

Über das Blut- und Wassergefäßsystem der Echinodermen.

(II. Theil).

IV. Holothurioidea Brdt. Seewalzen.*)

Während die im vorigen Jahrhunderte über Holothurioideen erschienenen Werke nur Beschreibungen und systematische Zusammenstellungen der bekannten Seewalzenarten enthalten, beschäftigte sich Tiedemann (1812) und nach ihm Quatrefages (1842) mit der mühevollen und gründlichen Untersuchung innerer Organe und deren histologischem Baue. Zwar beschränkte sich Tiedemann bloß auf die Species *Holothuria tubulosa* Gm. und Quatrefages auf die Art *Synapta Duvernoya* Quat., doch gaben diese beiden anatomischen Arbeiten den Impuls zu vergleichend-anatomischen Studien der bekannten Seewalzen und bildeten die Grundlage zu den später veröffentlichten Schriften von Grube (1850), Joh. Müller (1850), Leydig (1852), Baur (1864), Selenka (1867) u. a.

Die Seewalzen haben ihren Namen von der gewöhnlich walzenförmigen Körpergestalt, zu welcher man durch Verlängerung der Körperachse eines Echiniden gelangt. — Wie verschiedenartig auch die Körpergestalt der Holothurioideen sein mag, so constant tritt die bilaterale Symmetrie gegen den fünfstrahligen radiären Typus durch den scharf ausgeprägten Gegensatz von Dorsal- und Ventralfläche in den Vordergrund. Mund und After liegen an den Polen der gewöhnlich wagrecht gehaltenen Körperachse einander gegenüber, u. z. ersterer, von einem Tentakelkranze umgeben, am oralen, letzterer am suboralen Pole. Den Körper umhüllt eine lederartige Haut, welche verhältnismäßig von nur wenigen isolierten, aber bestimmt geformten Kalkkörperchen imprägniert ist (daher auch der Name Lederstrahler). — Fünf ambulacrale Felder, in welchen die Ambulacralfurchen eingedrückt sind, wechseln mit ebensovielen Interambulacralfeldern ab und ziehen vom oralen zum suboralen Pole hin.

*) Revision der Mertens-Brandt'schen Holothurien. Dr. H. Ludwig, Zeitsch. f. w. Zoolog. XXXV, 1881.

Einige Seewalzen (Pedata) besitzen Füßchen und werden nach der Gestalt der Tentakeln in Aspidochiroten und Dendrochiroten eingeteilt, andere (Apoda) entbehren der Pedicellen und werden mit Rücksicht auf das Vorhandensein oder Fehlen eines zweiästigen Lungenbaumes (der Wasserlunge) in die Pneumonophora (Molpadidae) und in die Apneumona (Synaptidae) unterschieden. Während alle Lungenholothurien mit einem gewundenen Darne ausgestattet sind, haben einige Synaptiden einen vom Magen bis zur Cloake gerade verlaufenden, andere einen S-förmig gewundenen Darm, so dass derselbe in drei Drittel zerfällt.

1. Wassergefäßsystem.

Tiedemann fand, dass das Wassergefäßsystem der Holothurioideen eine Fortsetzung des Blutgefäßsystemes sei und wie dieses verschiedene Stufen der Entwicklung zeige. Als Centralorgan des Wassergefäßsystemes fungiert wie bei anderen Echinodermen der Ringcanal mit fünf Ambulacralcanälen und mehreren Tentakelgefäßen. Zuleitungsorgane sind die Steincanäle mit dem der Madreporplatte entsprechenden Endsacke, Anhangsorgane die Poli'schen Blasen und die drüsigen (traubigen) Organe. Die Grundlage der Ambulacralfurchen und zugleich die Stütze des gesammten Wassergefäßsystemes bildet ein den Schlund umgebender cylindrischer Knochenring (Kalkring), welcher als Homologon der Auriculae am Kauapparate der Echinoideen zu betrachten ist.

Der Knochenring besteht aus 10—25 Kalkstücken und ist der einzige innere feste Skelettheil des Holothurioideenkörpers. Die Kalkstücke, welche den Knochenring zusammensetzen, sind entweder gelenkig mit einander verbunden (Holothuria L., Synapta Esch.), oder aber fix (Mülleria Jaeg., Dendrochiroten, Molpadiden). Gewöhnlich stellen sie sich als solide Platten dar, sind bald viereckig, bald vieleckig, bald ohne bestimmten Umriss, seltener erscheinen sie als ein Conglomerat von verschiedengestaltigen Kalkkörperchen, welche von Bindegewebe zusammengehalten werden. Die Gestalt der Kalkkörperchen bedingt den Gesamtumriss der Kalkstücke. Wenn die Kalkkörperchen sehr dünn und schmal werden, dann erscheinen die Kalkstücke als Fasern, welche oft keinen soliden Kalkring zu bilden vermögen, wie dies bei *Cucumaria frondosa* Gun. der Fall ist. Wo solid zusammenhängende Kalkstücke vorkommen, da zeigen sie stets eine körnige Textur. Die Kalkstücke eines und desselben Kalkringes sind entweder untereinander gleich, oder es sind die in den fünf Radien liegenden anders geformt als die in den Interradien befindlichen, einige sind mit einem Loche versehen, andere wieder an ihrem vorderen Rande schwalbenschwanzartig ausgeschnitten. An den radialen Knochenstücken befestigen sich die 5 Längsmuskeln des Körpers. Nicht nur von der Form, sondern auch von der Zahl der Kalkstücke hängt die Gestalt des Knochenringes ab. Gewöhnlich stimmt die Zahl der Knochenstücke eines Kalkringes mit der der Tentakeln überein.

Die Aspidochiroten besitzen einen schmalen, aus 10 länglichen Kalkstücken zusammengesetzten Knochenring, trotzdem oft die doppelte Anzahl von Tentakeln vorhanden ist. Fast constant sind hier die radialen Knochenstücke größer als die

interradialen, erstere entweder ganzrandig wie die letzteren, oder es sind die Interradialia ganzrandig und die Radialia an ihrem vorderen Rande gabelig ausgeschnitten. — Bei Dendrochiroten sind die einzelnen Knochenstücke des Kalkringes bogenförmig u. z. Radialia und Interradialia verschieden ausgebildet; gabelförmige Fortsätze am vorderen Rande der Radialia sind nicht selten. — Ähnliche Verhältnisse zeigen die Molpadiden, jedoch variiert hier die Zahl der Kalkstücke zwischen 10—25 und ist öfters um 2—5 kleiner als die Anzahl der Tentakeln. — Die Rhopalodiniden haben einen Kalkring am Darne und einen zweiten am Schlunde; ersterer ist aus 10 regelmäßigen, letzterer aus 10 unregelmäßigen Kalkstücken zusammengesetzt. — Bei den Synaptiden sind die Kalkstücke eines Knochenringes mit den Tentakeln immer connumerisch. Bezeichnend ist die gewöhnlich tetragonale Form der Kalkstücke und das häufige Vorkommen von Löchern an manchen Radialien (*Synapta lappa* J. Müll., *S. serpentina* J. Müll.). Oft beobachten wir außer dem Knochenringe noch einen Knorpelring, welcher die Tentakelcanäle bedeckt und entweder am Ringcanale endigend demselben ansitzt, oder ihn noch einschließt. — Scheint auch die Anwesenheit eines Knochenringes für alle Holothurioideen als Regel zu gelten, so fehlt es doch nicht an Ausnahmen; denn es entbehren einige Species (*Cucumaria nigricans* Slk., *Embolus pauper* Slk.) dieser festen Stütze des Wassergefäßsystemes ganz.

Der Ringcanal besitzt bald ein enges, bald ein weites Lumen; er umgibt den Schlund und ist mittelst Bindegewebe an demselben angeheftet. Wenn kein Knorpelring ausgebildet ist, dann wird der Ringcanal vom Knochenringe bedeckt, selten liegt er ganz frei an dessen hinterem Rande; findet sich aber auch ein Knorpelring vor, dann umhüllt dieser den Ringcanal. — Die Lage des Ringcanales ist verschieden, gewöhnlich ist er bis an den hinteren Rand des Schlundes gerückt, nur bei einigen Synaptiden liegt er so weit vorne, dass er bei der geringsten Streckung des Thieres aus dem Schlunde hervortritt. — Die Wandungen des Ringcanales bestehen aus einer dünnen structurlosen Epidermis, Cutis und einem inneren Flimmerepithel; zwischen den einzelnen Membranen liegen Längsmuskelfasern und verschiedengeformte Kalkkörperchen.

Rings um seinen hinteren Rand stülpt der Ringcanal in einer gesetzmäßigen Ordnung Anhangsorgane aus, welche als Poli'sche Blasen bekannt sind und in verschiedener Anzahl zur Entwicklung gelangen. Die Anzahl der entwickelten Blasen bedingt nicht nur ihre Grösse, sondern auch ihre Gestalt. Sind wenig Blasen ausgebildet, so sind sie groß und eiförmig, bei einer großen Zahl jedoch bleiben sie klein und cylindrisch. Nicht überall sind die Poli'schen Blasen einfach, häufig sind sie büschelförmig verästelt.

Bei den Aspidochiroten hängen am Ringcanale gewöhnlich einfache Blasen u. z. in der Zahl von 1—12. Die einzählige Blase ist groß und birnförmig (*Holothuria Brandtii* Slk., *Holothuria vagabunda* Slk., *H. tigris* Brdt., *H. arenicola* S., *H. dubia* Brdt., *Mülleria* Jaeg. u. a.), bisweilen zwei- bis dreimal eingeschnürt (*Stichopus sitchaensis*). Kleiner sind die Blasen, wenn sie in der Zahl 2 (*Stichopus chloronotus* Brdt.), oder 3 (*Stichopus cinerascens* Brdt. = *Hol. pulchella* Slk.), oder noch mehr (*Hol. affinis* Brdt. = *H. atra* Jaeg.) vorkommen, und da sind sie beinahe röhrenförmig. Bei einigen Arten sind die Blasen in ein Büschel aufgelöst

(*Hol. grandis* Brdt. = *Stichopus ananas* S.). — Die *Dendrochiroten* zeigen den größten Wechsel in der Zahl der Poli'schen Blasen. Während einige bloß eine (*Cucumaria nigricans* Slk.), andere 2—3 (*Cucumaria albida* Slk. = *Cladodactyla miniata* Brdt.), andere 4—5 (*Stolus* Slk.) große eiförmige Blasen am Ringcanale tragen, soll *Cladolabes* Brdt. gegen 50—100 derselben besitzen, welche freilich sehr klein sind. Bisweilen sind die Poli'schen Blasen eines und desselben Individuums ungleich entwickelt (*Oreula limaonata* Slk.). — Die *Rhopalodiniden* haben nur zwei Poli'sche Blasen am Ringcanale. — Bei den *Molpadiden* ist das Vorhandensein einer großen birnförmigen einfachen Blase fast Regel, nicht so aber bei den *Synaptiden*, bei welchen die Zahl und Größe dieses Anhangsorganes nach der Größe der Thierspecies sehr variiert. — Die Wandungen der Poli'schen Blasen, welche von zellen- und körnchenreichen Bindegewebelagen gebildet werden, tragen ein äußeres und ein inneres Flimmerepithel und sind durch große Contractilität und leichte Reizbarkeit ausgezeichnet. Die äußere Oberfläche erscheint häufig von zahlreichen Blutgefäßen überzogen.

Als Anhangsorgane des Ringcanales sind wohl auch die traubigen Organe aufzufassen, welche Tiedemann bei *Holothuria tubulosa* Gm. in Form kleiner braungefärbter Bläschen rings um den Ringcanal fand, in dessen Inneres sie sich mittelst eines Stieles öffneten. Diese Anhänge glichen durch die zellige Beschaffenheit ihrer Wandungen den Poli'schen Blasen der *Ophiuren* und den traubenförmigen Organen einiger *Asteriaden*. Selenka constatirte bei einigen Exemplaren von *Mülleria plebeja* und *M. varians* ähnliche Anhangsorgane. Die kleinen gestielten Bläschen waren um den Ringcanal herum so angeordnet, dass ihr vorderes Ende sich dütenförmig in den Ringcanal öffnete, während ihr hinteres freies Ende in einen langen Faden ausgezogen war. Den Inhalt der Bläschen bildeten theilweise isolierte Zellen von ellipsoidischer Form, theilweise Fettröpfchen. Die Bedeutung dieser Anhangsorgane ist noch nicht bekannt.

Das Zuleitungsorgan des Wassergefäßsystemes bildet der Steincanal mit dem Endsacke. Während einige ältere Forscher den Steincanal für eine einfache Drüse hielten, welche mit dem Oesophagus in Verbindung stehe, waren Tiedemann und Delle Chiaje der Meinung, dass er nicht am Ringcanale, sondern in den Genitaldrüsen seine Insertion habe; erst Krohn constatirte, dass der Steincanal eine Ausstülpung des Ringcanales ist. Der Steincanal steigt bei den See walzen niemals wie bei den übrigen *Echinodermen* an die Oberfläche des Körpers empor, um hier an einer Madreporenplatte zu endigen, sondern hängt mit seinem freien Ende in die Leibeshöhle herab. Er hängt entweder ganz frei, oder er ist mittelst Bänder zwischen den Mesenterialblättern des Leibes festgelegt; er kann zudem einzählig oder mehrzählig, einfach oder ästig am Ringcanale hängen. Wo mehrere Steincanäle vorkommen, da sind sie ähnlich den Poli'schen Blasen nach einem bestimmten Gesetze um die Peripherie des Ringcanales vertheilt. Die Zahl bedingt auch hier die Größe; denn je mehr Steincanäle entwickelt sind, desto kleiner sind sie. Bald sind sie kurz, bald lang und erreichen dann oft die halbe Körperlänge.

Jeder Steincanal präsentiert sich als ein hohles, mehr oder weniger verkalktes Röhrchen mit einer endlichen, bald kapsel-, bald krönchenartigen Anschwel-

lung (Endsack, Madreporit, Kalksack). Diese ist überaus reich an Ablagerungen von verfilzten einfachen oder verästelten Kalkfasern, welche ihr ein starres poröses oder durchbrochenes Aussehen verleihen. Krohn und Goodsir stellen diesen porösen Endsack als das Analogon der Madreporitenplatte der Asteroideen hin und mit Recht; denn er verrichtet dieselbe Function wie eine auswendige Madreporitenplatte, nur nimmt er das Wasser aus der Leibeshöhle auf. Der Steincanal mit seinem Endsacke besteht aus einer weichen Bindegewebschicht, die von einem Maschennetze mannigfach verfilzter und gekrümmter Kalkfasern imprägniert ist. Zu äußerst liegt die Epidermis mit einem Flimmerepithel, welches sich von der inneren Leibeshöhle auf den Steincanal fortsetzt. Im Endsacke sind die Kalkfasern so neben einander gelagert, dass zahlreiche regelmäßige Poren entstehen, welche an ihren äußeren Mündungen nach einwärts schwingende Wimperhaare tragen. Nur selten liegen die verfilzten Kalkfasern regellos neben einander (*Cucumaria pentactes*).

Gleich den Poli'schen Blasen verästelt sich auch der Steincanal bei einigen Species und hängt dann in Büscheln jederseits vom dorsalen Mesenterium herab. In diesem Falle haben wir es mit ebensovielen Madreporiten zu thun, als der Steincanal Äste zählt. Wenn auch durch die Verästelung des Steincanals zahlreiche Madreporiten entstehen, so kommt ihre Summe in functioneller Beziehung doch nur einer einzigen Madreporitenplatte gleich; dasselbe gilt auch, wenn rings um den Ringcanal mehrere Steincanäle — und dann immer den Poli'schen Blasen gegenüber — angeordnet sind. Manchmal zeigt der Steincanal um seine Achse Torsionen oder Einschnürungen und die Kalkablagerungen des Madreporiten bilden zierliche Figuren.

Fassen wir die Aspidochiroten ins Auge, so sehen wir bei manchen Holothuriern (*H. tigris* Brdt.) einen langen Steincanal mit einem Endsacke, dessen verkalkte Wandungen mäandrisch durchbrochen sind, bei anderen ein oder mehrere Büschel von Steincanälen, welche rechts und links vom dorsalen Mesenterium herabhängen. So hat *H. fuscocinerea* Jaeg. den 5 Poli'schen Blasen gegenüber ein Büschel von 5 sehr kurzen Steincanälen, *H. tubulosa* Gm. 5—10 Steincanäle in einem Büschel, *H. atra* Jaeg. = *H. floridana* Pourt. 10 Steincanäle, von denen 4 auf der linken und 6 auf der rechten Seite des Mesenteriums ein Büschel bilden, *Stichopus Kefersteinii* Slk. jederseits vom Mesenterium ein Büschel von 8—30, *Hol. pulla* Slk. ein Büschel von 8—10 kurzen Steincanälen, *H. pulchella* Slk. 4 Steincanäle rechts und einen links am Mesenterium u. s. w. Selenka hat bei *Stichopus chloronotus* Brdt. und bei *Holothuria grandis* Brdt. irrthümlicherweise mehrere Arten von Steincanälen beschrieben, während Mertens, Semper und Ludwig nur einen einzigen Steincanal gefunden haben. Erwähnt sei noch *Hol. pyxis* Slk., welche den 5 Poli'schen Blasen gegenüber je einen langen freien, spiralig gewundenen Steincanal am Ringcanale aufgehängt hat. — Auch bei manchen Dendrochiroten sind die Wandungen des Madreporiten von einer mäandrisch gewundenen Spalte durchbrochen (*Anaperus* Tr.) und die Steincanäle kommen in verschiedener Zahl, Größe und Anordnung vor. Verästelungen des Steincanals sind seltener, dafür häufiger die regelmäßige Anordnung zahlreicher Steincanäle (bei *Cucumaria albida* Slk. gegen 60) rund um den Ringcanal. — Bei den Molpadiden und Synaptiden ist die Anzahl der Steincanäle immer gering, meistens ist nur ein einziger entwi-

ekelt und bei *Chirodota* Esch. zweifelte man lange Zeit an dem Vorkommen eines Steincanals, bis endlich Selenka denselben bei *Ch. tigillum*, *Ch. violacea* Pet., *Ch. typica* Slk. u. a. auffand. Vielzählige Steincanäle sind Seltenheiten (*Synapta lappa* J. Müll., *S. serpentina* J. Müll.), ebenso verästelte (*S. Beselii* Jaeg. = *S. Agassizii* Slk.).

Der Ringcanal entsendet nach vorne in die Tentakeln mehrere Canäle, Tentakelcanäle, u. z. entweder gerade so viele als Tentakeln um den Mundeingang stehen oder aber nur 5, welche sich dann am Fuße der Tentakeln so verästeln, dass auf jedes derselben ein das Wasser zuführender Ast kommt. Diese Canäle werden vom Kalkringe, sei es nun ganz oder nur theilweise bedeckt, je nachdem sie ebensolang oder aber länger als dieser sind. In jedem Falle werden sie durch Bindegewebe an der inneren Seite des Kalkringes angeheftet und oft noch mitten in die knorpelige Wandung eines Knorpelringes eingebettet. Jeder Tentakelcanal ist von seinem Ursprunge an cylindrisch, verengt sich aber am hinteren Rande des Kalkringes und steigt dann als dünnes Röhrchen in einer durch Einschnitte zweier anstoßenden Kalkringe gebildeten Furche zu den Tentakeln empor, an deren inneren Fläche er sich weiter verzweigt. Bisweilen verwachsen die Tentakelcanäle streckenweise zu einem continuierten Ringe. Zwischen den Tentakelcanälen und dem Schlunde liegt ein leerer Raum (Sinus), welcher mit der Leibeshöhle direct communiciert; neben diesem Sinus existiert häufig noch ein Nebenschlundsinus. — Die Wandungen der Tentakelcanäle bestehen aus der Epidermis, dem Derma, den Längsmuskelfasern und einem inneren Flimmerepithel.

Aus dem Ringcanale der *Aspidochiroten* nehmen in fast gleichen Abständen seiner Peripherie 5 Tentakelcanäle ihren Ursprung, von welchen sich jeder an der Basis der Tentakeln in ebensoviele Äste plus einen Ast spaltet als Tentakeln vorhanden sind; sie treten in je ein Tentakel ein, nur der überzählige Ast nicht: dieser biegt am Fuße des Tentakels nach außen um und verläuft als Ambulacralgefäß nach rückwärts zur Cloake. Vor der Eintrittsstelle der Canäle in die Tentakeln stülpt sich von jedem Aste ein blindgeschlossenes Bläschen, die Tentakelampulle, aus; dieses ist dem Kalkringe angelagert und ragt, auf dem vorderen Rande der Kalkstücke des Kalkringes reitend, frei in die Leibeshöhle hinab. Die Tentakelampullen sind bald lang und dünn (*Hol. floridana* Pourt., *H. tigris* Brdt.), bald kurz und dick (*H. glaberima* Slk., *H. fuscocinerea* Jaeg.). — Die Tentakelcanäle der *Dendrochiroten* sind den der *Aspidochiroten* analog eingerichtet, nur entbehren sie der Ampullen. *Urodemas perspicillum* zeigt mit manchen *Synapten* insoferne einige Verwandtschaft, als der Schlundkopf dieser Seewalze zu einer knorpeligen Glocke umgewandelt ist, innerhalb welcher die Tentakelcanäle ihren Verlauf nehmen. — Die *Molpadiden* besitzen wieder Tentakelampullen. Die 15 Tentakelcanäle von *Embolus pauper* sind mit einander zu einem Ringe verwachsen, welcher durch Muskelfasern an der Darmwandung befestigt ist. — Bei den *Synaptiden* ist eine Verästelung der Tentakelcanäle nicht nothwendig, da gleich aus dem Ringcanale ebensoviele Stämme entspringen, als Tentakeln vorhanden sind. Die Tentakelampullen sind nur schwach entwickelt und haben die Gestalt von plattgedrückten flachen Bläschen. Die 12 Tentakelcanäle der *Chirodota*

typica Slk. verwachsen in einer schmalen Berührungslinie mit einander zu einem Kranze. Einige Synaptiden haben die Tentakelcanäle in ein knorpeliges Gewebe, welches sich dem Kalkringe glockenartig anfügt, eingehüllt. — Die Tentakelcanäle, welche von Tiedemann und Quatrefages für Blutgefäße gehalten wurden, speisen die Tentakeln vom Ringeanele aus mit Wasser.

Die Tentakeln umstehen den Mundeingang in einem oder zwei Kreisen und haben dieselbe Verrichtung wie die Pedicellen. Sie lassen ihrer Länge nach drei Abschnitte erkennen: den hinteren im Körper gelegenen Abschnitt, den Stiel und den verschieden gestaltigen Endabschnitt. Nach letzterem unterscheidet man 1.) schildförmige Tentakeln (Aspidochiroten), sie sind meist ganz einziehbar; 2.) baumartig verzweigte Tentakeln (Dendrochiroten), sie sind lang und elastisch, aber nicht einziehbar; 3.) gefiederte, gefingerte, stummel- oder fadenförmige Tentakeln (Apoda), diese sind gewöhnlich einziehbar. Wie ihre Gestalt, so ist auch ihre Zahl und Anordnung bei den einzelnen Sippen eine wechselnde. — Die Aspidochiroten besitzen 18, 20, 25, 30 gleichartige, die Dendrochiroten gewöhnlich 10 gleichartige (Stichopoda) oder 12, 15, 20 meist ungleichartige in zwei Kreisen stehende Tentakeln (Sporadipoda), endlich die Apoda 12 (Caudina St., Embolus Slk., Anapta S.), 15 oder 16 (Haplodaetyla Gr.), 15—20 (Chirodota Esch.), 12—15 (Molpadia Cuv.), 10—25 (Synapta) gleichartige Tentakeln. — Ihre Wandungen bestehen aus einer structurlosen Epidermis und einer kernigen Lederhaut; letztere hat Längsmuskelfasern, Kalkkörperchen und röthlich-braune Pigmente eingelagert und wird innen von einer zarten, homogenen, Flimmerhaare tragenden Membran ausgekleidet.

Die Ambulacralcanäle, welche in histologischer Beziehung mit den Tentakelcanälen übereinstimmen, treten stets in der Zahl 5 auf und nehmen entweder direct aus dem Ringeanele ihren Ursprung oder entstehen durch Spaltung der 5 Tentakelcanäle und dann ist immer der mittlere (unpaare) Ast das ambulacrale Wassergefäß, welches zwischen der Körperwand und den Längsmuskeln des Körpers nach rückwärts bis zur Cloake verläuft. In seinem Verlaufe bleibt jedes Gefäß entweder unverzweigt, oder es gibt zahlreiche Seitenäste rechtwinkelig ab, die sich ihrerseits zwischen der Muskel- und Hautschicht des Körpers wieder verzweigen können. Jeder Seitenast, beziehungsweise Zweig schließt mit einer Ampulle ab, welche mit einem Füßchen (Saugfüßchen, pedicellus) durch kurze Zellgewebebündel in Verbindung steht, das durch eine Öffnung der Körperhaut über deren Oberfläche hervorragt (einfache Füßchen), oder aber in die Spitze eines Höckers einmündet, der mit dem Füßchen ein- und ausgestülpt werden kann (Höckerfüßchen).

Mit Rücksichtnahme auf die Form der Füßchen gibt es conische und cylindrische und in Bezug auf ihre Vertheilung Bauch- und Rückenfüßchen. Ihre Zahl ist verschieden, oft gegen 1000 bei einem Individuum. Die Pedicellen haben denselben Bau wie die Tentakeln. Epidermis und Cutis ziehen sich über das freie Ende der Füßchen hin und werden hier meistens von einer porösen sternförmigen oder rundlichen Saugscheibe bedeckt. Um den Seitenwandungen eine größere Festigkeit zu verleihen, finden sich in denselben verschieden geformte Kalkkörperchen, welche oft so überhandnehmen, dass die Pedicellen nicht eingezogen werden können.

Die Vertheilung der Füßchen über den Körper ist von der Verzweigung der Ambulacralcanäle abhängig. — Bei den Pedaten stellt immer der mittlere der

durch die Spaltung eines jeden Tentakelcanales hervorgegangenen Äste den Ambulacralcanal vor, welcher am vorderen Rande des Kalkringes durch den gabelförmigen Fortsatz des radialen Kalkstückes an dessen Außenseite tritt und nun zwischen den Längsmuskeln der Körperhaut bis zur Cloake verläuft. Die Seitenäste, welche sich von den 5 Ambulacralcanälen abzweigen, stehen mit je einer Ampulle und einem Saugfüßchen in Verbindung. — Die Ampullen hängen gewöhnlich in die Leibeshöhle hinein, nur bei wenigen Arten (z. B. *Holothuria floridana* Pourt., *Stolus* Slk.) sind sie so kurz, dass sie die Leibeshöhle kaum erreichen. Die Wandungen der Ampullen bestehen aus einer Flimmerhaare tragenden Epidermis und einer homogenen kernhaltigen Schleimhaut mit Längsmuskelfasern, braunen Pigmentkörnchen und kleinen Kalkfasern; das Innere wird von einem Wimperepithel, an dem sich bei einigen Sippen gelblichbraune Körnerhäufchen entwickeln, ausgekleidet. Die Körnerhäufchen lösen sich ab und gelangen in die Wassergefäße. — Die Vertheilung der Ampullen richtet sich meist nach der der Pedicellen und nur dann, wenn die Längsmuskeln der Körperhaut sehr breit werden, erscheinen die Ampullen in den Ambulacren zu dichten Reihen zusammengedrängt, selbst bei Individuen, bei denen die Füßchen zerstreut stehen.

Die Füßchen sind fast immer mit einer Saugscheibe ausgestattet, welche ganzrandig und durchlöchert, glatt und gegittert, gedorn und gegittert u. s. w. sein kann. Nur sehr wenige Sippen (z. B. *Cladolabes limaonotus* Brdt.) haben sowohl in den Bauch- als auch in den Rückenfüßchen, andere bloß in den Rückenfüßchen keine Saugscheibe entwickelt. Bei *Stolus ovulum* Slk. wurden in der Körperhaut keine Kalkablagerungen aufgefunden, die Saugscheibe in den Füßchen ist dennoch ausgebildet. — Nach der Beschaffenheit und Anordnung der Füßchen, welche den Körper eines Individuums umgeben, erhalten verschiedene Seiten desselben eine verschiedene Beschaffenheit. Sind bei den Aspidochiroten die Bauch- und Rückenfüßchen gleichartig, dann stehen sie entweder über den ganzen Körper zerstreut (*Sporadipus* Gr.), oder sie sind in Längsreihen angeordnet wie bei *Labidodemas* Slk., wo 5 zweizeilige Längsreihen ausgebildet sind: das Thier kann auf allen Seiten gleich gut kriechen. Häufig stehen am Bauche einfache, am Rücken aber Höckerfüßchen und sind nun nach der Verästelung der Ambulacralcanäle entweder über den ganzen Körper gleichmäßig (*Bohadschia argus* Jaeg.) oder ungleichmäßig (*Mülleria* Jaeg.) zerstreut, oder die Bauchfüßchen stehen sporadisch, die Rückenfüßchen dagegen in Längsreihen (*Holothuria* L., *Stichopus* Brdt.), wodurch die bilaterale Symmetrie zum Ausdrucke kommt. — Auch bei den Dendrochiroten ist die Anordnung der Pedicellen eine vielfältige: a.) Die Saugfüßchen sind infolge der allseitigen Verästelungen der Ambulacralcanäle über die ganze Körperoberfläche gleichmäßig vertheilt, u. z. umgeben entweder lauter einfache Füßchen den Körper, ohne irgend welche Anordnung in Reihen zu zeigen, wie bei den meisten Sporadipoden — bei der Gattung *Stereoderma* Ayr. erscheint auf der Mittellinie des Bauches eine Doppelreihe von Pedicellen abgesondert —; oder am Bauche stehen einfache, am Rücken Höckerfüßchen (*Hemicrepis* J. Müll., *Cladolabes* Brdt.). b.) Die Füßchen stehen längs der 5 Ambulacralcanäle in Reihen, während die dazwischen liegenden interradianen Felder fußlos bleiben, wie bei vielen Stichopoden. An diese schließen sich die Rhopalodiniden an, welche nach

Semper 10 Radialgefäße besitzen sollen, von denen 5 dem Munddarme angehören, während die anderen 5 am Enddarme entspringen und mit jenen in keinerlei Communication stehen. Nach Ludwig setzt sich aber jedes der 5 Radialgefäße des Munddarmes in eines der 5 Radialgefäße des Enddarmes fort und es sind also die vom Munddarme kommenden Gefäße dieselben wie die am Enddarme entspringenden. Die kleinen Füßchen mit ihren Ampullen stehen längs der ambulacralen Radien in Doppelreihen angeordnet und werden durch Seitenäste der Radialgefäße mit Wasser versorgt. c.) Die 5 Ambulacralcanäle geben zwar in allen Radialfeldern Seitenäste für die Füßchen und deren Ampullen ab, jedoch sind diese nur in drei Ambulacren (Bauchseite) entwickelt und in den zwei anderen (Rückenseite) verkümmert (Stolinus Slk., Lepidopsolus Slk., Cuvieria Per., Colochirus Fr.), wodurch wieder die bilaterale Symmetrie den radiären Typus verwischt. Bei der Gattung Psolus Ok. stehen die Bauchfüßchen in Reihen auf einer Scheibe beisammen. — Die Apoden haben zwar die 5 Ambulacralcanäle vollständig entwickelt, aber eine Verästelung derselben ist unterblieben, da die Füßchen fehlen und die Thiere nur auf den Tentakeln kriechen.

Die im Wassergefäßsysteme vorkommende Flüssigkeit ist etwas wässriger als das Blut; sie ist weißlich, fast durchsichtig, mit bräunlichen Pigmentzellen und verästelten Zellelementen vermischt. Die Bewegung dieser Flüssigkeit unterhalten die Flimmerepithel und Muskeln der Wassergefäße; die Erneuerung des Wassers im Gefäßsysteme aber vermittelt der Endsack des Steincanals. Durch die Poren des Madreporiten nämlich dringt das Wasser aus der Leibeshöhle in den Steincanal ein und gelangt von da aus in den Ringcanal. Die Tentakel- und Ambulacralcanäle ergießen dasselbe vermöge der schwingenden Wimperhaare ihrer inneren Wandung in die contractilen Ampullen, welche es wieder in die Tentakeln und Pedicellen hineintreiben. Durch die Contraction der Füßchenampullen werden die Pedicellen geschwellt und ausgestreckt, sie saugen sich nun mit ihrer Saugscheibe auf einer Unterlage fest und ziehen den Körper nach. Ähnlich verhalten sich die Tentakeln, welche zum Festsaugen häufig eigene Saugnäpfe haben. Die Ampullen wirken wie Specialpumpen für die Locomotionsorgane (Claus), die Poli'schen Blasen dagegen sind als Pumpapparate für das gesammte Wassergefäßsystem thätig.

Wie das Wasser in die Leibeshöhle gelangt, ist noch nicht bekannt. Quatrefages beschreibt bei *Synapta Duvernoya* Q. am Grunde des Tentakelkranzes 5 Poren, in welche feine Canäle ausmünden, die durch die Löcher des Knochenringes das Meerwasser von außen in die Leibeshöhle leiten; Joh. Müller konnte indes diese Poren nicht finden und bezweifelt ihr Vorkommen. Wahrscheinlich dringt das Meerwasser durch Öffnungen, welche in der Cloakenwandung liegen, in die Leibeshöhle ein.

2. Blutgefäßsystem.

Die Kreislaufsorgane der Seewalzen sind noch weniger bekannt als die der übrigen Echinodermen, weil sich die Gefäße wegen ihrer allzugroßen Zartheit sehr schwer in ihrem Verlaufe verfolgen lassen; bei den Rhopalodiniden wurden noch gar keine Blutgefäße aufgefunden. Wie bei den Echinoideen, kommen auch

bei den Holothurioideen zwei den Darm begleitende Längsgefäße, jedoch nur ein Gefäßring vor.

Der Blutgefäßring ist wahrscheinlich ein Gefäßgeflecht, weil er netzartig aufgelöst erscheint. Er umgibt an der Basis der Tentakeln den Nahrungscanal und liegt zwischen dem Nerven- und Wassergefäßringe. An mehreren Stellen seines Umfanges ist er bei einigen Sippen durch schwärzliche oder bräunliche Pigmentfleckenpaare geziert, von denen je ein Fleckenpaar einem Tentakel entspricht. Ein zweiter Blutgefäßring ist nicht vorhanden. Die Wandungen des Gefäßringes bestehen aus einer Bindegewebschichte mit eingelagerten Muskelfasern und werden außen von einem Wimperepithel bekleidet. Sowohl in das Bindegewebe, als auch in die Muskelfasernlage sind zahlreiche Pigmentkörnchen und Kalkkörperchen eingebettet. Ein inneres Flimmerepithel fehlt.

Aus dem Gefäßringe entspringen zwei Längsgefäßstämme, die Darmgefäße, welche dem Darne entlang seiner Wandung anliegen. Der eine Längsstamm verläuft auf der unteren freien Seite des Darmes, er möge wie bei den Echinoideen das ventrale Darmgefäß heißen; der andere Längsstamm hat an der oberen Seite des Darmes dort, wo dieser an das Mesenterium angeheftet ist, seinen Verlauf und stellt das dorsale Darmgefäß vor. Beide Darmgefäße beginnen als ungemein feine Canäle, sie erweitern sich dann allmählich und nehmen hierauf wieder nach und nach an Stärke ab, um sich schließlich ganz dem Auge des Beobachters zu entziehen; wahrscheinlich endigen sie blind. In histologischer Beziehung stimmen sie mit dem Gefäßringe überein.

In seiner einfachsten Form erscheint (nach Jaeger und Joh. Müller) das Blutgefäßsystem bei den Apneumonien mit geradem Darne (viele Synaptiden). Der Gefäßring entsendet einige schwache Gefäße sowohl nach vorne über den Schlund hinweg an die Tentakeln, als auch nach hinten zu den Anhangsorganen des Ringcanales und den Genitaldrüsen, andere stärkere Stämme durch die Löcher der Knochenstücke des Kalkringes zu den Längsmuskeln der Körperhaut. Die beiden Darmgefäße stehen mit einander durch zahlreiche Querästchen, welche sie in ihrem Verlaufe nach rechts und links abgeben, in Verbindung. Viele dieser Querästchen dringen in die Darmwandung ein und lösen sich hier in ein dichtes Capillarnetz auf. Wahrscheinlich stehen die Blutgefäße der Tentakeln mit Blutbahnen, welche vom Darne heraufkommen, in Communication. Hier schließen sich *Stichopus chloronotus* Brdt. und einige Holothurien an, welche ein Blutgefäßsystem wie die Synaptiden mit geradem Darne besitzen. Selenka fand bei *Stichopus* an der inneren Darmwand sichelförmige Falten, welche den Zweck haben sollen, den Blutgefäßen eine größere Oberfläche zu ihrer Ausbreitung zu bieten.

Höher ausgebildet ist das Blutgefäßsystem bei Synaptiden mit gewundenem Darne (*Synapta Kefersteinii* Slk., *S. Agassizii* Slk. = *S. Beselii* Jaeg., *S. gracilis* Slk. u. a.), bei *Chirodota* Esch., vielen *Dendrochiroten* (*Stolinus* Slk., *Pattalus* Slk.) und den meisten *Molpadiden* (*Molpadia* Cuv., *Haplodactyla* Gr.) insoferne als ein kräftiger Querast zwischen zwei Wendungen des ventralen Darmgefäßes eine kurze Verbindung herstellt. Dieser Verbindungsast zweigt sich in der Mitte des ersten Darmdrittels vom ventralen Darmgefäße ab und geht quer durch den Körper bis zur Mitte des zweiten Darmdrittels, wo er wieder in dasselbe Gefäß einmündet.

Die Gattung *Caudina* Stimp. bildet den Übergang zu den folgenden See- walzen, da bei ihr das dorsale Darmgefäß an den linken Wasserlungenast mehrere Seitenäste entsendet, welche denselben mit einem dichten Capillarnetze umspinnen, ohne jedoch mit dessen Wandungen in nähere Berührung zu treten.

Am vollendetsten ist das Blutgefäßsystem der meisten *Aspidochiroten* und einiger wenigen *Dendrochiroten* (*Orcula* Tr., *Psolus* Ok., u. a.). Außer den dünnen Gefäßen für die Tentakeln, Anhangsorgane des Ringeanales und Längsmuskeln der Haut entspringen aus dem Blutgefäßbringe die beiden Darmgefäße als sehr feine Canäle. Das ventrale Darmgefäß (Darmarterie, Tiedemann) erreicht am zweiten Darmdrittel das weiteste Lumen, verengt sich aber gegen das letzte Darmdrittel hin allmählich wieder und verliert sich schließlich am Mastdarme ganz. Ein starker Verbindungsast stellt auch hier zwischen dem ersten und zweiten Darmdrittel eine kürzere Communication her. Vom Darmgefäße selbst zweigen sich beinahe unter rechten Winkeln viele feine Seitenästchen ab, deren Zahl am zweiten Darmdrittel am größten wird, und bilden theils auf der Oberfläche des Darmes ein dichtes Capillarnetz, theils treten sie auf das Mesenterium hinaus, um sich hier streckenweise in ein Wundernetz aufzulösen. Die Verzweigungen am Mesenterium sammeln sich auf der entgegengesetzten Darmseite zu starken Zweigen, diese zu Ästen und münden in das dorsale Darmgefäß ein. Es kommt indes auch öfters vor, dass sich die besagten Äste abermals in ein Capillarnetz ausbreiten und hierauf erst, wieder zu Zweigen und Ästen vereinigt, in das dorsale Darmgefäß eintreten. An seinem vorderen Theile gehen vom ventralen Darmgefäße auch an die traubigen Anhänge und Poli'schen Blasen feine Gefäße ab, welche wahrscheinlich mit den vom Gefäßbringe herkommenden in Verbindung stehen. Das im ventralen Darmgefäße fließende Blut ist hellbraun oder gelblich und dient zur Ernährung des Darmes (Tiedemann).

Das dorsale Darmgefäß (Darmvene, Tiedemann) verläuft am Mesenterium zwischen den zwei ersten Darmdritteln und führt helles farbloses Blut. In seinem Verlaufe nimmt dieses Gefäß von seinem Ursprunge an allmählich an Dicke zu, da es am ersten Darmdrittel zahlreiche vom Darne herkommende Blutgefäße aufnimmt. Am inneren Bogen der ersten Darmwendung spaltet es sich in mehrere Äste, von welchen ein Ast, die Lungenarterie (Tiedemann), zwischen den beiden Darmschenkeln bis zum Oesophagus hinaufgeht und unterwegs an die Oberfläche des linken Wasserlungenastes viele Seitenzweige abgibt, wodurch er allmählich schwächer wird. Diese Seitenzweige gehen entweder direct auf den Lungenast über oder umspinnen ihn mit einem Capillarnetze, welches bei einer recht reichlichen Verzweigung der Oberfläche des Lungenastes ein lappiges und drüsiges Aussehen verleiht (*Mülleria lecanora* Jaeg.). Die feinen Zweige der Capillaren sammeln sich wieder zu Ästen und münden in ein Gefäß ein, welches Tiedemann „Lungenvene“ nannte. Dasselbe verläuft oben längs der zweiten Darmbiegung und weiter herab längs der inneren Seite des mittleren Darmdrittels, wo es, im Mesenterium eingebettet, sich bald dem Auge des Beobachters entzieht, da es sich während seines Verlaufes durch Abgabe zahlreicher Seitenäste immer mehr und mehr schwächt. Diese Seitenäste verzweigen sich am Mesenterium und bilden hier ein lakunenartiges Capillarnetz, welches mit dem des ventralen Darmgefäßes

in Anastomose steht. Die übrigen durch die Spaltung des dorsalen Darmgefäßes hervorgegangenen Äste lösen sich am hinteren inneren Bogen der ersten Darmwendung in ein Capillarnetz auf, das ebenfalls mit dem ventralen Darmgefäße im Zusammenhange steht. Während die Blutflüssigkeit in der Lungenvene hellbraun gefärbt ist, ist die der Lungenarterie hell und farblos (Tiedemann).

Quatrefages hielt den Wassergefäßring und einige seiner Ausstülpungen für Blutgefäße, während ihm die eigentlichen Kreislaufsorgane unbekannt blieben.

Was den histologischen Bau der Blutgefäße anbelangt, so ist derselbe nur bei jenen bekannt, welche frei im Mesenterium eingebettet liegen. Deren Wandungen bildet eine Bindegewebelage und eine darunter liegende Muskelfaserschichte. Im Bindegewebe lassen sich außer gelblichen und bräunlichen Pigmentkörnchen noch zahlreiche helle Kügelchen und Kalkkörperchen erkennen. Ein äußeres Wimperepithel ist stets entwickelt, während ein inneres sämmtlichen Blutgefäßen zu fehlen scheint. Über die Structur jener Gefäße, welche die feinen Capillaren und Wundernetze bilden, lässt sich wegen der allzugroßen Zartheit der Wandungen nichts Bestimmtes sagen.

Das Blut erscheint in manchen Gefäßen gefärbt und trübe, trotzdem das Plasma und die rundlichen feinkernigen Blutzellen farblos sind. Die Färbung rührt von Pigmenten, die Trübung vom Meerwasser her, welche dem Blute beige-mischt sind. Neben Pigmenten kommen in der Blutflüssigkeit auch verästelte Schleimzellen, welche Bindegewebekörperchen gleichen, und öfters sogar Kochsalz vor. Im geronnenen Zustande ist das Blut milchweiß. — Es wurde bereits erwähnt, dass die im Wassergefäßsysteme circulierende Flüssigkeit dem Blute sehr nahe steht; aber auch der flüssige Inhalt der Leibeshöhle ist dem Blute ähnlich, was vermuthen lässt, dass zwischen dem Blut- und Wassergefäßsysteme einerseits und der Leibeshöhle andererseits ein Zusammenhang, wie schon Delle Chiaje und M. Edwards behauptet haben, bestehe. Ein Weg aber, auf welchem das Blut mit der Flüssigkeit im Wassergefäßsysteme oder in der Leibeshöhle in Berührung kommen könnte, ist bis jetzt noch nicht ermittelt worden.

Zwar entdeckte Mertens in der Leibeshöhle der Gattung Chirodota Esch. und Leydig bei Synapta Esch. die sogenannten pantoffelförmigen Wimperorgane, welche bereits bei den Crinoideen erwähnt wurden (Programm der Anstalt 1883, pag. 12). Diese Wimperorgane waren, an Stielen hängend und mit offenen Enden, an der inneren Körperfläche theils unregelmäßig vertheilt, theils in gedrängten Reihen längs zweier Intermuscularräume angeordnet. Leydig hielt den Stiel eines solchen Organes für das offene Ende eines Blutgefäßes, welches durch seine wimpernde Öffnung frisches Wasser aus der Leibeshöhle in das Blutgefäßsystem eintreten lässt. Da die Leibeshöhle von außen frisches Meerwasser erhält, so würde dieses, in die Blutgefäße gelangt, durch seinen Luftgehalt entkohlend auf das Blut wirken. Semper fand jedoch diese Wimperorgane stets ohne alle Verbindung mit Gefäßen und die Stiele der Wimperorgane nur aus Bindegewebe aufgebaut; Joh. Müller stimmt in seinen Aussagen mit denen Semper's überein. Würde aber doch, wie Leydig behauptet, das Blutgefäßsystem mit der Leibeshöhle in der angegebenen Weise im Zusammenhange stehen, dann wäre auch der Zusammenhang zwischen den beiden Gefäßsystemen hergestellt.

Der Kreislauf des Blutes ist, soweit das Blutgefäßsystem bekannt ist, etwa folgender: das farblose Blut gelangt aus dem Gefäßringe in das ventrale Darmgefäß und in dessen Capillaren. Nachdem im Darne die unbrauchbar gewordenen Stoffe ersetzt worden sind, sammelt sich das Blut in Gefäßen, welche dasselbe in das dorsale Darmgefäß leiten, von wo es in die Lungenarterie kommt. Diese leitet das nun gefärbte Blut in die Capillarnetze am linken Lungenast, wo es nach Tiedemann gereinigt werden soll, und gelangt endlich durch die Verzweigungen der Lungenvene in das ventrale Darmgefäß zurück. — Weil die beiden Darmgefäße nur durch ihre dünnen Enden mit dem Blutgefäßringe zusammenhängen, so kann dieser nicht als Triebfeder (Herz) des Kreislaufes betrachtet werden, vielmehr als ein Organ, das die Verbindung der Blutgefäße in den vorderen Körpertheilen mit jenen der hinteren unterhält. Dafür ist anzunehmen, dass die Fortbewegung des Blutes von den dickeren Partien des ventralen Darmgefäßes und der Lungenarterie ausgehe. — Tiedemann betrachtete die Wasserlungen für Athmungsorgane und theilte deshalb die Blutgefäße in Venen und Arterien.

Wenzl Essl.

Zur methodischen Behandlung der Urtheilsverhältnisse.

Von Prof. Dr. Josef Kubišta.

Die Urtheilsverhältnisse bilden den natürlichen Übergang zur Syllogistik. Darin liegt ihre wenigstens beim Unterrichte nicht zu unterschätzende Bedeutung; sie sind die Bausteine, zu denen man wieder und wieder greifen muss, um den „künstlichen Bau“ des Syllogismus vor den Augen der Schüler zu construieren und je mehr man geneigt ist, die Theorie des Schlusses als den Schwerpunkt der formalen Logik hinzustellen, eine desto größere Sorgfalt wird der Unterricht den Urtheilsverhältnissen zu widmen haben, zumal als ja auch das Verständnis der Denkprincipien von der gründlichen Durcharbeitung der Urtheilsverhältnisse abhängt. Der richtige methodische Gang ist hiebei durch die Natur des Stoffes vorgezeichnet; auch hier kann der Unterricht unmöglich „eine bloße Forderung an das Gedächtnis der Schüler“ sein, sondern er muss in der Form einer „Aufgabe für eine selbstthätige Vertiefung“ in die betreffende Partie der formalen Logik ertheilt werden. Also nicht in dogmatischer Weise als ein fertiges Ganze — etwa mit Zugrundelegung des logischen Quadrates — wollen die Urtheilsverhältnisse behandelt werden, denn das wäre ein seichter Untergrund für die Lehre vom Syllogismus. Mit dem bloßen Einlernen des aus der Mannigfaltigkeit der Beziehungen der einzelnen Ur-