

Beitrag zur Anatomie und Histiologie der Asterien und Ophiuren.

Von
Richard Lange.

Mit Tafel XV—XVII.

Die ersten histiologischen Untersuchungen des Seesterns, welche von mir im Frühjahr 1875 im zoologischen Institute zu Kiel begonnen wurden, bezweckten, den feineren Bau der Sehorgane von *Asteracanthion rubens* (Retz.) genauer zu studiren. Die Eigenart der histiologischen Elemente und ihrer Anordnung führten bald zur weiteren mikroskopisch-anatomischen und histiologischen Untersuchung der ganzen radialen Nervenbahn sowie zur Vergleichung mit anderen Arten und Gruppen der Echinodermen. In letzterer Beziehung fesselten mich besonders die Ophiuren, speciell die *Ophiura tenturata* (Forbes), deren Vergleichung mit dem Seesterne sich als sehr lehrreich herausstellte. Was die Anordnung des Materials anbetrifft, so bin ich theils der allmäligen Entstehung meiner Arbeit gerecht geworden, theils practischen Rücksichten gefolgt. So habe ich z. B. das, was ich zur Anatomie und Histiologie der Ophiuren beitragen kann, der Hauptsache nach in die Darlegung der Verhältnisse beim Seestern eingeschoben, weil jene Data bedeutend klarer und geeigneter sind, auf einen Theil der letzteren willkommenes Licht zu werfen. Dergestalt habe ich den Versuch zur Beantwortung der schwierigsten Fragen erst gemacht, nachdem ich mir vorher einen sicheren Boden zur Vergleichung geschaffen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. CARL MÖBIUS, sage ich hier für den mannigfachen wissenschaftlichen Rath,

mit welchem er mich während meiner Untersuchungen unterstützte, meinen aufrichtigen Dank.

Kiel, März 1876.

I. Zur radialen Nervenbahn der Asterien.

(Anatomic.)

Ventralwärts zwischen den Reihen der Ambulacralfüßchen ist die Ambulacralfureche eines jeden Armes geschlossen durch ein Band (Fig. 1 u. 2, *b*), dessen Querschnitt die Form eines stumpfen Winkels zeigt. Die Oeffnung dieses Winkels ist dorsalwärts, die Spitze ventralwärts gerichtet. Das peripherische Ende des Bandes bildet die bekannte kolbige Anschwellung, in welche die Einzelaugen des Seesterns eingebettet sind (Fig. 3, *ak*). Dieses Band ist das vielgenannte orangefarbene Gefäß TIEDEMANN'S¹⁾ oder der platte bandartige Nervenzweig JOH. MÜLLER'S, welcher Letztere das orangefarbene Ringgefäß TIEDEMANN'S für den Nervenring erklärte²⁾. Die radiale Nervenbahn ist von Einigen als solide, von Anderen als hohl hingestellt worden. Statt jedoch im Voraus auf die widersprechenden Ansichten verschiedener Forscher einzugehen, ziehe ich es vor, in die Darstellung meiner eigenen Untersuchungen die Ansichten Anderer einzuflechten. Im anderen Falle würde ich immerhin gezwungen sein, mich häufig zu wiederholen.

Ich beginne mit der Beschreibung eines Querschnittes durch den Arm von *Asteracanthion rubens* der Ostsee, welche am besten geeignet ist, eine richtige Vorstellung von einigen wichtigen topographischen Verhältnissen zu geben.

Am meisten dorsalwärts in der Ambulacralfureche liegt das Ambulacralfäß (Fig. 1 u. 2, *a*), eingebettet in ein lockeres Bindegewebe (Fig. 2, *bd*). Darunter spannt sich zwischen den gelenkartig verbundenen Ambulacrалplatten (*w*) ein starker Quermuskel (*m*) und ein horizontales bindegewebiges Septum (Fig. 2, *h*). Durch letzteres wird die Oeffnung des stumpfen Winkels, welchen das oben erwähnte Band auf dem Querschnitte darstellt, annähernd zu einem

¹⁾ T. TIEDEMANN. Anatomie der Röhrenholothurie des pomeranzfarbigen Seesterns und des Steinseeigels. Heidelberg. 1820.

²⁾ JOH. MÜLLER, Ueber den Bau der Echinodermen. Abh. der Königl. Akad. der Wissenschaft. zu Berlin aus dem Jahre 1853. Dessen Archiv 1853.

gleichschenkligen Dreiecke geschlossen. Den ganzen Bezirk, welcher somit dorsalwärts vom bindegewebigen Horizontalseptum, ventralwärts von der äusseren Grenze des Bandes umschrieben wird, bezeichne ich vorläufig mit dem von meinen Vorgängern adoptirten unbestimmten Namen »Nervenbahn«.

Das Dreieck nun, welches die Nervenbahn auf dem Querschnitte zeigt, umgrenzt, wie die Figuren 1 und 2 andeuten, einen Hohlraum, welcher durch ein verticale Septum (*s*), angeheftet an die Spitze des Dreiecks einerseits und an die Mitte der Basis andererseits, in zwei gleiche Theile (*c*, *c*) getheilt wird. Schon JOH. MÜLLER sah diese senkrechte Leiste und erklärte sie für den Nerven TIEDEMANN'S. Was uns hier zunächst interessirt, ist die Thatsache, dass das in Frage stehende Band (*b*) an der Bildung eines Canales theilhaftig ist, welcher in der Längsrichtung des Armes die Nervenbahn durchzieht. In der That erklärten noch verschiedene Forscher die Nervenbahn für hohl, so OWSJANNIKOW ¹⁾ und besonders GREEFF ²⁾ und HOFFMANN ³⁾. Nach den obigen Auseinandersetzungen würden wir aber nicht von einem, sondern von zwei neben einander liegenden, durch das verticale Septum getrennten Canälen zu reden haben. Wenn dagegen HOFFMANN deren drei beschreibt und GREEFF sogar von vieren zu reden geneigt ist, so kann ich den Ansichten Beider nicht beipflichten. Nachdem auch GREEFF den Querschnitt in gleicher Weise wie ich geschildert hat — ohne jedoch des Quermuskels Erwähnung zu thun — fährt er fort (II p. 97): »Prüft man aber genauer, so erkennt man, dass die senkrechte Scheidewand, die den Nervencanal zunächst in zwei grössere seitliche Hälften scheidet, kurz vor ihrer Basis in drei Blätter auseinanderfährt, ein mittleres senkrecht, die Fortsetzung der Hauptscheidewand, und zwei in einem spitzen Winkel davon abgehende seitliche. Hierdurch entstehen abermals zwei kleinere Hohlräume, die ebenfalls die Lumina

¹⁾ TH. OWSJANNIKOW. Ueber das Nervensystem des Seesterns. *Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Académie de St. Pétersbourg.* März 1871.

²⁾ R. GREEFF. Ueber den Bau der Echinodermen. *Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg.*

1. Mittheilung: Sitz.-Ber. No. 8. Nov. 1871 (I)	} Mit diesen röm. Ziffern werde ich fortan die entspr. Mittheilungen citiren.
2. - - - - 6. Juli 1872 (II)	
3. - - - - 11. Nov. u. Dec. 1872 (III)	

³⁾ Zur Anatomie der Asteriden; von Dr. C. K. HOFFMANN, Conservator am Reichsmuseum zu Leiden (aus dem Niederländischen Archiv für Zoologie. Band II. Erstes Heft. 1873).

zweier Canäle zu sein scheinen. Die radiale Nervenbahn würde somit von vier Canälen durchzogen sein.« Ein ganz ähnliches Bild, wie es hier GREEFF schildert, erhielt auch ich auf manchen Querschnitten, aber nicht auf allen. Erhielt ich dasselbe, so fehlte im Gegensatz zu der oben von mir gegebenen Beschreibung eines Querschnittes der Quermuskel (*m*), und der Durchschnitt des Ambulacraleanals stellte sich nicht als geschlossener Kreis dar, wie in den Figuren 1 und 2*a*, sondern als Oval (Fig. 2*b*, *a*), welches nach beiden Seiten sich in die kurzen Zweige (Fig. 2*b*, *z*) für Ampulle und Saugfüßchen auszieht. Ferner war auf einem solchen Querschnitte das Lumen der hohlen Nervenbahn nicht in zwei sondern in vier kleinere Lumina getheilt (Fig. 2*b*, *c*, *c*; *x*, *x*). Dieses Bild wird dadurch hervorgerufen, dass vom oberen Drittheil des Septums nach beiden Seiten Querzweige ausgehen, das Septum mithin als Kreuz erscheint (wie Figur 2*b* zeigt). Löste ich ein Stück eines Armes vollständig in Querschnitte auf, so kehrten beide Bilder in regelmässigen Intervallen wieder, und es galt daher, um die Verhältnisse des Septums richtig aufzufassen, beide zu combiniren. Aus dieser Combination folgt, dass das verticale Septum in regelmässigen Abständen zwei Querstränge nach rechts und links entsendet, welche die beiden Längscanäle (*c*, *c*) der Nervenbahn durchkreuzen. Ein glücklich geführter horizontaler Längsschnitt aber kann allein geeignet sein, einen solchen Sachverhalt klar und übersichtlich aufzudecken. Die beigegefügte Skizze (Fig. 4) ist nach einem solchen Horizontalschnitte gezeichnet. Der zu Grunde liegende Schnitt zeigt bei der tiefsten Einstellung des Mikroskops scharf den Ambulacraleanal mit seinen Zweigen, bei höherer die Quermuskeln (*m*), bei noch höherer die Querzweige (*z*) und den Theil des Septums, von welchem dieselben ausgehen. (Die Zeichnung gibt nur das eine Ende des etwas schräg gefallenen Schnittes, wo der Ambulacraleanal weggeschnitten und nur bei *a* durch die punctirte Linie angedeutet ist. Das Septum mit seinen Zweigen (*z*) und die darunter sich ausspannende Quermuskulatur (*m*) sind deutlich erkennbar. Vergl. dazu auch Fig. 5.)

Wenn somit bewiesen ist, dass es nur zwei durch das verticale Septum getrennte Längscanäle in der radialen Nervenbahn gibt, obwohl die an bestimmten correspondirenden Stellen durch den Arm geführten Querschnitte vier Lumina zeigen, so ist damit zugleich begreiflich, wie GREEFF vier Canäle vermuthen konnte, wo er anfangs nur zwei entdeckte. Ein Blick auf Fig. 4 lehrt übrigens, dass man noch ein drittes Bild erhalten kann auf Querschnitten, welche

weder den Quermuskel¹⁾ noch die Zweige des Septums treffen. In keinem Falle aber habe ich bei scharfen Präparaten Bilder bekommen, welche drei Lumina in der Weise zeigten, wie HOFFMANN sie abbildet. — Zur weiteren Illustration des Mitgetheilten verweise ich noch auf die verticalen Längsschnitte (Fig. 3 u. 17 a), welche bei *m* die Quermuskel, bei *s* das Septum zeigen.

Meine Untersuchungen hinsichtlich dieser Verhältnisse beziehen sich auf *Asteracanthion rubens* (Retz.) der Ost- und Nordsee, *Solaster papposus* (Retz.) und *Astropecten aurantiacus* (Phil.) der Nordsee. Bei *Cribrella sanguinolenta* (O. T. Müll.) ist, beiläufig bemerkt, der Querschnitt der Nervenbahn nicht dreieckig. Das Band, welches die Ambulacralfurehe deckt, zeigt auf dem Querschnitte nicht jenen für die besprochenen Species charakteristischen Winkel.

Die Zweige des Septums lassen sich bis zu den von mir aufgefundenen und unten näher zu beschreibenden Ventilen des Ambulacralfäßsystems verfolgen. Die Figur 4, in welcher bei *v* ein solches Ventil durch den Schnitt eben getroffen ist, illustriert diesen Befund. Ihr weiteres Verhalten ist mir dunkel geblieben. Auch am frischen Bande von *Asteracanthion r.*, welches ich mit einer Pincette aus der Ambulacralfurehe gerissen, konnte ich des Septums als eines Stranges ansichtig werden, welcher in regelmässigen Abständen nach beiden Seiten Zweige entsendet.

Das Septum endigt nach HOFFMANN in dem dorsalwärts vom Augenkolben gelegenen Fühler. Dieser zeigt nach ihm »innerlich eine

¹⁾ Diese Quermuskeln sind merkwürdiger Weise von GREEFF und HOFFMANN bei ihren Betrachtungen nicht berücksichtigt worden. »Bei den Asterien«, sagt JOH. MÜLLER, »sind die rechten und linken Ambulacrallplatten in der Mitte der Armfurchen zusammen beweglich verbunden, so zwar, dass sie durch ineinander greifende Zähne eine Art Gelenk bilden; unterhalb und oberhalb der gezähnten Verbindung liegen Quermuskeln, welche das Ambulacrum erweitern und verengern. Durch die mit einander verbundenen Apophysen der Ambulacrallplatten hat der mittlere Theil des Ambulacrums, von der Bauchhöhle aus betrachtet, die Gestalt einer Wirbelreihe mit Seitenfortsätzen. Der Ambulacralskanal des Arms, entspringend aus dem Ringcanal des Wassergefäßsystems, liegt auf der Knochencolumne des Strahls am tiefsten in der Rinne dieser Columne. Darüber liegen die äusseren Quermuskeln, welche die Hälften der wirbelartigen Stücke gegen einander zu bewegen, die Ambulacra zu verengen vermögen. Erweiterungen des Gefäßes drängen sich zwischen je zwei Quermuskeln; hier entspringt der Ast zum Saugfluss, quer hin verlaufend. Der Saugfluss ist auf das Loch zwischen den Seitenfortsätzen der wirbelartigen Stücke aufgesetzt und verlängert sich durch dieses Loch hindurch in die inwendig unter dem Ambulacralskelet liegende Ampulle.« JOH. MÜLLER l. c. pag. 167. 168.

Höhlung, welche mit der der radialen Nervenstämme in Zusammenhang steht. In diese Höhlung setzt sich die senkrechte Leiste fort, welche sich an die Spitze des Fühlers inserirt. Durch die in dieser Leiste vorkommenden Muskelfasern kann der Fühler, wenn er hervorgestreckt war, zurückgezogen werden¹⁾. Von diesen Angaben kann ich nur die eine bestätigen, welche den Fühler innerlich mit einer Höhlung ausgestattet sein lässt. GREEFF spricht von Höhlungen des Auges und des Fühlers, »welche zusammen einen Canal bilden, der weiter hin nach hinten d. h. nach der zum Munde verlaufenden Ambulacralrinne sich fortzusetzen scheint²⁾. Nun ist in der That die Höhlung des Fühlers nichts anderes als das Ende des Ambulacralcanals (Fig. 3, e), wie ich sowohl an verticalen Längsschnitten als auch an Querschnitten, in welche ich die Spitze eines Armes vollständig auflöste, zu demonstrieren vermag, und enden somit die radialen Wassergefässcanäle allerdings blind, wie HOFFMANN anzunehmen geneigt ist³⁾. Dass aber die Höhlung des Fühlers die Fortsetzung derjenigen der radialen Nervenbahn sei, muss ich bestreiten und eo ipso die von HOFFMANN angegebene Endigungsweise des Septums. Die Bewegungen des Fühlers werden mit Hilfe einer ihm eigenen Längsmuskulatur in ähnlicher Weise wie die der Saugfüsschen bewerkstelligt. Was ich über die Endigungsweise des Septums zu bemerken habe, werde ich bei einer anderen Gelegenheit einflechten. Dass man übrigens von einer besonderen Höhlung des Auges spricht, welche sich in die Höhlung des Fühlers fortsetze (GREEFF l. c. I pag. 3), scheint mir nicht ganz am Platze. In Wahrheit existirt nur eine Höhlung als terminale Erweiterung des Ambulacralcanals (Fig. 3, e), welche wir eher als Höhlung der Fühlers, denn als Höhlung des Auges ansprechen können.

Um den Sachverhalt noch einmal kurz zusammen zu fassen: Die radiale Nervenbahn ist hohl und von einem senkrechten Längsseptum durchzogen, welches die Höhlung der ersteren in zwei neben einander laufende Längscanäle scheidet. In regelmässigen Intervallen, immer zwischen je zwei aufeinander folgenden Wirbelstücken, entsendet das Septum, zugleich mit dem Ambulacralcanal und ventralwärts von demselben, nach beiden Seiten Zweige, welche die Lamina jener Canäle durchkreuzen.

1) l. c. pag. 10.

2) l. c. I. pag. 4.

3) l. c. pag. 19.

Hinzufügen will ich noch, dass GEORGE OSSIAN SARS, in seinen 1875 erschienenen höchst interessanten *Researches on the structure and affinity of the genus Brisinga*, auch für die *Brisinga* nur zwei Längscanäle der radialen Nervenbahn constatiren konnte¹⁾.

Bei genauerer Prüfung aber ergibt sich weiter, dass das verticale Septum nicht einfach, sondern aus zwei Blättern gebildet ist, die sich an der Spitze des Dreiecks je nach rechts und links umschlagen (Fig. 2 *a*, *s*, *s*). Ebenso ist die Natur desselben von GREFF beschrieben worden (l. c. II pag. 97). Diese Blätter erscheinen auf Schnitten meist dicht an einander gelagert. Nicht selten aber begrenzen sie ein Lumen, welches an den Knotenpunkten, wo die Zweige abgehen, das Bild eines Kreuzes liefert. So kann sich auf Querschnitten ein drittes Lumen zeigen, welches aber durchaus nicht dem dorsalen der drei Lumina in der Figur 11 u. 12 (Taf. I) von HOFFMANN entspricht (Fig. 2 *a*, *z*). Das ganze Septum scheint ein in der hohlen Nervenbahn aufgehängtes schlauchartiges Gebilde zu sein, dessen Wände sich meistens, wahrscheinlich durch den Einfluss des Alkohols, contrahiren und zusammen klappen.

Ehe ich nach dieser Schilderung der allgemeinen topographischen Verhältnisse der r. Nervenbahn zur Histiologie derselben übergehe, gebe ich eine Beschreibung des schon erwähnten Ventilsystems des Ambulacralgefäßes, welche sich hier am zwanglosesten anreihet.

II. Ueber ein Ventilsystem im Bereiche der Wassergefäßbahnen.

(*Asteracanthion r.*; *Astropecten aur.*)

Jeder kurze Seitenzweig eines radialen Ambulacralgefäßstammes mündet in einen Hohlraum, der sich nach unten in das Saugfüßchen (Fig. 2 *b*, *sf*), nach oben in die contractile sehr muskulöse Ampulle (Fig. 2 *b*, *amp*) öffnet. Die Ampulle ist schon lange als eine Art Pumpe zum Behufe der Schwellung des Füßchens betrachtet worden. Den Pumpen fehlten nur die Ventile. Die Schwellung der Füßchen bei *Asteracanthion rubens* ist ziemlich bedeutend, das

¹⁾ On some remarkable forms of animal life from the great deeps off the Norwegian coast. II. *Researches on the structure and affinity of the genus Brisinga*, based on the study of a new species: *Brisinga coronata*, by GEORGE OSSIAN SARS, Professor of Zoology at the University of Christiania. Christiania. 1875. pag. 26.

erigirte Füßchen von ziemlich prallem Ansehn. Deshalb wird der Druck innerhalb der Gefäßbahn, wengleich er durch die Contraction der Ampullen erhöht wird, schwerlich genügen, diese Erscheinungen zu erklären, besonders, wenn wir die Communication des Ambulacralgefäßsystems mit dem umgebenden Medium bedenken. Ein einziges Füßchen kann geschwellt und in prallem Zustande erhalten werden. Die Füßchen einer abgeschnittenen Armspitze sind noch längere Zeit fähig, ein lebhaftes Spiel zu unterhalten. Durch Pressen einer bestimmten Gruppe von Ampullen kann man ausserhalb des Wassers die entsprechende Gruppe von Füßchen zur Erection bringen. Auf Grund dieser Ueberlegungen und Erscheinungen kann man geradezu folgern, dass ein ventilartiger Verschluss gegen den Gefäßstamm vorhanden sein muss, wie er denn auch wirklich in Gestalt von Taschenventilen vorhanden ist (hierzu Fig. 5 u. 6).

Am besten bekommt man die Ventile auf einem horizontalen Längsschnitte zu Gesicht (Fig. 5, *v*). In jeden von dem Stamme abgehenden Zweig sieht man den Längsdurchschnitt eines Trichters hineinragen, dessen enge Oeffnung nach dem Saugfüßchen und dessen weite Oeffnung nach dem Ambulacralgefäß sieht (Fig. 5, *t*). Das Ventil hat dadurch auf einem solchen Schnitte das Ansehen zweier gegen einander geneigter Klappen. Davon aber, dass es keine eigentlichen Klappen sind, überzeugen uns Querschnitte durch das Ventil (in Fig. 5 durch die punctirte Linie angedeutet), welche wir auf verticalen Längsschnitten durch den Arm des Scestern erhalten müssen (Fig. 6). Wir ersehen aus denselben, dass das Ventil gebildet wird durch zwei seitliche Taschen (*tsch*), welche einen verticalen von dem Gefäßstamme nach dem Füßchen hin sich verengenden Spalt (*t*) zwischen sich lassen. Man blickt (Fig. 6) vom Saugfüßchen her in die Taschen und den Spalt hinein (in der Richtung des Pfeiles in Fig. 2 *b*). Die Ampulle und deren Communication mit dem Saugfüßchen, dessen Wandung (*sf*) durch den Schnitt gestreift ist, hat man sich über der Papierfläche zu denken. Contrahirt sich die Ampulle und wird in den beiden Taschen das Wasser angestaut, da der Spalt keinen schnellen Abfluss gewährt, so müssen sich die nichts weniger als straff angezogenen Wände des Spaltes aneinander legen und dadurch den Rückfluss des Wassers in das Hauptgefäß verhindern. Ob der Verschluss des Ventils noch durch die Action zweckentsprechender Muskelfasern befördert wird, muss ich dahin gestellt sein lassen. Doch scheinen sich Muskelfasern aus der Längsmuskelschicht des Saugfüßchens direct auf

die Ränder des Spaltes fortzusetzen. Es ist die verticale Stellung des Spaltes, welche bedingt, dass man durch Querschnitte kaum zu einer Einsicht in diese Verhältnisse gelangen wird. Diesem Umstande schreibe ich es zu, dass bisher dieser Apparat des Wassergefässsystems, durch welchen allererst dasselbe zu einem wahren Pumpsystem wird, übersehen worden ist. Nunmehr erhellt, »dass bei einer Einziehung der Saugfüsschen immer deren Ampullen sich füllen, sowie bei einer Ausstreckung derselben zunächst der Inhalt der Ampullen sie schwellt«¹⁾. Das Spiel der Ambulacralfüsse beruht auf einem Wechselspiel ihrer eigenen kräftigen Muskulatur und derjenigen der Ampullen. Contrahirt sich die Ampulle, so wird gleichzeitig die Längsmuskulatur des Füßchens weniger angespannt sein und umgekehrt. Ist weder die Muskulatur des Saugfüßchens noch die der Ampulle besonders angespannt, so wird dem gelegentlichen Wasseraustausch zwischen Ambulacralgefäss und Saugfüßchen nichts im Wege stehen.

Was den Fühler anbetrifft, welcher für gewöhnlich in ausgestrecktem Zustande zu verharren pflegt, so habe ich weder Ampullen, welche ihn speisen, noch einen ventilartigen Abschluss gegen den Ambulacralgefässstamm entdecken können und bin daher geneigt, seine weniger energische Schwellung lediglich dem Drucke innerhalb der Gefässbahn zuzuschreiben. Das schnelle Einziehen des Fühlers wird bewerkstelligt durch seine schon oben erwähnte Längsmuskulatur.

Die beschriebenen Ventile habe ich beobachtet bei *Asteracanthion rubens* und *Astropecten aurantiacus*. Auffallend ist, dass nach Sars die Ampullen des *Brisinga* sehr dünnhäutig und nicht im Staude sind, zur Schwellung der Füßchen activ beizutragen. »As regards the proper movement of the water-feet, it is effected apparently only by help of the muscles imbedded in their walls; not as is usually supposed by any independent contraction of the ampollae belonging to the water feet. These ampollae are in any case in the *Brisinga* so extraordinarily thinskinmed, that they scarcely could have any other destination than to take up the superfluous water as simple reservoirs when the water-feet are contracted, and again to deliver out the water required when the water-feet are extended«²⁾.

Den Ophiuren fehlen contractile zur Schwellung der Füßchen

¹⁾ GEGENBAUR, Grundriss der Vergl. Anatomie 1874. pag. 237.

²⁾ l. c. pag. 41, 42.

dienende Ampullen. Die Seitenzweige des Ambulacralcanals treten seitlich in besonderen Canälen durch den compacten Wirbelkörper hindurch, um die in einer Pfanne des letzteren sitzenden Saugfüßchen zu erreichen (vergl. JOH. MÜLLER l. c. und mein Schema, Fig. 11). Der Mangel einer Ampulle ist durch Bau und Localisirung des Saugfüßchens ersetzt. Das Saugfüßchen ist zu einem weiten muskulösen Sacke ausgedehnt, welcher sein dünneres unteres Ende durch eine enge bindegewebige Scheide nach aussen vordrängen kann. Der oben einmündende Zweig des Ambulacralcanals ist (im Gegensatz zu den Asterien) eng, und eine Ringmuskulatur an der Einmündungsstelle wird genügen, sein Lumen zu schliessen. Nach einigen Präparaten von *Ophiura texturata* scheint mir die Oeffnung nur in einem schmalen Schlitz zu bestehen.

III. Histiologie der radialen Nervenbahn des Seesterns.

A.

Die meisten histiologischen Elemente des Seesterns lassen sich im frischen Zustande höchst ungenügend oder gar nicht untersuchen und man ist gezwungen, seine Zuflucht zu Härtungen zu nehmen. Ich schicke hier einige Worte über die angewandten Methoden voraus. Zum Behufe der Herstellung von Zerzupfungspräparaten hilft man sich angesichts der erwähnten Calamität am besten mit sehr verdünnter Osmiumsäure, ein Ausweg, welchen auch HOFFMANN besonders eingeschlagen hat. Ueber Concentration der Lösung und Dauer der Behandlung Genaueres anzugeben, ist fast müßig, da man bald auf diese, bald auf jene Weise besser zum Ziele gelangt. Um sich vor Irrthümern zu hüten, denen man bei Zerzupfungspräparaten in Folge der gewaltsamen Dislocation der Elemente gar leicht anheimfällt, ist ein Rückhalt an klare nach allen Richtungen durch ganze Körpertheile geführte Schnitte von grosser Bedeutung. Hier begegnet man jedoch bei den sehr skelettreichen Thieren nicht unerheblichen Schwierigkeiten. Die Echinodermen der Ostsee zeichnen sich aber durch geringere Härte der Skelettheile vortheilhaft vor denen der Nordsee aus. In Alkohol gehärtete und in reines Stearin eingeschmolzene Theile von *Asteracanthion rubens* liessen sich sehr gut schneiden, ohne dass eine Entkalkung nöthig gewesen wäre. Die meisten von mir beigebrachten histiologischen Details beziehen sich daher auf *Asteracanthion rubens* der Ostsee, und wenn

ich im Allgemeinen »Seestern« sage, so denke ich an diesen. Zum Färben bediente ich mich des Pierocarmins und Carmins. Auch mit Osmiumsäure leicht behandelte und darauf in absolutem Alkohol gehärtete (unter Umständen noch mit Pierocarmin gefärbte) Theile lieferten sehr gute Bilder. Ausgezeichnet stellt diese Methode auf Schnitten das Stäbchenepithel dar. Auch von Thieren mit sehr hartem Skelet, z. B. der *Ophiura texturata* habe ich mich bemüht Schnitte durch nicht entkalkte Theile zu machen und die Chromsäurebehandlung, welche weniger scharfe Bilder lieferte, nur als Aushilfe in Anwendung gebracht.

Ich stelle jetzt noch kurz die Angaben von GREEFF und HOFFMANN über die radiale Nervenbahn, welche ich nicht gut meiner eigenen Darstellung vollständig einflechten kann, ohne die Sache zu bunt zu machen, im Auszug zusammen.

GREEFF findet »die Oberfläche des ganzen Nervensystems, sowohl des Ringes wie der Radialstämme mit einem lebhaft schwingenden Wimperüberzuge bekleidet«. »Auf die Cuticula folgt ein kleinzelliges Plattenepithel und auf dieses eine breite nach innen scharf abgegrenzte und ebenfalls mit einem, dem äusseren ähnlichen, inneren Epithel bekleidete Schicht, die, mit Ausnahme der zu den eigentlichen Schwerkzeugen gehörenden Gebilde, ganz dieselbe Zusammensetzung aus Fasern und Zellen zeigt« wie sie der Parenchym-schicht des Auges angehörig ist. »Diese Schicht, die das eigentliche aus der Bauchfureche leistenartig sich erhebende breite Band oder Blatt bildet, ist das orangefarbene Gefäss TIEDEMANN'S und das Nervensystem JOH. MÜLLER'S. Anscheinend endigt dieses Band, beiderseits von der Ambulacralrinne, am Grunde der Saugfüssehen. Prüft man aber genauer an guten Querschnitten, so sieht man, dass das Band, allmählig schmaler werdend, umbiegt und direct in die Haut der Saugfüssehen übergeht und sie bildet. Die fragliche ambulacrale Leiste des Nervensystems ist mit kurzen Worten nur eine Fortsetzung oder Ausstülpung der äussern Haut, in die sie sowohl durch Vermittlung der Saugfüssehen, als auch an anderen Stellen direct übergeht. Sie kann somit wohl nicht als das Nervensystem betrachtet werden, wenn auch in sie Nervenelemente von innen eintreten, sondern als das Integument, das die im Innern liegende Nervensubstanz umschliesst. Diese letztere, die innere Wandung des Integuments auskleidend, ist ihrerseits durchbrochen von dem durchziehenden oben-erwähnten Canal«. Auch an das »Septum scheint sich beiderseits

die Nervensubstanz hinauf zu ziehen, so dass hierdurch das Nervensystem in zwei Theile geschieden sich darstellt. Bezüglich der Zusammensetzung dieser Nervensubstanz konnte ein Unterschied zwischen Ring- und Radialstämmen bisher nicht aufgefunden werden. In beiden Theilen finden sich Zellen und Fasern« (l. c. I pag. 6 u. 7).

L. c. II pag. 95: »Das, was TIEDEMANN als Nerven angibt, sind keinesfalls solche, sondern das, was er als das orangefarbene Gefäss beschreibt mit seinen in die Arme tretenden Aesten, sind unzweifelhaft zunächst die Nerven. Aber diese Nerven, breite, Fasern- und Zellen-haltige Bänder, umschliessen unmittelbar ein Canalsystem, und dieses ist das TIEDEMANN'sche orangefarbene Gefäss mit seinen Arm-Aesten. Beides, Nervensubstanz und Blut, sind in unmittelbarster Berührung, Gefäss und Nerv untrennbar mit einander verbunden, der Letztere ist gewissermassen die Scheide des Ersteren.«

Dasselbst pag. 101: »Das ganze Augenparenchym scheint überhaupt ungemein reich an Nervelementen zu sein, ja zum grössten Theil daraus zu bestehen. Dasselbe gilt von den Hauptstämmen des eigentlichen Nervensystems, sowohl den Ring- als den Radialnerven. Auch hier scheinen die Nervelemente nicht bloß auf die inneren Schichten beschränkt, sondern das ganze Nervenband aus Nervenfasern (radiären und longitudinalen) und Ganglienzellen zusammengesetzt zu sein.«

L. c. III pag. 156: »Das Nervenband nämlich, aus der Ambulacralrinne sich erhebend und schmaler werdend, geht direct auf die Haut der Bauchfurchen und Saugfüßchen über, die äussere Hautschicht derselben bildend. (Nervenschicht.)«

So weit GREEFF.

Nach HOFFMANN stimmt die histiologische Structur der radialen Nervenstämme mit der des Nervenringes vollkommen überein (l. c. pag. 8): »Aeusserlich sind die Nervenstämme mit Wimperhaaren bekleidet; darauf folgt eine Cuticula«, »und darauf ein sehr kleines Pflasterepithelium. Auf das Pflasterepithelium folgt die eigentliche Nervensubstanz.« — »Die in den Nervenblättern enthaltene Nervensubstanz setzt sich andererseits auch auf der senkrechten Leiste theilweise fort.« — »Die mikroskopische Untersuchung lehrt nun, dass in den Nervenblättern eine sehr grosse Anzahl von Ganglienzellen vorkommt. In jeder Zelle, deren Diameter von 0,005 bis 0,008 Mm. wechselt (Fig. 14), bemerkt man einen sehr grossen Kern, welcher den Zellkörper fast vollkommen ausfüllt. Im Innern der

Kerne kommt ein Kernkörperchen vor. Das Protoplasma der Zellen ist äusserst feinkörnig. Von jeder Zelle entspringen gewöhnlich zwei Fortsätze oder Fasern (Nervenfasern), eine centrale und eine peripherische. Die erstere ist gewöhnlich kürzer als die letztere, welche sich zuweilen dichotomisch theilt. Die Fasern sind unmessbar dünn, entbehren sowohl der Marksheide als der Hülle und bestehen nur aus Cylinderaxen. Die peripherischen sowohl als die centralen Nervenfortsätze können sehr schöne Varicositäten zeigen. Die Fasern kreuzen einander in allerlei Richtungen. Zellen und Fasern liegen in einer feinkörnigen Grundsubstanz eingebettet, welche der grauen Hirnsubstanz höherer Thiere ähnelt. Ausserdem verlaufen in den Nervenblättern auch noch stäbchenförmige Fasern, gewöhnlich in radiärer Richtung. Ihre Bedeutung ist mir aber unbekannt geblieben. Mit den Nervenzellen hängen sie nicht zusammen.«

Die sowohl von GREEFF als auch von HOFFMANN angegebene äussere Bewimperung der radialen Nervenbahn habe auch ich hin und wieder zu beobachten Gelegenheit gehabt, ohne allerdings im Stande zu sein, die Grenzen derselben genau zu fixiren. Die Wimpern sitzen auf der ziemlich derben glashellen Cuticula (Fig. 2 *a*, *ct*). Nach einem nun folgenden Plattenepithel, wie es GREEFF und HOFFMANN angegeben, habe ich oft, aber immer vergebens gesucht. Ich finde vielmehr unter der Cuticula eine dichte Lage langer Zellen von bemerkenswerther Gestalt (Fig. 2 *a*, *ep*; Fig. 5, *ep*; Fig. 7, *ep*). An einem relativ langen, die ganze sogenannte Parenchymenschicht GREEFF's durchsetzenden Stabe sitzt als Köpfchen der eigentliche Zellenleib mit Kern und Kernkörperchen (Fig. 7, *ep*, *f*). Der Stab dringt oft in den letzteren ein und ist dann nicht selten bis zur Oberfläche desselben nach Behandlung mit Osmiumsäure zu verfolgen. Häufig ist der Stab auch seitlich mit dem Leibe der Zelle verbunden. Am entgegengesetzten Ende hat er eine leichte Gabelung. Diese gegabelten Stäbchenzellen sind radiär angeordnet, so dass sie auf jedem Querschnitte und Längsschnitte in die Augen fallen. Die Stäbchen lassen Zwischenräume zwischen sich, während die Köpfchen der Zellen eine zusammenhängende Decke bilden, welche die Cuticula trägt. Diese Decke ist oft dicker als das Köpfchen der Zelle lang. Dadurch aber, dass die eigentlichen Zelleiber in nicht ganz gleicher Höhe am Stabe angebracht sind, sich prosenchymatisch zwischen einander schieben und auch manchmal eine Lückenzelle ohne Stab zwischen sich haben, wird die eigenthümliche Structur der Decke

hervorgebracht, welche auf dickeren Schnitten als eine compacte mit Kernen erfüllte Schicht erscheint. Vergebens habe ich nach einem Zwischengliede zwischen dieser Decke und der Cuticula gesucht. An Zerzupfungspräparaten sieht man häufig noch einzelne Zellen oder Gruppen von Zellen an der Cuticula kleben und kann sie künstlich unter dem Mikroskop von derselben trennen: soweit ich sehen konnte, stossen sie direct an dieselbe. Da sich bei Anwendung von Färbungsmethoden nur jene Decke hervorstechend färbt und auf Quer- und Längsschnitten als rother Streifen unter der Cuticula erscheint, so könnte dadurch vielleicht der Schein eines kürzeren Epithels hervorgerufen werden, welches allerdings immer noch eher als Cylinder- denn als Plattenepithel zu bezeichnen wäre.

Die zwischen den Stäben gelassenen Räume erscheinen auf Querschnitten fein punctirt (Fig. 2 *a*). Längsschnitte (Fig. 8) und Zerzupfungspräparate lehren, dass dies die Folge ist von äusserst feinen, dicht gelagerten Fibrillen, welche parallel mit der Cuticula in longitudinaler Richtung zwischen den Stäben durch die ganze Länge des Armes hinziehen (Fig. 8, *f**b*). Diese äusserst feinen Fibrillen erscheinen nach Behandlung mit Osmiumsäure leicht punctirt. Sie hängen dicht zusammen, sind bei schwächerer Vergrösserung von flockigem Ansehn und erst bei stärkerer Vergrösserung als Fibrillen erkennbar. Zellen, welche man für Ganglienzellen erklären könnte, habe ich nicht zwischen ihnen eingelagert gefunden. Nur hin und wieder sah ich auf Schnitten einige mässig grosse Kerne. Die gabelförmigen Enden der Stäbchenzellen sitzen auf einer bindegewebigen Lamelle (Fig. 2 *a*, *l*), wo sie die innere Fläche jener »breiten nach innen scharf abgegrenzten Schicht« GREEFF's bilden.

Eine Folge dieser Zusammensetzung aus Stabzellen und longitudinalen Fasern ist die leichte Spaltbarkeit des Bandes in der Längsrichtung, so dass JOH. MÜLLER mit Recht von einem »weichen grösstentheils (?) aus Längsfasern bestehenden Blatte« reden konnte, »welches sich ganz so wie die Nerven der Seeigel leicht der Länge nach reissen und spalten lässt«¹⁾. Mit den Angaben HOFFMANN's stimmt meine Darstellung nicht sehr überein. Die auf Querschnitten erscheinende Punctirung als Ausdruck der Längsfaserung könnte die Annahme seiner »feinkörnigen Grundsubstanz« veranlasst haben.

¹⁾ l. c. pag. 169.

Dann bliebe aber nichts, was ich als seine reichhaltigen Nervenfasern, welche gleich unter dem Plattenepithel zu finden sein sollen, deuten könnte. Umgekehrt bleibt keine Grundsubstanz, wenn ich die Längsfibrillen für HOFFMANN'S Nervenfasern nehme, welche letzteren ausserdem, im Widerspruch mit meinen Resultaten, »einander in allerlei Richtungen kreuzen sollen«. Die Bilder, welche HOFFMANN auf Taf. I, 13, 15 und 16 von Nervenzellen gibt, zeigen die auffallende Thatsache, dass sich diese Zellen mit dem einen Ende oder Ausläufer sämmtlich an eine Art Cuticula, oder was es sein soll, ansetzen (?). Dasselbe gilt von den (Fig. 27 u. 28, Tafel II) gegebenen Zeichnungen der Nervenschicht der Saugfüsschen. Die »stäbchenförmigen Fasern«, welche sich »gewöhnlich in radiärer Richtung« finden und deren Bedeutung ihm unbekannt geblieben, möchten meinen Stäbchenzellen entsprechen. Während HOFFMANN also diese breite Schicht, welche nach mir wesentlich aus Stäbchenzellen und Längsfasern besteht, als Nerven hingestellt, beschränkt GREEFF die Substanz des letzteren Anfangs auf die Auskleidung des Nervencanals und das Septum. Später kommt er von dieser Ansicht in so weit zurück, als er nicht nur die innern Schichten sondern auch den ganzen, bisher als Band bezeichneten Theil der Nervenbahn (es scheint ihm wenigstens wahrscheinlich) aus Nervenfasern und Ganglienzellen bestehen lässt und die äussere Schicht des Saugfüsschens Nervenschicht nennt (vergl. den oben gegebenen Auszug).

GREEFF machte zuerst darauf aufmerksam, dass dieses Band nicht nur in die Haut der Saugfüsschen, sondern auch an anderen Theilen in die Körperhaut unmittelbar übergeht. Nach Einsicht in die Richtigkeit dieser Beobachtung konnte es mich nicht Wunder nehmen, jene Stäbchenzellenschicht unmittelbar in das übrige Körperepithel übergehen zu sehen. Ich habe dieses Verhalten sowohl an anderen Körperstellen, als auch namentlich an den Zacken beobachten können, welche Auge und Fühler umgeben. Hierbei muss ich vorausschieken, dass auch der Fühler dieselbe charakteristische Stäbchenzellenschicht unter der Cuticula zeigt, wie das radiale Band, und diese sieht man sehr schön in die gewöhnliche Epithelschicht der Haut übergehen, wie sie sich auf den genannten Zacken findet. Allmählig, je mehr man sich von den deutlichen Stabzellen des Fühlers entfernt, werden die Stäbe kürzer, der eigentliche Zelleib relativ länger, bis wir das gewöhnliche Epithel vor uns haben. Dabei ist hervorzuheben, dass auch die Faserschicht noch vorhanden ist,

so lange man etwas von den Stäbchen sieht, um erst mit diesen zu verschwinden. Diese Wahrnehmung bewog mich zu wiederholten Malen ein Stück der Rückenhaut von *Asteracanthion rubens* mit Osmiumsäure zu behandeln und durch Zerzupfung die Epithelzellen zu isoliren. Ich fand ganz ähnliche Elemente, wie HOFFMANN abbildet, (Taf. I. 2) mit der Einschränkung jedoch, dass ich ein Auslaufen der Zellen in mehrere Fäden niemals beobachten konnte. Dagegen zeigten sämtliche Zellen einen gegabelten Fuss, der sehr häufig erst durch einen kurzen Stab mit dem länglichen Hauptkörper der Zellen in Verbindung stand (Fig. 7, *rep*). Möglich, dass auch meine Objecte ausserdem Elemente enthielten wie die von HOFFMANN abgebildeten. Uns interessirt hier aber vor Allem, dass in reichlicher Menge epitheliale Gebilde vorkommen, welche die so charakteristische Gabelung zeigen und sich durch ihren ganzen Habitus nicht sonderlich von den allerdings viel mächtigeren Stäbchenzellen unterscheiden. Auch das charakteristische »sich zwischen einander schieben« der Zelleiber fand ich nicht selten. Nach allem kann es daher nicht ungerechtfertigt erscheinen, wenn ich die Stäbchenzellen für eine blosse Modification jenes gewöhnlichen Epithels erkläre, welches nächst der Cuticula die äusserste Hülle des Seesternkörpers bildet, und ich werde sie hinfort mit dem Namen Stäbchenepithel bezeichnen. (Hiermit soll übrigens mehr die Form als die Consistenz der Zellen, welche im frischen Zustande eher weich als spröde sind, angedeutet werden.)

Angesichts dieser Thatsachen kann ich das Band, welches hauptsächlich aus jenen Zellen zusammengesetzt wird, nicht ohne Weiteres für den Nerven nehmen wie HOFFMANN. Aber auch GREEFF kann ich nicht beipflichten, wenn er in seinen späteren Angaben, im Gegensatz zu früheren, dasselbe hauptsächlich aus Nervenfasern und Ganglienzellen zusammengesetzt sein lässt. Von Ganglienzellen kann ich nichts entdecken. Die fibrilläre Zwischensubstanz zwischen dem Stäbchenepithel könnte man vielleicht für Nervenfasern erklären, obgleich ich ohne Weiteres kaum ein Kriterium nennen könnte, welches zu der Annahme zwänge, dass so ziemlich die ganze Bauchseite des Armes zur Hälfte aus Nervelementen bestände. Die Zeichnung (Fig. 2 *a*) zeigt aber, dass das Band (*b*) ausser den schon erwähnten Theilen noch aus zwei Zellplatten (*p, p*) gebildet wird, welche sich durch die Länge des Armes erstrecken und meiner Ansicht nach nervöse Elemente enthalten. Diese Platten sind von dem Epithel mit der fibrillären Zwischensubstanz durch die schon

erwähnte bindegewebige Lamelle (*l*) getrennt. Ich werde fortan die dorsalwärts von der Lamelle gelegenen Platten als Zellplatten von dem Integumente, bestehend aus der bindegewebigen Lamelle, dem Stäbchenepithel, der fibrillären Zwischensubstanz und der Cuticula, in meiner Nomenclatur trennen. Ehe wir jedoch die schwierige Frage nach dem Nerven etwas weiter zu ventiliren versuchen, wollen wir das Integument bis zum Augenkolben verfolgen, um einige weitere Verhältnisse in den Bereich unserer Beurtheilung zu ziehen. Darauf halte ich es für zweckmässig, noch einige Beobachtungen mitzutheilen, welche ich über das viel deutlicher ausgeprägte Nervensystem der *Ophiura texturata* gemacht habe; dann wieder zum Seestern zurückzukehren, die noch übrigen histologischen Details der radialen Nervenbahn zur Sprache zu bringen und mit dem schon Besprochenen zu vergleichen.

IV. Das Auge des Seesterns.

Das Integument der radialen Nervenbahn verdickt sich, wie schon früher erwähnt, an der Spitze des Armes, um den Kolben zu bilden, in welchen die Einzelaugen eingebettet sind (vergl. Fig. 3, *ak*, Auge = *au*). Diese Einzelaugen, von EHRENBURG entdeckt, wurden von HAECKEL¹⁾ für Pigmenttrichter mit kugeligen Linsen erklärt. JOURDAIN kam zu derselben Ansicht, während METTENHEIMER²⁾ lichtbrechende Körper leugnete. Genauer sind diese Organe von GREEFF und HOFFMANN untersucht, deren bezügliche Angaben ich abermals im Auszuge aus den angeführten Schriften zusammenstelle.

GREEFF (l. c. I pag. 2 ff.). »Die Oberfläche des Auges ist zunächst mit einer glashellen Cuticula überzogen, auf welche ein zartes Plattenepithel folgt. Beide, Cuticula und Epithel, sind indessen dem Auge des Seesterns nicht eigenthümlich, sondern überziehen auch den Fühler, das Integument der Ambulacralnerven etc. Unter dem Epithel liegt eine verhältnissmässig breite Parenchymschicht, die in scharfer Abgrenzung nach innen zu sich abschliesst, und in welche die eigentlichen Sehorgane eingebettet liegen, nämlich eine nach Alter und Grösse des betreffenden Seesterns wechselnde Anzahl

¹⁾ Ueber die Augen und Nerven der Seesterne. Von Dr. ERNST HAECKEL. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. X.

²⁾ Beobachtungen über niedere Seethiere, angestellt in Norderney im Herbst 1859. Von Dr. med. C. METTENHEIMER.

von lebhaft roth gefärbten Pigmentkegeln, die mit ihrer Basis nach aussen, mit ihrer Spitze convergirend gegen die mediane Längslinie des Auges gerichtet sind. Die Pigmentkegel oder Trichter sind angefüllt mit entsprechenden Krystallkegeln. Dieselben bestehen aus einer glashellen Substanz von scheinbar weicher Consistenz und sind häufig nach aussen hervorgewölbt.« »Die diese Pigmentkegel aufnehmende Parenchymschicht ist nach innen ebenfalls, wie nach aussen, von einem Plattenepithel bekleidet. Nach aussen von diesem innern Epithel liegt zunächst eine Zone kräftiger radiärer Fasern, mit denen sich weiterhin circuläre Fasern kreuzen, auf welche dann wiederum eine Zone von vorwiegend radiären, stäbchenförmigen Fasern folgt, die von Zellen und Körnern von verschiedener Grösse und Färbung durchsetzt sind. Nach innen von dieser Parenchymschicht und dem innern Epithel liegt eine Zone von hyaliner, anscheinend weicher Substanz mit Zellen und circulärer und radiärer Faserung (Nervenschicht).«

Nun folgt GREEFF'S Augenhöhle. (Siehe früher) l. c. II. pag. 101: »Die Pigmenttrichter sind von einer weichen, glashellen Substanz erfüllt, die bei Druck nach aussen hervorquillt. Im frischen Zustande und bei schwacher Vergrösserung nehmen sich diese Körper, die übrigens mit den sie umhüllenden Pigmenttrichtern innig verwachsen sind, so dass man sie schwer und nur unvollständig zu isoliren vermag, durchaus wie die Krystallkegel der Arthropoden aus. An feinen durch das ganze Auge geführten Schnitten aber von erhärteten Präparaten erscheint die Substanz nicht homogen, sondern aus vielen kleinen kernartigen Körperchen, die schichtenweise übereinanderliegen, zusammengesetzt. Mitten durch den ganzen Kegel aber geht eine Längsaxe (Canal oder Faden). Hiernach würden die fraglichen Gebilde vielleicht eher den von M. SCHULTZE beschriebenen Schstäbchen als den Krystallkegeln der Arthropoden entsprechen.«

»Die diese Stäbe einfassenden Pigmenttrichter sind nun nicht gegen das gemeinschaftliche Parenchym des Auges, in dem sie eingebettet liegen, abgegrenzt, sondern senden von ihrem äusseren Umfange zahlreiche einfache und sich verästelnde, zuweilen varicöse Anschwellungen bildende Ansläufer, in denen die feinen rothen Körperchen perlsmurartig aufgereiht sind. Verfolgt man diese Fäden weiter, so sieht man oft, wie das Pigment sich allmählig in ihnen verliert und durchaus farblose Fäden daraus hervorgehen, die in ihrem ganzen Verhalten Nervenfasern entsprechen. Auch bemerkt

man eben solche durchweg pigmentlose Fäden direct an und scheinbar in die Pigmenttrichter treten. Es scheint somit in der beschriebenen Weise eine Verbindung der Nerven-elemente des Augenparenchyms mit den Pigmenttrichtern hergestellt zu werden. Das ganze Augenparenchym scheint überhaupt ungemein reich an Nerven-elementen zu sein, ja zum grössten Theil daraus zu bestehen.«

Die Oberfläche des Augenkolbens ist nach HOFFMANN (l. c. pag. 10) »mit einer glashellen structurlosen Cuticula überzogen, auf welche wie bei den Nervenstämmen ein zartes Plattenepithel folgt, dessen 0,005 Mm. grossen polygonalen Zellen einen 0,002 Mm. grossen Kern enthalten. Unter dem Epithel liegt eine nach innen scharf begrenzte, ziemlich breite Parenchymschicht, in welcher die eigentlichen Sehorgane eingebettet liegen. Diese bestehen aus einer nach Alter und Grösse wechselnden Zahl von hellroth gefärbten Pigmentkegeln, in Abständen, die ihrem eigenen Durchmesser gleich sind, und mit ihrer Basis nach aussen, mit ihrer Spitze gegen die mediane Längslinie des Auges gerichtet.« »Die Pigmentkegel oder Pigmenttrichter sind von einer weichen glashellen Substanz erfüllt, welche beim Druck gewöhnlich nach aussen hervorquillt und welche durch HAECKEL als eine kuglige Linse beschrieben worden ist.« »Das Pigment ist in Zellen abgelagert, deren Grösse und Form sehr wechselt, je nachdem dieselben mehr dem Centrum oder der Seitenfläche des Kegels zugekehrt sind. Die centralwärts gelegenen haben eine unregelmässige polygonale oder rundliche Form, die lateralwärts gelegenen eine mehr cylindrische Gestalt. In den meisten ist ein Kern sehr deutlich zu sehen. Von dem äussern Ende sendet jede Zelle einen langen einfachen oder sich verästelnden Fortsatz ab, der zuweilen wie die Nervenfasern sehr schöne Varicositäten zeigt und in denen die feinen rothen Pigmentkörnchen perlchnurartig aufgereiht sind. Andere dagegen senden nur pigmentlose Fäden ab. Die Structur der scheinbar homogenen, weichen glashellen, im Centrum der Pigmentkegel gelegenen Substanz ist im frischen Zustande äusserst schwierig zu untersuchen und hat mich zu keinem befriedigenden Resultate geführt. Nach Behandlung in Osmiumsäure erscheint aber diese Substanz nicht homogen, sondern aus kleinen kernhaltigen Körperchen zusammengesetzt, die schichtenweis übereinanderliegen.« »Die in der nächsten Umgebung der weichen Innenmasse gelegenen Pigmentzellen zeigen nur eine Spur des rothen Pigments, so dass der Uebergang zwischen den Pigmentzellen und den im Innern des Pigmentkegels gelegenen äusserst

zarten, pigmentlosen Zellen ein allmäliger zu sein scheint.« »Es sieht also gerade so aus, als ob die pigmentirten Zellen des Kegels allmäliger in weniger pigmentirte und endlich in vollkommen pigmentlose übergehen. Die letzteren bilden dann die innere weiche Masse des Auges.« »Der Raum, welcher zwischen den Pigmentkegeln übrig bleibt, besteht aus Nervensubstanz, welche dieselbe histiologische Structur zeigt als die der Nervenblätter, mit dem Unterschiede jedoch, dass wie in dem Fühler die stäbchenförmigen Fasern fehlen.« —

Zuvörderst muss ich auch beim Augenkolben wie bei der radialen Nervenbahn und beim Fühler ein auf die Cuticula folgendes Plattenepithel in Abrede stellen. GREEFF spricht von Zonen radiärer Fasern, welche das Augenparenchym durchziehen. Eine radiäre Streifung ist vorhanden und man mag, besonders an gefärbten Schnitten, auch zwei Zonen derselben unterscheiden, nämlich eine lebhafter gefärbte äussere und eine minder gefärbte innere. In Wahrheit existirt aber nur eine das ganze sogenannte Parenchym umfassende Zone von ausserordentlich langgestreckten nach innen wieder in Stäbchen endenden Zellen, deren protoplasmatischer äusserer Theil sich ganz besonders färbt (vergl. Fig. 8 die Fortsetzung von *ep*). In innern Abschnitt bemerkt man auf verticalen Längsschnitten (Fig. 8) jene von GREEFF angegebenen circulären Fasern (Fig. 8, *fb*), auf Querschnitten eine feine Punctirung, genau wie früher beim Integument der radialen Nervenbahn geschildert worden. In der That geht ja auch dieser Theil des Augenkolbens, das Integument desselben, unmittelbar in das Integument der radialen Nervenbahn über (Fig. 3 u. Fig. 8). Jenes ist nur eine Anschwellung des letzteren und ich behaupte, dass im Grossen und Ganzen die Verhältnisse dort eben so sind wie hier. Der Hauptsache nach nämlich besteht das Integument des Augenkolbens nicht aus Nervensubstanz (GREEFF, HOFFMANN), sondern aus langgestreckten Zellen, ganz ähnlich denen im Integument der radialen Nervenbahn, welche nach innen in ein gegabeltes Stäbchen oder wenigstens eine Gabel endigen, nach aussen mit ihren Köpfen an die Cuticula stossen (Fig. 8). Dabei ist hier ebenso wenig als bei der radialen Nervenbahn angeschlossen, dass Nerven-elemente zwischen und an diese Zellen hinantreten, sondern vielmehr wahrscheinlich, da das Integument des Augenkolbens auf einer Ganglienmasse (Fig. 8, *gl*) ruht und Sinnesorganen zum Bette dient.

Im Besonderen unterscheiden sich diese grossen Epithelzellen

mannigfach von den früher geschilderten. Die Gabelung des innern Endes ist häufig nicht so ausgebildet sondern durch eine kleine ausgehöhlte oder krallenförmige Anschwellung vertreten. Die bedeutende Länge der Zellen fällt auf, welche dem Durchmesser des Integumentes entspricht. Die eigentlichen Zelleiber sind umfangreicher und gilt das, was früher über das »sich zwischen einander schieben« der Köpfe gesagt worden, in hervorragendem Maasse. Aus dem Anfange des Augenkolbens isolirte ich einige vollkommen keulige Pigmentzellen mit gegabeltem Ende. Hin und wieder sind sackartige Gebilde mit Pigmentkörnern eingelagert. Die Zellen des Fühlers stehen dem Typus derer aus dem Integument der radialen Nervenbahn durch ihre grössere Einförmigkeit bedeutend näher; denn wenn in der radialen Nervenbahn eine grosse Einförmigkeit derselben vorherrscht, so ist für den Augenkolben eine bedeutendere Mannigfaltigkeit der Stäbchenzellen charakteristisch. Zwischen dem Integumente des Augenkolbens und demjenigen des Fühlers findet ebenfalls ein unmittelbarer Uebergang statt. Zu allem kommen im Augenkolben dann noch die in das Integument eingebetteten Pigmenttrichter, auf deren Structur ich jetzt näher eingehe.

Es ist wohl unmöglich durch Zerzupfen eines mit Osmiumsäure behandelten Augenkolbens (geschweige eines frischen) ein vollständig unversehrtes Einzelauge mit Allem, was daran hängt, zu isoliren. Besonders die Fortsätze der Pigmenttrichter, welche von GREEFF und HOFFMANN geschildert werden, leiden am meisten bei der Zerzupfung und sind am schwersten zu verfolgen. Nach langem Suchen brachte mich die Isolation einiger unversehrter Zellen aus dem Pigmenttrichter, wie ich glaube, auf die richtige Spur. Die Zellen (Fig. 9, *b*) bestehen aus einem langgestreckten Körper mit Kern, welcher nach innen in einen stäbchenförmigen Theil mit Gabel, nach aussen in einen rothes Pigment enthaltenden Kopf endigen. Auf diesem Kopfe sitzt ein (bisweilen zwei) heller stark lichtbrechender Körper in Gestalt eines kleinen Stabes. Figur 10 stellt in *a* ein isolirtes Einzelauge dar, welches durch Zerzupfung und Druck an einer Seite aufgerissen ist und einen Einblick in's Innere gewährt. Dieses Innere ist, wie sich durch Längsschnitte zeigen lässt (Fig. 8, *au*,) ein regelmässiger Hohlkegel, dessen Wandung von Pigment gebildet wird. Auf der Wandung sitzen die oben erwähnten lichten Stäbchen auf und ragen gegen die Axe des Hohlkegels vor (Fig. 10, *a* u. *b*, Fig. 8, *au*,, *au*,, im Querschnitt). Die Pigmentwandung wird durch die Köpfe der oben dargestellten Zellen gebildet; nach

aussen sieht man die nicht oder nur zum Theil pigmentirten zugehörigen Zelleiber mit Kernen. Das Pigment geht sehr häufig bei der Präparation zum Theil verloren, ist aber in manchen Zellen ziemlich weit hinunter zu verfolgen (GREEFF's und HOFFMANN's Ausläufer mit perlsmurartig aufgereihten Pigmentkörnern). Der unterste Theil der Zellen ist meistens abgerissen, und nur in wenigen Fällen gelang es mir, Zellen von der oben beschriebenen Vollständigkeit zu finden. In grosser Zahl aber habe ich die oberen dickeren Theile der Zellen mit Pigmentkopf und Stäbchen isolirt (Fig. 9, *c*). Dass der Hohlkegel wirklich aus zusammentretenden langen Zellen gebildet wird, die sich seitlich und nach unten biegen, ist auch auf Schnitten sehr gut ersichtlich (vergl. Fig. 8, *au*). Durch den Alkohol wird das Pigment ausgezogen und der früher pigmenthaltige Theil der Zellen nimmt keine Färbung an. In Folge dessen sieht man eine Reihe oben lichter und wohlbegrenzter Zellen auf den Hohlkegel zustreben. Wenn ich somit nicht beweisen kann, dass alle das Auge bildenden Zellen in der angegebenen Weise nach unten endigen (auf Schnitten kann man nicht genau erkennen, ob die seitlich vom Auge und unter demselben befindlichen Stäbchen zu diesen Zellen gehören), so möchte es zum Mindesten wahrscheinlich erscheinen. Auf jeden Fall besteht das Auge aus langgestreckten Zellen, deren Köpfe so zusammentreten, dass sie einen Hohlkegel begrenzen. Die von mir isolirten vollständigen Zellen weisen darauf hin, dieselben als eine fernere Modification des Stäbchenepithels und in letzter Instanz des gewöhnlichen Epithels aufzufassen.

Das Auge des Seesterns erscheint somit, abgesehen von etwa hinzutretenden Nerven-elementen, als rein epitheliales Gebilde, als eine kegelförmige Einstülpung der Haut. Die Sehstäbchen, welche sich leicht in der Längsrichtung spalten, kann man vielleicht zu den Cuticularbildungen rechnen. Ein solches Verhalten darf uns nicht überraschen. »Bei den Wirbellosen ist die Entwicklung des Auges weit einfacher; sie folgt dem Typus des Gehör- und Geruchsorganes der Wirbelthiere. Dies Verhalten konnte schon aus der Analyse des Sepienauges geschlossen werden, trat aber beim Nautilus mit grosser Evidenz hervor, da hier das Auge nicht viel mehr ist, wie ein isolirter ausgehöhlter Hautwulst, welcher mit Epithel, theils Pigment- theils Retinazellen ausgekleidet ist. Für die Arthropoden hat WEISMANN nachgewiesen, dass die Augenelemente sich aus der Hypodermis entwickeln. Bei den Schnecken liess sich

die Einstülpung noch nicht nachweisen, aber es tritt gerade bei den Heteropoden sehr deutlich hervor, wie die typischen Elemente des Auges Epithelien sind, natürlich neben Nerven. Bei den Echinodermen endlich liegen ja die Augen an der Oberfläche selbst¹⁾.

Ich habe noch hinzuzufügen, dass die auf den Pigmentzellen sitzenden Stäbchen den kegelförmigen Binnenraum des Auges nicht vollkommen ausfüllen, also nicht vollständig bis an die Axe des Kegels reichen. Dies wird besonders klar an Schnitten durch Augen, welche leicht mit Osmiumsäure und Alkohol behandelt worden. Bei längerer Härtung in Alkohol tritt Schrumpfung ein, und man glaubt einen die Axe bildenden Faden wahrzunehmen (Greeff's «Canal oder Faden»). Ob die in der angegebenen Weise übrig bleibende Höhlung des Auges mit einem besonders gearteten Liquidum erfüllt ist oder nicht, konnte ich nicht ausmachen. Dieselbe wird nicht durch die Cuticula geschlossen, sondern durch ein unter dieser befindliches Gebilde, bestehend aus langen Stabzellen, welche an ihrem Kopfe durchsichtige plattenartige Fortsätze tragen (Fig. 10, c). Die Fortsätze schieben sich wahrscheinlich von allen Seiten zwischen Cuticula und Basis des Hohlkegels, welchen sie solchergestalt schliessen. Ich glaube, dass dieses Gebilde, welches mir öfter planconvex erschien, als Linse von Haeckel und Anderen in Anspruch genommen worden ist. Blickt man auf ein unverletztes Auge, so sieht man meistens nur einen hellen Punct im Pigment der Kegel, und nach einem Präparate schien es mir, als ob sich das Pigment auch auf die Unterseite des eben beschriebenen Gebildes fortsetze. Vielleicht ist dem Lichte nur durch eine kleine Oeffnung der Eingang in den Trichter gestattet.

Im Anschlusse an diese Darstellung habe ich hier noch eine beiläufige Beobachtung mitzutheilen. Da wo das Integument an der Spitze des Armes anschwillt, um alsbald das Bett für die Einzelaugen zu bilden, oder schon mehr oder weniger in den Augenkolben hineingerückt, habe ich auf Schnitten zwischen den Epithelzellen auffallend häufig eine Blase gefunden, welche von einer lichten, scharf begrenzten Membran gebildet wird. Figur 8, o zeigt dieselbe, wie sie sich auf einem Präparate besonders klar darstellte. Dieselbe ist theils leer, theils von runden (zelligen?)

¹⁾ V. HENSEN. Ueber das Auge einiger Cephalopoden. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie XV. Bd., pag. 73.

Körpern erfüllt, die einen körnigen Inhalt zeigen. Besonders zu beachten ist, wie die Stäbchenzellen sich rings an die Blase mit ihren Köpfen ansetzen und hier an der einen Seite sich schräg nach unten biegen. Wäre mir die Blase regelmässig in dieser Ausbildung und an derselben Stelle erschienen, so würde ich nicht anstehen, eine Beziehung derselben zu Sinnesfunctionen (Gehör?) für höchst wahrscheinlich zu halten. Ich habe die Blase aber wenn auch oft, so doch nicht immer gefunden. Weiter muss ich hinzufügen, dass manche der Schnitte die Blase vollkommen erfüllt mit jenen körnigen Körpern zeigten, und einmal anstatt der gedrungenen Blase sich ein Canal fand, welcher sich eine längere Strecke in das Integument der radialen Nervenbahn hinein verfolgen liess. Nie vermisste ich dagegen die scharfe Begrenzung durch eine lichte Membran. Meine Data beziehen sich nur auf Schnitte durch in Alkohol gehärtete Theile. Durch Zerzupfen ist es mir nicht gelungen, die Blase zu finden. So muss es denn fernerer Untersuchungen vorbehalten bleiben, festzustellen, ob das in Frage stehende Gebilde vielleicht nur ein pathologisches ist, oder mit bestimmten normalen Functionen in Beziehung gebracht werden muss.

Die Stäbchenzellen des Fühlers sind, wie angegeben, ganz ähnlich wie die der radialen Nervenbahn gebildet. Es ist wahrscheinlich, dass durch diese besonders ausgebildeten Epithelzellen die besondere Empfindlichkeit vermittelt wird, welche jenem Organe eigen ist. Darauf möchten auch Zellen wie die in Fig. 7, *a* dargestellte hinweisen. Experimentell kann man sich überzeugen, dass die ganze Bauchseite des Thieres, insonderheit das Integument der Nervenbahn, mit einer hervorragenden Empfindlichkeit begabt ist. Vielleicht fungiren auch hier die Stabzellen als Organe, welche, mit Nerven in Verbindung stehend, diese Sensibilität vermitteln. Wir hätten dann vom Epithel der Nervenbahn durch Fühler und Auge den vollkommensten Uebergang von den einfachsten zu complicirteren Apparaten.

V. Der radiale Nerv und das radiale Bauchgefäss der *Ophiura texturata* (Forbes).

Als ich zur weiteren Vergleichung die Ophiuren in den Bereich meiner Untersuchung zog, bot sich mir als besonders günstiges Object die *Ophiura texturata* (Forbes) der Nordsee, welche, in gutem Spiritus aufbewahrt, wenn auch nicht frische Exemplare ersetzte,

so doch eine leidlich klare Einsicht in die histiologischen Verhältnisse erlaubte.

Bei den Ophiuren sind die halben Wirbelstücke, welche im Arme der Asterien beweglich mit einander verbunden sind, zu soliden Wirbeln verschmolzen, welche in der Längsrichtung des Armes durch Gelenke mit einander in Verbindung stehen. In einer Rinne an der Ventralseite dieser Wirbelcolumnne liegt der Ambulacralcanal (Fig. 11, *a*). Gedeckt nach unten und aussen wird diese Rinne erstens durch ein breites Längsband (*b*) und ferner durch die den Ophiuren eigenen Bauchschilder (*bs*). Das Längsband sendet in einer queren Rinne an der Unterseite der Wirbel Seitenzweige zu den Saugfüßchen. Es wird als breiter bandartiger mit Anschwellungen versehener radialer Nerv der Ophiuren beschrieben. Genaue histiologische Angaben über dasselbe sind mir nicht bekannt.

Um die Natur dieses Bandes zu prüfen, entfernte ich von einem Armstücke Bauch- und Seitenschilder, präparierte grössere Stücke des Bandes heraus und untersuchte dorsale und ventrale Seite desselben unter dem Mikroskope. Die ventrale Seite zeigte nichts Auffallendes. Das Band schien wesentlich aus Längsfasern mit Epithelbelag zu bestehen. Anders die dorsale dem Ambulacralcanal zugekehrte Seite. Auf dem Bande in der Mittellinie verläuft hier ein *circumscriptes* Gefäss, welches da, wo es in regelmässigen Intervallen nach rechts und links Seitenzweige abgibt, Anschwellungen zeigt. Neben diesem Gefässe (vergl. Fig. 12, *gf*) liegt ebenfalls in bestimmten Intervallen rechts und links ein wohl abgegrenzter Complex von auffallend grossen, durch ihren ganzen Habitus sich sofort als Ganglienkugeln documentirenden Zellen. Körniger Inhalt mit grossem excentrischen Kern und Kernkörperchen, runde oder birnförmige Gestalt und Fortsätze, in welche sich der Leib auszieht, zeichnen dieselben aus (Fig. 13, *a*). Die Ganglienknoten sind oval oder spindelförmig und stehen unterhalb des Gefässes durch eine dünne (bindegewebige oder nervöse?) Schicht mit einander in Verbindung. Nach vorn und hinten ziehen sie sich in einen wohlbegrenzten Nervenstrang aus, durch welchen sie mit den nächsten Knotenpaaren in Verbindung treten (Fig. 12, *lc*). Dabei ist zu beachten, dass die Ganglienknoten nicht mit den Knotenpunkten des Gefässes — zugleich den Knotenpunkten des ganzen Bandes — zusammenfallen, sondern dieselben nur mit ihrem einen Ende berühren, so dass die Zweige des Gefässes bereits den Anfang der Nerven kreuzen, und zwar in den meisten Fällen durchsetzen (Fig. 12),

Immerhin gehen von den Ganglienknoten kleinere Faserbündel mit den Gefässzweigen und auf den Zweigen des Bandes zu den Saugfüsschen. Die stärksten Zweige des Nervensystems aber streben von den äusseren und oberen Seiten der Ganglien nach oben zu den starken Längsmuskeln, welche sich zwischen den Wirbeln ausspannen (Fig. 12, *mn* und Fig. 15, *mi*). Da wo diese Muskelnerven aus den Ganglien austreten, zieht sich eine bogenförmige Quereommissur über das Gefäss hinüber von einem Knoten zum andern. Nicht selten habe ich eine zweite Commissur zu Gesicht bekommen, wie die Figur 12, *q* zeigt. Wie viel von diesen Commissuren Nervenfasern, wie viel Bindegewebe sei, vermag ich nicht zu entscheiden. Der weitere Verlauf der Muskelnerven wird dadurch sehr merkwürdig, dass dieselben, um zu ihrem Bestimmungsorte zu gelangen, den Körper des Wirbels, in ähnlicher Weise wie die Zweige des Ambulacralfässes, durchsetzen. Wie diese treten sie in eigene Canäle ein, welche ihren Anfang seitlich in der Ambulacralfurche nehmen. Auf Schnitten eröffnete ich wiederholt solche Canäle und konnte darin den Nerven liegen sehen. Die Anfänge dieser Canäle finden sich nicht weit von den Oeffnungen der zu den Saugfüsschen führenden Canäle und zwar dem Discus näher, was schon von JOH. MÜLLER angegeben worden. Er sagt (*Ophiolepis ciliata*): »Die Seite der Rinne enthält noch eine kleinere Oeffnung für ein Knochenanälchen, welches auf dem adoralen Muskelfelde des Wirbels ausmündet und wahrscheinlich für einen Nervenzweig zu den Zwischenwirbelmuskeln bestimmt ist«¹⁾.

Hinsichtlich der histologischen Beschaffenheit des Nerven konnte ich an den Muskelnerven ein deutliches Neurilemm unterscheiden. Dasselbe umschliesst ein Bündel scharf contourirter starker an der Seite hin und wieder mit Kernen besetzter Fasern, zwischen denen sich eine körnige Masse eingelagert findet (Fig. 13, *b*).

Die Nerven, sowohl Commissuren als Muskel- und Füßchenerven, sind ganz platte Bänder, viel breiter als dick.

Das genannte Gefäss, welches auf dem Bande in der Mittellinie ruht, ist dickwandig und an den Knotenpunkten fast viereckig ausgezogen. Auffallend bauchige Anschwellungen desselben, welche ich in der Nähe des Discus zu beobachten Gelegenheit hatte (Fig. 14 *b*, *h*), lassen auf muskulöse Beschaffenheit und Pulsationsfähigkeit schliessen.

¹⁾ l. c. pag. 217. Fig. 9.

Am meisten Schwierigkeiten haben mir die Nerven-Längscommissuren zwischen den Ganglienpaaren gemacht. Eine Flächenansicht der Nerven konnte ich nur auf die oben angegebene Weise oder vermittelt dicker mit dem Scalpell geführten Horizontalschnitte erhalten. Bei der dazu erforderlichen Manipulation rissen fast immer die Längscommissuren, so dass ich dieselben von den Ganglienknoten aus nur eine Strecke weit, nicht ganz bis zum nächsten Paare verfolgen konnte. Weiterhin war der Nerv dislocirt, entweder abgerissen, oder durchgerissen und zur Seite gebogen, so dass das Bild eines seitwärts sich abzweigenden Nerven entstehen konnte. Dass diesem Bilde ein entsprechendes Verhalten der Nerven wirklich zu Grunde liege, ist mir aber nicht wahrscheinlich, erstens, weil immer einige Fasern die Verbindung zwischen den Knotenpaaren herstellten. Zweitens liess sich die Commissur von beiden Seiten bald mehr bald weniger weit verfolgen. Die Dislocation ist keine immer gleiche, derart, dass es keine Stelle zwischen den Knoten gibt, bis zu welcher ich seiner Zeit nicht irgend einmal die Commissur intact hätte verfolgen können. In einem Falle war der zerstörte Theil auf ein Minimum beschränkt und fand sich in geringer Entfernung von einem der in Frage stehenden Knoten; in einem andern sah man mitten zwischen zwei Knoten ein Stück der Commissur erhalten. Ebenso musste ich auf Grund von Quer- und Längschnitten durch mit Chromsäure entkalkte Armstücke zu Gunsten der Commissuren urtheilen. Nach allem schliesse ich daher, dass die Längscommissuren wirklich als solche vorhanden sind.

Die Frage nach der Natur des Bandes, auf welchem alle diese Theile lagern, und seinem Verhältniss zu den eben geschilderten Elementen des Nervensystems musste mich natürlich demnächst beschäftigen. Die Zerzupfung ergab nur das Wenige, dass besagtes Band hauptsächlich aus Längsfasern mit kleinen zelligen Elementen besteht. Die Längsfasern unterscheiden sich dem ganzen Ansehen nach deutlich von den charakteristischen Nervenfasern. Ich nahm darauf zu Querschnitten meine Zuflucht. Da die Chromsäurebehandlung der schon in Alkohol gefärbten Theile keine scharfen Bilder lieferte, hielt das Schneiden der nicht entkalkten Stücke ziemlich schwer. Dennoch erhielt ich eine Reihe gefärbter und scharfer Schnitte, auf Grund welcher ich Folgendes mittheile. Zwischen den oben geschilderten Elementen des Nervensystems und dem Bande ist immer eine scharf abgesetzte Grenze vorhanden, welche sich mir öfter als eine hyaline Lamelle

darstellte (vergl. Fig. 14 *a* und Fig. 15). Die Fasern des Bandes nehmen weder beim Abgange des Muskelnerven noch der Längscommissuren an der Bildung dieser Nerven Theil. Ein durch einen Zweig des Bandes geführter Schnitt zeigt auch hier eine scharfe Grenze zwischen Band und der darauf liegenden Fasermasse. Die Zweige des Bandes selbst gehen unmittelbar in das Integument der Saugfüsse über.

Ueber die feinere Structur des Bandes lässt sich auf Grund meiner Schnitte nur Folgendes aussagen. Man kann drei Theile unterscheiden: zunächst unter der Nervenmasse eine breite sich anders als diese färbende hauptsächlich aus Längsfasern bestehende Schicht (Fig. 14 *a*, 1); darunter eine sich ziemlich deutlich von dieser scheidende und wieder anders färbende schmalere (2), die Zellen enthält und sich an Chromsäureschnitten epithelartig von jener abhebt; endlich eine ganz schmale oft wie eine Cuticula sich ausnehmende (3) (vergl. Fig. 14 *a*, 1, 2, 3). Das alles sieht nicht besonders nach Nerv aus. Kommt hinzu, dass, wie oben geschildert, die ovalen Ganglienknotten in die erwähnten Längscommissuren auslaufen und sammt diesen, den Querecommissuren und Zweigen ein geschlossenes Nervensystem zu bilden scheinen, das auffallend an dasjenige der Anneliden unter den Würmern erinnert, und dessen Hauptknotenpunkte nicht mit den Knotenpunkten des Bandes zusammenfallen, so wird man versucht, dem ganzen Bande geradezu die bisher zugeschriebene nervöse Natur abzuspochen. Im anderen Falle müsste sich doch ein mehr oder weniger unmittelbarer Zusammenhang der Fasermasse des Bandes mit den Ganglienzellen auffinden lassen; aber gerade hier ist die Grenze sehr scharf. Das Band ist (besonders in der Nähe des Discus) hin und wieder fast frei suspendirt, und dann greifen die Ganglienmassen mehr oder weniger seitlich um dasselbe herum; aber auch hier lässt sich eine scharfe Grenze zwischen jenem und diesen auf Schnitten demonstrieren. Zwischen je zwei Ganglienpaaren findet sich auf jeder Seite des Gefässes — wie sehr auch die Längscommissur dislocirt sei — regelmässig ein schmales Bündel starker mit Kernen besetzter Längsfasern, welche sich (in Alkohol gehärtet) durch besondere Elasticität auszeichnen und so von den feineren, als Nervenfasern beschriebenen Fasern abstechen. An denselben bleiben bei Zerreiſsung der Commissur häufig Stücke der letzteren sowie manchmal fast die ganze Ganglienmasse hängen, wenn diese durch Zerreiſsung des Bandes sich von demselben abgehoben hat. Die Ganglienknotten

werden nämlich von den Fasern durchsetzt. Man kann hier, wo zur Seite des Gefäßes auch Längsbündel der feineren unzweifelhaft nervösen Fasern die Ganglienknotten umsäumen, jene stärkeren Fasern deutlich von den feineren unterscheiden.

Leider ist es mir nicht gelungen, alle diese Verhältnisse bis zur ringförmigen Commissur im Discus zu verfolgen, wieweil ich bis ganz in die Nähe derselben mit meinen Schnitten vorgedrungen bin. Im entscheidenden Momente fielen die Schnitte auseinander. Soweit ich aber gekommen, immer fand ich dieselben geschilderten Verhältnisse.

Von anderen Ophiuren untersuchte ich *Ophiura albida* (Forbes) der Ostsee und *Ophioscolex glacialis* (Müll. Trosch.) der Nordsee, aber mit geringem Erfolg. Erwähnen will ich jedoch, dass bei *Ophioscolex* der auf dem Band liegende Gefäßstrang zwischen je zwei Knotenpunkten durch eine Mittellinie in zwei Theile getheilt erscheint, ohne dass ich constatiren konnte, ob wirklich das Gefäß in zwei neben einander verlaufende Zweige getrennt ist. Die auf dem Bande liegende Faser- und Zellschicht, für die ich eine ähnliche Anordnung wie bei der *Ophiura texturata* beobachten konnte, ist hier im Verhältniss zur Dicke des Bandes sehr gering, so dass die erhaltenen Bilder meine oben dargelegte Abgrenzung des Nervensystems weniger stützen als die Präparate von *Ophiura texturata*. Kleinheit und mangelhafte Erhaltung der Exemplare machten einen klareren Einblick in die fraglichen Verhältnisse unmöglich.

VI. Histiologie der radialen Nervenbahn des Seesterns.

B.

Wir kehren jetzt noch einmal zur Betrachtung der radialen Nervenbahn des Seesterns zurück. Von aussen nach innen gehend habe ich bisher an dem Bande unterschieden: Wimpern, Cuticula, Stäbchenepithel mit fibrillärer Zwischensubstanz und eine bindegewebige Lamelle. Alle genannten Theile des Bandes wurden als Integument zusammengefasst. Die Lamelle (Fig. 2a, l) fehlt nirgends. Auf ihr sitzt das Epithel (Fig. 2a, ep). Es glückten mir Zerpupfungspräparate von mit Osmiumsäure behandelten Theilen, welche Stücke dieser Lamelle isolirt enthielten. An solchen Objecten sieht man nicht selten die Stäbchen gleich einem Walde von Nadeln aus dem Bindegewebe hervorragen. Auf die Lücken zwischen dieser bindegewebigen Lamelle und den Köpfchen des Epithels sind die feinen

Fibrillen beschränkt. Die Lamelle besteht aus welligem, zum Theil aus verfilzten Fasern gebildetem Bindegewebe. Auf der dorsalen Seite finden sich in reichlicher Zahl starke breite Fasern eingebettet, welche hier und da einen seitlich befestigten Kern tragen (Fig. 16, *c*, 1). Zum Theil sind diese Fasern Fortsätze grösserer Zellen und verzweigen sich in diesem Falle nicht selten dendritisch (Fig. 16, *c*, 2). Dieselben sind in der Längsrichtung des Armes angeordnet, kreuzen sich aber häufig unregelmässig unter spitzen Winkeln.

Auf der Lamelle endlich sieht man auf Querschnitten rechts und links in das Lumen (*c*) der beiden Nervenlängscanäle hineingewölbt je eine planconvexe Platte (*p* Figur 2 *a*), welche von Zellen gebildet wird. Es sind dies die schon genannten Zellplatten. Die zunächst an das Lumen der Canäle angrenzende Lage der sie zusammensetzenden Elemente besteht meistens aus länglichen an beiden Enden zugespitzten, häufig in zwei derbe stielartige Fortsätze ausgezogenen Zellen, die sich prosenchymatisch zwischen einander schieben (Fig. 16, *a*) und so eine zusammenhängende Schicht bilden. Ihr längster Durchmesser fällt gewöhnlich nicht in die Längsrichtung des Armes. Aus dem Innern der Platten aber, besonders der dicken Mitte derselben, isolirte ich in reichlicher Menge Zellen von der folgenden charakteristischen Beschaffenheit. Die Zellen sind kuglig oder birnförmig von nicht sehr hervorstehender Grösse, enthalten einen deutlichen Kern mit Kernkörperchen und haben einen oder mehrere Fortsätze in Gestalt von längeren feinen Fasern, welche eine Menge kleiner Anschwellungen zeigen (Fig. 16, *b*). Auch diese Zellen liegen dicht gedrängt. Die Ausläufer bilden unter ihnen eine besondere Faserlage, welche also auf der bindegewebigen Lamelle ruht. Diese Fasern unterscheiden sich von den Fibrillen zwischen dem Epithel hauptsächlich durch bedeutendere Stärke. Es sind dies, von aussen nach innen gerechnet, die ersten Zellen, welche in ihrem besonderen Verhalten an Ganglienzellen erinnern. Der Querdurchmesser der Platten und somit das in der Zeichnung angegebene Verhältniss derselben zur Dicke des Bandes ist übrigens nicht immer derselbe. In den mittleren Theilen des Armes, aus welchen der gezeichnete Schnitt stammt, ist die Dicke der Platten am bedeutendsten; sie scheint aber auch sonst in regelmässigen Abständen zu variiren.

Die Blätter des Septums bestehen aus Längsfasern und einem Balkenwerke sich krenzender platter Faserbündel, zwischen welche Zellen eingelagert sind. Ein dem Lumen der Canäle zugekehrter Zellbelag ist mit Wimpern versehen.

Verfolgen wir jetzt die radiale Nervenbahn bis zum Augenkolben. Das Integument des Augenkolbens ist, wie früher gezeigt worden, die directe Fortsetzung des Integuments der radialen Nervenbahn und enthält im Grossen und Ganzen ähnliche Gebilde wie dieses. Die Basis der langen Zellen (Fig. 8) sitzt auch hier einer Membran auf, welche sich jedoch durch grosse Feinheit auszeichnet. Diese Membran ist ohne Zweifel die Fortsetzung der oben besprochenen bindegewebigen Lamelle. Dorsalwärts von dieser Lamelle findet sich, den ganzen Raum bis zur angrenzenden Höhlung des Ambulacralgefässendes (Fig. 8, *e*, Fig. 3, *e*) ausfüllend, eine Zellenmasse, welcher ich schon früher den Character eines terminalen Ganglienknotens vindicirte (Fig. 8, *gl*, Fig. 3, *gl*). Es ist diejenige Masse, welche GREEFF in seiner ersten Mittheilung »als Zone hyaliner, anscheinend weicher Substanz mit Zellen und circulärer und radiärer Faserung« characterisirt und in Parenthese als Nervenschicht bezeichnet. Dabei muss ich allerdings sein »inneres Epithel«, welches sich zwischen der äusseren Parenchym-schicht und der inneren Nervenschicht finden soll, streichen. Besonders verticale mit Picrocarmin gefärbte Längsschnitte geben im günstigen Falle näheren Aufschluss. Die Zellen liegen dicht gedrängt, enthalten Kern und Kernkörperchen in verschiedener Zahl und zeichnen sich vor Bindegewebszellen durch ihre relative Grösse und die Richtung ihrer Fortsätze aus. Die ganze Zellenmasse strebt gleichsam, wie Figur 8 zeigt, dem Integument zu, in welchem die Sinnesorgane eingebettet liegen. Ein directer Beweis für ihre nervöse Natur lässt sich natürlich nicht führen. Da es aber überhaupt für die ganzen Verhältnisse der Anordnung der nervösen Elemente unseres Thieres bisher fast vollständig an Analogien zu fehlen scheint, so kann auch von jener apodictischen Gewissheit keine Rede sein, mit welcher ich die Ganglienknoten der *Ophiura texturata* auf Grund ihres ganzen Habitus sofort für solche erklären konnte. Sind die in Frage stehenden Zellen keine Ganglienzellen, so müsste man sie entweder für Bindegewebs- oder eingeschwemmte Blutkörperchen erklären. Aber von diesen wie von jenen lassen sie sich unschwer unterscheiden, und sowohl der ganze Habitus der Zellenmasse, als der Umstand, dass ein den reichlichen Sinnesorganen zu Grunde liegender Ganglienknoten allerdings zu erwarten ist, spricht für die nervöse Natur derselben. Die Masse dieses terminalen Ganglienknotens also lässt sich weiter als dünnere Schicht unter das Integument des Fühlers verfolgen (vergl. Fig. 3). In der Zeichnung eines verticalen Längsschnittes (Fig. 8) habe ich mich bemüht, möglichst

genau den Eindruck der Zellenmasse wiederzugeben, wie ihn meine Präparate hervorrufen. Auf Querschnitten wird man der Zellen minder gut ansichtig. Dieselben scheinen flach zu sein und die Flächen hauptsächlich mit verticalen Längsschnittebenen zusammen zu fallen. Bei einem besonders grossen Asteracanthion r. der Ostsee war dieser Knoten von ganz hervorragender Grösse, die Integumentschicht, in welcher die Augen eingebettet sind, dagegen kaum dicker als in der radialen Nervenbahn.

Gehen wir nun von diesem Ganglienknoten aus, um die weitere Anordnung der nervösen Elemente in der radialen Nervenbahn zu verfolgen! Drei Fälle sind möglich. Entweder der terminale Knoten entspricht den beiden früher geschilderten Zellplatten, welche sich vereinigen und eine Anschwellung bilden würden; oder die Zellenmasse setzt sich auf die Blätter des Septum fort; oder endlich beide Fälle haben neben einander Geltung. Ich neige zur letzteren Ansicht; denn auf Schnitten, welche den Ganglienknoten klar zeigen, finde ich immer auch eine Fortsetzung der Zellschicht auf die Blätter des Septums. Immerhin halte ich einen Zusammenhang der ersteren mit den Platten für höchst wahrscheinlich. Um die Endigungsweise des Septums im Augenkolben zu prüfen löste ich die Spitze eines Armes mehrere Male vollständig in Querschnitte auf. Obgleich ich dabei keinen Schnitt verloren, kann ich doch nicht behaupten, dass ich vollständig ins Klare gekommen wäre. Jedenfalls ist so viel sicher, dass in dem Maasse, als man sich dem Augenkolben nähert, die beiden Blätter des Septums aneinander weichen und das so entstehende Lumen sich mit Zellen und Fasern füllt, welche den Anfang des Augenknotens vorstellen. Dann verlor ich plötzlich die Spur des Septums.

Ein directer Zusammenhang des Augenknotens mit den beiden Zellplatten würde eine treffliche Uebereinstimmung mit den That-sachen herstellen, welche ich bei der *Ophiura text.* klar gefunden und deshalb zum Vergleiche vorausgeschickt habe. Nun schlagen sich, wie ich früher bei Skizzirung eines Querschnittes der Nervenbahn durch den Seesternarm gezeigt, die beiden Blätter des Septums an der Spitze des Dreieckes jederseits um. Ein Blick auf Fig. 2 *a* zeigt, wie die Zellenplatten *p*, *p* rechts und links eine directe Fortsetzung jener sich umschlagenden Blätter bilden. Ob aber die Blätter über oder unter den Platten weggehen, sich in dieselben auflösen, oder (wie mir nach einem Schnitte durch den Arm von *Solaster papposus* wahrscheinlich) die Platten zwischen zwei Lamel-

len nehmen, in welche sie sich spalten, kann ich nicht angeben. Es lässt sich natürlich in Uebereinstimmung mit dem geschilderten Verlaufe des Septums auf die eine oder andere Weise sehr gut denken, dass sowohl die Zellenplatten an der Bildung des Ganglienknotens theilnehmen, als auch andererseits die nervösen Elemente auf der Innenseite der Septumblätter sich hinaufziehen.

Das Septum bis in den Discus zu verfolgen fiel noch schwerer, da ich in diesem Falle Schnitte nur durch sehr kleine Thiere gewinnen konnte. Querschnitte zwingen mich anzunehmen, dass dasselbe in der Nähe der ringförmigen Commissuren immer mehr zusammenschrumpft, so dass ich zuletzt die Spur desselben ganz verlieren konnte. Die Zellplatten verbreitern sich, verschmelzen mit einander und lassen sich als zelliger Belag auf der ventralen Seite des ringförmigen Canales nachweisen, welcher eine directe Fortsetzung der beiden Canäle der radialen Nervenbahn ist und den Mund umgibt (Fig. 17 *b, c*). Nach HOFFMANN setzt sich die senkrechte Leiste »auch auf den Munddiscus fort und bildet da ebenfalls einen pentagonalen Ring, welcher die Scheidewand zwischen dem oralen Blutgefäss und dem Wassergefässring darstellt«¹⁾. Wenn ich auch, wie eben bemerkt, die Spur des Septums im Discus verloren habe, so will ich dieser Angabe gegenüber doch kurz auf den verticalen Schnitt durch Discus und Arm eines kleineren Thieres hinweisen, welchen Fig. 17 *a* im Bilde gibt (vergl. dazu 17 *b*). Die aus Cuticula, Stäbchenepithel und Fasern gebildete Integumentschicht (*i*), welche die directe Fortsetzung des Integumentes der Ambulacralrinne (*i*) ist, umfasst 1) den Hohlraum *c*, die Fortsetzung der Canäle der radialen Nervenbahn; 2) das Lumen *g*, welches für das Lumen eines Gefässes in Anspruch genommen wird, zunächst der Mundöffnung (*o*)²⁾; *a* ist das Lumen des quer durchgeschnittenen Ambulacralgefässringes, wovon man sich auf der linken Seite durch die Einmündung des der Länge nach aufgeschnittenen radialen Ambulacralgefässes überzeugen kann. Zwischen demselben und den beiden anderen Lumina finden sich 1. eine dicke Bindegewebslage,

1) l. e. pag. 7.

2) »Um den Mund an der Innenwand der Scheibe verläuft ein zweiter Ringcanal, der orale oder ventrale Gefässring. Er liegt nach unten und innen vom Wassergefässring zwischen der Mundhaut und dem Nervenringe, aber so dicht dem letzteren an, dass er in das Lumen des viel weiteren Nervencanals hineinragt und innerhalb desselben zu liegen scheint.« (GREEFF, l. e. II. pag. 94.)

2. ein quer durchschnittenen Muskelbündel (*m*) und 3. ein Fortsatz der Skelettheile. Wie auf diese Verhältnisse HOFFMANN'S Aussage Anwendung finden könnte, vermag ich nicht einzusehen.

Nach meiner Ansicht also müssen wir die nervösen Elemente des Seesterns nach innen von den Theilen suchen, welche ich als Integument zusammengefasst habe. Dieselbe Ansicht äusserte GREEFF in seiner ersten Mittheilung. Dafür spricht erstens das Fehlen der Ganglienzellen im Integumente. Die Stäbchenzellen wird Niemand als solche in Anspruch nehmen wollen. Ich glaube nachgewiesen zu haben, dass sie nichts anderes als das Epithel sind. Ein von solchen Stabzellen durchsetzter Nerv wäre auf jeden Fall etwas höchst Auffallendes, wie sehr man auch geneigt sein möchte eine unvollkommene Trennung der Nervenlemente vom Hautsinnesblatte anzunehmen. Zweitens finden wir gedeckt vom Integument und getrennt von ihm durch die bindegewebige Lamelle Zellenaggregate mit Ausläufern und Fasern, welche man nicht anstehen kann für Ganglienzellen zu halten. Dahin gehören der terminale Knoten, die beiden Zellplatten, vielleicht in Verbindung mit den Blättern des Septums.

Zur weiteren Erläuterung dieser meiner Ansicht gehe ich jetzt auf eine etwas nähere Vergleichung der *Ophiura texturata* und des *Asteracanthion rubens* ein.

VII. Vergleichung der *Ophiura texturata* und des *Asteracanthion rubens*.

Wie bereits früher angegeben, findet sich bei den Ophiuren zu oberst in der Ambulaeralfurche, dem Axenskelette anliegend, das Wassergefäss (Fig. 11, *a*), dessen Seitenzweige den Wirbel (*wrb*) durchsetzen, um zu den Saugfüssen (*sf*) zu gelangen. Unter ihm dehnt sich ein geräumiger Hohlraum (*c*) durch die ganze Länge des Arms. Durch das Längsband (*b*), auf welchem Nerv und Gefäss liegen, wird dieser Längscanal (*c*) von einem zweiten unter dem Bande liegenden Canale (*r*) geschieden, welcher durch die Bauchschilder (*bs*) gedeckt wird. In seiner dritten Mittheilung über den Bau der Echinodermen (1872) stellt GREEFF die gewichtige Ansicht auf, dass man in diesem zweiten Canale (*r*) der Ophiuren ein Homologon für die offene äussere Ambulaeralrinne der Asterien (Fig. 1, *r*) zu suchen habe, ebenso wie in entsprechenden Längscanälen von Holothuriern

(Fig. 19, *r*) und Echiniden. »Weitere Untersuchungen haben mir nun gezeigt, dass diese Uebereinstimmung zwischen Asterien und Holothurien sich auch auf die Echiniden und Ophiuren erstreckt. Auch hier treffen wir nach aussen vom radialen Wassergefäss dieselben Lagerungs- und Formverhältnisse des Nervenbandes, das nach innen einen Canal umschliesst, nach aussen von einem solchen umschlossen ist. Diese Homologie scheint somit eine für die ganze Echinodermengruppe nicht unwichtige zu sein, da sie einen wesentlichen neuen Gesichtspunct für die vergleichende Morphologie derselben eröffnet¹⁾«.

Wir hätten also bei den Ophiuren in dem zweiten Canale (*r*, Fig. 11) nichts anderes als die überdachte Ambulacralrinne der Asterien (*r*, Fig. 1) vor uns. In der That könnten nur widersprechende Data einer detaillirten Entwicklungsgeschichte, auf Grund welcher allerdings eine ganz sichere morphologische Begriffsbestimmung allein möglich ist, mich bewegen, diese von GREEFF aufgestellte Ansicht wieder aus den Augen zu verlieren. Die Uebereinstimmung ist zu frappant. Für die Ophiuren kommt noch der folgende beachtenswerthe Umstand hinzu. Die dem Munde am nächsten liegenden Ambulacralplatten des Armes im Discus sind paarig und nicht zu einem soliden Wirbel verschmolzen (vergl. JOH. MÜLLER, l. c. pag. 196), sondern articuliren mit einander durch ein gezahntes Gelenk wie bei den Asterien. Wie bei den Asterien spannt sich hier zwischen Wassergefäss (*a*) und Band (*b*) ein Quermuskel (*m*) von einer Wirbelhälfte (*wrb*) zur andern, so dass noch grössere Uebereinstimmung hergestellt ist (Fig. 18).

Vergleichen wir die Verhältnisse im Bau der Ophiura t. des Näheren mit denjenigen des Asteracanthion r., so erhellt, dass, wenn die angegebene Homologie richtig ist, das Längsband (*b*) der Ophiura dem Integumente der radialen Nervenbahn des Seesterns entsprechen muss. Wie dieses geht jenes Band direct in die Haut der Saugfüsschen über. Bei Ophiosclex konnte ich beobachten, dass es hier eine umhüllende Schicht derselben wird, in der sich ausser den Längsfasern auch Gebilde unterscheiden lassen, welche an die Stäbchenzellen des Seesterns erinnern. Stellen wir uns vor, dass die Ophiura sich aus einer asterienartigen Stammform entwickelt hat, so haben

¹⁾ l. c. III pag. 11.

wir in jenem Bande einen Rest des früheren Integumentes zu sehen, welches dem Nerven und Bauchgefäße des Ophiuren-Armes (vielleicht als elastisches Gebilde) zur Basis dient. Von der früheren seitlichen Ausbreitung des Bandes, als einer blossen Verdickung und besonderen Ausbildung des Körper-Integumentes, sind nur noch die Verbindungen mit dem Integumente der Saugfüßchen vorhanden. In der That geht nämlich, wie früher gezeigt, das s. g. Nervenband der Asterien nicht nur in die Haut der Saugfüßchen unmittelbar über, sondern auch zwischen denselben in das gewöhnliche Integument (vergl. Fig. 1). Makroskopische Präparate der Seestern-Nerven, wie man sie in anatomischen Sammlungen findet, sind Kunstproducte. Eine bestimmte Region des Integumentes, in oder unter welcher man allerdings mit gutem Grunde den Nerven erwartet, wird auf gut Glück von dem übrigen Integumente getrennt, mit welchem es innig zusammenhängt. Sondert man damit zugleich der Hauptsache nach die nervösen Elemente, so kann man doch nicht behaupten, den Nerven präparirt zu haben. Ich kann nicht umhin, auch hinter den Abbildungen, welche GEORGE OSSIAN SARS in der schon citirten Abhandlung von dem bandartigen Nerven der *Brisinga* gibt, solche Kunstproducte zu vermuthen¹⁾. Leider waren die Bruchstücke einer *Brisinga endeeacnemos*, welche mir zur Verfügung standen, für histiologische Untersuchungen nicht mehr brauchbar.

Indem ich das Band der *Ophiura* für homolog dem Nervenintegumente der Asterien erkläre, will ich noch auf die besondere Differenzirung desselben in Cuticula, Zellen- und Faserschicht aufmerksam machen, welche ich früher anführte und noch hinzufügen, dass ich bei *Ophiura albida* (Forb.) der Ostsee häufig auch Fasern fand, welche das Band in derselben Richtung durchsetzen, wie die Stäbchen das Integument des Seesterns. Zu beachten ist hier auch nochmals, dass bei *Cribrella sanguinolenta* die dachförmige Herausböschung des Integumentes fehlt, dasselbe vielmehr als flaches Band, das nicht viel dicker als das Integument der Saugfüßchen ist, die Ambulacralrinne deckt.

Führen wir unseren Vergleich weiter, so entsprechen die beiden Zellenplatten (p, p) des Seesterns in auffallender Weise dem paarigen Nerven der *Ophiura text.* Wie die Ganglienknotten der *Ophiura* durch eine Lamelle von dem darunter liegenden Bande, so sind dort

¹⁾ l. c. Taf. VI Fig. 2, 3, 4, 5.

die Zellenplatten durch die bindegewebige Lamelle von dem Stäbchenepithel geschieden. Die Schwierigkeiten, welche dabei das Verhältniss der Zellenplatten zum terminalen Ganglienknotten des Seesterns unserem Vergleiche entgegenstellen möchte, sind bereits erwähnt. Sowohl an Längsschnitten als Querschnitten durch den Arm der Ophiura t. konnte ich wiederholt beobachten, dass die Ganglienknotten auch dorsalwärts von einer Lamelle gedeckt sind, welche sich zugleich über das Gefäss hinüberschlägt. Das Gefäss, dessen Anheftungslinie der Stelle beim Seestern entspricht, wo sich die Blätter des Septums an der Spitze des Dreiecks nach rechts und links umschlagen, wird, wenn eine Homologie wirklich vorhanden, mit dem Septum in irgend eine Beziehung gebracht werden müssen. Vielleicht gibt eine schärfere Prüfung der einschlagenden Verhältnisse der Cribrella, welche mir unmöglich war, näheren Aufschluss.

Ich will hier nicht unterlassen, die complicirten Verhältnisse zu berücksichtigen, welche uns auch von den Holothurien bekannt sind¹⁾. »Es bestehen die Radialnerven aus drei platten Bändern, welche durch ein bindegewebiges Septum von einander geschieden sind« (Fig. 19, n_1 , n_2 , n_3). »Die Zellen (von n_1) bilden eine äussere geschichtete Lage, die zwei oder höchstens drei kernhaltige Zellen enthält; nach innen, also gegen die Schicht n_2 zu, laufen die Ganglienzellen deutlich in feine Fasern aus, die parallel zu streichen und sich an die bindegewebige Membran zu setzen scheinen, welche n_2 und n_1 von einander trennt.« Dieser Passus erinnert unwillkürlich an das über die Stäbchenschicht und bindegewebige Lamelle des Seesterns von mir beigebrachte (vergl. dazu SEMPER'S Fig. 1 Tafel XXXVIII). »An guten Schnitten sieht man, dass diese trennende Bindegewebslage eine von jeder Seite her direct aus der Cutis zwischen die beiden äusseren Blätter der Radialnerven tretende Leiste ist«.

Ausser den zu den Füßen gehenden Nerven, welche aus einer Verschmelzung von n_1 und n_2 sowie einer Leiste von n_3 gebildet scheinen, entspringen vom Rande der Radialnerven zahlreichere aber sehr viel kleinere Nerven, die direct in die Haut übergehen und sich hier rasch in ein dichtes Geflecht feinerer Nervenfasern auflösen«. »Die Art und Weise, wie sie von den Radialnerven entspringen, habe

¹⁾ Die folgenden Citate sind entnommen aus: »Reisen im Archipel der Philippinen von Dr. C. SEMPER in Würzburg.« Zweiter Theil. Wissenschaftliche Resultate. Erster Band. Holothurien. pag. 146. VI. Das Nervensystem.

ich nicht ganz genügend ermitteln können; nur soviel steht fest, dass sie zum grössten Theile aus der Schicht n_2 (vielleicht ausschliesslich!) entspringen und gleich von Anfang an in Form von Fasern, die zuerst in grösseren Stämmen vereinigt sich bald in feinere Fasern auflösen«. Die nervöse Natur von n_3 , welches noch mit einem Canalsystem (n_4) in Verbindung stehen kann, ist SEMPER zweifelhaft. »Vorläufig wird man sich wohl, so lange nicht mit Sicherheit über die nervöse Natur der Röhre n_2 — n_4 abgeurtheilt werden kann, jedes Suchens nach Analogien enthalten müssen. Sollte diese Röhre wirklich nervös sein, d. h. nervöse Theile, Ganglienzellen und Nervenfasern enthalten, so wäre meines Erachtens damit ein so eigenthümlich gebautes Nervensystem erkannt worden, dass eine morphologische Vergleichung mit demjenigen anderer Thierkreise absolut unmöglich gemacht wäre. Es würde sich dann vor Allem darum handeln, auch das Nervensystem der übrigen mit einem Wassergefässsystem versehenen Echinodermen-Klassen auf eine Uebereinstimmung mit den Holothurien zu untersuchen«.

Diese gesuchte Uebereinstimmung scheint mir nun, wenn anders wir uns auf einer richtigen Fährte befinden, allerdings vorhanden. Die äussere Platte n_1 wird dem Bande, die mittlere n_2 dem Nerven, die innere n_3 dem Gefässe der Ophiura t. entsprechen. Indem ich bei der Ophiura texturata (Fig. 14 und 15) die dritte Platte n_3 sicher als Gefäss von Nerven sondern, die zweite sicher als nervös bezeichnen kann, büssen die Verhältnisse schon viel von ihrer Absonderlichkeit ein. Es handelt sich nur noch um die schon ventilirte Frage, ob der Nerv von dem darunter liegenden Bande zu trennen sei. Wir haben uns für diese Trennung entschieden. Der Umstand, dass auch bei Holothurien die mittlere Platte n_2 vollständig von der äusseren n_1 durch eine Bindegewebslamelle getrennt ist und sicher einen grossen Theil der Nerven abgibt, kann nur für meine Ansicht sprechen. An dem Strange zu den Saugfüssen nehmen alle 3 Platten Theil, ebenfalls wie bei der Ophiura t. Ganz unvereinbar mit meiner Ansicht ist aber das, was SEMPER über die Ringcommisur der Nerven angibt, welche so wie die von ihr abgehenden Nerven lediglich aus der Schicht n_1 besteht, während n_2 schon im Radius ein Ende nimmt.

Wie wir übrigens auch beim Seestern die Grenze der nervösen Elemente ziehen, auf alle Fälle stellt sich ein auffallender Unterschied vom Nerven der Ophiura heraus. Die charakteristische Cen-

tralisation und scharfe Gliederung des Nervensystems, wie wir sie bei der *Ophiura t.* geschildert, fehlt dem Seestern. Hier sind die nervösen Elemente, Fasern und Zellen, viel gleichmässiger in der ganzen Nervenbahn vertheilt, und steht somit das ganze Nervensystem auf einer indifferenteren Stufe. Diese Thatsache harmonirt vollständig mit der Art der Bewegung beider Thiere. Die *Ophiura* rudert kräftig und ruckweise mit zwei Armen. Der Arm des Seesterns bewegt sich langsam und ist einer ruckweisen Bewegung überhaupt nicht fähig. Schneidet man plötzlich einem lebenskräftigen Seesterne, der sich in Ruhe befindet, eine Armspitze mit der Scheere ab, so veranlasst diese Amputation zuerst keine auffälligen Bewegungen des Thieres. Erst nachdem dasselbe sich mehrere Secunden lang gleichsam besonnen hat, fängt es an, sich in Bewegung zu setzen, um mit Anfangs geringer, dann zunehmender Schnelligkeit nach entgegengesetzter Richtung von dem Punkte des Eingriffes weg zu flüchten. Hat man das Thier auf einem Teller, so kann man durch Amputation eines anderen Armes dasselbe wieder in eine andere Richtung jagen. Jede Bewegung aber geschieht mit derselben Bedächtigkeit. Alles spricht also dafür, dass wir im Nervensysteme des Seesterns eine tiefere Stufe vor uns haben, als in dem der *Ophiura*. Hier hat sich aus der indifferenteren Form ein gegliedertes System in einer Richtung entwickelt, welche unwillkürlich an die Anneliden unter den Würmern erinnert und geeignet ist, als Schlüssel zum Verständniss der indifferenteren Form des Seesterns zu dienen.

Schluss.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt, noch einige Worte mit Rücksicht auf die HAECKEL'sche Hypothese von der Würmer-Natur der Echinodermen hinzuzufügen. Die Thatsachen, welche herbeigezogen werden, diese Hypothese zu stützen oder zu widerlegen, sind Thatsachen der Entwicklungsgeschichte und Thatsachen der vergleichenden Anatomie. Die letzteren, mit welchen wir es hier zu thun haben, mehren sich in erstaunlichem Grade zu Gunsten jener geistreichen Hypothese, welche mit unserer wachsenden Kenntniss der Echinodermen-Gruppe sich immer fruchtbarer erweist. Dafür hat jüngst wieder die bereits erwähnte Arbeit von Sars über *Brisinga* ein glänzendes Zeugnis abgelegt. Die *Brisinga* entpuppt sich als wahre Asterie von der geringsten Centralisation, die bis jetzt bekannt ist, und wird unter den Asteriden als ursprünglichste, den »Colony forming Ver-

mes« an nächsten stehende Form aufgefasst. Die Arme, deren Selbständigkeit sich als ganz ausserordentlich herausstellt, enthalten sogar paarige Geschlechtsorgane in symmetrischer Anordnung. Der *Diseus* besteht eigentlich nur aus Commissuren. Selbst die Skelettheile desselben werden fast nur aus den zusammentretenden Skeletenden der Arme gebildet, welche durch wenige Schaltstücke verbunden sind. Das was Sars über die Nerven der *Brisinga* beibringt, berechtigt uns zu der Annahme, dass auch hier sich das Nervensystem auf jener indifferenten Stufe befindet, wie wir dieselbe für *Asteracanthion* characterisirten, ja auf einer noch indifferenten. Für die letztere Annahme sprechen die noch trägeren Bewegungen (siehe Sars I. c. V pag. 41). Meine Untersuchungen lehren nun, dass mit der Anpassung an Verhältnisse, welche eine entschiedenere Bewegung des gegliederten Armes zur Lebensbedingung machten, sich in demselben eine Form des Nervensystems ausgebildet hat, wie wir sie bei gegliederten Würmern, und weiter den Arthropoden, finden. Wie bei den Ringelwürmern prägt sich im Arme der *Ophiura* die Metamerie schärfer aus und zugleich findet eine Differenzirung des Nervensystems in ganz derselben Richtung wie bei jenen statt. Dieser Auffassung würde selbst dann nichts im Wege stehen, wenn wir trotz alledem gezwungen werden sollten, das Band gleichsam als continuirliche Längscommissur mit zum Nerven zu rechnen. Immer bleiben die paarigen Ganglienknotten, welche, symmetrisch zur Seite des unpaaren Gefässes liegend, sich in die Versorgung der rechten und linken Armhälfte mit Nerven theilen und so eine auffallende bilaterale Symmetrie herstellen. Diese paarige Anordnung der Nervenelemente ist meiner Ansicht gemäss auch bei den Asterien bereits in Gestalt jener beiden Zellplatten angedeutet. Sars möchte nach seinen Erfahrungen für alle Echinodermen circumscripte Gefässe in Abrede stellen und nur ein Lacunensystem gelten lassen. Ich habe kein Blut in dem von mir als Gefäss gedeuteten Röhrensystem der *Ophiura* t. pulsiren sehen, bin aber überzeugt, dass Niemand eine andere Deutung desselben geben würde. Ich erkläre es für das unpaare Bauchgefäss des Ophiuren-Armes und vermute, dass es aus dem umgebenden Lacunen- und Canalsystem Blutflüssigkeit in bestimmtere Bahnen pumpt. Vielleicht stehen die Saugfüsschen, welche die Seitenzweige erhalten, einer respiratorischen Function vor. Leider ist es mir nicht gelungen, den Verbleib der Zweige des Näheren aufzudecken. Ueberblickt man diese Verhältnisse und versinnlicht sich dieselben an Schematen, wie Fig. 11

u. 1, so wird man zugeben, dass dieselben der vergleichenden Anatomie abermals schwer wiegende Thatsachen bieten, welche beim Für und Wider der HAECKEL'schen Hypothese nur als Stütze dienen können.

Zusammenfassung der Hauptresultate.

1) Die Seitenzweige des radialen Wassergefäßstammes beim Seestern, welche die Saugfüßchen und Ampullen speisen, enthalten Ventile, welche sich bei der Contraction der Ampullen schliessen müssen.

2) Die Höhlung der radialen Nervenbahn des Seesterns ist durch ein verticales Septum nur in zwei Längscanäle geschieden. Das Septum sendet zugleich mit dem Ambulacralgefäße und ventralwärts nach rechts und links Zweige, welche die Lumina jener beiden Canäle durchkreuzen.

3) Das Septum endet im Augenkolben des Seesterns; das Ende des Ambulacralgefäßes ist die Höhlung des Fühlers.

4) Die bandartige Leiste, welche zwischen den Saugfüßchen des Seesterns in der ganzen Länge des Armes vorspringt, besteht nächst Wimpern und Cuticula aus einem gegabelten Stäbchenepithel, welches eine Modification des gewöhnlichen Epithels ist, und feinen Längsfasern, welche sich zwischen den Stäben durch die Länge des Armes ziehen. Von diesem Epithel durch eine bindegewebige Lamelle getrennt, springen in das Lumen der beiden Nervenkanäle Zellplatten vor, welche augenscheinlich nervöse Elemente enthalten. Im Augenkolben findet sich unter der Lamelle ein umfangreicher Ganglienknotten.

5) Die Augentrichter, in das Integument des Augenkolbens eingebettet, werden zusammengesetzt aus Pigmentzellen, welche mit ihren Köpfen zusammentreten. Auch diese Zellen sind höchstwahrscheinlich als fernere Modification des Stäbchenepithels aufzufassen. Auf ihren Köpfen tragen dieselben leichte Stäbchen, welche gegen die Axe des Hohlkegels vorragen.

6) Das radiale Nervensystem der *Ophiura texturata* (Forbes) besteht aus paarigen Ganglienknotten, welche durch Längs- und Quercommissuren mit einander in Verbindung stehen. Diese Ganglienkette liegt symmetrisch zu den Seiten eines unpaaren Längsgefäßes auf einem Bande, welches wir für homolog dem Integumente der radialen Nervenbahn des Seesterns erachten. Die Zahl der Ganglienknotten entspricht der Zahl der Metameren. Jeder Knotten eines Paares gibt einen stärkeren Nerven ab, welcher den Wirbel

durchsetzt, um zu den Muskeln zu gelangen, — einen schwächeren, welcher mit einem Gefäßzweige zum entsprechenden Saugfüßchen geht.

A n h a n g.

»Beiträge zur Anatomie der Crinoideen von Dr. HUBERT LUDWIG«. (Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften und der G. A. Universität zu Göttingen. 23. Febr. 1876 No. 5,) enthalten eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten Resultate des Verfassers, auf welche ich, da meine Arbeit bereits abgeschlossen war, anhangsweise eingehe.

Das Epithel der Tentakelrinne, aus langen nach unten fadenförmig ausgezogenen Zellen mit länglichen Kernen bestehend, zwischen welche in der tieferen Partie kürzere mit runden Kernen versehene Zellen eingelagert sind, ist nach dem Verfasser im Vergleich zu dem Zellenüberzug der Tentakel und der übrigen Körperoberfläche sehr verdickt. Unter dem Epithel in der Mittellinie der Tentakelrinne findet sich das Homologon des GREEFF'schen Nervengefäßes der Asterien mit Septum. »Rechts und links von dem beschriebenen Gefäß erblickt man den Querschnitt zahlreicher, ungemein feiner, häufig mit winzigen Zellen untermischter Fasern, die in der Längsrichtung des Armes verlaufen und in ihrer Gesamtheit den Armnerven darstellen«. Ueber und unter dem Nerven ist eine sehr dünne bindegewebige Lamelle gelegen. »Die Nervenfasern liegen demnach nicht wie bei den Asterien unmittelbar in der tiefsten Schicht des Epithels, sondern sind von ihm getrennt durch eine dünne Bindegewebslage«. Indem bei *Antedon Eschrichtii* über dem GREEFF'schen Gefäße keine Nervenfasern angetroffen werden, wird hier ein paariger Armnerv erkannt, während bei dem nahe verwandten *Antedon rosaceus* (*Comatula mediterranea*), der Armnerv durch Vereinigung der beiden Hälften in der Mittellinie zu einem unpaaren geworden ist. »Auch möge darauf hingewiesen sein, dass bei den Ophiuren und Echiniden der Radialnerv in der Mittellinie eine Einsenkung erkennen lässt«.

Wenn anders ich mit dem »Rechts und links von dem beschriebenen Gefäße« ein richtiges Bild verbinde (das Gegentheil wäre mir bei einer vorläufigen Mittheilung ohne Abbildungen zu verzeihen!), so können obige Data nur geeignet sein, eine willkommene Parallele zu den meinigen zu ziehen. Was über den paarigen Nerven und die bindegewebige Lamelle, welche denselben vom Epithel

trennt, gesagt wird, erinnert unwillkürlich an die kritischen Punkte meiner Arbeit und kann meine Zweifel eher beseitigen helfen als verstärken. Für meine Auffassung scheint mir ausserdem von Bedeutung zu sein, dass LUDWIG auch bei Crinoideen jene charakteristische Mächtigkeit der Epithelschicht beobachten konnte, welche das Integument der r. Nervenbahn vor dem übrigen Integumente auszeichnet, obgleich er mit Sicherheit den paarigen Nerven unter dieselbe verlegt. Die besondere Ausbildung des Integuments der radialen Nervenbahn beim Seestern erlaubt daher nicht ohne Weiteres einen Schluss auf die nervöse Natur desselben, und auch die fibrilläre Zwischensubstanz des Stabepithels, welche nach LUDWIG bei Crinoideen zu fehlen scheint, bietet keine directen Anhaltspunkte für diese Auffassung. Im Gegentheil scheint mir Alles mehr und mehr darauf hinzuweisen, dass die Anordnung der verschiedenen Schichten im Ambulacrum der verschiedenen Echinodermen eine bis ins Einzelne gehende Uebereinstimmung bietet. Demgemäss kann ich auch der Polemik, welche LUDWIG gegen die Hypothese GREEFF's vom Homologon der äusseren Ambulacralrinne der Asterien bei Ophiuren etc. aufnimmt, nicht beipflichten. Die Angaben LUDWIG's, der dieses vermeintliche Homologon als muthmassliches Spaltungsproduct der Trennungslamelle zwischen Nerv und Epithel hinstellt, scheinen mir im Verein mit den meinigen GREEFF's Hypothese nur zu stützen. Dagegen müssen meine einschlagenden Data, sofern sie nicht vollständig irrthümlich sind, jener Hypothese LUDWIG's nothwendig den sicheren Boden entziehen. Holothurien und Ophiuren könnten nur dann von LUDWIG als Stütze herangezogen werden, wenn das sogenannte radiale Nervenband das einfache Gebilde wäre, für welches man es lange gehalten.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XV—XVII.

- Fig. 1. (HARTNACK, Syst. 4, Oc. 1.) Querschnitt durch den Arm von *Asteracanthion rubens* (schematisch).
lh = Leibeshöhle. *w* = Ambulacralplatte. *a* = Ambulacralcanal. *m* = Quermuskel. *b* = Band der radialen Nervenbahn. *s* = verticales Längsseptum der r. Nervenbahn. *c, c* = Längscanäle der radialen Nervenbahn. *r* = äussere Ambulacralrinne. *sf* = Saugfüsschen. *ap* = Ampulle. *hk* = Hautkiemen.
- Fig. 2a. (HART., Immers. 10, Oc. 1.) Querschnitt durch die radiale Nervenbahn und den Ambulacralcanal mit Umgebung von *Asterac. r.*
ct = Cuticula. *ep* = Stäbchenepithel. *l* = bindegewebige Lamelle. *p, p* = Zellplatten. *z* = Hohlraum des Septums. *s, s* = Blätter des Septums. *bl* = Bindegewebe. *h* = horizontales Längsseptum. (Uebrigens die Bezeichnung wie vorher.)
- Fig. 2b. (H., S. 4, O. 2.) Ein gleicher Querschnitt, die seitlichen Zweige des Ambulacralcanals und des verticalen Längsseptums zeigend
c, c; x, x = die vier Lumina der hohlen Nervenbahn. *z, z* = die kurzen Zweige des Ambulacralcanals (*a*) zu den Saugfüsschen (*sf*). *amp* = Ampulle. (Uebrigens wie vorher.)
- Fig. 3. (H., 4, 3.) Verticaler Längsschnitt durch die Ambulacralfurchung, den Augenkolben und Fühler von *Ast. rub.* (schematisch).
a₁ = Seitenzweig des Ambulacralcanals (*a*). *sh* = dorsale ausgeschweifte Anheftungslinie des vert. Septums (*s*). *ak* = Augenkolben. *au* = Einzelange. *gl* = Ganglienknoten. *fl* = Fühler. *e* = terminale Erweiterung des Ambulacralcanals.
- Fig. 4. (H., 7, 1.) Horizontaler Längsschnitt durch die Nervenbahn von *Aster. rub.* (von der ventralen Seite aus gesehen).
z = Zweige des Septums. *m* = Quermuskel. *V* = Andeutung eines eben getroffenen Ventils. (Uebrigens wie vorher.)
- Fig. 5. (H., 7, 1.) Horizontaler Längsschnitt durch den Ambulacralcanal (*a*) von *Asterac. rub.*
V = Ventil. *t* = Spalt. *tsch* = Tasche. *z* = Zweig des Ambulacralcanals zum Saugfüsschen. (Man beachte die scharfe Abgrenzung der Wände des Spaltes (*t*) von den Wänden der Taschen (*tsch*). (Uebrigens wie vorher.)
- Fig. 6. (H., 7, 1.) Verticaler Längsschnitt durch den Arm von *Aster. rub.*,

seitlich von der Medianlinie. (Die Richtung des Schnittes ist in Fig. 5 durch die punctirte Linie angedeutet.)

sf = Saugfüßchen. *cz* = Seitenzweige der Canäle der rad. Nervenbahn vergl. dazu die bezügl. Angaben von GREEFF und HOFFMANN). *ap* = Ampulle. Uebrigens die Bezeichnung wie in Fig. 5. Näheres über den Schnitt im Text.

Fig. 7. (H., Imm. 10, 3.)

ep = Stäbchenepithel aus dem Integumente der radialen Nervenbahn. *a* = Stäbchenzelle aus dem Fühler. *rep* = Gewöhl. Epithel vom Rücken. *c* = untere Hälften desselben. (Aster. rub.)

Fig. 8. (H., Immers. 10. 3.) Verticaler Längsschnitt durch den Augenkolben von Asterac. rub. (vergl. Fig. 3).

gl = Ganglienknotten. *ep* = Stäbchenepithel. *fb* = fibrilläre Zwischensubstanz. *au*, = Längsschnitt durch ein Einzelauge. *au*, = Querschnitt durch ein solches. *o* = Problematische Blase.

Fig. 9. (H., Imm. 10, 3.) Zellen aus dem Einzelauge von Asterac. rub. und Fragmente von solchen.

b = vollständige Zellen. *c* = Fragmente.

Fig. 10. (H., I. 10, 3.)

a = Einzelauge von Asterac. rub., durch Zerzupfen des Augenkolbens isolirt und durch Druck aufgerissen. *b* = ein Bruchstück eines solchen.

Fig. 11. (H., 4, 1.) Querschnitt durch den Arm von Ophiura texturata (schematisch).

wrb = Kalkwirbel. *m* = Zwischenwirbelmuskeln. *a* = Ambulacralcanal. (Seitenzweige zu den Saugfüßchen (*sf*) abgebend, welche in besonderen Canälen den Wirbel durchsetzen.) *b* = Längsband (die Zweige, welche nach den Saugfüßchen gehen, sind getroffen). Darauf in der Mitte das Gefäß; zu beiden Seiten desselben der Nerv. *bs* = Bauchschild. *c* und *r* = Längscanäle.

Fig. 12. (H., 7, 1.) Horizontaler mit dem Skalpell geführter Längsschnitt durch die Ambulacralfurche der Ophiura text. Man sieht auf die dorsale Seite des Bandes (*b*), auf welcher das Gefäß (*gf*) und die Ganglienknotten (*gl*) liegen.

wrb = der rechts und links durchschnitene Wirbel. *lc* = Nervenlängscommissur. *mm* = Muskelnerv nach oben und in den Wirbel tretend). *q* = Querecommissur der Ganglienknotten. *z*, *z* = die unter dem Wirbel liegenden Seitenzweige des Gefäßes. *m* = Zwischenwirbelmuskel. Die Fasern dieses Muskels sind breite Bänder, welche, in Alkohol aufbewahrt, eine doppelte Schrägstreifung zeigen. Vergl. dazu G. SCHWALBE. »Ueber den feineren Bau der Muskelfasern wirbelloser Thiere«. (M. SCHULTZE'S Archiv. Bd. V. 1869. pag. 205.)

Fig. 13. (H., Im. 10, 2.)

b = Muskelnerv. *a* = Zusammenhang eines Nerven mit Ganglienzellen des Ganglienknottens.

Fig. 14a. (H., Im. 10, 2.) Querschnitt durch das Längsband und die darauf liegenden Theile von Ophiura text.

b = Band (die drei im Texte angegebenen Regionen desselben

1, 2, 3, sind angedeutet. *gf* = Gefäss. *gl* = Ganglienknoten (theilweise abgehoben vom Bande).

Fig. 14b. (H., 7, 1.) Das auf dem Bande liegende Gefäss der Ophiura text. = *gf*. *h* = Anschwellung desselben. *n* = Nerv. *gl* = Ganglion.

Fig. 15. (H., I. 10. 2.) Querschnitt durch das Band und die darauf liegenden Theile der Oph. text. an der Stelle, wo die Muskelnerven (*mn*) abgehen.

gf = Gefäss. *gl* = Ganglion. *b* = Band. *c* = Commissur.

Fig. 16. (H., I. 10, 3.) Zellen aus den Zellplatten der radialen Nervenbahn von Asteracanth. rub. (Das Nähere im Text.)

Fig. 17a. (H., 4, 1, verkleinert.) Verticaler Längsschnitt durch Arm und Discus eines jungen Aster. rub.

d = Discus. *ar* = Arm. *o* = Mundöffnung. *sf* = Saugfüsschen. *amp* = Ampulle. *a* = Ambulacralcanal. *m* = Quermuskeln. *s* = Septum. *i* = Integument der radialen Nervenbahn. *g* = Blutgefäss. *c* = die den Mund umgebende Fortsetzung der Canäle der radialen Nervenbahn. *m*, = Muskeln. *w* = Ambulacralplatten, *i* = Integument.

Fig. 17b. (H., 7, 1.) Querschnitt durch die ringförmigen Canäle des Discus. (Die entsprechenden Theile von 17a stärker vergrössert.)

a = Ambulacralcanal. *g* = oraler Blutgefässring. *m* = Muskel. *c* = Fortsetzung der Längscanäle der radialen Nervenbahn. *i* = Integument. *p* = Fortsetzung der Zellplatten.

Fig. 18. (H., 4, 1.) Der erste Wirbel des Ophiuren-Arms zunächst dem Munde und die darunter liegenden Theile. (Querschnitt.)

wrb, *wrb* die beiden mit einander articulirenden Wirbelhälften. *a* = Ambulacralcanal. *m* = Quermuskel. *sf* = Saugfüsschen. *c* = Längscanal. *b* = Band. *r* = Längscanal. *bs* = Bauchschild. (Oph. text.)

Fig. 19. Querschnitt durch den Radialnerv von Holothuria erinaceus S. (Vergr. ³⁰/₁.) [nach SEMPER l. c. Tafel XXXVIII. 2].

*n*₁, *n*₂, *n*₃ = die 3 problematischen Theile des Nerven. *a* = Ambulacralcanal. *r* = Längscanal.

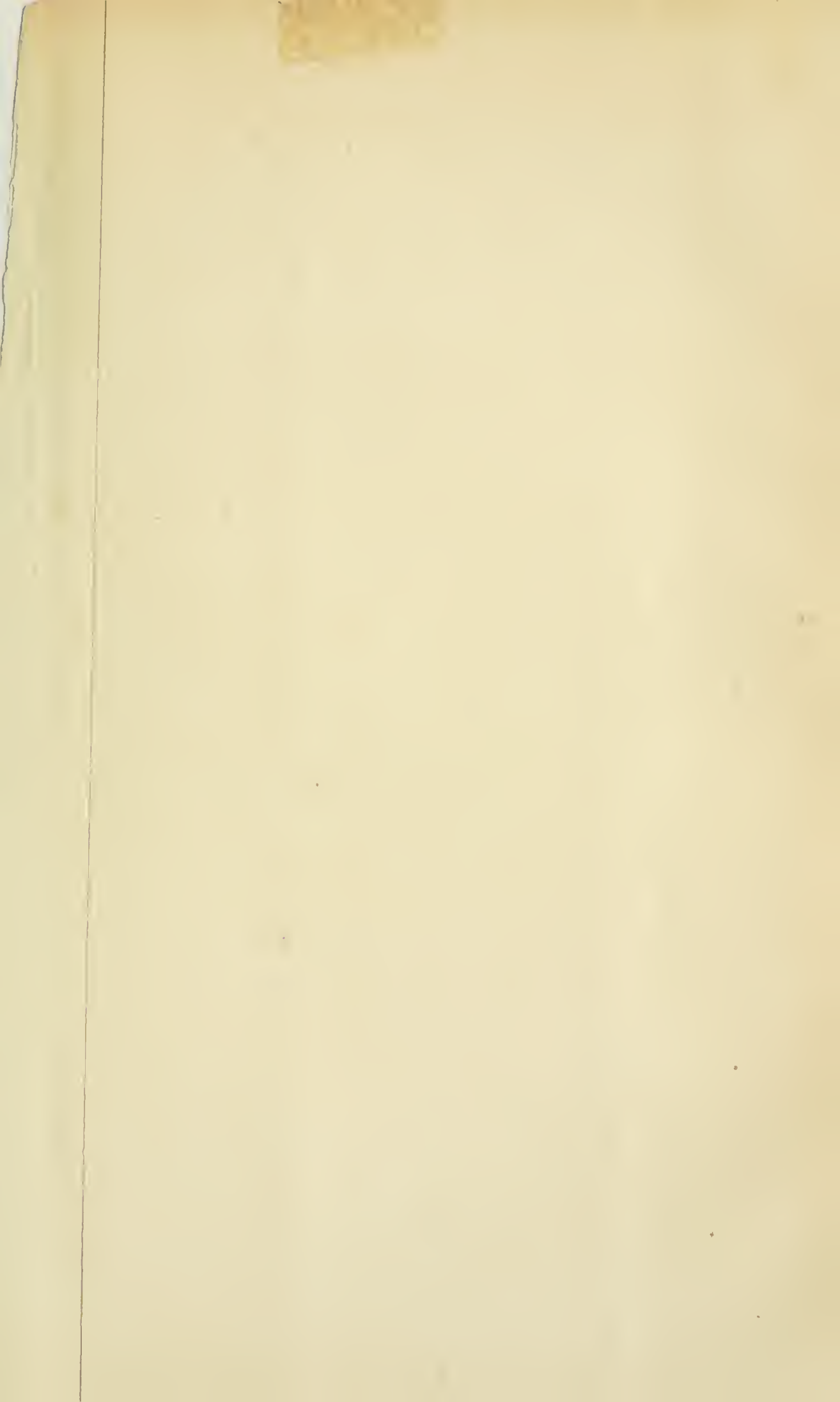




Fig 1

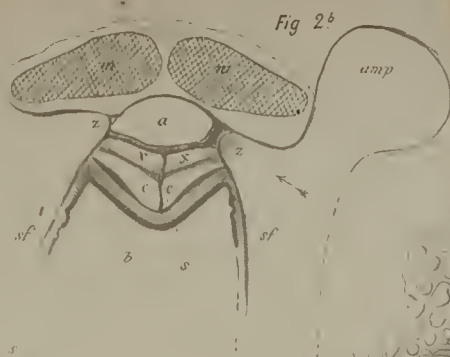


Fig 2^b

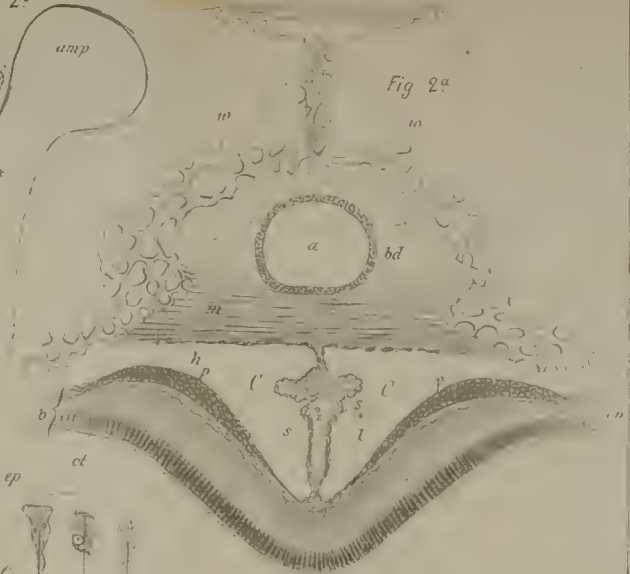


Fig 2^a

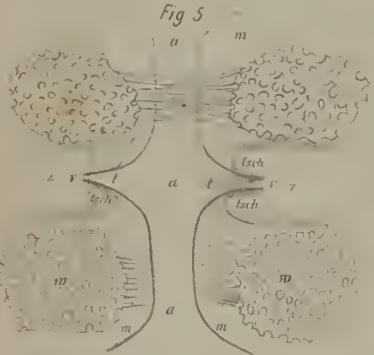


Fig 5

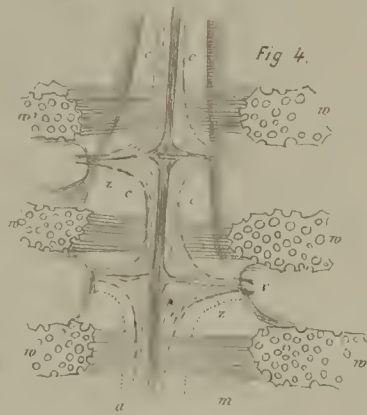


Fig 4

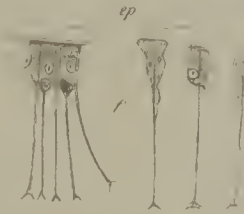


Fig 7

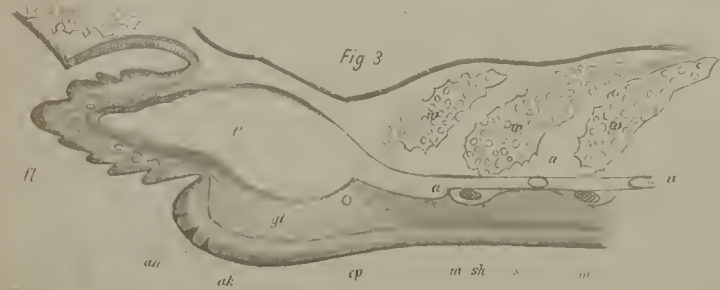


Fig 3

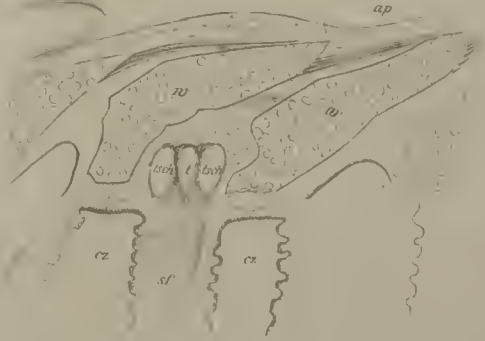


Fig 6

