

Über die Rädchen der Synaptiden.

Von

Prof. Dr. **Hubert Ludwig.**

Mit Tafel XVI.

Die Rädchen der Synaptiden sind so oft und von den verschiedensten Forschern beschrieben und abgebildet worden, dass man glauben könnte, sie zählten zu den am besten bekannten Gebilden und es sei kaum etwas Neues über sie zu berichten. Dennoch ist unsere bisherige Kenntnis derselben eine so wenig erschöpfende, ja fehlerhafte, dass es sich verlohnt sie einmal genauer vorzunehmen. Es wird sich dabei zeigen, dass sie in Wirklichkeit komplizierter sind als gewöhnlich angegeben wird. Aus einer eingehenden Untersuchung ihres Baues und ihrer Entwicklung ergeben sich neue Gesichtspunkte für ihre Vergleichung mit den Kalkkörperchen anderer Holothurien und für ihre systematische und phylogenetische Verwerthung im Inneren der Synaptidenfamilie.

Als Ausgangspunkt meiner Erörterung wähle ich die Rädchen meiner *Chiridota pisanii*. Ihre Entwicklung beginnt, wie es für eine ganze Anzahl von Synaptidenrädchen längst bekannt ist¹, mit einem kleinen sechsstrahligen Stern. Die Strahlen des Sternes liegen nicht genau in derselben Ebene mit seinem Centralstücke, sondern steigen schräg nach oben, d. h. nach der Hautoberfläche, empor. Das Centralstück mag Basalplatte (1)² heißen, da es auch an dem fertigen Rädchen die Basis des ganzen Kalkkörperchens darstellt. Die sechs von der Basalplatte entspringenden schrägen Strahlen verhalten sich später für andere Theile des Rädchens wie stützende Pfeiler und mögen deshalb als die Pfeiler (2) bezeichnet werden. Basalplatte und Pfeiler

¹ Vgl. darüber BRÖNN, Klassen und Ordnungen der Echinodermen. p. 42.

² Die hinter die Termini gesetzten eingeklammerten Ziffern verweisen auf die in den Figuren gewählten Nummern der einzelnen Rädchentheile.

bilden später an der fertigen Nabe deren Boden. Es bleibt aber bei *Chiridota pisanii* nur kurze Zeit bei der ursprünglichen Sechszahl der Pfeiler. Sehr bald sieht man auf der oberen (d. h. der Hautoberfläche zugekehrten) Fläche der Basalplatte einen siebenten Fortsatz (Fig. 4 und 2) sich erheben, der senkrecht aufsteigt und in seiner Länge stets hinter der Länge der sechs schrägen Pfeiler zurückbleibt; er möge als Central- oder Mittelpfeiler (3) benannt werden. Will man die sechs schrägen Pfeiler durch einen besonderen Namen von ihm unterscheiden, so kann man für diese die Bezeichnung Speichenpfeiler (2) einführen, da sie, wie wir gleich sehen werden, an ihren distalen Enden die eigentlichen Speichen des fertigen Rädchens liefern. Speichenpfeiler und Mittelpfeiler endigen anfänglich einfach abgerundet. Das nächste Stadium der weiteren Entwicklung besteht nun darin, dass das distale Ende der Speichenpfeiler sich in einer senkrechten, radiär zur Rädchenachse gestellten Ebene in zwei kurze, dicke Fortsätze theilt (Fig. 4 und 2). Beide Fortsätze haben die Form von abgerundeten Zapfen und sind von ungleicher Länge. Der eine, längere ist centrifugal, der andere, kürzere centripetal gerichtet. Der centrifugale Fortsatz behält die schräg nach oben strebende Richtung des Speichenpfeilers nicht bei, sondern biegt in eine schwach nach unten gerichtete Stellung um. Der andere, centripetale Fortsatz dagegen stellt sich so, dass er schwach schräg nach oben der Achse zustrebt. Der centrifugale Fortsatz ist nichts Anderes als die spätere Speiche des fertigen Rädchens und kann deshalb als Speichenfortsatz (6) bezeichnet werden. Der centripetale Fortsatz ist bestimmt später zu einem Theile der Deckplatte der Nabe zu werden und mag deshalb Deckplattenfortsatz (4) genannt werden. Blickt man von oben auf das in der Entwicklung begriffene Rädchen (Fig. 2), so sieht man bei entsprechender Einstellung die Stelle, an welcher der Deckplattenfortsatz vom Speichenpfeiler abgeht als eine mit ihrer Konvexität gegen die Rädchenachse gerichtete gebogene Grenzlinie durch den Deckplattenfortsatz durchschimmern (vgl. auch Fig. 3—7).

Unterdessen hat sich der Mittelpfeiler bis zu derselben Höhe erhoben, bis zu welcher die freien Enden der sechs Deckplattenfortsätze reichen, und beginnt nunmehr sich an seinem Gipfel zu einer kleinen, kreisförmig umrandeten Querscheibe zu verbreitern, die mit ihrem Rande den Deckplattenfortsätzen entgegenwächst. Zur selben Zeit haben die Deckplattenfortsätze sich aber nicht nur in der Richtung nach der Rädchenachse, sondern auch nach beiden Seiten verbreitert. Dadurch nähern sich die benachbarten Deckplattenfortsätze einander immer mehr, bis sie sich berühren. Weiterhin verschmelzen alle Be-

rührungsränder der Deckplattenfortsätze unter einander, sowie der Deckplattenfortsätze und der Querscheibe des Mittelpfeilers. Dann ist schließlich ein Gewölbe fertig gestellt, das, von den Speichenpfeilern und dem Mittelpfeiler getragen, sich über die Oberseite der Basalplatte wölbt. Den Gipfel dieses Gewölbes nimmt die Querscheibe auf dem Mittelpfeiler ein, welche deshalb Mittelplatte (5) heißen mag. Um diesen centralen Theil des Gewölbes, das ich in seiner Gesamtheit einfach die Decke oder die Deckplatte (4+5) nennen will, ordnen sich die sechs, damit und unter sich verschmolzenen Platten, welche aus den Deckplattenfortsätzen der Speichenpfeiler entstanden sind und als Speichenplatten (4) benannt werden können. Die Verschmelzung der Mittelplatte mit den Speichenplatten und dieser unter sich erfolgt nicht gleichzeitig, denn man findet nicht selten Stadien, in denen die Verschmelzung an verschiedenen Stellen weiter vorgeschritten ist, als an anderen. In Fig. 4 z. B. sind an den drei mit *a* bezeichneten Stellen die Speichenplatten an ihrem nachbarlichen Berührungsrande dicht zusammengedrückt und im Begriffe völlig zu verschmelzen, während an den drei mit *b* bezeichneten Stellen sich noch eine schmale Spalte zwischen den Seitenrändern der benachbarten Speichenplatten befindet. Nur die mit *c* bezeichnete Speichenplatte ist auch schon in feste Verbindung mit der Mittelplatte getreten. In Fig. 3 ist die Bildung der Deckplatte zwar auch noch nicht vollendet, aber doch weiter vorgeschritten als in Fig. 4; nur an einer Stelle besteht noch eine schmale, buchtförmige Spalte zwischen zwei Speichenplatten und nahe der Mitte der Deckplatte erblickt man eine gekrümmte, ungefähr einen Halbkreis beschreibende Spalte zwischen dem Außenrande der Mittelplatte und dem Innenrande von vier Speichenplatten. Fig. 3 ist von einem Rädchen genommen, welches abnormer Weise der Speichenpfeiler, Speichenplatten und Speichenfortsätze statt sechs, sieben besaß. Auch achtstrahlige Rädchen kommen mitunter vor. Haben sich endlich nach Verschluss aller Spalten, Mittelplatte und Speichenplatten zu einer zusammenhängenden Deckplatte vereinigt (Fig. 5), so ist die Nabe des Rädchens vollendet und besteht nunmehr aus der Basalplatte, den Pfeilern und der Deckplatte. Daraus geht hervor, dass die fertige Nabe keineswegs, wie herkömmlicherweise angenommen wird¹, solide ist; sie umschließt vielmehr einen inneren Hohlraum, in dem sich (bei *Chiridota pisanii*) der Mittel-

¹ Noch in der Schlusslieferung meiner Holothurien-Bearbeitung in BRONN'S Klassen und Ordnungen (p. 442) bin ich selbst, bei Besprechung der fossilen Kalkkörperchen, dieser hergebrachten Ansicht gefolgt, da ich damals die oben mitgetheilten Thatsachen noch nicht aufgefunden hatte.

pfeiler befindet und der durch sechs zwischen den Speichenpfeilern liegende Thore sich ringsum schräg nach unten öffnet. Durch Wechseln der Einstellung kann man sich an der oberen oder unteren Flächenansicht des Rädchens die Grenzen jenes Hohlraumes vorführen; nach der Achse zu wird die Grenze des Hohlraumes durch den Mittelpfeiler gebildet, nach der Peripherie hin aber wird er zwischen je zwei Thoren durch die axialwärts konvexe Linie begrenzt, welche zugleich die Stelle bezeichnet, an welcher der Speichenpfeiler sich mit der Deckplatte verbindet.

Während die hohle Nabe sich in der eben beschriebenen Weise ausgebildet hat, sind auch die Speichenfortsätze an Länge und Dicke gewachsen, jedoch so, dass sie an ihren Seitenrändern immer dünner bleiben als in ihrer Längsmittle. Die Deckplatte zieht sich gewissermaßen an den Seitenrändern der Speichen weiter (Fig. 6). Sobald die Speichen ihre definitive Länge erreicht haben, gabeln sie sich an ihrem freien Ende in längst bekannter Weise zu leicht gebogenen Felgenfortsätzen, die quer zur Speiche gerichtet sind. Betrachtet man die Speichen in einer Seitenansicht des jungen Rädchens, so sieht man, dass sie einen erst nach unten und dann wieder nach oben gebogenen Verlauf haben (Fig. 9). Zusammen mit ihrer Speichenplatte hat demnach jede Speiche eine in einer Radialebene des Rädchens gelegene \sim -förmige Biegung, deren erste, der Radachse zunächst gelegene Konvexität nach oben, und deren zweite, der späteren Felge zunächst gelegene Konvexität nach unten gekehrt ist. Die beiden Felgenfortsätze einer jeden Speiche bilden zusammen eine nach oben und innen umgebogene Endverbreiterung der Speiche; diese Verbreiterung ist in ihrer Mitte dicker als in ihren Seitentheilen. Alsdann wächst jeder Felgenfortsatz dem ihm zugekehrten Felgenfortsatz der nächstbenachbarten Speiche entgegen, berührt sich schließlich mit ihm und verschmilzt endlich mit demselben zur Lieferung der fertigen Felge. Da schon die Felgenfortsätze sich nicht nur nach oben, sondern auch nach innen gebogen haben, so steht schließlich die ganze Felge nicht rechtwinklig zu den Speichen, sondern schräg nach oben und innen. In Folge dessen beschreibt der obere Rand der ganzen Felge einen kleineren Kreis als der untere. Der obere Rand ist auch dünner als der untere und erhält die bekannte feine Zähnelung, während der untere Rand glatt abgerundet bleibt. Wo die Speichen in die Felge eintreten, ist letztere immer viel dicker als zwischen den Speichen.

Die herrschende Ansicht geht dahin, dass die Rädchen der Gattung *Chiridota* so eintönig gestaltet seien, dass sie für die Unterscheidung der Arten keine brauchbaren Formverschiedenheiten darböten. Es war

demgemäß zu erwarten, dass auch die feineren Bauverhältnisse, wie wir sie soeben, namentlich an der Nabe, bei *Chiridota pisanii* kennen gelernt haben, auch bei den übrigen *Chiridota*-Arten vorhanden seien. Es schien mir aber wünschenswerth darüber doch einige Gewissheit zu erlangen, da wenigstens ein Bestandtheil, den ich in der Nabe der *Chiridota pisanii*-Rädchen gefunden, nämlich der Mittelpfeiler, in keiner mir bekannten Abbildung eines fertigen *Chiridotarädchens* sicher angedeutet ist. Ich untersuchte also die Rädchen einiger *Chiridota*-Arten, die ich gerade zur Hand hatte und fand, dass allerdings auch im Bau der Nabe im Allgemeinen eine große Übereinstimmung herrscht, dass aber doch einige Einzelheiten vorkommen, welche von dem Verhalten der *Chiridota pisanii* abweichen. Zunächst untersuchte ich die *Chiridota rufescens* (Br.) (= *variabilis* Semp.). Ihre Rädchen unterscheiden sich dadurch von denen der *Chiridota pisanii*, dass der Nabe der Mittelpfeiler fehlt. Ich glaube daraus schließen zu dürfen, dass er auch bei den meisten anderen *Chiridota*-Arten nicht zur Ausbildung gelangt ist und sich daraus der Umstand erklärt, dass er auf keiner bis jetzt vorhandenen Rädchenabbildung zu finden ist. In diesem Schlusse wurde ich bestärkt, als ich auch noch die Rädchen der *Chiridota amboinensis* Ludw. und der *Chiridota liberata* Sluit. verglich und auch hier den Mangel des Mittelpfeilers feststellte. Wo kein Mittelpfeiler ist, kann sich natürlich auch keine Mittelplatte für die Bildung der Decke entwickeln. Die Decke muss sich hier lediglich aus den zusammenwachsenden Speichenplatten aufbauen, welche sich in diesem Falle axialwärts stärker entwickeln müssen als beim Vorhandensein einer Mittelplatte. Wird die Achse von allen Speichenplatten erreicht, so ist die Decke vollständig geschlossen und verhält sich dann eben so als wäre sie über einem Mittelpfeiler entwickelt; so verhalten sich z. B. die Rädchen von *Chiridota amboinensis* Ludw., *liberata* Sluit. und wahrscheinlich noch mancher anderer Arten. Reichen aber die Speichenplatten nicht bis zur Rädchenachse, so muss beim Fehlen einer Mittelplatte in der Mitte der Decke eine Lücke offen bleiben, welche von oben in den Hohlraum der Nabe führt. Dieser Fall tritt häufig bei den Rädchen der *Chiridota rufescens* ein, deren Nabe bald eine ganz geschlossene, bald aber auch eine in der Mitte durchlöchernde Decke aufweist (Fig. 40). Die Öffnung der Decke hat eine abgerundet eckige Form und liegt entweder ganz genau central oder ein wenig excentrisch.

Noch unvollständiger wird der Aufbau der Decke, wenn beim Mangel von Mittelpfeiler und Mittelplatte die Speichenplatten nicht nur die Rädchenachse nicht erreichen, sondern auch mit ihren seitlichen, benachbarten Rändern bis auf den peripherischen Bezirk der Decke

gesondert bleiben. Alsdann (Fig. 11) bleibt in der Decke eine Öffnung übrig, welche die Form eines sechsstrahligen Sternes hat. Wie man in der Ansicht von oben bei tieferer Einstellung erkennt, stehen die Strahlen des Sternes abwechselnd mit den sechs Speichenpfeilern. Die Decke stellt kein Gewölbe mehr dar, sondern besteht aus sechs abgerundet dreieckigen, zungenförmigen Speichenplatten, die nur an ihrer, die Peripherie der Decke bildenden Wurzel mit einander verschmelzen. Eine derartige Nabenbildung finde ich bei der von SEMON entdeckten *Trochodota venusta* (Semon) des Mittelmeeres, von der mir ein Exemplar zur Verfügung stand.

SEMON hat die Rädchen dieser Art näher untersucht¹, doch vermag ich seine Angaben und noch mehr seine Zeichnungen mit meinen Beobachtungen nicht in Einklang zu bringen. Aus seiner Fig. 8 *b* geht hervor, dass der später fehlende Mittelpfeiler anfänglich angelegt wird. Seine Fig. 8 *c—f'*, die Entwicklungsstadien und das fertige Rädchen in der Ansicht von oben darstellen, leiden an dem Übelstande, dass Linien, welche in dieser Ansicht nur durchschimmern, so eingetragen sind, als gehörten sie zur Oberseite des Rädchens; Dinge, die nur bei wechselnder Einstellung des Mikroskopes scharf zu sehen sind, sind in diesen Abbildungen zu einem falschen Relief vereinigt, welches so aussieht, als lägen die Basalplatte und die Speichenpfeiler an der Oberseite der Nabe. SEMON scheint aber dennoch von dem wirklichen Sachverhalt bei der Entwicklung und fertigen Gestaltung mehr gesehen zu haben, als seine Vorgänger. Denn wenn er davon spricht, dass sich nach der Anlage der »sechs Radien« (womit er unsere Speichenpfeiler + Speichen meint) über diesen Radien ein zweites Radiensystem entwickle, »das von der Peripherie zum Centrum wächst«, so könnte man das auf die Speichenplatten beziehen, wenn er nicht hinzufügte, dass das zweite Radiensystem im Centrum mit dem ersten Radiensystem zusammenstoße. — Wie unzulänglich überhaupt unsere bisherige Vorstellung vom Bau der Rädchen war, lässt sich auch noch an den Abbildungen und Beschreibungen anderer Forscher darlegen.

SEMPER hat in seinem *Holothurienwerke*² auf seiner Taf. V und auf Taf. XXXIX, Fig. 15 die Rädchen einer ganzen Anzahl von *Chiridota*-Arten abgebildet. In allen Figuren fehlt jede Andeutung des von mir bei *Chiridota pisanii* gefundenen Mittelpfeilers, was sich aber wahrscheinlich daraus erklärt, dass ein solcher bei allen jenen Arten eben so vollständig fehlt wie ich das für eine derselben (*Chiridota variabilis* Semp.) bestimmt feststellen konnte. Ferner fehlen in allen SEMPER'schen

¹ Mittheilungen aus der Zool. Station zu Neapel. Bd. VII. 1887. p. 277.

² Reisen im Archipel der Philippinen. Bd. I. Leipzig 1868.

Figuren die gebogenen Grenzlinien, welche die Umbiegungsstellen der Speichenpfeiler in die Deckplatte bezeichnen. In Wirklichkeit fehlen diese Linien wohl sicher bei keiner der betr. Arten, da ich sie bei *Chiridota variabilis* Semp. deutlich sehe. Die Basalplatte mit den Speichenpfeilern zeichnet SEMPER bald scharfrandig, bald mit verwaschenen Rändern. Man wird annehmen dürfen, dass er mit den verwaschenen Rändern das Durchschimmern andeuten will. Geht man aber unter dieser Voraussetzung die Abbildungen der Reihe nach durch, so ergibt sich, dass er die Basalplatte mit den Speichenpfeilern zwar in einigen Figuren (Fig. 4c und 6c seiner Taf. V und Fig. 15a seiner Taf. XXXIX) richtig an die Unterseite der Nabe, in den meisten Figuren (Fig. 2, 3c, 4c, 5b, 7c, 8b und c, 9a, 10a, 11a seiner Tafel V) aber fälschlich an die Oberseite der Nabe verlegt.

SLUITER¹ bemühte sich genauer als seine Vorgänger in den Bau der Rädchen einzudringen. Mit Recht spricht er sich dahin aus, dass die Abbildungen jener keine richtige Vorstellung des Sachverhaltes geben. Aber auch seine eigene Darstellung, die sich zunächst auf *Chiridota variabilis* Semp. (= *rufescens* [Br.]) bezieht, unterliegt demselben Vorwurfe. Er beschreibt zwar ganz zutreffend den ~-förmigen Verlauf der Speichen (die er Radien nennt), aber seine Auffassung der Nabe ist ein eigenthümliches Gemisch von Wahrem mit Falschem. Er sagt: »Im Centrum kommen die sechs Radien zu einem Kreuz zusammen, das flach ist und höher liegt und von den eigentlichen Radien scharf abgegrenzt ist. Ohnedem sind die Radien noch mit einander verbunden durch einen zweiten Ring, welcher dicht beim Centrum auf und nieder gehend, Radius mit Radius verbindet.« Aus seiner zugehörigen Abbildung geht hervor, dass er mit dem »flachen Kreuz« die Basalplatte mit den Speichenpfeilern meint, die aber zusammen keineswegs flach sind, da die Speichenpfeiler von der Basalplatte schräg aufsteigen. Auch liegt das »Kreuz« nicht, wie er meint, höher als die Innenenden der Speichen, sondern tiefer. Ferner sieht man aus seiner Abbildung, dass er mit der scharfen Abgrenzung der Speichen von dem Kreuz die sechs Grenzlinien meint, von denen nach meiner obigen Darlegung klar ist, dass sie die Stellen bezeichnen, an welchen die Speichenplatten der Decke von den Speichenpfeilern abbiegen. Diese Grenzlinien sind also nicht, wie SLUITER anzunehmen scheint, Nahtlinien zwischen »Kreuz« und Speichen, sondern Umbiegungsstellen. Mit dem »zweiten Ring« meint SLUITER offenbar den peripherischen Bezirk der Deckplatte. Doch ist mir unverständlich, wie er in seiner Abbildung

¹ Naturkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië. Bd. XL. Batavia 1880. p. 22—23. Taf. VII, Fig. 7.

zu der darin gezeichneten inneren Grenzlinie des »zweiten Ringes« gekommen ist. Das Auf- und Niedergehen des zweiten Ringes, von dem SLUTER spricht, wird mir nur durch die Annahme verständlich, dass er ein Relief, welches an der Unterseite der Nabe dadurch zu Stande kommt, dass die Speichen dicker sind als die zwischen ihnen gelegenen Bezirke der Deckplatte, irrthümlich auf die Oberseite der Nabe verlegt — derselbe Fehler, durch den er das »Kreuz« höher liegen lässt als die Innenenden der Speichen.

Auch die von DUNCAN und SLADEN¹ veröffentlichte Abbildung eines Rädchens der *Chiridota laevis* (Fabr.) leidet unter demselben Fehler, dass sie den Anschein erweckt als lägen bei dieser Art die Basalplatte und die Speichenfeiler auf der Oberseite der Nabe. Die Linien, welche die Umbiegungsstellen der Speichenfeiler in die Decke bezeichnen, sind in der Abbildung angegeben, aber ebenfalls irrthümlich an die Oberseite der Nabe verlegt. In der älteren, WOODWARD und BARRETT'schen Abbildung² eines Rädchens derselben Art sind die Speichenfeiler überhaupt nicht angegeben, dafür aber in der Mitte des Ganzen ein kleiner Kreis, von dem man vermuthen könnte, dass er die durchschimmernde Basalplatte vorstellen soll; man könnte bei diesem kleinen Kreis auch an einen Mittelpfeiler denken, wenn nicht aus DUNCAN und SLADEN's Figur eher auf ein völliges Fehlen des Mittelpfeilers bei dieser Art zu schließen wäre.

Fehlerhaft ist auch die eine der beiden Abbildungen, welche ich selbst³ von den Rädchen der *Chiridota rotifera* (Pourt.) gegeben habe. Sie sieht so aus, als wenn die Nabe an der Oberseite eine konkave Vertiefung besäße, während sie in Wirklichkeit bei dieser wie bei den übrigen *Chiridota*-Arten konvex gewölbt ist.

Obschon sich THÉEL über den Bau der Rädchen nicht näher äußert, so sind doch seine Abbildungen⁴ der Rädchen der *Chiridota purpurea* (Less.) und der *Chiridota contorta* Ludw. viel besser als die SEMPER'schen Figuren, da er die Speichenfeiler mit der Basalplatte richtig auf die Unterseite der Nabe verlegt (sie sind in seinen beiden von oben gezeichneten Figuren durchschimmernd angegeben) und auch die bei SEMPER überall fehlenden Umbiegungslinien der Speichenfeiler in die Decke deutlich anzeigt. Ein Mittelpfeiler oder ein unvollständiger Verschluss der Decke scheint nach THÉEL's Figuren weder bei *Chiridota purpurea* noch bei *contorta* vorzukommen.

¹ Echinodermata of the Arctic Sea to the West of Greenland. London 1884. Pl. I, Fig. 48. ² Proceed. Zool. Soc. London. XXVI. 1858. Pl. XIV, Fig. 26.

³ Archives de Biologie. II. 1884. Taf. III, Fig. 44.

⁴ Challenger-Holothurioides. Part II. London 1886. Pl. II, Fig. 1 a u. 2 a.

Zuletzt hat LAMPERT¹ ein Rädchen von Trochodota (Chiridota Lampert) studeri (Théel) abgebildet und beschrieben. Der Abbildung liegt anscheinend eine Ansicht des Rädchens von unten zu Grunde. Da aber LAMPERT offenbar von der herkömmlichen Vorstellung, dass die Nabe solide sei, ausgeht, so deutet er das Relief der Nabenbasis fälschlich so, dass er die Speichenpfeiler (in seiner Abbildung schwarz gezeichnet) für sattelförmige Einsenkungen erklärt.

Die bisher allein in Betracht gezogenen Gattungen Chiridota und Trochodota haben im Baue ihrer Rädchen das Übereinstimmende, dass nicht nur die Form der Felge und die Zahl der Speichen dieselbe ist, sondern auch die Nabe im Gegensatze zu der hergebrachten Ansicht hohl ist. Es fragt sich nun weiter, wie sich in Betreff der Nabe die bei anderen Synaptiden vorkommenden Rädchen verhalten. Berücksichtigen wir zunächst nur die erwachsenen Thiere, so begegnen uns Rädchen auch noch in den Gattungen Myriotrochus, Trochoderma und Acanthotrochus.

Bei Myriotrochus kann ich in der Nabe keine Spur der complicirten, aus Basis und Decke gebildeten Zusammensetzung wahrnehmen. Hier ist die Nabe in Wirklichkeit solide. Sie stellt eine oben und unten leicht gewölbte, also schwach bikonvexe Linse dar, welche an ihren beiden Oberflächen bald deutlich, bald nur sehr undeutlich schwache Unebenheiten² in Form von Buckelchen und Grübchen besitzt und in ihrem peripherischen Theile manchmal Andeutungen von seichten, radiär verlaufenden Rinnen erkennen lässt. Diese mit schwachen radiären Leisten abwechselnden Rinnen sind nach dem Zwischenraume zwischen je zwei Speichen gerichtet. Die Leisten sind die ursprünglichen proximalen Enden der Speichen, die durch nachträgliche zwischen ihnen aufgetretene Kalkablagerungen in die Nabe einbezogen worden sind. Außerdem bemerkt man mitten auf der Unterseite der Nabe (Fig. 13) einen winzigen, abgerundeten Vorsprung, den bereits THÉEL³ angegeben hat. In seiner Gesamtförmigkeit bildet das Myriotrochusrädchen so wenig wie das der Chiridoten und Trochodoten eine flache Scheibe, sondern, wie schon M. SARS⁴ richtig hervorgehoben hat, eine flache Schüssel mit einwärts gebogenem Rande (Fig. 12, 13). Der Boden der Schüssel ist in der Mitte wieder etwas in die Höhe ge-

¹ Zool. Jahrbücher. IV. Abth. f. Syst. 1889. Taf. XXIV, Fig. 12 a.

² Doch sehe ich diese Unebenheiten nie so stark entwickelt, wie sie DANIELSSEN und KOREN (Norweg. North-Atlantic Expedition; Holothurioidea. Christiania 1882. p. 30. Pl. V, Fig. 2 u. 5) beschreiben.

³ Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. Upsala 1877. No. XVII. p. 6.

⁴ Fauna littoralis Norvegiae. III. Bergen 1877. p. 51—52.

wölbt, bleibt aber auch hier tiefer als der Rand der Schüssel (= Radfelge). Die einzelne Speiche beschreibt demnach, wie es DANIELSSEN und KOREN¹ ziemlich gut abgebildet haben, eine ähnliche ~-förmige Biegung wie die Speiche des Chiridotarädchens, nur mit dem Unterschiede, dass ihre erste, d. h. der Radachse zunächst gelegene Konvexität flacher, dagegen ihre zweite, d. h. der Felge benachbarte Konvexität stärker gekrümmt ist als bei Chiridota. Vergleicht man Speichen und Nabe von Myriotrochus mit den entsprechenden Theilen der Chiridotarädchen, so ergibt sich, abgesehen von der bei Myriotrochus größeren Speichenzahl, dass der Hauptunterschied in dem Mangel einer Deckplatte liegt. Weder Speichenplatten, noch ein Mittelpfeiler mit Mittelplatte entwickeln sich bei den Myriotrochusrädchen. Ihre Nabe entspricht der Basalplatte bei Chiridota, ihre Speichen dagegen sind je einem Speichenpfeiler mit zugehöriger Speiche von Chiridota homolog. Demgemäß ist das Myriotrochusrädchen trotz seiner größeren Speichenzahl ein einfacheres Gebilde als ein Chiridota- oder Trochodotarädchen. Das zeigt sich auch an der Felge; denn bei Myriotrochus fehlt die feine Zähnelung am Innenrande der Felge. Die großen Zähne aber, welche bei Myriotrochus den Innenrand der Felge zusammensetzen, sind aufwärts und einwärts gebogene Theile der Felge selbst, welche, wie ich an jungen Myriotrochusrädchen sehe, fast gleichzeitig mit den Felgenfortsätzen an den distalen Enden der Speichen auftreten.

Eine interessante Weiterbildung des gewöhnlichen Myriotrochusrädchens fand ich am Aferende eines von mir untersuchten Exemplares, welches mir zwar unter dem Namen *Oligotrochus vitreus* M. Sars zugegangen war, mich aber nicht in den Stand setzte, diese Art als eine von *Myriotrochus rinkii* Steenstr. verschiedene anerkennen zu können. Die Rädchen des hinteren Körperendes (Fig. 14) fallen hier dadurch auf, dass ihre Speichen in einigem Abstände von der Nabe sich seitlich verbreitern und sich mit diesen seitlichen Verbreiterungen theils nähern und berühren, theils völlig mit einander verschmelzen. Dadurch entsteht im Umkreis der Nabe ein innerer (meist hier und da unterbrochener) Reifen. Diejenigen Stücke der Speiche, welche von diesem inneren Radreifen bis zur Nabe reichen, sind kurz und nur durch schmale, radiäre Schlitzte von einander getrennt; einzelne Schlitzte können sich sogar vollständig schließen.

Für die Rädchen der Gattungen *Trochoderma* und *Acanthotrochus* stehen mir leider keine eigenen Beobachtungen zu Gebote. Doch

¹ l. c.

scheint mir aus den Abbildungen und Beschreibungen von THÉEL¹ und DANIELSSEN und KOREN² hervorzugehen, dass bei diesen Gattungen die Rädchennabe eben so solide ist wie bei Myriotrochus. Bei Trochoderma bin ich dessen zwar weniger sicher, als bei Acanthotrochus, da man aus THÉEL's Fig. 4—6 auch zu der anderen Vermuthung gelangen kann, dass sich die Nabe aus einer Basalplatte mit Speichenpfeilern und aus einer Deckplatte aufbaue. Vielleicht bezieht sich auf einen solchen Bau der Nabe die Bemerkung THÉEL's, dass sie sich bei starker Vergrößerung aus einer Anzahl kleiner Kalkstücke zusammengesetzt zeige. Aufklärung kann hier nur eine wiederholte Untersuchung bringen. Bemerkenswerth ist für den Gegensatz der Trochoderma- zu den Myriotrochusrädchen 1) die fast gerade Richtung der Speichen, so dass das ganze Rädchen viel flacher ist als bei Myriotrochus, 2) die andere Bezeichnung der Felge mit drei Reihen von Dornen, von denen die eine nach oben, die andere nach außen, die dritte nach unten gerichtet ist³.

Bei Acanthotrochus sind in den beiden bei dieser Gattung vorkommenden Rädchenformen die Naben solide und entsprechen ähnlich wie die von Myriotrochus nur der Basalplatte des Chiridotarädchens. Bei der kleineren Rädchenform wiederholt sich die Einrichtung der Myriotrochusrädchen, dass die Nabe in der Mitte ihrer Unterseite einen kleinen, kurzen, abgerundeten Buckel besitzt. Beide Rädchensorten sind dadurch ausgezeichnet, dass die Seitenränder ihrer Speichen sich zu dünnen, flossenförmigen Leisten verdünnen und dadurch an die Verdünnung der Speichenränder bei Chiridota erinnern. Eine Deckplatte aber ist eben so wenig wie bei Myriotrochus angelegt. Beide Sorten haben wieder die Form flacher Näpfe; doch ist auffallend, dass die größere, mit centrifugalen Randstacheln ausgezeichnete Form ihre Konkavität im Gegensatze zu allen anderen Synaptidenrädchen (nach DANIELSSEN und KOREN) nach innen statt nach außen kehrt.

Fasst man das Gesagte zusammen, so ergiebt sich, dass wir alle im erwachsenen Zustande mit Rädchen ausgestatteten Synaptiden in zwei Gruppen theilen können:

1) solche mit solider, ungedeckelter Nabe; dahin gehören die Gattungen Myriotrochus, Acanthotrochus und vielleicht (?) auch Trochoderma;

¹ Nova Acta Soc. Scient. Upsal. Upsala 1877. No. XVII. p. 42—43. Pl. II, Fig. 2—6.

² l. c. p. 37. Pl. VI, Fig. 42—44.

³ In meiner Bearbeitung der Echinodermen in BRONN's Klassen und Ordnungen, I. Buch, Die Seewalzen, Leipzig 1889—92, p. 360, hat sich in dieser Beziehung in die Diagnose der Gattung Trochoderma ein Fehler eingeschlichen. Statt »mit größeren centripetal gerichteten Zähnen« soll es dort heißen »mit großen, oberen, äußeren und unteren Zähnen«.

2) solche mit hohler, gedeckelter Nabe; das sind die Gattungen Chiridota und Trochodota, bei denen man dann weiter Arten unterscheiden kann, bei denen ein Mittelpfeiler in den Aufbau der Nabe eintritt, z. B. Chiridota pisanii und rotifera, oder nicht, z. B. bei Chiridota amboinensis, sowie Arten, bei denen die Deckplatte der Nabe ganz geschlossen ist, z. B. bei Chiridota pisanii, amboinensis, liberata, oder von einem einfachen Loche, z. B. häufig bei Chiridota rufescens, oder von einer sternförmigen Spalte, z. B. bei Trochodota venusta, durchbrochen wird. Die erste Gruppe wollen wir die Myriotrochusgruppe, die zweite die Chiridotagruppe nennen. Aus der Möglichkeit diese Gruppen zu unterscheiden geht am besten die Haltlosigkeit des SEMON'schen Vorschlages hervor, der alle rädchenführenden Synaptiden in eine einzige Gattung zusammenwerfen will¹.

Den Rest der Synaptidenfamilie, die Gattungen Synapta und Anapta kann man wegen des gemeinsamen Mangels der Rädchen bei den Erwachsenen als Synaptagruppe zusammenfassen. Sie wird durch die Gattung Anapta, wie ich an anderem Orte² gezeigt habe, mit der Gattung Chiridota verknüpft.

Fragt man sich nun weiter, in welchem phylogenetischen Verhältnisse die drei hier unterschiedenen Gruppen der Synaptiden zu einander stehen, so wird man die Myriotrochusgruppe schon wegen des einfacheren Baues ihrer Rädchen für älter zu halten geneigt sein als die Chiridotagruppe. Diese Ansicht findet überdies eine kräftige Stütze in der Entwicklungsgeschichte. Denn wenn sich zeigen lässt, dass auch in der Chiridotagruppe ontogenetisch zuerst Rädchen nach dem Typus der Myriotrochusrädchen auftreten und dann erst die eigentlichen Chiridotenrädchen sich einstellen, so kann es kaum mehr zweifelhaft sein, dass die Myriotrochusgruppe die ältere Formenreihe darstellt, von der sich die Chiridotagruppe abgezweigt hat. Die einzigen bis jetzt bekannten Entwicklungsstadien einer Chiridota-Art sind die von mir beschriebenen³ Jungen der lebendiggebärenden Chiridota rotifera (Pourt.). Ich bemerkte damals, dass in der Haut der noch in der Leibeshöhle der Mutter befindlichen Jungen außer zehn Gruppen sechspeichiger Rädchen einige wenige, zerstreut liegende, mit mehr (8—12) Speichen versehene Rädchen vorkommen. Bei nochmaliger Durchsicht meiner Präparate kann ich das damals Gesagte dahin ergänzen, dass die in Gruppen liegenden sechspeichigen Rädchen echte Chiridotärädchen mit gedeckelter Nabe und deutlichem Mittelpfeiler sind, dass

¹ l. c. p. 279.

² BRONN, Klassen u. Ordnungen der Echinodermen. I. p. 358.

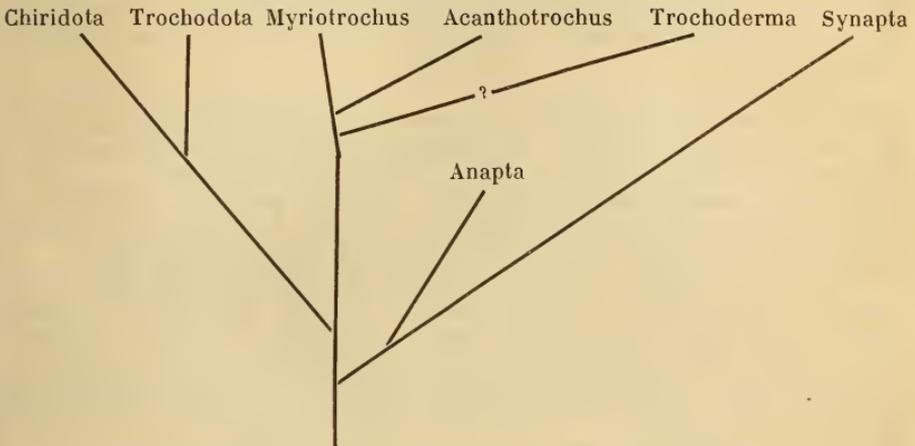
³ Archives de Biologie. II. 1884. p. 51.

dagegen die zerstreut und vereinzelt, namentlich im hinteren Körperteile gelegenen, mehrspeichigen Rädchen eben so gebaut sind wie bei der Auricularialarve der Gattung *Synapta*. Wie diese besitzen sie eine einfache, solide Nabe und unterscheiden sich nur dadurch von denselben, dass der Innenrand ihrer Felge eine ähnliche feine Zähnelung zeigt wie das fertige Chiridotarädchen. Die Auriculariarädchen der Gattung *Synapta* besitzen überhaupt im Baue ihrer Nabe und in der schwankenden, verhältnismäßig großen Zahl ihrer Speichen viel nähere Beziehungen zu den Rädchen der *Myriotrochus*gruppe als zu denen der erwachsenen Thiere der *Chiridotagruppe*. Man wird daraus schließen dürfen, dass die Gattung *Synapta* zwar an ihrer Wurzel mit den Gattungen der *Myriotrochus*gruppe zusammenhängt, sich aber später in anderer Richtung weiter entwickelt hat. Den gleichen Schluss konnten wir vorhin für die Beziehung der *Chiridotagruppe* zur *Myriotrochus*gruppe ziehen. Demgemäß ergibt sich, dass die *Myriotrochus*gruppe die relativ älteste unter den drei Gruppen der *Synaptiden* ist, welche das bei der Stammform der ganzen Familie vorhandene, mit solider Nabe, zahlreichen Speichen und einfacher Felge ausgestattete Rädchen (*Auriculariarädchen*) beibehalten und nur in so fern weiter ausgebildet hat, dass an der Felge große, zahnförmige Dornen und mitunter (*Acanthotrochus*) an den Speichen flossenförmige Verbreiterungen auftreten. Dieser Gruppe am nächsten steht die *Chiridotagruppe*, deren Mitglieder nur noch in der Jugend die Rädchen der Stammform führen, nachher aber Rädchen mit gedeckter, hohler Nabe, auf sechs beschränkter Speichenzahl und feingezählter Felge besitzen. Noch weiter von der Stammform entfernt sich die *Synaptagruppe*, die zwar auch noch in der Jugend die einfachen Rädchen (*Auriculariarädchen*) hat, dann aber derselben völlig verlustig geht und dafür entweder Ankerplatten und Anker (*Synapta*) ausbildet oder auch dieser Kalkgebilde entbehrt (*Anapta*). In Form eines Stammbaumes könnte man also die *Synaptidengattungen* etwa in der nebenstehenden Weise (p. 363) anordnen.

Schließlich sei noch darauf aufmerksam gemacht, dass die oben beschriebene Zusammensetzung der Nabe des Chiridotarädchens nicht ohne Analogon in einer anderen *Holothurienfamilie* ist. Unter den Rädchen einzelner *Elasipoden* finden sich Fälle, in welchen die sonst nur aus Basalplatte und Speichenpfeilern gebildete Nabe in ganz ähnlicher Weise wie bei *Chiridota* und *Trochodota* von einer Deckplatte überwölbt wird, die sich mit Zuhilfenahme eines Mittelpfeilers entwickelt, aber freilich in den bis jetzt bekannten Fällen zu keinem vollständigen Schlusse kommt, sondern von Löchern durchbohrt bleibt. Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht die Abbildungen und Beschreibungen,

welche THÉEL¹ von den Rädchen bei *Ilyodaemon maculatus* und bei *Pannychia moseleyi* gegeben hat. Bei beiden Arten handelt es sich um eine Basalplatte, von welcher, wie bei *Chiridota*, sechs Speichenpfeiler und ein Mittelpfeiler ausgehen. Bei *Pannychia moseleyi* stellt die fertige Decke eine dünne Platte dar, welche in ihrer Mitte von dem Mittelpfeiler gestützt wird und im Umkreis der Mitte von sechs kleinen rundlichen Öffnungen durchbrochen wird, die nach ihrer Lage sich als Reste der Zwischenräume der Speichenplatten deuten lassen.

Stammbaum der Synaptidengattungen.



Stammform der Synaptiden (mit Auriculariarädchen).

Bonn, 13. Februar 1892.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XVI.

In allen Figuren bedeutet (vgl. das Schema Fig. 9):

- 1, Basalplatte (= Centralstück des ursprünglichen Sternes);
- 2, Speichenpfeiler (= Strahl des ursprünglichen Sternes);
- 3, Mittelpfeiler;
- 4, Speichenplatte der Decke, anfänglich nur als Deckplattenfortsatz angelegt;
- 5, Mittelplatte der Decke;
- 6, Speiche, anfänglich nur als Speichenfortsatz angelegt;
- 7, Felge (Radumfang), anfänglich als Felgenfortsätze an dem Außenende der Speichen angelegt.

¹ Challenger-Holothurioidea. Part I. London 1882. p. 86, 87 u. Pl. XXXVI, Fig. 13— 5 (*Ilyodaemon maculatus*); p. 90 u. Pl. XXXII, Fig. 6 (*Pannychia moseleyi*).

Bei *Chiridota pisanii* liefern 4 und 5 zusammen die Deckplatte (Decke) der Nabe. In die Bildung der ganzen Nabe treten ferner ein 1, 2 und 3.

Fig. 1—8 beziehen sich auf die Rädchen der *Chiridota pisanii* Ludw.

Fig. 1. Junges Rädchen von *Chiridota pisanii* Ludw., schräg von oben gesehen. 355/4.

Fig. 2. Dasselbe von oben. 355/4.

Fig. 3. Ein etwas älteres Stadium, von oben gesehen. Die Verwachsung der aus den Speichenplatten und der Mittelplatte entstehenden Deckplatte ist noch nicht ganz vollendet; an einer Stelle besteht noch eine Spalte zwischen zwei Speichenplatten und nahe der Mitte liegt eine gekrümmte Spalte zwischen der Mittelplatte und den inneren Enden von vier unter sich verwachsenen Speichenplatten. Die Figur ist von einem Kalkkörperchen entnommen, welches sich abnormerweise siebenstrahlig statt sechsstrahlig entwickelt. Der Mittelpfeiler und die Speichenpfeiler schimmern durch, eben so die gebogenen Grenzlinien der Stellen, an welchen die Speichenplatten (= Deckplattenfortsätze) von den Speichenpfeilern abgehen. 355/4.

Fig. 4. Ein zwischen dem Stadium der Fig. 2 und dem der Fig. 3 liegendes Stadium bei stärkerer Vergrößerung, von unten. Der Mittelpfeiler, die Mittelplatte und die gebogenen Grenzlinien, an welchen die Speichenplatten (= Deckplattenfortsätze) von den Speichenpfeilern abgehen, schimmern durch. Bei *a, a, a* sind die benachbarten Speichenplatten in Berührung und in Verwachsung begriffen; bei *b, b, b* sind sie noch durch eine schmale Spalte getrennt; bei *c* ist eine der sechs Speichenplatten bereits in Verbindung mit der Mittelplatte getreten. 810/4.

Fig. 5. Ein auf Fig. 3 folgendes Stadium bei stärkerer Vergrößerung, von unten. Die Deckplatte ist fertig gebildet. *a, a, a, a, a, a* die sechs Thore, welche zwischen den Speichenpfeilern in den zwischen Basalplatte und Deckplatte befindlichen Raum führen, dessen Mitte von dem durchschimmernden Mittelpfeiler eingenommen wird. Außer dem Mittelpfeiler schimmern wiederum die Grenzlinien derjenigen Stellen durch, an welchen die Speichenplatten der Decke von den Speichenpfeilern abgehen. An den Außenenden der Speichen beginnt die Bildung der Felgenfortsätze. 810/4.

Fig. 6. Ein noch späteres Stadium, bei derselben Vergrößerung wie Fig. 1, 2, 3, von unten. Die Felgenfortsätze am Außenrande der Speichen sind jetzt deutlich entwickelt. Der Mittelpfeiler schimmert durch, eben so die gebogenen Grenzlinien der Stellen, an welchen die Speichenpfeiler an die Deckplatte ansetzen. 355/4.

Fig. 7. Fertiges Rädchen von unten. Dieselben Theile schimmern durch wie in der vorigen Figur. *a* verdünnte Seitenränder der Speichen, welche sich in den Rand der Deckplatte fortsetzen; *b* oberer Rand der Felge. 355/4.

Fig. 8. Fertiges Rädchen von oben. 355/4.

Fig. 9. Schematischer Schnitt, senkrecht durch die Achse und zwei gegenüber liegende Speichen eines Rädchens von *Chiridota pisanii*, zur Erläuterung der Nomenklatur. *a* oberer, gezählter, *b* unterer Felgenrand.

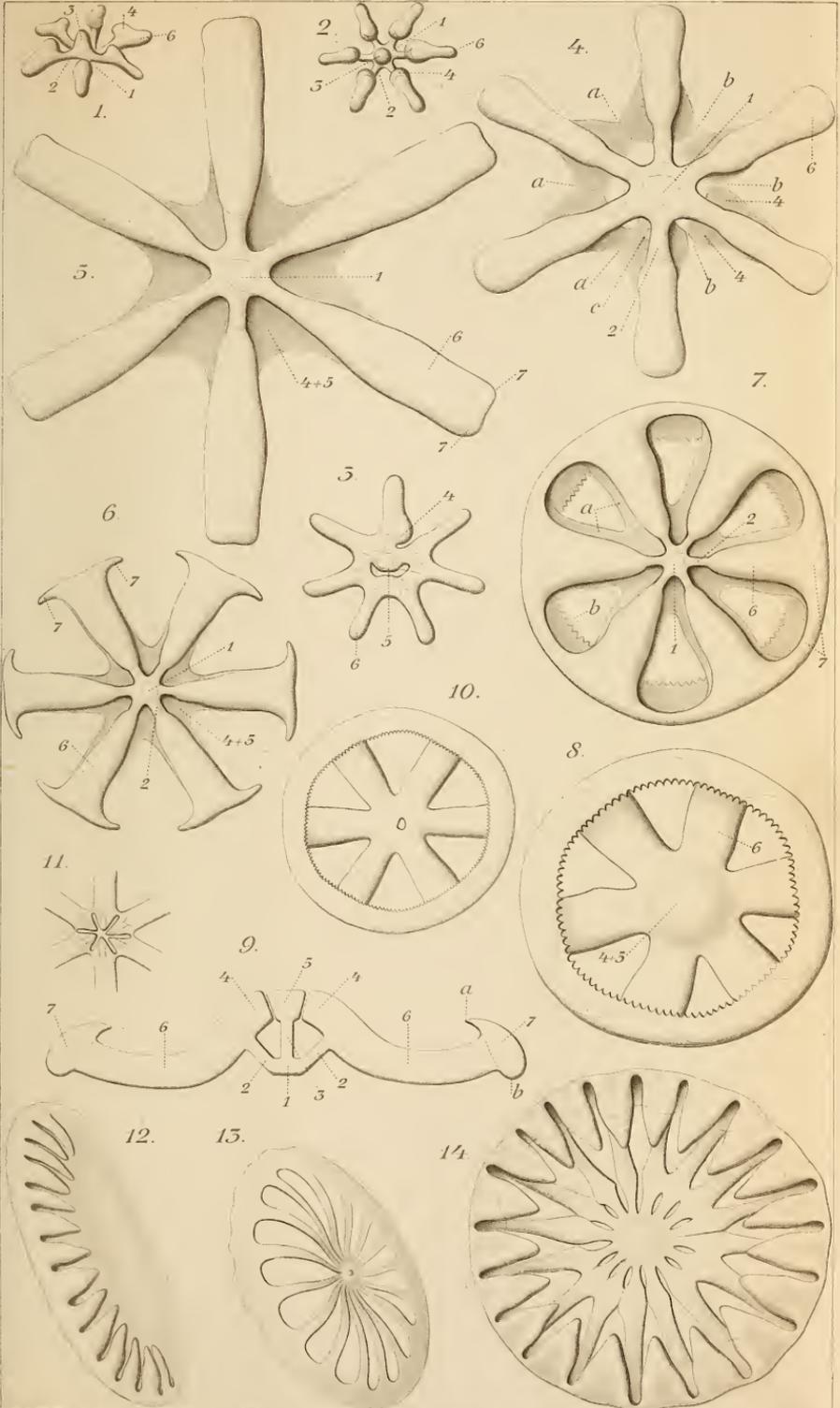
Fig. 10. Ein Rädchen von *Chiridota rufescens* (Br.), von oben. In der Deckplatte eine rundliche Öffnung. 230/4.

Fig. 11. Mittelstück eines Rädchens von *Trochodota venusta* (Semon), von oben. In der Deckplatte eine sechsstrahlige Spalte zwischen den nur peripherisch verwachsenen Speichenplatten. Die Speichenpfeiler, sowie die Linien ihres Ansatzes an die Speichenplatten schimmern durch. 355/4.

Fig. 12. Normales Rädchen von *Myriotrochus rinkii* Steenstr., schräg von der Seite und von oben gesehen; nur die dem Beobachter zugekehrte Seite der Figur ist ausgeführt. 230/4.

Fig. 13. Ein ebensolches Rädchen, schräg von der Seite und von unten. 230/4.

Fig. 14. Ein abnormes Rädchen aus dem hinteren Körperende derselben Art, von oben. 355/4.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [54](#)

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

Artikel/Article: [Über die Rädchen der Synaptiden. 350-364](#)