

N.Y. Academy of Sciences

Rec'd - Jan. 20 98

BULLETIN

de la

SOCIÉTÉ IMPÉRIALE

DES NATURALISTES

DE MOSCOU.

Publié

sous la Rédaction

du Prof. Dr. M. Menzbier

et

du Dr. N. Iwanzow.

ANNÉE 1896.

Nouvelle série. Tome X.

(Avec XVI planches).



MOSCOW.

Imprimerie de l'Université Impériale.

1897.

Ueber den Bau, die Wirkungsweise und die Entwickelung der Nesselkapseln der Coelen- teraten.

V o n

N. Iwanzoff,

Privat-Docent an der Universität Moskau.

(Mit 4 Taf.).

Die Nematocysten oder Nesselkapseln, welche für die Gruppe der *Cnidaria* so charakteristisch sind, doch auch bei einigen anderen Thieren auftreten, können bis jetzt nicht in genügender Weise weder in ihrem Bau, noch in ihrem Mechanismus, noch besonders in ihrer Entwicklung, ungeachtet einer sehr beträchtlichen Zahl dieser Frage gewidmeter Arbeiten, für erforscht gehalten werden. Das erklärt sich durch die äusserste Feinheit des Baues dieser interessanten Organe, welche wohl die zartesten und erstaunlichsten unter allen Gebilden sind, welche das Produkt der Lebensfähigkeit der einfachen Zelle darstellen.

In der vorliegenden Arbeit werde ich meine Beobachtungen über Nematocysten in der Ordnung, wie sie von mir während meines Aufenthalts an der zoologischen Station in Neapel von Juni bis September 1895 und dann im russischen zoologischen Laboratorium in Villefranche-sur-mer im October und November desselben Jahres ausgeführt worden sind, darstellen. Ich beabsichtigte anfangs, mich nur auf die Actinien zu beschränken, aber ich fand nachher für nothwendig meine Beobachtungen auch auf andere Coelenteraten

auszudehnen. Alle wesentlichsten Beobachtungen waren von mir jedoch schon an den Actinien ausgeführt. Das Studium der Nesselorgane der Hydroidpolypen hat mir ihre Wirkungsweise und besonders das Eindringen der Fäden der Nesselkapseln in fremde Körper klarer gemacht, während die Siphonophoren mir ein ausgezeichnetes Material besonders für die Untersuchung der Entwicklung der Nematocysten gegeben haben, deren einige Einzelheiten bei den Actinien der Beobachtung sich entziehen.

Hierbei benutze ich die Gelegenheit, meine tiefe Dankbarkeit der Direction der zoologischen Station zu Neapel wie auch der in Villefranche für die Fülle an Material, welche mir stets zur Verfügung stand, für die Aufmerksamkeit und Liebenswürdigkeit, welche mir immer zu theil wurden, auszudrücken.

Actinien.

Von den Actinien dienten mir als Hauptobjecte der Untersuchung folgende Formen: *Anemonia sulcata* Penn., *Adamsia Rondeletti* D. Ch., *Aiptasia diaphana* Rapp., *Palythoa axinellae* Schmt. und *Cerianthus membranaceus* Spall.. Andere Formen, wie *Helictactis bellis* Ell., *Actinia equina* Lin., *Actinia Cari* D. Ch., *Bunodes rigidus* Andr., *Phellia nummus* Andr., *Cerianthus solitarius* Rapp., und einige anderen dienten nur zur Vergleichung. Die Erforschung der Nematocysten bei den genannten Formen zeigte mir, dass ihr Bau bei verschiedenen Actinien in seinen wesentlichen Zügen vollkommen ähnlich ist, und die Verschiedenheiten sich hauptsächlich nur auf die Grösse und allgemeine Form beschränken. Doch erscheinen in dieser Hinsicht die Nematocysten sogar eines und desselben Thieres oft so mannigfaltig, dass sie schwerlich als systematisches Merkmal dienen können.

Was die Untersuchungsmethoden anbetrifft, so war zur Grundlage meiner Arbeit die Untersuchung von frischem Material gelegt, um so mehr, da die Nematocysten in dieser Hinsicht keine besonderen Schwierigkeiten darbieten. In denjenigen Fällen, wo man zur Aufklärung einiger Einzelheiten zum Maceriren und Färben greifen musste, gebraucht ich im Falle der Actinien zur Fixirung und Dissociirung der einzelnen histologischen Elemente, erstens, das von den Gebrüdern *Hertwig*¹⁾ vorgeschlagene Verfahren. Es gelangten näm-

¹⁾ O. und R. *Hertwig*. Die Actinien. Jena 1879. S. 6—7.

lich die zu tixirenden Theile, in eine Mischung von 0.04% Acid. osmic. in Meerwasser, 1 Th. und 0.2% Acid. acetic. glaciale ebenfalls in Meerwasser, 1 Th.; nachher—Waschen und Maceration in derselben Essigsäure während vierundzwanzig Stunden. Die macerirten Theile können entweder sogleich untersucht oder eine unbestimmte Zeit in zur Hälfte mit Wasser verdünntem Glycerin conservirt werden. *List*¹⁾) empfiehlt zu demselben Zwecke 30 Kubikcentimeter Flemming's Flüssigkeit (starke Lösung) in 100 Kubikcentimeter Meerwasser, in welchem sich die zu macerirenden Objecte (Tentakeln von *Anthea cereus* und *Sagartia parasitica*) befinden, hinzuzugiesseu; nachher, nach 5—10 Minuten Fixirung, Waschen in einer 0,2% Lösung von Essigsäure in Meerwasser während zweier oder drei Stunden, und weiter wie bei dem ersten Verfahren. Nach meiner Erfahrung verdient die von Gebr. *Hertwig* vorgeschlagene Methode den Vorzug. Noch bessere Resultate, besonders für die embryonalen Stadien der Nematocysten in den Akonthien von *Aiptasia diaphana* giebt die Fixirung während 2—5 Minuten in Dämpfen von Osmiumsäure mit nachfolgendem Auswaschen in Meer- oder distillirtem Wasser während einer kurzen Zeit, oder die Bearbeitung mit einer Mischung von 1% Lösung von Methylenblau rectif. n. *Ehrlich* 9 Theile mit 1 Theil (oder weniger) 1% Osmiumsäure.

In gewöhnlichem $\frac{4}{3}$ Alcohol vollzieht sich die Maceration sehr schnell (3 oder 4 Minuten), doch leiden die Zellen stark.

Für die Färbung der macerirten Stückchen in toto oder auf dem Objectträger kann man Picrocarmin, Alauncarmin, Carmalaun (Mayer), Carmin Beal, Hämalaun (Mayer), Glycerin-Hämatoxylin n. Ehrlich, Glycerin-Hämatoxylin n. Rawitz nehmen. Unter ihnen erweisen sich die zwei letzten tauglicher und man kann sie besonders in jenen Fällen empfehlen, wo man die Präparate in Glycerin oder Kali aceticum aufbewahren will. Doch viel deutlichere Bilder giebt die Bearbeitung mit dem genannten Gemische von Methylenblau und Osmiumsäure oder die Färbung der macerirten Objecte mit concentrirter Wasserlösung der genannten Anilinfarbe (gleichviel welche Zeit), mit nachfolgendem Auswaschen in Wasser. Ich versuchte die, auf solche Weise gefärbten Objecte in dem zur Hälfte mit concentrirter Wasserlösung von Ammon. picric. verdünnten Glycerin zu fixiren und aufzubewahren. Während der ersten Zeit bekommt man eine vortreffliche doppelte

¹⁾ Zeit. f. wiss. Mikr. IV. 2. 1887. S. 211.
Nr. 1. 1890.

und sogar dreifache Tinction, doch nach einigen Tagen verschwindet die blaue Färbung.

Die *Actinien* bieten eine grosse Unbequemlichkeit zur Untersuchung in Folge der äussersten Contractilität ihres Körpers unter der Einwirkung von Reagentien dar. Das Chloroformiren, die Alcoholisirung oder Aetherisation, Anästhesirung mit Cocain, Tabaksrauch oder Chloralhydrat, langsame Abtötung mit Chromsäure, geben keine zuverlässigen Resultate und rauben ausserdem zu viel Zeit. Dessenwegen ist es, wenn man allgemeine histologischen Ziele verfolgt, viel bequemer, mit den Tentakeln besonders derjenigen Arten, bei welchen sie eine bedeutende Länge erreichen, zu manipuliren. In dieser Hinsicht erweisen sich als besonders bequem die Tentakeln von *Anemonia sulcata*, *Aiptasia diaphana* und *Cerianthus membranaceus*. Die Fixirung wird so vollführt, dass man den Tentakel an seiner Basis vorsichtig mit einem Faden umbindet oder mit einer Pincette, welche mit auf die Enden gesetzten kleinen Korken versehen ist, anfasst, denselben unten abschneidet und schnell in die Fixirungsflüssigkeit überträgt. Mit derselben, und sogar noch grösserer Bequemlichkeit kann man die Akonthien benutzen, welche bei der Reizung aus dem Leibe einiger Actinien, wie z. B. von *Adamsia Rondeletti* oder *Aiptasia diaphana* hervortreten und ohne weitere Vorsicht fixirt werden.

Man muss bemerken, dass die beschriebenen Fixirungsmethoden nur dann nothwendig sind, wenn man die Form und den Bau der in Beziehung zu den Nematocysten stehenden Zellen oder ihre Entwicklung zu untersuchen beabsichtigt. Die Nematocysten selbst erweisen sich als sehr resistent gegen die Reagentien, so dass sogar die Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure wenigstens eine gewisse Zeit auf sie keinen merklichen Einfluss ansübt, und die feinsten Härtchen unverändert bleiben. Solche gegen die Einwirkung der Reagentien resistenten Stoffe nennt man gewöhnlich, wie bekannt, Chitin, und wir können, folglich, schliessen, dass die Nematocysten aus Chitin gebaut sind.

Die Dissociirung der einzelnen histologischen Elemente wird, wie *R.* und *O. Hertwig* rathen, nicht durch Zerzupfung mit Nadeln, sondern auf solche Weise vollbracht, dass man einfach einmal vorsichtig auf das Deckgläschen, welches mit Wachsfüsschen unterstützt sein muss, klopft.

Jetzt gehe ich zur Beschreibung des Baues der verschiedenen Nematocysten der Actinien über, wobei ich die typischsten Fälle wähle.

Im Ektoderm der Tentakeln von *Anemonia sulcata*, und ebenfalls im Ektoderm und den Acothien anderer Actinien, doch besonders deutlich bei *Anemonia sulcata*, kommen unter anderen histologischen Elementen Drüsenzellen ähnliche Elemente mit hellem feinwabigen Plasma vor, welche von unregelmässiger, länglicher Form sind und nach unten sich in einen oder mehrere Ausläufer fortsetzen. Das obere Ende einer solchen Zelle aus dem Akonthion von *Adamsia Rondeletti* trägt gewöhnlich ein feines Härtchen, ähnlich anderen Endothelzellen. Die Zellen aus dem Ektoderm der *Anemonia sulcata*, in wie weit ich mich überzeugen konnte, besitzen keine Fortsätze an ihrem oberen Ende (Fig. 1, 2 und 3). Jede solche Zelle ist wenn nicht von einer Membran, so wenigstens von einer sehr dünnen häutigen Schicht umgeben, welche am unteren Theil fast gar nicht merklich ist. In der letzteren befindet sich ein runder Kern. Besonders charakteristisch für solche Zellen erscheint das Vorhandensein stark lichtbrechender und sich mit Metylenblau, ähnlich den echten Nematocysten intensiv färbender Körperchen von verschiedener Grösse, stäbchenförmiger oder in den Fällen, wo sie sehr klein sind, rundlicher Form, welche Krystalle etwas ähnlich sind und in den Zellen einzeln oder zu 2, 3 und mehr eingeschlossen liegen. Diese Körperchen liegen manchmal einander an, indem sie Hauften von 2, 3 oder 4 Körperchen bilden. An macerirten Präparaten kommen sie sehr oft auch frei vor, und in den Fällen, wo sie in den Zellen liegen, kann man sehen, dass sie wie durch deren dünne Wandung hindurchdringen und nach aussen hervortreten. Nach ihrem Bau sind sie echten Nematocysten der Actinien nicht ähnlich, doch, wie oben gesagt worden ist, färben sie sich eben so intensiv mit Methylenblau, wobei sie dem Augenscheine nach mit einer feinen Membran bedeckte und von einer gelatinösen Masse ausgefüllte Bläschen vorstellen.

Nach ihrer äusseren Form haben sie einige Aehnlichkeit mit den Stäbchen der Turbellarien. Man könnte denken, dass wir hier die einfachste Form von Nematocysten, welche bei den Cnidarien vorkommt, vor uns haben. Ich bin aber zur Voraussetzung geneigt, dass diese Körperchen irgend welche besondere Form von Bacterien darstellen, an welchen die Bassin's der neapolitanischen Station zum Bedauern solchen Ueberfluss haben und die öfters beim Ausführen von besonders feinen Beobachtungen so störend sind.

Die folgende Form der Nematocysten ist characteristisch für das

Ektoderm wie es scheint aller Actinien. Diese Nematocysten werden (Fig. 5—14) von *R.* und *O. Hertwig* als Nesselkapseln mit deutlichem Spiralfaden erwähnt. Sie stellen eine dünnwandige, vollkommen structurlose Kapsel vor, in welcher ein spiraling eingekrüllter, verhältnissmässig dicker Faden eingeschlossen ist. Mit seinem einen Ende stemmt sich dieser Faden in das obere (distale) Ende der Kapsel, mit dem anderen in das hintere Ende derselben, oder endigt frei, ohne das letztere zu erreichen, so dass der hintere Theil der Kapsel leer bleibt. Der spirale Faden bricht das Licht sehr stark, und es ist nicht schwer, besonders an optischen Schnitten sich zu überzeugen, dass er innen hohl ist, wobei der Diameter der inneren Höhlung gewöhnlich geringer ist, als die Dicke der Wandungen, so dass der Faden verhältnissmässig dickwandig erscheint. Das obere Ende der Kapsel stellt entweder eine eben solche dünne Wandung, wie die Wände der Kapsel in ihrer übrigen Strecke vor (Fig. 6, 10), oder ist etwas verdickt (Fig. 5, 6, 9), wobei das Ende des spiralen Fadens auf derselben manchmal als ein kleines Knöpfchen hervorragt. Ausserdem ist das obere Ende der Kapsel manchmal mit einer besonderen kleinen Kappe mit darauf sitzenden kurzen Härchen bedeckt (Fig. 7). Wir werden solchen Kappen noch bei der Beschreibung der folgenden Nematocystenform begegnen, und desswegen werde ich hier bei denselben nicht ausführlicher verweilen. Sehr oft legt sich von der Seite an die Kapsel der Nematocyste ein spindelförmiger Kern an mit ein wenig Protoplasma, welches die Kapsel in Form einer dünnen neben dem Kern verdickten Schicht umgibt (Fig. 10). Indem man frische Objekte mit den fixirten vergleicht, ist es nicht schwer, sich zu überzeugen, dass, wie vorsichtig die Fixirung auch vollzogen sein möchte, das Protoplasma der anliegenden Zelle oder, wie man dieselbe bezeichnet, des Cnidoblasts stets sich stark contrahirt. Nicht selten liegen solche Nematocysten in der sie umgebenden Zelle in ihrer Mitte umgebogen; scheinbar haben wir hier noch nicht vollkommen entwickelte Kapseln vor uns.

Diese Nematocysten entladen sich in der Weise, dass das obere Ende der Kapsel platzt und aus demselben der Faden hervorge schleudert,—wie ich mich überzeugen konnte, in Folge seiner eigenen Elasticität. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der spirale Faden sich nicht herausstülpt, wie es der Fall ist bei den Nematocysten, zu deren Beschreibung ich weiter übergehen werde. Der Diameter des Fadens bleibt bei der Entladung absolut derselbe, und sein Contour bleibt vollkommen glatt; es existiren keine

Härchen. Das obere Ende der Kapsel entweder zerreist bei der Entladung, in dem es sich in der Form eines Trichters aufthut (Fig. 13), oder, in denjenigen Fällen, wo die Wände der Kapsel in ihrem oberen Ende verdickt sind, reisst sich dieser Theil los und bildet beim Auswerfen des Fadens an seinem vorderen Ende eine Art kleiner Harpune (Fig. 11 und 12). Im ersten Falle ist das vordere Ende des Fadens bloss leicht verdickt, dem Stecknadelkopfe ähnelich (Fig. 13 und 14). Da in der Kapsel der Faden in der Form einer Spirale, welche sich mit ihren Windungen an die Wand der Kapsel anlegt, eingerollt liegt, so ist es selbstbegreiflich, dass er bei dem Herausausstossen sich loswinden muss, indem er sich um seine eigene Axe dreht. Der Faden ist stets (unter dem Mikroskope) in der Richtung des gewöhnlichen Schraubenganges d. h. von links nach rechts gedreht.

Das Innere der Kapsel ist mit einer durchsichtigen Flüssigkeit gefüllt und bleibt ungefärbt, während der Faden, sowohl als die sehr dünnen, oft kaum bemerkbaren Wände der Kapsel sich von Haematoxylin, Carmin, Methylenblau und besonders intensiv von Picrinsäure, picrinsaurem Ammonium und Picrocarmine gelb färbt.

Wie nach ihrem Verhalten zu den Farbstoffen, so insbesondere nach ihrem Bau und ihrer Art des Auswerfens des Fadens unterscheiden sich diese Nematocysten scharf von denjenigen, zu welchen ich weiter übergehen werde. Die letzteren färben sich schnell mit Methylenblau in eine sehr dunkle blaue Farbe, während die ersten einige Zeit der Färbung nicht nachgeben, und umgekehrt, bei kurzer Einwirkung schwacher Picrinsäure oder von Picrinverbindungen färbt sich der spirale Faden der beschriebenen Nematocysten stark, während die anderen Nematocysten sich viel schwächer färben. Besonders deutlich ist dieser Unterschied bei *Anemonia sulcata*. An Präparaten aus den Tentakeln des genannten Thieres, welche mit Methylenblau gefärbt und nachher mit der Lösung von Glycerin und picrinsaurem Ammonium bearbeitet wurden, erscheinen die beschriebenen Nematocysten lebhaft gelb, während die weiter zu beschreibenden Nematocysten dunkelblau, fast ganz schwarz sind. Unterdessen habe ich seltsamer Weise in der späteren Litteratur fast keine Angaben in Betreff der beschriebenen Bildungen gefunden. Sie sind offenbar von R. u. O. Hertwig in den Mesenterialfilamenten der Actinien ¹⁾) als Nesselkapseln mit dünnen Wänden und deutlich erkennbarem Spiralfaden beschrieben,

¹⁾ L. c. S. 100.

doch theilen sie Nichts über die Art ihrer Entladung und andere Détails mit. Andere Autoren erwähnen ihrer gewöhnlich gar nicht. Und doch hat sie *Karl Möbius* noch im Jahre 1866¹⁾ vollkommen richtig bei *Caryophyllia Smithii* beschrieben, aber er nahm sie einfach für die unentwickelten Stadien anderer Nematocysten an. Sie wurden ebenfalls, für die gegenwärtige Zeit ziemlich oberflächlich, von *Gosse* als *Cnidae cochleatae*²⁾ beschrieben. Für mich scheint unzweifelbar zu sein, dass wir hier eine ganz besondere Form von Nesselkapseln haben.

Jetzt gehe ich zu den Nematocysten, welche man gewöhnlich beschreibt, über, und werde von der typischsten, mit kleinen Veränderungen und Unterschieden in der Grösse und Form bei allen Actinien vorkommenden Form anfangen. Das sind diejenigen Nematocysten, welche *R. und O. Hertwig* als von einer festen Membran umgebene und mit einem in eingerollten Zustande undeutlich unterscheidbarem Faden versehene Nesselkapseln beschreiben³⁾. Ich werde von der gewöhnlichsten und constantesten Form anfangen.

Fig. 15 und 16 stellen diese Nematocysten aus dem Ektoderm der Tentakeln von *Anemonia sulcata*, Fig. 20 und 21 — ähnliche Bildungen aus dem Akonthion von *Adamsia Rondeletti* in ruhendem Zustande vor. Wir haben hier vor uns eine längliche Kapsel mit im Vergleich zu den früher beschriebenen Nematocysten dichteren Wänden. Einer solchen Kapsel liegt ein kleiner spindelförmiger Kern gewöhnlich an, und die ganze Nematocyste ist von einer sehr dünnen Schicht Protoplasma umgeben, welche in lebendigem Zustande deutlicher erkennbar ist, als in fixirtem, in Folge der Zusammenziehung, welche in letzterem Falle statt findet. Manchmal geht von dem den Kern umgebenden Protoplasma ein langer, varicöser, nicht selten sich verzweigender Fortsatz nach hinten ab. Das obere distale Ende der Kapsel ist von einer kleinen Kappe bedeckt, von welcher, gewöhnlich ein wenig von der Seite, ein feines Cnidocil abgeht, während der Obertheil derselben mit kurzen Borstchen manchmal besetzt ist.

Die Nematocysten entwickeln sich in besonderen Zellen, welche nach Massgabe der Entwicklung der Nematocyste ihr Plasma immer mehr und mehr verlieren und endlich in der Form eines

¹⁾ Dr. *Karl Möbius*. Über den Bau, den Mechanismus und die Entwicklung der Nesselkapseln einiger Polypen und Quallen. Hamburg, 1866. S. 10—11.

²⁾ *Gosse*. Actinologia Britannica. 1860. S. XXXIII.

³⁾ L. c. S. 100. Taf. V, Abb. 6.

spindelförmigen Kernes und einer dünnen die Kapsel umgebenden plasmatischen Hülle übrig bleiben. Wie es scheint, können scheinbar auch diese Spuren der ursprünglichen Bildungszelle zuweilen vollkommen verschwinden. Gewöhnlich aber nimmt die Bildungszelle oder der Cnidoblast den Charakter einer Flimmerepithelzelle an, und dann bekommen wir eine Nematocyste, an deren Seite ein spindelförmiger oder ovaler Kern liegt, der von Protoplasma umgeben ist, von welchem in der Richtung nach hinten ein plasmatischer Fortsatz abgeht, der sich manchmal verzweigt, wie es bei den Drüsenzellen und den Sinnezellen der Fall ist. Indem man die Zellen des Wimperepithels der Actinien untersucht, kann man sehen, dass der obere Rand der Zelle von einem Saume eines stärker lichtbrechenden und stärker sich färbenden Stoffes, wie wir es bei den Wimperzellen der höheren Thiere haben, umgeben ist. Uebrigens gelingt es nicht, eine Streifung in diesem Theile zu bemerken. Nach unten von solchem Saume zieht sich eine trichterförmige Masse eines dichteren und stärker sich färbenden Plasma's, welche sich zum proximalen Ende der Zelle verdünnt und am Kerne vorbeigehend, sich in den Schwanz der Zelle erstreckt, wodurch es auf diese Weise an den faserigen Apparat Engelmanns erinnert. Doch gelingt es nicht, in diesem Theile eine Faserung deutlich zu unterscheiden, aber man sieht eher eine netzartige oder wabige Struktur. Das periphere Plasma färbt sich schwächer und erscheint mehr homogen. Der Kern, von ovaler Form, liegt annähernd am oberen $\frac{1}{3}$ der Länge der Zelle. Die Zelle selbst ist im oberen Theil breiter und verengert sich nach unten, indem sie hier mit einer kleinen Anschwellung endigt.

Die Zelle, welche eine ausgewachsene Nematocyste umgibt, hat den Character einer veränderten Flimmerepithelzelle.

Ihr hinterer Fortsatz setzt sich in einen langen varikosen Fortsatz fort, indem er dieser Zelle eine Aehnlichkeit mit einer Nervenzelle verleiht, und der vordere Saum verwandelt sich in die Kappe der Nematocyste, wobei eine von den Wimpern sich in das feine, oft kaum bemerkbare Cnidocil verwandelt, während die übrigen sich entweder stark verkürzen, oder vollkommen reduciren. Manchmal geht, wie es scheint, auch der Kern zu Grunde, und von der ganzen Zelle bleibt nur die Kappe übrig. Die Formen, welche der in Fig. 48 abgebildeten ähnlich sind, lassen keinen Zweifel über solchen Ursprung der Kappen übrig.

Die Nebenborstchen auf den Kappen sind besonders bei den Nematocyten aus den Akonthien von *Adamsia Rondeletti* bemerk-

bar. Es ist interessant, dass die echten entodermalen Zellen des genannten Thières entweder verengert an ihrem freien Ende, oder verbreitert, ähnlich den ectodermalen Flimmerzellen sind. In dem letzteren Falle ist das freie Ende der Zelle ebenfalls mit einem dichten Saum umgeben, und ausser der gewöhnlichen endothelialen Geissel, welche dem Cnidocil der Nesselkapseln ähnlich, doch in beständiger Bewegung begriffen ist, kann man einige verkürzte Neben-Wimperchen bemerken. Man kann denken, dass wenigstens für die Actinien die viele Flimmerhaaren tragenden Zellen eine ursprünglichere Form, als die mit einer Geissel versehenen Zellen darstellen. *R.* und *O. Hertwig* haben nachgewiesen, dass die Epithelial-Muskelzellen, welche gewöhnlich nur eine Geissel tragen, bei *Cerianthus* deren mehrere haben; eben so kamen mir im Ektoderm von *Anemonia sulcata* nicht selten Sinneszellen mit vielen Härrchen statt des üblichen einen vor.

Jetzt kehre ich jedoch zur Beschreibung der erwähnten Nematocysten zurück.

Am oberen Ende der Nematocyste sind die Wände der Kapsel ein wenig seitwärts ausgebogen, wobei sie eine Art Kragen bilden, in dessen Mitte eine kleine Erhöhung zu bemerken ist. Von dieser Erhöhung zieht sich in das Innere der Kapsel ein stark lichtbrechendes Streifchen,—der Anfang des Spiralfadens oder der Axenkörper von *Möbius* (Fig. 20 und 21). Bei guter Beleuchtung und mit einem guten Objectiv, kann man an glücklich gefärbten Präparaten auch die Windungen des feinen spiralen Fadens, welcher oberflächlich im Inneren der Kapsel liegt, unterscheiden. Der Bau des Fadens ist leicht an entladenen Kapseln zu sehen, d. h. wenn der Faden nach aussen herausgeworfen ist. Dabei wird die Kappe, wenn sie existirt, abgeworfen, wobei sie manchmal auf der Kapsel oder dem herausgeschnellten Faden bleibt (Fig. 22), und der Faden wird frei durch Herausstülpung, so, dass seine frühere innere Oberfläche zur äusseren wird, und umgekehrt. Am freigewordenen Faden (Fig. 17, 22) kann man zwei Hauptabtheilungen unterscheiden. Die erste von ihnen, welche nach ihrer Länge annähernd der Länge der Kapsel gleich ist,—der Axenkörper von *Möbius*,—unterscheidet sich von der zweiten durch das Vorhandensein sehr feiner, ein wenig nach hinten gerichteter Härrchen, welche, wie man an grösseren Nematocysten sich überzeugen kann, in drei Spiralentouren, die von links nach rechts und von unten nach oben, also entsprechend dem Gange einer gewöhnlicher Schraube, angeordnet sind. In einer unentladenen Kapsel

liegt dieser Theil des Fadens längs derselben, ohne Windungen zu bilden, weshalb *Möbius* ihn auch die gerade Abtheilung nennt. Der übrige, gewöhnlich sehr lange Theil des Fadens, trägt keine Härchen, doch kann man bei starker Vergrösserung an demselben drei Rippen sehr kleiner, fast mit einander in eine continuirliche Reihe verschmelzender Erhöhungen bemerken, welche diesen Theil des Fadens, ähnlich den Härchenreihen der ersten Abtheilung, spiralig umgürten. In der Kapsel liegt dieser Theil des Fadens spiralig um die erste Abtheilung gewunden, so dass bei dem Herauswerfen der Faden sich offenbar so losdrehen muss, dass er sich um seine eigene Axe dreht, wie es schon manchmal beschrieben wurde. *Möbius* unterscheidet diesen Theil als die gewundene Abtheilung. Ausserdem ist der Anfang des Fadens auf einer kurzen Strecke oft ganz ohne Härchen, und kann, wenn man will, ebenfalls als eine besondere Abtheilung unterschieden werden. Wenn der Faden in gewundenem Zustande in der Kapsel liegt, so stülpt sich sein Anfang gewöhnlich ein wenig nach aussen hervor, indem er jene oben genannte leichte Erhöhung in der Mitte des Krags, mit welchem die Kapsel der Nematocyste in ihrem oberen (distalen) Ende endigt, bildet. Der Diameter des Fadens verengert sich entweder allmälig vom Anfang des Fadens bis zu seinem Ende, oder ausserdem ist die mit Härchen bedeckte Anfangsabtheilung etwas breiter, als die glatte, so dass an der Uebergangsstelle derselben in einander man eine kurze kegelförmige Zwischenabtheilung unterscheiden kann. Was das Ende des Fadens anbetrifft, so ist dasselbe nach der Meinung der einen Autoren blind, nach der Meinung der anderen Autoren besitzt es eine kleine Oeffnung. Die letztere muss offenbar sehr klein sein, und es ist sehr schwer sich von deren Existenz, wenn sie auch vorhanden ist, sogar in denjenigen Fällen, wo die Nematocysten verhältnissmässig grosse Dimensionen erreichen, zu überzeugen. Ueberhaupt ist man gezwungen, auf ihr Vorhandensein oder Fehlen auf Grund anderer Daten, welche weiter angezeigt werden sollen, zu schliessen. Fig. 18 stellt eine Nesselkapsel aus dem Tentakel von *Anemonia sulcata* vor, bei welcher ein beträchtlicher Theil des Fadens nach aussen herausgestülpt ist, während der übrige Theil noch in der Kapsel liegt. Solche Formen kann man oft antreffen. Sie weisen darauf hin, dass die Entladung der Kapsel verhältnissmässig langsam vor sich geht. Unter dem Mikroskop geht sie zwar äusserst schnell vor sich, so dass das Auge die Einzelheiten nicht erfassen kann, doch vergrössert das Mikroskop

die Ausdehnung, und lässt die Zeit unverändert, so dass die Bewegung einige hundertmal vergrössert erscheint.

Mit viel grösserer Deutlichkeit kann man die beschriebenen Einzelheiten in denjenigen Fällen, wo derartige Nematocysten eine verhältnissmässig beträchtliche Grösse erreichen, wie es z. B. im Ektoderm der Leibeswandlung und der Tentakeln von *Cerianthus membranaceus* der Fall ist (Fig. 25—27), unterscheiden. Fig. 25 und 27 stellen solche Nematocysten mit ausgeworfenem Faden, Fig. 23 und 24—in ruhigem Zustande dar. Wir haben vor uns eine Kapsel von cylindrischer oder ovaler Form mit verhältnissmässig dicken Wänden. Bei stärkeren Vergrösserungen kann man sich überzeugen, dass die Wände der Kapsel aus zwei dicht einander anliegenden und von einander untrennabaren Schichten bestehen, welche nach ihrer Lichtbrechungsfähigkeit verschieden sind, wie es zum ersten Mal von *Gegenbaur*¹⁾ in Betreff der Nesselkapseln der Siphonophoren gezeigt wurde. Die Wandung des Fadens ist viel dünner und setzt sich scheinbar unmittelbar in die innere Schicht der Kapsel fort, was aber, wie wir es im Falle der Medusen und Siphonophoren sehen werden, unrichtig ist. In Fig. 25 ist derjenige Fall abgebildet, wo die proximale, mit Härchen bedeckte Abtheilung des Fadens sich nach ihrem Diameter ziemlich scharf von der distalen unterscheidet und man eine kurze kegelförmige Zwischenabtheilung unterscheiden kann. Bei der in Fig. 26 und 27 abgebildeten Kapsel gehen umgekehrt beide Abtheilungen ganz allmälig in einander über. Auf solche Weise giebt es in dieser Hinsicht keinen wesentlichen Unterschied. In Fig. 27 kann man drei spirale Reihen kleiner Erhöhungen sehen, welche an der distalen Abtheilung des Fadens die Härchen des Anfangstheiles ersetzen. Man kann sehen, dass die Wände des Fadens sehr dünn im Vergleich zu seiner inneren Höhlung sind. Die Windungen der spiralen Reihen können entweder einander sehr genähert sein, oder sehr weit von einander abstehen, je nach dem Grade der Aussstreckung des Fadens. Fig. 23 und 24 stellen eben solche Kapseln in ruhigem Zustand mit einem in ihrem Inneren eingerollten Faden vor. Die behaarte Abtheilung liegt gerade, ohne Windungen zu bilden. Ihre Härchen sind mit ihren Enden nach innen und oben gerichtet, und stülpen mit ihren Basen die Wandung des Fadens ein wenig nach aussen hervor, in-

¹⁾ C. Gegenbaur. Beiträge zur näheren Kenntniss der Siphonophoren. Zeitschr. für wiss. Zool. 1854. Bd. V.

dem sie spiralige Rippen bilden, welche von rechts nach links, d. h. gegen den Gang einer gewöhnlichen Schraube und gegen das, was wir am ausgeworfenen Faden vor uns haben, laufen. Es versteht sich, dass bei der Herausstülpung der umgekehrte Gang der Spiralen zum rechten wird. Die Härchen brechen oft in grösserem oder geringerem Maasse beim Auswerfen des Fadens ab. Das distale Ende des Fadens, welches keine Härchen trägt, ist in einen Knäuel zusammengerollt, welcher mit seinen Windungen gewöhnlich weniger als die Hälfte der inneren Höhlung der Kapsel einnimmt. Der Durchmesser des Fadens im zusammengerollten Zustande ist beträchtlich kleiner als der Durchmesser eines ausgeworfenen Fadens.

Möbius, indem er die Nesselkapseln von *Caryophyllia Smithii* Stok. beschreibt, bemerkt: „Der Axenkörper ist kein einfacher Schlauch, sondern besteht aus drei in einander steckenden Röhren. Die äussere Röhre ist am obern Ende der Kapsel angewachsen, und unten an ihrem freien Ende stülpt sie sich nach innen in sich selber ein, und bildet sich so zu einer zweiten Röhre um, welche bis an das obere Ende der ersten Röhre aufwärts steigt. Hier geschieht eine abermalige Einstülpung, wodurch die dritte, die innerste Röhre entsteht, welche unten aus der Oeffnung der ersten Einstülpung hervortritt und sich in den gewundenen Schlauch fortsetzt, der den meisten übrigen Raum der Nesselkapsel einnimmt“ ¹⁾). In der Zahl der Thiere, bei welchen die Nesselkapsel auf eben solche Art gebaut sind, erwähnt *Möbius* auch den *Cerianthus Lloydii* ²⁾). In wie fern ich urtheilen kann, wurde *Möbius* dadurch irregeleitet, dass die Härchen, welche im Inneren des eingerollten Fadens sitzen, indem sie mit ihren Enden in eine continuirliche Linie zusammenliessen, den Eindruck eines inneren Rohres, welches in dem äusseren liegt, machen, und da die Härchen mit ihren Spitzen im eingerollten Faden nach vorne gerichtet sind, so entsteht am Ende der haartragenden Abtheilung ein falsches Bild einer Einstülpung. Zu gleicher Zeit bildet *Möbius* auch die Richtung der Härchen im zusammengerollten Faden (Taf. I, Fig. 19) unrichtig ab,—sie sind bei ihm in allen Abtheilungen nach hinten gerichtet, während sie in der That nach vorne sehen.

Das obere Ende der Kapsel ist oft mit einer Kappe bedeckt,

¹⁾ L. c. S. 5.

²⁾ L. c. S. 7.

welche ein Cnidocil und einige kurze Nebenborstchen, oder nur ein Cnidocil, oder einfach eine glatte, doch in der Mitte ein wenig hervorragende obere Oberfläche besitzt. Nicht selten gehen von der Kappe in der Richtung nach unten kurze, ein wenig abgewendete Plättchen ab, welche die Reste des veränderten Plasmas der ursprünglichen Bildungszelle darstellen, von welcher nur die distale Abtheilung in der Form einer Kappe nachgeblieben ist. Manchmal liegt der Kapsel ein mehr oder weniger stark degradirter Kern mit einer geringen Menge Plasma an. In Fig. 28—31 sind eben solche Kapseln geringerer Dimensionen abgebildet, in Fig. 28 mit einer Kappe und mit anliegender Zelle, von welcher nach hinten ein lange Fortsatz abgeht, in Fig. 29 mir einer Kappe allein, in Fig. 30 mit umgebender Zelle ohne Kappe.

In Fig. 32—34 sind ähnliche Kapseln dargestellt, welche besonders oft in den Leibeswandungen und inneren Tentakeln des *Cerianthus* vorkommen und sich von den eben beschriebenen etwas unterscheiden. Die Kapsel von ovaler Form besitzt gewöhnlich dünnere Wände, und die haartragende Abtheilung existirt nicht, sondern ist entweder der ganze Faden mit drei Spiraltouren kleiner Erhöhungen ähnlich der distalen Abtheilung der Fäden der so eben beschriebenen Kapseln bedeckt (Fig. 32), oder er erscheint ganz glatt (Fig. 33). In diesen Fällen giebt es im eingerollten Zustand des Fadens im Inneren der Kapsel keine gerade Abtheilung, und die ganze Kapsel ist mit dicht liegenden Schlingen des Fadens, welcher hier eine viel grössere Länge, als im ersten Falle erreicht, erfüllt. Beim Fehlen der Härchen erscheint der Faden stärker lichtbrechend, was namentlich durch das Fehlen der die Lichtzerstreuung begünstigenden Auswüchse auf der glatten Fläche bedingt wird. Fig. 33 stellt eine Kapsel solcher Art, bei welcher die Ausstülpung des Fadens nur eben angefangen hat, vor, Fig. 34 den Faden im Stadium der Entladung, so dass im Inneren des herausgestülpten Fadens wie in einem Futteral ein noch nicht ausgeworfener Faden liegt. Man kann sehen, um wie viel der erste nach seinem Durchmesser den zweiten, welcher in ihm vollkommen frei und Windungen bildend liegt, übertrifft. Offenbar erleichtert die Ausdehnung des Fadens beim Auswerfen sehr das Auswerfen, da der innere Theil des Fadens fast ohne Reibung im Innern des äusseren gleitet.

Fig. 35—40 stellt haarlose, doch in ihrer ganzen Ausdehnung mit kleinen Erhöhungen besetzte Kapseln aus den Wandungen der

Palythoa axinellae vor, bei welcher sie zusammen mit Kapseln, deren in zusammengerolltem Zustand deutlich erkennbarer Faden ohne Herausstülpung ausgeworfen wird, und mit Kapseln, welche den in Fig. 15—22 abgebildeten ähnlich und nach ihrer Grösse denselben annähernd gleich sind, vorkommen. Sie sind den so eben beschriebenen Kapseln vollkommen ähnlich, mit dem unwe sentlichen Unterschied, dass die Wände der Kapsel dicker sind und der Faden im Inneren der Kapsel in einer gewissen Strecke gerade liegt, indem er einen rudimentären Axenkörper bildet. In Fig. 38 ist durch verschiedene Linien der Gang der drei Spiral touren kleiner Erhöhungen abgebildet. In Fig. 35 sieht man die umgebende Zelle. Fig. 40 stellt eine ganz ähnliche Kapsel, doch von beträchtlich geringeren Dimensionen vor. In Fig. 39 ist der Faden noch nicht ganz ausgeworfen, und man kann sehen, dass im eingerollten Zustande sowohl die Spiralen, als auch die dieselben bildenden Erhöhungen im Vergleich mit dem aufge rollten Faden einander beträchtlich genähert sind. An allen Zeichnungen hat die anfängliche Abtheilung des Fadens auf einer kleinen Strecke keine Erhöhungen.

In den folgenden Zeichnungen sind die Nesselkapseln von *Aiptasia diaphana* abgebildet. Bei dieser Form existiren Nematocysten dreierlei Art,—erstens solche, bei welchen der Faden ohne Herausstülpung frei wird, und die nach ihrer Form und Grösse ähnlichen in Fig. 5—14 abgebildeten Nematocysten anderer Actinien ähnlich sind. In den Akonthien kommen solche Nematocysten nicht vor. Die anderen Nesselkapseln besitzen einen in seiner Anfangsabtheilung mit Härchen besetzten Faden, und existiren in zwei nach ihrem Bau vollkommen identischen, doch nach ihrer Grösse sehr verschiedenen Formen: die einen von ihnen sind einigemal grösser als die anderen, und es giebt zwischen ihnen keine Uebergänge, wie es z. B. bei den soeben beschriebenen Kapseln von *Cerianthus* oder *Palythoa*, deren Grösse sehr wechselt, der Fall ist. Die grossen Kapseln von *Aiptasia* sind sehr bequem für die Untersuchung sowohl in Betreff ihres Baues als auch ihrer Entwicklung und ihres Mechanismus.

Fig. 43 stellt eine solche Kapsel mit ausgeworfenem Faden vor. Wir haben eine cylindrische, mit abgerundeten oder ein wenig verengerten Enden, Kapsel vor uns, deren Wände verhältniss mässig dick sind und deutlich aus zwei Schichten bestehen. Die äussere, dichtere Schicht hat am oberen Ende der Kapsel eine runde Oeffnung, durch welche der Faden herausgeworfen wird; die Ränder

der Kapsel um diese Oeffnung sind entweder leicht verdickt, oder sie sind in der Form eines Kragens ein wenig seitwärts abgeborgen. Der Faden besteht, ähnlich, wie wir früher gesehen haben, aus zwei Hauptabtheilungen,—der mit Haaren bedeckten Anfangsabtheilung (oder dem Axenkörper), und der haarlosen distalen, welche sich von einander nach ihrer Dicke stark unterscheiden. Ueberhaupt ist der Faden sehr kurz im Vergleich zu dem, was wir früher gesehen haben. Die behaarte Abtheilung oder der Axenkörper ist gewöhnlich weniger als zweimal so lang wie die Kapsel, und der glatte Faden ist nach seiner Länge annähernd der Länge der Kapsel gleich. Der Axenkörper theilt sich seinerseits ziemlich deutlich in zwei Theile:—einen proximalen, mit kürzeren Härchen und mit in ausgeworfenem Zustand wahrscheinlich in Folge ihrer grösseren Dünne gewöhnlich etwas zusammen-geschrumpften Wänden,—und einen distalen, mit längeren Härchen und glatten Wänden. Dieser letzte Theil endigt gewöhnlich mit einem kleinen kegelförmigen Zwischentheil, welcher keine Härchen trägt. Die Härchen sind spiraling angeordnet, doch sind die Touren der Spiralen einander so genähert, dass es unmöglich ist, ihre Zahl zu ermitteln; der Faden hat einfach ein quer gestreiftes Aussehen. Man muss auf Grund der Analogie denken, dass auch hier drei spirale Reihen von Börstchen existiren. Nach dem kegelförmigen Theil folgt ein sehr feiner und verhältnissmässig kurzer glatter Faden. Fig. 41 und 42 stellen solche Kapseln in ruhigem Zustand vor; in der ersten von ihnen ist eine Kapsel mit der Kappe, welche ein Cnidocil und einige kurze Neben-Fortsätze trägt, und von welcher von einer Seite ein Plättchen veränderten Plasmas abgekt, dargestellt. Die Kapsel ist von einer Zelle, die keine abgehenden Fortsätze hat, umgeben. In der zweiten Zeichnung ist eine Kapsel ohne Kappe und anliegende Zelle, wie es oft vorkommt, abgebildet. Durch die ganze Länge der Kapsel zieht sich der behaarte Theil des Fadens, der Axenkörper, welcher, wenn er sich in der Kapsel befindet, doppelt so kurz erscheint, als in entwickeltem Zustande. Seine Härchen sind nach innen gewendet und setzen sich mit ihren Gipfeln in einen dunklen Streifen zusammen, welcher in der Mitte des Axenkörpers verläuft. In seiner vorderen Hälfte, welche der die kürzeren Börstchen tragenden Abtheilung entspricht, erscheint der Axenkörper schmäler, als in der längere Börstchen tragenden hinteren Abtheilung. Diese letzte Abtheilung, in Folge dessen, dass in dem eingerollten Faden die Härchen nach vorne gerichtet sind und die

kegelförmige Abtheilung so eingestülpt ist, dass sie mit ihrem Gipfel ebenfalls nach vorne sich richtet, endigt im optischen Schnitt wie mit einem dreieckigen Ausschnitt, aus dessen Tiefe die feine glatte Abtheilung des Fadens abgeht, welche sich entweder längs der ersten Abtheilung legt oder dieselbe spiraling umbiegt. Jedenfalls bleibt der grösste Theil der Kammer leer. Fig. 44 und 45 stellen die Kapseln im Process des Auswerfens des Fadens vor. In Fig. 44 hat das Ausstülpnen des Fadens nur eben angefangen, in Fig. 45 hat sich schon der ganze Faden, mit Ausnahme der glatten Endabtheilung, aus der Kapsel herausgestülpt, doch bleibt er noch doppelt. Dabei tritt aus dem Ende des sich herausstulpenden Fadens der in dessen Innerem, in seinem Anfang liegende Pfeil, welcher beim Auswerfen des Fadens ausgestossen wird. In Fig. 47 sind solche Pfeile, welche oft eine beträchtliche Grösse erreichen, abgebildet. In den Nematocysten anderer Actinien gelang es mir nicht, solche Pfeile zu beobachten. Man muss denken, dass solche Pfeile aus dem Zusammenwachsen der esteren Härchen sich bilden.

Der Faden aller so eben beschriebenen Nematocysten wird ausgeworfen durch Herausstülpnen nach Art eines Handschuhingers. Wie oben bemerkt, wird das Herausstülpnen beträchtlich dadurch erleichtert, dass der herausgestülpte Faden sich stark ausdehnt, so dass das Gleiten des Fadens in seinem Inneren fast ohne Reibung vor sich geht.

Was den Mechanismus des Auswerfens des Fadens anbetrifft, so bleibt bis jetzt in dieser Hinsicht mit wenigen Veränderungen die von Möbius gegebene Erklärung, welche ich hier anfüre ¹⁾. „In dem Kapselraume ist eine wasserhelle Flüssigkeit. Man erkennt die Anwesenheit derselben theils an ihrer Wirkung auf die Kapselwand, indem sie diese durch ihren Druck ausdehnt, theils auch an dem verschiedenen Verhalten der schlauchförmigen Bildungen, welche in ihr schwelen... Das Austreten des Schlauches geschieht durch Aussülpung, die anfangs so geschwind abläuft, dass ihr das Auge nicht zu folgen vermag. In günstigen Fällen kann man jedoch, wenn die erste Geschwindigkeit nachgelassen hat, wahrnehmen, dass das eingeschlossene Ende in der schon ausgestossenen Strecke hinauffährt und oben, indem es sich ausstülpt, aus ihr hervorkommt. Aus dieser Art des Austretens wird auch verständlich, dass sich der langhaarige Schlauchtheil aus dem Axen-

¹⁾ L. c. S. 4—7. Siehe ebenfalls Gosse l. c.

körper der geschlossenen Kapsel entwickelt, und zwar so, dass die äussere Röhre ausgestülppt, die mittlere aber hinausgeschoben wird. So lange die mittlere Röhre noch in der äusseren steckt, liegen die Haare zusammengedrängt, dicht an den Wänden, und erscheinen durch die Kapsel hindurch als rauhe Wülste oder als Kreise von matten Punkten. Sind die Röhren aber ausgestossen, so hindert sie nichts mehr, sich wagrecht abstehend auszubreiten. In der geschlossenen Kapsel musste sie also eine ausser ihnen liegende Kraft hemmen, diejenige Stellung, welche ihre Elastizität forderte, anzunehmen. Jene Kraft war aber die Elastizität der Kapselwand, die ihren eignen Umfang zu vermindern strebte. Diese verengende Elastizität pflanzte sich durch die Flüssigkeit im Kapselraume fort bis zum Axenkörper, der ihr aber die ausdehnende Elasticität seiner Haarspiralen entgegensezte; anfangs, als die Härchen auch im Entstehen begriffen waren, gewiss mit sehr geringer, aber nach und nach mit immer grösserer Kraft, je näher die Haare ihrer Vollendung rückten. Endlich musste ein Zustand eintreten, in welchem der aufs Höchste entwickelte Widerstand der Haare die verengende Elastizität der Kapselwand so weit gesteigert hatte, dass diese das Gleichgewicht zwischen beiden Kräften augenblicklich aufheben konnte, sobald ihr noch irgend eine äussere Unterstützung zu Hülfe kam. Ein schwacher Druck im umgebenden Gewebe: und die Kapselwand ist, mit ihm vereint, kräftig genug, den Schlauch auszustossen. Zunächst wirkt die verengende Elastizität der Kapsel auf die in ihr enthaltene Flüssigkeit; diese aber pflanzt den empfangenen Druck in gleicher Stärke nach allen Richtungen fort. Der ganze eingeschlossene Schlauch erfährt also überall einen gleichmässigen Druck; allein dieser kann nur an einer Stelle eine Bewegung veranlassen, nur da, wo er sich bis in den Einbiegungswinkel zwischen der inneren und mittleren Röhre des Axenkörpers hinaufdrängt; denn hier allein ist es dem Schlauche möglich, nachzugeben, indem er sich aus der Oeffnung der Kapsel hinausschieben lässt. Und dieser Winkel bleibt der Angriffsstoss des bewegenden Kapseldruckes, bis die Ausstülpung des ganzen Schlauches beendigt ist. Die Ausstülpung beginnt damit, dass zuerst eine feine Spitze aus der Kapsel hervortritt. Diese besteht aus der kurzen zarten Strecke, welche man nachher unmittelbar über der langhaarigen Abtheilung des ausgestülpften Schlauches bemerkte. Da er an dieser Stelle gar keine oder nur sehr kleine Härchen trägt, so konnte ihn hier die Elastizität des vordern Kapselpoles eng zusammenschnüren. In die-

sem Zustande, als Spitze, bahnt er den Weg für die folgende Strecke, deren lange Haare, während sie hindurchgehen, die Oeffnung der Kapsel so weit ausdehnen, dass der gewundene Theil des Schlauches, der nur mit kurzen Härchen ausgefüttert ist, nun leicht nachschlüpfen kann“.

Ich habe schon oben bemerkt, dass wenigstens für die Actinien die Beobachtungen von *Möbius* über die drei in einander eingesteckten Röhren sich nicht bestätigen, ausser vielleicht der kegelförmigen Zwischenabtheilung bei *Aiptasia*. Was das Uebrige anbetrifft, so stimmen alle nachfolgenden Autoren darin überein, dass den inneren Inhalt der Kapsel eine wässrige Flüssigkeit bildet, und die Verschiedenheit der Meinungen führt sich nur darauf zurück, dass die einen, wie *Murbach*¹⁾, denken, dass das Secret, welches klebrige und giftige Eigenschaften besitzt, nur im Inneren des eingestülpten Fadens enthalten ist, während die Flüssigkeit, welche sich in der Kapsel selbst befindet, nur hydrostatische Bedeutung hat, und die anderen behaupten, dass die giftige Flüssigkeit in der Kapsel selbst enthalten ist, von wo sie sich bei der Entladung durch eine natürliche oder sich durch Zerreissen bildende Oeffnung am Ende des ausgestülpten Fadens ergiesst.

Die nächste Ursache des *Auswerfens* des Fadens sieht man gewöhnlich in der Elastizität oder auch im muskulösen Charakter der Wände der Kammer selbst, zu deren Contraction der Impuls entweder durch den Druck der umgebenden Zellen oder durch einen äusseren Druck auf das Cnidocil, oder durch die Zusammenziehung der muskulösen oder plasmatischen Hülle, welche die Nematocysten bei einigen Thieren umkleidet, gegeben wird. Jedenfalls werden alle diese Erklärungen dem Umstände angepasst, dass das Innere der Nesselkapsel mit Flüssigkeit erfüllt ist. Und dieses bestätige sich dadurch, dass nach den Beobachtungen von *H. Frey*, *Clark* und *Gräffe*²⁾ die Kapseln sich bei der Entladung in ihren Dimensionen vermindern.

Doch, ist das, in so fern ich nach meinen Beobachtungen urtheilen kann, volkommen unrichtig. Wie es oft geschieht, wurde für Thatsache das ausgegeben, was die Theorie verlangte. Die geladenen Kapseln sind nicht grösser, oder wenigstens nicht genügend grösser, als die entladenen, so dass die Contraction der Kapsel als Ursache des Herauswerfens des Fadens dienen könnte.

¹⁾ Beiträge zur Kentniss der Anatomie und Entwicklung der Nesselorgane der Hydroiden. Arch. Naturgesch. 60 Jahrg., 1894. Separatabdruck S. 16.

²⁾ Cit. bei *Möbius* S. 17.

Es wäre sehr schwierig, eine und dieselbe Kapsel zuerst vor dem Entladen, und nachher nach dem Entladen auszumessen, sich aber auf das Auge in solchen Sachen zu verlassen, ist unmöglich. Ich wenigstens konnte keine Contraction bemerken. Es blieb mir, die so zu sagen statistische Methode zu benutzen. Ich mass mit Hülfe des Ocularmikrometers und bei starker Vergrösserung sowohl ruhende, als auch entladene Kapseln, und verglich nachher die erhaltenen Resultate. Es folgen die Zahlen, welche ich bei *Aiptasia diaphana* erhalten habe (es wurden nur die oben beschriebenen grossen Kapseln gemessen).

Ruhende Kapseln. Entladene Kapseln.

Länge.	Breite.	Länge.	Breite.
69 μ.	7 μ.	64 μ.	6 μ.
61	7	59	6
62	7	62	6
58	6	60	7
62	7	64	6
72	7	66	7
61	7	68	6
58	6	65	7
56	7	63	7
59	7	66	7

In der Durchschnittszahl

61,8	6,8	63,7	6,5
------	-----	------	-----

Es erweist sich, dass die entladenen Kapseln höchstens unbedeutend kleiner sind als die ruhenden, da das Volum der ersteren, indem man sie für Cylinder annimmt, annähernd 2025 cub. μ., und das Volumen der letzteren—2130 cub. μ. beträgt, und das höchste, was man behaupten kann, ist, dass die Kapseln bei der Entladung in ihrer Breite ein wenig kleiner werden, indem sie sich etwas in die Länge ausdehnen. Uebrigens können die angeführten Zahlen nicht für genügend überzeugend aus dem Grunde erscheinen, dass bei *Aiptasia* der Faden verhältnissmässig sehr kurz ist und dess-

wegen zu seinem Auswerfen eine unmerkliche Contraction der Kapsel genügt. Bei einer Länge der Kapsel von 64 $\mu.$ und einer Breite von 6 $\mu.$ hat der Faden (wenn man nur die behaarte Abtheilung nimmt) eine Länge von 100 $\mu.$ und eine Breite von 2 $\mu.$; bei einer Länge der Kapsel von 65 $\mu.$ und einer Breite von 7 $\mu.$ ist die Länge des Fadens gleich 86 $\mu.$ und seine Breite 2 $\mu.$ Für den ersten Fall bekommen wir, wenn wir die Kapsel für einen Cylinder annehmen, das Volumen der Kapsel ungefähr 1730 cub. $\mu.$, und das Volumen des Fadens im Ganzen ungefähr 300 cub. $\mu.$ gleich. Jedoch ist das Volumen des Fadens annähernd dreimal grösser als die Differenz zwischen den Volumina der entladenen und der ruhenden Kapseln, so dass sogar in diesem Falle das Volumen des ganzen Gebildes sich bei der Entladung vergrössert.

Doch nun folgen Messungen, welche an den Kapseln mit behaartem Faden von *Cerianthus* gemacht wurden. Hier haben solche Kapseln die verschiedenste Grösse, und es wurden diejenigen, welche zuerst unter die Hand kamen, genommen.

Ruhende Kapseln.	Entladene Kapseln.		
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.
56 $\mu.$	13 $\mu.$	53 $\mu.$	12 $\mu.$
50	6	45	12
48	6	22	4
46	6	44	10
47	6	50	10
46	6	32	5
19	3	50	12
22	4	44	6
45	8	56	13
19	4	42	10

Ruhende Kapseln.	Entladene Kapseln.		
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.
56 $\mu.$	13 $\mu.$	53 $\mu.$	12 $\mu.$
50	6	45	12
48	6	22	4
46	6	44	10
47	6	50	10
46	6	32	5
19	3	50	12
22	4	44	6
45	8	56	13
19	4	42	10

In der Durchschnittszahl.

49,8	6,2	43,8	9,4
			8*

Hier sind umgekehrt die entladenen Kapseln verhältnismässig breiter, aber kürzer. Indem man sie für Cylinder annimmt, bekommt man das Volumen der ganzen Kapseln im Mittel gleich 1362 cub. μ ., und dasjenige der entladenen gleich 3035 cub. μ . Obgleich der Fehler bei der Berechnung auf den Cylinder zu Gunsten der letzteren geschieht, sind sie doch im Mittel wenigstens doppelt so gross, als die ersten. Das Verhältniss zwischen dem Faden und der Kapsel ist ein folgendes: bei einer Länge der entladenen Kapsel von 56 μ . und einer Breite von 13 μ . ist die Länge des Fadens ungefähr 650 μ ., die Länge der behaarten Abtheilung allein—92 μ ; die Breite des Fadens in der proximalen Abtheilung (Axenkörper) 4 μ ., am Ende 1,4 μ ., wobei der Faden sich in seiner ganzen Länge allmälig verengte, und folglich seine Breite im Mittel gleich 2,75 war. Auf solche Weise war das Volumen der Kapsel (indem man dieselbe für einen Cylinder annimmt) ca 7090 cub. μ ., das Volumen des Fadens ca 3725 cub. μ ., d. h. annähernd der Hälfte des Volumens der Kapsel gleich. Wenn das Auswerfen des Fadens durch die Contraction der Kapsel erfolgen würde, so müsste die Verringerung ihrer Volumina scharf in die Augen fallen, was aus der angeführten Tabelle gar nicht zu sehen ist. Zugleich müsste bei den contrahirten Kapseln, d. h. bei den Kapseln mit ausgeworfenem Faden die Wandung beträchtlich dicker sein, was man wiederum nicht beobachtet.

Bei *Palythoa axinellae* ist bei einer Länge der Kapsel von 25 μ . und einer Breite von 12 μ . die Länge des ausgeworfenen Fadens ca 1300 μ . gleich, die Breite am Anfang 1,5 μ ., am Ende 0,6 μ . Indem wir die Kapsel für einen Cylinder annehmen (wobei wir das Volumen der Kapsel sehr stark vergrössern), bekommen wir ihr Volumen gleich 2790 cub. μ . Das Volumen des Fadens, indem man seine Breite im Mittel auf nur 2 μ . gleich berechnet, ist ca 3430 cub. μ . gleich, d. h. es ist beträchtlich grösser als das Volumen der Kapsel selbst. Der Leser wird mir meine äusserst unvollkommenen mathematischen Rechnungen vergeben, doch sind die Fehler, wie ungeheuer gross sie auch sein mögen, jedenfalls nicht zu meinen Gunsten gemacht worden.

Wie oben gezeigt wurde, existiren bei *Cerianthus Nematocysten* mit haarlosen Fäden, welche mit ihren Schlingen fast den ganzen Innenraum der Kapsel ausfüllen. Dabei verbreitert sich der ausgeworfene Faden beträchtlich im Vergleich zum eingerollten Faden. Wenn das Auswerfen des Fadens durch die Contraction der Kapsel geschieht, so muss sie sich fast vollständig zusammenziehen,

um sich vom Faden nur zu befreien, doch woher wird sie denn eine genügende Menge Flüssigkeit nehmen zur Ausfüllung des ausgeworfenen Fadens, dessen Volumen in diesem Falle vielfach grösser als das Volumen der Kapsel selbst ist? Es ist augenscheinlich, dass welcher Art der erste Impuls auch sein möge, nicht die Contraction der Kapsel die Ursache des Auswerfens des Fadens ist. Welche ist denn diese Ursache?

Die Sache ist die, dass nicht eine Flüssigkeit, wie man gewöhnlich denkt, den Innenraum der Nesselkapseln ausfüllt, sondern eine gelatinöse Masse, welche fähig ist, indem sie Wasser aufnimmt, stark aufzuquellen. Es genügt, dass irgend welche geringste Ursache den Zutritt dem Wasser in das Innere der Kapsel öffne, und die hygroskopische gelatinöse Masse wird schnell aufquellen und durch ihr Aufquellen das Auswerfen und das Ausfüllen des Fadens bedingen, durch dessen am Ende befindliche, natürliche oder sich durch Zerreissen bildende Öffnung diese Masse ferner nach aussen ausfliesst. Von Letzterem kann man sich leicht überzeugen bei der Untersuchung der an Nematocysten reichen Organe, wie es z. B. die Akonthien sind. Das dieselben umgebende Wasser wird entsprechend dem Entladen der Kapseln schnell klebrig und zähe, ähnlich gelöstem Gummi. Dass aber das Innere der Kapseln in der That mit einer gelatinösen, des Aufquellens fähigen Masse ausgefüllt ist, wird am besten durch ihr Verhalten zum Methylenblau und zur concentrirten Wasserlösung der Picrinsäure bewiesen.

Vom Methylenblau färben sich die Kapseln mit eingerolltem Faden schnell in eine sehr dunkle blaue Farbe. Dabei kann man an Kapseln, in welchen nur ein Theil des Innenraums vom eingerollten Faden eingenommen ist, wie z. B. bei *Cerianthus* oder *Aip-tasia* sehen, dass hauptsächlich nicht der Faden, sondern die ausfüllende Masse selbst sich färbt. Die entladenen Kapseln, d. h. die Kapseln mit aufgequollener gelatinöser Masse bleiben entweder ungefärbt, oder sie färben sich ziemlich intensiv, je nach dem Grade des Aufquellens der gelatinösen Masse, d. h. je nach dem, ob sie schon Zeit gehabt hatte, sich nach aussen zu ergiessen, oder nicht. In verschiedener Weise, im Zusammenhang mit dem Grade des Aufquellens der Masse, färben sich auch die Nematocysten im Stadium der Entladung. Nicht selten färben sich in so eben entladenen und in den im Stadium der Entladung sich befindenden Kapseln nur verschiedener Grösse Klumpen noch nicht aufgequollener Substanz, während die ganze übrige Masse noch ungefärbt bleibt (Fig. 19 und 53).

Aehnliche und sogar noch mehr demonstrative Bilder bekommt man bei Bearbeitung mit concentrirter Wasserlösung von Picrinsäure, wozu besonders die grossen Kapseln aus den Akonthien der *Aiptasia* bequem sind. In den ruhenden Kapseln färbt sich die ganze innere Masse in eine lebhafte gelbe Farbe und erscheint vollkommen homogen. Kaum hat die Ausstülpung angefangen (Fig. 49), so sehen wir um den in der Kapsel befindlichen Faden eine Schicht von schwächer gefärbtem, schwächer lichtbrechendem und ausserdem in Folge nicht vollkommen gleichmässigen Aufquellens feinkörnigem Stoffe; der peripherie Theil der inneren Masse bleibt, wie früher, homogen und intensiv gefärbt. Dass die Picrinsäure nur deutlicher das hervortreten lässt, was in der That existirt, davon überzeugt die Vergleichung mit frischen, mit Nichts bearbeiteten Kapseln desselben Stadiums, bei welchen man dasselbe Bild bekommt, nur freilich weniger deutlich und ohne Färbung (Fig. 46). In Fig. 50 ist die Ausstülpung des Fadens noch weiter vorgerückt, und im Zusammenhang damit ist der innere Theil der Masse noch mehr aufgequollen und erscheint gegen das vordere Ende der Kapsel grobkörnig. Fig. 51 giebt ein sehr instrutives Bild. Der Faden hat sich so eben ausgestülppt. Die ganze innere Masse ist feukörnig geworden und hat sich von den Wänden abgelöst, so dass der Raum zwischen ihr und den Wänden der Kapsel von einer schon vollkommen wässerigen Flüssigkeit erfüllt ist. Der Faden ist ebenfalls bis an sein Ende mit Klumpen aufgequollener Masse, welche mit Schichten von Flüssigkeit abwechseln, erfüllt. Ausserdem hat sich unter dem Einfluss der Picrinsäure die aufgequollene Masse etwas contrahirt und ist in der Form eines Stranges aus dem Anfang des Fadens in das Innere der Kapsel ausgetreten; auf die stattgefundene Contraction weist auch das Zusammenschrumpfen der Wände der Kapsel an ihrem oberen Ende. In Fig. 52 hat die aufgequollene, in Schleim verwandelte Masse sich schon aus der entladenen Kapsel ergossen, und ihr innerer Inhalt färbt sich nur schwach gelbe und erscheint undeutlich körnig oder netzartig.

Indem wir jetzt wissen, dass der innere Inhalt der Nesselkapseln aus gelatinöser, des Aufquellens fähiger Masse besteht, können wir leicht auch folgende zwei Fragen beantworten: ob der Faden an seinem Ende eine Oeffnung besitzt und ob das Innere des eingerollten Fadens mit derselben Masse erfüllt ist, wie das Innere der Kapsel, oder nicht?

Auf die erste von diesen Fragen ist es schwieriger, eine Ant-

wort zu geben. Der Zutritt des Wassers in das Innere der Kapsel kann nicht auf dem Wege der Diffusion durch die Wände der Kapsel geschehen, da letztere ihre osmotischen Eigenschaften nicht schnell wechseln und dem Wasser einen schleunigen Zutritt in das Innere der Kapsel geben können. Die Bestimmung der Wände der Kapsel und namentlich einer der Schichten derselben besteht zwar gerade darin, um ihren Inhalt vor frühzeitigem Aufquellen zu bewahren. Es scheint, als wäre es zur Erklärung des Eindringens des Wassers in die Kapsel nothwendig, die Existenz einer Oeffnung am Ende der in die Wände der Kapsel mit ihrer Basis eingelöhten Röhre zuzulassen. Dann würde es genügen, dass irgend welche geringste Ursache dem Zutritt des Wassers das Lumen der Röhre öffnete, und es wird in das Innere der Kapsel eindringen, das Aufquellen der gelatinösen Masse hervorrufen und die Entladung erzeugen. Doch kann das Wasser auch osmotisch durch die Wänden des eingestülpten Fadens eindringen, wenn man zulässt, dass die letzteren aus einem Stoff bestehen, welcher nach seinen osmotischen Eigenschaften von den Wänden der Kapsel selbst verschieden ist.

In solchem Falle genügt es, dass irgend eine Ursache dem Wasser den Zutritt nur in den Anfang des eingerollten Fadens öffnen möge, und es wird durch seine Wände diffundiren und das Aufquellen der umgebenden Masse hervorrufen. Ein Theil des Fadens wird sich hervorstülpen; dadurch wird sich die Oberfläche, durch welche die Diffusion stattfindet, beträchtlich vergrössern, und das fernere Aufquellen der inneren Masse und zugleich auch das weitere Auswerfen des Fadens wird immer schneller und schneller vor sich gehen. Die Diffusion wird dadurch erleichtert, dass die Wand des Fadens äusserst dünn ist. Das Ausfliessen des Wassers durch eine Oeffnung am Ende des Fadens aber ist schwerlich zulässlich, aus dem Grunde, weil die Bewegung des Wassers durch ein so enges, langes capillares Rohr, welches der Faden der Nematocyste vorstellt, nur mit äusserster Langsamkeit stattfinden kann; zudem ist der Faden in eingerolltem Zustande in solchem Maasse zusammengepresst, dass seine Wände einander berühren. Und wäre es nicht der Fall, so würde das erste Aufquellen der inneren Masse diese Wände bis zur gegenseitigen Berührung zusammendrücken und den weiteren Zufluss des Wassers abschneiden. Auf diese Weise erscheint für mich die Diffusion durch die Wände des Fadens selbst als die wahrscheinlichere Ursache der Entladung.

Andererseits kann die Existenz einer am Ende des ausgestülpten

Fadens befindlichen, sich durch den Durchbruch unter dem Druck der aufquellenden Masse bildenden Oeffnung nicht bezweifelt werden. Wie gezeigt, färbt sich in einigen Fällen der Inhalt der entladenen Kapsel, in anderen Fällen bleibt er ungefärbt. Das weist darauf hin, dass die innere Masse nicht nur bis zur Ausfüllung des ausgeworfenen Fadens aufquillt, sondern dass sie auch Wasser in solcher Menge aufnimmt, dass sie sich nach aussen ergiesst. Aber dazu muss offenbar eine Oeffnung sich bilden.

Eine andere Frage besteht darin, ob der eingerollte Faden denselben Stoff enthält, wie das Innere der Kapsel, oder nicht. Ich hatte schon Gelegenheit, zu erwähnen, das nach der Meinung von *Murbach*¹⁾ nur die in der Höhlung des eingerollten Fadens befindliche Flüssigkeit giftige und klebrige Eigenschaften besitzt. Zugleich verneint *Murbach* die Existenz einer sowohl natürlichen, als auch durch Zerreissen am Ende des Fadens sich bildenden Oeffnung. Andere Autoren, wie z. B. von den Neuesten *Schneider*²⁾, halten sich an die entgegensezte Meinung, d. h. dass das Sekret, welches in der eigentlichen Kapsel enthalten ist, brennend-ätzende Eigenschaften besitzt, und der Faden nur dieselbe Flüssigkeit, oder überhaupt gar keine enthält, da er im Inneren der Kapsel in solchem Grade zusammengepresst ist, dass seine Wände einander berühren.

Die oben angeführten Beobachtungen zeigen, dass sowohl die klebrigen als auch die giftigen Eigenschaften dem in der Kapsel selbst eingeschlossenen und unter der Einwirkung des Wassers bis zum Grade einer schwachen Gummilösung aufquellenden Stoff eigen sind. Wenn derselbe Stoff sich auch im Inneren des eingerollten Fadens befände, so müsste er ebenfalls beim Anfang des Auswerfens des Fadens aufquellen und dadurch dasselbe bis zur Unmöglichkeit erschweren. Die Kapsel müsste früher platzen, als bis der Faden ausgestülpt wäre. Ich denke, dass das Innere des eingerollten Fadens entweder überhaupt keine Flüssigkeit enthält, da seine Wände einander ohne einen Hohlraum zwischen sich zu lassen berühren, oder vielleicht enthält er eine geringe Menge ursprünglichen Protoplasmas.

¹⁾ L. c. S. 16. „Mir scheint es nun wahrscheinlicher anzunehmen, dass das in dem eingestülpten Schlauchlumen enthaltene Sekret, welches beim Ausstülpen nach aussen kommt, sowohl klebrige wie auch giftige Eigenschaften hat, das in der Kapsel enthaltene Sekret dagegen weder giftig noch klebrig ist, sondern nur dazu dient, hydrostatisch zu wirken.“

²⁾ *Camillo Schneider*. Mittheilungen über Siphonophoren. I. Nesselzellen. Zoolog. Anz. № 464. 1894. Separatabdruck S. 7.

Welche nächste Ursache öffnet denn dem Wasser den Zutritt in das Innere der Kapsel zu der aufquellenden Masse?

Offenbar kann diese Ursache äusserst gering sein, eben so gering, wie die Umdrehung des Hebeln, welcher dem Dampf den Zutritt zu den Cylindern der Dampfmaschine öffnet. Doch worin gerade besteht diese nächste Ursache — das bleibt für mich leider unklar. Eine solche Ursache könnte freilich das Abwerfen der die obere Oeffnung der Kapsel bedeckenden Kappe unter dem Einfluss der Reibung oder des Druckes auf das Cnidocil sein. Doch konnte ich mich von dem beständigen Vorhandensein der Kappe und des Cnidocils nicht überzeugen. Die Menge des umgebenden Plasmas ist zu unbedeutend, dass man in ihrer Zusammenziehung den ersten Anstoss zum Auswerfen des Fadens sehn könnte. Auf diese Weise bleibt, wenigstens für die Actinien, wahrscheinlicher die von *Möbius* ausgesprochene Meinung, das der nächste äussere Anlass zur Entladung von dem durch die Contraction der anliegenden Zellen erzeugten Druck gegeben wird¹⁾. Doch giebt dieser Druck kein Uebergewicht der Elastizität der Wände der Kapsel über den Widerstand, welchen die Härchen erweisen, wie es nach der Meinung von *Möbius* der Fall ist, sondern verursacht das Abwerfen der Kappe in den Fällen, wo diese vorhanden ist, und das Ausstülpen des Anfangstheiles des Fadens, und stellt auf diese Weise der Einwirkung des Wassers die osmotische Oberfläche blos. Unzweifelhaft ist, dass die Kapsel eine gewisse Reife erreichen muss, um zum Auswerfen des Fadens fähig zu sein, da nicht alle an derselben Stelle befindlichen Kapseln zu gleicher Zeit sich entladen. Andererseits gelingt es bei weitem nicht immer, durch Druck auf das Deckgläschen die Kapsel sich zu entladen zu zwingen.

Was die Wirkung, welche die Nesselorgane ausüben, anbetrifft, so sind in dieser Hinsicht die von *Möbius*²⁾ mitgetheilten Beobachtungen so ausführlich, dass mir nur übrig bleibt, mich auf ihre Bestätigung zu beschränken.

„Hat man eine Glasplatte von den ausgestreckten Tentakeln eine Aktinie berühren lassen, so bemerkt man nachher auf derselben kleine Flecke, welche, wie ihre mikroskopische Untersuchung zeigt, nur aus Nesselpäuseln bestehen. Die meisten sind reif und entladen, und mit diesen sind nur wenige der Reife

¹⁾ L. c. S. 6. „Ein schwacher Druck im umgebenden Gewebe: und die Kapselwand ist, mit ihm vereint, kräftig genug, den Schlauch auszustossen“.

²⁾ L. c. S. 12—15.

nahe stehende vermischt. Die ausgestülpten Schläuche adhäriren also so stark an der Glasfläche, dass sie ihre eigenen Kapseln aus der Haut des Polypen herausziehen. Diesen Vorgang konnte ich einmal unter dem Mikroskop mit meinen Augen verfolgen, als ich Schnüre aus der Bauchhöhle von *Caryophyllum Smithii* vor mir hatte. Eine Kapsel schoss ihren Schlauch aus, blieb aber selbst noch an ihrer Stelle in der Haut sitzen; als sich aber bald darauf die Schnur etwas zurückzog, kam die Kapsel aus der Haut heraus, weil ihr Schlauch der zurückweichenden Schnur nicht nachfolgte. Ihre kräftige Adhäsion an den Flächen, mit denen sie zusammentreffen, beweisen die Nesselschläuche auch dann recht deutlich, wenn man abgeschnittene Tentakeln von der Scheere nehmen und mit Präparirnadeln und Lanzetten auf den Objektträger bringen will. Es kostet gewöhnlich mehrere vergebliche Versuche, ehe sie loslassen und in den Wassertropfen hineingleiten“.

In Ergänzung zu diesem kann man bemerken, dass es nicht selten gelingt zu sehen, wie die Nematocysten nach aussen aus der Schicht des Epithelium, in welchem sie liegen, ausgestossen werden und sich dabei entladen oder, umgekehrt, sich entladen und nachher ausgestossen werden. Es scheint, dass eine und dieselbe Ursache, d. h. wahrscheinlich der Druck des umgebenden Gewebes sie zwingt, sowohl ausgestossen zu werden als auch sich zu entladen. Zugleich werden auch viele noch unreife Kapseln ausgestossen.

Ich setze die Citate fort:

„*Edwardsia duodecimcirrata* Sars umgibt, wie alle Arten von *Hyanthiden*, ihren Leib mit einer aus Nesselkapseln bestehenden Hülle, an welcher stets Sandkörner oder andere Bestandtheile des Bodens festhängen. Dieser Zusammenhang entfalteter Nesselkapseln unter einander, und die Vereinigung derselben mit fremden Körperchen zur Bildung jener Hülle spricht ebenfalls dafür, dass die ausgestülpten Schläuche eine starke Adhäsionskraft besitzen“.

Dasselbe kann man an *Cerianthus membranaceus* beobachten. Dabei bildet sich eine solche, oft eine beträchtliche Dicke erreichende Hülle auch dann, wenn das Thier im Aquarium in vollkommen ruhigem Zustande liegt. Auf diese Weise entladen sich hier die Nesselkapseln spontan, sobald sie eine gewisse Reife erlangt haben, oder eine geringe Bewegung des Thieres selbst genügt, um den Impuls dazu zu geben.

„Wer seine Finger zwischen Seerosentakeln hält, hat eine ähnliche Empfindung, wie Spinnfäden hervorbringen, wenn sie die Haut berühren. Diese Empfindung kann sich aber so steigern, dass sie uns wie ein Ansauen vorkommt. Entweder wir selbst ziehen unseren Finger zurück, oder die Seerose ihre Tentakel, und die Haut des Fingers wird nun in die Höhe gehoben, weil sie durch Nesselschläuche mit dem Tentakel in Verbindung gesetzt ist.

„Der ganze Bau des Nesselschlauches ist einer kräftigen Adhäsion desselben sehr günstig. Wir wissen, dass adhäsirende Flächen um so fester aneinander hängen, je mehr Berührungspunkte sie gemein haben. Die Nesselschläuche sind aber Körper von so grosser Feinheit und geschmeidiger Biegsamkeit, dass sie den Erhöhungen und Vertiefungen unserer Oberhaut oder der Haut von Thieren, die den Polypen und Quallen zur Nahrung dienen sollen, mit Leichtigkeit folgen können, um sich ihrer ganzen Länge nach an sie anzulegen. Und die Haare auf dem ausgestülpten Schlauch sind sicherlich vortreffliche Mittel, die Reibung zwischen dem Schlauch und dem berührten Körper zu vermehren, indem sie sich mit den feinsten Erhöhungen desselben verschränken.“

Weitere Détails siehe bei *Möbius*.

„Für Polypen, welche ihren Ort wechseln (Lucernarien, Actinen, Hydren) dienen sie daher als Befestigungsmittel der Tentakel, wenn diese sich beim Fortschreiten an andern Körpern festsetzen“. Ich kann das in Betreff von *Bunodeopsis strumosa Andr.* bestätigen.

Wir werden weiter im Falle der Hydroidpolypen sehen, dass die Fäden der Nematocysten auch alle nothwendige Anpassungen besitzen, um in fremde, sogar verhältnissmässig sehr feste, Körper einzudringen. Bei Actinen ist diese Fähigkeit nicht so deutlich und deswegen werde ich hier darüber nicht ausführlicher sprechen.

In Betreff der giftigen oder brennenden Eigenschaften der Flüssigkeit, welche die Nesselkapseln ausscheiden, kann ich ebenfalls nichts Neues zu *Möbius's* Beschreibung ¹⁾ hinzufügen:

„Nachdem gezeigt worden, dass die Nesselkapseln Haftorgane sind, ist noch die Frage zu erörtern, in welcher Beziehung sie zu der nesselnden Empfindung stehen, welche uns Berührungen von Coelenteraten verursachen.“

¹⁾ Vgl. ebenfalls *Gosse* I. c.

„Ich liess meine Zungenspitze berühren von den Tentakeln einer *Lucernaria quadricornis*, einer *Actinia mesembryanthema*, einer *Bunodes crassicornis*, einer *Caryophyllia Smithii*, einer *Anthea cereus* und einer zusammengehäuften Schaar junger Haarquallen (*Cyanea capillata*), die ihre Strobila kurz vorher verlassen hatten. Bei allen Versuchen trat dieselbe Art brennender Empfindung ein. Kleine Thiere riefen sie nicht sofort bei der Berührung hervor, sondern sie folgte dieser einige Minuten später nach und war nach einigen Stunden wieder ganz verschwunden. Nur *Anthea cereus*, eine grosses Exemplar, das wohl entfaltet nahe an der Oberfläche des Aquariums sass, erregte sofort, als die Tentakel meine Zunge ergriffen, das heftigste Brennen, obgleich ich sie oben so rasch zurückzog, wie ich sie dargeboten hatte. Diesen Versuch machte ich abends 9 Uhr. Am andern Morgen war der Schmerz zwar etwas gelinder, aber ganz vergangen war er erst nach Ablauf von 24 Stunden. Wenn ein fester Gegenstand die Tentakel einer Seerose berührt, so bedecken sie ihn, wie gezeigt worden ist, mit entladenen Nesselkapseln. Anderes als diese findet man nicht auf seiner Oberfläche. Es ist also zu schliessen, dass die Nesselschlüche die Ursache des Nesselns sind“.

Ich meinerseits kann nur hinzufügen, dass ähnliche Experimente sich durch keine besondere Annehmlichkeit auszeichnen.

„Was für besondere Empfindungen die Nesselschlüche in gefangenen Thieren hervorrufen, werden wir niemals genau erfahren. Aber wir können aus ihren Bewegungen schliessen, ob sie durch dieselben in einen gleichgültigen oder unangenehmen Zustand versetzt werden. Ich machte eine Beobachtung, welche zeigt, dass eine Actinie im Stande ist, eine Schnecke durch leise Berührungen zurückzuschrecken. Einer *Actinia mesembryanthemum* hatte ich Fleisch gegeben. Während sie es mit den Tentakeln langsam in den Mund hineindrückte, kroch eine *Nissa reticulata* heran, die es gewittert hatte, und tastete darnach. Aber in dem Augenblicke, wo ihre Athemröhre mit den Tentakeln der Aktinie zusammenstoss, schrak sie heftig zusammen, zog die Röhre zurück und wandte sich ab. Allein das Fleisch lockte sie wiederum an, sie kehrte um, liess sich aber auf dieselbe Weise zurückjagen. Als dieses Angreifen und Abwehren noch einmal wiederholt worden war, legte ich der Schnecke ein anderes Stückchen Fleisch hin, um sie zu beruhigen. Ich kenne keine andern Dinge in Aktinien, als die plötzlich ausgestülpten Nesselschlüche, durch welche das Benehmen der Schnecke erklärt werden könnte.“

„Mikrochemische Versuche, in den Nesselkapseln Ameisensäure zu erkennen, blieben erfolglos. Ich benetzte meine Zungenspitze mit Ameisensäure; ich fing mit sehr wenig an und nahm nach und nach mehr, bis ich Brennen fühlte. Ehe das Brennen eintrat, schmeckte ich schon die Säure. Wenn Seerosen meine Zungenspitze nesselten, nahm ich keine Spur von saurem Geschmack wahr, selbst bei dem heftigen Brennen zwischen den Tentakeln der *Anthea cereus* nicht. Ameisensäure oder überhaupt eine Säure scheint also das Nesselgift nicht zu sein. Hier ist für die Chemiker noch ein besonderes Thiergift nachzuweisen“.

Die Nesselkapseln sind sehr dauerhaft. Im Seewasser bleiben sie Wochen lang unversehrt; im süßen Wasser, ja selbst wenn Essigsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure oder Kali mit dem Seewasser gemengt wird, bewahren sie ihre Form. Diese Reagentien beschleunigen jedoch ihre Entladung und greifen am ersten ihre Härchen an. Durch Jod werden die Nesselkapseln braun gefärbt“.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Entwickelungsweise der Nesselkapseln über.

In dieser Hinsicht herrscht in der Litteratur eine sehr beträchtliche Meinungsverschiedenheit. Ich werde hier in eine ausführliche Darstellung und Kritik der einzelnen Meinungen nicht eingehen, was zu viel Raum einnehmen würde, aber um zu zeigen, wie wesentlich diese Meinungsverschiedenheiten sind, werde ich folgende Stelle aus der letzten Schrift von *Camillo Schneider*¹⁾ anführen.

„Eine Hauptdifferenz in den Ansichten über die Entstehung der Nesselkapseln nebst Schlauch finde ich nicht allein darin, ob der Schlauch innerhalb der Kapsel (*Möbius, Bedot, Chun*) oder ausserhalb (*Jickeli, Nussbaum, Zoja, ich, Murbach*) entsteht, sondern auch in Hinsicht auf die Anlage der Kapsel selbst. Die Zahl der verschiedenen Ansichten ist hier eine beträchtliche; ursprünglich (*Möbius*) wurde angenommen, dass die Kapsel als secrethaltiges Bläschen im Protoplasma interstitieller (subepithelialer) Zellen auftritt, in welches ein Protoplasmazapfen einwächst, aus dem der Faden hervorgeht (*Bedot, ich* in meiner früheren Arbeit) oder in welches der Faden nach seiner Fertigstellung ausserhalb im Protoplasma eigenstülpt wird (*Jickeli, Nussbaum,*

¹⁾ Mittheilungen über Siphonophoren. I Nesselzellen. Zoolog. Anzeiger № 464, 1894. Separatabdruck, S. 2.

Zoja, ich in meiner späteren Arbeit). Ganz anders meinen jedoch *Chun* und *Murbach*. Sie vereinigen sich in der Deutung des soust als Secretbläschen erachteten hellen Raumes in der Zelle als einer Bildung, die gar nichts mit der Kapselanlage zu thun habe; nach *Chun* wächst, wie bei *Bedot*, ein Protoplasmazapfen (*Cnidoblast*) in eine Vacuole, aus dem sowohl Kapsel wie Schlauch hervorgehen, nach *Murbach* ist der „Kapselkeim“ als kleines Stäbchen eher da als der helle Raum (*Secret*) und wächst aus dem Bereich des letzteren heraus in das den Kern umgebende Protoplasma in Windungen hinein, die den Schlauch darstellen“.

Auf folgende Weise beschreibt *Murbach* die erste Anlage der Nematocysten ¹⁾:

„Die erste Anlage der Nesselkapsel (Kapselkeim) beobachtete ich als ein kleines, längliches (manchmal auch beinahe kugeliges) hellglänzendes Körperchen im Inneren nicht des Zellenplasma, sondern des Kernes, beinahe unmittelbar neben dem Kernkörperchen, von demselben durch seine mehr homogene (nicht granulöse) Beschaffenheit unterschieden. In einigen Fällen schien dieser kleine Kapselkeim sich eben erst in Form eines Stäbchens von dem Kernkörperchen abgehoben zu haben, aber noch neben demselben zu liegen. Wo sich von Anfang an mehrere Kernkörperchen gebildet hatten, fand ich später blos ein Kernkörperchen und daneben das längliche Stäbchen. Allmählich kommt nun der Kapselkeim aus der Tiefe des Kernes an die Peripherie zu liegen, ohne dass zunächst an ihm eine auffallende Größenveränderung zu beobachten wäre. Einmal freilich habe ich ihn schon jetzt von einer beträchtlichen Grösse, ähnlich der seiner definitiven Form, vorgefunden. Auf der Peripherie angelangt, ist die Masse bereits unverkennbar die junge Kapsel. Man ist somit zu dem Schlusse berechtigt, dass die erste Aulage der Nesselkapsel aus dem Kern stammt und durch eine Art Theilung entsteht, bei der aber nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der Kernsubstanz Verwendung findet.“

Wegen fernerer Ausführlichkeiten sowohl als einer ziemlich vollständigen Uebersicht der Litteratur dieser Frage verweise ich auf die citirte Arbeit.

Die Meinungsverschiedenheiten entstehen aus der Schwierigkeit, welche durch die äusserste Mikroskopicität des Objectes bedingt ist. Dessenwegen bemühte ich mich, solche Nematocysten aufzufinden, deren Stadien eine beträchtliche Grösse besässen. Ein solches Ob-

¹⁾ L. c. S. 24.

ject stellen die Akonthien der *Aiptasia diaphana* vor, und nämlich die oben beschriebenen grossen Nesselkapseln dieses Thieres. Die Akonthien haben noch den Vorzug, dass man mit ihnen leicht jeder Art Manipulationen vornehmen kann, und auch die Beobachtung der embryonalen Stadien der Nematocysten in lebendigem Zustande keine besonderen Schwierigkeiten darbietet. Einige Unbequemlichkeit dieses Objectes besteht darin, dass die Nesselkapseln der *Aiptasia* etwas specialisirt erscheinen und einige Détails ihrer Entwicklung, wie z. B. die Bildung des feinen Endfadens und des Pfeilchens, der Beobachtung entschlüpfen.

An zerklöpfsten Präparaten aus den lebendigen oder fixierten Aconthien der *Aiptasia* kommt stets eine Masse verschiedener Stadien der Entwicklung der Nematocysten vor, sowohl als auch eine Menge interstitieller Zellen, nach der Terminologie *Kleinenberg's*, in welchen sie entstehen. Letztere haben eine rundliche, spindelförmige oder unregelmässige Form (Fig. 54 und 55) und sind zu amöboiden Bewegungen fähig. Ihre Grösse ist ziemlich mannigfaltig, doch überhaupt sind sie sehr klein und wachsen in dem Maasse, wie die Nematocysten sich in ihnen bilden. Das Plasma dieser Zellen erscheint feinwabig; im rundlichen Kern sind das Kernkörperchen und die Kernmembran deutlich bemerkbar. Die erste Anlage der Nesselkapsel erscheint in der Form einer Vacuole, welche neben dem Kerne oder nicht weit von ihm liegt. Niemals konnte ich sehen, dass die erste Anlage der Nematocyste im Kern selbst erschiene, wie es *Murbach* beschreibt. Anfänglich unterscheidet sich eine solche Vacuole nur durch ihre Grösse ein wenig von den Zellen des umgebenden Plasma's, doch in dem Grade, wie sie grösser wird, grenzt sie sich immer deutlicher vom Zellenplasma durch eine dünne structurlose Membran ab (Fig. 56 und 57). Nachdem sie gewisse Dimensionen erreicht hat, wird sie oval und fährt fort, zu wachsen, indem sie eine solche Form beibehält (Fig. 58, 66 und 61). Mit dem zugleich wächst auch die Zelle selbst. An einem Ende der Kapsel bildet sich eine kleine Ausstülpung — die Anlage des künftigen Fadens, was manchmal früher, manchmal später geschieht (Fig. 59). Diese Ausstülpung verlängert sich allmälig und legt sich längs der Kapsel selbst (Fig. 62). An demselben Ende, an welchem sich diese Ausstülpung gebildet hat, giebt es gewöhnlich mehr Plasma, als am entgegengesetzten Ende. Die weiteren Processe des Wachsthums des Fadens sind sehr bequem an lebendigen Nematoblasten zu sehen. Sie führen sich darauf zurück, dass der Faden nach

Massgabe seiner Verlängerung entweder sich in Schlingen längs der Kapsel legt oder sie auf verschiedene Weise umgürtet. Sein Ende endigt abgerundet und ist an frischen Präparaten deutlich sichtbar. Die Kapsel selbst vergrössert sich beträchtlich in ihren Dimensionen und nimmt mehr und mehr eine cylindrische Form an. Ihre Membran besteht aus einer Schicht, ist sehr dünn und elastisch, so dass an frischen Akonthien eine Kapsel, indem sie beim Druck auf das Deckgläschen aus den umgebenden Zellen hervorgedrückt wird, manchmal zu einem feinen zwischen den Zellen liegenden Auswuchs sich ausdehnt, während der schon ausgestossene Theil von Neuem eine rundliche Form annimmt. Doch stehen die Kapseln hinsichtlich ihrer Elasticität weit hinter z. B. den rothen Blutkörperchen.

In das Innere der Kapsel gelangt der Faden durch Einstülpung, welche vom distalen Ende des Fadens anfängt, und deren erste Phasen in diesem Fall der Beobachtung vollkommen entgehen. Viel deutlicher sind sie, wie wir es sehen werden, bei Medusen und Siphonophoren. Wenn der eingestülpte Theil schon in das Innere der Kapsel eingedrungen, aber noch sehr kurz und zart ist, ist er nur an fixirten Präparaten bemerkbar, an frischen aber gelingt es nicht, ihn zu bemerken. Der Process der Einstülpung wird gewöhnlich so beschrieben, dass wenn der Faden sich gebildet und seine endliche Länge erreicht hat, er in das Innere der Kapsel durch eine am Ende des Fadens anfangende Einstülpung eingezogen wird. Das, was ich gesehen habe, lässt vermuten, dass die Sache ein wenig anders vor sich geht. Der Faden stülpt sich wirklich vom Ende angefangen ein, doch lässt sich ein eingestülpter Theil des Fadens unterscheiden, wenn der Faden noch ganz kurz ist und zu wachsen fortfährt. Es ist möglich, wie wir es weiter bei Medusen und Siphonophoren sehen werden, dass die Einstülpung noch früher anfängt, aber der Beobachtung entgeht, da das distale Ende des Fadens sogar in ausgewachsenen Nematocysten von *Aiptasia* äusserst fein ist. Fig. 68 stellt eine Kapsel von verhältnissmässig noch geringer Grösse, mit einem kurzen zarten Faden, dessen Ende sich im umgeben den Plasma verliert, dar. Im Inneren der Kapsel hängt schon das kurze Ende des eingestülpten Theiles des Fadens, welches in der Form eines flachen Trichters endigt und vollkommen deutlich aus dem Inneren des äusseren Theiles des Fadens ausgeht. In Fig. 69 hat sich der Faden beträchtlich in die Länge vergrössert. An seinem distalen Ende bemerkt man deutlich die Oeffnung, von welcher

die Einstülpung anfängt. Der Faden selbst bietet annähernd das-selbe Bild dar, wie der Faden der reifen Kapsel zur Zeit des Auswerfens, d. h. im Innern des äusseren Rohres zieht sich ein inneres, dessen Ende in das Innere der Kapsel herabhängt. Das-selbe sehen wir in Fig. 70, 71 und 72, mit dem Unterschied, dass sowohl der Faden selbst, als auch sein schon in der Kapsel liegender Theil sich mehr und mehr in der Länge vergrössern. An letzteren Zeichnungen sind die Windungen des äusseren Fadens, welche an der entgegengesetzten Wand der Kapsel liegen, nicht aufgezeichnet. Bei fernerer Entwicklung vergrössert sich der in das Innere der Kapsel eingestülpte Theil immer mehr und mehr und fängt an, Schlingen zu bilden (Fig. 73 und 74), während die Länge des aussen liegenden Fadens sich verringert; in Fig. 73 und 74 ist dieser Theil des Fadens nicht abgebildet, um die Zeichnung nicht zu verdunkeln. Endlich gelangt der ganze Faden in das Innere der Kapsel, wo er Windungen bildend liegt (Fig. 75).

Welche Ursache bedingt die Einstülpung?

Diese Frage legen sich *Murbach* und *Schneider* vor. *Murbach* stellt die Sache auf folgende Weise dar¹⁾.

„Sobald der Kapselkeim an die Oberfläche des Kernes aufge-rückt ist, bildet sich um denselben ein heller Hof, entweder blos an der inneren Seite oder fast im ganzen Umfange. Oft jedoch verweilt er längere Zeit im Plasma der Zelle, ehe sich der helle Hof um ihn bildet. Diesen hellen Hof oder Sekretraum, wie er von den älteren Autoren auch genannt worden ist, nahm man bis dahin für die erste Anlage der Kapsel an. Verleitet wurde man zu dieser Annahme jedenfalls durch die Häufigkeit der Fälle, in denen der kleine Kapselkeim beinahe ganz von dem hellen Hofe umgeben war. Ich meinerseits aber habe nie einen Sekret-raum ohne Kapselkeim auffinden können, wohl aber junge Kapselkeime, die noch nicht von einem hellen Hofe umgeben waren. Dieses helle Aussehen des Hofes ist jedenfalls darauf zurück zu führen, dass das Protoplasma durch das Wachsthum der jungen Kapsel dünnflüssiger geworden ist, denn mit dem Grösserwerden des Hofes wird das ursprünglich dickflüssige Protoplasma allmäh-lich auf eine sehr dünne Hülle (Plasmabelag) reduziert. Der dünne Plasmamantel ist an der Stelle, wo er den Kern birgt, bedeu-tend dicker als sonst, ja sogar dicker als nötig scheint, um blos

¹⁾ L. c. S. 25.

Nr. 1. 1896.

den Kern zu beherbergen. Es ist dies die Stelle, wo der Hals der jungen Kapsel dem Protoplasma anliegt, und von wo aus sich auch der Schlauch des Nesselapparates ausbildet. Der Hals der Kapsel wird allmälig etwas länger, bis man schliesslich in ihm den Basaltheil des Schlauches erkennt. Und endlich sieht man, wie eine fadenförmige Fortsetzung des Halses, durch stärkere Lichtbrechung auffallend, in den Plasmabelag hineinwächst und eine Windung nach der anderen um den Kern herum legt: es ist der Schlauch der Kapsel, den man darin vor sich hat. Der Basaltheil desselben liegt in der äussersten Spirale, während das innerste, wachsende Ende den Kern umfasst". Nachher geschieht die Einstülpung. „Kapselkeim und Schlauch sind jetzt vollkommen ausgebildet. Der Kapselkeim wird zur dünnen Innenwand der doppelwandigen Kapsel und der Schlauch ist eingestülppt, während die Masse, die den hellen Hof um die innere Kapselwand (Kapselkeim) bildete, sehr rasch kleiner wird, sich verdichtet und schliesslich die dickere äussere Wand der Kapsel darstellt. Die Angaben der früheren Autoren über Einstülpung des Schlauches beziehen sich nie auf die erste Ursache dieser Erscheinung. Sie beschränken sich durchweg auf die die Einstülpung unterstützenden Momente. Zu diesem ganz eigenartigen Vorgang möchte ich mir nun erlauben, folgende Bemerkungen als Versuch einer Erklärung zu machen. Ich nehme an, dass mit dem Abschluss der Bildung der inneren Kapselwand und des Schlauches eine chemische Veränderung im Plasma der Nesselzelle vor sich geht. Es wird der „hellen Masse“ (d. h. jener, die die innere Kapsel umgibt, also den früher besprochenen hellen Hof bildet) Wasser entzogen und die Folge davon ist, dass diese sich verdichtet. Das Wasser, welches auf diese Weise der äusseren Kapselwand entzogen wurde, wird nun aus dem Inhalte der inneren Kapsel ersetzt. Durch diesen Wasserverlust im Innern der Kapsel muss der Druck auf das Äusserre der Kapsel zunehmen. Die Kapsel, nunmehr aus doppelter Hülle bestehend, wird so fest, dass sie dem Drucke von aussen gar nicht oder sehr wenig nachgiebt, wie man auch aus ihrer Form erschliessen kann. Der Schlauch dagegen stellt eine dännere nachgiebigere Stelle dar und zwar ist die Spitze des Schlauches am dünnsten. An dieser Stelle wird nun dem Drucke nachgegeben, und eine rasche Einstülpung vom Ende des Schlauches aus ist davon die natürliche Folge. Von der Spitze an wird der Schlauch durch den „negativen Druck förmlich eingezogen“.

Schneider¹⁾), indem er im Allgemeinen die von Murbach gebene Erklärung annimmt, ist nicht mit allen Einzelheiten einverstanden, in deren Analyse ich nicht eingehen, sondern mir einige eigene Bemerkungen über diese Frage zu machen erlaubt werden.

Ich habe schon bemerkt, dass es mir nie gelang, die Bildung der Kapseln im Inneren des Kernes zu beobachten. Eben so wenig beobachtete ich einen hellen Hof um die sich entwickelnden Kapseln. Indessen kam es mir nicht selten vor, die Bildung solcher heller Höfe um die Kerne herum zu beobachten, indem das Plasma unter Einwirkung der Reagentien sich ein wenig zusammenzog und vom Kern lostrennte; dasselbe kann augenscheinlich auch um die sich bildenden Nesselkapseln stattfinden. Mir scheint, dass das Wachsen der Kapsel selbst und der daraus entstehende innere negative Druck eine genügende Ursache zur Erklärung des Einziehens des Fadens sein können.

Was den Process des Einziehens selbst anbetrifft, so kann er nicht so vor sich gehen, wie man ihn gewöhnlich beschreibt, d. h. er kann nicht vom Ende des Fadens, welcher schon eine beträchtliche Länge erreicht hat, anfangen. Dieser Faden hat in seiner ganzen Länge fast dieselbe Dicke und verdünnt sich etwas in der Richtung zu seinem distalen Ende, doch sehr unbedeutend. Wenn am Ende des langen Fadens das Einziehen auch unter dem Einfluss des negativen Druckes im Inneren der Kammer begonnen hätte, so würde, je weiter dieses Einziehen fortschreiten würde, die Reibung stärker werden, und sehr schnell würde die Abplattung der dünnen Wände des hohlen Fadens weniger Hindernisse bieten, als das fernere Einstülpen. Das weitere Einziehen des Fadens müsste ganz eben so vor sich gehen, wie er ausgeworfen wird, d. h. angefangen von der Basis des Fadens. In der That können wir das äussere Medium als eine ungeheure Kapsel ansehen, aus welcher unter dem Einfluss eines Druckes, welcher den Druck im Inneren der eigentlichen Kapsel überwiegt, der Faden in diese letztere ausgeworfen wird. Wenn in den reifen Kapseln bei der Entladung das Auswerfen des Fadens nach aussen von der Basis des Fadens anfängt, so giebt es keine Ursachen, warum so zu sagen das Auswerfen des Fadens aus dem äusseren Medium in das Innere der Kapsel bei der Entwicklung der Nematocysten vom Ende anfangen sollte. Das sind vollkommen gleich-

¹⁾ L. c. S. 7.

artige Erscheinungen. Dies alles unter der Bedingung, dass der Faden seine volle Länge schon oder fast schon erreicht hat. Doch kam es Niemand vor, jemals etwas Derartiges in Wirklichkeit zu beobachten, und in wie fern ich urtheilen kann, geschieht die Sache anders.

Meine Beobachtungen zeigen, dass das Einstülpnen des Fadens dann anfängt, wenn die Kapsel noch klein, und der Faden ganz kurz ist. Es ist sehr natürlich, dass sein Ende unter dem Einfluss des in Folge des Wachsthums der Kapsel im Inneren derselben entstehenden negativen Druckes nach innen eingezogen werden wird. Doch kann dieser negative Druck nicht hoch sein, da die Vergrösserung der Kapsel nicht nur auf Kosten der Einstülpung des Fadens, welcher, wie wir gesehen haben, bei *Aiptasia* einen verhältnissmässig sehr kleinen Theil der Kapsel einnimmt, vor sich geht, sondern offenbar hauptsächlich auf Kosten des Aufnehmens von Flüssigkeit aus dem umgebenden Plasma. Ein solcher Eintritt des Wassers in das Innere der wachsenden Kapsel compensirt hauptsächlich den inneren negativen Druck, welcher in Folge des Wachsthums entsteht.

Jetzt wollen wir sehen, wie sich erklärt, was ferner stattfindet.

Wenn das Ende des kurzen Fadens sich eingestülpt hat und schon theilweise in das Innere der Kapsel herabhängt, der Faden selbst aber auf diese Weise doppelt erscheint, ist sein äusseres Rohr vom Protoplasma der Bildungszelle oder des Cnidoblasts, in welchem sich die Nematocyste entwickelt, umgeben. Die Lebensfähigkeit des Protoplasma ist die Ursache des Wachsthums aller Zellbildungen, und unter ihrem Einfluss muss das äussere Rohr stärker wachsen, als das innere, zu welchem die nährenden Säfte aus dem Zellenplasma nur nachdem sie schon durch das äussere Rohr oder die Dicke der Kapsel selbst gedrungen sind, gelangen. Was wird denn in Folge dessen geschehen? Es würde scheinen, dass das stärker wachsende äussere Rohr den schon eingestülpten Theil von Neuem herausziehen müsste. Doch ist dazu nothwendig, dass es überwinde: erstens — die Reibung, mit welcher das innere Rohr sich im äusseren bewegt, und welche wahrscheinlich nicht besonders beträchtlich ist; zweitens, — den negativen Druck, welcher die Einstülpung hervorgerufen hat und in derselben Richtung zu wirken fortfährt, ein Druck, welcher wahrscheinlich schon stärker als die Reibung ist, und endlich, — den negativen Druck, welcher bei dem Hervorziehen des inneren Rohres ähnlich

wie beim Kolben der Pumpe entstehen, und sehr beträchtlich sein würde. Da die in Folge des Uebergewichts des Wachsthums des äusseren Rohres über das Wachsthum des inneren Rohres entstehende Kraft nicht genügt, um alle diese Hindernisse zu bewältigen, so bleibt dem äusseren Rohre nichts übrig, als sich, nach Massgabe seines Wachsthums, an seinem distalen Ende nach Innen weiter einstülpen, was in der That auch geschieht, weil, wie meine Zeichnungen zeigen, das nach aussen von den sich entwickelnden Kapseln liegende doppelte Rohr sich in seiner Länge beträchtlich vergrössert, während die eigentliche Einstülpung sehr langsam vorschreitet, und der in das Innere der Kapsel herabhängende Faden sich sehr allmälig verlängert. Man braucht nicht davon zu reden, dass die Wände des doppelten Fadens nicht zusammenfallen können, weil im inneren Faden kein Lumen existirt.

Endlich erreicht das Wachsthum des Fadens seine höchste Grenze und bleibt stehen, oder wird wenigstens äusserst langsam. Der in Folge des fort dauernden Wachsthums der Kapsel existirende negative intracapsulare Druck tritt in den Vordergrund und unter seinem Einfluss gleitet der Faden definitiv in das Innere der Kapsel. Wie wir sehen, erklärt sich der ganze Process ganz einfach.

Auf diese Weise ist die fernere Einstülpung des Rohres in das Innere der Kapsel, nachdem es angefangen hat, als das Rohr noch verhältnissmässig sehr kurz war, das Resultat zweier Processe: des Wachsthums des Rohres selbst und des Wachsthums der Kapsel und des daraus entstehenden negativen intracapsularen Druckes. Der letztere wirkt ausschliesslich dann, wenn das Wachsthum des Rohres aufgehört oder wenigstens sich verzögert hat. Doch übt er seinen Einfluss noch früher, da der in das Innere herabhängende Faden immer länger und länger wird. Wenn dieser herabhängende Theil der Beobachtung entgeht, so wird es scheinen, dass der Process auf solche Weise vor sich geht, dass aus der Kapsel allmälig ein langes Rohr hervorwächst und nachher, wenn es seine äusserste Länge erreicht hat, sich an seinem Ende eine Einstülpung bildet und das Rohr in das Innere der Kapsel hereingezogen wird. Doch wollen wir uns vorstellen, dass das Wachsthum der Kapsel oder die allmälige Verdickung ihrer Wände auf Kosten der in derselben enthaltenen Flüssigkeit und der daraus entstehende negative intracapsulare Druck das Wachsthum des Rohres selbst übertreffen wird. Dann wird der äussere doppelte Theile des Rohres nicht die Zeit haben, in die Länge zu

wachsen; alles, was sich neu bildet, wird unverzüglich sich einstülpen, und in Folge einer solchen geringen Unübereinstimmung zwischen dem Wachsthum des Rohres und dem Wachsthum der Kapsel wird sich das Bild vollkommen verändern. Es wird scheinen, als ob das Rohr in das Innere der Kapsel vom ersten Moment seiner Bildung an hineinwächst, obgleich im Grunde wir denselben Process wie früher, nur in etwas veränderter Form vor uns haben werden. So geschieht es, wie ich mich davon ganz bestimmt überzeugen konnte, bei dem allerersten Anfange der Fadenbildung bei Medusen- und Siphonophoren. Dasselbe findet vielleicht statt auch bei *Aiptasia*, aber hier entschlüpfen die ersten Momente der Fadenbildung der Beobachtung.

Figur 75 stellt eine junge Kapsel von *Aiptasia* vor, bei welcher der Faden schon vollkommen in das Innere der Kapsel sich eingezogen hat. Indem man diese Zeichnung mit Fig. 41 und 42, welche bei genau derselben Vergrösserung gezeichnet worden sind, vergleicht, kann man sehen, dass eine junge Kapsel nach ihren Dimensionen beträchtlich grösser als eine erwachsene ist, und dass ihr Faden verhältnissmässig viel länger als die Kapsel ist, so dass er in der letzteren Schlingen bildend liegt, während man dieses an einer erwachsenen Nematocyste nicht bemerkte. Der Faden erscheint einstweilen vollkommen glatt. Fig. 76 stellt eine eben solche Kapsel mit dem Unterschied vor, dass im Inneren des eingestülpften Fadens die Härchen, welche sich gebildet haben, schon deutlich zu unterscheiden, und mit ihren Spitzen nach innen und vorne gerichtet sind. Man konnte sie nicht unterscheiden weder zu der Zeit, als der Faden noch ausserhalb der Kapsel lag, noch an dem schon eingestülpften Faden, wie die vorhergehende Figur zeigt. Man kann, mit Murbach¹⁾ übereinstimmend, voraussetzen, dass der Faden sich zugleich mit dem ihn bedeckenden dünnen plasmatischen Ueberzug (Bildungsmatrix) einstülpt, welcher einen protoplasmatischen Stiel in der Mitte des eingestülpften Fadens bildet, auf dessen Kosten später die Härchen und die Fortsätze entstehen. Die Beobachtungen sprechen auch theilweise zu Gunsten einer solchen Voraussetzung. Beim Drücken auf das Präparat platzen die jungen Kapseln und die in denselben eingeschlossenen Faden stülpen sich in der Richtung nach hinten hervor. In Folge der Zusammenpressung werden die im Inneren derselben liegenden Härchen besonders deutlich. Fig. 79 stellt einen solchen zerquetschten,

theilweise zerschlagenen Faden aus einer jungen Kapsel in einem der späteren Stadien vor. Die Härchen erscheinen verhältnissmässig grob, mit nach vorne gerichteten Spitzen, welche in der Mitte des Fadens in einen dünnen Streifen zusammenfliessen, welcher längs des Fadens liegt und wahrscheinlich den Rest der plasmatischen Bildungsschicht vorstellt. Fig. 80 stellt einen Theil eines ausgeworfenen Fadens einer vollkommen reifen Kapsel vor. Auch hier kann man in seltenen Fällen, wie wir es in der Zeichnung haben, sehen, dass die Enden der Härchen von den Resten des Bildungsplasmas zusammengekittet sind. Vielleicht drückt sich die Reife der Kapseln hauptsächlich in dem endlichen Verschwinden dieses inneren plasmatischen Stieles im Inneren des Fadens, was dessen Wände zu leichter Diffusion fähig macht, aus.

In Fig. 75 erscheinen die Wände der Kapsel noch dünn, doch schon doppeltschichtig, was nach Massgabe der ferneren Entwicklung immer deutlicher wird. Zugleich vollzieht sich hier eine sehr interessante Erscheinung: die Kapsel fängt an, in ihren Dimensionen kleiner zu werden.

Diese Erscheinung kann man dadurch erklären, dass die Kapselfwand zusammen mit ihrem Wachsthum, das heisst zusammen mit dem Aufnehmen einer immer grösseren Menge von Baumaterial, auch dichter wird oder sich condensirt, das heisst dass die Moleküle, welche sie bilden, sich einander nähern, was die Verminderung des gesamten Volums nebst dem Austreten der Flüssigkeit durch die Wände der Kapsel nach aussen verursacht. Man muss denken, dass der Condensationsprozess von dem ersten Momenten der Kapselbildung anfängt, anfangs aber durch andere Erscheinungen verborgen wird. Wir können auf solche Weise zwei Prozesse in dem Kapselwachsthum unterscheiden, welche nebeneinander verlaufen, aber nicht immer nach ihrer Intensität einander entsprechen. Erstens — die Volumsvergrösserung der Kapsel, welche sich in dem Wachsthum der Oberfläche und in der Dicke ihrer Wände ausdrückt, und das Entstehen des negativen Druckes im Inneren der Kapsel bedingt; zweitens — die Verdichtung oder Condensation ihrer Wände, wodurch die Kapsel sich zusammenzieht und daraus ein positiver intracapsularer Druck entsteht. Diese Prozesse verlaufen, wie gesagt, nicht gleichmässig. In den ersten Stadien überwiegt das Wachsthum die Condensation und im Ganzen bekommen wir einen negativen intracapsulären Druck, welcher seinerseits die Einstülpung des äusseren Fadens hervorruft. Von einem gewissen Momente fängt die Condensation an, das

Wachsthum zu überwiegen und der negative intracapsulare Druck wird zum positiven. Dadurch wird eine gewisse Spannung der Kapselwände verursacht, welche sich in der leichten Verkürzung der Kapsel beim Entladen ausdrückt.

Aus dem, was wir über die Weise der Entladung der reifen Kapseln wissen, muss man schliessen, dass ihre Wände im Ganzen der Diffusion des Wassers unzugänglich sind und die ruhende Kapsel vor dem Eindringen des Wassers von aussen, das heisst vor einem frühzeitigen Entladen, schützen. Umgekehrt sind die Wände des Fadens dem Wasser durchdringlich. Ein solcher Unterschied in der osmotischen Beschaffenheit ist dadurch bedingt, dass die Kapselwände zweischichtig sind und eine der Schichten, welche sich in die Wände des Fadens nicht forsetzt, ist dem Wasser undurchdringlich. Die Bildung dieser Schicht wird uns klar sein, wenn wir zur Entwicklung der Nematocysten bei Medusen und Siphonophoren übergehen werden.

Dieselben Kräfte, wenn man sich metaphysisch ausdrücken will, wirken ganz von Anfang der Kapselbildung bis zum Moment ihrer Entladung, doch wirken sie nicht mit derselben constanten Energie. Bald werden einige derselben grösser, bald kleiner, ohne jede quantitative Abhängigkeit von einander. Im Zusammenhang damit ist auch das Resultat bald dieses, bald ein anderes, und das absolute Wachsthum der Kammer, das heisst die gesammte Vergrösserung ihres Volumens wird bald eine positive, bald eine negative. Diese Kräfte sind nicht zahlreich. Das Wachsthum der Kammer, welches sich einerseits im Wachsthum der Kammer selbst und des Fadens und andererseits im Wachsthum in der Oberfläche und in der Dicke der Wände und in der Condensation, das heisst in der Verdichtung ausdrückt, der Eintritt der Flüssigkeit in das Innere der Kapsel und deren Austritt nach aussen, welche freilich von derselben allgemeinen Ursache oder Ursachen,—jenen unzugänglichen moleculararen Erscheinungen, welche auch das Wachsthum selbst bedingen, abhängen,—dies sind jene wenigen Kräfte, welche zur Erklärung der hauptsächlichsten beobachteten Erscheinungen genügen.

Ein strenger Kritiker kann, wenn er will, sagen, dass dieses alles nicht mehr, als Hypothesen sind. In Betreff dieses kann ich bemerken, dass ich in meinen Betrachtungen keine neuen Agentien einführte; ich beschrieb das, was ich sah, zog die nothwendigen Schlüsse aus dem Beobachteten und bemühte mich, den causalen Zusammenhang zwischen den Erscheinungen klar zu ermitteln.

Darin besteht der nächste Zweck der Naturwissenschaft, und jede Hypothese, welche diese Grenzen nicht übertritt, ist vom wissenschaftlichen Standpunkte aus vollkommen berechtigt.

Doch gehen wir weiter. Fig. 78 stellt eine schon fast vollkommen gebildete Kapsel, doch noch mit zarten Wänden dar. Aus dem Vergleich dieser Zeichnung mit den vorhergehenden kann man sehen, dass auch der Faden kürzer, doch dicker geworden ist. Er zieht sich im Inneren der Kapsel nur leicht schlängelnd hin; die in seinem Inneren sitzenden Härchen sind vollkommen deutlich zu sehen. Der in Fig. 79 abgebildete Faden gehört annähernd in dieses Stadium. Man muss denken, dass dieselbe Ursache, welche die Verdichtung oder Condensirung der Wände der Kapsel hervorgerufen, doch das absolute Volumen der ganzen Kapsel verringert hat, gleichfalls die Verdickung des Fadens im Zusammenhang mit der Verkürzung seiner Länge bedingt hat.

In diesem Stadium, oder etwas früher, wird auch die dünne haarlose Endabtheilung des Fadens bemerkbar. An früheren Stadien ist er nicht unterscheidbar, wie man denken muss, in Folge seiner Feinheit und Zartheit. Diese Abtheilung unterscheidet sich nur bei *Aiptasia* ziemlich scharf von dem übrigen Faden. Bei anderen Actinien existirt ein solcher Unterschied nicht, und oft ist der Faden überhaupt in seiner ganzen Länge gleich. Man muss denken, dass diese Abtheilung auch vollkommen so, wie der übrige Faden, sich entwickelt. Die ersten Stadien der Fadenbildung werden uns an anderen Thieren klar.

Nicht selten liegen die sich entwickelnden Kapseln in den Zellen, welche ihnen den Ursprung gegeben haben, gebogen, wie es in Fig. 31—33 abgebildet ist. Später werden sie gerade.

Die ferneren Processe der Entwicklung sind so einfach, dass von ihnen wenig zu reden ist. Die Wände der Kapsel werden dicker und dichter, und die Kapsel bekommt ihre endgültige Form. Zugleich nimmt allmälig die sie umgebende Bildungszelle oder das Cnidoblast den Charakter eiuer veränderten Flimmerepithelszelle an.

Es bleibt übrig, zu bemerken, dass in dem Masse, wie die Nesselkapsel sich entwickelt, ihr Inhalt sich immer stärker und stärker mit Methylenblau färbt, was darauf hinweist, dass er immer dichter und dichter, und aus einem flüssigen zu einem gelatinösen wird.

Was die Entwicklung der Kapseln mit einem dichten Faden, welcher ohne Herausstülpung ausgeworfen wird, anbetrifft, so

bleibt sie ununtersucht. Man kann denken, dass diese Kapseln anfänglich vollkommen auf gleiche Weise sich entwickeln, doch die Kapsel nach der Einstülpung des Fadens dünn bleibt und umgekehrt, die Wände des Fadens dick und elastisch werden. Der Inhalt der Kapseln bleibt flüssig.

Andere Anthozoa.

Die Nesselkapseln der anderen Korallenpolypen sind in ihren wesentlichen Zügen den Nematocysten der Actinien vollkommen ähnlich, wobei sie bei einigen Formen, wie z. B. bei *Caryophyllia*, *Dendrophyllia*, eine sehr beträchtliche Grösse erreichen; in anderen Fällen sind sie, umgekehrt, sehr klein, wie z. B. bei den *Gorgonidae*. Hier existiren, eben so wie bei den Actinien, bei einem und demselben Thiere Kapseln von verschiedener Grösse und Form,—mit einem glatten Faden, mit einem Faden, welcher in seiner ganzen Länge mit punktförmigen in drei spiraligen Reihen angeordneten Erhöhungen besetzt ist, mit einem in seiner Anfangsabtheilung Härchen tragenden Faden, und endlich mit einem glatten Faden, welcher durch Zerreisen der Kapsel ohne Herausstülpung ausgestossen wird. Die letzte Art Kapseln ist, in wie fern ich mich überzeugen konnte, überhaupt für alle Korallenpolypen charakteristisch. Die Zellen, in welchen die Nematocysten eingeschlossen sind,— die Cnidoblasten,— zeigen hier dieselben Verhältnisse, wie bei den Actinien. Verschiedene Nesselkapseln der Korallenpolypen zu beschreiben würde also dasselbe wiederholen heissen, was von den Actinien gesagt worden ist; desswegen werde ich hier nur ausschliesslich bei den grossen Kapseln von *Caryophyllia* (ich untersuchte die Art *C. cyathus Lamour*) verweilen, in Anbetracht dessen, dass dieselben Möbius¹⁾ in seiner Monographie ausführlich, aber nicht ganz richtig, beschreibt.

Wie ich im ersten Theile meiner Arbeit hingewiesen habe, besteht nach der Meinung von Möbius in der ruhenden Kapsel die Anfangsabtheilung (der Axenkörper) bei *Caryophyllia* (*Smithii*) als wie aus drei ineinander gesteckten Röhren. Diesen Schluss dehnt Möbius auch auf die Nematocysten einiger anderen Cnida-

¹⁾ Möbius. Ueber den Bau, den Mechanismus und die Entwicklung der Nesselkapseln. 1866.

ria aus. Wir haben schon gesehen, dass hinsichtlich des *Cerianthus* seine Behauptung unrichtig ist. Auf gleiche Weise ist sie, wie ich mich überzeugt habe, auch hinsichtlich *Caryophyllia* und anderer Formen unrichtig.

Die Nesselkapseln von *Caryophyllia* kommen in drei verschiedenen Formen vor: erstens als längliche dünnwandige Kapseln mit spiralem Faden, welcher ohne Herausstülpung ausgestossen wird, zweitens als ovale Kapseln mit dünnwandigem, in seiner gauzen Länge mit drei spiralen Reihen punktförmiger Erhöhungen besetzten Faden, und endlich als cylindrische Kapseln mit Härchen am Anfangstheil des Fadens, von welchen hier auch die Rede ist. Alle Formen von Kapseln, besonders die zwei letzteren Formen, sind von sehr mannigfaltiger Grösse.

Fig. 84 stellt eine Kapsel aus einem Mesenterial-Faden des Thieres mit herausgeworfenem Faden vor. Im Gauzen haben wir hier annähernd dasselbe vor uns, was wir bei *Aiptasia* gesehen haben. Die Kapsel ist dünnwandig und hat eine cylindrische Form. Am Faden unterscheiden sich scharf zwei Hauptabtheilungen. Die proximale Abtheilung ist verhältnissmässig sehr breit und mit drei spiralen Reihen Härchen besetzt, welche nach aussen und ein wenig nach vorne hervorragen. An seinem Anfang unterscheidet man manchmal einen kleinen haarlosen Theil. Die Härchen selbst erreichen ihre grösste Länge in der Mitte der Abtheilung, indem ihre Länge gegen deren beide Enden abnimmt, und fallen am ausgeworfenen Faden leicht ab. Das proximale Ende geht in das distale entweder sich, wie es in der Zeichnung abgebildet ist, allmälig verengend, oder vermittelst eines kurzen kegelförmigen Zwischentheils über. Die distale Abtheilung des Fadens ist viel feiner, und ist in ihrer ganzen Länge mit drei spiralen Reihen punktförmiger Erhöhungen besetzt. Ihre Länge ist, im Gegensatz zu *Aiptasia*, sehr beträchtlich. Die Dimensionen der Kapseln sind, wie erwähnt, sehr verschieden. Die Anfangsabtheilung (Axenkörper) ist ebenfalls von sehr verschiedener relativer Länge und Breite, manchmal sehr kurz und kaum dicker als die distale Abtheilung des Fadens. Bei einer von mir gemessenen Kapsel starker Grösse betrug die Kapsel ca. $90\ \mu$. Länge bei $12\ \mu$. Breite. Der Faden betrug ca. $700\ \mu$. Länge von welchen auf die behaarte Abtheilung $132\ \mu$. kamen. Die Dicke des Fadens war an seiner Basis $5\ \mu$., in der Mitte der behaarten Abtheilung $6\ \mu$., ahm Anfang des haarlosen Fadens $4\ \mu$., bei seinem Ende $3\ \mu$. Die Wände des Fadens sind so dünn, dass sie als eine dünne Linie erscheinen.

Der nicht ausgeworfene Theil erscheint in Folge des Zusammenfallens der Wände viel feiner und gleitet ganz frei in dem ausgeworfenen. Die Windungen der spiralen Reihen der punktförmigen Erhöhungen sind in demselben sehr nahe aneinander gerückt.

In Fig. §5 ist eine solche Kapsel in ruhendem Zustande abgebildet. In der Mitte der Kapsel liegt die Anfangsabtheilung des Fadens, oder der Axenkörper. Seine Härchen sind einwärts und nach vorne gewendet, wobei sie in der Mitte in einen dunklen Streifen zusammenfließen, welcher nähmlich *Möbius* den Anlass gab, in dieser Abtheilung drei in einander gesteckte Rohre zu sehen, was in der That nicht ist, wovon ich mich vollkommen überzeugen konnte. Zu gleicher Zeit beschreibt *Möbius* auch die Richtung der Härchen ganz unrichtig. Am vorderen Ende der Kapsel ragen die Härchen, indem sie sich zusammen legen, in der Form einer Spitze hervor, über deren Bedeutung ich weiter reden werde, wenn ich zu den Nematocysten der Hydroiden übergehe. Am hinteren Ende des Axenkörpers geben sie das Bild eines Trichters, wie wir es bei *Aiptasia* gesehen haben. Die Windungen der Spiralen, welche durch die Reihen der Härchen gebildet sind, sind einander stark genähert und ragen ein wenig nach aussen hervor. Vom Ende des Axenkörpers geht der feine Theil des Fadens ab, welcher sich zuerst nach vorne richtet, und nachher den Axenkörper in einigen spiralen Windungen, die sich bis zum hinteren Ende der Kapsel erstrecken, umgibt.

Bei der Entladung verringert sich die Kapsel in ihrem Volumen nicht merklich, auf was am besten der Umstand hinweist, dass die Dicke der Wandungen dieselbe bleibt. Auf gleiche Weise sind nach ihrer Grösse die ruhenden Kapseln durchschnittlich nicht grösser, als die entladenen. Wenn in meinen Zeichnungen gerade das Umgekehrte abgebildet ist, so geschah es nur der Bequemlichkeit halber, um die Zeichnungen der Kapseln mit ausgeworfenem Faden nicht zu gross zu machen. Ich könnte auch solche Kapseln auffinden und abbilden, dass eine entladene Kapsel doppelt so gross wäre als eine ruhende. Das Volumen des ausgeworfenen Fadens ist nur ein wenig kleiner, als das Volumen der Kapsel selbst, und bei den Nematocysten mit einem in seiner ganzen Länge mit punktförmigen Erhöhungen besetzten Faden, wo der Faden beträchtlich länger ist und mit seinem Windungen fast den ganzen inneren Hohlraum der Kapsel ausfüllt, ist das Volumen des ausgeworfenen Fadens grösser als das Volumen der grösssten ruhenden Kapsel, die man nur antreffen kann. Auf diese Weise

ist auch hier die Contraction des Volumens der Kapsel, wenn sie auch existirt, gering, und kann nur als erster Impuls zum Auswerfen des Fadens dienen, bildet aber nicht seine hauptsächliche Ursache.

Die den freien Raum der Kapsel ausfüllende Substanz verhält sich zu den Reagentien—dem Methylenblau und der Pierinsäure, ganz eben so, wie bei den Actinien, und erscheint manchmal in frischem Zustande leicht körnig. Ihr Aufquellen durch Aufnahme von Wasser auf dem Wege der Diffusion durch die dünnen Wände des Fadens ist auch hier die Hauptursache des Entladens der Kapsel. Davon ist übrigens schon genug in dem Capitel über die Actinien gesagt worden.

Bei meinen Beobachtungen über *Caryophyllia* begegnete ich einem Umstand, welcher mich gänzlich von der Richtigkeit meines Schlusses über die Art der Entladung der Nematocysten überzeugte. Die Thiere waren in der Hertwig'schen Mischung von Osmium- und Essigsäure fixirt und nachher während vier und zwanzig Stunden in schwacher Essigsäure gewaschen worden. Am folgenden Tage wurde ein Stückchen des Gewebes während einiger Minuten mit Methylenblau gefärbt, und eben so viele Zeit in gewöhnlichem Wasser gewaschen. Nachher wurde das Präparat im demselben Wasser durch Zerklopfen durch Schläge auf das mit Wachsfüßchen unterstützte Deckgläschen verfertigt. Nach einigen Minuten Beobachtung sah ich, wie eine grosse ruhende Nematocyste, welche vollkommen frei ohne Mützchen und umhüllende Zelle da lag, und mit Methylenblau in eine dunkelblaue Farbe gefärbt war, mit Schnelligkeit ihren Faden auswarf und allmälig blässer zu werden anfing, bis sie fast vollkommen farblos wurde. Zuletzt blieben Klumpen einer schwach gefärbten Substanz nur im Faden nach, doch nachher verschwanden auch sie, indem sie sich allmälig nach vorne bewegten. Leider gelang es mir nicht zu bemerken, ob der Stoff aus dem Ende des Fadens ausfliesst. Es wurde keine merkliche Verringerung des Volumens der Kapsel beobachtet.

Eine solche Erscheinung ist sehr interessant und giebt wichtige Anzeichen. Erstens ist es offenbar, dass das *Auswerfen* des Fadens eine rein mechanische Erscheinung ist. Die Contraction des Cnidoblastes oder der anliegenden Zellen giebt ihr nur den ersten Anstoss, wie im gegebenen Falle man den ersten Anstoss in dem durch das Deckgläschen geübten Druck suchen muss. Andererseits ist es auch offenbar, dass ein solcher erster Anstoss, in der Form

des Druckes auf die Kapsel entweder von Seiten der anliegenden Zellen, oder von Seiten eines äusseren Körpers, zur Entladung der Kapsel normal nothwendig ist, obgleich ich auch geneigt bin zu denken, dass überreife Kapsel sich so zu sagen spontan entladen. Das Abwerfen des Mützchens, das Auswerfen der Kapsel aus dem Epithelium nach aussen, sind an sich zur Entladung noch nicht genügend, obgleich sie die Rolle einer beträchtlichen Besitzigung der entgegenstehenden Hindernisse spielen. Der Druck aber muss nothwendigerweise zu einem geringen Ausstülpen des Anfangs des Fadens führen, wodurch dem Wasser die osmotische Oberfläche blosgestellt wird. Das Auswerfen des Fadens vollzieht sich anfangs sehr schnell (vergessen wir jedoch nicht, dass seine Schnelligkeit unter dem Mikroskop einige hundertmal vergrössert erscheint), und geht nacher langsamer. Dieses kann man dadurch erklären, dass der osmotische Unterschied zwischen dem Wasser und der im Inneren der Kapsel befindlichen Substanz beim Anfang der Erscheinung grösser, als gegen deren Ende ist, wenn diese Substanz vom Wasser beträchtlich verdünnt wird. Man kann ebenfalls zugeben, dass beim Anfang der Diffusion die Kapsel sich etwas aufbläht, bis der erste Widerstand des Fadens besiegt ist, und dass nachher die Contraction der elastischen Wände die Schnelligkeit der ersten Bewegung vergrössert. Das Blasserwerden der inneren Substanz weist offenbar auf die sich vollziehende Diffusion hin. Es bleibt die Frage übrig, ob die Diffusion durch die Wände der Kapsel selbst, oder durch die Wände des Fadens, sobald derselbe ein wenig ausgestülppt ist, sich vollzieht. Ich neige mich zur zweiten Vermuthung hin. Im entgegengesetzten Falle ist es schwer zu erklären, warum die Entladung sich nur, nachdem die Kapsel einem beträchtlichen Drucke unterworfen wurde, vollzogen hat. Wenn man annehmen würde, dass im Faden selbst irgend ein Hinderniss sich befand, welches dann entfernt wurde, wenn die Kapsel beunruhigt wurde, so erscheint es unbegreiflich, warum bis zu der Zeit die Kapsel unter dem Druck der in dieselbe eindringenden Flüssigkeit nicht barst, weil die Kraft der Diffusion, nach der sehr grossen Vergrösserung des Volumens des die Kapsel ausfüllenden Stoffes, sehr gross sein muss.

Hydroidpolypen.

Bei den Hydroidpolypen haben wir erstens Nesselkapseln, die nach ihrem Bau denjenigen der Korallenpolypen sehr ähnlich sind, bei welchen ich desshalb ausführlich nicht verweilen werde. So kommen hier nicht selten Kapseln von rundlicher, ovaler oder cylindrischer Form mit einem langen glatten oder mit drei spiralen Reihen punktförmiger Erhöhungen in seiner ganzen Länge besetzten, oder drei Spiralen von Härchen in seiner Aufgangsabtheilungen tragenden Faden vor. In anderen Fällen aber erreichen die Nesselkapseln der Hydroiden eine grössere Complicirtheit. Im Allgemeinen unterscheiden sie sich von den entsprechenden Bildungen der Korallenpolypen in drei Beziehungen. Erstens kommen bei den Hydroidpolypen niemals die für die Korallenpolypen so charakteristischen Kapseln mit dünnen Wänden und verhältnissmässig dickem elastischen Faden, welcher nach aussen durch einen Durchbruch im oberen Theil der Kapsel ohne Umstülpung ausgestossen wird, vor. Zweitens kann der Faden der Hydroidpolypen mit langen starken Spitzen oder Widerhaken bezetzt sein, welche bei Anthozoen nicht vorkommen, oder wenigstens habe ich sie niemals angetroffen. Drittens erreichen die die Nematocyste umhüllenden Zellen (die Cnidoblasten) bei den Hydroiden eine verhältnissmässig höhere Differenzirung.

Die Nematocysten von *Hydra* wurden zu wiederholten Malen beschrieben, besonders ausführlich von *Camillo Schneider*¹⁾. Die Nesselkapseln der anderen Hydroidpolypen unterscheiden sich im Allgemeinen, in wie fern ich mich überzeugen konnte, von ihnen wenig. Hier werde ich ausführlich die Nesselkapseln bei *Pennaria Cavolini Ehrbg.* beschreiben, um so mehr da ihre Beschreibung und Abbildung bei *C. Schneider*²⁾ und *O. Hamann*³⁾ nicht in genügender Weise genau sind.

Im Ectoderm von *Pennaria Cavolini* existiren dreierlei Art Nesselkapseln: grosse Kapseln mit einem lange Widerhaken tragenden Faden, welche sich in den mit Nesselköpfen versehenen Ten-

¹⁾ *Camillo Schneider*. Histologie von *Hydra fusca*. Arch. für mikr. Anat. Bd. XXXV. Siehe ebenfalls *F. Jickeli*. Der Bau der Hydroidpolypen. Morph. Jahrb. Bd. VIII. 1883.

²⁾ *C. Schneider*. Einige histologische Befunde an Coelenteraten. Jen. Zeitschrift, Bd. XXVII, N. F. XX. 1892.

³⁾ *Otto Hamann*. Studien über Coelenteraten. I Zur Anatomie der Nesselkapselzellen. Jen. Zeitschr. Bd. XV, N. F. VIII.

takeln und ebenfalls im Ectoderm an der Basis der Körpers des Polypen befinden; ihnen in ihrem Bau vollkommen ähnliche Nesselskapseln von beträchtlich geringerer Grösse, die im ganzen Ectoderm zerstreut sind, und Nematocysten mit glattem Faden, welche ebenfalls im Ectoderm ohne jede bestimmte Ordnung zerstreut sind, doch verhältnissmässig selten vorkommen.

Fig. 86 stellt eine grosse Nematocyste ohne anliegenden Cnidoblast in entladem Zustande vor. Wir haben vor uns eine Kapsel von ovaler oder eiförmiger Form, deren Wandung aus zwei Schichten besteht,—einer äusseren dünneren, und einer inneren dickeren, schwächer lichtbrechenden. Am Anfang des ausgeworfenen Fadens sitzt nicht selten eine Bildung von scheinbar unregelmässiger Form, zu welcher wir später zurückkehren werden. Am ausgeworfenen Faden kann man zwei Hauptabtheilungen unterscheiden: eine kürzere doch dicke Anfangsabtheilung, welche verschiedene Anhänge trägt (Axenkörper nach der Terminologie von *Möbius*),—und eine distale, sehr lange und feine, welche glatt ist. An der Anfangsabtheilung kann man wieder zwei Theile unterscheiden, welche annähernd einander an Länge gleich sind. Der proximale Theil erscheint von aussen vollkommen glatt, mit verhältnissmässig dicken Wänden. Indem man die mikroskopische Schraube bewegt, ist es nicht schwer, sich zu überzeugen, dass die Dicke dieser Wände nicht gleichmässig ist, nämlich muss im Querschnitt der äussere Contour dieses Theils rund, der innere dreieckig sein. Der distale Theil des Axenkörpers besitzt gleichmässig dünne Wände und verengt sich allmälig nach oben, indem er in einen feinen Faden übergeht. An der Grenze beider Theile des Axenkörpers sitzen drei mit ihren Spitzen seitwärts und etwas nach hinten gerichtete Widerhaken. Von der Basis jedes Widerhakens zieht sich längs des distalen Theiles der Axenkörpers, sich etwas von links nach rechts spiraling windend, je eine Reihe kurzer ebenfalls mit ihren Spitzen seitwärts und nach hinten gerichteter Härchen. Wir haben folglich im Ganzen drei spirale Reihen von Härchen, ganz eben so, wie wir es bei den Actinien gesehen haben, und welche eben so gewunden sind. Die Widerhaken stellen nichts Anders vor, als vergrösserte erste Härchen jeder Reihe.

Fig. 88 und 90 stellen dieselben Kapseln in ruhendem Zustande vor. Man unterscheidet deutlich den in der Mitte der Kapsel liegenden Axenkörper, in dessen Innerem sich drei mit ihren Spitzen nach vorne gerichtete Widerhaken befinden, welche sich dicht

an einander so anlegen, dass man einen dreikantigen Dorn bekommt. Dadurch wird auch die ungleichmässige Dicke der Wände des proximalen Theiles des Axenkörpers bedingt. Die Härchen des distalen Theiles des Axenkörpers sind mit ihren Spitzen einwärts und nach vorne gerichtet, und ihre Spiralen sind einander genähert. Den glatten Faden unterscheidet man in den ruhenden Kapseln bei *Pennaria Cavolini* nur in seltenen Fällen und mit grosser Mühe. Wenn es gelingt, so kann man sehen (Fig. 90), dass die glatte Abtheilung den Axenkörper in der Form einer geräumigen Spirale umgürtet, wie es vortrefflich von *Franz Eilhard Schultze*¹⁾ und *C. Schneider*²⁾ für *Hydra fusca* abgebildet ist. Der vom Faden nicht eingenommene Innenraum der Kapsel ist mit einer gelatinösen Masse ausgefüllt, welche auch in frischem Zustande deutlich sichtbare Klumpen bildet. Diese Klumpen sind es, welche den feinen spiralen Faden deutlich zu unterscheiden verhindern. Die gelatinöse Masse färbt sich stark mit Methylenblau und Picrinsäure, und verwandelt sich bei der Entladung in eine farblose Flüssigkeit, welche sich keiner Färbung mit Reagenzien unterwirft. Mit einem Wort haben wir hier bei der Entladung der Nesselkapseln genau dasselbe, was wir bei den Actinien gesehen haben, mit dem Unterschiede, dass hier die Kapsel bei der Entladung sich wirklich in ihren Dimensionen etwas contrahirt, worauf auch die Verdickung ihrer Wände hindeutet. Dennoch ist auch hier, in so fern ich mich überzeugen konnte, eine solche Contrahirung niemals so beträchtlich, dass sie allein als Ursache des Auswerfens des Fadens dienen könnte. Das Aufquellen der gelatinösen Masse spielt auch hier die Hauptrolle. Die Contrahirung der Kapsel kann eine Bedeutung beim Anfang des Austülpens des Fadens haben, wodurch die Möglichkeit zur ferneren Diffusion der Flüssigkeit durch die der Osmose fähigen Wände des Fadens gegeben wird. Errinnern wir uns, dass in der Anfangsabtheilung des Fadens die Wände verhältnissmässig dick sind, und desswegen die ursprüngliche Ausstülpung grösser sein muss, im Zusammenhang womit auch die Kapsel sich stärker contrahirt.

Fig. 91 und 92 stellen dieselben Kapseln im Process des Ausstülpens des Fadens vor. In Fig. 91 hat sich der proximale Theil

¹⁾ *Franz Eilhard Schultze*. Ueber den Bau und die Entwicklung von *Cordylophora lacustris*. 1871. Taf. VI, Abb. 1 und 5.

²⁾ *C. Schneider*. Histologie von *Hydra fusca*. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXV. Taf. XVII, Abb. 10.

des Axenkörpers ausgestülpt, die Widerhaken sind noch mit einander zu einem Dorn zusammengelegt. In Fig. 92 hat sich der ganze proximale Theil ausgestülpt, und das Auswerfen des glatten feinen Fadens, welcher am ausgestülpten Theile deutlich doppelt erscheint, hat angefangen. Die Widerhaken haben auseinander zu weichen angefangen, doch sind sie einstweilen noch nach vorne gerichtet.

Die Oeffnung der äusseren Kapsel ist mit einem besonderen dreieckigen Deckel, dem inneren Lumen des Anfangs des Fadens entsprechend, bedeckt (Fig. 89). Dieser Deckel ist an einem Ende an die äussere Kapsel befestigt, in seiner übrigen Ausdehnung legt er sich auf die Ränder der von derselben gebildeten Oeffnung, so dass im optischen Schnitt man eine Figur erhält, welche an Laptermann's Einschnitt erinnert. Bei der Entladung wird dieser Deckel auf die Seite abgeworfen und sitzt gewöhnlich am Anfang des ausgeworfenen Fadens, wie höher erwähnt worden ist, oder fällt seltener vollkommen ab. Auf diese Weise ist dieser Deckel dem Mützchen der Actinien, welche den umgewandelten Saum der epithelialen Zelle vorstellt, nicht homolog, obgleich, wie man denken muss, er dieselbe Bestimmung im Sinne eines Hindernisses gegen spontane Entladung der Kapsel hat, indem er der Flüssigkeit, welche die gelatinöse Masse aufzuquellen zwingt, den Eintritt verwehrt.

In Fig. 97 und 98 sind in ruhendem und entladenem Zustande Kapseln von ganz demselben Bau abgebildet, welche aber von beträchtlich geringerer Grösse sind, wie man es in der Zeichnung sehen kann, wo sie bei derselben Vergrösserung abgebildet sind.

Ausser den beschriebenen Nesselkapseln kommt bei *Pennaria Cavolini* noch eine dritte Art von einfacherem Bau vor. In Fig. 99 und 100 sind ähnliche Kapseln mit ausgeworfenem Faden abgebildet. Die Kapsel ist birnförmig, der Faden glatt und in seiner Anfangsabtheilung etwas erweitert. In der ruhenden Kapsel (Fig. 101) liegt diese Abtheilung gerade, indem sie einen Axenkörper bildet. Was ähnliche Kapseln von allen früher beschriebenen unterscheidet, ist das Vorhandensein in ihnen eines stark lichtbrechenden runden Körperchens, welches sich durch Methylenblau nicht so intensiv färbt, wie die die Kapsel anfüllende gelatinöse Masse. Bei der Entladung bleibt dieses Körperchen entweder unverändert, oder es nimmt eine unregelmässige Form an (Fig. 100), bekommt Risse oder bedeckt sich mit Vertiefungen. Scheinbar habeu wir hier eine weitere Umwandlung der gelatinösen Masse vor uns.

Jetzt gehen wir zur Beschreibung derjenigen Zellen oder, wie man sie nennt, Cnidoblasten über, in welchen die Nesselkapseln eingeschlossen sind.

Diese Zellen umhüllen die Nesselkapseln als eine dünne plasmatische Schicht, deren äusserer Theil einen häutigen Charakter annimmt. Im Inneren der Zelle unter der Nesselkapsel oder seitwärts von derselben liegt der Kern. Am oberen Ende der Zelle sitzt gewöhnlich das Cnidocil, und das untere Ende verlängert sich in einen feinen Fortsatz, welcher in seltenen Fällen auch fehlen kann. Solches ist in seinen wesentlichen Zügen der Bau der Nesselzellen oder Cnidoblasten. Doch gibt es noch einige feinere Details, welche nicht ohne Interesse sind.

Wir haben gesehen, dass bei den Actinien der Cnidoblast in erwachsenem Zustande eine etwas veränderte Flimmerepithelzelle vorstellt. Eines von den Flimmerhaaren verwandelt sich in das Cnidocil, während die übrigen verkümmern, der Saum wird zum Mützchen, welches die Oeffnung der äusseren Kapsel zudeckt, der proximale Fortsatz wird feiner, varicos und manchmal verzweigt.

Aehnliche Veränderungen treffen wir auch bei den Hydroidpolypen an.

Dem Mützchen der Actinien entsprechend, bildet das obere Ende des Cnidoblasts bei *Pennaria* eine kleine Aufreibung, welche mit einer durchsichtigen, structurlosen Masse, vielleicht einer Flüssigkeit, angefüllt ist und bei der Entladung zerreisst. An diese Aufreibung legt sich von der Seite ein kurzes Cnidocil an (Fig. 89, 90, 94, 95), welches übrigens, wie es scheint, manchmal fehlen kann. Vielleicht haben wir es in diesen Fällen mit jüngeren Cnidoblasten zu thun. In seltenen Fällen kommen Zellen vor, bei welchen die genannte Aufreibung am oberen Ende des Cnidoblastes vollkommen die Form des Saumes einer Flimmerepithelzelle hat, und das auf dem Cnidoblast sitzende Cnidocil einem von den Härchen (Fig. 96) oder richtiger einigen Härchen, welche sich zusammengelötet haben, entspricht, da man oft zwei feine Linien, welche längs desselben gehen, unterscheiden kann, und in seltenen Fällen, wahrscheinlich unter der Einwirkung der Reagentien, das Ende des Cnidocils sich in drei Theile spaltet.

Das proximale Ende der Zelle ist sowohl bei den Cnidoblasten mit grossen Nesselkapseln (in den Zeichnungen nicht abgebildet), als auch mit kleinen Nesselkapseln (Fig. 94, 95 und 96) meistens in einen langen Fortsatz ausgezogen, welcher aus einer homogenen Masse aufgebaut ist und gewöhnlich mit einer kleinen

Erweiterung endigt, mit welcher er der Stützlamelle aufsitzt, wie ich zu wiederholten Malen mich überzeugen konnte. In Fig. 94 und 96 sind die Reste der letzteren abgebildet, welche im Zusammenhang mit dem genannten Fortsatz geblieben sind. Bei den Zellen mit grossen Nematocysten ist dieser Fortsatz kürzer und fehlt öfter. Im Vergleich mit den Actinien ist dieser Fortsatz bei den Hydroiden beträchtlich dicker und verzweigt sich bei den von mir untersuchten Formen nicht.

Was die Bedeutung dieses Fortsatzes anbetrifft, so giebt es in dieser Hinsicht verschiedene Meinungen. Die Brüder *Hertwig* sehen in den entsprechenden Fortsätzen der Actinien einen nervösen Charakter und denken, dass sie mit dem Nervensystem in Zusammenhang stehen. Aehnlicher Meinung sind einige andere Autoren. *Hamann*, nachdem er in Bezug auf diesen Fortsatz die Nesselkapseln verschiedener Coelenteraten untersuchte, überzeugte sich, dass er einfach eine Stützfaser vorstellt, vermittelst welcher der Cnidoblast der Stützlamelle aufsitzt, und dass er keinen nervösen Charakter besitzt. *C. Schneider*, *Chun*, *Murbach*, *Bedot* u. a. schreiben ihm einen muskulösen Charakter zu, und bei Siphonophora finden *Chun* und *Bedot* an demselben eine Querstreifung, *Murbach* aber einen spiralgewundenen Strang; das werde ich noch zu beschprechen die Gelegenheit haben, wenn ich zu den Siphonophoren übergehe. Im Zusammenhang damit beschreibt *Schneider* bei der Hydroïdpolypen eine besondere muskulöse Hülle um die Kapseln der Nematocysten. „Die Kapseln umgibt eine protoplasmatische Hülle, deren innerste Schicht in sehr vielen Fällen (nicht in allen, wie ich fand) bis auf eine Oeffnung am vorderen Ende zu Muskelsubstanz umgewandelt ist“¹⁾. Auf diese Weise hat die Muskelhülle ebenfalls an ihrem vorderen Ende eine Oeffnung, durch welche der Faden bei der Entladung ausgeworfen wird. Die Contraction dieser muskulösen Hülle ist namentlich nach *Schneider* die Ursache des Auswerfens des Fadens. In demselben Sinne wirkt auch der muskulöse Stiel. „Dem Stiel wird wohl aber die Funktion zuzuschreiben sein, bei dem Auswerfen der Kapseln mitzuwirken und wohl so, dass er auf äussern oder innern Reiz hin sich verkürzt, hierdurch die Kapsel gegen das unterliegende Protoplasma der umgebenden Epithelmuskelzellen presst und so im Verein mit der Druckäusserung der Muskelhülle und vielleicht

¹⁾ *C. Schneider*. Histolog. Befunde an Coelenteraten. Jen. Z. Bd. XXVII, N. F. XX. S. 332.

auch dem den Kapselwandungen selbst innenwohnenden Contractionsvermögen den Faden und das Sekret nach aussen befördert ¹⁾). „Dass wir es wirklich mit Muskelbildungen zu thun haben, folgt aus der Uebereinstimmung im optischen Verhalten mit den Muskelfasern der Epithelmuskelzellen ²⁾“. Oft geht, nach Schneider's Beschreibung, der muskulöse Stiel unmittelbar in die Muskelhülle der Nematocyste über.

Nach meinen Beobachtungen über *Pennaria Cavolini* differenziert sich in der That nicht selten (doch nicht immer) eine Art innerer Hülle, welche gewöhnlich von der Kapsel selbst durch einen schmalen hellen Zwischenraum getrennt ist, welcher sich vielleicht unter dem Einfluss der Wirkung der Reagentien bildet, wie es auch Schneider vermutet. In wie fern aber ich mich überzeugen konnte, existirt keine Oeffnung am oberen Ende einer solchen Hülle. Der Fortsatz, welcher unten vom Cnidoblast abgeht, erscheint bei seinem Anfang leicht körnig, ähnlich dem übrigen Plasma der Zelle, und structurlos in seiner übrigen Ausdehnung. In dieser Hinsicht erinnert er in der That, wenn man will, an eine Muskelfaser einer Epithelialmuskelzelle. Ich habe schon hingewiesen, dass ein solcher Fortsatz gewöhnlich mit einer kleinen Erweiterung endigt, mit welcher er auch der Stützlamelle aufsitzt. Seine Länge ist verschieden; nicht selten fehlt er ganz. Auf gleiche Weise kommen Zellen ohne Stiel und ohne innere Hülle (Fig. 4 und 8) oder mit innerer Hülle, doch ohne Stiel vor (Fig. 87 und 90). Der Stiel, wenn er existirt, geht gewöhnlich von der Seite der Zelle ab, so dass bei einer gewissen Lage es scheinen kann (Fig. 94), dass er unmittelbar in die innere Hülle übergeht, wovon ich mich thatsächlich nicht überzeugen konnte.

Was den muskulösen Charakter dieser Bildungen anbetrifft, so erscheint er mir für die Hydroidpolypen wie auch, wie wir es weiter sehen werden, für andere Formen sehr zweifelhaft. Man kann die innere Hülle eher mit der inneren Zellmembran vergleichen, welche sich um den Kern herum bildet. Dies ist einfach eine Schicht von dichterem Plasma, welche einen häutigen Charakter annimmt. Die äussere Schicht des Plasma's des Cnidoblasts besitzt einen ähnlichen Charakter. Was den Fortsatz anbetrifft, so scheint hier die Aehnlichkeit mit einer glatten Muskelfaser eine rein äus-

¹⁾ L. c. S. 336.

²⁾ Ibid. S. 335.

serliche zu sein. Nach seinen optischen Eigenschaften und nach seinem Verhälten zu den Farbstoffen ist dieser Fortsatz in demselben Maasse der Stützlamelle ähnlich, wie *Hamann*¹⁾ hinweist. Von seiner Contractionsfähigkeit konnte ich mich nicht überzeugen. Ich konnte, umgekehrt, oft sehen, dass der Stiel bei der Entladung der Nematocyste sich nicht contrahirt, aber aus dem Epithel hervorschneilt, wobei er auf sich die Nesselkapsel herausträgt.

*Lendenfeld*²⁾ beschreibt bei einigen Nesselzellen noch einen zweiten proximalen Fortsatz, welcher körnig ist, und nach seiner Meinung im Zusammenhang mit gangliösen Zellen steht, doch kam es mir nicht vor, etwas Derartiges zu beobachten. Gleichfalls gelang es mir nicht, einen Zusammenhang der Nervenfasern mit den Nesselzellen zu beobachten³⁾.

Der Kern des Cnidoblasts liegt, wie erwähnt, entweder seitwärts von der Nematocyste, oder unter derselben.

Bei der Entladung zerreißt der Cnidoblast an seinem oberen Ende und gleitet von der Nematocyste herab.

Im Allgemeinen bieten die Cnidoblasten der *Pennaria Cavolini* eine Aehnlichkeit mit den entsprechenden Bildungen bei den Actinien, und durch dieselben mit den Flimmerepithelzellen dieser letzteren dar. Die letzteren erscheinen ebenfalls an ihrem oberen Ende verbreitert und verengern sich nach unten, wobei sie hier mit einer kleinen Verbreiterung endigen, mit welcher sie auf dem Mesoderm aufsitzen. Der obere Rand der Zelle trägt einen Saum aus einem stärker lichtbrechenden Stoffe, welcher dem Mützchen des Cnidoblasts der Actinien oder der Wandung der Anftreibung an seinem oberen Ende bei den Hydroidpolypen entspricht; am Saume sitzen Flimmerhaare, von welchen bei den Cnidoblasten nur Eines oder mehrere, indem sie verschmelzen, in veränderter Form übrig bleiben. Indessen ist die Aehnlichkeit zwischen den Cnidoblasten und den Epithelialzellen der Hydroiden gering. Nur dass der proximale Fortsatz der ersteren eben so structurlos wird, wie die Muskelfaser der letzteren, ohne jedoch deutliche physiologische Eigenschaften einer glatten Muskelfaser zu erlangen. Wie ist eine solche sonderbare Aehnlichkeit zu erklären? Ich habe schon in dem Artikel über die Nesselkapseln der Actinien darauf

¹⁾ L. e. S. 550.

²⁾ *Lendenfeld*. The Function of Nettcells. Quart. Journ. of micr. Sc. Vol. XXVII, 1887.

³⁾ Vergleiche *C. Jickeli*. Der Bau der Hydroidpolypen. Morph. Jahrb. Bd. VII, 1883.

hingewiesen, dass die mit vielen Flimmerhaaren versehenen Epithelialzellen für diese Thiere, wie man denken muss, als eine ursprünglichere Form im Vergleich zu den mit einem Haar versehenen oder haarlosen Zellen erscheinen. Wenn wir dieselbe Verallgemeinerung auch auf die Hydroiden ausdehnen (und Niemand wird verneinen, dass ihre Epithelialmuskelzellen schon sehr differenzirt erscheinen), so ist es nicht schwer, eine Erklärung für das genannte Factum aufzufinden. Die Nematocysten entwickeln sich in den sogenannten interstitialen oder subepithelialen Zellen, welche blos junge Epithelzellen vorstellen. Mit der Entwicklung der Nematocyste verwandelt sich die subepithiale Zelle in eine epithiale. Wahrscheinlich gab es eine Zeit, wo eine solche eine Nematocyste enthaltende Zelle sich von den übrigen Epithelzellen nicht unterschied, und ihnen ähnlich an ihrem oberen Ende einen mit Flimmerhaaren besetzten Saum trug. Nachher ging die Differenzirung in verschiedenen Richtungen, und die echten Epithelzellen veränderten sich auf andere Weise, als die Cnidoblasten. Bei den Anthozoa besteht der ganze Unterschied darin, dass der Saum sich in das Mützchen verwandelt und von den Härchen nur eines übrig geblieben ist, welches sich in das Cnidocil verwandelt hat. Man muss denken, dass bei den Ahnen der jetzigen Hydroiden, welche sie mit den Anthozoa gemein hatten, annähernd dasselbe gewesen ist, so dass in dieser Hinsicht die letzteren zur ursprünglichen Form näher stehen. Nachher aber blieben bei den Hydroiden die Cnidoblasten fast ohne Veränderung, nur wurde ihr proximaler Fortsatz homogen und bekam auf diese Weise einige Ähnlichkeit mit einer glatten Muskelfaser, während die echten Epithelzellen sich sehr veränderten, indem sie ihre Härchen verloren, glatte Muskelfasern ausarbeiteten und sich auf solche Weise in epithiale Muskelzellen verwandelten. Auf diese Weise entstand im Resultate das auf den ersten Blick sonderbare Factum, dass die Cnidoblasten der Hydroiden eine grössere Ähnlichkeit mit den Epithelzellen der Anthozoen, als der Hydroiden selbst, besitzen.

Wie erwähnt worden ist, entwickeln sich die Nematocysten in subepithelialen oder interstitialen Zellen, doch sind ihre embryonalen Formen bei Hydroiden so klein, dass sie besonders bei der Complicirtheit des Baues der erwachsenen Nematocysten ein äusserst unbequemes Untersuchungsobject vorstellen. Und in der That existirt in dieser Hinsicht in der Litteratur eine sehr grosse Meinungsverschiedenheit, welcher ich schon in meinem ersten Artikel

erwähnt habe. Diejenigen, welche sich mit derselben bekannt machen wollen, verweise ich auf die Arbeiten von *C. Schneider*¹⁾ und *Murbach*²⁾, in welchen eine ausführliche Litteratur über diese Frage angeführt ist. Ich meinerseits hatte nicht Gelegenheit, die Entwicklung der Nematocysten bei Hydroiden zu untersuchen, da aber sie bei anderen Formen, wie wir es sehen werden, ziemlich ähnlich geht, so kann man vermuthen, dass auch bei Hydroidpolypen dieselbe auf gleiche Weise vorläuft.

Jetzt einige Worte über die Wirkungsweise der Nematocysten.

Wir haben bei den Actinien gesehen, dass ihre Nematocysten hauptsächlicher Weise so wirken, dass ihr ausgeworfener Faden an einem fremden Körper anklebt, wobei er denselben umwickelt und ihn mit einer ätzenden Flüssigkeit übergiesst. An den Hydroidpolypen ist es leicht, sich zu überzeugen, dass ihre Fäden fähig sind, in fremde verhältnismässig ziemlich feste Körper einzudringen. Das Eindringen der Nesselfäden in fremde Körper beschreibt *H. Grenacher*³⁾, und einige Specialisten, unter denen ich meinen Freund Prof. *C. Nattens* in State University of Iowa nennen kann, haben mir auch mitgetheilt, dass es ihnen geschah, in dem inneren Hohlraum der Hydra kleine Crustaceen zu finden, deren Chitin von Fäden der Nesselkapseln durchbohrt war. Ich hatte keine Zeit, meine Beobachtungen in dieser Richtung zu erweitern, doch erscheint für mich die Fähigkeit der Nematocysten, in fremde Körper einzudringen, aus folgenden Gründen unzweifelhaft. Erstens erscheint von diesem Standpunkte aus die Wirkung des in den Nesselkapseln enthaltenen Giftes begreiflicher. Zweitens haben die Nesselkapseln (ich habe hauptsächlich die mit Widerhaken oder Härchen versehenen Nesselkapseln im Auge) alle dazu nöthigen Vorrichtungen. Wenden wir uns zu den Fig. 90, 91 und 92 welche die Kapseln von *Pennaria Cavolini* in ruhendem Zustande und beim Anfange des Auswerfens des Fadens darstellen. Im ruhenden Zustande sind die drei Widerhaken so zusammengelegt, dass sie gleichsam ein Stilett, welches mit seiner Spitze nach vorne gerichtet ist, bilden. In solchem Zustande wird auch die Spitze ausgeworfen. Da im Anfang das Auswerfen sich mit besonderer Kraft vollzieht, so verhindert offenbar nichts dieses

¹⁾ *C. Schneider*. Histologie von *Hydra*. L. c. S. 345. Ebenfalls Mittheilungen über Siphonophoren. I. Nesselzellen. Zool. Anz. 1894 № 464.

²⁾ *L. Murbach*. Beiträge zur Kenntniß der Anatomie und Entwicklung der Nesselorgane der Hydroiden. Arch. Naturgesch. 60 Jahrg.

³⁾ Zool. Anz. № 482.

chitinöse Stilett in einen Körper von geringerer Härte einzudringen. Wie hingewiesen worden war, contrahirt sich bei den Hydroiden die Kapsel bei der Entladung, und verstärkt dadurch die vorschreitende Bewegung der Spitze noch mehr, als wenn das Auswerfen des Fadens nur in Kraft des Aufquellens der gelatinösen Masse sich vollziehen würde. Nachher fangen unter dem weiteren Druck die Enden der Widerhaken an, auseinander zu gehen; wodurch sie auf diese Weise die Ränder der Wunde erweitern, in deren Tiefe jetzt ferner auch der ganze Faden ausgestossen wird und die giftige Flüssigkeit sich ergiesst. In Kraft der Gegenwirkung müssen dabei die Widerhaken von Neuem aus der Wunde heraustreten, und auf solche Weise erweist sich im Resultat nur der Faden allein in den fremden Körper eingedrungen. Die kleinen Härrchen scheinen dabei keine Rolle zu spielen. Sie sind nichts weiter als eine übriggebliebene Structur, und bei einigen Hydroiden, wie z. B. bei *Tubularia larynx*, fehlen sie vollkommen. Einige Autoren äussern den Zweifel darüber, dass der feine und schwache Faden der Nesselkapsel in fremde Körper eindringen kann. Aus Gesagtem ist klar, dass ursprünglich die feste chitinöse Spitze eingestossen wird und dass der Faden in die schon gebildete Wunde ausgeworfen wird.

Auf solche Weise stellen die genannten Nesselkapseln der Hydroidpolypen ein äusserst zweckmässig eingerichtetes Werkzeug vor, und es ist schwer, sich vorzustellen, wie sie noch mehr vervollkommen werden könnten. Das Vorhandensein eines in solchem Grade ausgearbeiteten Organs bei Thieren, welche nach ihrer Organisation so einfach sind, ist eine in höchstem Grade interessante Erscheinung und könnte räthselhaft erscheinen, wenn wir vor uns fast alle Stufen, durch welche die Vervollkommenung dieser erstaunlichen Gebilde gegangen ist, nicht hätten. Die hauptsächlichsten von diesen Zwischenstadien haben wir schon unter denselben Hydroiden und Korallenpolypen. Wollen wir noch einmal diese Formen vom genannten Standpunkte aus überblicken, indem wir für dieses Mal vom Vollkommeneren zum weniger Vollkommenen gehen.

Unmittelbar vor den beschriebenen Nesselkapseln mit drei grossen Widerhaken muss man solche Nesselkapseln stellen, bei welchen der Axenkörper mit Härrchen besetzt, der distale Theil des Fadens aber glatt oder mit punktförmigen Erhöhungen bedeckt ist. In der ruhenden Kapsel oder im noch nicht ausgeworfenen Theile des Fadens sind die Härrchen nach innen und vorne gerichtet, in-

dem sie am vorderen Ende des Fadens sich in eine kleine Spitze zusammenlegen, welche aus dem Faden ein wenig nach vorne hervortritt. Diese Spitze wirkt augenscheinlich ähnlich dem, wie das dreifache Stilett der Hydroidpolypen, doch in entsprechender Weise schwächer. Diesem Mangel wird bis zu einem gewissen Grade durch die Menge der Härchen abgeholfen. Während die Härchen, welche sich in einen fremden Körper eingestossen haben, in der von ihnen gemachten Wunde aus einander gehen, stossen sich an Stelle derselben in die Tiefe der Wunde die folgenden, ebenfalls zu einer Spitze zusammengelegten Härchen, u. s. w.... Ausserdem hat der ganze Faden eine rotatorische Bewegung, wodurch seine Wirkung noch verstärkt wird. Das Eindringen des Fadens in die Tiefe der Wunde wird fortduern, bis er gauz ausgeworfen ist oder bis er zerreisst und das in ihm enthaltene Gift sich in die Wunde ergiesst. Offenbar haben wir auch in diesem Falle eine sehr furchtbare Waffe, welche aber in ihrer Vollkommenheit den früher betrachteten Kapseln in derjenigen Hinsicht nachsteht, dass hier die Härchen überhaupt ziemlich schwach und zerbrechlich sind, und der Faden schwerlich in Körper von mehr oder weniger beträchtlicher Härte eindringen kann. Die Kapseln erster Art sind offenbar von den letzteren abgestammt durch Vergrösserung der proximalen Härchen und mehr oder weniger völligen Verlust aller übrigen. Das Pfeilchen, welches im Anfang des eingestülpften Fadens bei *Aiptasia* sitzt, kann als zusammengewachsene Härchen angesehen werden. Im Zusammenhang mit der Verwandlung der proximalen Härchen in Stilette steht auch die vergrösserte Fähigkeit der Kapsel selbst zur Contraction, weil zu einem tiefen Einstossen einer grossen Spitze eine grössere Kraft, als für kleine Nadelchen, erforderlich ist.

Wenn man die Wirkungsweise dieser Nesselkapseln kennt, ist es leicht zu begreifen, warum die Härchen nur am proximalen Theile sitzen. Nämlich darum, weil ihre Wirkung um so stärker ist, je näher sie zur Basis des Fadens sitzen. Je weniger der Faden ausgeworfen ist, um so stärker ist der Druck im Inneren der Kapsel, und mit um so grösserem Andrang stossen sich die Härchen in den fremden Körper ein. Je weiter sie von der Basis des Fadens sitzen, um so schwächer ist ihre Wirkung, und in einer gewissen Entfernung von der Kapsel können sie vollkommen nutzlos sein, da diese Härchen mit schon beträchtlich abgeschwächter Kraft ausgeworfen werden.

Noch weniger vollkommen erscheinen die Kapseln mit dem in

seiner ganzen Länge mit punktförmigen Erhöhungen besetzten Faden. Die Wirkung dieser Erhöhungen ist offenbar dieselbe, wie die Wirkung der Härchen, nur ist sie eine unvergleichlich schwächeren. Sie sitzen längs des ganzen Fadens, obgleich sie nur in seinem Anfang nützlich sein können. Eine solche Verbreitung derselben wird offenbar durch dasselbe Gesetz bedingt, nach welchem bei den Gliederthieren die Fortsätze ursprünglich an allen Segmenten des Körpers erscheinen, warum die Haare oder Hautzähne ursprünglich gleichmässig über die ganze Hautfläche verbreitet sind, u. s. w. Nur später erreichen einige Anhänge einen mehr differenzirten Zustand, während die anderen vollkommen verloren gehen. So haben wir auch hier einerseits einen in seiner ganzen Länge gleichmässig mit punktförmigen Auswüchsen bedeckten Faden, und andererseits einen Faden, welcher in seinem proximalen Theile drei Widerhaken trägt.

Endlich haben wir Kapseln mit vollkommen glatten Faden, welcher nur höchstens in die weichsten Körper einzudringen fähig ist. Noch weniger vollkommen erscheint der Faden, welcher ohne ausgestülpt zu werden ausgestossen wird; letzterer, wie man denken muss, enthält in sich kein Gift, und solche Kapseln weichen vielleicht etwas von der allgemeinen Reihe ab, indem sie einen ungelungenen Versuch, sich in anderer Richtung zu specialisiren und aus ihrem Mützchen eine Art kleiner Harpune auszuarbeiten, vorstellen.

Wenn wir noch weiter hinabsteigen wollten, so bleibt uns übrig, uns Kapseln mit immer kürzerem und kürzerem Faden vorzustellen, bis wir zu einfachen Bläschen zurückgehen, welche eine reizende Flüssigkeit enthalten, und in dem Maasse, wie sie ausgestossen werden, bersten. Ich bin jedoch nicht überzeugt, dass solche Körperchen, welche von mir in den epithelialen Zellen der Actinien beschrieben wurden, keine Bacterien sind. Doch andererseits haben wir etwas Derartiges bei den Turbellarien.

Auf diese Weise stellen die Nematocysten nach dem Steigen ihres Nutzens oder der Kraft ihrer Wirkung mit jedem neuen Schritt in der Vervollkommnung ihres Baues, eine der glänzendsten Illustrationen der natürlichen Zuchtwahl vor.

Interessant erscheint auch die Thatsache, dass bei einer und derselben Form Nematocysten verschiedener Art und von verschiedenen Stufen der Vollkommenheit existiren, wobei die einen gleichsam die ursprünglichen Formen der anderen wiederholen. Solchen Thatsachen begegnen wir übrigens im Gebiete der Zoologie

nicht selten. Bei den Gliedrthieren erscheinen die einen Anhänge des Körpers oft sehr differenzirt, während die anderen mehr oder weniger die ursprüngliche Form beibehalten; dasselbe sehen wir an den Extremitäten der Vertebraten, an den Haaren und Federn verschiedener Thiere, an den Hautzähnen, an der Wirbelsäule und dem Schädel, u. s. w.

L i t t e r a t u r.

- Agassiz, L.* Contributions to the Natural History of the U. S. A.
Vol. III. 1860.
- Allman, G.* A monograph of Gymnoblastic Hydroids. 1871.
- Bedot.* Recherches sur l'organ central etc. des Velellas. Recueil zoolog. suisse. T. I. 1884.
- “ Recherches sur les cellules utricantes. Recueil zoolog. suisse. T. IV. 1888.
- Brodrick.* On the urticating powers of the Actiniae towards each others. Ann. and Mag. of nat. hist. 1859.
- Chun, C.* Die Greifzellen der Rippenquallen. Zool. Anz. I. 1878.
” Die Ctenophoren des Golfs von Neapel. 1880.
” Die Natur und Wirkungsweise der Nesselzellen bei Coelenteraten. Zool. Anz. IV. 1881.
” Die mikroskopischen Waffen der Coelenteraten. Zschr. Humboldt. Bd. I.
” Die canarischen Siphonophoren. Senkenbergische naturforschende Gesellschaft. I. Stephanophyes superba. 1891.
II. Monophyiden. 1893.
- Ciamician.* Ueber den feineren Bau und die Entwicklung von Tubularia Mesembryanthemum Allman. Zschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXII. 1879.
- Claus, C.* Physophora hydrostatica. Zschr. f. wiss. Zool. Bd. X. 1860.
” Halistemma tergestinum. Arb. a. d. Zool. Inst. zu Wien. 1878.
- Davenport.* On the development of Cerata in Aeolis. Bull. of the Mus. of Comp. Zool. Harvard Coll. Cambridge. Vol. 24. № 6. 1893.

- Dujardin, F.* Mémoires sur le développement des Meduses et des Polypes. Ann. des sc. nat. Zool. 3 Sér. T. IV. 1845.
- Eimer, Th.* Nesselzellen und Samen bei Seeschwämmen. Archiv für mikr. Anat. Bd. VIII. 1892.
- Erdl, P.* Ueber Organisation der Fangarme der Polypen. Müller's Archiv. 1841.
- Frey, H.* Ueber die Bedeckungen der wirbellosen Thiere. Götting. Studien. 1847.
- Gegenbaur, C.* Beiträge zur näheren Kenntniss der Siphonophoren. Zschr. f. w. Zool. Bd. V. 1854.
Vergleichende Anatomie. 1859.
- Gosse.* Actinologia Britannica. A history of the British Sea-Anemones and Corals. 1860.
- Gräffe, E.* Beobachtungen über Radiaten und Würmer in Nizza. Denkschrift d. schweiz. naturforsch. Gesellsch. Bd. XVII. 1858.
- Greef, R.* Protohydra Leuckartii. Zschr. f. Zool. Bd. XX. 1870.
- Haeckel, E.* Familie der Rüsselquallen. 1865.
Report Challenger. Siphonophora. 1888.
- Haime, J.* Mém. sur le Cerianthe. Ann. d. sc. 4 sér. T. I. 1854.
- Hamann, O.* Studien über Coelenteraten: I. Zur Anatomie der Nessiekapseln. Jen. Zeitschr. Bd. XV. N. F. VIII.
- Heider, A.* Cerianthus membranaceus Haime. Sitzb. d. k. Akad. Wiss. Bd. LXXIX. I. Abth. März-Heft. 1879.
- Hertwig, O. u. R.* Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. 1878.
Die Actinien. 1879.
- Hollard.* Monographie anat. du genre Actinia. Ann. des sc. nat. Zool. XV. 1851.
- Jickeli.* Ueber histol. Bau von Eudendrium racemosum und Hydra. Morph. Jahrb. Bd. VIII. 1882.
- Jourdan, Et.* Recherches zoologiques et histologiques sur les Zoanthaires du golfe de Marseille. 1880.
- Keferstein u. Ehlers.* Zoologische Beiträge, gesammelt im Winter 1859—60 in Neapel und Messina. 1860.
- Kölliker.* Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere. 1841.
- Korotneff, A.* Zur Histologie der Siphonophora. Mittheil. a. d. Zool. Stat. Neapel. Bd. IX. 1886.
- Kleinenberg.* Hydra, eine anatomische-entwickelungsgeschichtliche Untersuchung. 1872.

- Lacaze-Duthiers.* Histoire natur. du Corail. 1864.
Lendenfeld, R. Ueber Wehrpolypen und Nesselzellen. Zschr. f. Zool. Bd. XXXVIII.
Leuckart, R. Zool. Untersuchungen. I. Die Siphonophoren. 1853.
Lewes. Sea-Side Studies. 1858.
Leydig, F. Bemerkungen über den Bau der Hydra. Müller's Archiv. 1854.
Möbius, C. Ueber den Bau, den Mechanismus und die Entwicklung der Nesselkapseln einiger Polypen und Quallen. Hamburg. 1866.
Murbach, L. Beiträge zur Kenntniss der Anatomie und Entwicklung der Nesselorganen der Hydroiden. Ach. Naturgesch. 60 Jahrg. 1894.
Nussbaum. Ueber Theilbarkeit der leb. Materie. II. Arch. f. micr. Anat. Bd. XXVI. 1887.
Pagenstecher, A. Zur näheren Kenntniss der Velelliden-Form Rataria. Zschr. f. wiss. Zool. Bd. XII. 1862.
Quatrefages, A. Mém. sur les Edwardsies. Ann. des sc. nat. Zool. XVIII. 1842.
Rouget. Etudes sur les Polypes hydriaires. Mém. de la société de Biologie. Année 1852.
Schneider, C. Histologie von Hydra fusca. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXV. 1890.
" Einige histologische Befunde an Coelenteraten. Zool. Anz. N. 375 u. 376. 1891.
" Einige Befunde an Coelenteraten. Jen. Zeitschr. Bd. XXVII. N. F. XX. 1892.
" Mittheilungen über Siphonophoren. I. Nesselzellen. Zool. Anz. Jahrg. XVII. № 464. 1894.
Schultze, F. E. Ueber den Bau und die Entwicklung von Cordylophora lacustris. 1871.
" Ueber den Bau und die Entwicklung von Syncoryne Sarsii. 1873.
" Spongicola fistularis. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1877.
Siebold. Vergleichende Anatomie der wirbellosen Thiere. 1858.
Trembley, A. Mémoire pour servir à l'histoire d'un genre de polypes d'eau douce. 1744.
Waller, A. On the means by which the Actiniaæ kill their prey. Ann. und Mag. of nat. hist. Vol. IV. 1859.
Zoja. Alcune ricerche sull' Hydra. Bollet. scientif. Anno XII. 1890.
-

Erklärung der Abbildungen.

Tafel III.

Alle Abbildungen sind mit Hilfe der Zeichnungskammer von Abbe mit Ap. Imm. 2 mm. und entsprechenden Compensationsocularen ausgeführt. Der grösseren Anschaulichkeit halber wurden alle Zeichnungen bei derselben Vergrösserung gemacht, nämlich bei einer Vergrösserung von ca. 350,— mit Ausnahme der Fig. 43, deren Vergrösserung ca. 1700 beträgt,— und bei oberer Einstellung der mikrometrischen Schraube.

Fig. 1, 2 und 3. *Anemonia sulcata*. Epitheliale Zellen mit in denselben eingeschlossenen Stäbchen (vielleicht Bacterien) aus dem Ectoderm des Tentakels.

Fig. 4. Freie Stäbchen desselben Thieres.

Fig. 5, 6, 7 und 8. *Cerianthus membranaceus*. Dünnewandige Nesselkapseln mit deutlichem Faden aus dem Ectoderm des Tentakels.

Fig. 5, 6 und 7—in ruhigem Zustande; 8—with einem zur Hälfte durch einen Riss im oberen Theile der Kapsel ausgeworfenen Faden.

Fig. 9—14. *Anemonia sulcata*. Dünnewandige Nesselkapseln mit deutlichem Faden aus dem Ectoderm des Tentakels. 9—in ruhigem Zustande; 10—dasselbe mit anliegender Zelle; 11, 12 und 13—with einem theilweise durch einen Riss im oberen Theile der Kapsel ausgeworfenen Faden. In Fig. 11 und 12 endigt der Faden mit einer kleinen Harpune, in Fig. 13—with einer kleinen Aufreibung; 14—freier halb losgedrehter Faden.

Fig. 15—19. *Anemonia sulcata*. Nesselkapseln mit dicken Wänden und in eingerolltem Zustande undeutlich unterscheidbarem spiralen Faden aus dem Ectodermi der Tentakeln; 15 und 16—in ruhigem Zustande mit anliegender Zelle und Mützchen mit einem Cnidocil am oberen Ende; 17—in entladenem Zustande; 18—with einem nicht ganz ausgeworfenen Faden; 19—durch Methylenblau sind die im Inneren der Kapsel befindlichen rundlichen Körperchen von verschiedener Grösse intensiv gefärbt.

Fig. 20—22. *Adamsia Rondeletti*. Nesselkapsel mit dicken Wänden und in eingerolltem Zustande undeutlich unterscheidbarem Faden aus einem Akonthion. 20 und 21—in ruhigem Zustand; 22—with ausgeworfenem Faden.

Fig. 23—34. *Cerianthus membranaceus*. Nesselkapseln aus dem Ectoderm der Körperwände und der Tentakeln. 23 und 24—in ruhigem Zustand; 25 und 26—with ausgeworfenem Faden; 27—Theil eines Fadens in der distalen Abtheilung, welcher zur in Fig. 26 abgebildeten Kapsel gehört; 28—31 ähnliche Kapseln von kleineren Dimensionen; 32—Kapsel, deren Faden haarlos, doch in seiner ganzen Ausdehnung, ähnlich der distalen Abtheilung der Fäden der in den vorigen Zeichnungen abgebildeten Kapseln, mit drei Spiralreihen kleiner Erhöhungen besetzt ist; 33—Kapsel mit vollkommen glattem Faden im Anfang der Entladung; 34—Faden einer ähnlichen Kapsel im Stadium der Entladung.

Fig. 35—40. *Palythoa axinellae*. Nesselkapseln aus den Wänden des Körpers. 35 und 36 in ruhigem Zustand; 37 und 38 mit ausgeworfenem Faden; in Fig. 38 ist der Gang der drei Spiralen kleiner Erhöhungen mit verschiedenen Linien bezeichnet; 39—Kapsel im Stadium der Entladung; 40—eine ähnliche Kapsel von kleineren Dimensionen.

Fig. 41—47. *Aiptasia diaphana*. Grosse Nesselkapseln aus Akonthien. 41 und 42 in ruhigem Zustand, die erste mit Mützchen und umhüllender Zelle. 43—with ausgeworfenem Faden; 44—46 im Stadium der Entladung; 47—Pfeilchen, welche im Anfang des Fadens eingeschlossen liegen.

Fig. 48. *Aiptasia diaphana*. Kleine Nesselkapsel aus Akonthion, mit dem Cnidoblast.

Fig. 49—53. *Aiptasia diaphana*. Grosse Nesselkapseln aus dem Akonthion; 49—52 bei Bearbeitung mit Picrinsäure; 53—with ausgeworfenem Faden bei Färbung mit Methylenblau.

Fig. 54—83. *Aiptasia diaphana*. Entwicklung der grossen Nesselkapseln im Akonthion des Thieres. Siehe die ausführliche Erklärung im Texte.

Tafel IV.

Die Vergrösserung für die Figuren 8—11 ist ca. 1700, für alle übrigen ca. 350 gleich.

Fig. 84. Grosse Nesselkapsel aus Mesenterialfaden von *Caryophyllia cyanthus*, Lamour, mit ausgeworfenem Faden.

Fig. 85. Dasselbe in ruhendem Zustand.

Fig. 86 und 87. Grosse Nesselkapseln von *Pennaria Cavolini* Ehrg. mit ausgeworfenem Faden; Fig. 87 mit umhüllendem Cnidoblast.

Fig. 88 und 90. Dasselbe in ruhendem Zustande und mit umhüllendem Cnidoblast.

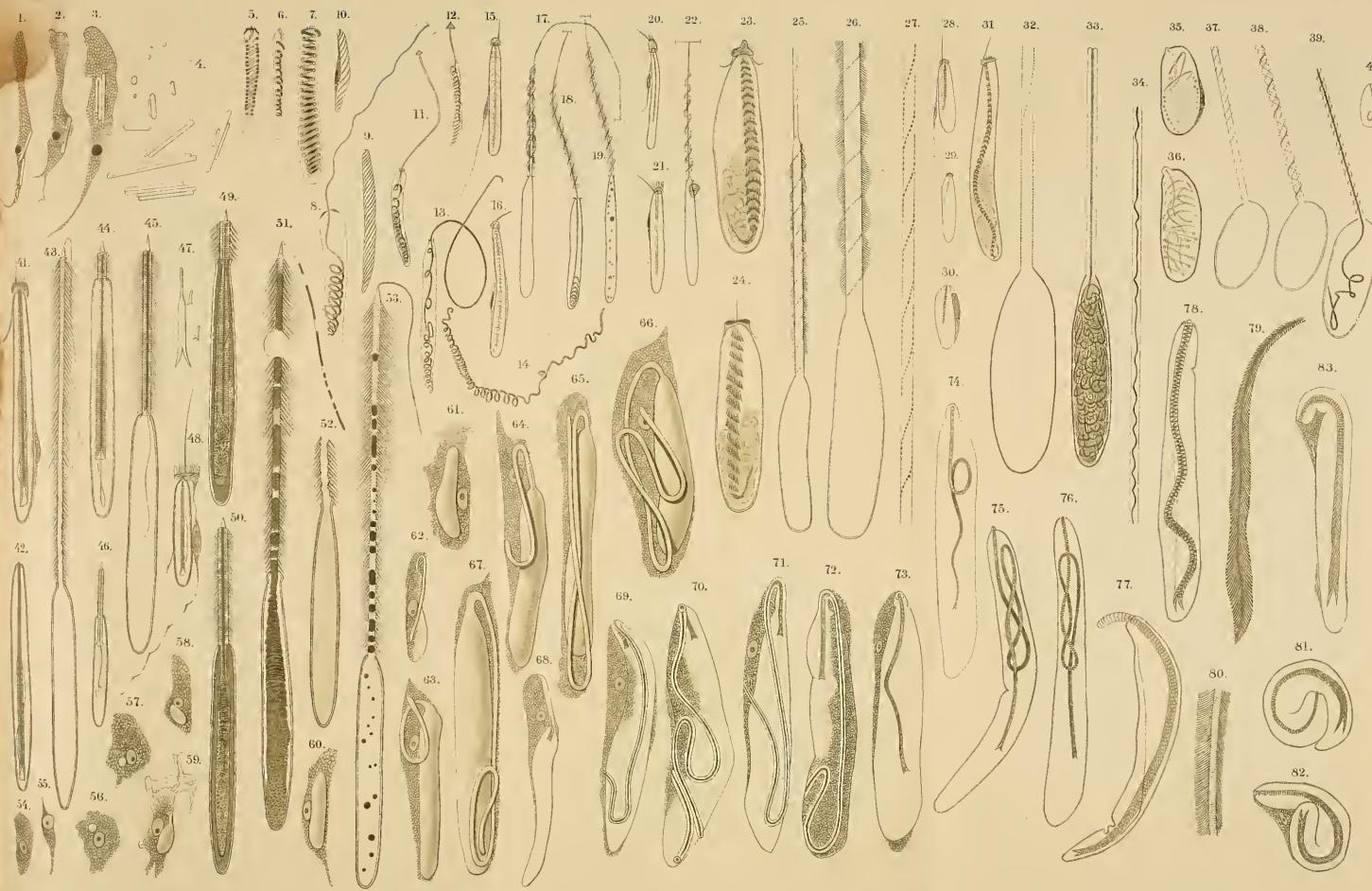
Fig. 89. Dasselbe. Das die Oeffnung der äusseren Kapsel bedeckende Deckelchen.

Fig. 91 u. 92. Dieselben Kapseln im Stadium der Entladung.

Fig. 93—96. Kleine Nesselkapseln desselben Thieres.

Fig. 99—101. Kleine Nesselkapseln mit glattem Faden, desselben Thieres.

(Fortsetzung folgt.)



84.

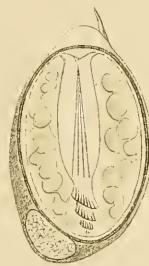
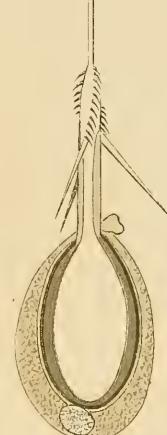
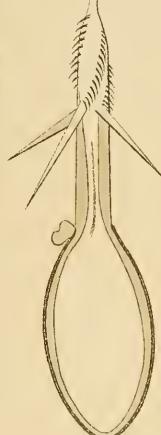
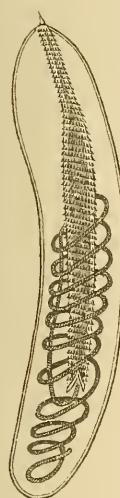
85.

86.

87.

88.

91.



89.

90.



92.

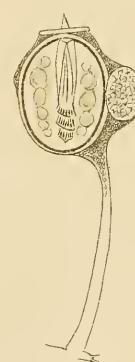
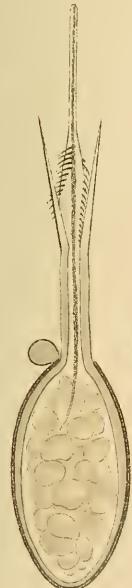
94.

95.

96.

98.

99.



100.



Ueber den Bau, die Wirkungsweise und die Entwickelung der Nesselkapseln der Coelen- teraten¹).

V o n

N. Iwanzoff,

Privat-Docent an der Universität Moskau.

(Hierzu Taf. V u. VI).

T r a c h y m e d u s a e.

Als Macerationsreagens gebrauchte ich für die Medusen und Siphonophoren, welchen vorliegender Theil meiner Arbeit gewidmet ist, entweder die *Hertwig'sche* Mischung von gleichen Volumina 0,2% Eisessigsäure und 0,5% Osmiumsäure in destillirtem Wasser 2—3 Minuten lang mit nachfolgendem Auswaschen und Maceration während 24 oder 48 Stunden in 0,1% Eisessigsäure, oder *Schneider's* Methode, welche er überhaupt für alle Coelenteraten empfiehlt, und die darin besteht, dass zu 22 Theilen Meerwasser 2 Theile 1% Osmiumsäure und 1 Theil Eisessigsäure hinzugegossen werden, und in dieser Flüssigkeit das Thier oder dessen Theile 1½—10 Minuten (bis zu leichtem Dunkelwerden) verbleiben. Da dieses allein gewöhnlich nicht genügte, so musste die Maceration in schwacher Lösung von Essigsäure in Meer- oder destillirtem Wasser vollendet werden. Die besten Resultate erhielt ich mit der *Hertwig'schen* Mischung. In einigen Fällen ist es besser, die *Hertwig'sche* Mischung wie sie es für Actinien vorschlagen, d. h.

¹) S. Bulletin des Nat. de Moscou 1896, № 1, p. 161.

eine Lösung von Osmium- und Essigsäure in Meerwasser zu gebrauchen.

Zur Untersuchung der Entwicklung der Nematocysten empfiehlt Schneider die Bearbeitung mit 50% Eisessigsäure, da die Osmiumsäure nach seinen Worten auf die embryonalen Stadien der Nematocysten eine schädliche Wirkung ausübt. Ich habe dieses in Betreff der Hertwig'schen Mischung nicht gefunden. Umgekehrt, es verändert nach meinen Beobachtungen die 50% Eisessigsäure die Form der jungen Nesselzellen stark. Man kann ebenfalls ein auspräparirtes kleines Stückchen des betreffenden Organs in den Dämpfen von Osmiumsäure fixiren oder ins Wasser, in welchem das Thier sich befindet, einige Tropfen Osmiumsäure hinzugießen und nachher 2—3 Minuten lang mit destillirtem Wasser auswaschen. Da die indifferenten Zellen, welche den Nematocysten den Ursprung geben sowohl als die jungen Nesselzellen gewöhnlich mit einander sehr schwach verbunden sind, so erweist sich die Maceration oft überflüssig; es genügen die Zerzupfung des Präparates mit Nadeln oder dessen Zerklopfen mit Schlägen auf das Deckgläschen. Je schneller das getötete Gewebe untersucht wird, um so deutlichere Bilder bekommen wir.

Zum Färben benutzte ich, wie früher, erstens Methylenblau oder Picrocarmin; sehr gute Bilder kann man durch Bearbeitung mit Ravier'schem Picrocarmin der mit Methylenblau gefärbten Objecte bekommen. Doch hinsichtlich der embryonalen Stadien gestattet keine von diesen Methoden, die feinsten Détails zu unterscheiden. Dazu ist es nothwendig, eine intensivere Farbe zu nehmen. Als solche erweisen sich in concentrirter Wasserlösung Dahlia, Methylviolet und Gentianaviolett; das letztere giebt die allerbesten Resultate. Eine schöne Kernfärbung giebt eine mit Essigsäure angesäuerte Wasserlösung von Methylgrün, welche man mit Gentiana combiniren (gleichzeitig in einer Wasserlösung beider Farben, oder indem man mit Gentiana vordem mit Methylgrün gefärbte Präparate färbt) und eine schöne Doppelfärbung bekommen kann. Zur Lösung von Methylgrün oder von Methylgrün und Gentiana kann man auch etwas Osmiumsäure hinzufügen, und dieselbe als ein gleichzeitig fixirendes und färbendes Reagens benutzen. Das Methylgrün in starker Lösung fixirt für sich auch in sehr genügender Weise.

Als Vertreter der Gruppe von Trachymedusen wurde von mir *Carmarina hastata* Haeck. untersucht.

Bei *Carmarina hastata* giebt es zweierlei Art Nematocysten:

die einen sind mittlerer Grösse, die anderen sehr klein. Die Erstern haben eine längliche elliptische Form mit einer Oeffnung, welche sich etwas seitlich befindet und mit einem kleinen Deckelchen bedeckt ist (Fig. 1--5). Am Nesselkapsel unterscheidet man drei Abtheilungen: einen kurzen proximalen haarlosen Theil, welcher in der ruhenden Kapsel gewöhnlich sich etwas schlängelnd geht; den Axenkörper mit drei Reihen zarter Börstchen, welche bei der Entladung sich nach hinten abbiegen und sehr leicht abfallen; im ruhenden Zustande sind sie wie gewöhnlich mit ihren Spitzen nach innen und nach vorne gerichtet, und der Axenkörper selbst liegt gerade annähernd in der Längsaxe der Kapsel. Diese Abtheilung verbreitert sich an ihrem distalen Ende etwas keulenförmig und nachher, indem sie sich in der Form eines kurzen Kegels verengert und ihre Härchen verliert, geht sie in einen dünnen Faden mit drei denselben umgebenden spiralen Rippen, in welchen es nicht gelingt, einzelne Dörnchen zu unterscheiden, über; anscheinend hat der Faden einfach eine dreikantige Form und ist um seine Axe gedreht. In der ruhenden Kapsel ist der Faden zu einem länglichen Knäuel zusammengewunden und liegt meistens seitwärts vom Axenkörper. Die Wände der Kapsel sind verhältnissmässig dick und bestehen wie gewöhnlich aus zwei Schichten. Bei der Entladung bemerkt man keine Contraction der Kapsel, oder wenigstens ist sie gering. Ueber die relativen Dimensionen der Nematocysten kann man nach folgenden Messungen, welche an einer Nematocyste mit ausgeworfenem Faden gemacht wurden, urtheilen. Die Länge der Kapsel betrug $25,5 \mu$, die Breite— 6μ . Die Länge des Axenkörpers— 30μ bei einer Breite von 2μ . Die Breite des Fadens selbst in seinem Anfangstheil beträgt $1,2 \mu$. bei sehr beträchtlicher Länge; von mir wurden mehr als 500μ . gemessen; weiter war der Faden verschlungen, und ich konnte keine Messungen ausführen.

In den Tentakeln sind die beschriebenen Nematocysten in Ringen angeordnet, annähernd radial zur Oberfläche des Tentakels. Unter diesen Nematocysten liegt eine andere Schicht derselben, welche viel weniger dicht ist, und hier liegen die Nematocysten mit ihren langen Axen parallel zur Länge des Tentakels. Man kann denken, dass diese Nematocysten die oberflächlicher liegenden Nesselzellen nach Maass ihres Verbrauches ersetzen.

Ausser den beschriebenen Nematocysten giebt es bei *Carmanina* noch Nesselkapseln von viel geringerer Grösse, welche von ebenfalls elliptischer Form, mit einem glatten, in seiner Anfangs-

abtheilung verbreiterten Faden sind. Wenn man einen Theil des Tentakels der genannten Meduse mit Methylenblau färbt und nachher während 24 Stunden mit *Ranvier'schem* Picrocarmin bearbeitet, so nehmen die grossen Kapseln eine gelbe Färbung an, während die Nematocysten von geringerer Grösse bläulichrot werden.

Der Bau der Nesselzelle oder des Cnidoblastes (es werden die grossen Nematocysten gemeint) ist sehr interessant. Sie stellt in der Mehrzahl der Fälle ein häutiges Säckchen vor, in welchem die Nematocyste frei liegt, so dass zwischen letzterer und den Wänden des Säckchens, welche besonders im oberen Theile der Zelle den Charakter einer Membran besitzen, ein mehr oder weniger breiter spaltenförmiger mit Flüssigkeit ausgefüllter Raum übrig bleibt. An einer Seite eines solchen Säckchens (Fig. 1, 3 und folg.), manchmal näher zu seinem unteren Theile, befindet sich eine Anhäufung von Plasma, in welchem ein ellipsoidaler Kern eingeschlossen ist. Oben auf dem Säckchen sitzt ein schwaches Cnido-*oil*, manchmal mit schwachen Andeutungen eines Saumes an dessen Rändern. Manchmal existirt kein Cnidocil. Im einfachsten Falle (Fig. 4) stellt also die Nesselzelle ein häutiges Säckchen mit in seinen Wänden eingeschlossenem Kerne vor. In der Mehrzahl der Fälle aber existiren ausser dem Cnidocil noch proximale Fortsätze, welche ein besonderes Interesse darbieten und in der Form, wie ich sie gefunden habe, bis jetzt noch nicht beschrieben worden sind (Fig. 3, 5, 6, 7, 8). Am öftesten giebt es solcher Fortsätze sieben, und sie gehen von den Seiten und dem unteren Theile des Cnidoblastes ab. Diese Fortsätze erreichen oft eine sehr beträchtliche Länge, haben eine flache bandförmige Form und brechen das Licht stark. Manchmal kann man in der Mitte eines solchen Fortsatzes eine oder zwei kleine längliche Vacuolen oder sogar eine kleine Spalte bemerken, welche den Anlass geben, zu vermuthen, dass diese Fortsätze sich in der Längsrichtung theilen können. In anderen Fällen gelingt es, eine Längsstreifung zu unterscheiden, welche auf ihren faserigen Bau hinweist. Bei den stärksten Vergrösserungen gelang es mir nicht, in ihnen irgend welchen anderen inneren Bau zu unterscheiden, ausser einem graulichen Glanze und einem Farbenspiele, welches ähnlich demjenigen ist, welches an den Schalen der Diatomeen bei Vergrösserungen, die zur Unterscheidung ihrer Structur ungenügend sind, bemerkt wird. Die in Bezug zur Zelle distalen Enden der Fortsätze sind immer in einzelne Fasern zerspalten, und mit ihnen sitzen sie der Stützlamelle auf. Ihre proximalen Enden verschmel-

zen oft mit einander paarweise oder zu dreien und gehen allmälig in ein den Kern einschliessendes körniges Plasma oder in die häutige Wand des Cnidoblastes über. In einigen Fällen verjüngt sich das proximale Ende des Fortsatzes plötzlich so, dass wir ein Bild bekommen, welches ein wenig an den Uebergang eines contrahirten Theiles der Muskelfaser in den nicht contrahirten Theil in der Contractionswelle erinnert. In sehr seltenen Fällen (Fig. 8) geht von der Seite des Fortsatzes ein feiner Zweig ab, doch scheint es mir, dass es einfach ein kleiner Fortsatz, welcher sich abgezweigt hat, aber kein herantretender Nerv ist. Mit Methylenblau färben sich diese Fortsätze in eine schwache bläuliche Farbe, von Picrocarmin nehmen sie eine rosenrote Färbung an. Ich konnte keine Hinweise auf ihre muskulöse Natur finden und bin eher geneigt, in ihnen eine Art von Stielen, auf welchen sich die Nesselzelle hält, zu sehen. Den Umstand, dass sie von einer Seite der Zelle abgehen, kann man dadurch erklären, dass ursprünglich die Nesselzelle, während sie eine tiefere Lage im Epithelium einnimmt, parallel zur Längsaxe des Tentakels liegt, und von ihrem unteren Ende die sie befestigenden Fortsätze abgehen, welche sich in dem Maasse ausdehnen, wie die Zelle, einen Bogen von 90° beschreibend, eine radiale Lage einnimmt und in die oberflächlichere Schicht übergeht.

In seltenen Fällen kamen mir Zellen mit acht solchen Fortsätzen vor; ziemlich oft kommen Zellen mit weniger als sieben Fortsätzen vor, doch muss man bemerken, dass diese Fortsätze bei der Maceration leicht absfallen. Dessen ungeachtet ist die Existenz der solcher Fortsätze vollkommen ermangelnden Cnidoblasten unzweifelhaft, und solche in den Präparaten vorkommende Zellen können nicht durch einfachen Verlust der Fortsätze bei der Maceration erklärt werden, da diese Fortsätze, sowohl als die Cnidiocile, sich später entwickeln, die embryonalen Zellen aber, in welchen die Nematocysten entstehen, dieselben nicht besitzen.

Die Entwicklung der Nematocysten findet in dem Nesselwulste statt. Die Brüder Hertwig sahen in diesem Gebilde eine Art Stützapparat, welcher aus verknorpelten Nesselzellen besteht, die eine volle Entwicklung nicht erreicht hatten. C. Schneider¹⁾ fand, dass wir hier nicht irgend welche secundär veränderte Nesselkapseln oder specifisch angepasste junge Formen derselben, sondern vollkommen normale embryonale Stadien vor uns haben.

¹⁾ Jenaische Zeitschrift. XX, S. 425.

Auf diese Weise muss nach seiner Meinung der Nesselwulst eine Art Magazin sein, aus welchem nach Maass des Verbrauchs der Vorrath der Nematocysten in den Tentakeln ergänzt wird. Doch gelinge es nicht, das Emigrieren der jungen Cnidoblasten aus dem Nesselwulst in die Tentakeln der Meduse zu beobachten. Von verschiedenen Autoren wurde die Vermuthung ausgesprochen, dass auch bei anderen Coelenteraten die dem Nesselwulst der Trachymedusen entsprechenden Theile, nämlich die Stellen an der Basis der Tentakeln der Polypen, an der Basis der Fangfäden bei den Siphonophoren, welche sehr reich an Nesselzellen sind und manchmal auch die Form eines Ringes oder einer Platte (*Physophora*) bekommen, solche Magazine vorstellen, wo die Entstehung und die Entwickelung der Nematocysten vor sich geht, welche nachher in die Tentakeln oder Fangfäden übergehen, wo ihr Verbrauch statt findet. Niemand hat thatsächlich eine solche Wanderung gesehen, ausser *Murbach*, dessen Beobachtung noch der Berichtigung bedarf, da es sehr möglich ist, dass die von ihm beobachtete Verrückung der Nematocysten einfach durch eine locale Contraction des Organs bedingt war und nicht weit ging. A priori scheint eine solche Emigration sehr zweifelhaft zu sein, da erstens bei vielen Siphonophoren in der ganzen Ausdehnung der Fangfäden dicht bis an die Nesselknöpfe Nesselkapseln überhaupt nicht, oder nur in sehr beschränkter Anzahl vorkommen, so dass die Emigration, wenn sie auch existirte, ungenügend wäre zur Ergänzung der ungeheueren Anzahl der Nematocysten, welche verbraucht werden. Ferner erreichen in den genannten Theilen die Nesselkapseln nicht selten eine so beträchtliche Grösse, dass ihre Wanderung zwischen den dicht zusammengefügten epithelialen Zellen unwahrscheinlich erscheint. So sind die Nesselkapseln, welche an den Fangfäden der Siphonophoren sitzen, oft nach ihrer Länge und Breite grösser als die Breite des Fadens selbst. Man muss ebenfalls bemerken, dass nach Maass der Entwickelung der Nematocyste die dieselbe umgebende Plasmaschicht immer dünner und dünner wird und den Charakter einer Membran annimmt, so dass es wenigstens zweifelhaft ist, die Wanderung der Nematocysten durch amöboide Bewegungen der dieselben einschliessenden Zellen zu erklären, wir aber keine andere Anpassungen für eine solche Wanderung kennen.

Mir scheint, dass solche Magazine embryonaler Nematocysten eine andere Bedeutung haben können.

Sie liegen an derjenigen Stelle, von wo das lange mit Nemato-

cysten bewehrte Greiforgan,— der Tentakel des Polyps oder der Meduse, der Fangfaden der Siphonophore— seinen Anfang nimmt. Diese Organe werden an ihrem Ende oft abgerissen, und es ist möglich, dass sie von der Basis an auf Kosten des Nesselwulstes oder des ihm entsprechenden, die embryonalen Zellen enthaltenden Gebildes wachsen.

Die Entwicklung der Nematocysten bei *Carmarina hastata* ist sehr ähnlich dem, wie es von mir für *Aiptasia diaphana* gefunden wurde, mit dem Unterschied, dass bei *Carmarina* einige Détails deutlicher hervortreten, vielleicht in Folge einer glücklicheren Färbungsmethode (mit Gentiana), welche es mir in jenem Falle nicht in den Sinn kam anzuwenden.

Die Entwicklung fängt damit an, das in unmittelbarer Nähe des Kernes einer interstitialen Zelle eine helle Vacuole erscheint (Fig. 52). Wenn in Folge einer gewissen Lage der Zelle auf dem Objectträger die Vacuole über dem Kerne oder unter demselben zu liegen kommt, so kann es bei ungenügend sorgsamer Beobachtung scheinen, dass dieselbe im Kerne selbst eingeschlossen ist. Doch braucht man nur durch Klopfen mit einer Nadel auf das Deckläschen die Zelle in eine andere Lage zu bringen, um sich zu überzeugen, dass die Vacuole neben dem Kerne, aber nicht in demselben liegt.

Die Zelle wächst in dem Maasse, wie sie sich entwickelt; die Anlage der Nematocyste vergrössert sich auch in ihren Dimensionen, und bald nimmt ihre Wand den Charakter einer deutlichen Membran an. In dem Maasse, wie die Nematocyste grösser wird, nimmt sie die Form einer Bohne an, an deren concaver Seite der Kern der Zelle liegt (Fig. 53 und 56).

Bis jetzt blieb das Innere der Nemotocyste vollkommen durchsichtig und ungefärbt bei Tinction mit Gentiana. Jetzt bemerkt man in ihr einen schwach gefärbten verlängerten Knäuel, welcher mit seinen einem Ende an das enge Ende der Kapsel angewachsen ist, an welchem es manchmal gelingt, eine kleine rundliche Oeffnung zu unterscheiden (Fig. 57). Dieser Knäuel stellt nichts weiter vor, als den spiralen Faden, welcher so zart ist, dass er nur in Masse, und das bei starker Färbung, unterschieden wird; die einzelnen Windungen desselben ist es unmöglich in diesem Stadium zu unterscheiden. Auf gleiche Weise ist es unmöglich, die ersten Stadien seiner Entstehung zu bemerken, theils in Folge seiner Zartheit, theils in Folge dessen, dass je kleiner die Nematocyste, um so dicker die dieselbe bedeckende Plasmaschicht ist, welche

sich ebenfalls intensiv färbt und mit Deutlichkeit das zu erkennen, was im Inneren der Nematocyste vorgeht, nicht erlaubt. Jedenfalls erscheint der Knäuel im Inneren der Kapsel und erreicht eine beträchtliche Grösse, wenn ausserhalb der Kapsel noch kein Faden existirt. Auf diese Weise bildet sich hier die erste Anlage des Fadens durch Einstülpung oder Hineinwachsen in das Innere der Kapsel. Es ist sehr möglich, dass wir dasselbe bei *Aiptasia* haben, wenn man in Betracht zieht, dass das distale Ende des Fadens hier so fein ist, dass es sogar in einer vollkommen entwickelten Kapsel kaum zu unterscheiden ist, der äussere Faden aber in allen Stadien seiner Entwicklung doppelt erscheint. Zudem ist hier der Faden so kurz, dass er keinen Knäuel bildet und folglich auch in der Masse nicht bemerklicher wird. Solche Knäuel im Innern der jungen Kapseln bei *Carmarina hastata* bemerkt man sogar in frischem Zustande ohne jede Färbung.

In Fig. 58 hat sich die Kapsel noch mehr in ihrem Volumen vergrössert und hat sich beträchtlich um den Kern gebogen, was jedoch nicht in allen Fällen vorkommt. Der Knäuel im Inneren der Kapsel ist auch beträchtlich grösser geworden und färbt sich intensiv mit Anilinfarben, obgleich es noch nicht möglich ist, die einzelnen Windungen des Fadens zu unterscheiden. Es giebt ebenfalls noch keinen äusseren Faden. In diesem Stadium nimmt der innere Inhalt der Kapsel um den Knäuel herum mit Gentiana eine leichte violette Färbung an, welche in der Richtung zur Peripherie allmälig verschwindet.

In Fig. 59 wird eine solche Färbung des Inhaltes um den Kern herum intensiver und theilt sich durch eine mehr oder weniger deutliche Grenze von der farblosen peripheren Schicht ab. In demselben Stadium bemerkt man eine kleine Anlage des äusseren doppelten Fadens in unmittelbarer Nähe vom Kerne. Bis jetzt ging die Bildung des Fadens auf solche Weise vor sich, dass er wenn auch nach aussen wuchs, doch nach Maass seines Wachstums sogleich sich nach innen einstülpte. Jetzt geht das Wachsen des Fadens schneller, als dessen Einstülpung, und in Folge dessen liegt ein immer grösserer und grösserer Theil des Fadens ausser der Kapsel. Dieser Theil des Fadens erscheint bei gehöriger Färbung deutlich doppelt, und der innere Faden setzt sich unmittelbar in den im Inneren der Kapsel liegenden Knäuel fort, wobei an seinem Anfang es schon eine oder zwei Windungen zu unterscheiden gelingt. Der Knäuel selbst färbt sich immer intensiver und intensiver.

In Fig. 60 u. folg. hat sich der Inhalt der Kapsel um den Knäuel herum deutlich in zwei Schichten differenzirt—in eine innere, welche sich mit Gentiana in eine schwache violette Farbe färbt, und in eine äussere, welche farblos bleibt. Die Entwicklung des äusseren Fadens schreitet immer weiter fort, und er fängt an, sich um die Kapsel oder, am öftesten, um den Kern herum zu biegen. In allen Fällen unterscheidet man deutlich das Ende des Fadens und es erscheint im Präparat je nach seiner Lage entweder rundlich, oder man bemerkt an seiner Spitze eine leichte trichterförmige Oeffnung, von deren Grund der innere Faden anfängt, welcher in den Knäuel im Inneren der Kapsel übergeht.

In Fig. 64 ist der Faden schon länger, als die Kapsel selbst. Der innere Knäuel ist in dieser Figur in zwei Theile getheilt, nämlich es hat sich im unteren Theile der Kapsel eine kleine Portion von rundlicher Form abgetrennt. Solche Bilder kommen oft an verschiedenen Stadien der Entwicklung vor, ausser den spätesten, wenn der Faden in seiner ganzen Länge deutlich unterschieden wird. Sie entstehen dadurch, dass der Knäuel in Folge seiner Zartheit leicht bei unvorsichtiger Verfertigung des Präparates zerreist; auf gleiche Weise reisst der innere Theil des Fadens leicht in der Stelle ab, wo er in den Knäuel übergeht.

In Fig. 65 hat der äussere Theil des Fadens schon eine so beträchtliche Grösse erreicht, dass er drei Windungen um den Kern, welche in der Zeichnung nicht abgebildet sind, gebildet hat; im Präparat lagen sie unter der Kapsel.

In Fig. 66 ist eine junge Nematocyste abgebildet mit dem dieselbe umhüllenden Plasma und vier Windungen des äusseren Fadens, deren ein Theil, indem er sich um den Kern biegt, auf der unteren Seite der Kapsel liegt und auf der Zeichnung nicht bemerklich ist. An optischen Schnitten erscheint der Faden als helle Kreise mit dunkler Mitte. Die Zahl der Windungen des äusseren Fadens wächst bis zu 5 oder 6. Indem man das Präparat mit Schlägen auf das Deckgläschen zerklöpfst, ist es nicht schwer, den Kern mit den ihn umgebenden Windungen des äusseren Fadens von der Kapsel mit dem Knäuel zu trennen. Solche Bilder, ähnlich dem in Fig. 67 abgebildeten, erscheinen besonders demonstrativ. An dieser Zeichnung sind die Bruchstücke des den Kern und die Kapsel umhüllenden und die Windungen des Fadens verbindenden Plasmas nicht abgebildet.

Die fernere Entwicklung führt sich darauf zurück, dass der

äussere Faden nach seiner Länge sich zu verringern anfängt, indem er in das Innere der Kapsel überkriecht. Dieser Process, wie man denken muss, vollzieht sich sehr schnell, da die entsprechenden Stadien an Präparaten sehr selten vorkommen. Die Hülle der Kapsel wird compakter, und sie selbst wird gerade und nimmt eine rundlichere Form an. Der innere den Knäuel umgebende Inhalt differenzirt sich deutlicher in zwei Schichten, wobei die äussere Schicht immer dünner und dünner wird.

In Fig. 68 hat sich der Faden vollkommen eingestülpt; man unterscheidet seine Windungen ziemlich deutlich und im Inneren des Fadens erscheinen Härtchen an der Anfangsabtheilung und Hübel in der übrigen Ausdehnung, welche früher gar nicht bemerklich waren. Die Anfangsabtheilung unterscheidet sich jedoch nicht deutlich vom spiralen Faden, und letzterer bildet noch einen kompakten Knäuel. In den folgenden Stadien (Fig. 69) differenzirt sich der Axenkörper und die Windungen des spiralen Fadens trennen sich von einander. Der innere Theil des Inhalts der Kapsel färbt sich sehr intensiv und grenzt sich ab durch eine scharfe Linie von der farblos bleibenden, doch stärker lichtbrechenden peripheren Schicht, welche sehr dünn wird und die innere Hülle der Kapsel bildet.

Auf diese Weise zeigt die Entwicklungsgeschichte der Nematocysten, dass das Verhältniss der Schichten der Kapsel ein geradezu umgekehrtes gegen das ist, wie es bisher beschrieben wurde. Die äussere Schicht ist die ursprüngliche Membran der Nematocyste, und sie geht unmittelbar in die Wände des Fadens über, während die innere Schicht eine secundäre Bildung ist. Den Anlass dazu, dass der Sachverhalt ganz umgekehrt beschrieben wurde, gaben die Bilder, welche die Nematocysten mit ausgeworfenem Faden geben. Da der Faden bei den stärksten Vergrösserungen nur eincontourig erscheint, so kann man im Grunde, wenn man die Entwicklungsgeschichte nicht kennt, mit demselben Rechte sagen, dass er die Fortsetzung der äusseren, sowohl als der inneren Schicht der Kapselwand ist. Da aber beim ausgeworfenen Faden seine Basis gewöhnlich in die Oeffnung der Kapsel ein wenig eingestülpt ist, so scheint es auch, als sei der Faden die unmittelbare Fortsetzung der inneren Schicht.

Da die Entladung der Kapsel nach aller Wahrscheinlichkeit in Kraft der Diffusion des Wassers durch die Wände des Fadens, dessen ein Theil sich ursprünglich unter dem Einfluss anderer Ursachen ausstülpkt, oder in dessen Inneres der Zutritt dem Wasser

durch das Abwerfen des Deckelchens geöffnet wird, sich vollzieht, so muss man folgern, dass gerade die innere Schicht der Kapselwand zur Diffusioa unfähig ist und die Nematocyste von vorzeitiger Entladung schützt.

Die ferneren Umwandlungen der Nematocysten sind so einfach, dass sie aus der Vergleichung der Fig. 30 mit den Abbildungen vollkommen ausgebildeter Nematocysten vollständig klar werden. Ich werde die Aufmerksamkeit lenken auf die beträchtliche Vergrößerung im Volumen, welchem wir auch bei der Entwicklung der Nesselkapseln bei *Aiptasia* begegneten.

Scyphomedusae.

Von den Scyphomedusen wurden von mir die Nesselorgane bei *Pilema (Rhizostoma) pulmo* Haeck., *Cotylorhiza tuberculata* L. Ag., *Charybdea marsupialis* Per. und bei einigen kleinen Formen untersucht.

Hier haben die Nematocysten eine annähernd rundliche Form und eine unbeträchtliche Grösse. Bei der Mehrzahl der Nematocysten (Fig. 9 und 14) ist der Faden verbreitert in seiner Anfangsabtheilung, welche den Axenkörper, der drei spirale Reihen sehr zarter Härchen trägt, bildet. Der spirale Faden hat in seiner ganzen Ausdehnung annähernd dasselbe Caliber, indem er nur leicht sich gegen sein distales Ende verjüngt. An ihm unterscheiden sich bei *Rhizostoma* und *Charybdea* deutlich drei denselben umfassende spirale Linien, in welchen es unmöglich ist, einzelne Hübel zu unterscheiden; bei *Cotylorhiza* scheint er glatt zu sein. In der ruhenden Kapsel (Fig. 10 und 15) umfasst der Faden den Axenkörper in der Form einer weiten Spirale. Der uneingenommene innere Raum der Kapsel ist mit einer gelatinosen Masse erfüllt, in welcher man einzelne Klumpen unterscheidet. Die Oeffnung der Nesselkapsel ist mit einem kleinen Deckelchen zugedeckt. Bei der Entladung kann man an einigen Kapseln eine Vergrößerung des Volumens und eine Vergrösserung der Dicke der Kapselwände bemerkten. Die Mehrzahl jedoch haben sowohl in entladenem, als auch in ruhendem Zustande eine und dieselbe Dimension, bei *Rhizostoma* ca. 8 μ Länge und 7 μ Breite.

Ausser den beschriebenen Nematocysten existieren noch Nematocysten anderer Art, von noch geringerer Grösse, mit einen Faden ohne Axenkörper, und welcher in seiner ganzen Länge von drei kaum bemerkbaren Riefen umfasst ist. Im ruhenden Zustan-

de liegt der Faden im Inneren der Kapsel als eine sehr deutliche Spirale.

Die Cnidoblasten haben eine ovale Form und sind an ihrem proximalen Ende nicht selten in einen manchmal ziemlich langen ähnlich dem übrigen Zellplasma körnigen Fortsatz ausgezogen (Fig. 11, 12, 13, 16, 17). Nach Hamann¹⁾ „entsendet“ bei *Pelagia perla* und *Noctiluca* „jede Cnidozelle Fortsätze, und meist drei aus“. Die äussere Schicht des Plasmas hat einen häutigen Charakter. Der Kern befindet sich gewöhnlich unter der Nematocyste, seltener seitlich von derselben. Um die letztere herum bemerkt man oft einen hellen Zwischenraum, doch unterscheidet man keine deutliche innere Membran.

Das distale Ende des Cnidoblastes ist in ein Käppchen verwandelt und trägt auf oder neben demselben ein Cnidocil oder Cnidocile, da ihrer mehrere sein können. Das Käppchen trägt den Charakter eines echten Saumes einer epithelialen Zelle. Die Mannigfaltigkeit seiner Formen und der Grösse und Anzahl der Cnidocile ist sehr beträchtlich. In Fig. 11 sitzen auf dem Saum zwei grosse Borsten oder Cnidocile am Rande und drei kleine Fortsätze in der Mitte. Aehnliches haben wir in Fig. 12 mit dem Unterschiede, dass eines der Cnidocile deutlich aus zwei verschmolzenen Härcchen der epithelialen Zelle gebildet ist. In Fig. 17 sind zwei kurze Cnidocile; es kommen auch Formen mit einem Cnidocil vor. In Fig. 13 und 16 sind drei lange Borsten, welche in Fig. 13 gegen einander geneigt sind; es kommen Formen vor, wo drei ähnliche Borsten zu einem grossen Cnidocil verschmelzen. Andererseits existiren Cnidoblasten ohne Käppchen und Cnidocile. Bei der Entladung reisst gewöhnlich der Saum in der Mitte, an der Stelle, wo er am dünnsten ist.

Siphonophora.

Die Nematocysten der Siphonophoren zeichnen sich durch die Mannigfaltigkeit ihrer Grösse und Form bei einem und demselben Thiere aus, während bei verschiedenen Arten dieselben Formen sehr ähnlich sind. Von mir sind in dieser Hinsicht *Halistemma rubrum* Huxl., *Agalma sarsi* R. Leuck., *Forskalia contorta* R. Leuck. *Physophora hydrostatica* Forsk., *Apolemia uvaria* Eschsch., *Praya cymbiformis* R. Leuck. (?²), einige andere

¹⁾ Studien über Coelenteraten.

²⁾ Bei dem Exemplare, welches zu meiner Verfügung stand, waren die Schwimmglocken abgerissen, und desswegen bin ich nicht sicher in der Benennung der Art.

Diphyidae und *Monophyidae*, und *Velella spirans Eschsch.* untersucht worden. Bei den ersten drei unterscheiden sich die Nesselskapseln nur in ihrer Grösse und in kleinen Veränderungen der Form. Als Vertreter wollen wir *Agalma* nehmen.

Hier haben wir erstens sehr kleine Kapseln (Fig. 13) welche in ruhendem Zustande eine rundliche Form besitzen; indem sie den Faden hervortreten lassen, verringern sie sich ein wenig in ihrem Volumen und werden ellipsoidal, wobei der Faden nicht vom engen Ende, sondern etwas von der Seite des Ellipsoids abgeht. Der Faden ist glatt, mit drei Reihen sehr kleiner Dörnchen besetzt. Eine solche Veränderung der Form der Kapseln, welche sich bei der Entladung merklich contrahiren, wobei sie aus rundlichen zu länglicheren werden, weist deutlich auf einen beträchtlichen positiven intracapsularen Druck hin, unter dessen Einfluss die Kapselhülle ausgedehnt wird. Wenn man ein dünnwandiges Kautschukrohr, welches an einem Ende geschlossen ist, wie z. B. ein Guttapertschagondon ein solches vorstellt, nimmt, und dasselbe mit Luft aufbläst, so wird es aus einem cylindrischen zu einem rundlichen. Im Fall von Actinien haben wir jedoch gesehen, dass manchmal, umgekehrt, die Nematocyste eine rundlichere Form bei der Entladung annimmt. Eine solche Erscheinung kann durch zwei Ursachen erklärt werden. Erstens dadurch, dass der innere Druck einer ruhenden Kapsel hier unbeträchtlich ist und umgekehrt, die Kapsel bei der Entladung in Kraft des beträchtlichen Aufquellens der gelatinösen Masse sich aufbläht; in der That haben die Messungen in einem Falle eine Vergrösserung des Volumens der Nematocyten bei der Entladung gezeigt. Zweitens—durch eine ungleiche Elasticität der verschiedenen Theile der Kapselwand. Wenn man eine Kautschukkugel nimmt, deren polare Theile dünner oder mehr dehnbare Wände als der äquatoriale Theil haben, so wird sie beim Aufblasen eine längliche Form annehmen.

Die in Fig. 19 abgebildeten Nematocyten unterscheiden sich nur in geringem Grade von den so eben beschriebenen. Sie haben eine etwas beträchtlichere Grösse, eine birnförmige oder auch rundliche Form, und ihr Faden ist an seinem Anfang etwas aufgeblasen. Wenn der Faden ausgeworfen ist, so fallen die auf demselben sitzenden Dörnchen ab, und dabei nicht einzeln, sondern in kurzen Reihen.

In Fig. 20 sind Nematocyten von sehr curioser Form abgebildet. Hier ist die Kapsel eiförmig und besitzt eine breite, wie gewöhnlich mit einem Deckelchen bedeckte Oeffnung, durch wel-

che der Faden ausgeworfen wird, welcher eine sehr sonderbare Form hat. Er besteht aus einem dünnwandigen Axenkörper, welcher sich in solchem Maase beim Auswerfen aufbläst, dass er beträchtlich die Grösse der Nematocyste übertrifft. Von seinem abgerundeten Ende geht ein sehr kurzer glatter, sich gegen das Ende verengernder Faden ab, welcher bei anderen Formen fehlen kann (Fig. 36). In ruhendem Zustande ist der Axenkörper in solchem Grade zusammengepresst, dass seine Wände sich berühren.

Ferner haben wir zwei Formen grosser Nesselkapseln, welche in Fig. 21 und 22 bei zweifach geringerer Vergrösserung als die ersten abgebildet sind.

Die in Fig. 21 abgebildeten Nematocysten haben eine cylindrische Form mit abgerundeten Enden, welche ein wenig in der Form einer Schote gebogen ist. Der Faden bildet im Anfang einen stark aufgeblasenen glatten Axenkörper, trägt drei spirale Reihen von Dörnchen und ist sehr lang. Die Wände des Axenkörpers erscheinen, ähnlich den Wänden der Kapsel selbst, zweischichtig, und in diesem Falle ist es nicht schwer, sich zu überzeugen, dass die Wände des spiralen Fadens sich in die äussere Schicht des Axenkörpers und der Kapsel, aber nicht, wie man es gewöhnlich beschreibt, in die innere fortsetzen.

Endlich übertrifft die letzte Art der Nematocysten (Fig. 22) alle übrigen durch ihre Grösse. Die Kapsel ist von elliptischer Form. Der Faden ist sehr lang, theilt sich in den Axenkörper und den eigentlichen spiralen Faden. Der Axenkörper zerfällt in drei Abtheilungen—eine proximale glatte mit ungleichmässig verdickten Wänden, so dass ihr inneres Lumen im Schnitte eine dreieckige Form hat—eine mittlere, welche drei spirale Reihen langer Börstchen, die sich bei der Entladung nach hinten abbiegen, trägt,—und eine kurze distale von conischer Form. Die innere Verdickung der proximalen Abtheilung hat sich, wie es scheint, auf Kosten der inneren Schicht der Kapselhülle gebildet. Sie fängt allmälig an und in der ruhenden Nematocyste erscheint der äussere Contour der Verdickungen als spirale Linie. Die distale, conische Abtheilung des Axenkörpers, von deren Spitze der spirale Faden abgeht, ist in der ruhenden Nematocyste in das Ende seiner mittleren Abtheilung eingestülppt und mit seiner Spitze zur Oeffnung der Nematocyste gewendet, so dass auf einer kurzen Strecke der Axenkörper einer ruhenden Kapsel in der That, der Beschreibung von *Moebius* entsprechend, aus drei in einander gelegten Rohren besteht, wie wir es auch bei *Aiptasia* gesehen haben. Der Faden ist sehr lang

und trägt drei spirale Reihen von Dörnchen, welche bei *Halistemma rubrum* eine beträchtliche Grösse erreichen und die Form von Krallen haben. Dieselben sind hier in drei gerade Längsreihen angeordnet, sowohl am ausgeworfenen, als auch am eingestülpten Faden (Fig. 13). Hier sind auch die Kapseln selbst sehr gross.

Das Deckelchen, welches die Oeffnung der Kapsel bedeckt, färbt sich etwas mit Haematoxylin. Die das Innere der Kapsel ausfüllende Gallerte löst sich leicht von den Wänden ab.

Diese Kapseln erreichen bei einigen Formen eine ungeheure Grösse. So haben sie bei *Halistemma*, zu welcher der in Fig. 23 abgebildete Faden gehört, an 1120μ Länge bei einer Breite von 120μ . Die Länge des Fadens erreicht in diesen Fällen 3500μ bei einer Breite von 6μ . Bei der Entladung bemerkt man eine beträchtliche Verringerung im Volumen, welche jedoch ungenügend ist, um allein als Ursache des Auswerfens des Fadens dienen zu können. Bei *Physophora hydrostatica* ist die Länge der grossen Kapseln in ruhendem Zustande gleich $30-30,5 \mu$ bei einer Breite von $7-7,5 \mu$, im entladenen Zustande ist die Länge gleich $28-29 \mu$ bei einer Breite von $6,5-7 \mu$.

Bei *Apolemia uvaria* sind die Nesselkapseln von den so eben beschriebenen etwas verschieden. Hier giebt es ebenfalls mehrere Arten derselben, nämlich grosse rundliche Kapseln (Fig. 24) mit einem verbreiterten Axenkörper, welcher an zwei Stellen aufgeblasen ist, wobei der obere Theil drei spirale Reihen langer Börstchen trägt. Der spirale Faden ist sehr dünn, und es ist unmöglich, Dörnchen an demselben zu unterscheiden. Ferner haben wir Kapseln von elliptischer Form mit einem längeren Axenkörper, welcher in seiner ganzen Länge ausser dem ersten Anfang, kürzere als im ersten Falle und in drei den Axenkörper in einigen Windungen umfassenden Spiralen angeordnete Börstchen trägt. Sie haben einen ähnlichen spiralen Faden (Fig. 25). Die eiförmigen Kapseln, welche einen sehr langen Faden haben, der in seiner ganzen Länge mit drei spiralen Reihen kurzer Dörnchen besetzt ist. An zwei Stellen bildet dieser Faden rundliche Aufreibungen und hier werden die Dörnchen länger. Im Zwischenraume zwischen beiden Aufreibungen ist der Faden breiter, als in der übrigen Ausdehnung (Fig. 26). Endlich—runde Kapseln mit einem Faden ohne Axenkörper (Fig. 27).

Bei *Praya* erreichen die grossen Kapseln eine ungeheure Grösse und haben eine länglich cylindrische Form (Fig. 34). Die Länge

des mit drei spiralen Reihen Dörnchen besetzten Fadens ist bis 3500μ . Der im Vergleich mit dem Faden nicht verbreiterte Axenkörper ist mit Börstchen besetzt und hat das Aussehen einer Lampenbürste. Die übrigen Kapseln haben annähernd dieselbe Form, wie bei *Halistemma*, wie man es aus Fig. 35, 36 und 37 sehen kann.

Die Nesselkapseln der Siphonophoren sind in ungeheurer Anzahl in den Nesselknöpfen ihrer Fangfäden angehäuft. Besonders viele kommen an den distalen Enden der Polypen und der Taster, seltener in anderen Organen vor. Die Mehrzahl der Nesselkapseln, nämlich die an den Fangfäden sitzenden, besitzen das Cnidoblast in der Form einer einfachen umhüllenden Zelle ohne proximale Fortsätze. Hier sitzen sie oft sehr dicht, indem sie zwischen sich fast keine freie Zwischenräume lassen. Auf diese Weise ist das Protoplasma ihrer Cnidoblasten in seier Menge sehr verringert, und letztere verlöthen sich eng mit einander, so dass es selten gelingt die Cnidoblasten isolirt zu erlangen. Bei der Maceration bekommt man in Folge des Abfallens der Nematocysten den Axentheil des Fangfadens besät wie mit Nestern von sechseckiger Form, welche ähnlich den Waben der Bienen angeordnet sind, mit Verdickungen an den Stellen, wo die Kanten zusammgestossen. Die Wände sind mehr oder weniger hoch, je nach dem Grade der Conservirung. Neben den Nematocysten selbst bleiben Bruchstücke des Protoplasmas, manchmal mit in denselben eingeschlossenen Kernen. Die die Cnidocile tragenden Käppchen bleiben in seltenen Fällen an den Nematocysten, gewöhnlich aber fallen sie als eine continuirliche Schicht in grösseren oder kleineren Stücken ab. Die Cnidoblasten der kleineren Nematocysten sind leicht vollkommen isolirt zu bekommen. Ihnen fehlen die proximalen Fortsätze, und sie stellen nichts besonderes vor. Das Cnidocil ist einfach oder erscheint als ein ganzer Büschel von Börstchen, welche den Wimperchen des Flimmerepithels sehr ähnlich, doch dicker sind und oft mit einander verschmelzen. Die Länge des Cnidocils ist verschieden (vrgl. Fig. 13—22).

In Fig. 28—31 sind die Cnidoblasten von *Apolemia uvaria* abgebildet. Fig. 28 stellt eine grosse Nesselzelle vom Ende des Tasters vor. Ihr Käppchen trägt ein ganzes Büschel von Börstchen; es giebt keine proximale Fortsätze; um die Kapsel herum befindet sich ein ziemlich beträchtlicher heller Zwischenraum, welcher von einer dünnen inneren Membran umgeben ist. Die Cnidoblasten, welche in Fig. 29 abgebildet und von derselben Stelle genommen

sind, enthalten in sich Kapseln, welche in Fig. 21 abgebildet sind. Diese Zellen sind durch ihren proximalen Fortsatz, welcher in seiner ganzen Länge oder nur an seinem Ende in einzelne Faserchen zerfällt und in seiner übrigen Ausdehnung glatt und homogen erscheint, interessant. Der Kern nimmt nicht selten eine sehr verlängerte Form an. Bei *Apolemia uvaria* haben die Nesselzellen, welche an den Fangfäden sitzen, ebenfalls oft Fortsätze, welche von der Seite der Zelle abgehen und sich gewöhnlich in zwei Portionen theilen (Fig. 30). An den Fangfäden sitzen diese Kapseln schief, als hielten sie sich am Faden mit solchen Fortsätzen, welche bei gegenüber liegenden Zellen einander entgegen gerichtet sind (Fig. 31). Bei diesen Zellen hat auch das Cnidocil eine curiose Form. Hier sind die Cnidocile, welche an der Seite der Zelle sitzen (Fig. 30 und 32) und aus verlötheten Härchen bestehen, bei den am Fangfaden paarweise einander gegenüber sitzenden Nematocysten einander entgegen gerichtet (Fig. 31) und bilden, indem sie sich mit ihren Enden berühren, als wie ein Bogengewölbe. Bei der Maceration trennen sie sich leicht.

Diese Cnidoblasten sind ebenfalls durch ihre Kerne interessant (Fig. 30—33), welche hier seitlich von der Nesselzelle, wobei sie die Form eines Halbringes bekommen, oder unter derselben liegen. In solchen Fällen hat der Kern entweder eine biscuitförmige Form, so dass unter der Nematocyste nur eine dünne Brücke von Kernsubstanz, welche zwei an den Seiten der Kapsel liegende Austreibungen verbindet, hinzieht, oder die Form einer Tasse mit dünnem Boden und aufgeblasenen Rändern. Nicht selten wird der Kern, ob in Folge des Verlöthens der Enden des Halringes oder in Folge der Resorption des dünnen Bodens der Tasse, ringförmig, wie es in Fig. 33 abgebildet ist.

Hinsichtlich der Anordnung der Nematocysten bei *Halistemma rubrum* bemerkt Korotneff unter Anderem ¹⁾:

„Ich füge noch hinzu, dass die grossen Nesselkapseln, welche die zwei Laterallinien des Nesselstranges bilden, ganz anders angeheftet sind: sie stecken nämlich nach innen nicht mit dem breiten Basaltheile, sondern mit der Spitze, gerade wo die Oeffnung des Nesselorgans sich befindet. Claus ²⁾ erwähnt zwar, dass an dem grossen Nesselorgane von *Halistema tergestinum* sich anstatt eines einzigen Cnidocils ein zarter, kegelförmiger langge-

¹⁾ Mitth. aus d. Zool. St. zu Neapel. Bd. V. S. 253—259.

²⁾ Claus. Ueber *Halistema tergestinum*. Wien. 1878.

streckter Zapfen erhebt, hat aber nicht erkannt, dass die Nesselorgane sich mit diesem Zapfen unmittelbar anheften. Denselben Zapfen habe ich bei *Halistemma rubrum* und *Physophora* immer gefunden, und mit diesem Theile heftete sich die Nematocy ste dem Nesselstrange an....“.

Hinsichtlich der grossen Nesselkapseln anderer Formen, welche nach seiner Beschreibung dieselbe Lage haben, bemerkte *Korotneff* ¹⁾: „Die Entladung der grossen Nesselorgane kann nur nach dem Freiwerden derselben geschehen, weil diese Kapseln vermit tels ihrer Oeffnungsenden dem Postament aufsitzen“.

In so fern ich mich an den von mir erwähnten Formen, sowohl an lebendigen Fangfäden, als auch an verschiedenen Präparaten und Schnitten überzeugen konnte, ist eine solche Behauptung vollkommen unrichtig. Die grossen Kapseln sitzen ganz eben so, wie die anderen,—mit ihrer Oeffnung und dem Cnidocil nach aussen, aber nicht nach innen gewendet. Dabei bildet ihre Längsaxe keinen geraden Winkel mit der Längsaxe des Fangfadens, sondern einen scharfen, und ausserdem ragen ihre Basen beträchtlich her vor, indem sie zu gleicher Zeit das Protoplasma der anliegenden Zellen in der Form von Festons nach aussen hervorstülp sen. Auf solche Weise stellen diese Kapseln durch ihre Anordnung am Fang faden eine Art paarweise an einem schrägen Strickchen aufge hängter Würzchen vor. Bei Drücken mit dem Deckgläschen weichen ihre Basen aus einander, und dann kann es in der That scheinen, dass sie mit ihren distalen Enden so sitzen, wie es *Korotneff* denkt.

Bei *Velella* giebt es zweierlei Art Nematocysten. Erstens kleine ovale, selten vorkommende, mit glatten Faden ohne Axenkörper, und zweitens, grössere von verschiedener Grösse (Fig. 39), welche gleichen Nematocysten bei *Pennaria Cavolini* sehr ähnlich gebaut sind. Die Kapsel ist rundlich. Der Axenkörper wird durch die auf denselben sitzenden drei grossen Nadeln in zwei Abtheilungen getheilt,—in eine proximale, manchmal in der Mitte aufgetriebene mit ungleichmässig verdickten Wänden, in Folge dessen ihr Lumen im Querschnitte dreieckig erscheint, und in eine distale kegelförmige glatte oder je eine, zwei oder mehrere kleine Dörn chen vor jeder grossen Nadel tragende Abtheilung; in diesem Falle theilt sich die kegelförmige Abtheilung manchmal ihrerseits durch eine Einschnürung in zwei Theile,—einen proximalen die genann-

¹⁾ L. c. S. 263.

ten Dörnchen tragenden, und einen dörnchenlosen distalen Theil. Oefter jedoch ist sie vollkommen glatt. Der spirale Faden scheint glatt zu sein. In Fig. 43, 44, 46 und 51 sind die Nematocysten in verschiedenen Stadien der Entladung, in den anderen Zeichnungen in ruhendem Zustande abgebildet. Die Oeffnung der Kapsel ist mit einem Deckelchen, welches bei der Entladung seitwärts abspringt, zugedeckt.

Nach *Bedot*¹⁾ besteht der Axenkörper aus drei Theilen, welche in zusammengerolltem Zustande des Fadens in einander gestreckt sind. *Bedot* wurde irre geleitet durch die Beschreibung der Nematocysten bei *Moebius*.

Das Hauptinteresse in den Nematocysten der *Vevelia* bieten die dieselben enthaltenden Zellen oder Cnidoblasten. Sie sind ausführlich, doch nicht ganz richtig von *Bedot* beschrieben worden und sind zweierlei Art — mit einem proximalen Fortsatz, und ohne denselben. Die ersten stellen eine complicirtere Form vor und die am öftesten von ihnen vorkommenden sind in Fig. 38 und 40 abgebildet. *Bedot* beschreibt sie folgender Weise:

„Le nématocyste très volumineux n'est jamais placé au centre du cnidoblaste, mais toujours près du bord, de telle sorte que le fil urticant, en sortant, n'a que l'enveloppe de la cellule à traverser. A côté du nématocyste se trouve un amas de protoplasme granuleux et souvent très bosselé. C'est le résidu du protoplasme qui a servi à la formation du nématocyste. Le noyau du cnidoblaste est souvent enveloppé dans cette masse de protoplasme, ce qui le rend difficile à voir. D'autres fois, il se trouve à côté et se voit facilement. Le nématocyste n'est pas inclus directement dans le cnidoblaste. Il en est séparé par une petite membrane qui l'enveloppe entièrement et qui laisse souvent autour de lui un petit espace libre... Un cnidocil assez fort traverse la cuticule. La base du cnidoblaste donne naissance à la tige. Chez les *Velellides* la tige des cnidoblastes est en continuation directe avec l'enveloppe de la cellule. Elle paraît absolument homogène et ne se colore pas par le carmin et l'haematoxyline. Cependant à l'endroit où elle prend naissance elle présente un aspect assez curieux dû à la présence de striations transversales. Ces striations prennent naissance au niveau du milieu du nématocyste, et finissent à l'endroit où la tige prend son diamètre normal. Dans un cas, que j'ai observé, elles s'étendaient un peu plus bas. Peut-être s'agissait-il,

¹⁾ M. *Bedot*. Recherches sur les cellules urticantes.

ici d'un état particulier de contraction ou d'extension. Les striations sont un peu plus larges sur le cnidoblaste même que sur la tige, mais cependant elles ne s'étendent que sur une petite partie de son pourtour. *Chun*¹⁾ est le premier auteur qui ait mentionné cette structure particulière. Il a vu ces striations sur des cnidoblastes de *Physalie*. Il est très probable qu'on les rencontre encore chez d'autres animaux. Dans tous les cas c'est un fait intéressant et qui démontre clairement la nature musculaire de la tige. Une autre disposition assez curieuse se rencontre, non pas toujours, mais très fréquemment, à l'extrémité de la tige. A peu de distance de l'endroit où elle est fixée elle s'élargit et prend la forme d'un fuseau creux. La paroi du fuseau est transparente et formée de la même matière que le reste de la tige. Une substance finement granuleuse, qui se colore vivement par le carmin ou l'haematoxyline, remplit l'intérieur du fuseau, en laissant à l'extrémité supérieure un petit espace vide. Au milieu de cette substance se trouve un long filament incolore enroulé sans ordre et dont on ne suit qu'avec peine les sinuosités. Il semble se rendre dans la tige après avoir traversé l'espace vide qui est à l'extrémité du fuseau, mais il est impossible de le suivre plus loin. Il est probable que ce fuseau, de même que les striations transversales, joue un rôle dans la contraction de la tige.

Mir bleibt übrig, einige Berichtigungen und einige Ergänzungen zu dieser ausführlichen Beschreibung zu machen.

Das Cnidocil, welches stets etwas seitlich sitzt, zerheilt sich bei der Maceration sehr leicht in drei oder vier Börstchen, aus deren Verlöthen es sich gebildet hat (Fig. 41, 42).

„Un amas de protoplasme granuleux“ ist kein Protoplasmarest, auf dessen Kosten sich die Nematocyste gebildet hat, wie es *Bedot* glaubt, sondern eine Bildung ganz eigenthümlicher Art.

Sie liegt der Nematocyste etwas von der Seite an und hat grössttentheils die Form einer convexconcaven Linse mit abgerundeten Rändern, welche nicht selten mehr als die Hälfte der Nematocyste umfasst, wovon sich zu überzeugen es nicht schwierig ist, wenn man den Cnidoblast von oben betrachtet. Der proximale Fortsatz, „la tige“ *Bedot's*, erscheint als unmittelbare Fortsetzung dieses Gebildes. Er ist vollkommen homogen und mit einer sehr dünnen Membran bedeckt, welche als unmittelbare Fort-

¹⁾ *Chun, C.* Die Natur und Wirkungsweise der Nesselzellen bei Coelenteraten. Zool. Anz. 1881. S. 646.

setzung der Wände des Cnidoblastes erscheint. Bei der Maceration löst sich diese Hülle nicht selten ab, und dann ist es leicht, sich von ihrer Anwesenheit zu überzeugen (Fig. 41). An seinem unteren Ende ist dieser Fortsatz verbreitert und sitzt mit demselben auf der Stützmembran.

Der Kern liegt entweder seitlich von der genannten Bildung oder ist von derselben verdeckt und in letzterem Falle unmittelbar nicht bemerklich; man kann ihn jedoch durch eine entsprechende Färbung sichtbar machen.

Am proximalen Fortsatze kann man in der That oft sogar an lebendigen Cnidoblasten eine Querstreifung, welche an diejenige der Muskeln erinnert, sowohl als in der granulösen, seitwärts von der Nematocyste sich befindenden, Anhäufung sehen (Fig. 40). Eine nähere Untersuchung zeigt jedoch, dass diese Streifung dadurch bedingt wird, dass der homogene Strang in einer grösseren oder geringeren Ausdehnung um seine eigene Axe zusammengedreht ist, wobei er eine Spirale bildet, wie es von Murbach bemerkt wurde, „amas de protoplasme granuleux“ aber ist nichts Anderes, als die Fortsetzung desselben zusammengedrehten Stranges, welcher zu Schlingen zusammengerollt ist und den Knäuel bildet. Davon ist es nicht schwer, sich zu überzeugen, wenn man mit Schlägen auf das Deckgläschen die macerirten Präparate zerklopft. So hat sich in Fig. 41 vom Knäuel, aus welchem die genannte Bildung besteht, eine Windung abgelöst, und in Fig. 42 hat die den Strang bedeckende Hülle sich zerrissen und die Spirale ist in einiger Ausdehnung auseinander gerückt. In Fig. 44 ist dieser Strang sehr stark ausgedehnt. Mir gelang es einmal, den Strang, in welchem in diesem Falle die Querstreifung in der ganzen Ausdehnung bemerkbar war, zusammen mit dem Knäuel zu isoliren, in welchen er sich fortsetzt und welcher in augenscheinlichster Weise aus Schlingen desselben Stranges bestand. Dieses Präparat ist in Fig. 48 abgebildet.

C. Schneider¹⁾ beschreibt diese Bildung vollkommen richtig: „Im Umkreis der äusseren Wand der Nesselkapsel erhält sich stets ausser dem später meist basal gelegenen Kern eine mehr oder minder dicke Protoplasmahülle mit manchmal recht eigenthümlichen Einlagerungen; so sieht man bei *Velella* einen glänzenden, sich tingierenden, anscheinend homogenen Knäuel, der sich basal in einen glatten, homogenen, sich nicht färbenden Stiel fortsetzt,

¹⁾ Zoolog. Anz. № 464. 1894.

welcher wiederum an der Stützlamelle anhaftet. Dieser Knäuel besteht, wie schon *Murbach* im Gegensatz zu *Chun* und *Bedot* andeutete, aus spiraling dicht aufgerolltem Fadenwerk; die Substanz des Stiels geht oben in, wie ich glaube, zwei Spiralen über, die sich manchmal sehr lang entrollt an conserviertem und zerstörtem Material zeigen, so dass dann der Knäuel wesentlich zusammen schmilzt". Ich denke nur, dass der Knäuel aus einem zusammengedrehten und zu Schlingen eingerolltem Faden, aber nicht aus zwei Spiralen, wie *C. Schneider* denkt, besteht.

„Ob der Stiel musculös ist“, bemerkt weiter *C. Schneider*, „das kann ich vor der Hand nicht entscheiden; sicher ist aber die Spiralmasse nicht musculös“.

Ich konnte gleichfalls keine Hindeutungen auf die Fähigkeit dieses Stranges zur Contraction oder seinen musculösen Charakter finden. Es scheint einfach ein unterstützender Fortsatz zu sein, welcher eigenthümlich modifizirt ist und zum Festhalten der Beute, in welche sich die Nematocysten hineingestosse haben, dient. Man muss bemerken, dass bei *Velella* sogar die entladenen Nematocysten nicht so leicht aus den sie enthaltenden Zellen herausfallen, wie bei der Mehrzahl der anderen Thiere. Es ist sehr leicht, solche Präparate zu bekommen, wo die aus dem Epithel herausgestossenen Cnidoblasten sich noch an den Tentakeln mit Hilfe ihrer Stränge halten. Da es bei *Velella* keine Fangfäden giebt, so muss man vielleicht in diesen Strängen eine ihnen physiologisch entsprechende Bildung sehen.

Am unteren Ende des Fortsatzes befindet sich, der Beschreibung *Bedot's* entsprechend, eine Verbreiterung, welche manchmal sehr beträchtlich ist (Fig. 45, 46). Solche Verbreiterungen können auch an der Mitte des Stranges vorkommen (Fig. 43). Mir scheint es, dass sie dadurch bedingt werden, dass die den Strang, aus welchem der Fortsatz besteht, bedeckende Hülle sich aufbläst, und der Strang selbst in feine Fäden, aus welchen er gebildet ist, welche aber in der übrigen Ausdehnung so dicht an einander anliegen, dass sie sich nicht unterscheiden, zerfällt. Der Zwischenraum zwischen diesen stark verwinkelten Fäden ist mit einer homogenen Masse ausgefüllt. An macerirten Präparaten sind solche Verbreiterungen beträchtlicher, und manchmal zerfällt selbst die Basis des Stranges in ein ganzes Büschel feinster Fäden (Fig. 47).

Folgende Bemerkung *Bedot's* finde ich vollkommen richtig:

„Korotneff“¹⁾ a décrit chez la Lucernaire des cellules bipolaires et multipolaires dont les prolongements s'unissent à la tige des cnidoblastes. Cette disposition paraît, à première vue, se retrouver aussi chez les Vellidides. Lorsqu'on dissocie un bouton urticant de Porpite, on isole souvent des cnidoblastes qui présentent, contre leur tige, des restes d'autres cellules. En étudiant de plus près la structure du bouton urticant, j'ai pu m'assurer que ces cellules n'étaient autre chose que des cellules ectodermiques non modifiées, qui sont accumulées en assez grand nombre autour des tiges des cnidoblastes. Ce n'est qu'accidentellement qu'elles restent accolées aux tiges lorsqu'on les dissocie.“

Ausser den beschriebenen Cnidoblasten existirt noch eine zweite Art derselben, welche von den beschriebenen sich durch das Fehlen des proximalen Fortsatzes unterscheidet. Oft, doch nicht immer, wie Bedot denkt, fehlt denselben auch das Cnidocil. Indessen existirt der Knäuel und liegt seitwärts von der Nematocyste oder unter derselben (Fig. 49, 50, 51).

Ueber die Wirkungsweise der Nematocyten bei den Siphonophoren müsste ich dasselbe sagen, was in Betreff der Hydroidpolypen gesagt wurde. Wie stark sie sein kann geschah es mir, mich zu überzeugen, als ich einmal auf der Hand den Nesselnknopf einer *Halistemma* unvorsichtig zerquetschte. Ich empfand einen brennenden Schmerz, und noch drei Wochen blieben an der Hand rothe Flecken, und mit Hülfe einer Loupe konnte man die einzelnen Stiche erkennen. Was den ersten Impuls zur Entladung anbetrifft, so bin ich auch hier geneigt, ihn theils in einem äusseren Drucke auf das Cnidocil, theils in einer schnellen Contraction der umgebenden Zellen zu sehen. Keine specielle Muskelemente gelang es mir zu finden, und wenigstens in einigen Fällen ist ihre Existenz äusserst zweifelhaft. So sitzen die Nematocyten oft an den Deckschuppen oder Schwimmglocken, von allen Seiten umgeben von flachen Zellen des Plasterepithels, zwischen welchen keine anderen Elemente vorkommen. Die Wand des Cnidoblastes selbst aber zeigt keine Hindeutungen auf einen muskulösen Charakter.

In den Wänden der Polypen oder der Taster, von deren Basis die Fangfäden abgehen, befindet sich stets eine grosse Anzahl embryonaler Stadien der Nesselzellen. Bei *Physophora* häufen sie sich zusammen an, indem sie ein Plättchen an der Basis des

¹⁾ Korotneff, A. Histologie de l'Hydre et de la Lucernaire. Archives de Zoologie expérimentale. 1876, T. V.

Fangfadens bilden, welches man für homolog dem Nesselwulst der Medusen hält. Bei *Forskalia* enthält der untere, helle Theil des Polypen in seinem Epithel eine so ungeheure Anzahl embryonaler Nematocysten, dass es gelingt, auf einem Objecträger einen vollen Cyclus der Entwicklung zu bekommen.

Ich untersuchte die Entwicklung der Nesselkapseln bei *Hali-stemma*, *Apolemia*, *Forskalia*, *Physophora*, *Praya* und einigen kleinen *Diphyidae*, und fand, dass sie in den wesentlichen Zügen, ausser wenigen Abweichungen von zweitem Range, bei allen auf gleiche Weise, und dem ähnlich, wie ich es für *Aiptasia* und *Carmarina* beschrieben habe, vor sich geht. Besonders eignen zur Untersuchung die Nesselkapseln von *Forskalia contorta*, welche die in Fig. 21 abgebildete Form haben. Die embryonalen Stadien der grossen Kapseln sind so gross, dass sie den Gebrauch der Immersionssysteme nicht zulassen und, indem sie sich zu intensiv färben, mit Deutlichkeit das, was in ihrem Inneren vorgeht, zu unterscheiden nicht erlauben.

Wie gewöhnlich, fängt die Entwicklung damit an, dass in unmittelbarer Nähe des Kernes einer interstitiellen Zelle eine kleine Vacuole erscheint, welche manchmal in einer kleinen Vertiefung des Kerns liegt (Fig. 70 und 84). Die Vacuole wächst, und ihre Wand nimmt den Charakter einer deutlichen Membran an (Fig. 84 und 71). Ferner fängt der Inhalt der jungen Kapsel an, sich in eine periphere Schicht und in eine innere sich stärker von Anilinfarben tingierende, doch schwächer lichtbrechende Masse zu differenzieren (Fig. 72). Zugleich wird die Kapsel, indem sie an Dimensionen stark zunimmt, oval, und biegt sich oft um den Kern herum. Später nimmt sie wieder eine rundlichere Form an und wird gerade. Im Inneren der Kapsel erscheint ein Knäuel,— die erste Anlage des künftigen Fadens, welche sich als eine Einstülpung der Kapselwand bildet (Fig. 35, 36, 73) und sich in ihren Dimensionen allmähig vergrössert; es ist einstweilen unmöglich, an ihm die einzelnen Windungen zu unterscheiden. Ferner, wenn der innere Knäuel noch eine geringe Grösse hat, fängt die Bildung des äusseren Fadens durch Ausstülpung an; der letztere erscheint auf diese Weise von Anfang an doppelt (Fig. 74, 75, 76). In Fig. 87 und 88 sind junge Stadien der grossen Nematocysten von *Physophora hydrostatica* abgebildet. Hier existirt kein innerer Knäuel, der äussere Faden aber erscheint in einer grossen Ausdehnung doppelt; man unterscheidet deutlich das Ende des inneren Fadens. Man könnte denken, dass hier ursprünglich

der äussere Faden durch Ausstülpung sich bildet und nachher, wenn er schon eine gewisse Länge erreicht hat, die Bildung des inneren Fadens durch Einstülpung von seinem Ende anfängt, doch der Umstand, dass in einer jüngeren Kapsel, welche in Fig. 87 abgebildet ist, der innere Faden mit seinem Ende mehr an die Oeffnung der Kapsel reicht, als in Fig. 86, wo wir eine Kapsel mit einem schon mehr entwickeltem äusseren Faden haben, sowohl als auch die Bilder noch jüngerer Kapseln (Fig. 86), welche bezeugen, dass der Faden sich ursprünglich durch Einstülpung bildet, zwingen uns, zu denken, dass in diesem Falle der Process des Wachsthums des äusseren Fadens in solchem Grade von einem gewissen Momente an den Process des Einstülpens überwiegt, dass der innere Knäuel, welcher sich ursprünglich gebildet hat, in den Hohlraum des äusseren Fadens hereingezogen wird. Uebrigens ist es nicht unmöglich, dass in einigen Fällen sich zuerst eine kleine Anlage des äusseren Fadens bildet, und schon nachher das Einstülpen anfängt. Der äussere Faden ist an seinem Anfang sehr breit, doch nachher, nachdem er eine gewisse Länge erreicht hat, wird er enger (Fig. 77, 78). Auf diese Weise vollzieht sich die Theilung in den Axenkörper und den eigentlichen spiralen Faden. Die Windungen des inneren Fadens werden sehr deutlich. Der äussere Faden, indem er die ganze Zeit doppelt bleibt, bildet ausserhalb der Kapsel einige Windungen, bis sieben oder acht,—welche sich nicht immer um den Kern herum legen (Fig. 79, 81, 82). In Fig. 80 ist bei anderer Einstellung der mikrometrischen Schraube dieselbe Nematocyste, wie in Fig. 81 abgebildet. Hier ist schon ein beträchtlicher Taeil des Fadens in das Innere der Kapsel hinübergekrochen und hat sich in der Form einer Spirale gelegt. Die optischen Schnitte des äusseren Fadens stellen helle, von einem dunklen Contour umgebene Kreise mit einem dunklen Centrum im Inneren vor. Der Inhalt der Kapsel hat sich in eine innere gelatinöse Masse und eine helle periphere Schicht differenzirt, welche letztere immer dichter und zugleich dünner wird und sich endlich in die innere Hülle der Kapsel verwandelt, welche an jungen Nematocysten leicht von der inneren gelatinösen Masse abfällt. In Fig. 83 ist schon der ganze Faden in das Innere der Kapsel hinübergekrochen. Ferner bilden sich die Börstchen des Axenkörpers und die Hülle des spiralen Fadens, und folgt das endliche Formiren der Nematocyste zugleich mit der Verringerung des Volumens. Das die Oeffnung der Kapsel bedeckende Deckelchen scheint sich zu bilden auf Kosten eines proto-

plasmatischen Stieles, welcher in den embryonalen Nematocysten im Inneren des eingestülpten Fadens sich hinzieht, auf dessen Kosten sich ferner die Hügelchen, Dornen und Stacheln bilden, und dessen letzter Rest sich in das genannte Gebilde verwandelt. In Fig. 83 ist eine nicht vollkommen reife grosse Nesselkapsel von *Physophora hydrostatica* abgebildet. Hier befindet sich an der inneren Seite der inneren Hülle der Kapsel, gegenüber der Oeffnung der letzteren, eine kleine Vertiefung, welche nicht selten auch an reifen Kapseln bemerkbar ist. In Fig. 90 ist bei derselben Vergrösserung ein ganz eben solche vollkommen reife Kapsel dargestellt, um die beträchtliche Verringerung im Volumen zu zeigen.

Allgemeine Folgerungen und Ergebnisse.

Hier werde ich die allgemeinen Ergebnisse, zu welchen mich meine Studien über die Nesselorgane bei verschiedenen Coelenteraten, nähmlich bei Korallen, Hydroidpolypen, Medusen und Siphonophoren geführt haben, mit weniger Worten resumiren.

Die Nesselorgane der Coelenteraten, ungeachtet einer sehr bedeutenden Verschiedenheit in der Form und in einzelnen Besonderheiten, stellen eigentlich veränderte Epithelzellen (Cnidoblasten) dar, in welchen die Nesselkapseln oder Nematocysten, in jeder Zelle je eine, eingeschlossen sind.

Die Nesselkapseln können von verschiedener Grösse und Form sein — runde, ovale, eiförmige, cylindrische — und beherbergen einen zu einem Knäuel zusammengerollten Faden, welcher eine schlachtförmige Einstülpung der Kapselwand darstellt. Dieser Faden kann nach aussen, von seinem Befestigungsorte an der Kapselwand beginnend, nach Art eines Handschuhfingers herausgestülpt und herausgeworfen werden. Nur bei Anthozoen giebt es eine Art Nesselkapseln, deren Faden verhältnismässig sehr dicke Wände hat und ohne herausgestülpt zu werden, durch Zerreissen der Kapsel am vorderen Ende derselben herausgeworfen wird. Bei einem und demselben Thiere existiren immer mindestens zwei, zuweilen aber, wie bei den meisten Siphonophoren, vier oder fünf Arten von Nesselkapseln.

Die Kapselwand besteht aus zwei Schichten, von welchen die innere gewöhnlich dicker als die äussere ist. Die Wand des Fadens setzt sich unmittelbar in die äussere, nicht aber, wie es bis jetzt beschrieben wurde, in die innere Schicht der Kapsel fort.

Die Oeffnung der Kapsel ist meistenteils, wenn nicht stets, mit einem Deckelchen, welches, wie es scheint, von plasmatischem Charakter ist, bedeckt und ist immer am peripheren Ende der Kapsel gelegen.

Das Innere der Kapsel, welches vom Faden nicht eingenommen, ist nicht mit Flüssigkeit, wie man es bis jetzt glaubte, sondern mit einer gallertartigen Masse gefüllt, die sich mit Anilinfarben färbt, stark im Wasser aufquellen kann und brennend-ätzende Eigenschaften besitzt. Namentlich das Aufquellen dieser Masse ist die Ursache des Herausstülpens des Fadens. Das Wasser tritt in das Innere der Kapsel durch die Wände des Fadens, was nur dann geschehen kann, wenn der Deckel abgeworfen wird, oder wenn der Anfangsteil des Fadens, dem äusseren Drucke folgend, vorgestülpt wird. Die Wände der Kapsel, und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach die innere Schicht derselben, ist dem Wasser undurchdringlich und schützt die Kapsel vor einem frühzeitigen Entladen. Es gelingt nicht specielle Anpassungen für das Zusammendrücken der Kapseln nachzuweisen, so dass man den ersten Anstoss zum Entladen in benachbarten Elementen suchen muss.

Beim Entladen ist zuweilen eine Volumverminderung der Kapsel bemerkbar, welche aber jedenfalls nicht hinreichend ist, um allein die Ursache des Auswerfens des Fadens zu sein, weil das Volum eines herausgeworfenen Fadens nicht selten das Volum einer ruhenden Kapsel, welche außerdem beim Entladen ihre ursprüngliche Grösse öfters bewahrt, bedeutend überwiegt.

Der Faden bläst sich beim Auswerfen stark auf, so dass der noch nicht ausgeworfene Theil desselben innerhalb des ausgeworfenen sich ganz frei bewegt.

Der Faden hat eine sehr verschiedene Länge und Form. Nicht selten ist sein proximaler, mehr oder minder kurzer Theil breiter oder seine Bewaffnung stärker als die des distalen Theiles, und ersterer wird in solchen Fällen als Axenkörper bezeichnet. In der ruhenden Kapsel liegt der Axenkörper gerade gestreckt, seine Wände, wie die des Fadens selbst, sind zusammengepresst bis zur Berührung; außerdem ist er auch seiner Länge nach gleichsam zusammengeschrumpft. Der Faden selbst ist in einen Knäuel oder eine Spirale um den Axenkörper oder an der Seite desselben gewunden und beginnt vom Ende des letzteren.

Wie der Faden, so ist auch der Axenkörper entweder ganz glatt oder mit Hügelchen, Börstchen oder Stacheln besetzt. Diese

Fortsätze sind immer in drei Spiraltouren, welche von links nach rechts und von unten nach oben laufen, angeordnet. In seltenen Fällen nur (grosse Nematocysten von *Halistemma rubrum*) ziehen diese drei Reihen in gerader Richtung längs des Fadens. Der Faden selbst trägt niemals lange Börstchen. Der Axenkörper kann mit derartigen Auswüchsen entweder in seiner ganzen Länge besetzt sein, oder es bleibt sein proximaler Theil und ein kurzer kegelförmiger Abschnitt, durch welchen er in den Spiralfaden übergeht, nackt, oder können auch auf seinem proximalen Theile verkürzte Börstchen sitzen. Nicht selten trägt er auch drei grosse Stacheln auf seinem mittleren Abschnitte, vor welchen noch je ein oder mehrere kürzere Stachelchen sitzen können. Alle diese verschiedenen Formen können von einer primitiveren Form abgeleitet werden, bei welcher der Faden seiner ganzen Länge nach mit drei Spiralreihen von gleichgrossen knotenförmigen Auswüchsen besetzt ist. Durch Verlängerung einiger und Verschwinden anderer Auswüchse und durch Erweiterung des Anfangs gleichmässigen Fadens in seinem proximalen Theile können die verschiedensten Formen entstehen. Ein ganz glatter Faden würde eine noch einfachere und primitivere Form darstellen.

Die Wand des Axenkörpers ist zuweilen zweischichtig und besteht dann aus denselben Schichten, wie die Kapselwand.

In den Fällen, wo im Axenkörper ein proximaler, nackter Theil existirt, können seine Wände, und zwar die innere Schicht derselben, ungleichmässig verdickt sein, so dass sein innerer Zwischenraum im Querschnitte eine dreieckige Form bekommt.

In der ruhenden Nesselkapsel sind die Börstchen und Stacheln zusammengelegt und mit ihren Spitzen nach vorn gerichtet. Beim Entladen werden sie nach auswärts oder nach hinten zurückgebogen und fallen leicht ab. Die langen Stacheln und Borsten des Axenkörpers bilden, sich zusammenlegend, ein dreikantiges Stilet, welches genau in den inneren Zwischenraum des proximalen Abschnittes desselben hineinpasst.

Die Wirkung der Nematocysten ist von zweierlei Art—eine mechanische und eine chemische.

Die mechanische Wirkung besteht darin, dass die Nematocysten die Beute mit ihren Fäden umwickeln oder dieselbe mit den letzteren durchstechen, was in folgender Weise stattfindet. Beim Entladen der Nesselkapsel, welche einen mit langen Borsten oder Stacheln bewaffneten Axenkörper hat, wird das Stilet, zu dem diese Stacheln sich zusammenlegen, energisch nach aussen ge-

schnellt und in die Beute eingestossen. Bei dem weiteren Vordringen des Fadens in die Beute gehen die zuerst eingedrungenen Stacheln auseinander, indem sie die Ränder der Wunde erweitern; auf diese Stacheln folgen die anderen, und der ganze Faden wird schliesslich in die Wunde versenk. Durch die Kraft der Gegenwirkung wird der Anfangsteil desselben wieder nach aussen hervorgeschoben und es scheint schliesslich, als ob nur das Ende eines weichen und biegsamen Fadens in den zuweilen sehr festen Fremdkörper eingestossen würde. Beim Auswerfen wird der Faden öfters um seine Axse gedreht und dadurch wird sein Eindringen noch mehr erleichtert. In der Regel je mehr Börstchen und Stacheln des Axenkörpers entwickelt sind, desto bedeutender wird die Verkleinerung der Kapsel beim Entladen. Die Zusammenziehung der Kapsel beschleunigt das Auswerfen des Fadens und hilft dadurch demselben in fremde Körper einzudringen. Die Fäden, deren Axenkörper stachellos ist, sind vielleicht fähig nur in sehr weiche Körper einzudringen.

Die chemische Wirkung besteht darin, dass in das Innere einer auf solche Weise erzeugten Wunde die gelatinöse Masse, welche das Innere der Kapsel erfüllt und giftige Eigenschaften hat, durch Zerreissen des Fadens ausgegossen wird, indem sie bis zur Consistenz des Schleimes aufquillt.

Die Zellen, in welchen die Nematocysten eingeschlossen sind, oder Cnidoblasten sind sehr mannigfaltig. In dem einfachsten Falle sind es bloss Zellen, welche eine Nematocyste umgeben, eine runde oder unregelmässige Form haben und einen Kern besitzen, welcher zur Seite der Nematocyste oder unter derselben liegt. Gewöhnlich aber findet eine mehr oder weniger complicirte Differenzirung derselben statt und zwar in Betreff des Zellkörpers, des freien distalen und proximalen Endes der Zelle, mit welch letztem dieselbe auf der Stützlamelle sitzt.

Die Differenzirung des Zellkörpers besteht darin, dass seine periphere Schicht den Charakter einer Hülle bekommt; ausserdem entsteht öfters um die Nematocyste herum ein heller Raum, welcher nicht selten mit einer besonderen, schreinbar structurlosen Hülle von verschiedener Dicke umgeben ist.

Das distale Ende der Zelle hat eine verschiedene Form. Im Allgemeinen kann man dasselbe als ein verändertes Ende einer Wimperepithelzelle betrachten. Im einfachsten Falle ist ein Saum von stark lichtbrechender Substanz vorhanden, welcher dem Saum einer Epithelzelle ähnlich ist, auf welchem ein Bündel von

Börstchen, die die Fähigkeit des Flimmerns verloren haben, sitzt. Der Saum nimmt nicht selten die Form einer Kappe an oder verschwindet gänzlich, und dann bekommt das distale Ende der Zelle die Form einer Anschwellung, welche von einer durchsichtigen Substanz erfüllt ist. Von den zahlreichen Börstchen bleibt nur eines übrig, das in die Länge und Dicke sich vergrössert und zum Cnidocile wird, die übrigen aber reduciren sich mehr oder weniger oder verschwinden gänzlich. Oder es bleiben einige (3, 4 und mehr) Börstchen erhalten und in diesem Falle löthen sie sich zusammen, indem sie einen einzigen complicirten Cnidocil bilden. In den beiden Fällen sitzt der Cnidocil gewöhnlich seitwärts.

Das proximale Ende der Zelle bleibt entweder glatt oder bildet sich in einen Forsatz oder Fortsätze von verschiedener Länge um. In dem einfachsten Falle ist es ein plasmatischer fadenförmiger oder keilförmiger Answuchs. In anderen Fällen wird der Fortsatz homogen und besteht zuweilen, wie es scheint, aus den feinsten vereinigten Fäden und kann mit einer Hülle, welche die Fortsetzung der Zellmembran darstellt, umhüllt sein. Mit seinem proximalen Ende sitzt ein solcher Fortsatz der Stützlamelle auf, mit dem distalen begiebt er sich in das Zellplasma, welches die Nematocyste bekleidet. Zuweilen giebt es viele solche Fortsätze. Bei *Carmarina hastata* steigt deren Anzahl bis sieben und sie gehen theils von dem unteren Ende, theils von der Seite eines Cnidoblastes aus. Bei *Velella* erreicht ein solcher Fortsatz eine ausserordentliche Entwicklung. Er besteht aus einem homogenen Stiele, welcher aus einem Zusammenfliessen feinster Fäden gebildet, spiralförmig gedreht und mit einer Hülle, die in die Zellmembran sich fortsetzt, umgeben ist. Mit dem proximalen Ende sitzt dieser Fortsatz, wie gewöhnlich, der Stützlamelle auf, mit dem distalen geht er in den Knäuel über, der aus Schlingen dieses spiralförmigen Körpers an der Seite der Nematocyste liegt. Infolge seiner Spiraldrehung bekommt der Fortsatz ein quergestreiftes Aussehen.

Ich konnte keine Andeutungen von einer muskulären Natur der bezeichneten Fortsätze finden. Es sind, wie es scheint, bloss Stützforsätze der Zelle.

Die Entwicklung von Nematocysten geht bei allen Coelenteraten auf ähnlicher Weise vor sich.

Dieselbe beginnt damit, dass um den Kern einer interstitiellen Zelle des Epithels eine kleine Vacuole erscheint, die allmählich an Umfang zunimmt und mit einer Hülle, die später die äussere Schicht der Kapsel bildet, umgeben wird.

Der Kapselinhalt differenzirt sich bald in eine innere gelatinöse Masse und in eine klare peripherische Lage, welche allmählich fester und dünner wird und in die innere Schicht der Kapselwand sich verwandelt.

Zugleich geht die Bildung des Fadens vor sich, in welcher man zwei Processe — das Auswachsen nach aussen und die Einstülpung nach innen, — welche annähernd gleichmässig und gleichzeitig fortgehen, unterscheiden kann. Die erste Anlage des Fadens bildet sich wahrscheinlich immer als eine Einstülpung der Kapselwand, in welche ein protoplasmatischer Fortsatz von aussen hineindringt. Diese Einstülpung verlängert sich und bildet einen Knäuel im Inneren der Kapsel. Diesen Process der Fadenbildung kann man sich so vorstellen, als ob der Faden zuerst nach aussen wüchse um dann sofort sich nach innen einzustülpen. Von einem gewissen Momente an überwiegt der Process des Nachaussentwach-sens den Process der Einstülpung und wird hierdurch ein Faden gebildet, welcher ausserhalb der jungen Nematocyste liegt und immer aus zwei in einander liegender Röhrchen besteht — dem inneren Faden, der sich in den Knäuel innerhalb der Kapsel fortsetzt, und dem äusseren, der sich an seinem Ende einstülpft und auf diese Weise in den inneren Faden übergeht. Zugleich mit dem Wachsen der Kapsel verlängert sich ein solcher Faden und bildet ausserhalb derselben entweder Schlingen oder eine Spirale von zahlreichen Windungen.

Dann hört das Wachsen des Fadens auf und derselbe stülpt sich nach innen in die Kapsel gänzlich hinein. Die Hügelchen, Börstchen und Stacheln entwickeln sich erst im eingestülpften Faden auf Kosten des protoplasmatischen Stieles, welcher in der Mitte desselben verläuft; der Rest dieses Stieles bildet sich wahrscheinlich in das Deckelchen, welches die Oeffnung der Kapsel bedeckt, um. Nach Abschluss des Wachstums des äusseren Fadens findet eine bedeutende Abnahme des Volums der Kapsel statt, so dass eine ganz ausgebildete Kapsel immer viel kleiner als junge Nematocysten ist.

Der Entwicklungsort der Nematocysten befindet sich an der Basis der Tentakeln oder der Fangfäden. Die Wanderung der Nematocysten längs der entsprechenden Organe zu den Stellen, wo sie verbraucht werden, was verschiedene Autoren annehmen, ist nicht bewiesen und erscheint zweifelhaft. Es ist möglich, dass der Tentakel, welcher mit Nesselzellen bewaffnet ist, einfach von seiner Basis aus wächst.

Ich untersuchte ebenfalls die Nesselzellen anderer Thiere, doch kann ich in Folge des Mangels an Material in dieser Hinsicht nichts Neues mittheilen.

Von *Eimer* wurden Nematocysten bei einigen Schwämmen beschrieben. Ich untersuchte einige von den von *Eimer* angegebenen Formen, doch konnte ich keine Nematocysten finden. Es ist sehr möglich, dass *Eimer* durch kleine im Leibe der Schwämme parasitirende Hydroiden irre geleitet wurde. Derselben Meinung ist auch Prof. *Vosmaer*, wie ich aus persönlichem Gespräch erfahren habe.

Bei Ctenophoren wurden schlecht entwickelte Nematocysten bis jetzt nur bei *Euchlora rubra* gefunden. Die Verwandtschaft ihrer Klebzellen oder Greifzellen mit den Nesselzellen ist zweifelhaft.

Bei den Würmern (*Turbellaria*) sind theils den Nematocysten der Coelenterata ähnliche, theils sehr, manchmal bis zum Grade einfacher Stäbchen reducirt Nematocysten beschrieben worden. Hier entwickeln sie sich massenhaft in birnförmigen Zellen des Parenchyms, nachdem wandern sie aber in die epithiale Schicht der Haut über.

Bei einigen Mollusken aus den *Opistobranchia* (*Aeolididae*) existiren an der Spitze der dorsalen Wärzchen, wie auch ich selbst mich überzeugen konnte, nach ihrem Bau denjenigen der Coelenteraten aehnliche Nematocysten, welche aber, wie man denkt, zu mehreren in einer Zelle entstehen.

Villafranca
1895.XII.2/14.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Nematocysten und Cnidoblasten von:

- Fig. 1—8. *Carmarina hastata*. Vergr. 350—1150.
" 9—13. *Rhizostoma pulmo*. Vergr. 1700.
" 14—17. *Cotylorhiza tuberculata*. Vergr. 1700
" 18—22. *Agalma Sarsii*. Vergr. der Fig. 18—20=850, Fig. 21
und 22=425.
" 23. Faden einer grossen Nesselkapsel bei *Halistemma ru-*
brum. Vergr. 425.
" 24—32. *Apolemia uvaria*. Vergr. 850.
" 33. Ringförmige Kerne der Cnidoblasten desselben Thieres.
Vergr. 850.
" 34—37. *Praja cymbiformis*. Vergr. von Fig. 34=225, Fig 35—
37=850.
" 38—51. *Velella spirans*. Vergr. 850, ausser Fig. 48, deren
Vergr. 1150.

Tafel VI.

Entwicklung der Nematocysten von:

- Fig. 52—69. *Carmarina hastata*. Vergr. 1150.
" 70—83. *Forskalia contorta*. Vergr. 1150.
" 84—90. *Physophora hydrostatica*. Einige Stadien. Vergr 425,
ausser Fig. 36, deren Vergr. 850.



POLARLAND UND TROPENFLORA.

Von

H. Trautschold.

Nachdem in der neueren Zeit festgestellt worden ist, dass die Stellung der Erdaxe zur Sonne geringen Schwankungen unterliegt, lag es nahe, sich nach den Bedingungen zu erkundigen, unter welchen die heutigen Polarkreise in der Vorzeit, und namentlich während des früheren geologischen Perioden existirt haben.

Ist die Stellung der Erdaxe während aller Phasen des Erdlebens dieselbe oder wenigstens nahe zu dieselbe gewesen wie jetzt, und hat die Erde immer auf demselben Wege die Sonne umkreist, so haben die Polarkreise zu allen Zeiten, wie heute, sehr lange Winter und sehr kurze Sommer gehabt (an unserem kürzesten Tage steht die Sonne $23\frac{1}{2}$ Grad südlich vom Aequator, am längsten $23\frac{1}{2}$ Gr. nördlich), und das Thier- wie auch das Pflanzenleben konnten in den damaligen Polarländern ebenso wenig wie heut, unbeeinflusst davon bleiben.

Zwar legte Leverrier seinen Sonnentafeln eine Konstanz der Erdrotation für alle Zeiten zu Grunde, aber nach Deichmüller ist dieselbe sehr unwahrscheinlich¹⁾, und die Bewegung des Nordpols der Erdaxe lässt kaum zweifeln, dass die Axenstellung nicht immer dieselbe gewesen ist. In's Gewicht fallen dabei die Versetzungen des Erdoceans aus einem Theile unserer Planeten in

¹⁾ Die möglich Veränderlichkeit der Erdrotation. Klein's Jahrbuch für Astronomie und Geophysik. 1895. p. 101.

den anderen. Dass die nördliche Erdhälfte während der Perm- und Triasperiode vom Meere verlassen, während der Jurazeit aber wieder überflutet worden sind, wird schwerlich ohne Einfluss auf die Neigung der Erdaxe geblieben sein. Vielleicht kommt auch eine verschiedene Vertheilung der Meteoritenfälle in Betracht. Ausserirdische Einflüsse können sich im Laufe der Zeiten ebenfalls auf die Stellung der Erdaxe geltend gemacht haben.

Die besten Beweise für die Wanderung der Pole liefert aber unstreitig die Vertheilung der Pflanzen- und Thierwelt im Laufe der geologischen Perioden auf der Erdoberfläche. Von vorn herein muss angenommen werden, dass bei unverändertem Stande der Erdaxe die Kälte in den Polarländern, als in den am wenigsten von der Sonne beschienenden Theilen der Erde vorgeherrscht haben muss, und dass dort sich niemals eine Vegetation entwickeln konnte, wie zwischen den Wendekreisen; zu keiner Zeit kann dort eine tropische Vegetation die Festländer bedeckt haben. Dennoch, entgegen aller Voraussetzung, soll letzteres zu Ende der Kreidezeit der Fall gewesen sein. Der schwedische Phytopaläontologe Nathorst ¹⁾ hat nämlich in den unter den Tertiärschichten von Ugarangongsuk in Grönland zur Kreideformation gehörenden Ablagerungen das fusslange fiederlappige Blatt einer Artocarpus-Art nebst männlichen Blüthen und Brodfruchtresten gefunden, so wie Reste von Nelumbium, Magnolia, Ficus etc. Wenn Zweifel an der richtigen Bestimmung der Artocarpus-Reste aufsteigen sollten, ist auf die Meinung des sehr kritischen Botanikers Schenk zu verweisen, der an der richtigen Bestimmung der Artocarpus-Blüthen und Früchte nicht zweifelt ²⁾, während er den sonstigen willkürlichen Bestimmungen von fossilen Blättern und Blüthen mancher Autoren wenig Vertrauen schenkt.

Es kann also als erwiesene Thatsache hingestellt werden, dass zu Ende der Kreidezeit ungefähr unter dem 70-sten Grade n. Br. Grönland tropische Pflanzen hervorgebracht hat, denn die Gattung Artocarpus ist heut eine tropische Gattung: Artocarpus incisa wächst auf den Molucken, den Sunda-Inseln, den Philippinen und den Südsee-Inseln und A. integrifolia kommt wild vor in Ostindien und auf Ceylon.

Es handelt sich dennoch um die Frage: Können bei derselben Stellung der Erdaxe und derselben Erdbase in Grönland klimati-

¹⁾ Nathorst. Palaentol. Forskningar vid Wajgatsch och Tophias Färst till Kap York. p. 264. p. 264—266. Stockholm 1885

²⁾ Palaeophytologie p. 477. in Zittel's Handbuch der Paläontologie 1890.

sche Verhältnisse obgewaltet haben, welche die Besiedelung durch eine tropische Flora ermöglichten?

Hooker hält die Möglichkeit nicht für ausgeschlossen, indem er daran erinnert, dass die Dunkelheit der langen Winternacht bei hinreichender Wärme die Entwicklung der Vegetation nicht hätte hindern können. Er weist dabei auf das Beispiel der Petersburger Treibhäuser hin, in denen ja doch während des langen Winters und vielfach bedekten Himmels Palmen, Cycadeen und überhaupt höher entwickelte Pflanzen gezogen werden, die des Sommerlichtes in ihrer Heimath bedürfen. Aber theils hat Petersburg mehr Licht, als das Land zehn Grad nördlicher, theils sind die tropischen Gewächse durch die gleichmässig geheizten Glashäuser vor dem Erfrieren geschützt, einem Erfrieren, dem die Palmen der Tertiär- und Kreidezeit jedenfalls nicht entgangen wären. Denn im Freien herrscht ein Wechsel der Temperatur und hat zu allen Zeiten geherrscht, der unter dieser Breite den Pflanzen der Petersburger Treibhäuser unfehlbar den Tod gebracht hätte.

Es ist vielfach die Meinung ausgesprochen, dass während der paläozoischen Zeit der Erdocean eine sehr viel höhere Temperatur gehabt habe, als während der meso- und känozoischen Zeit. So erklärt Murray noch ganz vor Kurzem, dass in den paläozoischen Meeren eine durchweg fast gleichmässige Temperatur geherrscht habe, und dass erst in den früheren mesozoischen Zeiten die Abkühlung an den Polen begann. Nach ihm verbreitete sich das kalte Wasser nach den Polarregionen, füllte langsam die grösseren Tiefen aus, und ermöglichte durch die grössere Zufuhr von Sauerstoff auch thierisches Leben etc.¹⁾. Bei der jetzigen Stellung der Erdaxe würde also nach Murray auf dem damaligen polaren Continent die Entstehung einer Sumpfflora mit Stigmarien und Lepidodendren möglich gewesen sein. Aber die Verhältnisse von Festland und Meer veränderten sich in der Folgezeit. Zur Permischen Zeit zog sich das Meer zurück, um zur Jurazeit wieder zum Nordpol zurückzufluthen. Dann aber trat wieder ein Rückzug ein, der bis zum Ende der Quartärzeit andauerte; denn weder in Sibirien noch in Nordrussland und Skandinawien, ungefähr von dem 56-sten Grade an, findet sich eine Spur des Kreidemeeres noch des Tertiärmeeres und das Land des Mammuth und Rhinoceros tichorhinus war auch zur Diluvialzeit nicht unter Was-

¹⁾ Dr. Murray. A summary of the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger 1872—76. 2 vols. London 1895.

ser. Durch diesen allgemeinen Rückzug des Meeres wurde eine ansehnliche Vergrösserung der Nordpolarländer hervorgerufen, und diese Zunahme an Umfang musste auch eine Veränderung des Klimas verursachen, indem im Winter durch Ausstrahlung ein grosser Verlust an Wärme eintrat. Während bei Bedeckung durch Wasser und durch Einfluss warmer Meereströmungen das Klima jener Gegend milder sein musste, wurde es hart und kalt, als grosse Festlandmassen den Nordpol umgaben. Zu diesen Festländern, Halbinseln und Inseln gehörte auch Grönland, das damals einen noch grösseren Umfang hatte als heut. Die fraglichen Schichten von Kreidepflanzen stehen dort oberhalb des jetzigen Meerspiegels an, und der Anprall der Meereswogen hat das Seinige dazu beigebracht, die Küsten zurückzudrängen.—Da während des Jahresschnitts, während dessen der Nordpolarkreis nicht von den Strahlen der Sonne baschienen, war, es bei der jetzigen Stellung der Erdaxe *immer* dort kälter seine musste, als auf den übrigen Theilen der Erdoberfläche, so ist es nur folgerichtig zu schliessen, dass bei Entblössung von Wasser dort eine noch niedrigere Temperatur herrschen musste, selbst während der paläozoischen Periode, und es ist selbstverständlich, dass sich unter solchen Umständen in den circumpolaren Ländern zu keiner Zeit eine tropische Flora entwickeln konnte.—Selbst bei der Annahme, dass warme Meereströme sich zwischen die Inseln hindurchdrängten, konnte ihr Einfluss nicht so gross sein, dass sich während der kalten Winter dort eine tropische Vegetation hätte erhalten können. Ebensowenig wie der Golfstrom eine Mittelmeerflora auf der Küste von Norwegen hervorzurufen im Stande ist, ebensowenig war das ein vielleicht etwas wärmerer Meerestorm an der Küste von Grönland im Stande.

Der Gedanke ist nicht von der Hand zu weisen, dass durch auserirdische Einfüsse zu jener Zeit Störungen in der Bewegung der Erde und in der Lage der Erdaxe bewirkt haben, und dass auch die Versetzung des Erdoceans aus einer Erdhälfte in die andere damit in Zusammenhang steht. Jedenfalls stimmt diese Hypothese besser zu den Thatsachen, als die Annahme, dass, nachdem die See den circumpolaren Ländern Platz gemacht hatte, hier im kalten Norden (immer die unveränderte Lage der Erdaxe vorausgesetzt) die Bedingungen zur Entstehung einer tropischen Flora gegeben worden wären. Kälte und tropische Vegetation sind eben schreiende, unversöhnliche Widersprüche.

Knowlton sagt in einem Artikel über Brodfruchtbäume in Nordame-

rika¹), dass aus dem Umstände, dass lebende Arten einer Gattung tropisch sind, noch nicht geschlossen werden kann, dass dem immer so sei. „In Amerika scheint die Gattung *Artocarpus* nur bis zum 46-sten Grade in Oregon vorgedrungen zu sein und bis in's Miocän und alten Pliocän zu reichen. Heute kommt sie in Amerika nicht mehr vor. In Nordamerika kam *Artocarpus* in Gesellschaft von *Salix*, *Populus*, *Quercus*, *Juglans*, *Gingko*, *Taxodium*, *Sequoia* etc. vor, was dafür spricht, dass damals ein gemässigtes Klima herrschte. In Grönland dagegen tritt *Artocarpus* auf in Gemeinschaft von tropischen Gewächsen, wie Formen aus der Ordnung der Gleicheniaceen, vier Cycas-Arten, Gummibäumen, *Nelumbium*, was nicht auf ein gemässigtes, sondern auf ein sehr warmes deutet“.

Es liegt auf der Hand, dass, wenn eine Änderung des Klima's in Grönland durch eine Änderung der Lage der Erdaxe hervorgerufen ist, die Pole sich während dieser Zeit an einer anderen Stelle befunden haben müssen, als jetzt. Es müssen also Eisanhäufungen und Gletscher sich an Orten gebildet haben, die heut mit tropischen Vegetation bedeckt sind. In der That will schon Agassiz im tropischen Brasilien Gletscherspuren entdeckt haben, eine Entdeckung, die entschiedenem Unglauben und Misstrauen unter den Geologen begegnet ist. In neuerer Zeit hat Maurice Chaper seiner Entdeckung von Gletscherspuren im tropischen Afrika in den französischen Besitzungen der Goldküste Geltung zu verschaffen gesucht. Der Ort, an welchem M. Chaper² Gletscherspuren gefunden hat, liegt unter dem 5-ten Grad n. Br. und dem 5-ten Grad westlicher Länge und gehört zum Territorium Assini an der Westküste Afrika's, das schon seit zwei Jahrhunderten unter dem Protektorat Frankreichs steht. Dort fand Chaper unregelmässig in thoniger Grundmasse verstreute scharfkantige Quarzite von oft gewaltiger Grösse in Verhältnissen, die jeden alluvialen Transport ausschliessen und nur den Gletschervertransport zulässig erscheinen lassen. Das rasch zu dem im Inneren gelegenen Gebirge ansteigende Gelände spricht weiter für diese Annahme. M. Chaper hält mit aller Bestimmtheit diese Anschauung aufrecht, obgleich jetzt in dem nahen Gebirge von Gletschern keine Rede sein kann. Den Nachweis, aus welcher Zeit diese

¹) Science 1893. Bread-fruit-trees in North-Amerika. Jahrbuch f. Mineralogie 1896.

²) Chaper. Constatation d'un terrain glaciaire dans l'Afrique équatoriale. Comptes rendus. 11. Janv. 1886.

Gletscherproducte stammen, versuchte der Entdecker derselben nicht zu geben, und würde es auch schwer halten, demselben auf den Grund zu kommen, da im Gletscherschlamm Fossilien nicht enthalten zu sein pflegen. In den Gletscherhälern könnten sich freilich Reste einer arktischen Flora erhalten haben.

Freilich ist der Nachweis der Gleichzeitigkeit der Existenz von Gletschern zwischen den Wendenkreisen und dem Vorhandensein einer tropischen Vegetation in den Polarkreisen nothwendig, um die veränderte Stellung der Erdaxe als irrecusabel erscheinen zu lassen, und die Anhänger der Constanz der Erdrotation würden immer noch geltend machen können, dass selbst bei zahlreicheren Entdeckungen von Gletscherspuren ähnlich der Chaper'schen der Beweis der Gleichzeitigkeit der genannten Erscheinungen nicht geliefert werden könnte. Aber selbst bei der Unmöglichkeit dieses Beweises bleibt immerhin die nothwendige Anerkennung des Umstandes bestehen, dass eine tropische Flora bei unveränderter Stellung der Erdaxe innerhalb der Polarkreise ebenfalls eine Unmöglichkeit darstellt.

Dass der Wechsel im Klima in Folge der Wanderung der Pole, auch möglicher Weise der gleichzeitigen Verschiebung des Erd-oceans *allmählich* vor sich gegangen ist, ist wahrscheinlich, denn in den Festlandsbildungen der Tertiärperiode ist ein allmäßliches Rückschreiten tropischer und subtropischer Gewächse von Nord nach Süd zu beobachten. Die Absätze des Eocän in Deutschland und Südgeland enthalten noch Palmen, aber im Miocän sind nördlich von den Alpen schon keine Palmenreste mehr gefunden worden. Zwar führt Heer aus dem Tertiär Grönlands noch *Flabellaria Johnstrupi* und *Fl. groenlandica* an, „die erstere ist aber nach Schenk¹⁾ unzweifelhaft eine ripple-mark-Platte, die letztere sind Fetzen parallelnerwiger Blätter, welche ebensogut von einem einzelnen Blatte herrühren, als zufällig nebeneinander gelagert sein können“.

Für eine solche allmäßliche Abkühlung des jetzigen Nordens sprechen auch die sogenannten Eiszeiten von denen ja Geikie²⁾ auf Grund seiner Beobachtungen in Grossbritannien nachgewiesen, dass es deren seit der Pliocänzeit sechs gegeben hat. Wie also die tropische Flora im Norden der subtropischen, diese der mittel-europäischen, endlich der arktischen Platz gemacht hat, so ist

¹⁾ Zittels Palaeontologie, II. Abtheilung Palaeophytologie, p. 807.

²⁾ The great Ice age and its relation to the antiquity of man.

auch das Eis den fliehenden Pflanzen wenn auch unregelmässig in verschiedener geogr. Länge und Breite, nachgerückt, hat die gebirgigen Theile der nördlichen und gemässigten Zone vergletschert und selbst ausgedehnte flache Ebenen bedeckt. Wenn auch mit Unterbrechungen, so hat doch die Abkühlung im Norden bis in die historische Zeit angedauert, denn, wie Karl Ritter ¹⁾ erzählt, haben sich in Grönland, nachdem es im Jahre 986 von Island aus besiedelt worden, im 13-ten Jahrhundert nicht weniger als 280 Ansiedlungen (darunter zwei Städte) mit 15 Kirchen befunden, die nach 500 Jahren ganz aus der Geschichte verschwunden, da grosse Eismassen Grönland gänzlich von der übrigen Welt abschnitten. Erst nach drei Jahrhundernten gelang es wieder, dahin vorzudringen, aber der Prediger Hans Egede aus Norwegen fand im Jahre 1721 dort nicht mehr Europäer, sondern nur Eskimos, und von den früheren Wohnstätten nur noch 90 bis 110 in Trümmern. Man bedenke, dass uns von dieser Blockirung Grönlands durch Eis nur 175 Jahre trennen. Seitdem haben sich Dänen wieder angesiedelt und zwar bis Upernawik unter dem $72^{\circ} 55'$ n. Br., doch fest nur an der Westseite, da der Ostseite ein breiter Eiswall vorgelagert ist, der, wenn er auch eine Bewegung nach Süden hat, doch das Ufer schwer zugängig macht.

Wie es sich auch mit den Eiszeiten verhalten mag, so steht ihre Periodicität nicht im Widerspruch mit den Schwankungen der Erdaxe, die sich bald in dieser bald in jener Richtung zu vollziehen scheinen.

Alles in Allem geht aus den vorhergehenden Zeilen hervor, dass als unwiderlegliche Thatsachen betrachtet werden können: das Vorhandensein einer tropischen Flora innerhalb des nördlichen Polarkreises während der Kreidezeit, die Abwesenheit von Absätzen des Kreidemeeres in Nordeuropa und Sibirien, die Wiederkehr von Kälteperioden in der posttertiären Zeit und die in den letzten Jahren beobachteten geringen Schwankungen in der Lage der Erdaxe. Dass alle diese Erscheinungen mit dem Wechsel des Klimas auf unserem Planeten in nahem Zusammenhange stehen und auf die Inconstanz der Erdrotation weisen, ist mehr als wahrscheinlich.

Karlsruhe i. B. April 1896.



¹⁾ Geschichte der Erdkunde und der Entdeckungen. 1861. p. 204 u. ff.

