verlängert, wird er zugleich an jeder schon bestehenden Stelle dicker, die sämtlichen Querschnittsdimensionen also grösser. So wächst auch der brachiale Mesenterialraum, obgleich er in Beziehung auf den ganzen Arm durch Herabdrückung der Rückenbaut abnimmt, doch an jedem einzelnen Querschnittpunkte. Dadurch werden die Verbindungspunkte zwischen der oberen, mesenterialen Fläche des unteren Armcylinders (je über einem Tentakel) und der Rückenbaut mit der letzteren in die Höhe gezogen.

1) Die Herabdrückung bringt nebenbei eine Knickung der Rückenbaut am Uebergange des Scheibentheiles in den Armtheil zu Stande, und diese eine wulstförmige Verdickung an derselben Stelle (Fig. 49 A).

Der dabei wirkende Zug findet einen recht augenfalligen, sichtbaren Ausdruck. Das Bildungsgewebe verkalkt bereits. Die kleinen Kalkstäbe in der Contactstelle werden durch den Zug so ausgerichtet, dass sie ungefähr den Zugkräften folgen. Sie bilden ein nach oben ausstrahlendes Bündel, wachsen der Zugkraft gemäss und überragen so an Länge und Dicke die übrigen Kalkbälkchen. Im Schnitte des entkalkten Armes kommen an ihrer Stelle stabförmige Lücken zum Vorschein (Fig. 43 und 45 C. b), welche ich mir anfangs nicht zu erklären wusste, bis ich bemerkte, dass die Rückenhaul des Armes, zu dem Fig. 43 gehört, sich erst ganz kürzlich mit dem Cylinder verbunden haben konnte (die Verbindung fehlte an den nächsten adoralen Gliedern), daher die Zugkraft hier eben frisch thätig sein musste. — Bei dem Zuge und den daraus folgenden Veränderungen kommt noch ein anderes Verhältniss ins Spiel. Die Zugkraft, welche den Arm verlängert, habe ich in das Wassergefäss verlegt; dessen Spitze trieb zunächst die nervöse Haube, darüber die des Cylinders aus Bildungsgewebe, endlich die der Rückenhaul vor sich her. Die dadurch gesetzte Ausziehung des Nervenbandes verlangt nach dessen Volum die mindeste Kraft, wird daher von mir vernachlässigt; bedeutend mehr verlangt die des Hülscylinders, ist aber bei dessen rings gleichförmigen Dicke für die hier beabsichtigte Erörterung ohne Belang; die Kraft, welche gefordert wird, um die Rückenhaul mit auszuziehen, ist einerseits, bei deren Ausdehnung bis zu den Seiten hinunter, bedeutend, andererseits muss sie die Richtung des brachialen Wassergefässstammes beeinflussen. Da der Widerstand, welcher in der Verlängerung der Rückenhaul liegt, nur einseitig wirkt, nämlich oben, da also z. B. in Fig. 49 A die gerade Linie *ii* der Verlängerung widerstrebt, so muss das sich fortwährend verlängernde Wassergefäss sich biegen, und zwar in einem nach unten convexen Bogen. Daher verläuft die untere Seite der jungen Arme niemals horizontal, wie ich's im vorigen Abschnitt annahm, sondern beschreibt denselben Bogen wie das Wassergefäss (Fig. 44, 49 A). Die Biegung enthält nun ein Moment, um welches es mir hier zu thun war, nämlich ein anfängliches Zurückbleiben im Wachstum der Armrückenhaul gegen das des Armcylinders¹⁾. Auf diese Art wird jeder Punct der Rückenhaul, welcher in

1) Die Grenze des Zurückbleibens, also der Anfang des gleichen Wachstums, liegt in den Folgen der Unregelmässigkeit selbst; wie denn jede Bewegung und jede Kraft, welche bei der Regeneration vorkommt, durch ihre Dauer selbst ihren Widerstand vermehrt, wie z. B. der Stoss an der Spitze des jungen Armwassergefässes selbst die Ursache wird zur Unterbrechung der Verlängerung durch erhöhte Compression des Bildungsgewebes. Nach demselben Gesetze liegt die fragliche Grenzbestimmung in der durch die Differenz zuerst mit bedingten, immer festeren Verbindung zwischen Rückenhaul und Armcylinder.

einem Augenblicke senkrecht über einem Punkte des Armcylinders lag, im nächsten seine Beziehung zu diesem dahin geändert haben, dass das Loth durch den Rückenhautspunct näher nach dem Munde zu liegt, als das durch den Punct des Armcylinders. Wenn also vorhin durch die absolute Erweiterung des Mesenterialraumes die Verbindungen zwischen Rückenhaut und Cylinder, welche durch relative Verengerung entstanden, zu kurzen Säulen senkrecht in die Höhe gezogen wurden, so liegt durch das ungleiche Wachsthum von Rückenhaut und Cylinder das obere Ende der Säulen (je eine über jedem Tentakel) weiter nach dem Munde zu, als das untere, der durch ein Säulenpaar entstehende Wirbel ist demgemäss mit seinem unteren Ansätze an der Bauchplatte der Armspitze immer mehr genähert als mit seinen oberen Verbindungen mit der Rückenhaut. Durch diese Veränderungen kommt die schliessliche Wirbelform im Détail zu Stande. Man denke sich den Armcylinder getheilt durch ideelle, verticale Scheidewände, je eine zwischen zwei benachbarten Tentakelpaaren, so ist jedes Theilstück dasselbe, was ich eben eine, resp. ein Paar Säulen nannte. Es verbindet sich unten zu beiden Seiten des Nervenbandes mit der Bauchplatte vor und hinter jedem Tentakel, ebenso hat es oben zwei Verbindungspuncte mit der Rückenhaut. Dieses Stück Bildungsgewebe wird oben emporgehoben und verlängert. Dieser Zug hebt zugleich den Anfangstheil des Tentakels (der Wassergefässstamm ist fest) in die Höhe; das geschieht nicht anders, als durch eine Krümmung dieses Tentakels (bezw. seines nachherigen Wassergefässes) in einem nach oben convexen Bogen, dem ersten Anfange der Schleife des Tentakelwassergefässes (Th. I, Cap. V, A 1). Sind die Schleifen genug emporgehoben, so vereinigen sich ihre Abgangspuncte aus dem Wassergefässstamme zu einer einzigen Gefässwurzel über diesem. Gleichzeitig wird der obere Theil des Wirbels nach dem Munde zu verschoben, bezw. zurückgehalten. Dieser Theil steht daher nicht mehr senkrecht über dem Tentakelaustritt, sondern das Loth trifft den Wassergefässstamm vor diesem nach dem Munde zu. Da dabei der senkrechte Zug nach oben fort dauert, so bewirkt er die Loslösung der Bildungsgewebssäule von der Bauchplatte an dieser Stelle. Die adorale Verrückung aber der oberen Säulenhälfte verschiebt zugleich den weiter und weiter emporgehobenen obersten Punct der Tentakelgefässschleife nach dem Munde zu, zieht die Schleife entsprechend aus und verbiegt sie. So haben wir endlich die vollendete Wirbelform erhalten; der Wirbel hat zwei obere Verbindungen mit der Rücken- und vier untere mit der Bauchhaut, jederseits eine vor und eine hinter dem Tentakel. Die Canalisirung oder Durchbohrung des Wirbelkörpers zur Aufnahme der Tentakelgefässschleifen ist die in der Anatomie beschriebene.

Es lag in der Entstehung der Tentakeln durch ausstülpende Ströme, dass die vorderen, adoralen die längsten sind, die nachfolgenden continuirlich an Länge abnehmen. (Dasselbe muss von allen Armtheilen gesagt werden.) Das erste Tentakelpaar, das der oberen Mundsauger, hat bei seinem seitlichen Vordringen den geringsten Widerstand zu überwinden, es bricht zuerst durch. Erst nach relativ beträchtlicher Zeit gelangt das zweite Paar zum Durchbruch und streckt seine Spitze ins Seewasser; nach der Armspitze fortschreitend folgen die andern. Da die wirksamen Kräfte bei der Arm bildung die Ströme und Stösse in den Wassergefässen waren, so wird die morphologische Vollendung des Armes im Wesentlichen erreicht sein, wenn alle Tentakeln bis zur Spitze, auch der unpaare oder die Wassergefässspitze, durchgebrochen sind. Die Spitze wird mit den Nachbartentakeln zugleich durchbrechen; denn sie wird in demselben Augenblick aufhören, durch Erhöhung des Seitendruckes neue Tentakelpaare auszustülpfen, wo der Widerstand, welcher in ihr dem Hauptstrome entgegensteht, derselbe ist, wie der, welcher die Seitenströme im letzten Paare hemmt. Dann wird sich die Stromkraft in die Spitze und die nächstliegenden Paare (von denen dasselbe gilt, wie vom letzten) gleichmässig vertheilen, also auch zu gleicher Zeit die Widerstände überwinden und zu gleicher Zeit den Durchbruch der Spitze und der Nachbartentakeln bewirken. Nachdem alle Tentakelpaare ins Freie gelangt sind, vertheilt sich die Stromkraft in der Weise, dass sie die continuirliche Abnahme der Tentakellängen nach der Armspitze aufhebt, vielmehr alle Tentakeln zu gleichem Umfange hervortreibt, ja die Spitze und ihre Umgebung dabei vielleicht sogar noch etwas begünstigt¹⁾.

In gleicher Zeit wird auch am adoralen Armende und der jungen Scheibenhälfte die morphologische Ausbildung ihrem Abschlusse entgegengeführt, durch Ausweitung der letzteren und Aufrichtung der Zahnträger. Die Kräfte, welche die Ausweitung der Scheibe hervorrufen, sind oben genugsam erörtert worden. Man hat nur wenig aus den Armanlagen abzuleiten, um der Scheibe ihre definitive Form zu geben. Der Zusammenhang der Rücken haut mit den Seiten des Armcylinders wird sie daran möglichst festzuhalten suchen, daher die interradialen Ausbauchungen. Durch diese wird weiterhin Raum geschaffen für die Expansion der beiden medialen Polr'schen Blasen, welche vor-

1) Der Grund dafür liegt in der Histologie. Sobald die ersten Tentakeln frei geworden sind, erhalten sie ihre Musculatur (G 7) und setzen dadurch ihrer Verlängerung einen von ihnen selbst erzeugten Widerstand entgegen. Sie treiben daher den Strom immer mehr und mehr nach der Spitze zu, deren Tentakeln er zu gute kommt.

hin durch das Bestreben der jungen Arme, nach aussen in die horizontale Lage sich auszurichten, unterdrückt und in ihrer Fortbildung gehemmt waren. Falls von dem lateralen Blasenpaare noch eine oder beide fehlen sollten, werden sie durch das allmählig hergestellte Gleichgewicht der im Wassergefässsystem circulirenden Ströme hervorgestülpt; ich sprach schon die Vermuthung aus, dass die Ansatzstelle des Wassergefässschliessungsbogens am alten Gefässring dem Seitendrucke des Stromes auf die Wandung die beste Gelegenheit dazu geben möchte. Die Entstehung der Geschlechtsorgane, welche durch ihre Schwankungen im fertigen Thiere bereits ihre weniger typische Anlage bekunden, habe ich nicht verfolgt, ebensowenig den wahrscheinlich von jenen abhängigen Durchbruch der Genitalspalten, auch die Entstehung der Wassergefässe der Leibeshöhle nicht.

Durch die Knickung der jungen Arme, zumal ihrer Wassergefässstämme, werden die Zahnträger nach innen aufgerichtet und den alten symmetrisch gegenübergestellt. Durch die vorherige Streckung der Wassergefässe horizontal nach aussen waren sie beeinträchtigt und mit nach unten und aussen gezogen und gedreht, von den gleichnamigen alten Organen also entfernt. Ein Horizontalschnitt durch den Nervenhogen, welcher beim erwachsenen Thiere auf den Zahnträgern in einer in sie eingegrabenen Rinne ruht, fasste die Zahnträgeranlagen bei entsprechenden Stadien nicht mehr mit (Fig. 15 C). Die Knickung der Arme holt sie wieder herein und richtet sie auf. Dieselbe Ursache bringt auch die beiden Mundtentakelpaare in die richtige Lage. Das obere richtet sich auf nach innen und oben, das zweite dreht sich aus der Richtung nach unten und aussen in die nach unten und innen. — Da das Armwassergefäss vorher annähernd horizontal gestreckt war, so muss das Material des Cylinders von Bildungsgewebe, welches über ihm liegt, in jedem Abschnitt über je einem Tentakelpaare einander so gleichwerthig oder homolog sein, als diese selbst. Daraus folgt die Homologie (Homodynamie) zwischen den Mundeckstücken und den übrigen Wirbeln. Von aller Abgliederung, resp. Gelenkflächenbildung, welche erst nachträglich aus anderen Ursachen entsteht, abgesehen, hat man die aboralen Hälften zweier conjugirten Mundeckstücke zu nehmen (nicht die ganzen, da die adoralen Hälften der Zahnträger einen andern Ursprung haben, von jener Bildungsgewebefalte her), sie als gemeinsames, einheitliches Stück zu behandeln und durch einen Horizontalschnitt zu theilen. Dann entspricht jedes Theilstück einem nachherigen Wirbel.

Sind die Vorgänge so weit gediehen, so ist die morphologische Ausbildung der neuen Körperhälfte so gut wie vollendet. Kräfte und Stoff

dazu sind von der alten geliefert worden, anfangs eine grosse Kraftsumme, welche nachher von Stufe zu Stufe gemindert wurde, bis sie zuletzt mit der völligen Ausbildung der jungen Hälfte erschöpft und vernichtet war. Die Verminderung wurde bewirkt durch die der morphologischen entgegengesetzte histologische (physiologische) Ausbildung, welche im nächsten Abschnitt besprochen werden soll. Jeder Schritt vorwärts in der histologischen Differenzirung entwickelt in der jungen Körperhälfte selbständige Kräfte, welche den aus der alten zugeführten entgegengesetzt sind, deren Summe also diese um ihren eigenen Werth vermindert. Die Production der Kräfte (Ströme, Stösse etc.) in der jungen Körperhälfte durch die histologische Ausbildung liegt darin, dass jede Zunahme derselben die junge Körperhälfte um einen entsprechenden Schritt in das wirkliche, physiologische Leben hineinführt (ein Muskel kann nicht entstehen oder existiren, ohne thätig zu sein und dergl. m.). Andererseits wird durch jede histologische Veränderung das indifferente Bildungsmaterial so umgeändert, dass es der morphologischen Umbildung selbständige Kräfte und Widerstände entgegengesetzt (wie denn ein Stoss auf einen Muskel oder Nerven ganz anders wirken muss, als einer auf ein indifferentes Plasma- oder Zellpolster) und sie dadurch hemmt. Auch die Summe dieser Widerstände muss von der Kraftsumme, welche aus der alten Körperhälfte stammt, abgezogen werden, um deren reelle Wirkungsfähigkeit zu erhalten. Man wird daher die Kräftesumme, welche von der alten Körperhälfte geliefert wird und in deren Lebensthätigkeiten ihren Grund hat, und welche die Ursache wird zur morphologischen Ausbildung der jungen Körperhälfte, definiren können als die Summe der Ueberschüsse der Kräftesummen, welche die alte Körperhälfte durch Nahrungsaufnahme, Respiration etc. fortwährend erzeugt und der neuen zuzuführen gezwungen ist, über die Kräftesummen, welche die junge Körperhälfte durch allmälige Zunahme der histologischen Differenzirung und der daraus folgenden physiologischen Functionen hervorbringt. Darin, dass die histologische Differenzirung im allgemeinen (nicht im einzelnen) mit der morphologischen Formung gleichen Schritt hält, liegt der Grund, dass sie auch ungefähr vollendet sein wird, wenn die junge Körperhälfte morphologisch entwickelt und dabei zum Umfange der alten hinaufgeführt ist. Das bedingt aber weiter, dass die Kräftesumme, welche die junge Hälfte nun erzeugt, gerade so gross ist, als die der alten, daher kein Ueberschuss mehr da ist. Beide Kräftesummen halten sich jetzt das Gleichgewicht, sie leisten nichts mehr zur weiteren morphologischen Plastik, wohl aber zum Wachsthume des gesammten Individuums, was uns hier nichts angeht.

Bevor ich zur Histogenese übergehe, gestatte man mir, auf die früheren Erörterungen nochmals zurückgreifend, einen Ausnahmefall zu erläutern, welcher für die Richtigkeit der oben betrachteten Kraft-(Strom- oder Stoss-) Veränderungen im Laufe der Regeneration bestätigend eintritt. In Fig. 15 entspringen die beiden rechten jungen Arme (der mediane und der rechte seitliche) mit gemeinsamer Wurzel aus dem Wassergefässbogen; nichtsdestoweniger sind die zugehörigen inneren Zahnträgerhälften, deren Entstehungsursache ich oben auf die Arme zurückgeführt habe, regelmässig auf die ihnen später gebührenden Plätze, also unabhängig von der Armverschiebung, vertheilt. Es müsste die oben behauptete Abhängigkeit beider Anlagen durch diese anscheinende Unabhängigkeit vernichtet werden, wenn nicht die allmähliche Veränderung der Kräfte, welche den Arm bildeten, während er die innere Falte in Querglieder theilte, in ganz andere, die seine Bildung fortführen, die Abnormität vollkommen erklärte. Die Arme in Fig. 15 haben etwa den höchsten Grad ihrer horizontalen Streckung nach aussen erreicht. Sie gliederten aber die innere Bildungsgewebfalte in die inneren Hälften der Zahnträger bei ihrem Uebergange aus der ursprünglichen, horizontalen Richtung nach innen in die perpendiculäre nach unten. Man darf also sehr wohl annehmen, dass die vereinigten Arme in Fig. 15 ursprünglich, bei ihrer Entstehung, getrennt waren, und zwar so lange, bis sie durch jene Drehung die Zahnträger hervorgebracht hatten, wenn man nur in ihrer weiteren Drehung selbst den Anstoss zu finden im Stande ist, welcher ihre Anfangspuncte aus der anfänglichen Lage einander zutrieb. Und das kann man in der That. So lange die Arme innere waren (bis zur Durchschreitung der perpendiculären Richtung), waren sie selbst nur die Resultante zweier entgegengesetzter Stromrichtungen (vergl. die Holzschnitte sub D), nämlich des Stromes aus dem alten Wassergefässringe und dessen aus einer jungen Poir'schen Blase, oder der beiden Ströme aus beiden Blasen. Sobald der Arm (bezw. sein Wassergefässstamm) die lothrechte Richtung überschritt, verfiel er allein (oder fast allein) der Wirkung des Stromes aus dem alten Gefässringe, welche vorher die Knickung des Bogens und die Ausstülpung der Poir'schen Blasen erzeugte. Je mehr diese Wirkung den Arm in die äussere horizontale Lage aufrichtet, um so mehr verstärkt sie sich. Nun aber tritt dasselbe ein, was die Ursache wurde zur Ausstülpung der ersten Poir'schen Blasen. In Holzschn. I suchten die Stösse aus dem Ringe den Bogen je in ihre Richtung hineinzuziehen, dadurch knickten und spannten sie ihn. In Holzschn. II war nach der Knickung ein Theil des Stosses (z. B. *ae*) bestrebt, seinen Knickungs- oder Ablenkungspunct (*e*) in seiner eigenen Richtung vor sich her zu

schieben (beide Ströme hatten die gemeinsame Tendenz, die Strecke *ef* vor sich herzuschieben und dadurch zu verkleinern); diese Stromcomponente führte zur Ausstülpung der POLI'schen Blase. In ganz ähnlicher Weise wird der Strom, wenn er in den nach aussen umgewandten, jungen, seitlichen Arm eindringt, nicht nur bestrebt sein, ihn zu verlängern, sondern auch seinen Anfangspunct am Gefässbogen in seiner (der Strom-) Richtung weiterzuschieben. Für gewöhnlich wird diese Wirkung verhindert durch mir unbekannte Ursachen, welche ich nicht weiter untersuchen mag; aber die Zufälligkeiten bei der Körpertheilung gestatten sehr wohl die Hypothese, dass die letzte Stromcomponente einmal zur Wirkung gelangen könne. Sie muss, wenn sie eintritt, den Ursprung des seitlichen Armes am Gefässbogen vorrücken lassen bis zur Vereinigung mit dem mittleren, wie in Fig. 45 (natürlich mit Unterdrückung der zwischenliegenden POLI'schen Blase, welche in dem seitlichen Arm, wie man leicht einsieht, mit aufgenommen werden musste); und die Verschiebung kann erst eintreten, nachdem die Drehung des Armes von innen nach aussen bereits die Ursache geworden zur Anlage des Zahnträgers. Die weiteren Unregelmässigkeiten in Fig. 45 am Vereinigungspuncte beider Arme, Abwesenheit des dem Nachbararme zugekehrten ersten Tentakels u. a. m., erklären sich selbst.

G. Histogenetisches.

4. Epithelien. Sämmtliche fortlaufende Körperhöhlen, auch die, an welchen es beim ausgebildeten Thiere nicht mehr nachweisbar war, haben in den früheren Stufen der Regeneration ihr wohlentwickeltes Epithel, nämlich Magen, Leibeshöhle, Wassergefässe und Blutbahnen. Dagegen kommt ein eigentliches Hautepithel nicht zur Entwicklung. Der ganze brachiale Cylinder von Bildungsgewebe um Wassergefässe und Nerven, zusammt der Rückenhaut, besteht aus einem continuirlichen Stroma, wie ich es seiner Zeit aus der Gerinnung des ausgetretenen Wassergefässinhaltes hergeleitet habe. Die Kerne in ihm, oder die undeutlich abgegliederten Zellen nehmen nur an wenigen Stellen der Oberfläche einen regelmässigen Habitus an, welcher ein einschichtiges, cubisches Epithel vorspiegelt, zumal an der inneren Mundauskleidung (Fig. 45). Man hat indess sicher kein Recht, von einer eigentlichen Epidermis zu sprechen. — Beim Magenepithel bin ich nicht völlig klar über seine Abstammung. Entweder geht es hervor aus einer Vermehrung der Epithelzellen der alten Magenhälfte am Schnittrande, oder, was mir wahrscheinlicher ist, aus indifferentem Bildungsgewebe. Sei dem, wie ihm wolle, das junge Magenepithel bildet in den ersten Stadien (z. B. Fig. 44 *F. Vn* +) eine Membran mehrschichtig untereinander

gewürfelter Zellen, welche denen des Bildungsgewebes gleichen. Bei der fortschreitenden Magenerweiterung wird dieses sich mehrende Material geordnet, bis es schliesslich ein annähernd einschichtiges Epithel darstellt aus ungefähr cubischen Zellen (Fig. 49 A. B. Vn +). Durch gegenseitige Raumbeugung und Anpassung bei weiterem Wachstume werden die Zellen verlängert zur cylindrischen Gestalt der gleichnamigen in der alten Hälfte. — Das junge Wassergefässsystem ist durchweg von einem schönen, einschichtigen, cubischen Epithel ausgekleidet (Fig. 44 Vs. P +, 49 V. an. +, V. br.), welches durch Verlängerung oder Ausweitung der Räume zum flachen Plattenepithel ausgezogen wird. — Aehnlich ist es mit den Blutbahnen. Im Schliessungsbogen bin ich am wenigsten über den Zellenbeleg zur Klarheit gekommen. Im brachialen Stamme dagegen fand ich ein cubisches, ja cylindrisches, einschichtiges Epithel (Fig. 49 A. B. Sg. br). Es wird nachher so verflacht, dass es im fertigen Thiere kaum wiederzuerkennen. — Die Leibeshöhle hat ebenso an ihrer oberen Decke ein anfangs grossentheils cylindrisches (dieselbe Figur), nachher plattgedrücktes Epithel (Fig. 44). An den Seiten und am Boden der Arme, so wie in der Scheibe wird es bald sehr alterirt und unkenntlich.

2. Untergeordnete gewebliche Veränderungen im indifferenten Bildungsgewebe. Ich verstehe darunter alle histogenetischen Veränderungen mit Ausnahme der Bildung der Muskeln und des fibrillären Bindegewebes. Das indifferente Bildungsgewebe, das Umwandlungsproduct des geronnenen Wassergefässinhalts, bildet das mannigfach verzweigte Gerüst, in dessen Hohlräumen alle übrigen Organe liegen. Das ganze Gerüst ist eine durch und durch continuirliche, gleichförmige Masse; und in seiner morphologischen Anlage ist nicht der geringste Anhalt gegeben zu einer Unterscheidung etwa zwischen Haut, innerem Skelet, resp. Wirbeln, oder sonstigen Theilen. Der starke Kalkgehalt der Parenchymflüssigkeit, welcher allen Echinodermen gemeinsam ist, bringt als Niederschlag das Skelet hervor, die bekannten, anfangs zarten, bald sich gabelnden und verschmelzenden Bälkchen. Sie würden gleichmässig das ganze durchziehen, wenn nicht andere Kräfte, namentlich Muskelwirkung, Einknickungen und Gelenke hervorriefen (auch die verstärkte Kalkbildung an diesen soll bei Gelegenheit der Gelenkbildung besprochen werden; s. u.). Die Entstehungsgeschichte des nachherigen Skeletgewebes erklärt mancherlei Unregelmässigkeiten in ihm. Reste der Umbildungsstadien aus den Gerinnungsmassen erscheinen als Schleimklumpen; Inseln fast unveränderter Blutkörperchen erhalten sich besonders gegen die Armbasis hin. Vielleicht durch Lichteinwirkung werden Pigmente erzeugt, welche anfangs

durch sehr zerstreute, gelb- oder schwarzbraune Kügelchen repräsentirt werden und sich allmählig häufen. Die Ursache der specifischen Zeichnung der Arme und der Scheibe habe ich nicht erkannt.

3. Homogene Häute. Ueber die Entstehung der homogenen Gefäßmembranen und der äusseren Cuticula ist kaum ein Wort zu verlieren. Excretion, resp. Auspressung von Parenchymflüssigkeit, deren Gerinnung und Verschmelzung bildet sie. Man kann auch die andere öfters discutirte Möglichkeit annehmen, dass der Basal-, bezw. Aussenrand der Zellen selbst erhärtet und die erhärteten Partien verschmelzen. Die letztere Alternative scheint mir weniger für sich zu haben, da meistens keine gesonderten Zellenleiber vorliegen, an welche der Vorgang anknüpfen könnte.

4. Fibrilläres Bindegewebe. Ich verweise auf die in Cap. II des ersten Theiles geschilderte Gier dieser Gewebsform, Carmin zu inhibiren. Dem entsprechend sieht man an den Stellen, wo nachher solches Gewebe auftritt, zuerst bloß eine stärkere Röthung des indifferenten Bildungsgewebes, dann die Gewebsfasern, erst zart, ausserordentlich fein und undeutlich, später kräftiger, derber, rissiger. Noch deutlicher so: da wo bereits zarte Bindegewebsfasern in feinem Gewirre als Knäuel sichtbar sind, ist des Knäuels Rand verwaschen und verliert sich allmählig durch schwächer werdende Färbung in die Umgebung. (Die Kerne des Bildungsgewebes in der comprimierten Masse werden zu Bindegewebskörperchen.) Diese Bildung lässt sich wohl unschwer folgendermassen erklären: Mechanische Zusammendrückung presst aus dem Bildungsgewebe Parenchymflüssigkeit heraus, wie das Wasser aus dem Schwamm. Das dadurch verdichtete Plasma documentirt sich als solches durch erhöhte, lebhaftere Färbung. Da auf das immer stärker gequetschte Gewebe keine weiteren Kräfte einwirken, so verliert es mehr und mehr seine in der Durchtränkung begründete Lebensenergie und zerfällt in die physiologisch stumpfste Gewebsform, das fibrilläre Bindegewebe. Die Correctheit dieser Erklärung ergibt sich, glaube ich, aus jedem einzelnen Falle, den man genauer prüft. Die Knickung und Zergliederung des ganzen Armes in seinen Gelenken, welche darauf beruht, ver spare ich mir. Ich mache nur darauf aufmerksam, dass bei dem Herausquetschen der kalkhaltigen Parenchymflüssigkeit die Umgebung reicher daran werden muss; daher die Menge und Massigkeit des niedergeschlagenen Kalkes in den Gelenkflächen neben dem fibrillären Bindegewebe. An jeder Stelle ferner, welche durch Druck zum Schwunde gebracht wird, wird vorher das indifferente Bildungsgewebe in fibrilläres Bindegewebe übergeführt; z. B. bestehen die Scheidewände, welche die unteren Hälften der Ganglien trennen (Fig. 19 A. B. Ds), und welche

nachher bei der Streckung und Verflachung der Ganglienketten sehr reducirt werden, ursprünglich lediglich aus fibrillärem Bindegewebe oder doch aus stärker geröthetem Bildungsgewebe¹⁾. Ebenso verhalten sich die Stellen, welche anfangs in der Falte am Munde, die nachher zu den Zahnträgern sich gliedert, die letzteren verbinden; hier ist es besonders deutlich, wie durch das Hereinwachsen der Armanlagen und den Gegen- druck der alten Zähne die Quetschung entsteht. Jede Stelle, wo nachher ein Tentakel durchbricht, ist vorher stärker carminisirt oder schon fibrillär zerfallen und degenerirt. Das gilt nicht nur von den seitlichen Tentakeln, sondern gerad' so vom endständigen²⁾.

5. Nerven. Ueber die Kräfte, welche die histologische Differen- zierung des Nervenbandes hervorrufen, kann ich am wenigsten sicheres aussagen, der ganzen Verslossenheit dieser Gewebsform gemäss. Beim Nervenschliessungsbogen deutete ich schon an, dass es eine Spannung in den Nervenströmen des alten, offenen Ringes sein möge, welche, durch die Theilung hervorgebracht, wie an den Polen einer offenen gal- vanischen Kette, auf dem möglichst kurzen Wege sich vereinigen und auszugleichen sucht. Eine ähnliche Ursache würde die gewebliche Aus- bildung in den brachialen Stämmen setzen. — Man könnte vielleicht, um sich's anderweitig klar zu machen, an den Willen, oder an die un- willkürliche reflectorische Tendenz der alten Körperhälfte denken, der fortwährend wachsenden, an und für sich für das Leben unbrauchbaren und todt-jungen Hälfte als eines heterogenen Appendix Herr zu wer- den und sie für den Kreis der eigenen Lebensthätigkeiten zu gewinnen. Diese Tendenz müsste vor allem an das Nervensystem anknüpfen, nicht nur nach seiner beherrschenden Stellung selbst, sondern auch wegen der Continuität aller seiner Theile, welche eine derartige Bestrebung unterstützt. Jedenfalls ist es auffällig, dass das Nervenband, sowie es

1) Vergl. den Nachtrag zu Th I, p. 540.

2) So lange neues Bildungsgewebe (durch Zellvermehrung) erzeugt wird, wird der Druck vor der bohrenden Wassergefässspitze immer wieder ausgeglichen werden; hört die Vermehrung auf, so wird er zur Umwandlung in fibrilläres Bindegewebe führen. Dieses kann nicht weiter vorgeschoben, sondern nur, wie es endlich auch geschieht, durchbrochen werden. Stände der Armspitze ein äusserer Widerstand, von einem fremden Körper ausgehend, während der Regeneration entgegen, so müsste die Haube schon da comprimirt und in fibrilläres Bindegewebe verwandelt werden. Wäre dieses massig genug, um das Vordringen des brachialen Wasserge- fässstammes zu hindern (ohne durchbrochen zu werden), und erlaubten dabei die Bedingungen im Organismus ein Fortbestehen und eine Ablenkung in der Formbil- dung (widrigenfalls er zu Grunde gehen müsste), so könnte vielleicht jeder Ten- takel des nächsten Paares die Rolle einer Gefässstammspitze übernehmen. Ich er- wähne diesen Fall deshalb, weil er möglicherweise in der Wirklichkeit vorkommt bei der Gabelung von Seesternarmen, welche LÜTKEN beschrieben hat (V).

entsteht, sogleich in die gewebliche Grundlage der alten Nerven sich zerlegt, während die übrigen Anlagen noch kaum Spuren eines solchen Ueberganges zeigen. Die Nervenkappe, welche aus dem umgebenden Bildungsgebe, in das sie seitlich und oben übergeht, fortwährend neues Material hineinzieht, formt dieses so um (Fig. 14), dass es augenblicklich den eigenartigen, matten Glanz des Nervengewebes bekommt. Dabei wird das Protoplasma, wie es scheint, dichter, die Kerne gedrängter. An der Stelle der nachherigen Fasermasse werden die Kerne immer blasser und blasser, so, dass der blasse Complex in den dunkleren Rand des Bandes allmähig sich verliert. Die Kerne schwinden immer mehr, und eine innere Fasermasse hat sich einem äusseren Zellenbeleg contraponirt. Die drei Commissuren werden früh sichtbar, schon während der geweblichen Umwandlung (Fig. 15 A $n_2 +$ und $n_3 +$).

6. Skelettmuskeln. Ihre Bildung schliesst sich, im Gegensatz zu den Tentakelmuskeln, den über dieses Gewebe bekannten histogenetischen Vorgängen an. Man sieht Zellen und Kerne sich strecken, die Kerne werden nach aussen gestreckt oder degeneriren. Es können sich mehrere Zellen an einanderlegen und gemeinsam durch Verschmelzung einen Strang bilden, wie mir's bei den Zwischenwirbelmuskeln vorzuherrschen schien; sie können einzeln ausgezogen werden, was ich mehr beim Lippenmuskel zu beobachten glaubte. Der verschiedenen Anzahl der gedehnten Zellen entspricht die im einzelnen Muskel wechselnde Stärke der schliesslichen Fasern.

7. Tentakeln. Junge Tentakeln bestehen, wie ich's oben schilderte, aus einem einschichtigen äusseren und einem ebensolchen inneren Epithel; beide sind durch eine feine, protoplasmatische, homogene Haut getrennt (Fig. 15 A und B). Bei der Verlängerung der Tentakeln, wobei die Epithelien wachsen, drängt sich das äussere von den Seitenwänden des Cylinders gegen die Tentakelspitze zusammen, daher es hier am dicksten, mit allmähiger Dickenabnahme gegen die Tentakelwurzel; und je stärker die Zusammendrängung, um so mehr presst sie die Zellen seitlich zusammen zu Cylinderzellen. Das innere Epithel wird an der a priori verlangten Theilnahme an der Umwandlung des äusseren (nach den gleichen Wachstumsbedingungen) verhindert durch den Druck des Tentakelinhaltes, welcher die Zellen abplattet. Dass die Ausstülpung des Wassergefässstammes, welche den Tentakel liefert, getheilt wird in zwei Abschnitte, das Tentakelgefäss und den Tentakel, bedarf kaum der Erwähnung. Ersteres reicht so weit, als die Ausstülpung nachher im Knochen verläuft; mit diesem verschmilzt das äussere Epithel, und die protoplasmatische Haut wird zum Periost. Anders am freien Theile, der eigentlichen Tentakelanlage. Sobald hier der Durchbruch in's Seewasser

erfolgt ist, muss der Druck im inneren (da der Widerstand aufgehoben ist) eine gewaltige Expansion des Tentakels erzeugen. In dieser Ausdehnung erblicke ich den Reiz für die sofortige Contraction der Tentakelwand. Dem Reize entsprechend bilden sich in der Wand ebenso rapid durch die ganze Länge Muskelfasern aus, und zwar aus der homogenen plasmatischen Membran, welche die Epithelien trennt. Das Fehlen von Kernen auch auf diesen frühen Stadien der Ausbildung, die gleich von Anfang an vollständige Länge durch die ganze Tentakelwand, so wie das plötzliche Auftreten der Muskeln erlaubt nach meinem Urtheile gar keine andere Erklärung. Der Vorgang zeigt, wie zur histologischen Differenzirung zwar ein lebensfähiges Protoplasma, sowie ein Reiz zur physiologischen Function und dadurch bedingte stoffliche Veränderung nöthig, wie aber die Zelle, an welche als selbständiges Individuum die Thätigkeit nach vielfach verbreiteter Ansicht geknüpft sein soll, durchaus nebensächlich und überflüssig ist ¹⁾.

Inwieweit die verschiedenen histogenetischen Vorgänge sich gegenseitig bedingen und beeinflussen, dürfte am ehesten aus dem Verhältnisse der Muskelbildung und Skeletgliederung erhellen; ja ich zweifle nicht, dass man bei den Armen zunächst die letztere zum grossen Theil der ersteren als erzeugender Ursache zu übertragen hat, wie die folgende Anschauungsweise erläutern mag. Die Zwischenwirbelmuskeln sollten einmal fertig ausgebildet sein, ohne bis dahin irgendwie fungirt zu haben (was in Wirklichkeit unmöglich ist); es sollte also ein völlig ungegliederter Arm, wie er von den formbildenden Kräften angestrebt wurde, vorliegen. Jetzt sollten plötzlich alle Muskeln ihre Thätigkeit in der Folge, welche sie etwa im Leben innehalten, beginnen. Zuerst mögen die Muskeln einer Seite sich contrahiren, d. h. verkürzen. Die nothwendige Folge ist eine Verkürzung der gleichnamigen Hautseite, welche an der Wirbelsäule, der Unterlage der Muskeln, überall festhängt. Bestände diese Haut aus einem elastischen Material, so würde die Verkürzung ohne weitere Veränderung geschehen können. In Wahrheit ist sie durch den eingelagerten Kalk ziemlich starr; das bedingt bei der Verkürzung und Verbiegung mancherlei Knickung. Die Knickung muss da erfolgen, wo der geringste Widerstand entgegensteht, d. h. unter sonst gleichen Umständen an den dünnsten Stellen; diese liegen zwischen je zwei verticalen Stachelreihen. Die Knickung bringt daher nichts anderes hervor, als die Abgliederung der seitlichen Haut in die Lateralplatten des Armes. An den geknickten Stellen aber wird durch Druck

1) S. die gleiche Anschauung über Muskelbildung, welche ich in meinem Aufsatze »zur Kenntniss des Bewegungsapparates der Infusionsthiere« (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII) vertreten zu müssen glaubte.

die Parenchymflüssigkeit ausgequetscht, es folgt daraus weiter Umwandlung in fibrilläres Bindegewebe, ein reicher Kalkniederschlag in der Umgebung, kurz ein Gelenk.

Die Thätigkeit der Muskelgruppe der anderen Seite gliedert diese, die der oberen Partien beider Seiten erzeugt die Rücken-, die der unteren die Bauchplatten. Ich überlasse es dem Leser, die sehreinfachen synostotischen Linien aus der morphologischen Anlage heraus selbst zu construiren.

Das Verständniß der Wirbelabgliederung bedarf einer weiteren Ueberlegung, insofern als die relative Lage der Zwischenwirbelmuskeln in der regenerativen Entwicklung sich ändert. Man beachte zuerst Fig. 14! Wenn hier Reize die Wirbelsäule veranlassen, sich oben zu contrahiren und zu verkürzen, dann würde die Contraction und die histologische Umwandlung in Muskelfasern das Bildungsgewebe da am energischsten ergreifen, wo die derbsten Massen als Umwandlungsmaterial sich bieten, nämlich zwischen je zwei auf einanderfolgenden Tentakelpaaren. An dieser Stelle erfolgt in Wirklichkeit die Muskelanlage, welche sich allmählig aus dem übrigen Gewebe sondert (wie solche sich umgrenzende Ballen in Fig. 15 C zu sehen). Nachher werden aber durch die morphologischen Veränderungen die Muskelanlagen selbst mit aus ihrer Stelle gerückt, wenn das obere vordere Wirbelende durch Verwachsung mit der Rückenhaut nach der dorsalen Seite sich verschiebt. Wäre die Entwicklung der Muskeln schon vorher so weit gediehen, dass sie durch volle Thätigkeit auch eine volle Gliederung der Säule gesetzt hätten, so wäre der ganzen Verschiebung der getrennten, fertigen Knochen daraus ein Widerstand erwachsen. Der Natur der Sache nach geht jedoch die Muskelthätigkeit allmählig vor sich, und so auch die Gliederung; das Endresultat der Muskelaction, die schliessliche Gliederung kann daher nach der definitiven Lage der Muskeln untersucht werden. Wie die Muskeln zuletzt gelagert sind, kann die Abtheilung der Wirbelsäule in Wirbel nur unterhalb der einzelnen Muskeln geschehen (denn ein Muskel an einem festen Knochen ist ein Urding); das ist aber zugleich die dünnste Stelle der Wirbelsäule (wie es wiederum umgekehrt an dieser von Verwachsungen freiesten Stelle allein dem Gewebe erlaubt ist, in Verkürzung und Verlängerung sich zu bewegen, d. h. zu Muskeln sich umzubilden). Auf diese Weise kommt die schliessliche Gliederung der Wirbelsäule so zu Stande, dass je ein Gelenk in der Mitte zwischen zwei Tentakelansätzen sich befindet.

Dass auch in der Scheibe die Knochengliederung zur Muskelaction in demselben Verhältnisse steht wie bei den Armen, lässt sich im ganzen leicht verfolgen. Die Abgliederung der Zähne habe ich nicht untersucht (wahrscheinlich beruht sie auf einer Fältelung der zusammengeschobenen

Haut bei der Aufrichtung des Zahnträgers durch die Armknickung. Das würde auch die von oben nach unten continuirlich abnehmende Zahnlänge erklären).

Man könnte sich vielleicht die Muskel- und Gelenkbildung, also die Abgliederung des Armes noch auf eine andere Weise verdeutlichen. Es soll wieder der morphologisch fertige Arm aus indifferentem Bildungsgewebe vorliegen. Die abgliedernde Kraft aber soll nicht von den Muskeln ausgehen, sondern von aussen herantreten. Wir wollen den Arm (vergrössert und handlich gedacht) an seiner Spitze anfassen und seitlich umbiegen. Die Folge wird sein: Knickung und Lateralplattenbildung auf der verkürzten, Muskelbildung auf der gedehnten Seite (wie denn vielleicht Zug und Dehnung einen Hauptreiz für die Contraction, bezw. Muskelerzeugung, abgeben). Beugung des Armes nach der andern Seite, sodann nach oben und unten, würde die typische Gelenk- und Muskelbildung vollenden. In diesem Falle wäre die Armgliederung rein durch äussere Kräfte bedingt, eine echte Accomodation an die Aussenwelt in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes »Anpassung«. Es leuchtet sofort ein, dass eine solche Anpassung um so weniger zulässig ist, je früher in der Entwicklung sie gesetzt wird, weil ein ganz junger Arm bei völliger Abgliederung und dadurch bedingter Untauglichkeit für die Erzeugung genügenden Bildungsgewebes der morphologischen Weiterentwicklung widerstreben müsste. Je mehr aber eine solche äussere Anpassung bei der Armbildung zu beschränken und auszuschliessen ist, um so eher wird man sie zugeben können bei den Appendices des Armes, welche, am wenigsten typisch, ganz an die Grenze der morphologischen Entwicklung fallen, ich meine bei der Gelenkung der Stacheln und der Entstehung ihrer Muskeln. Nicht nur die sehr ungleiche Ausbildung der Gelenke beim erwachsenen Thiere deutet auf den geringen typischen Werth hin, sondern wenn ich richtig beobachtet habe, dass die Stacheln gebrochen, gelenkig und beweglich sein können ohne eine Ausbildung von Stachelmuskeln (wie denn auch hier das Gelenk vor den Muskeln zu entstehen scheint, Fig. 48), so bleibt vielleicht gar keine andere Möglichkeit, als dass das Gelenk durch äussere Kräfte, durch mechanisches Anpressen des Stachels an den Arm, oder durch Abspreizung von demselben, wie es bei den Kriechbewegungen die Berührung mit fremden Gegenständen leicht und oft mit sich bringen wird, also durch echte Anpassung hergestellt wird.

Schliesslich gedenke ich noch des ersten Zwischenwirbelmuskels und der Mundeckstücke. Während lange das junge Armwassergefäss noch annähernd horizontal nach aussen gestreckt ist, entsteht ganz nach der Regel an der oberen Fläche der ungegliederten Wirbelsäule der

erste Muskel zwischen dem ersten und zweiten Tentakelpaare (ein solcher Muskel fehlt beim erwachsenen Thiere). Wenn der brachiale Wassergefäßstamm hinter dem zweiten Tentakelpaare seine Knickung erfährt, so schiebt sich das in der Oeffnung des rechten Winkels gelegene Bildungsgewebe der Wirbelsäule nach oben zu einem dichterem Ballen zusammen, so dass ihr oberer Contour die rechtwinklige Knickung nicht mitmacht, sondern ziemlich glatt verstreicht. Dieses zusammengeschobenen Gewebeballens bemächtigt sich nun der eben in der Anlage begriffene erste Zwischenwirbelmuskel, indem er an seinem aboralen Ende sich verlängert so lange, bis er zum zweiten Tentakelursprunge dasselbe Lageverhältniss einnimmt, welches eigentlich, wenn der Arm gestreckt bliebe, dem zweiten Muskel zukäme. So geschieht es, dass der erste Zwischenwirbelmuskel in der That dem wahren ersten entspricht, der zweite aber nicht dem wahren zweiten, sondern dem dritten; der zweite wird unterdrückt. — Die Verschiebung des aboralen Endpunctes des ersten Zwischenwirbelmuskels über den zweiten Tentakelursprung hinweg lässt ferner die Knickung des vorderen Armstückes im ersten und zweiten Wirbel nicht eintreten. Deren Material erhält statt dessen eine Längstheilung infolge der Wirkung des oberen und unteren *Musc. radialis*. So kommen die Mundeckstücke zu Stande (für eine Abtrennung des eigentlichen Wirbeltheiles dieser Knochen von den Zahnträgern liegt weder eine Muskelanlage noch eine sonstige Ursache vor). Bei Ophiuren mit nur einem Paare Mundtentakeln ist vermuthlich die Knickung des Armwassergefäßes um eine Wirbellänge nach dem Munde zu verschoben; dann entsteht nur ein *Musculus radialis*, der superior der *Ophiactis*¹⁾; der erste Zwischenwirbelmuskel hat keinen Grund, sich wesentlich zu verlängern, auch der zweite wird daher auftreten, welcher sich dann zwischen dem ersten und dem zweiten der *Ophiactis* einschiebt; jeder Zwischenwirbelmuskel der *Ophiactis* ist daher (mit Ausnahme des ersten) nicht dem ebensovielten, sondern dem nächstfolgenden jener Ophiuren mit nur einem Mundtentakelpaare homolog. Freilich stelle ich diese Behauptung auf ohne eigne Kenntniss solcher Ophiuren, weder in anatomischer, noch in entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht; aus der Bildung der *Ophiactis* erwächst mir jedoch, denke ich, ein Recht zu der Vermuthung.

1) Dass die Ophiuren mit einem Paare Mundtentakeln einen Ambulacralfurchenverengerer besitzen, wird bestätigt durch LANGE (IV, p. 275): »Die dem Munde am nächsten liegenden Ambulacralplatten des Armes im Discus sind paarig und nicht zu einem soliden Wirbel verschmolzen, sondern articuliren mit einander durch ein gezahntes Gelenk wie bei den Asterien. Wie bei den Asterien spannt sich hier zwischen Wassergefäß und Band ein Quermuskel von einer Wirbelhälfte zur andern.«

H. Wiederholung der Theilung. Entstehung von Madre- porenplatte, Steincaual und Herz.

LÜTKEN schloss aus der schwankenden Körpergrösse heteractinischer Ophiuren, dass sich da die Theilung wiederholte (V, p. 6—11). Dieser Art der Beweisführung glaube ich nicht beistimmen zu dürfen aus folgenden Gründen: Bei *Asteracanthion rubens* waren alle meine zehn Exemplare von einem Gesamtdurchmesser unter 2 Cm. regelmässig fünfarmig, doch wohl eine Hindeutung darauf, dass sie als solche zur Welt kommen. Nach deren Analogie wird man vermuthen, dass auch die *Ophiactis* fünfarmig entsteht. Da sich aber regelmässig fünfarmige Individuen dieser Species von allen Körpergrössen finden, so folgt daraus, dass die *Ophiactis*, wie sie bis zu späterem Lebensalter in der jugendlichen Form sich erhalten kann, so auch erst in dieser späteren Zeit sich zu theilen vermöge; daher man also recht wohl grosse heteractinische Exemplare als aus einer einzigen Theilung hervorgegangen betrachten mag. Der Einwurf, als könnten grosse fünfarmige Thiere bei der schwankenden Zahl der jungen Armknospen schon eine Theilung durchgemacht haben, wird, meine ich, widerlegt durch das Gesetz, wonach alle heteractinischen Exemplare sechsarmig waren (entweder $3 + 3$, oder $2 + 4$), die fünfarmigen aber stets regelmässig ohne Heteractinie. Wenn nun durch diese Argumente LÜTKEN'S Schluss in Betreff der wiederholten Theilung hinfällig wird, so glaube ich eine solche bewiesen zu finden durch das Verhalten des Steincauals und der Rückenhaul nach der Theilung¹⁾. Beide Organe sollen jetzt nach einander besprochen werden.

1) Madreporenplatte, Steincaual und Herz. Ueber die Steincauale im besonderen habe ich an getheilten Thieren folgende verschiedene Beobachtungen gemacht:

- a. Die Bildung des Steincauals und Herzens zeigt Fig. 45 C. Man sieht in der jungen Körperhälfte zwei Zellstränge (*Vs. P+* und *C+*), welche als Anlagen der beiden Organe vom Gefässbogen zur Haut ziehen (der des Herzens wurde durch den nächsten Schnitt bis zum Bogen ergänzt). Beide Stränge sind noch solid, an wenig älteren

4) Die Wiederholung der Theilung bei Seesternen ist leicht zu erweisen aus der Verschiedenheit der Arme mancher Thiere. So habe ich in Cap. I z. B. einen *Asteracanthion* erwähnt, welcher 4 junge und 3 alte Arme besass. Von den letzteren aber waren zwei viel grösser als der dritte, und bei der Regelmässigkeit junger noch ungetheilte Thiere dieses Genus lässt die Ungleichheit der 3 alten Arme auf eine frühere Theilung schliessen (es ist dasselbe Verfahren, welches aus der Heteractinie überhaupt vorhergegangene Theilung folgert, angewandt auf die eine Körperhälfte). Bei der *Ophiactis* wächst jedenfalls eine Körperhälfte erst wieder zu vollständiger Regelmässigkeit heran, ehe sie sich von neuem theilt.

Stadien sind sie durchbohrt und haben das Aussehen der alten, daher die Entwicklung schwer zu verfolgen. Die Anlagen sind in der jungen Hälfte medial und links, der alte Steincanal (es ist nur einer vorhanden) liegt medial und rechts¹⁾.

- b. Vier Körperhälften hatten je einen Steincanal.
- c. Eine Körperhälfte hatte einen medialen und einen lateralen Steincanal auf verschiedenen,
- d. eine andere zwei ebensolche auf derselben Seite von der Mittellinie.
- e. Zwei halbe (durch Theilung entstandene Thiere) hatten je drei Steincanäle (natürlich zwei mediale und einen lateralen).
- f. Endlich fanden sich mehrfach alte Körperhälften ohne Steincanal.

Für die Aufgabe des Steincanals halte ich den Ausgleich der Druckschwankungen bei Bewegungen im (sonst geschlossenen) Wassergefäßsystem. (Die Mischung des Inhaltes mit Seewasser kann nicht die Hauptsache sein, wegen der Lage der Madreporplatte bei den Holothurien.) Und da gilt dieselbe Regel, welche ich sub B bei der Untersuchung der Ströme im Wassergefäßringe aufstellte: jede Contraction einer Polischen Blase, eines Tentakels, eines Armsphincters, ja jede Arm- und Körperbewegung muss die Flüssigkeitssäule im Steincanal verändern, indem sie einen Strom entweder aus dem umgebenden Wasser hereinbezieht oder in dieses ausstösst. Die rings gleichförmige Vertheilung der Organe gestattet es, bei der Discussion über die Wirkung dieser Ströme alle Einzelcomponenten zu vernachlässigen und ihre Resultante allein in den Wassergefäßring zu verlegen. Jeder Ausfluss nun aus dem Steincanale erzeugt im Ringe eine doppelte Welle: Die zu entziehende Flüssigkeit strömt von beiden Seiten gleichmässig in den Steincanal ein; dadurch entstände jederseits von seinem Ansatzpuncte im Ringe ein leerer Raum, wenn er nicht sofort ausgeglichen würde durch eine gleiche von den Nachbarstellen des Ringes nachströmende Flüssigkeitsmenge. So schreitet der Punct des leeren Raumes, bezw. der des verringerten Inhaltes, jederseits vom Steincanalansatze aus fort, bis sich beide Wellen treffen an der dem Steincanal diametral entgegengesetzten Seite des Ringes. Hier aber muss die Abnahme des Inhaltes das doppelte betragen von der an jedem anderen Puncte. Diese Stelle des Ringes, welche ich den Gegenpunct des Steincanals nennen will, muss sich plötzlich

1) Zur leichteren Orientirung theile ich eine in der Regeneration begriffene Ophiactis durch eine Mittellinie, welche durch den mittleren alten und mittleren jungen Arm geht, in eine rechte und eine linke Seite; die vier Interbrachialfelder, welche an dieser Linie liegen, bezeichne ich als mediale, die beiden übrigen als laterale.

doppelt so stark zusammenziehen, als die übrigen Theile des Ringes; und wenn die stärkere Contraction nicht durch eine entsprechend verstärkte Wandmuskulatur regulirt wird, so muss der äussere Druck, entweder aus der Leibeshöhle, oder falls die fragliche Stelle des Ringes fest der Haut anliegt, vom äusseren Seewasser her, ein Zusammenklappen der Wandungen als Folge jeden Ausflusses aus dem Stein canale veranlassen. Die junge *Ophiactis* wird als eine normale Ophiure mit einem Stein canale zu betrachten sein¹⁾. In dieser fällt der Gegenpunct des Stein canales zusammen mit dem Ansätze eines brachialen Wassergefässstammes. Die Compression des Gegenpunctes durch jeden Ausfluss aus dem Stein canal wird hier verhindert, denn das am Inhalte fehlende kann jedesmal leicht aus dem Arme ergänzt werden, ohne weitere Wirkung auf diesen, welcher einen so geringen Flüssigkeitsverlust leicht durch Vertheilung auf seine verschiedenen Wassergefässräume unmerklich macht. Anders liegt die Sache nach der Theilung. Der alte Stein canal soll da beispielsweise ein medialer sein. Wird dann der Wassergefässring durch den jungen Wassergefässbogen geschlossen, dann findet der Stein canal seinen Gegenpunct in letzterem, jedesmal als den diametral entgegengesetzten Punct des Ringes, in unserem Falle in der medialen jungen Polr'schen Blase der anderen Seite. So lange der Bogen noch flach ist, braucht er jedoch nicht gerade, wie beim erwachsenen sechsamigen Thiere, auf die Polr'sche Blase zu fallen, weil die junge Hälfte nach der Verschiedenheit der alten Ringtheile, welche über die beiden seitlichen Arme hinausragen, zur alten in ihrer Anlage nicht immer gleich durchaus symmetrisch ist, sondern die Symmetrie erst allmähig durch Herstellung des Gleichgewichts im Wassergefässsystem bewirkt wird. Bei dem Uebergange der anfangs asymmetrischen Stellung der jungen Hälfte in die zur alten streng symmetrische wird der Gegenpunct am Bogen sich verschieben, und diese Wanderung wird um so grösser sein, je grösser die anfängliche Asymmetrie. Ich setze als ersten Fall die Gleichheit der beiden Ringenden ausserhalb der seitlichen Arme, also völlige Symmetrie der jungen Hälfte zur alten. In diesem bleibt der Gegenpunct constant in der diametral gegenüberliegenden medialen jungen Polr'schen Blase. Wenn diese Blase von Anfang an ununterbrochen spielte, sich erweiternd und contrahirend, so würde sie die Flüssigkeitsmenge, welche bei jedem Ausflusse aus dem Stein canale am Gegenpuncte dem Ringe entzogen wird, aus ihrem Inhalte ersetzen können. In der rege-

1) Die Entstehungsursache des ursprünglichen Stein canales ist mir völlig fremd; sie wird eine ähnliche sein (möglicherweise Druck vom Innern des Wassergefässes aus) wie die, welche die unter F erwähnten Körperhälften mit Madreporenplatten versorgt.

neratorischen Entwicklung sind, wie ich zu zeigen suchte, die jungen POLI'schen Blasen anfangs thätig, dann werden sie bei der fortschreitenden Armanlage in ihrer Thätigkeit gehemmt und nehmen diese endlich wieder auf. In die Periode, wo die jungen Arme horizontal nach aussen sehen, wo sie zu Ungunsten der POLI'schen Blasen die Hauptmasse des Stromes aus dem alten Gefässring für sich auffangen, fällt die Anlage des Steincanals. In dieser Zeit wird die Wirkung des alten Steincanals auf seinen Gegenpunct, die junge Blase, ein Zusammenklappen der Blase und ihres Ansatzpunctes am Ringe durch äusseren Druck hervorrufen. Blase und Bogen liegen in diesem Stadium noch fest der Rückenhaut an; der Effect des Zusammenklappens ist daher wohl die festere Verbindung der Rückenhaut mit der Blase und ihrem Bogenpuncte, hergestellt dadurch, dass das Seewasser die Haut andrückt. Wenn nachher durch Vergrösserung der jungen Scheibenhälfte die Rückenhaut (resp. ihr Seitenthail) von dem Wassergefässbogen sich entfernt, so wird die Verbindung von Bogen und Haut am Gegenpuncte zu einem soliden Strange ausgezogen. Dieser ist die Anlage des Steincanals. Er wird bald durchbohrt mittelst des von jedem Ausflusse aus dem alten Steincanale erregten äusseren Druckes (vom Seewasser her) auf den Gegenpunct, bezw. auf den Ansatzpunct der soliden Anlage des jungen Steincanals an der Haut. Ist die Durchbohrung und damit der junge Steincanal fertig, so beginnt er sein eigenes Spiel der Wasserzu- und -abfuhr. Dieses Beispiel der Bildung giebt der oben erwähnte Fall a. Ich nehme ein anderes: der alte Steincanal soll wiederum ein medialer sein, die junge Körperhälfte aber asymmetrisch zur alten. Während sie in die symmetrische Stellung übergeht, muss der Gegenpunct am Gefässbogen (in seiner Relation zu dessen Anhängseln) sich verschieben. Er kann dabei anfangs in den lateralen Interradius der anderen Seite fallen und später erst in den ihm gebührenden medialen. Sind dabei die übrigen Bedingungen erfüllt geblieben (Unterdrückung der Thätigkeit der POLI'schen Blasen und unmittelbare Nachbarschaft von Haut und Gefässbogen), so kann der alte Steincanal nach einander zwei junge erzeugen. Niemals aber wird er, nach diesem Principe, drei hervorzurufen vermögen, nämlich keinen auf seiner eigenen Seite. — Ist das Thier mit drei Steincanälen herangewachsen und theilt es sich von neuem, so bekommt, wenn die Theilungslinie zwischen den benachbarten, jungen Steincanälen hindurchgeht, die eine Körperhälfte zwei Steincanäle, einen lateralen und einen medialen. Hatte das regenerirte Individuum nur zwei Steincanäle, so bekommt jede Hälfte nur einen.

Als einen weiteren Fall supponire ich, der Steincanal nach der ersten Theilung sei in der ihn bergenden Hälfte kein medialer, sondern

ein lateraler (ausserhalb der Arme). Sein Gegenpunct wird anfangs, solange der Schliessungsbogen noch kurz, in den alten Gefässring selbst fallen, wo er ohne Wirkung bleibt; nachher kann er in den ersten lateralen Interradius der anderen Seite rücken, und falls die Bedingungen noch genügen, einen jungen Stein canal erzeugen; doch liegt es auf der Hand, dass er es nicht immer thun kann, ja nur in den seltensten Fällen thun wird.

Setzen wir ferner die Wirkung zweier Stein canäle an demselben Thiere, zunächst am erwachsenen. Hier kann jeder einzelne seinen Gegenpunct erzeugen, welcher jedesmal im diametral entgegenstehenden Interradius liegt, sie können aber auch ihre Wirkungen zu einer Resultante vereinigen; die ist ein Gegenpunct in der Mitte des grösseren Ringstückes, das ihre Ansatzpunkte begrenzen. Endlich kann auch noch eine andere Resultante entstehen, ein Punct von den Eigenschaften des Gegenpunctes in der Mitte der kleineren Ringhälfte, dem letzteren gegenüber. Die Wirkungen der Stein canäle scheinen bei alten Ophiuren nicht in Betracht zu kommen (zur Erzeugung neuer), deshalb, weil der Ring mit seinen Appendices an allen den Stellen, um welche allein es sich handeln kann, oben von der Haut losgelöst ist, unten einem undurchdringlichen Knochengerüste, resp. einem Muskel (dem *Musc. interradians aboralis*) aufliegt. Die Wirkungen aber zweier Stein canäle einer alten Hälfte auf die junge, in der Regeneration begriffene können die sein: entweder es entstehen an den beiden Gegenpuncten zwei neue, oder beide Wirkungen vereinigen sich zu einer Resultante, welche in einem neuen Stein canale zum Ausdrucke kommt. Dazu eine weitere Complication der ersten Eventualität: hier werden die beiden jungen Stein canäle nur durch einen (jungen) Interradius getrennt sein, und sie können ihre Wirkung vereinen, um auch in diesem einen Stein canal zu erzeugen. In diesem Falle hat die Ophiure fünf Stein canäle. Um dies zu erreichen, müssen noch die übrigen Bedingungen erfüllt sein, was bei jeder Steigerung des Numerus immer unwahrscheinlicher wird. Theilt sich das Thier mit fünf Canälen, so wird aus der einen alten Hälfte mit drei ein neues Thier mit sechs entstehen können.

Schwerlich wird man die Unzahl der möglichen Complicationen in der Wirklichkeit jemals nachrechnen. Eins jedoch folgt daraus, wie mir scheint, für die Untersuchung mit Sicherheit: nämlich die Minimalbestimmung der vorhergegangenen Theilungen aus den Stein canälen der alten Hälfte; und dazu will ich die oben angeführten Fälle benutzen. Die vier Körperhälften unter *b* haben mindestens je eine Theilung durchgemacht. *c* hat mindestens zwei, *d* mindestens drei Theilungen bestanden; denn bei letzterem Thiere ist es klar, dass seine

beiden Steinanäle auf einer Seite von der Mittellinie nicht aus einer einfachen Wiederholung der Theilung hervorgehen können. Die beiden Steinanäle des letzten Exemplars, bezw. Schnitte durch die Madreporplatten, habe ich in Th. I, Fig. 44 und 45 abgebildet; man erkennt sofort an der lebhafteren Färbung und dem weniger abgeplatteten Epithel, dass der mediale (Fig. 44) der jüngere ist. Die Körperhälften unter *e* mit je drei Canälen hatten endlich mindestens drei Theilungen hinter sich. In dem einen hatten sie nur eine Resultante, einen Canal in der jungen Hälfte erzeugt. Das beweist, wie kärglich im allgemeinen die übrigen Bedingungen mehrfache Canalanlagen gestatten. Und wenn die Beispiele die Minima der früheren Theilungen angeben, so ist doch deren Zahl mit aller Wahrscheinlichkeit viel bedeutender. Es wird sich daher die Theilung an demselben Thiere viel öfter wiederholen als dreimal¹⁾.

4) Warum bei der Ophiactis die neue Madreporplatte jedesmal wieder die Lage der originalen erhält, wird aus vorstehendem klar sein; sie rückt bei der Ausweitung der Scheibe nach unten hinab. Schwieriger scheint die Frage, warum bei den Seesternen, deren regenerative Entwicklung doch im allgemeinen denselben Gang einschlägt wie bei der Ophiactis, die Platte stets wieder da auftritt, wo die erste embryonale lag, auf dem Rücken nämlich. Dasselbe trifft die epigonale Madreporplatten vieler Asteridengenera ohne Schizogonie (II). Ich finde den Grund in vorgebildeten Wasserräumen in der Haut der Interradien, welche sowohl den Steinanal als das Herz hergeben. Die Schnittreihe eines jungen, regulären, fünfarmigen (noch ungetheilten) Asteracanthion (deren ich mehrere so zerlegte) zeigt, dass Herz und Steinanal noch nicht frei, sondern mit der vorspringenden Seitenwand der Interradien verwachsen sind. In einem Interradius, welcher den Steinanal nicht beherbergt, trifft man von unten nach oben erst die Mundeckstücke (Fig. 8 *An. o*), davor die Gefässringe; die ersteren gehen über in eine stark nach innen vorspringende Haut (Fig. 10), und diese zeigt auf allen Schnitten dasselbe Bild, nämlich einen Hohlraum, welcher nur von spärlichen Bälkchen durchzogen wird. Demselben Hohlraum entspricht in dem Interradius mit dem Steinanal im Schnitt ein ganz ähnliches Höhlensystem, welchem nur die reichlichen Trabekeln fehlen, offenbar das Herz (Fig. 9 C), daran am weitesten nach innen, auch noch mit der Wandung verwachsen, der Schnitt des Steincanales (Fig. 9 D. o). Erst später wird sich also der Steinanal mit dem Herzen aus der Wand lösen und den freien Strang bilden, welchen man im erwachsenen Thiere findet; anfangs ist das Herz geradezu noch ein Theil der Leibeswand. Fällt nun auf den interradialen Theil des Gefässringes ein Gegenpunct, d. h. werden durch häufiges Zusammenklappen der Ringwände die umgebenden Gewebe, denen er anhängt, entweder durch äusseren Druck oder durch die zerrende Bewegung durchbrochen, so geschieht der Durchbruch an der dünnsten Stelle der beteiligten Haut, der Ring öffnet sich in den interradialen Wasserraum hinein; die weitere Wirkung des Gegenpunctes, die fortwährenden Inhaltsschwankungen des Wasserraumes durchbrechen auch die Haut aussen an der dünnsten Stelle, wodurch die Madreporplatte entsteht. Gleiches geschieht mit dem Herzen.

In welcher Ausdehnung sich die interradialen Wasserräume im spätern Leben erhalten, ist mir unbekannt. Sie nehmen vermuthlich nicht in demselben Verhält-

2. Rückenhaul. Auch das Verhalten der Rückenhaul bei der Regeneration erlaubt uns nicht selten, wenn auch weniger häufig als die Steinanäle, einen Schluss zu machen aus einem Hautschnitte eines sich regenerirenden Thieres auf vorangegangene Theilungen. Alte Platten verschmelzen nicht selten an der Linie der Synostose. Die dadurch entstandenen grösseren, ungliederten Hauttheile ähneln in letzterer Hinsicht der Haut der jungen Hälfte, welche sich noch nicht gegliedert hat. Reichthum an Kalklücken und Pigment in jenen, Mangel an beiden in diesen sind die Merkmale, welche beide unterscheiden lassen, so dass derartige Verwechslungen ausgeschlossen sind.

Die Ansatzstelle der neu erzeugten Rückenhaul an der alten (in der Theilungslinie) bleibt meist lange, ja immer sichtbar, dadurch dass das junge Gewebe, wenn es durch den Druck von innen gehoben wird, selten als einfache Fortsetzung des alten erscheint, vielmehr sich als Wulst an der Theilungslinie zusammenschiebt und sich über das äussere Niveau des Rückens empordrängt. In Th. I, Fig. 34 habe ich eine solche Uebergangsstelle der alten Rückenhaul (rechts) in die junge (links), welche jener an histologischer Ausbildung schon fast vollkommen gleicht, abgebildet. In einem Verticalschnitte können solche Wülste auf der alten Rückenhaul als Zeugen früherer Regenerationen dienen. Da sie jedoch mit wachsendem Alter mehr und mehr verschwinden, zeigen sie meist nur die letzte Theilungslinie sicher an.

Es giebt jedoch weitere Kennzeichen. Die gründen sich auf vortheilhafte Disposition jungen Hautgewebes, welches noch der festen Erhärtung entbehrt, zu Wachsthum und Ausdehnung, gegenüber den alten, stark verkalkten Platten mit ziemlich verdrängter und degenerirter Zellsubstanz. Bei einer normalen (nicht getheilten) Ophiure mit Hautschuppen umstehen diese die Centralschuppe des Rückens, wie die Haare einen Haarwirbel; und ein Längsschnitt durch die Haut an dieser Stelle würde in der Mitte die Centralschuppe den übrigen horizontal aufgelagert zeigen, die übrigen aber darunter hervorsehen lassen, so dass die linken nach links und oben schauen, die rechten nach rechts und oben. Gerade so jedenfalls eine junge *Ophiactis*. Nach der ersten Theilung, falls die Theilungslinie, wie anzunehmen, den Rücken halbirt und durch das Centrum geht, müsste der Schuppenwirbel an derselben Stelle wiederhergestellt werden, sobald die Rückenhaul der jungen Hälfte zur Grösse der alten herangewachsen wäre, sich nun gliederte und beide

niss zu, in welchem sie in der Jugend zum Körperumfange stehen, da sie dann sehr gross werden müssten und schwerlich bis jetzt unbeachtet geblieben wären. An sie knüpft vermuthlich auch die Bildung der epigonal entstehenden Steinanäle und Herzen an.

Hälften gleichmässig weiterwachsen. Letzteres findet nicht statt. Vielmehr wächst das bildsamere junge Gewebe schneller als das alte, und die Rückenhaul der jungen Hälfte nimmt bei gleicher Armlänge doch die grössere Hälfte der Scheibe ein, daher der Wirbel nunmehr excentrisch nach der Seite der alten Körperhälfte zu liegt. Käme jetzt eine weitere Theilung, wobei die Theilungslinie ihrer früheren Richtung in denselben Interradien treu bleiben mag, so würde sie doch nicht die Rückenhaul so halbiren, dass wiederum der alte Theil der einen, der junge der anderen Körperhälfte angehörte; sondern die junge Rückenhaul würde so getheilt werden, dass der eine Theil zwar die eine Hälfte, der andere aber mit der alten Haut zusammen die andere Hälfte bedeckte. Diese letztere Hälfte trägt also schon vor der Regeneration einen Schuppenwirbel, eine Wechselstelle der Schuppenrichtung; und wenn die fehlende Hälfte wieder dazu ergänzt wird, so kommt ein Wulst an der Uebergangsstelle hinzu. Es wird nachher zwar am Platze des Wulstes kein eigentlicher Wirbel entstehen können, aber das fertige Thier wird doch die sicheren Anzeichen einer mehrfachen Theilung an sich tragen. Welche Verwickelungen dabei entstehen, wenn die Theilungslinie aus einem Interradius in einen andern überspringt, ist leicht zu erkennen; dann wird ein Hautlängsschnitt etwa die Merkmale einer einfachen oder doppelten Theilung, ein anderer die einer drei- und mehrfachen aufweisen können. Auf diese Art erhalten wir ein ähnliches Resultat, wie bei den Steincanälen, das nämlich, dass die Anzahl der Wirbel und Wülste in einem Hautlängsschnitt zwar nicht der Anzahl der Theilungen entsprechen muss, wohl aber das Minimum der vorhergegangenen Theilungen angiebt, also wieder eine Bestimmung des Minimums. Als Beispiel führe ich die Hautschnitte in Fig. 1 und 2 an, beide demselben Thiere entnommen. In Fig. 2 bezeichnet *C* die letzte Theilungslinie, der Wirbel in *A* eine frühere, vielleicht die erste; wahrscheinlich geht bei *B* eine dritte durch; in Fig. 1 gilt zunächst dasselbe, aber die reichere Verwerfung der Schichten in der Wirbelgegend (*A*) lässt vermuthen, dass sie eine grössere Anzahl von Theilungslinien umfasse.

I. Einige Schlussbemerkungen.

In den vorstehenden Capitelabschnitten habe ich zu zeigen mich bemüht, wie bei der Vervollständigung einer dreiarmligen Körperhälfte jedesmal eine dreifache Anzahl junger Arme nach einigermassen mathematisch-physikalischer Berechnung erzeugt werden müsse. Wenn nun, wie ich folgerte, die Ophiactis fünfarmig zur Welt kommt, bei der ersten Theilung in eine drei- und zweiarmige Hälfte zerfällt (wie ich selbst solche zweiarmige beobachtet habe) und die letztere vier junge Arme

hervorsprossen lässt, so könnte aus dieser Vierzahl die Hinfälligkeit meiner Theorie gefolgert werden. Den hieraus erwachsenen Einwurf will ich jetzt womöglich zu entkräften versuchen.

Bei der angestrebten Abrundung der Körperhälfte zum Individuum (s. B) bogen sich die drei Arme zum Zwecke der Verengerung der weitklaffenden Magenöffnung möglichst auseinander, bis je zwei Nachbarn einen Winkel statt von 60° , von 70° bildeten. Dadurch wurden die blinden Enden der Gefässringe, welche Lage sie früher auch haben mochten, einander zugekehrt, convergirend. Ich habe aus dieser Convergenz in den Holzschnitten sub *D* die beiden typischen jungen POLI'schen Blasen und die drei jungen Arme hergeleitet. Der Vorgang beruhte hauptsächlich darauf, dass der Stoss aus dem alten Gefässringe dem Schliessungsbogen eine spitzwinklige Form zu geben suchte (Holzschn. *I*), dass dagegen Widerstände den spitzen Winkel in eine doppelt geknickte Linie umsetzten, wobei die beiden Stösse *ad* und *cd'* (Holzschn. *II*) den mittleren Bogentheil *ef* vor sich herschieben wollten. Diese Tendenz, welche nur bis zu einem gewissen Grade ausführbar war, schuf an den Knickungspuncten *e* und *f* die beiden Blasen, diese brachten endlich zusammen mit den Stössen aus dem alten Ringe die drei jungen Arme hervor.

Einer zweiarmigen Körperhälfte, welche sich zu individualisiren strebt, vor allem durch Verengerung des Mundes durch Auseinanderspreizen der Arme, wird dieses niemals so vollständig gelingen, als der dreiarmigen, die beiden Arme müssten dazu einen Winkel von 180° bilden, sich also in einer geraden Linie gegenüberstehen. Dass das nicht möglich, lehrt ein Blick auf das Bauchscheibenskelet. Auch die Erfahrung weist keine derartig verbogenen Thiere auf, der Winkel zwischen den beiden Armen steigt auch hier kaum auf 90° . Die Folge davon ist, dass die beiden Stösse aus den blinden, resp. durchbrochenen Enden des Gefässringes niemals gegeneinander convergiren, nicht einmal parallel laufen können, sondern divergiren müssen; und das halte ich für die Ursache, welche statt zweier typischen POLI'schen Blasen drei, statt dreier junger Arme vier hervorbringt. Ein Schliessungsbogen des Wassergefässringes wird auch hier entstehen müssen, ganz wie bei dem dreiarmigen Thiere, indem der ausgetretene Gefässinhalt die Haut an der Theilungslinie unterwühlt; er wird ebenso aus der verticalen in die horizontale Ebene ungelegt werden wie dort. Aber er wird viel grösser sein und mehr als die halbe Peripherie des Ringes einnehmen, der alte Ringtheil dagegen nur die kleinere Hälfte. Die Tendenz der convergirenden Stösse im Abschnitt *D* Holzschn. *I* war, aus dem Bogen einen spitzen Winkel zu machen. Hier muss die der

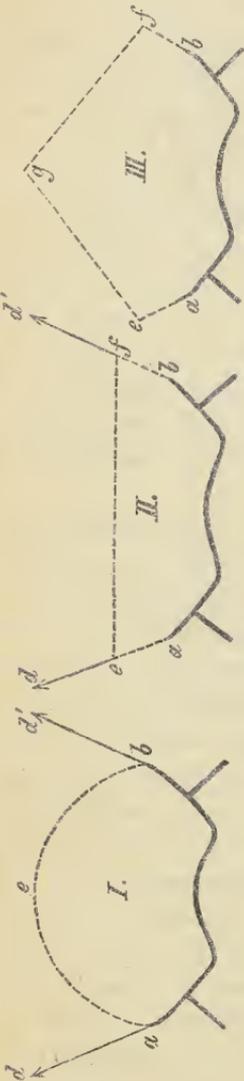
divergirenden eine andere sein, wie die folgenden Holzschnitte lehren, nämlich die, den Bogen in *I* durch Spannung überzuführen in die geknickte Linie *II*, *a e f b*. Stände dieser Umgestaltung im Bogen *I*, *a e b* an jedem Punkte der gleiche Widerstand entgegen, so müsste die

schliessliche Form in *II* erreicht werden durch allmälige, gleichmässig fortschreitende Abflachung des Bogens. Der Widerstand ist aber verschieden, nämlich am grössten in der Medianlinie, wo die Lippenmuskeln zusammenstossen und sich mit Magen und Rückenhaut zugleich verbinden, ohne zwischengeschobenen Leibesraum. Daher kann die Ueberführung des Bogens *I*, *a e b* in die gerade Linie *II*, *e f* nur durch eine Knickung in der Medianlinie geschehen, nämlich in *III*, *g*. So wird der Winkel *III*, *e g f* die Mittelstufe zwischen dem Bogen *I*, *a e b* und der geraden Linie *II*, *e f*. Der Winkel würde sich allmähig zur geraden Linie strecken, wenn nicht inzwischen die beiden lateralen Blasen ausgestülpt würden, und nach ihnen die dritte, mediale. Sie liegen in *III*, *e*, *g* und *f*. Je zwei Nachbarn erzeugen einen medialen Arm, *e* und *f* aber mit den Stössen aus dem alten Gefässringe je einen lateralen. So muss jede zweiarmsige Körperhälfte stets vier junge Arme hervortreiben.

Das Resultat ist demnach dies, dass aus jeder Körperhälfte einer getheilten Ophiactis, mag das Gesamtindividuum noch die ursprünglichen fünf Arme besitzen oder durch frühere Schizogonie sechsarmig geworden sein, in jedem Falle ein sechsarmiges Thier bei der Regeneration hergestellt wird⁴⁾. —

Ich bin bisher in der Schilderung und Erklärung der Regeneration von der Theilung als einer gegebenen Thatsache ausgegangen, ohne nach der Ursache der letzteren zu fragen. Kann ich auch diese in

4) Sollte der Fall vorkommen, dass einige von den zweiarmsigen Körperhälften nicht aus originalen, ungetheilten, fünfarmigen, sondern aus sechsarmigen Thieren herkommen, so muss die andere Hälfte vier Arme haben; und da erhebt sich die



keinem irgendwie zuverlässigen Maasse ermitteln, so liegt doch vielleicht in folgenden Erwägungen ein Wegweiser für künftige Untersuchungen.

Die *Ophiactis*, so wie die übrigen durch Dichotomie sich vermehrenden Asteroiden bekunden in diesem Verhalten eine Bilateralität, welche mit ihrem sonstigen radiären Bau scharf contrastirt. Die Vermuthung liegt nahe, dass man als Träger der Bilateralität dasjenige Organ anzusehen hat, welches, im Gegensatze zu den übrigen, nicht radiär, sondern bilateral angelegt wird. Dieses ist aber allein die Leibeshöhle oder die beiden seitlichen Ausstülpungen des embryonalen Darmes, die Peritonealsäcke (von welchen in den meisten Echinodermenklassen sich weiter das Wassergefäss abgliedert). Die Vermuthung, dass diese den Anstoss zur spätern Zweitheilung des Thieres geben möchten, wird wesentlich unterstützt durch die Beobachtung METSCHNIKOFF's, welche GÖTTE anführt (I, p. 609 und 632 zweite Reihe), dass gerade bei den Ophiuren die Peritonealsäcke am meisten symmetrisch angelegt werden, daraus sich die Regelmässigkeit ihrer Theilung leicht würde herleiten lassen. Die Unregelmässigkeit dieses Phänomens bei den Seesternen liesse sich vielleicht weiterhin unschwer mit der Unterbrechung des Leibeshöhlenraumes durch die einseitig entwickelten Blinddärme des Rectums in Zusammenhang bringen. Die gemeinsame Theilnahme gerade dieser beiden Classen an der Schizogonie und die Begründung der Dichotomie in der bilateralen Anlage der Peritonealsäcke stimmen weiterhin sehr gut mit den gleichfalls von GÖTTE (I, p. 640) angeführten Beobachtungen J. MÜLLER's und METSCHNIKOFF's, wonach eine vollkommene Symmetrie dieser Anlagen in seltenen Fällen bis jetzt nur bei Ophiuren und Asterien vorkommt, »indem sich beiderseits eine gegliederte Wassergefässanlage entwickelte.«

Hier berühre ich auch noch die Uebereinstimmung zwischen der untergeordneten Bedeutung der Leibeshöhle und der Zufälligkeit der Theilung. Wir kennen alte regulär fünfarmige Asteracanthion- und *Ophiactis*exemplare, wir wissen, dass die erste Theilung an kein be-

Frage: Wie kommt es, dass diese Hälften nur zwei junge Arme treiben, also auch zu sechsarmigen Thieren sich ergänzen? Auch diese ist, denke ich, unschwer zu beantworten. In Holzschn. I sub D war der von den Stössen aus dem alten Gefässringe intendirte Winkel des Schliessungsbogens zu spitz, als dass er erreicht werden konnte, daher die Knickung und die zwei POLI'schen Blasen. Bei einer vierarmigen Hälfte wird die Convergenz der Ringenden ungleich stärker sein müssen, der betreffende Winkel, in welchen der Schliessungsbogen umgeformt werden soll, ebensoviel flacher; ein solcher flacher Winkel kann aber in der That leicht hergestellt werden, daher die doppelte Knickung des Bogens wegfällt. Die Folge ist, dass nur eine POLI'sche Blase ausgestülpt wird, in der Mittellinie, und diese bedingt weiter bloß zwei junge Arme.

stimmtes Lebensalter gebunden ist, und wir vermuthen, dass dasselbe Thier nicht, wenn es ungestört bleibt, eine feste Anzahl von Theilungen hintereinander durchmachen muss, sondern dass der Process beliebig sistirt werden kann. Andererseits treffen wir bisweilen sechsarmige Exemplare an in Ophiurengeschlechtern, welche in der Regel sich nicht theilen; ich entsinne mich z. B. einer grossen *Ophiomyxa pentagona* mit sechs Armen aus dem Strassburger Museum; und bei der kommt es mir wahrscheinlicher vor, dass sie aus einer gelegentlichen Theilung entstanden sei, als dass sie das feste Gesetz der fünf Armanlagen im Embryo durchbrochen habe. — —

Endlich corrigire ich noch einige Schlüsse, welche ich im ersten Theile aus der vergleichenden Anatomie ziehen zu müssen geglaubt hatte, auf Grund der bei der regenerativen Entwicklung ermittelten Thatsachen. Ich hatte dort im ersten Capitel die Mundeckstücke mit ihren Deckplatten, den *ossa peristomialia*, sowie den *ossa tectoria angularium oris ab- und adoralia*, in die Reihe der Armgliederknochen einzureihen versucht, in der Weise, dass zwei conjugirte Mundeckstücke, verbunden und durch einen Horizontalschnitt wieder getheilt, zwei Wirbeln entsprächen, das *os peristomiale* aber zwei brachialen Bauchplatten und die *ab- und adoralen* Deckplatten zwei Paaren von Lateralplatten. Dieser Schluss wird durch die Ergebnisse der Entwicklung dahin modificirt, dass nur die äussere Hälfte der Mundeckstücke, in gleicher Weise behandelt, zwei Wirbeln und die *ossa peristomialia* zwei Bauchplatten homolog zu setzen, dass dagegen die *adoralen* Hälften der Mundeckstücke mit ihren Deckknochen als Producte einer besonderen Integumentfalte, als eigenartige Theile der Scheibe, ohne Homologa in den Armen, anzusehen sind. — Ein weiterer vergleichend anatomischer Schluss, welcher als solcher vielleicht correct war und sich auf die Appendices des Wassergefässringes bezog, wird ebenfalls hinfällig. Wenn ich dort aus allerlei anatomischen Uebergängen folgerte, die sämtlichen Appendices (ausser den Armwassergefässstämmen), nämlich die einfachen oder mehrfachen Poli'schen Blasen, die Wassergefässe der Leibeshöhle der Ophiactis, die Schläuche in den braunen Körperchen der Seesterne, und dergl. m., seien ursprünglich gleichwerthige, nachher nur in verschiedene Gruppen zusammengefasste Ausstülpungen des Wassergefässringes, so zeigt doch die Entwicklung, dass gerade entgegengesetzt die Poli'schen Blasen zuerst und einheitlich angelegt werden, und dass die übrigen Anhängsel als untergeordnete, atypische erst später zu ihnen hinzukommen.

Drittes Capitel. Vergleichendes.

Die Thatsachen, dass die Arme bei den Larven der Stachelhäuter ziemlich spät nach dem Eintritt in's physiologische Leben sich entwickeln, dass weiter regenerirte Arme sich in nichts von embryonalen unterscheiden, dass manchen Seesterngeschlechtern zwischen den originalen Armen epigonal junge hervorsprossen, und dass endlich eine verlorene Armspitze bei der Ergänzung ganz die Ausbildung eines ursprünglichen Armes erhält, machen es wahrscheinlich, dass die regeneratorsche Entwicklung mit der embryonalen in ihrem Causalnexus sehr bald übereinstimmt. Wenn nun sonst eine vergleichende Uebersicht in hervorragendem Maasse der Entwicklungsgeschichte anheimzustellen ist, so berechtigt mich doch wohl diese Wahrscheinlichkeit, eine Vergleichung der übrigen Echinodermenklassen, zunächst des Seestern- und Seeigelhabitus, auf die bei der Regeneration wirkenden Bildungsgesetze zu gründen. Um den Kreis der Wahrscheinlichkeit nicht zu überschreiten, schliesse ich den Darm, die Regenerationsorgane und einige untergeordnete Bildungen aus. Meine Absicht ist, die Hauptverschiedenheiten auf möglichst einfache Differenzen der Bildungsursachen zurückzuführen und daraus die Verschiedenheit des einzelnen herzuleiten. Ich finde da folgende ziemlich fundamentalen Bestimmungen:

1. Verdünnung der Haut unterhalb des Armwassergefässes bedingt die Ambulacralrinne der Seesterne; bei den Seeigeln bleibt sie verdickt wie bei den Ophiuren.

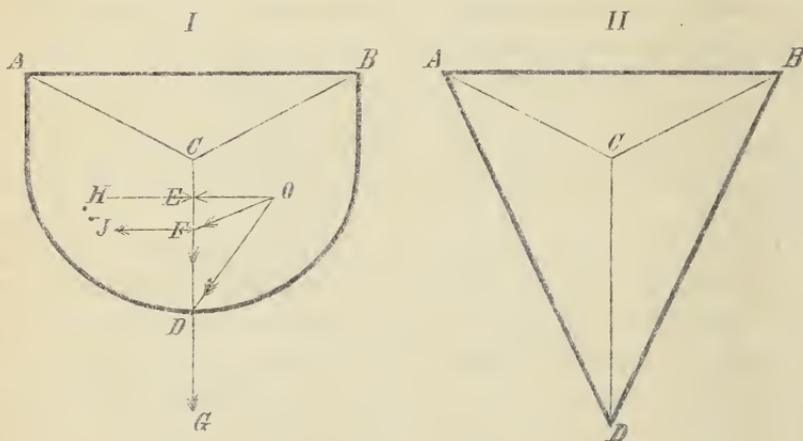
2. Verminderung der Armknickung (Cap. II, F) führt die Ophiuren in Seesterne, Verstärkung in Seeigel über.

4. Der erste Punct scheint zu klar, als dass er noch besonders hervorgehoben zu werden verdiente. Gleichwohl verlangt er einige Aufmerksamkeit; denn ich verstehe unter den Eigenthümlichkeiten der Ambulacralfurche nicht blos ihre Vertiefung, sondern auch die besondere Form der Blutgefässe und des Nervenbandes. Die Vertiefung ergiebt sich aus der Hautverdünnung selbst und aus einem Ueberwachsen des seitlichen Integumentes. Die Verdünnung aber wird zugleich die Ursache einer Widerstandsverminderung bei der Ausbildung des Nervenbandes und der Blutbahn. Fällt bei der Anstauung des Nervenbandes zu einzelnen Ganglien (Cap. II. E), gleichzeitig mit dem Hervorsprossen je eines Tentakelpaares, der äussere, untere Hautwiderstand hinweg, so fehlt damit die Ursache, welche (durch eingeschaltete Scheidewände) die einzelnen Ganglien als solche auseinanderhält. Die Elasticität der

Nervenmasse bewirkt daher Ausgleichung der Knoten zu den glatten Nervenbändern der Asterien, ähnlich wie bei dem aufsteigenden Theile des brachialen Nervenstammes der Ophiuren. Dass der Ausgleich nicht zur vollständigen Verwischung führt, hat LANGE gezeigt (IV. p. 270); und ich bemerke, dass eine geringe Andeutung des doppelten Ganglienpaares oft auch noch im aufsteigenden Theile des brachialen Nervenstammes der Ophiuren erhalten bleibt.

Die zweite Wirkung der Verminderung des äusseren Hautwiderstandes betrifft den Querschnitt der Blutbahnen. Bei den Ophiuren erhält er die unten abgeplattete Form von Holzschn. I, offenbar eine Folge der darunterliegenden Bauchplatte. Nimmt man diese weg, so muss der rundliche Querschnitt in den dreieckigen der Seesterne (Holzschn. II) übergehen aus folgenden Gründen:

Die Ursache, welche die Form der Wandungen bestimmt, ist der Seitendruck der Blutströme. Im unpaaren Gefässe muss der Druck derselbe sein wie in den lateralen, da die Röhren mit einander an vielen Punkten communiciren. Der Seitendruck kann nach Wegnahme der Bauchplatten bloß da sich äussern, wo die Wände Verbiegungen gestatten; daher wird seiner Wirkung zunächst entzogen die Wand *AB*.



Ebenso wenig können die inneren Wände *AC*, *BC* und *CD* eine Richtungsänderung erfahren, da die Druckverhältnisse auf beiden Seiten dieselben bleiben; sie werden durch den auf beiden Seiten gleichen Druck in ihrer Lage erhalten. (Dabei ist es gleichgültig, ob wir für das unpaare Gefäss, wie ich, HOFFMANN'S oder LANGE'S verbesserten Querschnitt zu Grunde legen). Es sind also nur zu berücksichtigen die äusseren Wände *AD* und *BD*. Um die Wirkung des Seitendruckes zu untersuchen, ersetze ich diesen durch Einzelkräfte, welche ungefähr vom Mittelpunkte

des Blutstromes, *O*, rings auf die Seiten wirken; sie mögen, da die Differenzen nicht gross sein können, an allen Stellen der Wand gleich gesetzt werden. Die Kräfte müssen an der Mittelwand *CD*, welche den beiden fraglichen Blutströmen in den lateralen Gefässen gemeinsam ist, eine doppelt so starke Wirkung haben, als an den übrigen. Die Wirkung wird daher hier die überwiegende, die bestimmende für den ganzen Querschnitt werden müssen. Sie ist aber diese: Ein Stoss, welcher vom Centrum *O* senkrecht auf die Mittelwand trifft, *OE*, wird durch einen gleichen Stoss aus dem andern Gefässe, *HE*, aufgehoben, dient also allein zur Aufrechterhaltung der Lage der Wand *CD* in *E*. Die sämtlichen Stösse dagegen, welche, von *O* aus, die Wand *CD* zwischen *E* und *D* treffen, haben, ausser dieser Wirkung, die Wand in ihrer Lage zu erhalten, noch eine andere, welche zunimmt, je weiter wir von *E* nach *D* fortschreiten, und welche eine Verlängerung der Wand *CD* über *D* hinaus bezweckt. Der Stoss *OF* z. B. zerlegt sich in zwei Componenten; die eine, *FJ*, senkrecht zu *CD*, wird durch die Gegencomponente aufgehoben und fixirt mit dieser den Punct *F*, die andere fällt in die Richtung *FG* und verlängert *CD* über *D* hinaus nach *G* zu. Je eine Componente von letzterer Tendenz liefern die sämtlichen Stösse von *E* bis *D*. Aehnliche Wirkungen werden zwar auch in *B* und *A* auftreten, aber die bei *CD* muss jede von ihnen um das doppelte übertreffen, da hier die Stösse aus den beiden Mittelpuncten der Blutströme in den lateralen Gefässen vereinigt sind, bei *A* und *B* jedoch nur je ein Strom wirkt. Mögen daher auch bei der Gleichsetzung des Seitendruckes auf alle Theile der Wandung Ungenauigkeiten vorliegen, der doppelte Antheil der Ströme von *E* bis *D* aus beiden Mittelpuncten genügt, um die Verlängerung von *CD* über *D* hinaus zum bestimmenden Momente für den gesammten Querschnitt zu stempeln. Diese Verlängerung wird so lange andauern, bis die Seitenwandungen *AD* und *BD* vollständig gespannt, d. h. in gerade Linien übergeführt sind. So erhalten wir denn aus dem Querschnitte der Blutgefässe der *Ophiactis* in Holzschn. *I* den der Seesterne in Holzschn. *II*. Die Eigenheiten der Ambulacralrinne der Asterien scheinen so durch die Verdünnung der Bauchplatten sehr gut aus der Arm bildung bei den Ophiuren zu folgen¹⁾.

Man hat indess nicht nur der Wirkung, sondern auch der Ursache der Hautverdünnung, oder wenn man von den Seesternen zu den Ophiuren übergehen will, der Hautverdickung nachzuforschen. Ich habe in Th. I, Cap. II GREEFF's Erklärung, als würde die Ambulacralrinne von beiden Seiten überwachsen, zurückweisen zu müssen geglaubt; jetzt

1) Der Seestern *Cribrella sanguinolenta*, welchem nach LANGE (IV, p. 276) die dachförmige Vorwölbung des Bandes fehlt, ist noch besonders zu prüfen.

will ich versuchen, wenigstens die Möglichkeit einer einfacheren Erklärung darzuthun. Man lasse aus irgend welchen Ursachen in einer Ophiurenlarve bei der Entwicklung eines neuen Armes das junge Armwassergefäß bei seiner Ausstülpung nur ein klein wenig tiefer in die Haut eindringen, so dass am inneren Mundrande, wo die Ausstülpung erfolgt, das Bildungsgewebe eine dünnere Schicht bildet, so wird, wenn dadurch die Kette der formbildenden Kräfte nicht zu sehr alterirt ist, aus der Ophiure ein Seestern von der Art der Brisungiden. In diesem Falle ist die Ursachenverschiebung im Embryo eine äusserst geringe, der Erfolg ein bedeutender.

2. Das zweite Moment, welches die Ophiuren entweder in Seesterne oder in Seeigel überführen sollte¹⁾, bezog sich auf die Knickung des Armwassergefäßstammes (eigentlich des ganzen Armes, wofür man als bestimmendes Hauptorgan den Wassergefäßstamm nehmen kann). Die Knickung ist in Cap. II, F beschrieben worden. Sie brachte am Gefässe den aufsteigenden Ast hervor, woran sich weitere Consequenzen angeschlossen. Dass die Knickung in ihrer Ausprägung Schwankungen unterworfen ist, zeigen die Ophiuren selbst; denn sie ist bei denen mit zwei Paar Mundtentakeln stärker als bei denen mit einem Paare. Ihre weiteren Schwankungen über dieses Maass hinaus genügen, wie ich glaube, um die meisten Eigenthümlichkeiten der benachbarten Echinodermenclassen darauf zu gründen, so zwar, dass eine Zunahme der Knickung aus der Ophiure den Seeigel, eine Abschwächung und Aufhebung den Seestern hervorbringt. Die Folgen einer scheinbar so unbedeutenden Veränderung können, glaube ich, gar nicht hoch genug angeschlagen werden, denn bei den Seesternen z. B. verrücken sie fast die sämtlichen Homologien, welche zwischen ihren Einzeltheilen und denen der Ophiuren von der vergleichenden Anatomie aufgestellt worden sind, in einer Ausdehnung, dass von der überaus grossen Menge der inneren und äusseren Skeletstücke und ihren Muskeln kaum einige wenige völlig den gleichnamigen Theilen der Schlangensterne entsprechen. Um von vornherein die Ungeneigtheit, einer scheinbar so geringfügigen Ursache so weittragende Wirkungen zuzugestehen, in möglichstem Maasse zu mindern, bitte ich den Leser zweierlei zu bedenken; ich verweise erstens auf die ausserordentliche Gleichmässigkeit der Armglieder, welche so

1) Es wird mit dieser Aneinanderreihung keineswegs die Aufdeckung des genealogischen Zusammenhangs, sondern vielmehr eine vergleichende Uebersicht über die verschiedenen Echinodermenclassen nach einer möglichst einheitlichen, durchgreifenden und verständlichen Anschauungsweise versucht, ähnlich wie Götte (I, p. 634) dieselben Thiere nach verschiedenen Gesichtspuncten in Reihen gebracht hat.

gross ist, dass wir ausser dem centralen oder Scheibentheile nur einige wenige Glieder von den Armen brauchen, um darnach das ganze Thier zu construiren, daher jede Aenderung an diesen ersten Gliedern alle übrigen sofort mit beeinträchtigen muss, und ich bitte zweitens, alle die verwickelten Folgen, welche die Armknickung (oder die Knickung des brachialen Wassergefässstammes) bei der *Ophiactis* nach sich zog, sich aus Cap. II, F in's Gedächtniss zurückzurufen. Ich bespreche zuerst die Seesterne, nachher die Echin.

Bei den Seesternen liegen die brachialen Wassergefässstämme mit dem Ringe in derselben Ebene, sie gehen von ihm horizontal nach aussen. Lassen wir ihre Entwicklung nach dem Muster der *Ophiactis* geschehen, so haben beide das gemein, dass diese Gefässe als anfangs nach innen gerichtete Ausstülpungen des Ringes ihre Pendelschwingung nach aussen durch einen untern Bogen vollführen, dass dann der Gefässanfang bei der *Ophiure* wieder in die perpendiculäre Lage zurückgeführt wird (Armknickung), während beim Seestern dieser abermalige Richtungswechsel fehlt. Die allererste Folge davon ist, dass die Zahnträger, durch die erste Pendelschwingung abgegliedert und nach aussen gerückt, nicht wieder, wie bei der *Ophiactis*, aufgerichtet werden, sondern in schräger Lage von einander abstehen. Der Unterschied geht so weit, dass sie bei der *Ophiactis* unter- und innerhalb von dem Ringe liegen (Th. I, Fig. 45), bei den Seesternen dagegen aussen an den Ring stossen (Fig. 8). Die secundäre Ausbildung beweglicher Zähne und ihrer Muskeln kommt bei den Seesternen nicht zu Stande.

So lange bei der *Ophiactis* die Armwassergefässe horizontal nach aussen sahen, hatten die centrifugalen Ströme in diesen eine doppelte Wirkung, nämlich Verlängerung der Arme und zugleich Entfernung ihres Ansatzpunctes vom Ringe, d. h. eine Erweiterung des Ringes an der betreffenden Stelle (daher die bogenförmigen Ausbiegungen des Ringes auf den Mundeckstücken. Th. I, Fig. 45). Die letztere Wirkung des centrifugalen Strebens wurde aufgehoben durch die Armknickung, welche die Ströme aus dem Ringe in eine andere Ebene abzubiegen zwang. Bei den Seesternen bleibt die centrifugale Tendenz, da die Knickung und Stromablenkung fehlt, auch am Ringe thätig, sie führt zu seiner Erweiterung und zur entsprechenden Verbreiterung seiner Verschlussfläche, d. h. zur Ausbildung einer *Buccalmembran*.

Die Armknickung bedingte weiter Verengerung des Armes, bezw. Verschmelzung zwischen Rückenhaut und Wirbelsäule. Verengerung und Verschmelzung fallen weg bei den Seesternen. Der Ausfall der ersteren schafft Raum für die Entwicklung der Lebern, der der letzteren hat eine Menge weiterer Folgen.

Die Verschmelzung zwischen Rückenhaut und Wirbelsäule, zugleich mit einer durch die Armknickung gesetzten Wachstumsverzögerung der Rückenhaut, wurde zunächst die Ursache für die typische Abgliederung der Wirbel der Ophiactis. Indem die Wirbelsäule an allen Verschmelzungspunkten nach vorn und oben sich emporhob und verschob, wurde sie überall zwischen den Tentakelpaaren von den Bauchplatten abgelöst, so dass jeder Wirbel an diesen mit zwei Paar Fortsätzen, vor und hinter dem Tentakel, haftete; die Einknickung der Säule geschah an den dünnsten Stellen, jedesmal über einem Ablösungspuncte. Ganz anders bei den Seesternen. Die Verschmelzung mit der Rückenhaut fehlt, und damit die Verdickung der Säule nach oben (sowie die Umbildung der Tentakelgefäße zur Schleife) und die Ablösung von den Bauchplatten. Die Einknickung der Säule erfolgt an den dünnsten Stellen, sie liegen aber jetzt nicht mehr zwischen den Tentakelpaaren (wo die Säule bei fehlender Ablösung massiv geblieben ist), sondern über denselben. Daher kommt es, dass vermuthlich kein einziger Wirbel eines Seesternes dem einer Ophiure homolog ist; ich sage »vermuthlich«, weil vielleicht die zwei oder drei ersten Armwirbel eine Ausnahme machen. Wollte man aus einem Seesternwirbel (Fig. 8 Vr) einen Ophiurenwirbel herstellen, so hätte man ihn quer zu theilen, so dass seine massiven seitlichen Fortsätze beiderseits durch eine Spalte in je zwei zerfielen, die Abgliederung aber der Wirbelsäule durch die Spalte bestimmt würde. Umgekehrt, sollten aus Ophiurenwirbeln Seesternwirbel hervorgehen, so müsste jederseits der seitliche Fortsatz hinter dem Tentakel mit dem Fortsatze des nächsten Wirbels vor dessen Tentakel verschmelzen, und ein Wirbelende müsste nicht zwischen die benachbarten Fortsätze zweier Wirbel fallen, sondern zwischen die Fortsätze desselben Wirbels. Demnach ist ein Seesternwirbel nicht dem einer Ophiure homolog, sondern der hintern und vordern Hälfte zweier Nachbarn, wie dies in untenstehendem Schema ausgedrückt ist. Ich habe die ersten Wirbel hier

Ophiuren: Ordnungszahlen der Wirbel

$$\begin{array}{ccccccc} & & \text{III} & & \text{IV} & & \text{V} \\ & & \underbrace{\quad} & & \underbrace{\quad} & & \underbrace{\quad} \\ 1/2 & 11/2 & 1/2 & 11/2 & 1/2 & 11/2 & \end{array}$$

Seesterne: Ordnungszahlen der Wirbel

$$\begin{array}{ccc} \text{III} & \text{IV} & \text{V} \end{array}$$

ausgenommen, weil ich sie bei der Ophiactis, soweit sie der Scheibe angehören, in meiner Untersuchung etwas vernachlässigt hatte und den Fehler nachher nicht mehr nachzuholen vermochte. Es ist möglich, da diesen Wirbeln die Verschmelzung mit der Rückenhaut nicht zukommt, dass ihre Beziehungen zu den gleichnamigen der Seesterne engere sind, als bei den eigentlichen Armwirbeln. Zu bemerken ist, dass die meisten

Abbildungen bei BRONN u. a. diesen ersten Wirbeln entnommen sind, daher sie nicht auf einen durchgängigen Werth für alle Ophiurenwirbel Anspruch erheben können.

Genau so wie die Wirbel sind die schwachen Intervertebralmuskeln der Seesterne (Fig. 8 *M. iv*) aufzufassen. Sie liegen natürlich, da sonst zwecklos, über den Gelenken, also über den Tentakelgefässen. Die benachbarten Hälften zweier verschiedenen Muskeln entsprechen einem einzelnen Zwischenwirbelmuskel der *Ophiactis*.

Die durch die Armknickung bewirkte Verschmelzung zwischen Rückenhaut und Wirbelsäule wurde weiterhin der Grund zur typischen Abgliederung des brachialen Hautskelets. Dass diese bei den Seesternen eine ganz andere werden muss, leuchtet ein. Zwar können gewisse Homologien im Détail erreicht werden, in der Hauptsache aber werden die Reliefbildungen an der Oberfläche das bestimmende Moment sein und eine allgemeine Verschiedenheit nach sich ziehen. Am festesten ist die Gliederung der Haut seitlich bedingt, durch die Verbindung der Wirbel mit dem Integument; die seitlichen Armverbiegungen bringen hier die Einknickungen der Haut zu den Lateralplatten (Fig. 8 *L. br. l*) zu Stande, daher diese Randplatten denen der *Ophiactis* ebensoweit homolog sind, als die Wirbel. Aehnlich kann die Armbiegung nach oben und unten in der Verticalebene Rückenplatten erzeugen, welche in gewisser Weise denen des Ophiurenarmes entsprechen. Solche Rückenplatten sind die, welche die mittlere Stachelreihe des *Astero-canthionarmes* tragen. Im übrigen geht das Hautskelet der Seesterne seinen eignen Weg.

In Cap. II, F ist schon gezeigt worden, wie durch die horizontale Richtung des brachialen Wassergefässes nach aussen die beiden radialen Muskeln erzeugt werden und wie das Material für die Weiterführung dieser Muskelreihe zwischen Wassergefäss und Nervenband sich einschiebt, wie es aber durch die Armknickung wiederum verdrängt wird; daher sich die Muskelreihe auf die beiden ersten Muskeln, den superior und inferior, beschränkt. Die Knickung fehlt den Seesternen, das Material bleibt daher bestehen, und die Reihe der *Ambulacralfurchen-verengerer* wird weitergeführt (Fig. 8 *M. r*). Eine Wirkung der beiden Muskeln bei der *Ophiactis* war die Längstheilung des Wirbelsäulenanfanges, oder die Ausbildung des Gelenkes zwischen zwei conjugirten Mundeckstücken, weiterhin, wo die Muskeln fehlten, erfuhr die Säule bloß eine Quergliederung in einzelne Wirbel. Die Wirkung der fortgeführten Muskelreihe bei den Seesternen ist die, dass jeder einzelne Wirbel noch der Länge nach getheilt ist, nach Art der Mundeckstücke der Ophiuren.

Eine besondere Berücksichtigung verlangt noch die übrige Muskulatur. Die eigentlichen Zahnmuskeln der Ophiuren, *Musc. interradales ador. sup.*, habe ich, wie schon erwähnt, bei den Seesternen nicht wiedergefunden, wohl aber die gleichnamigen *inferiores*, welche sich quer vor die adoralen Enden zweier benachbarten Mundeckstücke verschiedener Arme vorlagern (Fig. 8 *M. ad. i*). Die Verschiebung der Mundeckstücke in Folge der fehlenden Armknickung versetzt sie in andere Lagebeziehungen als bei den Ophiuren. Bei letzteren beschrieb ich (Th. I, Cap. III) zwei Kränze von Scheibenmuskeln, einen äusseren und einen inneren, der äussere wurde gebildet von den zwei radialen Muskeln (Bauchfurchenverengerern) und dem *Musc. interradales aboralis*, der innere von den oberen und unteren Zahnmuskeln. Bei den Seesternen ist der innere Kranz zusammengesetzt aus den unteren Zahnmuskeln, welche nach aussen rücken, und den ersten Bauchfurchenverengerern (den oberen der Ophiactis; Fig. 8 *M. ad. i* und *M. r*), der äussere aus den interradales aboralen Muskeln, die gleichfalls nach aussen gerückt sind (Fig. 8 *M. ab*). Als besondere Muskeln fand ich am Asteracanthionarme wesentlich noch zwei Gruppen. Die eine, deren Fasern der Längsrichtung des Armes parallel ziehen, verbindet die unteren Flächen je zweier Randplatten (Fig. 8 *M. l*), krümmt also den Arm; da wo zwei Arme sich berühren, setzt sich diese Hautmuskelreihe des einen Armes fort auf die des anderen durch einen quergelagerten Muskel, parallel dem adoralen und aboralen interradales Muskel; man könnte ihn als *Musc. interradales tertius* oder *externus* bezeichnen. Für diese Muskelgruppe existirt kein Homologon bei den Ophiuren. — Die zweite den Seesternen eigenthümliche Muskelgruppe ist schräg zu den Armen gestellt. Sie verbindet die seitlichen Wirbelfortsätze mit dem Integumente (Fig. 8 *M. tr*). Die Homologa bei den Ophiuren sind leicht zu entdecken, es sind nicht Muskeln, sondern die Gelenkbänder, welche von den seitlichen unteren Wirbelfortsätzen zu den Bauch- und Seitenplatten sich hinüber spannen (Th. I, Cap. II, 4. §).

Hiermit, glaube ich, sind im allgemeinen die Unterschiede erschöpft, welche aus der fehlenden und vorhandenen Armknickung zwischen Seesternen und Ophiuren erwachsen. Eine andere Beurtheilung werden die Ambulacralfüsschen erfahren müssen. Man wird auch diese nicht ohne weiteres in beiden Classen einander homolog setzen dürfen. Vielmehr, meine ich, sind die Seesternfüsschen den Schlangensterntentakeln gerade so weit homolog, als ein Comatulaarm einem Asteroidenarm, nämlich etwa zur Hälfte. Bei der Comatula wird man nach Ursachen suchen müssen, welche das weitere Vordringen des brachialen Wassergefässes am Rande der Scheibe verhindern und ihn in zwei thei-

len (ähnlich wie in den Ausnahmefällen der Seesternarm getheilt werden konnte, Cap. II, G). Entsprechende Ursachen werden die Tentakelausstülpung nicht weiter wachsen lassen, sondern sie in einen oberen und einen unteren Ast spalten; der obere wird zur Ambulacrallampulle, der untere zum Saugfüsschen. Die Verschiedenheit beider möchte ich lediglich auf den verschiedenen physiologischen Gebrauch schieben, wie er aus der äusseren und inneren Lage entspringt.

Eine nicht ganz heterogene Ursache, überwiegender Widerstand nämlich des Arminteguments gegen das vordringende Ambulacralsystem, scheint mir unter den Seesternen die Unterschiede zwischen den Geschlechtern mit doppelter Füßchenreihe und den Asteracanthiden mit höherer Anzahl hervorzurufen. Bei CLAUS finde ich die Bemerkung (Grundzüge der Zoologie, II. Auflage, p. 232): »Nach STIMPSON giebt es übrigens Asteracanthiden mit 2, 6 und 8 Fussreihen.« Die Erklärung für eine scheinbar so auffallende Thatsache ist leicht zu geben. In der Jugend besitzen die Asteracanthiden nur zwei Fussreihen. Exemplare von *Asteracanthion rubens* wenigstens, etwas kleiner als das in Fig. 8 abgebildete, zeigten im gleichen Horizontalschnitt keine Spur einer Abweichung von der typischen Anordnung in zwei Reihen, so dass ich schwankte, ob ich in der That diese Species vor mir hätte, was sich indessen bei näherer Untersuchung als sicher herausstellte. Fig. 8 giebt für die Umbildung zur Vierreihigkeit den gewünschten Aufschluss. Die adoralen Füßchen stehen noch genau in zwei Reihen, die aboralen aber drängen sich zusammen und schieben sich bei der Raumbengung zwischen oder nebeneinander, so dass darin der Uebergang zur Vierreihigkeit ersichtlich ist. Also Raumbengung ist die Ursache zur Umbildung. Die Raumbengung kann aber wohl nur darin liegen, dass die Rücken- haut in verhältnissmässig später Periode dem Längenwachsthume des Ambulacralsystems Widerstand leistet. Auch die Begründung des Widerstandes scheint mir leicht sich zu ergeben. Sie wird in der regelrechten Absonderung von Rückenplatten, welche diesem Genus eigen, zu suchen sein. Die Verkalkung dieser Platten kann leicht ihr Wachsthum einschränken; und eine so zufällige Bedingung, welche auf einen reichlicheren oder spärlicheren Kalkgehalt der Nahrungsmittel hinausläuft, ist wohl geeignet, die gelegentlichen Abweichungen zu erklären. Je grösser der Kalkgehalt, um so stärker der Wachsthumswiderstand. Wie aber das Thier, welchem Fig. 8 entnommen, den zwei- und vierreihigen Typus zugleich in sich vereinigt, jenen am Munde, diesen an den Armen- enden, so begreift man, wie durch erhöhte Kalkaufnahme das Armende die Tentakeln allmähig in sechs, ja in acht Reihen auseinanderdrängen kann.

Ich gehe über zu den Seeigeln. Verstärkte Knickung der Arme, bezw. der brachialen Wassergefässstämme, so behauptete ich, bedingt die Abweichungen ihres Characters von dem der Schlangensterne. Ich beschränke mich im Vergleich auf das Genus *Echinus*. Die Knickung der Arme muss sich, wie überall, im Umfange der Scheibe am bedeutendsten manifestiren, sie ist es, welche zunächst als eigentliche Scheibe das Gebiss, die Laterne des *ARISTOTELES*, in ihrer eigenthümlichen Gestaltung erzeugt. Meine Parallelen können allerdings nur nothdürftig sein, da mir kein thierisches Material zur Hand, da ich vielmehr auf *VALENTIN'S* und *MEYER'S* Angaben angewiesen bin. Aus deren Beschreibung, besonders der des ersteren Autors (VII), schliesse ich, dass die Knickung des brachialen Wassergefässstammes diesen nicht unmittelbar an seiner Ursprungsstelle aus dem Ringe ergreift, wie bei den Ophiuren, sondern ein wenig weiter nach aussen, dass sie aber ungleich beträchtlicher sein muss, als bei letzteren Thieren; dadurch kommt es, dass das Armwassergefäss nicht mit einem auf- (oder ab-) steigenden Theile anhebt, sondern mit einem kurzen horizontalen, welcher von dem Ringe bis zum Ende des Bügels (*VALENTIN'S* *Compas* VII, p. 63) auf der Laterne verläuft. Diesem ersten folgt der lange absteigende Theil, vom Ende des Bügels bis unter *VALENTIN'S* *auricule*, dem eigentlichen ersten Wirbel. Der weitere, längste Theil des Gefässstammes bis zum oberen Pole entspricht dem horizontalen der *Ophiactis*. Es könnte scheinen, als schliesse der erste horizontale Theil auf der Laterne einen wesentlichen Unterschied von der *Ophiactis* ein, zum mindesten eine Verschiebung der Knickung nach aussen. Dem ist wohl nicht so. Erinnern wir uns der Ursachen der Knickung, so lassen sie sich darstellen als eine nach unten wirkende Zugkraft. Indem diese bei den Ophiuren in einer Entfernung von einer oder zwei Wirbellängen vom Ringe an dem Wassergefässstamm anfasst, dreht sie den Anfangstheil des Gefässes aus der horizontalen Lage nach unten in die perpendiculäre, mit dem Gefässe aber zugleich den vorderen Theil der Wirbelsäule, daher die äussere Fläche der Mundeckstücke eigentlich der oberen der Wirbel entspricht. Die Ursache kann bei den Seeigeln als dieselbe angesehen werden, als eine Zugkraft, welche in einiger Entfernung vom Ringe das Wassergefäss nach unten zu ziehen sucht. Diesem Zuge tritt jedoch hier ein Widerstand entgegen, indem, offenbar wegen rascher Ueberhandnahme des Laternenwachsthums, der Anfangstheil der Wirbelsäule dem Zuge nicht folgt, sondern horizontal bleibt und damit den betreffenden Anfangstheil des Wassergefässstammes in gleicher Lage zurückbehält. In Folge dessen äussert sich die Zugkraft so, dass sie die Wirbelsäule an ihrem (der Kraft) Ansatzpunkte zerbricht, das dehnbare Wassergefäss aber in einen absteigenden Ast

nicht dreht und ablenkt, sondern verlängert und auszieht. Es entsteht durch diese Complication für den ersten Blick eine gewisse Schwierigkeit, welche sich indessen dem näheren Studium leicht auflöst und entwirrt. Ich werde am besten thun, zuerst die Homologien zu nennen: Der Bügel ist der Anfang der Wirbelsäule beim Echinus, ihre Fortsetzung ist das Ohr (*auricule VALENTIN*); diesem Bügel ist bei der *Ophiactis* die äussere senkrechte Hälfte zweier conjugirten Mundeckstücke (vereinigt gedacht) homolog. Während also bei der *Ophiactis* die Wirbelsäule sich von oben nach unten biegt und dann horizontal verlängert, bleibt sie beim Igel (wenn man die Schalenkrümmung vernachlässigt und den Arm sich horizontal gelegt denkt), durchweg horizontal, aber ihr Anfangsstück, der Bügel, liegt in einer höheren Ebene, als der übrige Theil; beide Theile sind nicht verbunden, die Säule ist unterbrochen. Vom brachialen Wassergefässe des Sternes ist der Anfang, der aufsteigende Theil, homolog dem horizontalen Anfange desselben beim Igel, soweit er auf der Laterne unter dem Bügel liegt, der horizontale dem unteren horizontalen des Igels, dem eigentlichen *Ambulacralfass* der Anatomie. Der aufsteigende Theil des Echinus, welcher die beiden horizontalen verbindet, hat vermuthlich gar kein eigentliches Homologon bei der *Ophiactis*, sondern entspricht der sehr verlängerten Uebergangsstelle des horizontalen und aufsteigenden Theiles bei dieser.

Da die Ursachen der Knickung kräftig genug sind, um die Wirbelsäule abzubrechen, so genügen sie auch, um den Scheibentheil zur Laterne umzubilden und die Arme heraufzubiegen und ihnen die Rücken- haut zu nehmen. Letzteren Punct berühre ich zunächst. Bei der *Ophiactis* wurde die Knickung der Wirbelsäule (oder des brachialen Wassergefässstammes) die Veranlassung zu einer Wachstumsverlangsamung der brachialen Rücken- haut gegen die Säule, einer Verlangsamung, aus welcher ich die charakteristische Form der Ophiurenwirbel herleitete (Cap. II, F). Die Verlangsamung war begründet in dem spitzen Winkel, welchen nach der Knickung das Armwassergefäss als der bestimmende Factor für das Armwachsthum mit der Rücken- haut bildete. Es zeigte sich, dass, je grösser der Winkel (z. B. in Fig. 14), um so grösser die Wachstumsdifferenz zwischen Armrücken und -bauch. Wenn nun die Knickung energischer wird und damit der Winkel sich gleich anfangs sehr rasch erweitert, so wird das Wachsthum der Rücken- haut ebenso schnell auf Null reducirt werden, da nunmehr das Wassergefäss die Macht verliert, die Rücken- haut mit auszuziehen und zu verlängern. Der Widerstand, welcher so die nicht weiter verlängerte Rücken- haut dem horizontalen Vordringen der Gefässspitze entgegensetzt, kann nur dazu dienen, diese immer mehr nach oben umzubiegen und in die Richtung

überzuführen, welche das Gefäss im fertigen Seeigel verfolgt. Der kleine Apicalapparat des Echinus enthält so die Anlage zu der gesammten Scheiben- und Armrücken- (und -seiten-) haut der Ophiure und würde zu deren Umfange erweitert sein, wenn eine schwächere Armknickung den Wassergefässen den dehnenden Einfluss gelassen hätte.

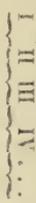
Für die Umbildung der Laterne aus dem Kauapparate der Ophiuren ist ein weiteres Verhältniss zu Hülfe zu nehmen. Nachdem nämlich die Wirbelsäule durch die Armknickung unterbrochen und ihr Anfangsstück in eine höhere (innere) Ebene verlegt ist, als ihr weiterer Verlauf, so hat dieses fernerhin zur Folge, dass der so modificirte Kauapparat in seiner oberen Hälfte frei (nach innen wachsend) sich ausdehnen kann, unten jedoch von der sich zusammenziehenden Schalenöffnung an weiterer Verbreiterung gehindert wird. Daher die fünfseitig-pyramidale Gestalt der Laterne gegenüber dem prismatischen Kauapparate der Ophiuren. Diese Erweiterung der Basalfläche der Pyramide bringt auch alle noch nicht berührten Skelettheile aus ihrer Lage. Die erste Homologie, welche ich aufstellte, war die zwischen den senkrechten, äusseren Hälften der Mundeckstücke der Ophiure und dem horizontalen Bügel des Echinengebisses, als Anfangstheilen der beiden Wirbelsäulen. Ich vermuthe, dass mit dem Bügel unter diese Rubrik als Abgliederungsproduct das Schaltstück (*la faux Valentin*) hinzuzunehmen ist. Entfernt man die hier besprochene äussere Hälfte der Mundeckstücke von diesen, so bleiben am Ophiurengebiss die Zahnträger mit ihren äusseren Hautplatten übrig. Diese Zahnträger sind den Pyramiden der Seeigel homolog, so zwar, dass man die Homologien im einzelnen verfolgen kann. Der Kauzahn der Echinien wird zum Torus der Ophiure; die beiden inneren Hälften je zweier Mundeckstücke der letzteren, welche einen Zahnträger bilden, entsprechen den beiden inneren Seiten einer Pyramide, deren äussere Seite aber, welche annähernd senkrecht steht, wird bei den Ophiuren vertreten durch die horizontalen äusseren Deckplatten der Zahnträger, das *os interradianale oris* und die *ossa tectoria angularium oris*. Neu hinzu kommt bei den Echinien weiter nichts, als der Pyramidenbogen, *arcus transversus pyramidum* (VII, p. 64), eine Knochen- spanne, welche sich zwischen zwei benachbarten, nicht conjugirten Mundeckstücken als ein Auswuchs dieser herausgebildet hat. In dieser Weise participirt an der gewaltsamen Armknickung, welche die Wirbelsäule unterbricht, auch das äussere Integument, dessen äussere Verbindungsstelle zur Armbauchhaut in eine feine Membran ausgezogen wird, ähnlich der Verlängerung des brachialen Armwassergefässstammes an der geknickten Stelle.

Dem, welcher mit einer solchen Vergleichung des Kauskelets einverstanden ist, kann es nicht schwer fallen, auch die Kaumuskel der Seeigel und Schlangensterne in Beziehung zu setzen. Am leichtesten gelingt das für VALENTIN'S Muscles interpyramidaux und *M. transverses* (VII, p. 74). Die ersteren spannen sich aus zwischen den benachbarten Flächen zweier Pyramiden, sie können nichts anderes sein, als die *Musculi radiales* der *Ophiactis*, die ersten *Ambulacralfurchenverengerer* der Seesterne. VALENTIN'S *Muscles transverses* erstrecken sich von Bügel zu Bügel, d. h. von Wirbelsäule zu Wirbelsäule, in Folge dessen haben sie ihre Homologa in den *Musc. interradales aborales*, welche wir auch bei den Seesternen wiederfanden (Fig. 8, *M. ab*). Schwieriger ist die Parallele für VALENTIN'S beide übrigen Muskelpaare, die *Muscles interarceaux* und *arceaux*. Jene sollen von der *Auricula* zum Pyramidenbogen hinaufziehen, diese mehr horizontal ebenfalls vom Ohr zum Halbmonde der Pyramide, einem kleinen Knochenstückchen an der untern Hälfte der äusseren Fläche. Der Ursprung beider Muskeln, resp. ihre aborale Insertion, deutet darauf hin, dass sie zusammen aus einem Intervertebralmuskel hervorgegangen sein möchten. So scheint mir's in der That zu sein. Dann hätte der bei der Knickung sehr gedehnte Intervertebralmuskel sich getheilt und die adoralen Ansatzpunkte verschoben, den einen zur Seite nach aussen auf den Pyramidenbogen, den andern nach unten und aussen zum Halbmonde der Pyramide, wie ja auch bei der *Ophiactis* die beiden Intervertebralmuskeln des ersten Paares ein wenig divergiren. Von eigentlichen Zahnmuskeln hat uns VALENTIN nichts berichtet; vielleicht gelingt es erneuter Zergliederung, solche aufzudecken.

Ich habe versucht, in nachstehendem Schema (p. 544) die Muskulatur der Seesterne, Ophiuren und Echiniden in eine übersichtliche Vergleichung zu bringen, es fehlen darin alle die Muskeln, welche nur einer Classe eigen sind, wie z. B. jene beiden oben für die Seesterne aufgestellten Gruppen.

Mangelnde Einzelkenntniss gestattet mir nicht, die Vergleichung im besonderen auch über die beiden noch fehlenden Classen der Stachelhäuter zu erstrecken, die Crinoiden und die Holothurien. Doch genügt die allgemeine Bekanntschaft mit dem Verlaufe ihrer brachialen Wassergefässstämme, um auch sie mit unter denselben Gesichtspunct der Classification zu bringen. Ich ging von der aus der regenerativen Entwicklung der *Ophiactis* gewonnenen Anschauung aus, dass das Wassergefässsystem für den Echinodermenleib in hervorragendem Maasse das bestimmende sei. Der Ring ist allen Classen gemeinsam. Die Arme bilden sich daraus nach einer sich sehr gleichbleibenden

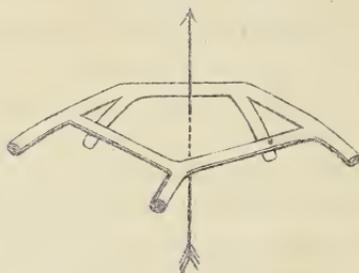
Vergleichende Uebersicht über die Skelettmuskulatur.

	A. M. intervertebralis.	B. Amphibranchialfurchenverengerer.	C. M. internod. atonalis.	D. M. intern. ador. inferior.	E. M. intern. ador. superior.	F. M. spinosus.
Seesterne		I III III IV V	Vorhanden (Aeusserer Kranz von 5 Muskeln.)	Vorhanden. (Mit B. I innerer Kranz von 10 Muskeln.)	Nachweis fehlt noch.	Je nach Bedürfniss ausgebildet, ohne homologisirt werden zu können.
Ophiuren mit 2 Paar Mandentakeln	I II III IV	I II (M. radialis sup. et inf.); die übrigen fehlen. (Aeusserer Kranz von 10 Muskeln.)	Vorhanden.	Vorhanden. (Innerer Kranz von 5 Muskeln.)	Nachweis fehlt noch.	Höchstens erlauben die spinales der Ophiuren und die Sackelmuskeln der Randplatten der Seesterne einen allgemeinen Vergleich.
Ophactis	I III IV V	I II (M. radialis sup. et inf.); die übrigen fehlen. (Aeusserer Kranz von 18 Muskeln.)	Vorhanden.	Vorhanden. (Innerer Kranz von 6 Muskeln.)	Je 2 Muskeln für die oberen Zähne.	
Echinus	Muscle interarcual et arcual Val.; die übrigen fehlen.	Muscle interpyramidal Val.; die übrigen fehlen.	Muscle transverse Val.	Nachweis fehlt noch.	Fehlt.	

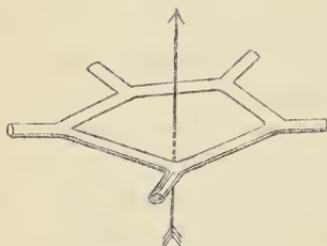
Formel. Diese Gleichmässigkeit aber im weiteren Verlaufe verlegt das Hauptgewicht auf die spezifische Bildung des Anfangstheiles der Stämme. Die wesentlichen Aenderungen konnten bei der *Ophiactis* in einem doppelten Richtungswechsel gefunden werden. Erst sah das brachiale Wassergefäss, kaum ausgestülpt, horizontal nach innen; von dieser Lage suchte es durch eine Pendelschwingung in die entgegengesetzte umzuschlagen, horizontal nach aussen; bevor es diese erreichte, wurde es wieder zurückgeführt durch die Armknickung in die nach unten perpendiculäre. Das letztere Moment fiel weg bei den Seesternen, für welche in der That die Streckung horizontal nach aussen das Endziel ist; es wurde verstärkt bei den Seeiegeln, mit gesteigerter Armknickung. Man kann hier die *Ophiuren* mit zwei Paar Mundtentakeln als eine Uebergangsform ansehen von den eigentlichen *Ophiuren* mit einem Paar zu den Seeiegeln, doch ist die Knickung noch nicht mächtig genug, um eine Unterbrechung, ein Durchreissen der Wirbelsäule, zu bewirken. In der Aneinanderreihung von Seesternen, *Ophiuren* und Seeiegeln ist noch kein Anhaltspunct gegeben, von welcher Gruppe man auszugehen habe, um zu den anderen zu gelangen; man kann von den Seesternen ebensogut beginnen, indem man die Knickung allmählig auftreten lässt, wie von den Seeiegeln, mit Abnahme der Knickung, ebensogut aber auch von den *Ophiuren*, woraus man durch Abnahme einerseits die Seesterne, andererseits die Seeigel herleitet. Der letztere Fall scheint mir zu einer Uebersicht sich am meisten zu empfehlen, wegen der Aehnlichkeit zwischen *Ophiuren* und *Crinoiden*¹⁾. Bei den *Crinoiden* erfährt das brachiale Wassergefäss nur einen Richtungswechsel, und auch den nur unvollständig; es geht von der inneren Lage in die äussere horizontale über, ohne diese zu erreichen; dass es sie nicht erreicht, liegt aber nicht an einer Knickung, also einem zweiten Wechsel, sondern an einem Mangel an Tendenz beim ersten. Wenn man ein *Crinoid* mit dem Mund nach unten stellt, dem sonstigen Stachelhäuterhabitus gemäss, so sehen die Armwassergefässe, so viel mir bekannt, einfach nach unten und aussen, ohne sich (von physiologischer Thätigkeit der Arme abgesehen) weiter nach aussen zu strecken; es fehlt ihnen das Bestreben, in die äussere horizontale Lage sich auszurichten. Es ist mithin, denke ich, die natürlichste Annahme, wenn ich sie als einfachsten Typus betrachte, an welchen sich durch Einführung der Knickung die *Ophiuren* anschliessen. Für eine solche Classification tritt gewiss

4) Ich verweise auch auf die übereinstimmende Gestalt der Tentakeln und ihrer Functionen in beiden Classen. Bei beiden scheinen sie mit der Locomotion noch nichts zu thun zu haben, zu der sie vielmehr erst bei den Echiniden und Seesternen befähigt werden.

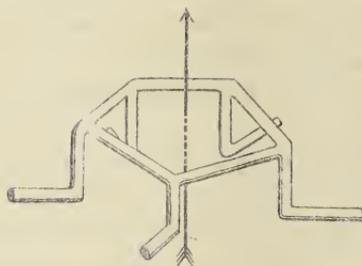
auch die sonstige Uebereinstimmung zwischen beiden Classen ein, Aehnlichkeit des Magens, geringe Armcomplication, Neigung der Haut, radial gestellte Tafeln abzusondern. Ich halte es für nicht unwahrscheinlich, dass bei den Crinoiden durch die Richtung ihrer Wassergefäße bereits auf irgend welche Weise der Widerstand mit bedingt ist, welcher die Dichotomie der Arme hervorruft.



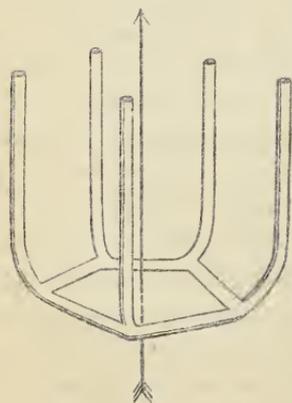
Crinoiden.



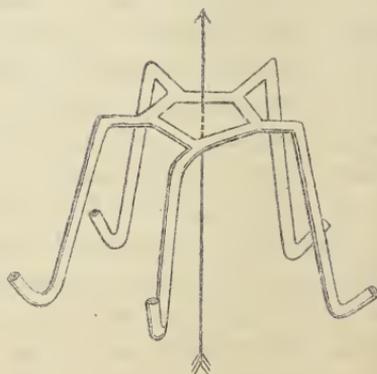
Seesterne.



Schlangensterne.



Holothurien.



Seeigel.

Knüpfen wir so an die Crinoiden als die einfachsten Stachelhäuter die Ophiuren an, so divergirt die Reihe von diesen aus in zwei Richtun-

gen, durch verstärkte Armknickung zu den Seeigeln, durch aufgehobene zu den Seesternen. Das Bestreben der Arme, in die äussere horizontale Lage überzugehen, welches die letzteren characterisirt, erreicht seinen Höhepunct bei den Holothuriern, welche also den Seesternen anzufügen sind. Ein vermuthlich nicht passiver, wie bei den Seeigeln, sondern activer Widerstand der Rückenbaut gegen Verlängerung wird hier die Arme aus der horizontalen Streckung nach aussen in die weitere Umbiegung nach oben und aussen überführen. Der Anfangstheil ihrer Wassergefässstämme deutet kein Moment an, welches bei ihrer Bildung eine Knickung vermuthen liesse. Die Weiterführung aber der Ophiuren durch die Seesterne zu den Holothuriern wird unterstützt durch die kleinen, blinddarmförmigen Anhänge des Rectums, welche bei den Seesternen auftreten, und welche sich bei den Holothuriern zu den mächtigen CUVIER'schen Organen entwickeln. Wenn Seeigel und Holothuriern durch ihre massige Körperform und den gleichen Verlauf ihrer längsten Armtheile sehr nahe verwandt erscheinen, so stellen sie in Wahrheit die gerade entgegengesetzten Pole einer Reihe vor, da bei den einen die Armknickung am bedeutendsten, bei den anderen vollständig verschwunden ist.

Resultate.

Da es weniger im Plane der vorliegenden Arbeit lag, etwa blos einige Lücken unserer Kenntnisse der Ophiuren auszufüllen, als vielmehr alle Besonderheiten der *Ophiactis* in doppelter Hinsicht, in Bezug auf Anatomie und Regeneration, in möglichst gleichmässiger Darstellung zur Anschauung zu bringen, so dürfte es sich kaum sehr empfehlen, jetzt nochmals das wichtigere einzeln hervorzuheben und dem geschlossenen Zusammenhange zu entreissen. Gleichwohl gestatte ich mir, bestimmte Punkte hier zusammenzudrängen, um die Unterscheidung des beachtenswertheren von dem, was mehr die Vollständigkeit allein erheischte, zu erleichtern.

Erster Theil und Nachtrag (Bd. XXVII, p. 447—485, 555—560). Der Canal zwischen den Armbauchplatten und dem Nervenbunde, welchen GREEFF entdeckt haben wollte, muss gestrichen werden. Mit seiner Existenz wird zugleich die Ableitung der Ophiuren und Holothuriern aus den Asterien durch Ueberbrückung der Ambulacralrinne mittels der überwuchernden Adambulacralplatten hinfällig.

Der Wassergefässring nimmt auf: 6 POLY'sche Blasen (in Ausnahmefällen bei regenerirten Thieren mehr), 4—6 Steincanäle, in jedem Interradius etwa 40 lange cylindrische Schläuche, welche die Leibeshöhle

durchsetzen, die Homologa ähnlicher Schläuche eines philippinischen Pteraster und der Schläuche in den braunen Körperchen der Seesterne, die Gefäße für die beiden ersten (Mund-) Tentakeln, welche in eigenthümlichem Verlaufe die Mundeckstücke durchbohren, und endlich die 6 Ambulacralcanäle. An diesen ist zu unterscheiden der kurze senkrechte Anfangstheil (zwischen je 2 Mundeckstücken), und der lange horizontale, welcher in den unpaaren endständigen Tentakel mündet. In jedem Gliede entspringen aus dem horizontalen Theile oben mit gemeinsamer Wurzel zwei Tentakelgefäße, welche je eine ziemlich lange Schleife im Wirbelkörper bilden und dann zu den Tentakeln treten. Zwischen je zwei Tentakelursprüngen ist in der sonst muskellosen Wand des horizontalen Theiles des Ambulacralstammes ein Sphincter eingelagert, das Analogon eines Ambulacralampullenpaares eines Seesternes. Die Steinanäle sind nicht aus POLI'schen Blasen hervorgegangen, sondern sie sind enge Röhren mit constantem Lumen, wie bei den Seesternen, und stecken mit einer POLI'schen Blase und dem dünnwandigen Herzschnäuche in einer gemeinsamen Mesenterialumhüllung. Der Steinanal mündet mit dem Herzschnäuche mit gemeinsamer Oeffnung in die vielkammerige Madreporenplatte, welche an der entgegengesetzten Seite durch einen Porus Seewasser eintreten lässt. Der oder die Herzschnäuche münden oben in den Blutgefäßring, und von diesem gehen Gefäße in die Arme aus, deren ich, wie bei den Seesternen, ein mittleres und zwei seitliche mit sehr zarten Wänden unterscheiden zu müssen glaubte.

Das Nervensystem besteht aus dem Nervenring und 6 Armnervenstämmen. Die letzteren zerfallen in den schräg aufsteigenden Anfangs- und den langen horizontalen Theil. Jener wird von dem senkrechten Anfangstheile des brachialen Wassergefäßes getrennt durch die beiden Bauchfurchenverengerer zwischen den Mundeckstücken, dieses schmiegt sich dem gleichnamigen Wassergefäßstheile durchweg dicht an. Die Armnervenstämmen haben folgende Structur: zu unterst und äusserst liegt jederseits in jedem Armgliede ein Ganglion, welches nach vorn die Muskeln, nach hinten die Tentakeln versorgt; die beiden Ganglien eines jeden Gliedes sind durch Querbrücken verbunden. Jedes Ganglion sendet ein Nervenfädchen ab nach dem Munde zu; so entstehen zwei mediale Commissuren, welche die Hauptthätigkeit des Armes, die seitliche Verbiegung, regeln; zu ihnen gesellt sich eine dritte, unpaare, mittlere, um das bilaterale System zu einer Einheit zu verbinden. Dieses Schema des Nervenbaues wird mit Hilfe von SEMPER's und LANGE's Darstellungen und einer Zeichnung HOFFMANN's auch bei den Holothurien, Seesternen und Echiniden wiedergefunden.

Als Sinnesapparate scheinen nur die Tentakeln zu fungiren. Sie sind besonders dazu befähigt, durch den papillenartigen Zerfall ihres äusseren Epithels, welches je einen Endknopf und eine Anzahl Ringe von Tastpapillen bildet.

Zweiter Theil. Findet bei einem Seestern der Verlust eines Armes statt, so ändert die zunächst eintretende Vernarbung, die Einleitung der Regeneration, wesentlich ab nach der Grösse des Scheibenhautdefects. Kleinere Defecte werden durch Zusammenbiegen und Ueberwuchern der Haut, grössere durch dünne Platten von fibrillärem Bindegewebe ersetzt. Wichtig ist dabei der Umfang der Verschmelzung der Scheibenrückenhaut mit der Magenwand, da sie die Leberneubildung ursächlich bedingt. Je enger die Verschmelzung, um so früher erhalten die jungen Arme ihre Lebern, welche andererseits recht lange völlig unterdrückt werden können. Interessant ist die Vergleichung eines regenerirten Armes mit einem gleich grossen originalen eines jungen Thieres. Da der letztere vielmehr an den Lebensthätigkeiten des ganzen Organismus sich betheiligen muss, als der regenerirte, so entspringt aus dieser physiologischen Differenz eine entsprechende gewebliche, und die Plattenanordnung, die Ausbildung der Pedicellarien und Hautkiemen (welche beiden Organe in soliden Gewebszapfen einen gleichen Ursprung haben), der Skelet-, Füsschen- und Ampullenmuskulatur bleibt bei der Regeneration in ihrer Beziehung zur morphologischen Entwicklung weit zurück hinter dem ursprünglichen Arme.

Die sechsarmige *Ophiacis* wird bei der Theilung fast durchweg in 2 dreiarmlige Hälften zerlegt. Dabei ist kein Organ ausfindig zu machen, welches nach einem bestimmten Gesetze sich schiebe; vielmehr werden alle in der Theilungslinie mehr oder weniger unregelmässig und willkürlich zerrissen. Jede der freigewordenen Hälften rundet sich alsbald zum Individuum ab, hauptsächlich durch die Bildung eines Mundes. Sie wird erreicht durch Verklebung und Zusammenbiegung aller Wundränder, Auseinanderspreiten der Arme und die Bildung zweier seitlichen Lippenmuskeln. Der Anstoss, welcher ein solches bilaterales Thier zwingt, durch Neubildung wieder in den radiären Typus zurückzuschlagen, geht vom Wassergefässsystem aus. Jede Bewegung in irgend einem Theilchen dieses so mannigfach verzweigten und an inneren Kräften so reichen Systemes bewirkt einen Stoss gegen die blindgeschlossenen, verklebten Enden des Gefässringes, diese werden allmählig durchbrochen, und der Effect ist ein massenhaftes Ausströmen von Lymphe unter die Verschmelzungsstelle von Magen und Rückenhaut. Die ersten Lymphmassen gerinnen sofort in dem inadäquaten Raume, die nächsten schon weniger, endlich geht die Flüssigkeit ungehindert hindurch, und

der Wassergefässring hat einen Schliessungsbogen bekommen. Die geronnenen Lymphzellen erhalten Kerne, vermehren sich und stellen das gesammte Material vor, aus dem die neue Körperhälfte geformt wird. Nach innen von dem Wassergefässschliessungsbogen entsteht gleichzeitig ein Nervenschliessungsbogen, indem die betreffende Schicht des jungen Bildungsgewebes allmählig (ohne scharfe Abgrenzung gegen die Nachbarzellen) in Nervengewebe übergeführt wird. Oberhalb der beiden Schliessungsbögen buchtet sich (durch Stösse aus den Armen her) die Leibeshöhle aus und dringt während der ganzen Entwicklung Schritt vor Schritt in das junge Gewebe, später auch in die jungen Arme, ein. Da sich dabei das junge Bildungsgewebe nach unten auszudehnen sucht, so schiebt es sich unter dem Nervenbogen weg nach dem Munde zu und lagert sich hier als eine breite Falte innen vom Bogen. Das formbestimmende bleiben die Ströme in den Wassergefässen. Da sie aus dem alten Ringtheile in den Bogen tangential eindringen, so müssen sie diesen spannen und doppelt einknicken, die eingeknickten Stellen werden nach aussen ausgestülpt als zwei junge Polr'sche Blasen. Diese stülpen durch Gegenströme die Ringwand nicht nur zwischen sich, also in der Medianlinie, sondern auch als Gegenwirkung zu den Strömen aus dem alten Ringtheile zu beiden Seiten nach innen, nach dem Munde zu aus; so entstehen gleichzeitig die drei jungen Arme. Anfangs in den Mund hinein gerichtet, treffen sie auf den elastischen Nervenbogen. Dieser zwingt sie nach unten abzubiegen. Dabei nehmen sie, resp. die jungen brachialen Wassergefässstämme, eine Nervenkappe und weiter einen Ueberzug von indifferentem Bildungsgewebe über sich mit. Bei der Drehung nach unten theilen sie die innere Bildungsgewebfalte in 2—4 allmählig völlig gesonderte Glieder, die Zahnträger; jeder der beiden lateralen Arme durchschneidet ausserdem einen Lippenmuskel und theilt ihn in 2 Musculi interradales aborales. Sobald die jungen Arme bei der Drehung nach unten die perpendiculäre Lage durchschritten haben, unterliegen sie nicht mehr der geringen Gegenwirkung zwischen den alten Strömen und den Polr'schen Blasen, sondern allein der viel stärkeren Kraft, welche die fortwährend erzeugten alten Ströme ausüben; sie werden schnell verlängert, ihre Ansatzpunkte nach aussen getrieben, der Wassergefässring sechs- statt fünfeckig (bisher bildeten 2 Polr'sche Blasen 2 Ecken). Da die beiden seitlichen Arme den Stössen aus der alten Hälfte zunächst liegen und sie zum grossen Theil auffangen, so übertreffen sie bald lange Zeit an Länge und Ausbildung den mittleren, vor dem sie auch äusserlich sichtbar werden. Wenn die Arme sich über die Scheibe hinaus verlängern, ziehen sie auch noch oberhalb eine Rückenplatte mit aus. Sie sehen jetzt schräg nach aussen und unten,

während die Spitze wiederum ein wenig nach oben gekrümmt ist, infolge des Widerstandes und langsamen Wachsthumes der Rückenhaut; sie bestehen, einem Seesternarme ähnlich, aus den Wassergefäßstämmen, welchen vorn eine Nervenkappe, das Ende des Nervenbandes, aufsitzt, aus einem Bildungsgewebscylinder, der vorn und rings geschlossen ist und Wassergefäß und Nervenband gleichmässig umhüllt, und aus einer Rückenhaul, welche vom unteren Cylinder durch einen breiten Mesenterialraum getrennt ist. Die Weiterbildung hat ihren Grund in dem centrifugalen Streben des Wassergefäßes. Es äussert sich sowohl am Anfangspuncte als an der Spitze, am Anfangspuncte durch bogenförmige Erweiterung des betreffenden Wassergefäßbogenschnittes: der dadurch entstandene Zwischenraum zwischen Wassergefäß und Nervenband wird ausgefüllt durch Bildungsgewebe, das Material für die Bauchfurchenverengerer, — an der Spitze hat der Stoss im Wassergefäß die Verlängerung des ganzen Armes zu leisten. Dabei wird das Bildungsgewebe der vorliegenden Haube zusammengedrückt und erhöht den Widerstand. Dieser hindert das Vordringen des Wassergefäßes und führt daher zur seitlichen Hervortreibung des ersten Tentakelpaares. Während der Ausstülpungspause wird der Druck im Bildungsgewebe wieder ausgeglichen, neue Verlängerung kann stattfinden, bis erneuter Druck ein zweites Tentakelpaar hervorrufft und so fort. Während der Pause wächst aber das Nervenband weiter, es verdickt sich knopfförmig, und es entsteht eine perlschnurartige Ganglienreihe, deren Ganglien getrennt werden durch Scheidewände vom untern Bildungsgewebe (den künftigen Bauchplatten) her. Jeder Tentakel stülpt seitlich einen Stachel aus, und wenn dieser durch Verdickung des ganzen Armes ihm entzogen wird, einen zweiten, dritten, vierten unter dem ersten. — Die Ueberführung dieses indifferenten Armes in den specifischen Ophiactisarm hat ihre Ursache in der bedeutend höheren Lage der unteren Ebene der jungen Körperhälfte gegen die der alten. Sie wird allmähig in diese herabgedrückt, wobei der Wassergefäßring infolge der in ihm thätigen, bestimmenden Ströme fest bleibt. Es folgt daraus namentlich Herabbiegung, Knickung des brachialen Wassergefäßes, sowie Verengerung des brachialen Mesenterialraumes. Jene bewirkt: Berührung des Arm-Wassergefäßes und -Nervenbandes vom zweiten Wirbel an, welche von hier an das Material der Bauchfurchenverengerer wieder verdrängt, Aufrichtung der Zahnträger und Mundtentakeln, Ausweitung des jungen Scheibentheiles, — diese: Berührung und Verschmelzung der Armrückenhaul mit dem unteren Cylinder über den Tentakelursprüngen. Wachsthumverdückerung des Armes lässt die Verschmelzungsstelle nach oben emporziehen, langsameres Wachsthum der Rückenhaul gegen den Cylinder

(mit dem treibenden Wassergefäße) lässt die dorsalen Verschmelzungspunkte dem Munde näher rücken und bringt die Schleifen der Tentakelgefäße hervor. Damit ist die junge Körperhälfte zur Höhe der alten hinaufgeführt — bis auf die Histologie. Mit dieser verhält es sich so: sämtliche Hohlräume sind ursprünglich von einem schönen kubischen, ja cylindrischen Epithel ausgekleidet. — Im indifferenten Bildungsgeewe schlägt sich überall da, wo es nicht beeinträchtigt wird, das bekannte Kalknetzwerk nieder; erleidet es aber einen Druck, so folgt in der Umgebung ein stärkerer Kalkniederschlag (Gelenkbildung), und das gedrückte degenerirt zu fibrillärem Bindegewebe, welches auch alle Schwundstellen zuvor aufbaut. — Zug und Streckung scheint die Bildungsgewebzellen in (Stamm-) Muskelfasern umzuformen, und es lässt sich ein wechselseitiges Verhältniss zwischen Muskel- und Gelenkbildung oder Armgliederung nicht verkennen. Die Stachelmuskeln scheinen zum Theil durch äusseren Zug zu entstehen (Accommodation). — Die Tentakelmuskelfasern gehen nicht aus Zellen, sondern aus der homogenen Membran, zwischen den beiden Epithellagen der jungen Tentakeln hervor, welche Membran gleich nach dem Durchbruche des Tentakels ins Seewasser sich in Muskelfasern auflöst. Der Anfangstheil des jungen Tentakels wird zum Wassergefäße, der Endtheil durch Muskel- und Epithelumbildung zum Tentakel. Der erste Zwischenwirbelmuskel entspricht nicht dem ersten der Seesterne, sondern er bemächtigt sich, bei der Armknickung emporgehoben, auch des Materiales für den zweiten. Die Mundeckstücke sind nach der Gliederung so zu deuten, dass ihre äussere Hälfte je zwei hinter einander liegenden Wirbelhälften homolog ist, ihre innere (Zahnträger) aber als eigenartiger Bestandtheil hinzukommt. — Die Wiederholung der Theilung lässt sich folgern aus dem Verhalten des Steincanals und der Rückenhaut. Die Vermehrung des Steincanals auf zwei weist auf mindestens eine, die auf sechs aber, die auch beobachtet wurde, auf mindestens drei vorhergegangene Theilungen hin. An der Rückenhaut kann man im Schnitt frühere Theilungslinien entdecken. Die Ursache der Theilung liegt bei den schizogonischen Ophiuren und Asterien vermuthlich in der gleichmässigen Ausbildung der beiden embryonalen Peritonealsäcke, welche gerade für diese in der Literatur als Ausnahmefall constatirt worden ist.

Die regenerativerische Entwicklung giebt Grund zu folgenden Vergleichen mit anderen Echinodermen: Die Ambulacralrinne der Seesterne wird bedingt durch die Verdünnung der Bauchplatten, sowohl in Beziehung auf die Verschmelzung der Ganglien (wie beim aufsteigenden Nerventheile der Ophiactis) als in Hinsicht auf den Querschnitt. Das Hauptgewicht fällt aber dem Anfangstheil des brachialen Wasser-

gefässes zu; diesem fehlt bei den Seesternen die Knickung, und deren Fehlen schafft Raum für die Lebern durch Verhinderung der Verschmelzung zwischen Armrücken und -bauch, bedingt dadurch die abweichende Gliederung der Rücken- und Bauchhaut, die Weiterführung der Reihe der Ambulacralfurchenverengerer; sie verschiebt aber die sämtlichen Homologien zwischen den Armwirbeln und -muskeln der See- und Schlangensterne (s. die Muskeltafel). Die Seeigel können aus den Ophiuren abgeleitet werden durch verstärkte Armknickung; die Laterne jener wird dann den Munddeckstücken und Zahnträgern dieser homolog, bis in alle Einzelheiten der Knochen und Muskeln; nicht weniger folgt die ganze Körperform aus der verstärkten Knickung. Alle Echinodermen lassen sich nach diesem Principe in eine Reihe ordnen: am einfachsten sind die Crinoiden, deren Armwassergefässe nach unten und aussen schauen; von da geht es einerseits zu den Seesternen mit horizontalen und zu den Holothurien mit aufwärts gebogenen Armwassergefässstämmen, andererseits zu den Ophiuren mit mässiger und zu den Seeigeln mit verstärkter Armknickung.

Man kann die Reihe demnach so ausdrücken, wie die Holzschnitte sie andeuten. Bei den Crinoiden biegen sich die Armwassergefässe aus der inneren Lage in die äussere, schräg nach unten gerichtete um; bei den Ophiuren verstärkt sich die Umbiegung zu einer Tendenz, in die äussere horizontale Richtung überzugehen; sie wird an ihrer völligen Verwirklichung durch eine mässige Armknickung verhindert; die verstärkte Knickung liefert die Seeigel. Durch Verwirklichung des Strebens der Wassergefässe, in die äussere Lage überzugehen, knüpft an die Crinoiden eine zweite Reihe an, welche die Seesterne erzeugt und in den Holothurien ihren Gipselpunct erreicht.

Naumburg a. S., 25. November 1876.

Citirte Schriften.

- I. GÖTTE. Vergleichende Entwicklungsgeschichte der *Comatula mediterranea*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII, p. 583—648.
- II. GREEFF. Ueber den Bau der Echinodermen. 3. Mittheilung. Sitzungsber. d. Gesellsch. zur Beförderung der gesamm. Naturw. zu Marburg. Nov. und Dec. 1872. Nr. 11.
- III. KOWALEWSKY. Sitzungsber. d. zoolog. Abtheil. der dritten Versamml. russischer Naturforscher in Kiew. Diese Zeitschr. Bd. XXII. 1872. p. 283.
- IV. WICHARD LANGE. Beitrag zur Anatomie und Histologie der Asterien und Ophiuren. Morpholog. Jahrbuch II. Leipzig 1876. p. 241—286.
- V. M. CHR. LÜTKEN. Description de quelques Ophiurides nouveaux ou peu connus avec quelques remarques sur la division spontanée chez les Rayonnés. Aftryk af Oversigt over d. K. D. V. Selsk. Forhandl. O. S. V. Nr 2. Kjøbenhavn 1872.
- VI. W. THOMSON. On the embryogenie of *Antedon rosaceus*. Phil. Transactions. 1864. II.
- VII. G. VALENTIN. Anatomie du Genre *Echinus*, aus AGASSIZ, Anatomie des Echinides. Neuchatel 1839—42.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXII—XXV.

In Betreff der gemeinschaftlichen Bezeichnungen gilt dasselbe, was in Th. I (p. 481—483) angegeben wurde.

Fig. 1. } Die Scheibenrückenhaut einer *Ophiactis virens*, welche sich in einem
Fig. 2. } frühen Stadium der Regeneration befand, in Verticalschnitten. *A* die
Stelle früherer Theilungen (vermuthlich wenigstens mehrerer), *B* die der vorletzten,
C die der letzten Theilungslinie.

Asteracanthion rubens.

Fig. 3. $\frac{1}{1}$. Grosses reguläres (fünfarmiges) Exemplar, welchem zwei Arme am Grunde abgerissen sind. Man erblickt die Bruchfläche des einen.

Asteracanthion tenuispinus.

Fig. 4. $\frac{1}{1}$. Ein ähnliches Exemplar, welchem ein Arm am Grunde abgerissen ist, doch so, dass die Verwundung einen bedeutenden Defect der Scheibenrückenhaut setzte; dieser Defect ist durch eine dünne, glatte Platte von fibrillärem Bindegewebe ergänzt. Unter ihr schaut der Magen frei hervor; von oben.

Asteracanthion rubens.

Fig. 5. $\frac{1}{1}$. Ein ähnliches Exemplar, welchem ein Arm am Grunde abgerissen wurde. Die Scheibenrückenhaut ist abgetragen. Man erblickt von oben die

Anhänge des Masdarmes, die fünf Leberausführgänge, Herz und Steincanal. Der Lebergang des entfernten Armes haftet an der Haut und giebt dadurch die Bedingungen zur Regeneration der amputirten Leber.

Fig. 6. II. Verticalschnitt durch eine regenerirte Armspitze; er kreuzt die Achse unter spitzem Winkel. Die alte Haut ist nur oben, vorgewölbt, sichtbar, kennlich am Fehlen der Kerne in den Maschen der Kalknetze, sowie an geringerer Carminaufnahme. Auf dem Rücken ist links eine Pedicellarie angelegt, rechts Hautkiemen. Unten sieht man Ambulacralampullen, Saugfüßchen, Wirbel und einen Theil des brachialen Wassergefäß- und Nervenstammes.

Fig. 7. IV. Alte Pedicellarie. Im Innern ein Stiel aus fibrillärem Bindegewebe, welcher sich becherförmig erweitert, im Becher ein unpaarer und vier paarige Muskeln.

Fig. 8. II. Junges Exemplar von 0,5 Cm. Gesamtdurchmesser, regelmässig fünfarmig, mit je sechzehn Fußpaaren in den Armen. Horizontalschnitt durch einen Arm. Die Tentakeln sind im Anfange in zwei Reihen geordnet, gegen das Ende aber werden sie in vier auseinander gedrängt. *M. tr* Transversalmuskeln, bei den Ophiuren durch seitliche Wirbelbänder vertreten; *M. l* Lateralmuskel, den Ophiuren fehlend; *V. br* brachialer Wassergefäßstamm. *R* braune Körperchen am Gefäßringe.

Fig. 9. II. Horizontalschnitt durch den Interradius mit Herz und Steincanal. Aus demselben Thierte

Fig. 10. II. Horizontalschnitt durch einen anderen Interradius desselben.
Ophiactis virens.

Fig. 11. IV. Seitlicher, verticaler Längsschnitt durch einen in der Regeneration begriffenen jungen Arm. *Sg. br* brachiale Blutbahn. *Ds* Scheidewände zwischen den Ganglien, von der Bauchhaut des Armes gebildet.

Fig. 12. IV. Horizontalschnitt durch einen zur Hälfte regenerirten Zahnträger. Der interradiale aborale Muskel ist zwar neu gebildet, doch sind von dem alten noch Fasern vorhanden, welche bei der Theilung sich an das alte Mundeckstück (links) angelegt haben und mit ihm verklebt sind.

Fig. 13. VI. Verticaler seitlicher Längsschnitt durch einen jungen Arm, mit einer Verbindungsstelle zwischen Wirbeln und Rückenhaut. Obere Hälfte (bis zur Nervenblutbahn). In der Verbindung stabförmige Lücken, vom Kalke herrührend.

Fig. 14. V. Eine Serie von Horizontalschnitten aus demselben Thierte, welchem Fig. 14 und 15 in Th. I (Taf. XXXII) entnommen waren. Fig. 14 in Th. I bildet den untersten Schnitt, ihm folgt *A* etc., nach *F* kommt als oberster Fig. 15. *A—E* enthalten den ganzen Schnitt, soweit er die junge Körperhälfte umfasst; in *F* ist die Scheibenhaut weggelassen, weil sie der in *E* sehr gleichen, ja der Haut der alten Hälfte noch mehr im Habitus sich anschliessen würde. — *M. lb* *Musc. labialis* (jeder gleichzeitig die Anlage zu zwei *Musc. interr. abor.*). *N. br* Anlagen der brachialen Nervenbänder, *V. br* die der brachialen Wassergefäßstämme. *Fs* die Spalte, welche die innere Hautfalte (aus der die Zahnträger hervorgehen) von dem Nervenschließungsbogen und den brachialen Nervenstämmen trennt. *Pl* Haufen geronnener Lymphzellen. Sie sind um so jünger, je heller (in den Präparaten je gelber) und je mehr die Zellen ihre isolirte Form wahren; ihnen folgen an Alter die dunklen Klumpen, in denen die Umbildung zu indifferentem Bildungsgewebe energischer vor sich geht; die ältesten sind wieder heller und gleichen mehr und mehr diesem Bildungsgewebe, welches in den Präparaten namentlich durch rothe Kerne von den gelben Lymphzellen sich unterscheidet.

Fig. 45. *A IV. B IV. C V.* Horizontalschnitte durch eine regenerirte Körperhälfte, *A* der tiefste, *C* der höchste, durch die Gefässschliessungsbögen. Die beiden rechten Armwassergefässe sind am Ursprunge vereinigt. *Z* Zahnträger. *b* (u. *c*) stäbchenförmige Lücken wie in Fig. 43.

Fig. 46. Horizontalschnitt durch den Wassergefässschliessungsbogen einer regenerirten Körperhälfte, etwa von dem Alter der in der vorigen Figur. Bogenförmige Ausschnitte des Schliessungsbogens.

Fig. 47. II. Ebensolcher Schnitt durch eine ebenso alte neue Körperhälfte.

Fig. 48. V. Verticaler Längsschnitt durch einen jungen Arm, kreuzt die Längsachse unter spitzem Winkel und geht durch eine Seitenplatte.

Fig. 49. V. Verticale Längsschnitte durch einen jungen Arm, *A* mehr median, *B* mehr seitlich, mit der Anlage des eigentlichen, ersten Intervertebralmuskels. *V. br* brachialer Wassergefässstamm. *Sg. br* brachiale Blutbahn. *N. br* brachiales Nervenband *Ds* Scheidewände zwischen den Ganglien, von der Bauchhaut der Arme gebildet. *ii* Rückenhaut.

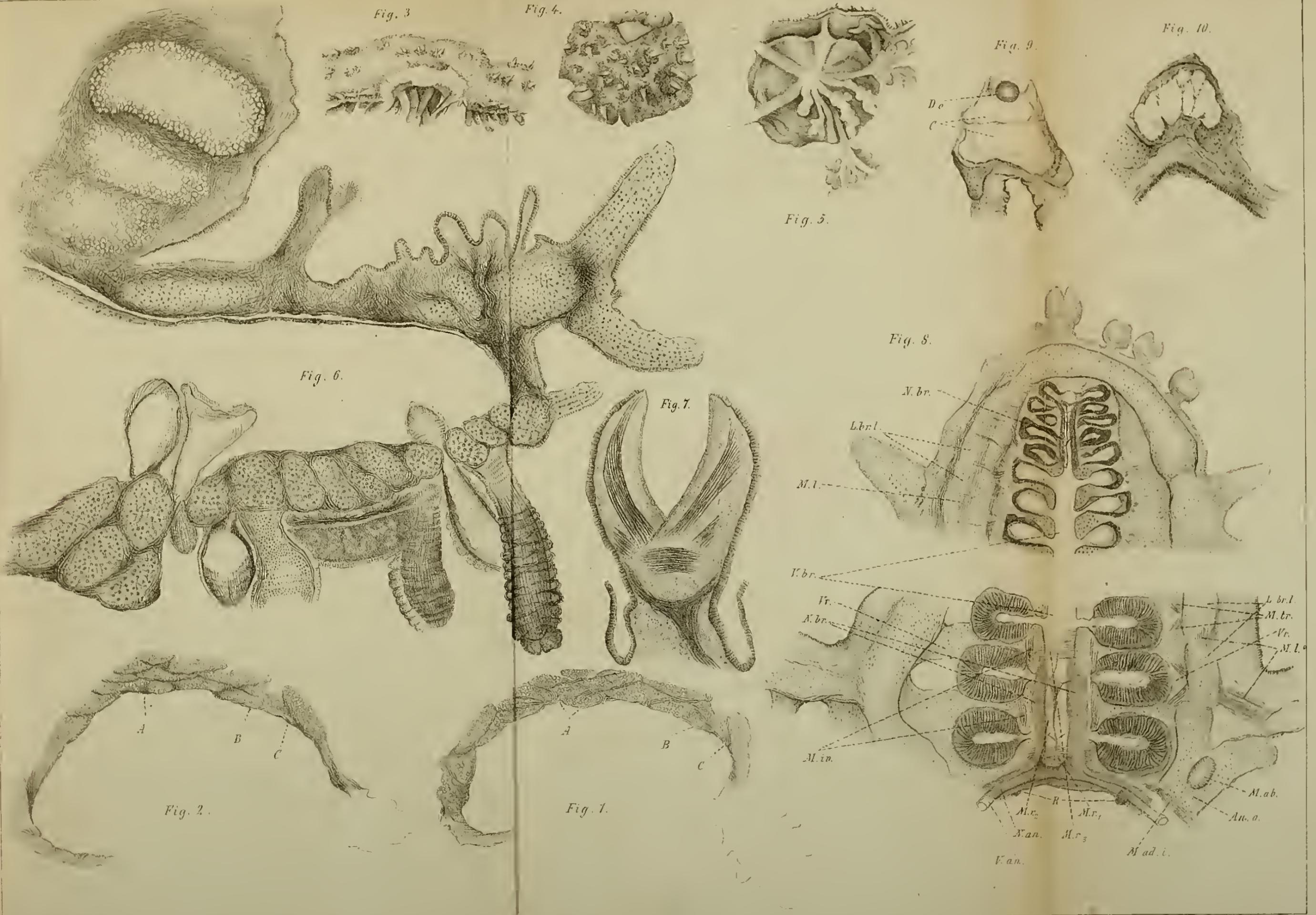
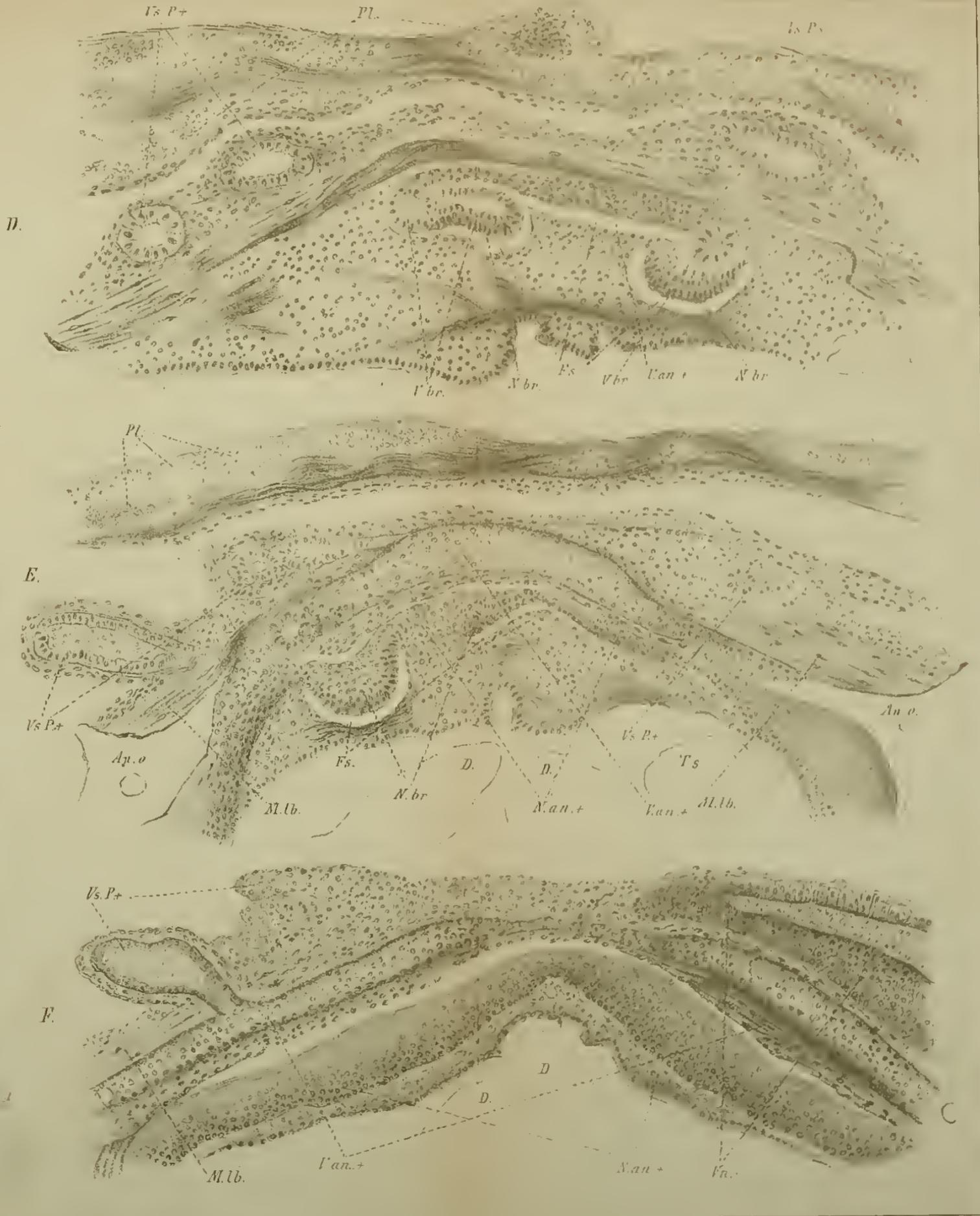
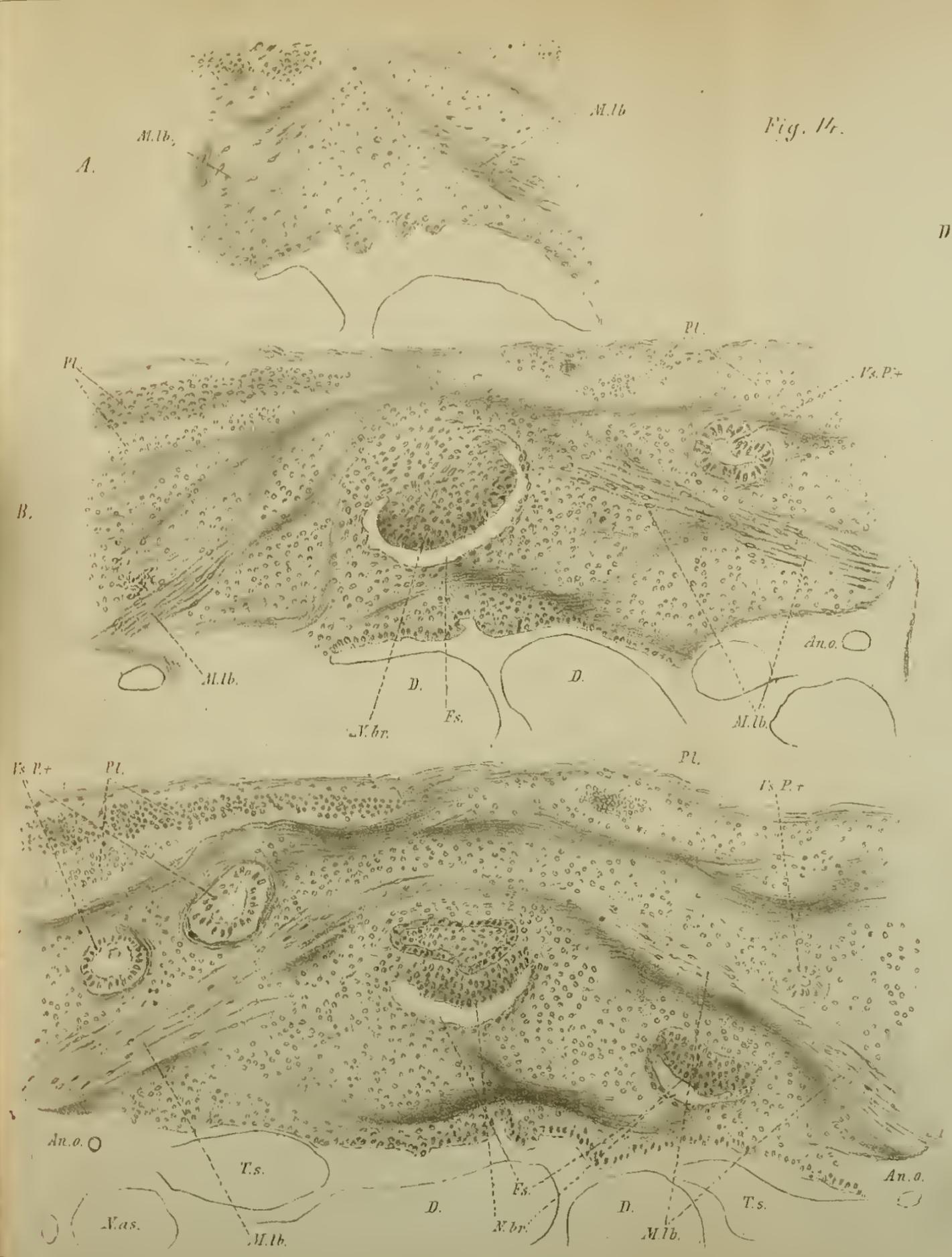


Fig. 14.



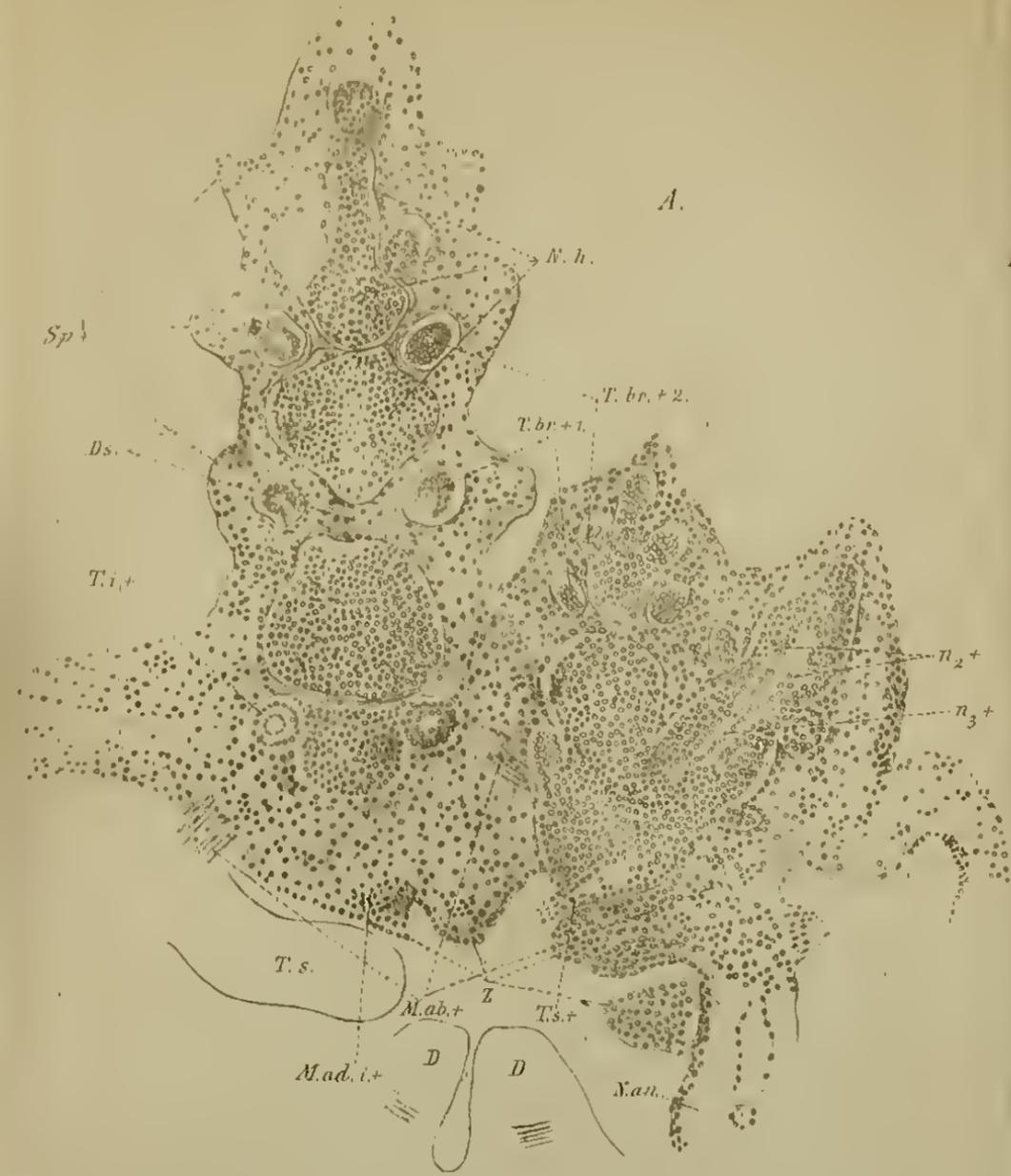
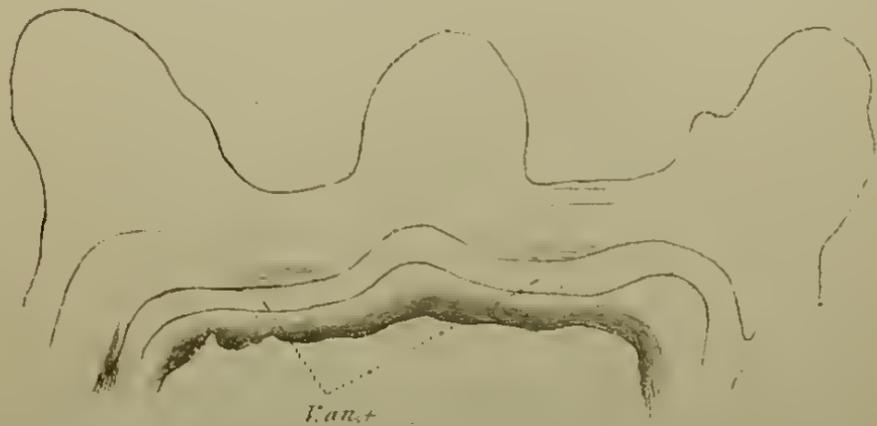


Fig. 17.



Van.+.

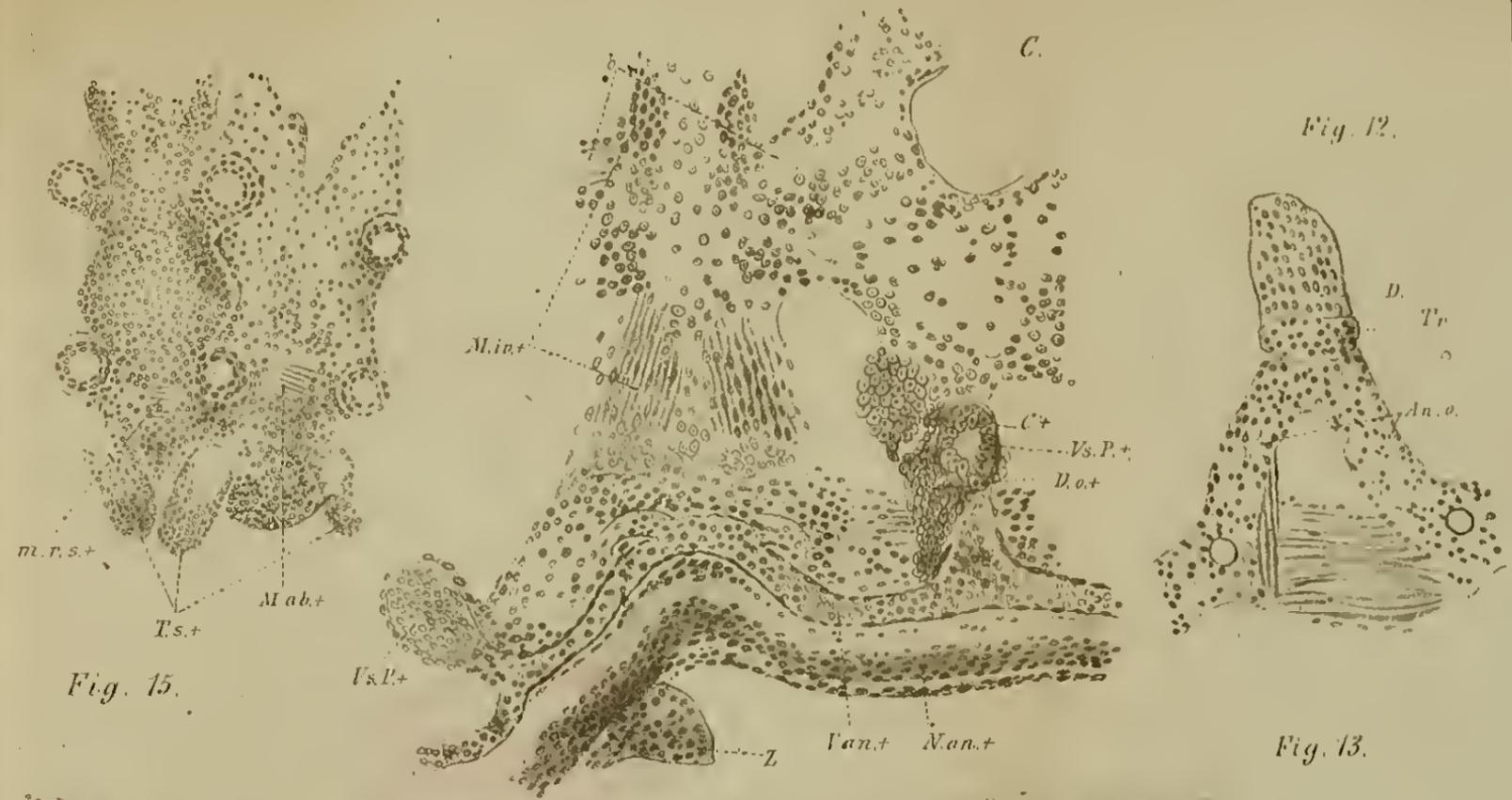


Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 15.

Fig. 16.

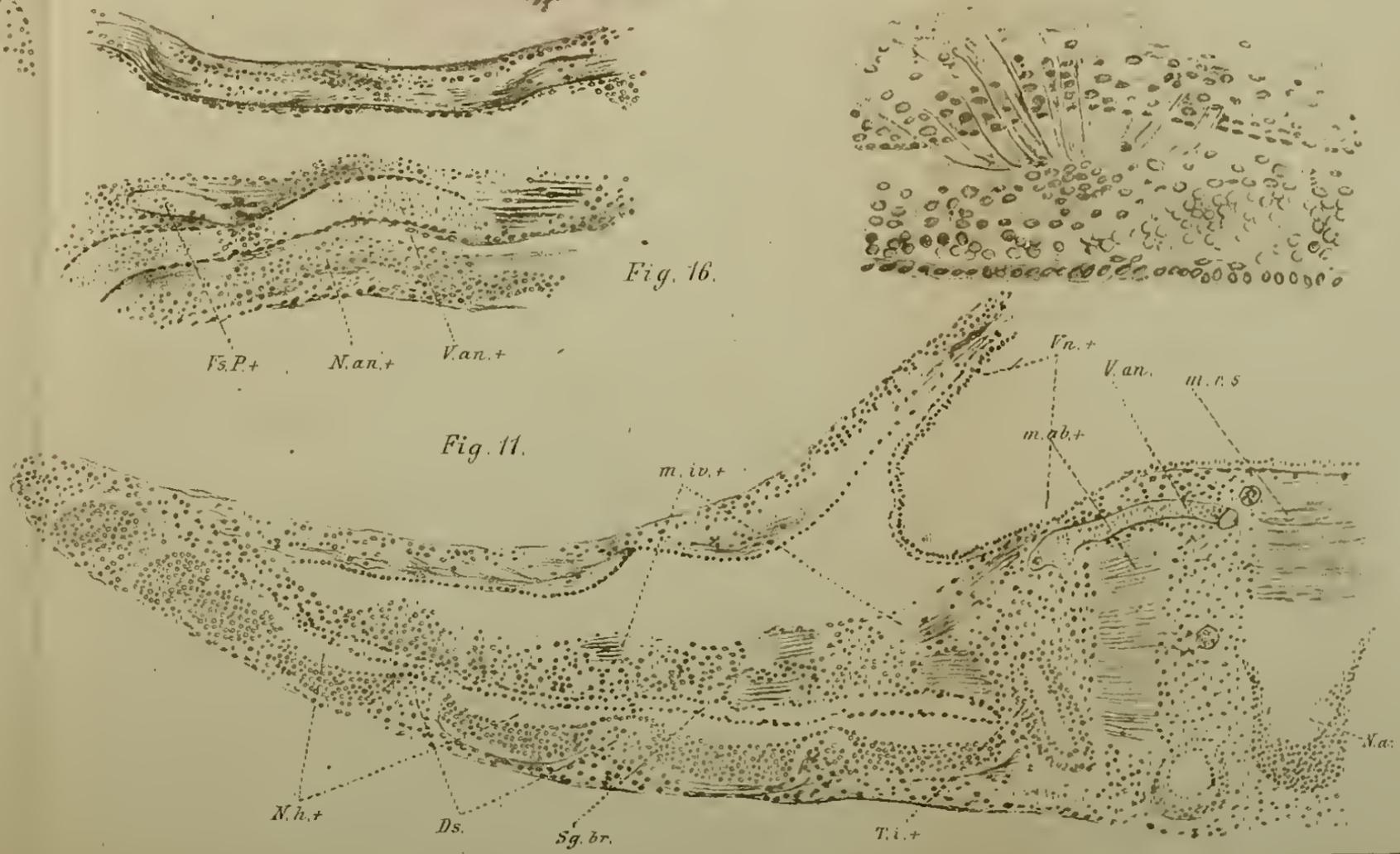
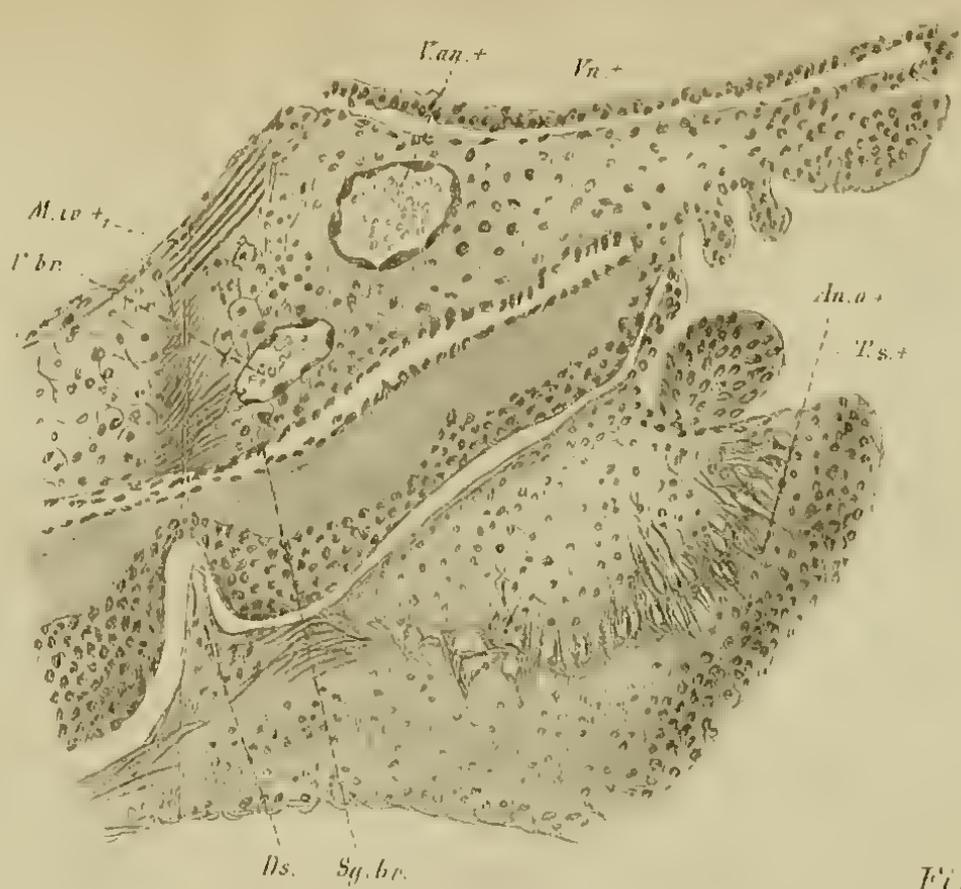


Fig. 11.

Fig. 18.

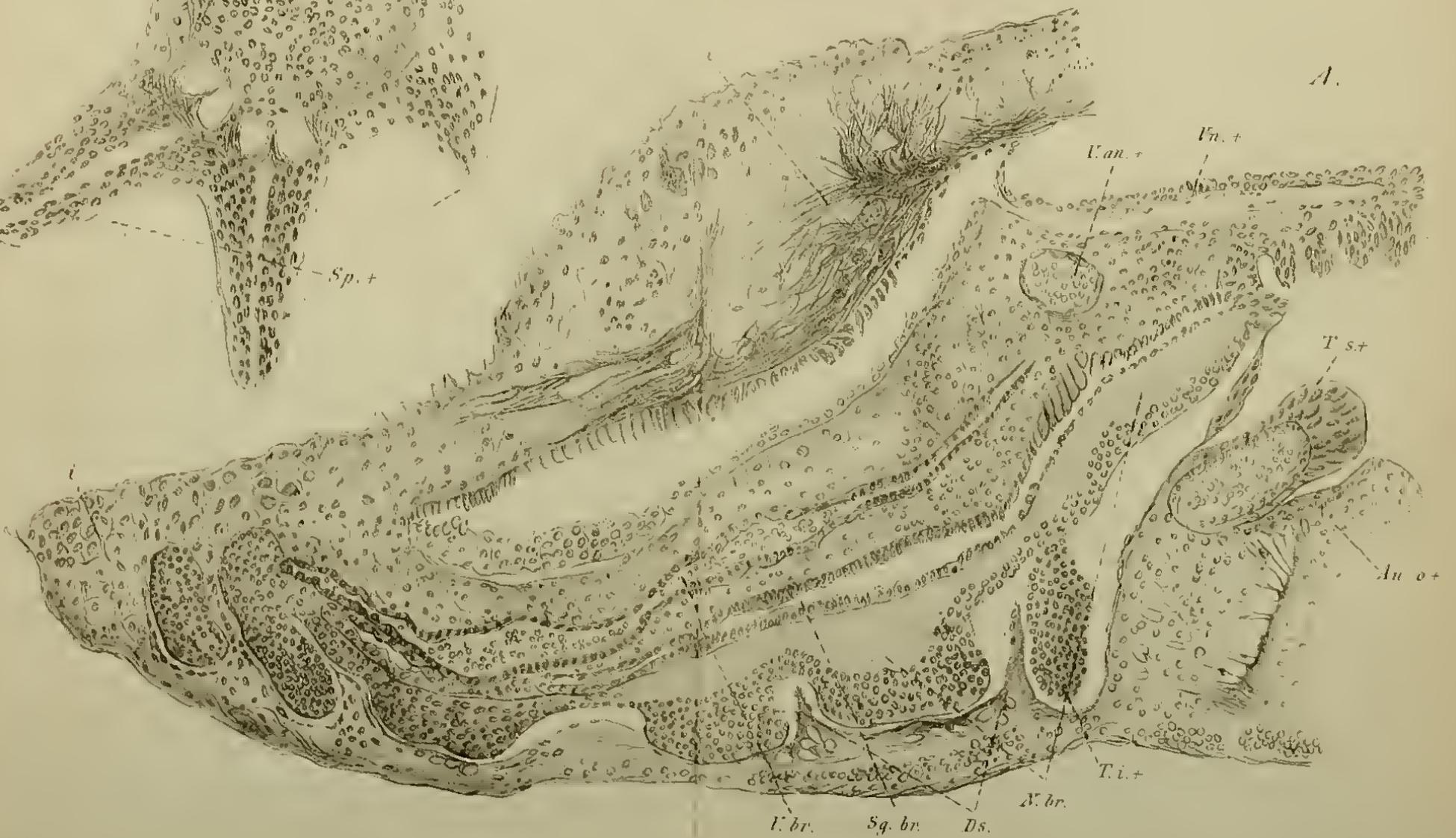


-Sp. +



B.

Fig. 19.



A.