Ueber den Bau und die Entwicklung der Spirochona gemmipara.

Von

Richard Hertwig.

Hierzu Tafel X—XII.

Auf den Kiemenblättern des an Parasiten so überreichen Gammarus pulex beobachtete Stein zum ersten Mal ein ausserordentlich zierlich gestaltetes Infusor, das er als Spirochona gemmipara bezeichnete. Die erste Schilderung des Organismus gab er in seiner im 3. Band der Zeitschrift f. wissensch. Zool. erschienenen zweiten Infusorienarbeit, später erweiterte und vervollständigte er seine Angaben in seinem Werk: „Die Infusionsthiere auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht". In beiden Publicationen führte Stein die Spirochona als ein den Vorticellinen nächstverwandtes peritriches Infusor auf, machte es jedoch wegen seines abweichenden Baues zum Vertreter einer besonderen Familie. — Seitdem ist, so viel ich weiss, die Spirochona gemmipara nicht wieder untersucht worden, auch nicht von Stein, da er in keinem der beiden Bände seines grossen Infusorienwerks auf sie zurückkommt.

Als ich mich im Laufe des Sommers mit der Entwicklungsgeschichte der Infusorien beschäftigte, richtete ich mein Augenmerk auch auf die Spirochona, die mir von früher her als ein in vielfacher Hinsicht geeignetes Object in Erinnerung war. Wo Gammarus pulex in den Bächen gemein und leicht zu erlangen ist, wie in der Umgend Jenas, kann man jederzeit während des Jahres über ein reiches Material verfügen. Die glasartige Durchsichtigkeit des Körpers erlaubt bei der Spirochona schon im frischen Zustand Veränderungen des Kerns genau zu verfolgen,

die bei den meisten Infusorien nur durch Behandlung mit Reagentien erkannt werden können. Ausserdem wird die Untersuchung noch durch den Umstand erleichtert, dass der Organismus festsitzt, was für die Anwendung von Zusatzflüssigkeiten von grossem Werth ist, sowie dadurch, dass der Körper sich nicht zusammenziehen kann, was der Beobachtung im lebenden Zustande zu Statten kommt.

Dank diesen günstigen Verhältnissen glaube ich zu einer genaueren Kenntniss des Baues und vornehmlich der Entwicklung der Spirochona gelangt zu sein, als es bei den meisten übrigen Infusorien bisher möglich gewesen ist; ich theile daher meine Beobachtungen hier in Form einer kleinen monographischen Schilderung mit. Dieselbe behandelt in einem ersten Abschnitt den Bau, in einem zweiten die Entwicklung der Spirochona.

---

1. Ueber das Vorkommen und den Bau der Spirochona gemmipara.

Die Spirochona gemmipara scheint in ihrem Vorkommen auf Gammarus pulex auf die Kiemenblätter beschränkt zu sein, wenigstens habe ich sie ebenso wenig wie Stein an anderweitigen Theilen des Körpers vorgefunden. An den Kiemen wiederum sind es namentlich die den Befestigungsstellen gegenüberliegenden freien Spitzen, welche als Aufenthaltsort dienen. Hier siedeln sich die kleinen Organismen häufig in ganz ausserordentlicher Anzahl an, einer dicht neben dem anderen, während sie nach der Basis der Kiemen zu nur äusserst selten angetroffen werden. Offenbar suchen die Spirochonen Orte auf, wo sie möglichst frei in das umgebende Wasser hervorragen. Man findet sie daher auch nur ausnahmsweise auf den Flächen der Kiemenblätter. In allen diesen Beziehungen stehen die Spirochonen in einem ausgesprochenen Gegensatz zu dem Dendrocometes paradoxus, jener eigenthümlichen Acinetenform, die auf den Kiemen von Gammarus, wenn auch nicht stets, so doch immerhin so häufig gleichzeitig vorhanden ist, dass Stein eine Zeit lang an einen Generationswechsel zwischen beiden Organismen hatte denken können. Der

Dendrocometes sitzt vornehmlich an der Basis der Kieme und zwar ebenso wohl auf den Flächen wie auf den Kanten derselben.

Unter allen peritrichen Infusorien besitzt die Spirochona die am meisten gestreckte Gestalt; sie übertrifft hierin sogar die zierlichen Cothurnien und Opercularien. Der Körper, welcher eine Länge von 0,12 Mm. erreichen kann, beginnt mit einer 0,008 bis 0,01 Mm. im Durchmesser betragenden Basis und verbreitert sich nach dem freien Ende zu allmählich bauchig bis zu 0,03 Mm.; dann verschmälert er sich wieder zu einer halsartig eingeschnürten Stelle, um von hier aus abermals an Breite zuzunehmen und das blumenkelchartige Peristom zu bilden. Man kann somit an jeder Spirochona drei Abschnitte unterscheiden, das Peristom und den Körper im engeren Sinne, welche beide von einander durch den Hals getrennt werden. Hals und Peristom nehmen ungefähr ein Drittel der Länge des Thieres für sich in Anspruch, die beiden übrigen Drittel kommen auf den Körper.

Die Gestalt der Spirochona lässt in allen ihren Theilen eine ausgesprochene bilaterale Symmetrie erkennen. Am Körper charakterisirt sich eine Seite, welche wir in Rücksicht auf ihre Lagerung zum Cytostom und im Anschluss an die Claparède-Lachmann'sche Benennungsweise [1]) als die ventrale bezeichnen wollen, durch ihre stärkere Hervorwölbung; letztere kann an gut entwickelten Exemplaren, namentlich an solchen, welche kurz vor der Fortpflanzung stehen, so bedeutend werden, dass sie wie ein Buckel aussieht, der sich gegen den Hals und die Seitentheile mit einer deutlichen Furche absetzt. In den anderen Richtungen ist der Körper flacher gestaltet; er gewährt daher von verschiedenen Seiten gesehen einen wechselnden Anblick. Bei ventraler und dorsaler Ansicht sind die beiden seitlichen Contouren gleichmässig geformt; bei der Ansicht von links oder rechts ist die ventrale Contour stärker gekrümmt als die dorsale.

Noch deutlicher als der Körper lässt das Peristom eine rechte und linke, eine dorsale und ventrale Seite unterscheiden, indem es von rechts nach links beträchtlich breiter ist als von vorn nach hinten. Wer daher eine Spirochona in Seitenansicht vor sich hat, wird Stein darin Recht geben, dass das Peristom nicht breiter ist, als der Körper an der Stelle seines grössten Umfangs, wer dagegen den Organismus von der ventralen Fläche oder vom

[1]) Claparède und Lachmann bezeichnen bei den Vorticellinen diejenige Seite, auf welcher die Mundöffnung liegt, als die ventrale.

Rücken aus betrachtet, wird das vordere Ende nahezu doppelt so breit finden.

Das Peristom ist schwer zu schildern, da es einen complicirteren Bau besitzt als bei anderen Infusorien. Es umschliesst eine weite Mulde, an deren tiefster Stelle sich die Mundöffnung oder das Cytostom (in allen Figuren mit o bezeichnet) befindet. Die Mulde kommt dadurch zu Stande, dass eine Wimperscheibe, wie sie bei den Vorticellinen den Raum zwischen den Rändern des Peristoms bis auf einen schmalen Spalt ausfüllt, im vorliegenden Falle fehlt. Zum Ersatz für diesen Mangel bildet die rechte Seite der ventralen Peristomwand einen complicirten Apparat, dem Stein den passenden Namen Spiraltrichter gegeben hat (in allen Figuren mit s bezeichnet). Auf den ersten Blick erscheint derselbe, wie Stein treffend bemerkt, aus einzelnen tutenförmigen Abschnitten zu bestehen, von denen jedesmal der kleinere in den grösseren nach Art eines Satzes Tassen gesteckt ist. Namentlich erweckt der Anblick des optischen Längsschnitts des Spiraltrichters diese Vorstellung, die jedoch der Wirklichkeit nicht völlig entspricht. Denn die Wandungen der einzelnen tutenförmigen Abschnitte sind nicht von einander getrennt, sondern hängen zusammen und bilden eine einzige in einer Spirale aufgerollte Lamelle. Die richtigste Auffassung vom Bau des Peristoms würde man gewinnen, wenn man sich die Wandung eines in einer Richtung zusammengedrückten Bechers auf einer Seite eingefaltet vorstellt, wenn man weiterhin diese Falte sich einrollen und gleichzeitig in aufsteigenden, stets enger und kleiner werdenden Windungen nach Art eines Schneckenhauses sich erheben lässt. Man würde so eine der Columella des Schneckenhauses entsprechende Axe erhalten, um welche die eingefaltete Lamelle sich spiralig aufwindet. Der ausgebildete Spiraltrichter unserer Spirochona bildet $2^1/_2$ derartige Windungen, deren Anordnung man am besten bei einem Vergleich der halb von oben gesehenen Figur 8 mit den theils seitlichen, theils ventralen und dorsalen Ansichten der Figuren 1—4 auf Tafel X verstehen wird.

Die Spirale des trichterförmigen Aufsatzes fand ich stets von links nach rechts gewunden und hat Stein wahrscheinlich nicht genügend auf die Lagerung seiner Objecte (ob ventral oder dorsal?) geachtet, wenn er angibt, dass ab und zu auch das Umgekehrte der Fall sein kann. Ebenso wenig kann ich Stein beistimmen, wenn er sagt, dass „die Spindel des Spiraltrichters bald nach dieser, bald nach jener Seite geneigt ist“, und wenn er

aus diesem Lagewechsel auf ein schwaches und träges Bewegungsvermögen des Apparats schliesst. Bei einem unversehrten Thier ist die Axe des Spiraltrichters, wie man sich bei der Ansicht von verschiedenen Seiten leicht überzeugt, dorsalwärts und gleichzeitig etwas nach rechts übergeneigt. Nur bei halbseitlicher Ansicht scheint die Axe des Spiraltrichters gerade aufzusteigen, in allen anderen Lagen dagegen weicht sie bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung ab.

Die linke Seite des Peristoms (Taf. X, Fig. 2 u. 4) verhält sich einfacher; ihre Wandung legt sich ungefähr der Mitte der ventralen Seite entsprechend an die Basis des Spiraltrichters an und ist mit demselben, wie namentlich das Bild des optischen Durchschnitts lehrt, innig verwachsen (Taf. X, Fig. 9). Zuvor bildet sie jedoch constant eine Einkerbung, durch welche eine in das Innere der Peristommulde vorspringende Falte zu Stande kommt. Diese Falte (in allen Figuren mit f bezeichnet) ist insofern von Interesse, als sie den Ort bezeichnet, an dem die ersten die Knospung einleitenden Veränderungen erkennbar werden.

Die Umschlagsstelle der Falte bildet eine scharfe Contour, die namentlich bei mittleren Vergrösserungen sehr in die Augen fällt. Dieselbe wurde von Stein für den Rand des Peristoms gehalten. Stein beschreibt und zeichnet in Folge dessen einen weiten Ausschnitt oder besser einen Spalt in der Wand des Peristoms, welcher als ein Zugang zur Peristommulde functioniren soll. In Wahrheit existirt ein derartiger Spalt nicht, sondern der Raum der betreffenden Stelle wird durch die quere Lamelle völlig abgeschlossen, die sich von der Einfaltung bis zum Spiraltrichter erstreckt.

Weder am Peristom noch am Spiraltrichter habe ich jemals Bewegungen wahrgenommen, es wurden sogar die Theile, wenn sie durch Zufall umgeknickt worden waren, nicht einmal in ihre natürliche Lage zurückgeführt. Trichter und Peristom sind daher wie der gesammte übrige Körper bewegungslos.

Der Grund der Peristommulde wird bis zur halben Höhe der Wandung von zarten Wimpern bedeckt, welche alle eine gleichmässige Beschaffenheit besitzen. Dieselben sind in queren Reihen eingeordnet und rufen hierdurch eine dem Rand des Peristoms parallel verlaufende Schraffirung hervor.[1]) Ihre Bewegung ist

[1]) Die durch die Wimpern bedingte Streifung ist nur in den Fig. 1—4 dargestellt.

eine unregelmässige, ähnlich dem Wogen eines Kornfeldes. — Von der Peristommulde aus setzen sich die Wimpern auch auf den Spiraltrichter fort, hören aber nach der Spitze desselben allmählich auf und fehlen am Grund der obersten halben Windung gänzlich. Die Bewegung, welche sie hervorrufen, ist ausserordentlich schwach und jedenfalls unfähig, grössere Körper herbeizuschaffen. Der Nutzen des Spiraltrichters für die Nahrungsaufnahme wird hierdurch beträchtlich geschmälert und wird durch ihn ein nur unvollkommener Ersatz für die Wimperscheibe der Vorticellinen geboten.

Die Mundöffnung ist sehr klein und in Folge dessen schwer sichtbar; sie liegt auf der linken Seite des Peristoms am Fuss der Spindel des Spiraltrichters und etwas ventralwärts von demselben. Sie führt in eine kurze Speiseröhre, die schräg nach rechts und dorsal gewandt ist und zumeist nur eine schmale Spalte bildet. Die Bewimperung des Peristoms setzt sich nicht auf ihre Wandungen fort.

Der ganze Körper der Spirochona wird von einer Cuticula überzogen, die schon im frischen Zustand als ein deutlich doppelt contourirter Saum erkennbar ist. Bei Anwendung starker Systeme gewahrt man auf ihrer Oberfläche eine äusserst zarte Streifung, die der Länge des Thieres parallel verläuft und am deutlichsten in der Halsgegend hervortritt. Noch leichter kann man sich von der Gegenwart der Streifung an jungen Thieren überzeugen, namentlich an solchen, die sich eben erst festgesetzt haben und noch sehr durchsichtig sind (Taf. XII, Fig. 7).

Ihre grösste Dicke besitzt die Cuticula an der Körperbasis, gleichzeitig bildet sie hier ein napfartiges Gebilde, das zur Befestigung des Körpers auf den Kiemenblättern des Gammarus dient und eine eigenthümliche Beschaffenheit besitzt (Taf. X, Fig. 7). Die concave Fläche des Napfes setzt sich aus ungefähr 16 leistenförmigen Verdickungen der Cuticula zusammen, die radienartig angeordnet sind und von oben gesehen eine zierliche sternförmige Figur erzeugen. Der Rand des Napfes bildet einen schmalen hervorragenden Saum, gegen den der Körper sich mit einer ringförmigen Einschnürung absetzt. Einen kleinen Stiel, welcher nach Stein's Angaben dann und wann vorkommen und zur Befestigung der Spirochona dienen soll, habe ich in keinem Fall beobachtet.

Die Cuticula bedeckt nicht allein den Körper der Spirochona, sondern setzt sich auch auf das Peristom fort und kleidet sogar

als eine sehr zarte Lamelle die nach innen gekehrte Fläche desselben aus; dagegen dringt sie nicht in die Speiseröhre ein.

Bei Zusatz von Alkohol hebt sich die Cuticula stellenweise vom schrumpfenden Protoplasma ab und kann so auf grössere Strecken isolirt werden. Noch leichter erkennbar werden ihre Contouren bei Zusatz von Eisessig; es quillt dann das Protoplasma zu einer homogenen Masse auf, welche die rings geschlossene Cuticula wie einen Sack prall anfüllt. Eine Auflösung der letzteren findet auch bei langer Dauer der Einwirkung nicht Statt, nicht einmal die dünneren Partieen des Peristoms werden angegriffen, wie es Stein angibt. Dagegen zerstört verdünnte Natronlauge die Cuticula schnell und vollständig; am längsten erhält sich noch die basale zur Anheftung dienende Platte, aber auch diese zerfliesst schliesslich, wenn man die Concentration des angewandten Reagenz mehrmals hinter einander wechselt.

Der Inhalt der Cuticulahülle wird von einem völlig farblosen Protoplasma gebildet; dasselbe ist zumeist von glasheller Durchsichtigkeit, so dass es dann leicht fällt, die Veränderungen des in ihm liegenden Kerns genau zu verfolgen; seltener ist es von feinen dunklen Körnchen durchsetzt, die namentlich im Umkreis des Kerns lagern. Niemals habe ich jedoch grössere Körper in ihm angetroffen, was, wie Stein schon hervorhebt, wohl daher rührt, dass die enge Mundöffnung nur kleinere Nahrungstheile eindringen lässt und dass die schwache Bewimperung keine grösseren Stücke zu bewältigen vermag. Die kleinen Nahrungsballen liegen entweder direct im Protoplasma oder in besonderen Nahrungsvacuolen. Ausserdem wird häufig reines Wasser aufgenommen, so dass bei den meisten Exemplaren der Körper von grossen und kleinen Flüssigkeitsräumen ganz durchsetzt ist. Besondere contractile Blasen habe ich unter denselben nicht entdecken können.

Im Protoplasma findet sich ein Kern von beträchtlicher Grösse, der im Grossen und Ganzen eine ovale Gestalt mit einem etwas zugespitzten und einem abgestumpften Ende besitzt; er lagert stets im ventralen Theile der Spirochona und zwar so, dass das spitze Ende ventralwärts und nach vorn gerichtet ist. Auf der dorsalen Seite von ihm verläuft die Speiseröhre, wie man dies besonders deutlich an Exemplaren in seitlicher Ansicht erkennen kann (Taf. X, Fig. 1 u. 3).

Da der Kern in allen Fällen schon im frischen Zustand leicht wahrnehmbar ist, so kann man auch ohne Anwendung von Reagentien eine gute Vorstellung von seinem Bau gewinnen. Hierbei

wird man mit einer Vielgestaltigkeit bekannt, wie sie kein anderes Infusor aufweist; gleichzeitig überzeugt man sich auch, dass alle die wechselnden Formen, welche der Kern annimmt, zu bestimmten Entwicklungsstadien des gesammten Organismus in Beziehung stehen. Ich werde daher die Veränderungen des Nucleus erst später, wenn ich die Entwicklungsgeschichte der Spirochona darstellen werde, näher besprechen und schildere hier zunächst die einfachste Form, die ich beobachtet habe.

Der Kern (Taf. X, Fig. 1k) lässt stets zwei Abschnitte erkennen, welche von einander durch eine quere scharfe Linie getrennt werden. Der vordere Abschnitt ist grösser und besteht aus einer feinkörnigen Masse, der hintere kleinere wird von einer homogenen Substanz gebildet. Dies Verhältniss tritt besonders deutlich bei Behandlung mit Osmiumsäure, namentlich wenn man derselben etwas Chromsäure zugesetzt hat, hervor; der vordere Theil des Kerns wird dann dunkelkörnig, der hintere bleibt homogen und nimmt einen starken Glanz an, so dass er sich jetzt mit sehr scharfen Contouren gegen das Protoplasma absetzt. Die Trennungslinie beider Theile tritt hierbei so deutlich hervor, dass es aussieht, als ob zwei völlig von einander gesonderte, nicht zusammengehörige Körper nur äusserlich gegen einander gepresst wären. Behandelt man einen derartigen Kern mit Beale'schem Carmin, so kann man bei langsamer Färbung erkennen, dass die körnige Substanz sich schneller imbibirt; später verschwindet der Unterschied und man hat dann einen gleichmässig rubinrothen Körper vor sich. Ebenso wird auch die Verschiedenartigkeit der beiden, den Kern zusammensetzenden Abschnitte bei Anwendung von Chromsäure und Essigsäure aufgehoben oder doch wenigstens verwischt, da beide Substanzen in genannten Reagentien gleichmässig grobkörnig gerinnen (Taf. XII, Fig. 11a). Dagegen tritt nunmehr entsprechend der Trennungslinie ein querer linsenförmiger Spalt auf, indem die beiden Abschnitte des Kerns sich in Folge der Schrumpfung von einander zurückziehen und nur in der Peripherie mit einander in Verbindung bleiben. Dasselbe Bild entsteht auch ohne Anwendung von Reagentien beim Absterben der Spirochona.

Aus obigen Angaben geht hervor, dass der linsenförmige Spalt im Innern des Kerns, den Stein schildert und abbildet, kein natürliches Vorkommniss ist, sondern ein Kunstproduct, das durch die von ihm angewandte Essigsäure hervorgerufen wurde. Ferner irrt Stein, wenn er behauptet, dass die Differenzirung in zwei Ab-

schnitte fehlen und der Kern unter Umständen einen homogenen Körper bilden könne. Wie wir später sehen werden, tritt ein derartiges Stadium nur vorübergehend während der von Stein nicht beobachteten Kerntheilung auf; sonst ist die Trennung in zwei Abschnitte stets erkennbar und ist es nur der Bau der letzteren, welcher Veränderungen erleidet.

Rücksichtlich der Frage, ob der Kern der Spirochona eine Membran besitzt oder nicht, kann ich mich ebenso wenig wie Stein mit Bestimmtheit aussprechen, doch halte ich ebenfalls die Existenz einer zarten Hülle für wahrscheinlich. Einmal spricht die Analogie mit den Kernen anderer Infusorien, bei denen eine Membran sich mit Sicherheit nachweisen lässt, für die Annahme; weiterhin spricht für dieselbe der Umstand, dass bei Anwendung von Essigsäure und Chromsäure oder beim Absterben in einiger Entfernung von der geronnenen Kernsubstanz eine doppelte Contour sich bildet, die allerdings ein durch die Gerinnung des umgebenden Protoplasma hervorgerufenes Kunstproduct sein kann. Schliesslich wird mir die Existenz einer Kernmembran durch folgende Beobachtung wahrscheinlich gemacht. Wenn man auf die Oberfläche des homogenen Kernabschnitts einstellt, so gewahrt man zahlreiche, hellglänzende Körnchen, die namentlich bei Osmiumsäurebehandlung hervortreten (Taf. X, Fig. 1—4). Ich halte diese Körnchen für Bestandtheile einer Kernmembran und stütze mich hierbei auf Befunde, welche mir eine nicht näher bestimmte Carchesiumart ergeben hat. Hier konnte ich wiederholt an Kernen, deren Inhalt sich von der Membran zurückgezogen und zu einem oder mehreren Nucleoli verdichtet hatte, dieselben glänzenden Körnchen beobachten. Sie lagen auf der Innenseite der Kernmembran und glaube ich nicht zu irren, wenn ich sie für Verdickungen in derselben halte.

Ausser dem Kerne sind noch Nebenkerne (in allen Figuren mit n bezeichnet) oder wie man sie früher und zum Theil auch jetzt noch mit einem recht unpassenden Namen bezeichnet, Nucleoli vorhanden.[1]) Dieselben sind schwer nachzuweisen und

[1]) Die von meinem Bruder (O. Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des thierischen Eies. Morph. Jahrb. Bd. I) vorgeschlagenen Bezeichnungen Kern und Nebenkern für den „Nucleus“ und „Nucleolus“ der Infusorien halte ich für zweckmässige, da sie Nichts über die zur Zeit immer noch nicht aufgeklärte Bedeutung der Gebilde präjudiciren und nur ihr Lagerungsverhältniss in Rücksicht ziehen, im Uebrigen sich aber nur an das sicher Bewiesene, d. h. an ihre morphologische Bedeutung als Kerne halten. Denn die Kernnatur von

daher von Stein übersehen worden. Im frischen Zustand bekommt man sie nur unter aussergewöhnlich günstigen Verhältnissen und auch dann nur unvollständig zu Gesicht. Vollkommene Sicherheit über ihre Anordnung gewinnt man nur durch Anwendung von Reagentien, unter denen Osmiumsäure mit nachfolgender Carminfärbung die besten Bilder liefert. Hierbei muss jedoch hervorgehoben werden, dass die Imbibition, wie in allen Fällen, in denen es sich um den Nachweis von schwer sichtbar zu machenden Structuren handelt, nicht das eine wie das andere Mal gelingt und die richtige Mitte zwischen zu heller und zu dunkler Färbung nicht immer eingehalten werden kann.

Durch Untersuchung einer grossen Anzahl von Spirochonen in der beschriebenen Weise bin ich zu dem Resultat gelangt, dass stets drei Nebenkerne vorhanden sind und dass in den Fällen, in denen nur einer oder zwei (manchmal sogar gar keiner) haben nachgewiesen werden können, die Imbibition der übrigen durch irgend einen Zufall verhindert worden war.

Die Nebenkerne sind ungefähr 0,002 Mm. gross und haben eine kreisrunde oder ovale Gestalt. Sie bestehen aus einer völlig homogenen, stark lichtbrechenden Substanz, ähnlich der Masse, welche den hinteren Abschnitt des Nucleus bildet. Ob sie eine Membran besitzen oder nicht, lässt sich bei ihrer ausserordentlichen Kleinheit nicht entscheiden. — Ihre Lagerung ist eine sehr wechselnde, was ihren Nachweis ganz besonders erschwert; bald finden sie sich in unmittelbarer Nähe des Kerns, bald weit von ihm entfernt; häufig trifft man sie sogar im basalen Theil des Körpers. Hierbei können die einzelnen Nebenkerne ebenso wohl einander genähert sein, als auch weit auseinander liegen und nur zwei schienen mir constant durch einen kleinen Zwischenraum getrennt zu sein. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die Nebenkerne keinen bestimmten Platz im Körper einnehmen, sondern häufige Lageveränderungen erleiden.

Nucleus und Nucleolus wird meiner Meinung nach schon durch ihr Aussehen, ihre Lagerung im Protoplasma und ihr microchemisches Verhalten dargethan, sie wird ferner durch die Beobachtungen Bütschli's (Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien. Frankfurt 1876) über die streifige Differenzirung derselben vollends ausser Zweifel gestellt. Dagegen muss ich mich gegen die von Bütschli gewählten Namen primärer Kern für den Nucleolus und secundärer Kern für den Nucleus erklären, da sie auf der Annahme eines genetischen Zusammenhangs beider Gebilde beruhen, den ich nicht für genügend erwiesen halte.

2. Ueber die Entwicklung der Spirochona.

Wie schon der Name besagt, pflanzt sich die Spirochona gemmipara auf dem Wege der Knospung fort; es entsteht so eine Schwärmerform, die sich nach einiger Zeit festsetzt und unmittelbar in eine Spirochona verwandelt. Ein anderweitiger Modus der Vermehrung scheint nicht zu existiren, namentlich scheinen — was besonders hervorgehoben zu werden verdient — weder Längstheilungen, wie bei den Vorticellinen, noch Quertheilungen, wie bei den übrigen Infusorien, vorzukommen. Ebenso fehlen bis jetzt jede Beobachtungen über die Existenz der bei den Infusorien sonst so verbreiteten Conjugation.

Die Bildung der Knospen wurde schon von Stein beschrieben; die Angaben desselben sind jedoch so unvollständig, dass sie uns noch nicht einmal über das Verhalten der wichtigsten Bestandtheile, z. B. des Kerns, Aufschluss geben. Der genannte Forscher hat überhaupt nur die Endstadien des ganzen Processes gesehen und abgebildet.

Bei der Lebhaftigkeit, mit welcher die Fortpflanzung während der ganzen warmen Jahreszeit erfolgt, war ich stets mit einem so reichen entwicklungsgeschichtlichen Material versehen, dass ich die einzelnen Stadien nicht allein im frischen Zustand, sondern auch mit Hilfe von Reagentien zu wiederholten Malen untersuchen konnte. Es ist mir so geglückt, die Knospung von der ersten Anlage des jungen Thieres bis zu seiner völligen Ausbildung Schritt für Schritt zu verfolgen und den Antheil zu bestimmen, den die einzelnen Theile der Spirochona am Aufbau der Knospe nehmen. Von besonderem Interesse war es mir hierbei, dass ich von Anfang an die Theilung des Kerns ohne Anwendung von Reagentien im Zusammenhang beobachten konnte. Es existirt wohl kaum ein Infusor und sind wohl wenig Objecte in der thierischen und pflanzlichen Histologie bekannt, die wegen der Durchsichtigkeit des Protoplasma und des langsamen Verlaufs des Processes so günstige Verhältnisse für das Studium der Kerntheilung bieten wie die Spirochona.

Im Folgenden werde ich meine Beobachtungen über den Entwicklungsgang in zwei Abschnitten besprechen; im ersten werde ich die Entwicklung der Knospe bis zu ihrer Ablösung, im zweiten

ihre Umbildung zum fertigen Thiere schildern; in einem dritten Abschnitt mögen einige allgemeine Bemerkungen Platz finden, die sich namentlich auf histologische Verhältnisse beziehen.

a) Die Entwicklung der Knospe.

Bevor ich die Veränderungen schildere, welche directe Beziehungen zur Ausbildung der Knospe erkennen lassen, müssen wir zuvor einige wichtige Umgestaltungen des Kerns betrachten. Da dieselben nicht zur Bildung zweier gleichwerthiger Kernpole führen oder mit anderen Worten keine „Polarität" des Kerns hervorrufen, können wir sie nicht als Anfänge der Theilung selbst ansehen, sondern nur als Vorbereitungen, welche den Kern in einen theilungsfähigen Zustand überführen.

Die Umgestaltungen habe ich nicht an einem und demselben Object verfolgen können, sondern durch Combination zahlreicher verschiedener Bilder erschlossen; ich kann daher auch keine Angaben über die Dauer des Processes machen. Anfang und Ende der Umwandlungsreihe wurden einerseits durch den Kern der Knospe, andererseits durch den Kern der sich zur Theilung vorbereitenden Spirochona bestimmt.

Den Ausgangspunkt für unsere Betrachtung bildet die schon oben näher beschriebene Kernform, die für die Knospe charakteristisch ist und auch später noch lange Zeit über sich unverändert erhält. Wir konnten an ihr zwei Abschnitte unterscheiden, einen vorderen körnigen und hinteren homogenen. Beide Abschnitte erleiden Veränderungen und zwar geben sich dieselben zuerst am vorderen Abschnitt zu erkennen.

Wenn man zahlreiche Spirochonen durchmustert, so begegnet man Kernen, welche bis auf eine im frischen Zustand leicht zu übersehende homogene Stelle an der Kernspitze gar nicht verändert erscheinen. Wendet man in diesen Fällen 2 %ige Essigsäure oder dünne Chromsäure an, so gerinnt die homogene Stelle stärker als die übrige Kernsubstanz zu einem dunklen die Kernspitze einnehmenden, rundlichen Körper (Taf. XII, Fig. 11 b); gleichzeitig zieht sie sich in Folge der Gerinnung von der Hauptmasse des Kerns zurück, so dass zwischen beiden Theilen ein schmaler Zwischenraum entsteht. Man kann so am Kern drei Abschnitte unterscheiden: einmal wird er durch einen linsenförmigen Spalt in die beiden schon oben näher charakterisirten Hauptabschnitte zerlegt, dann aber zerfällt der grössere dieser Abschnitte aber-

mals in zwei durch einen Zwischenraum von einander getrennte Theile.

Bei anderen Exemplaren ist die geschilderte Differenzirung des vorderen Kernabschnittes schon im frischen Zustande erkennbar (Taf. XII, Fig. 12, Taf. X, Fig. 2 u. 3). Beide Theile bestehen hier aus einer feinkörnigen Substanz, werden aber durch einen schmalen homogenen Saum von einander geschieden; was besonders deutlich an Osmiumsäurepräparaten zu sehen ist. Das Grössenverhältniss beider Theile zu einander ist in den einzelnen Fällen sehr verschieden; bei manchen Kernen ist der vordere Theil der kleinere (Fig. 12a), bei anderen sind beide nahezu gleich gross (Fig. 12b), endlich kann der hintere an Grösse nachstehen und auf ein schmales Band reducirt erscheinen (Fig. 12c).

Aus allen diesen Bildern schliesse ich auf folgende Umgestaltung des vorderen Kernabschnitts, es findet eine Umlagerung der Kernmasse Statt, in Folge deren eine Verdichtung in der Kernspitze sich ausbildet. Die anfangs dichtere Stelle wächst auf Kosten des Restes der Kernsubstanz, welche zu einem schmalen Bande allmählich zusammenschrumpft. Schliesslich verschwindet auch dieses und der vordere Abschnitt besteht wiederum aus einer gleichmässigen Masse.

Die Umwandlungen des hinteren Kernabschnittes verlaufen beträchtlich einfacher und beginnen zu einer Zeit, wo am vorderen die Sonderung der Kernsubstanz in zwei Theile schon vollkommen deutlich geworden ist. Die anfänglich homogene Masse wächst, wahrscheinlich indem sie sich mit Flüssigkeit imbibirt; in ihrem Innern wird ein kleines centrales Korn erkennbar (Taf. X, Fig. 3); dasselbe nimmt an Grösse zu und bildet schliesslich einen runden 0,002 Mm. grossen Körper, der durch sein stärkeres Lichtbrechungsvermögen gegen seine Umgebung absticht (Fig. 2 u. 4). Ich werde denselben als Nucleolus bezeichnen, da er sich zu dem blasenartig aufgetriebenen hinteren Kernende wie das Kernkörperchen zur Kernvacuole verhält; ich hebe hierbei besonders hervor, das ich den Ausdruck im Sinne der thierischen und pflanzlichen Histologie anwende und durch denselben keinerlei Beziehungen zu den Gebilden, die irriger Weise früher als Nucleoli bezeichnet wurden und für die ich den Namen Nebenkerne beibehalte, feststellen will.

Durch alle diese Umwandlungen seiner Theile gewinnt schliesslich der Kern folgende Gestalt. In der Mitte einer Vacuole, deren Membran mit zahlreichen hellglänzenden Körnchen

besetzt ist, deren Inhalt von einer wasserklaren, in Essigsäure nur schwach gerinnenden Flüssigkeit gebildet wird, liegt ein scharf umschriebener Nucleolus. Dem vorderen Ende der Vacuole sitzt ein deutlich gekörnelter Aufsatz auf, der sich wie eine beträchtliche Verdickung der Kernmembran ausnimmt (Taf. X, Fig. 4).

Die geschilderte Kernform fällt durch die grosse Vacuole, welche sie umschliesst, sehr in die Augen und ist daher auch von Stein beschrieben und abgebildet worden. In seiner Zeichnung ist jedoch nicht richtig, dass sie die nur einseitig entwickelte Kernsubstanz die ganze Vacuole umgeben lässt. Auch was der genannte Autor über die Entstehung der Kernform sagt, trifft nicht zu. Stein lässt die Vacuole sich durch eine Ausweitung des linsenförmigen Spalts, der sich nach seinen Angaben zwischen dem vorderen und hinteren Abschnitt befinden soll, bilden; in diesem Spalt soll der Nucleolus als ein feines, allmählich an Grösse zunehmendes Korn auftreten.

Nach dem Mitgetheilten spielen sich an dem Kerne eine Summe von Veränderungen ab, von deren Bedeutung wir uns auch nicht einmal eine Vorstellung machen können. Immerhin sind dieselben von Interesse, da sie uns zeigen, dass die Zusammensetzung des Kerns noch, bevor die Theilung beginnt, erhebliche Umwandlungen erleidet.

Wenn der Kern die letztbeschriebene Form angenommen hat, beginnt der Knospungsprocess, und zwar ist das Erste, was den Anfang desselben anzeigt, die Anlage des Peristoms (Taf. X, Fig. 5 u. 6 p). Letzteres bildet sich auf der ventralen Seite als eine Ausstülpung vom Peristom des Mutterthiers aus. Seine Ursprungsstelle entspricht dem Punkt, an dem sich die Einfaltung der linken Peristomwand befindet. Hier erhebt sich ein Höcker, der nach oben bis zum Rand des Peristoms reicht, nach abwärts dagegen sich mit einer Furche gegen den Körper absetzt. In's Innere des Höckers erstreckt sich eine Ausbuchtung der Peristommulde, welche gleich von ihrem ersten Auftreten eine cuticulare Auskleidung und einen Ueberzug lebhaft sich bewegender Wimpern erhält. Ausserdem setzen sich auch auf die Ausbuchtung die feinen Streifen fort, die wir schon oben bei der Schilderung des Peristoms kennen gelernt haben und die durch die Anordnung der Wimpern hervorgerufen werden.

Beim Wachsthum der Knospenanlage dehnt sich die Hervorwölbung auch auf den Körper der Spirochona aus und es entsteht so ein Höcker, der in der Mitte der ventralen Fläche des Thieres

beginnt und sich nach dem linken Peristomrand hinzieht. Dass die mütterliche Cuticula auf denselben continuirlich sich fortsetzt, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden.

In demselben Maasse als die Knospenanlage wächst, schnürt sie sich von dem Mutterthier vom oberen Rand aus ab; hierbei bedingt sie Veränderungen am Peristom des letzteren. Schon bei der ersten Hervorwölbung der Knospe war die Einwärtsfaltung der Peristomwand verstrichen; jetzt bei der Abschnürung bildet sich sogar eine Falte, die nach aussen hervorspringt und eine Verbindungsbrücke bis zu der sich abschnürenden Knospe bildet. An diesen Veränderungen des Peristoms kann man am leichtesten die Spirochonen herauserkennen, bei denen die Knospung begonnen hat, während sonst die ersten Anfänge leicht übersehen werden.

So bald als die erste Anlage des Peristoms der Knospe sichtbar geworden ist, beginnen eine Anzahl höchst eigenthümlicher Veränderungen der Kernsubstanz, welche schliesslich zu einer völligen Umordnung derselben führen (Taf. XII, Fig. 13a—d). Die Masse, welche dem vorderen Ende der Kernvacuole wie eine Art Haube aufsitzt, geräth in lebhafte amoeboide Bewegungen. Wir können verfolgen, wie sie allmählich den Nucleolus umfliesst und im Umkreis desselben sich zu einem Ring ausbreitet, dann strömt die Masse weiter und bildet eine Anhäufung, wie wir sie vor Anbeginn der Bewegungen vorgefunden haben, nur mit dem Unterschied, dass sie jetzt an dem entgegengesetzten Pole lagert. Ist dieser Moment erreicht, so erfolgt nach einiger Zeit eine rückläufige Bewegung; und so können wir beobachten, wie im Laufe einer Stunde die Kernsubstanz mehrfach ihre Anordnung wechselt.

Bei allen diesen Bewegungen schickt die Kernsubstanz amoeboide Fortsätze aus, welche bald als kleine Höcker auf der Oberfläche des Kerns hervorragen (Taf. XI, Fig. 7), bald in das Lumen desselben einspringen, während der Nucleolus unverändert in der Mitte der von ihm eingenommenen Vacuole lagert. Schliesslich wird ein Gleichgewichtszustand erreicht, indem die Kernmasse einen gleichmässig dicken Ring um den Nucleolus bildet (Taf. XII, Fig. 14). Auf diesem Stadium gibt der Kern, von verschiedenen Seiten aus gesehen, stets das gleiche Bild: ein scharf umschriebener Nucleolus, der in einiger Entfernung von einer Lage Kernsubstanz umschlossen wird. Die letztere hat während der Bewegungen ihr Aussehen verändert, die Körnelung ist verschwunden; die Masse, völlig homogen geworden, sticht mit

scharfen Contouren gegen die Umgebung ab; oberflächlich tiefere und seichtere Furchen geben ihr ein leichtstreifiges Ansehen.

Ist dieser Zustand erreicht, so fängt auch der Nucleolus an, sich zu verändern und amoeboide Fortsätze auszusenden (Taf. XI, Fig. 1 u. 2, Taf. XII, Fig. 15). In einigen Fällen bekam ich den Eindruck, als ob diese Fortsätze sich sogar ablösten und zu kleinen Körnchen würden, die nach der Peripherie der Kernvacuole wanderten, bei Anwendung von Reagentien habe ich jedoch keine Bilder erhalten, welche diese Vorstellung bestätigt hätten. In Folge der amoeboiden Bewegungen, zum Theil wohl auch in Folge von Imbibition mit Kernsaft wird die Umgrenzung des Nucleolus mehr und mehr verschwommen, bis er schliesslich ganz zu verschwinden scheint. In der That hat er sich jedoch auf diesem Stadium noch nicht aufgelöst, vielmehr kann man ihn bei Behandlung mit Osmiumsäure und Carmin noch als einen dunkler gefärbten, wenn auch sehr undeutlich contourirten Körper sichtbar machen. Ueberhaupt sind die Bilder während dieser und der nächst folgenden Perioden im frischen Zustand sehr undeutlich, da die in beständiger Umlagerung begriffenen Kernmassen keine scharfen Contouren besitzen; selbst mit Hilfe von Reagentien gewinnt man nur einen sehr unvollständigen Einblick in die Aufeinanderfolge und den Zusammenhang der einzelnen Formzustände.

Die Veränderungen des Nucleolus rufen eine tumultuarische Bewegung in der Kernrindenschicht hervor. Die Vacuole verschwindet vor den von allen Seiten andringenden Fortsätzen derselben. Der ganze Kern zerfällt in grössere und kleinere Stücke, die eine undeutlich radiäre Anordnung annehmen (Taf. XI, Fig. 8). Durch fortschreitenden Zerfall werden die Stücke feiner und undeutlicher, bis schliesslich der ganze Kern eine homogene Masse geworden ist. Behandelt man während dieser Stadien den Kern mit Reagentien, so bekommt man keinen Nucleolus mehr zu Gesicht, sondern das Centrum wird von einer undeutlichen hellen Stelle eingenommen. Die Oberfläche des Kerns ist höckerig und sieht wie cannellirt aus (Taf. XI, Fig. 2 u. 8).

Das gleichförmige Aussehen, das der Kern in Folge aller der geschilderten Veränderungen angenommen hat, dauert eine kurze Zeit. Bald sehen wir ihn sich strecken und an seinen beiden Enden homogene Substanz sich anhäufen (Taf. XI, Fig. 9). Auf diese Weise entstehen beiderseits zwei halbkugelige, gegen den übrigen Kern scharf abgesetzte Aufsätze, die während der ge-

sammten Kerntheilung erhalten bleiben und die ich im Folgenden als Endplatten bezeichnen werde. Dieselben gleichen in ihrer Zusammensetzung völlig dem homogenen Abschnitt am hinteren Ende des jugendlichen Kerns; sogar die hellglänzenden Körnchen an der Oberfläche fehlen nicht. Wie wir später sehen werden, gehen auch aus den beiden Endplatten die hinteren Abschnitte der beiden aus der Theilung resultirenden Kerne hervor.

Der zwischen den beiden Endplatten gelegene Theil bildet die Hauptmasse des Kerns; derselbe besitzt eine eiförmige, an beiden Enden quer abgestutzte Gestalt und ein anfänglich gleichförmiges Aussehen; allmählich jedoch geht er in die streifige Differenzirung über, welche in der Neuzeit in zahlreichen Arbeiten von sich theilenden Kernen beschrieben worden ist. Die Streifung beginnt an den beiden Enden der mittleren Kernmasse, da wo dieselbe an die beiden Endplatten stösst (Taf. XII, Fig. 16); von hier aus dehnt sie sich nach den mittleren Partieen hin aus, durchsetzt dieselben jedoch nie ganz, sondern ist durch eine Anhäufung homogener Substanz, welche der breitesten Stelle des Kerns entspricht, in zwei Streifensysteme getrennt (Taf. XI, Fig. 3, Taf. XII, Fig. 17 a—c). Das eine derselben gehört dem Theil an, der sich in der Folge zum Kern der Knospe entwickelt und ist weniger ausgedehnt als das andere, aus dem sich der Kern des Mutterthieres reconstruirt.

Da man im vorliegenden Falle die streifige Differenzirung schon im frischen Zustand wahrnimmt, so bekommt man eine bessere Anschauung von ihrem Bau, als es sonst bei Thieren und Pflanzen möglich ist. Bei der Spirochona kann man mit aller Sicherheit erkennen, dass die Structur durch feine Stäbchen bedingt ist, welche einander parallel lagern, eins dicht neben dem anderen, ohne durch Zwischenräume getrennt zu sein, wie es sonst abgebildet wird. Namentlich bei Behandlung mit Osmiumsäure, die mit etwas Chromsäure versetzt ist, wird dies Verhältniss sehr deutlich; die Form des Kerns und seine Structur wird durch die combinirte Anwendung dieser Reagentien nicht im geringsten beeinträchtigt, nur sieht man bei länger andauernder Einwirkung die schon im frischen Zustand erkennbaren Verhältnisse schärfer hervortreten.

Bei der genannten Behandlungsweise setzen sich die feinen Stäbchen, aus denen die gestreiften Partieen bestehen, nur undeutlich gegen die in der aequatorialen Ebene angehäufte Substanz ab, dagegen haarscharf mit Enden, die fast wie Fettkörnchen

glänzen, gegen die homogenen Endplatten. Diese Enden liegen für gewöhnlich in einer queren Ebene, in einem Falle bildeten sie jedoch in dem dem Mutterthier zugewandten Abschnitt eine Art Pyramide, indem die mittleren mehr in das Innere der Endplatte einragten, als die seitlichen, so dass die ganze gestreifte Partie mit einer scharf hervortretenden Spitze endete (Taf. XI, Fig. 3). Ob dies ein zufälliges Vorkommniss war oder ein rasch vorübergehendes Stadium repräsentirte, lasse ich unentschieden.

Durch die Ausbildung der Streifung ist der ganze Kern in fünf Abschnitte zerfallen, die beiden Endplatten, die zwei gestreiften Partieen und die körnige Mittelplatte, die sich wahrscheinlich der Kernplatte Strasburger's und der mittleren Verdichtungszone O. Hertwig's vergleichen lässt. Diese Sonderung in einzelne Abschnitte wird namentlich durch Essigsäure und Chromsäure deutlich gemacht. Genannte Reagentien rufen eine ungleichmässige Gerinnung hervor und bedingen, wie es Fig. 10a auf Taf. XI von einem etwas weiter vorgeschrittenen Theilungsstadium darstellt, Spalten zwischen den einzelnen Abschnitten.

Den Zeitraum, welchen die Processe, von der Auflösung des Nucleolus bis zum Auftreten der Streifung, für sich in Anspruch nehmen, bestimmte ich in einem Falle auf eine Stunde, die gesammte Dauer von Anbeginn der amoeboiden Bewegungen der die Kernhaube bildenden Masse — es ist dies der Moment, von dem ab ich die Entwicklung im Zusammenhang verfolgt habe — beträgt somit zwei Stunden. Diese Zeitangaben haben jedoch nur ungefähre Giltigkeit, da es mir schien, als ob die Entwicklung je nach individuellen Verhältnissen rascher oder langsamer verlaufen könne.

Von den Veränderungen, die während der weiteren Entwicklung eintreten, bleiben die beiden homogenen Endplatten — abgesehen von einer unbedeutenden Grössenzunahme — unberührt; sie bilden somit die beiden Pole, zwischen denen der gesammte Process der Kerntheilung verläuft. Dagegen ist der zwischen beiden Endplatten liegende Theil in einer beständigen Umänderung begriffen. Zunächst prägt sich seine Gliederung in drei Abschnitte auch äusserlich in der Form aus, indem die mittlere ungestreifte Zone sich durch Einschnürungen gegen die streifigen Partieen absetzt (Taf. XII, Fig. 17b und c). Bei der weiterhin erfolgenden Streckung betheiligt sich vorwiegend diese mittlere Zone. Dieselbe zieht sich in die Länge und bildet einen cylindrischen Strang, der die beiden kugelförmigen Enden des Kerns verbindet,

so dass der gesammte Kern nunmehr die Gestalt einer Hantel annimmt (Taf. XII, Fig, 17 d—e). Während dieser Veränderungen setzt sich die Streifung auch auf das Verbindungsstück fort und nur in der Mitte desselben erhält sich eine dichtere ungestreifte Stelle, ein Rest der mittleren Kernzone. Dieselbe tritt bei Osmiumsäurebehandlung und nachfolgender Imbibition in Carmin sehr deutlich hervor (Taf. XI, Fig. 4).

Man kann nun verfolgen, wie das Verbindungsstück sich mehr und mehr zu einem Faden in die Länge zieht, und sich hierbei krümmt, als ob es für seine Verlängerung keinen genügenden Platz finde. Endlich sieht man in der Mitte den Zusammenhang sich lösen, wodurch die Kerntheilung vollendet ist. Einmal schien es mir hierbei, als ob kurz vor der Theilung sich die mittlere Verdichtungszone in zwei spalte; doch habe ich in anderen Fällen keine Andeutung einer derartigen Spaltung der Kernplatte erhalten.

Der ganze Process vom Auftreten der Streifung bis zur vollendeten Theilung dauert etwas mehr als eine Stunde; wir würden daher die Zeit, welche die gesammte Kerntheilung erfordert, auf 3—4 Stunden bestimmen können.

Nach beendeter Theilung nimmt jeder Tochterkern die Gestalt an, welche wir schon am Anfang bei der Schilderung des Kerns der ausgebildeten Spirochona kennen gelernt haben. Er besteht aus einem homogenen kleineren Abschnitt, der sich aus einer der Endplatten gebildet hat und einem grösseren feinkörnigen, der aus Umbildung der streifigen Partieen entstanden ist. Beim Mutterthier ist letzterer nach vorn, ersterer nach hinten gewandt, bei der Knospe ist das Lageverhältniss umgekehrt. Am gekörnelten Ende kann man eine Zeit lang einen Rest des Verbindungsstrangs in Form eines feinen Fortsatzes nachweisen (Taf. XI, Fig. 5). Später wird auch dieser allmählich eingezogen.

Während sich die Theilung des Kerns durch alle Phasen hindurch an einem und demselben Object mit grösster Genauigkeit verfolgen lässt, entzieht sich das Verhalten der Nebenkerne im frischen Zustand völlig der Beobachtung. Ich musste daher zur Behandlung mit Reagentien meine Zuflucht nehmen, hatte aber hierbei mit allen den Schwierigkeiten, die sich dem Nachweis der Nebenkerne überhaupt entgegenstellen, in erhöhtem Maasse zu kämpfen, da die Formveränderungen, welche die Nebenkerne während der Theilung erleiden, ihre Nachweisbarkeit beträchtlich beeinträchtigen. Wiewohl ich nun viel Mühe und Arbeit gerade

auf diesen Punkt verwandt habe, so ist es mir doch nur in einer beschränkten Anzahl von Fällen geglückt, die Nebenkerne deutlich zu machen. Immerhin genügen dieselben, um uns sichere Schlüsse auf ihr Verhalten zur Zeit der Theilung zu erlauben.

Während der ganzen Periode, in welcher sich im hinteren Kernabschnitte der Nucleolus ausbildet, sind die Nebenkerne unverändert. Auf allen Präparaten findet man sie stets in der Anzahl von drei, bald in der Nähe des Kerns, bald in grösserer Entfernung von demselben gelagert. Ihre Form ist wie früher eine rundliche oder ovale. — Die ersten Veränderungen zeigen die Nebenkerne bei Spirochonen, bei denen die Anlage des Peristoms sich erst seit Kurzem gebildet und die amoeboiden Veränderungen der Kernsubstanz soeben begonnen haben. Sie finden sich hier stets dem Kerne genähert und haben eine deutlich spindelförmige Gestalt angenommen (Taf. X, Fig. 5 u. 6). Eine feinere Structur liess sich in den Spindeln nicht nachweisen; dieselbe würde bei der Kleinheit des Objects auch wohl kaum erkennbar sein, wenn sie selbst vorhanden sein sollte.

In einer Anzahl Präparate aus der Zeit, wo sich der Kern zur streifigen Differenzirung vorbereitet oder die erste Andeutung der Streifung sich bemerkbar gemacht hat, waren die Nebenkerne gestreckt und lagerten dem Hauptkern parallel. Sie besassen häufig eine mittlere spindelförmige Anschwellung und stets an beiden Enden stecknadelkopfartige Verdickungen (Taf. XI, Fig. 1 und 2 n); sie zeigten somit ganz das Aussehen sich theilender Nebenkerne, wie wir es aus Bütschli's Untersuchungen kennen. Ich muss nun hier gleich hervorheben, dass in keinem der beschriebenen Fälle alle drei Nebenkerne haben nachgewiesen werden können, bald war nur ein einziger erkennbar, bald waren zwei vorhanden. Ich zweifle jedoch nicht, dass der dritte Nebenkern hier nur verdeckt wurde, oder dass seine Imbibition durch irgend einen Zufall verhindert worden war.

Bei Exemplaren, bei denen der Knospungsprocess weiter gediehen war und der zwischen den Endplatten gelegene Kernabschnitt sich in die mittlere Zone und die zwei gestreiften Partieen differenzirt hatte, konnte ich sechs Nebenkerne nachweisen. Jedesmal drei derselben lagen einander genähert, und zwar drei am mütterlichen Ende des sich theilenden Kerns, drei an der Hälfte, die später zum Kern der Knospe wird (Taf. XI, Fig. 3). Auf allen späteren Entwicklungsstadien ist der Nachweis der Nebenkerne verhältnissmässig leicht. Es finden sich auch hier

wieder drei auf Seiten des Mutterthiers und drei auf Seiten der Knospe.

Aus den hier mitgetheilten Beobachtungen können wir auf folgendes Verhalten der Nebenkerne schliessen. Beim ersten Beginn der Knospung rücken dieselben an den Hauptkern heran und nehmen eine spindelförmige Gestalt an, später strecken und theilen sie sich, so dass drei der Knospe und drei der Mutter angehörige Nebenkerne entstehen. Auffallend bei dem ganzen Vorgang ist, dass die Theilung ausserordentlich frühzeitig Statt findet, zu einer Zeit, wo am Kern sich die Streifung erst seit Kurzem ausgebildet hat.

Wir müssen nunmehr die Veränderungen nachtragen, welche mittlerweile die übrigen Theile der Knospenanlage erfahren haben. Wie wir gesehen hatten, wird die Knospe bei ihrer Entstehung von einem kleinen Höcker gebildet, der ventralwärts und etwas nach links vom Hals des Mutterthiers lagert und in seinem vorderen Ende eine flimmernde Ausstülpung des Peristoms umschliesst (Taf. X, Fig. 5 u. 6). Je mehr der Höcker an Grösse zunimmt, um so mehr vertieft sich die Ausstülpung und schnürt sich vom Peristom ab. Es entsteht so ein sackförmiges Divertikel, dessen anfänglich breite Communication mit der Peristommulde sich mehr und mehr in einen langen dünnen Canal auszieht, bis auch dieser mit der Zeit verschwindet (Taf. XI, Fig. 1—3). Wir erblicken dann in der Spitze der Knospe einen Hohlraum, der, soweit ich es erkennen konnte, allseitig geschlossen ist und in dessen Innerem die Wimpern sich in lebhafter Bewegung befinden. Der Hohlraum besitzt anfänglich eine oblonge Gestalt, später bildet er auf der dem Mutterthier zugewandten Seite eine Ausbuchtung, die sich beim Wachsthum der Knospe zu einem langen Spalt auszieht. — Dieser Zustand der Peristomanlage entspricht ungefähr dem Zeitpunkt, in dem am Kern die streifige Differenzirung begonnen hat.

Während der Kern sich theilt, schnürt sich die Knospe ab; und zwar beginnt die Abschnürung am Peristomrand und schreitet nach abwärts fort. Die Folge hiervon ist, dass die Verbindungsstelle von Mutterthier und Knospe sich mehr und mehr der Basis des ersteren nähert (Fig. 4 u. 5). Schliesslich sehen wir, dass die Knospe nur noch wie eine Frucht auf einem dünnen Stielchen sitzt, das ungefähr auf halber Höhe vom Mutterthier entspringt (Taf. XI, Fig. 6).

Auf diesem Zustand scheint die junge Spirochona lange Zeit zu beharren, bevor sie sich ablöst; währenddem bilden sich die

einzelnen Theile, deren Anlagen wir kennen gelernt haben, weiter aus. Der wimpernde Spalt, welcher anfänglich geschlossen erschien, öffnet sich nach aussen und bildet eine Furche, die an der vorderen Seite der Knospe beginnt und hier ihre grösste Breite besitzt, dann rechtwinkelig umbiegt und schmäler werdend der Längsseite folgt. An ihrem Ende verbreitert sich die Furche zu einer kleinen Anschwellung, die den Mittelpunkt einer eigenthümlichen radiären Figur bildet (Taf. XII, Fig. 1, 2 u. 6r). Dieselbe setzt sich aus stäbchenartigen Gebilden zusammen, die wie die Speichen eines Rades angeordnet sind. Jedes Stäbchen besteht aus einer feinkörnigen, wahrscheinlich protoplasmatischen Substanz, die sich scharf gegen die Umgebung absetzt und in Carmin sich stark imbibirt. Das Ganze halte ich für eine eigenthümliche Protoplasmastructur, die wahrscheinlich zur Bildung der cuticularen Streifen der Anheftungsplatte in Beziehung steht. Wir wir später sehen werden, setzt sich der Schwärmer mit der Stelle fest, an der sich die Protoplasmastructur befindet.

Die Ablösung der Knospe erfolgt sehr langsam; es bildet sich an der Uebergangsstelle des Stiels in die Knospe eine Furche, die sich allmählich vertieft und schliesslich die Lostrennung bedingt. Der Stiel bleibt noch lange Zeit erhalten, so dass man der Spirochona anmerken kann, dass sie eine Knospe erzeugt hat. Erst allmählich verstreicht er, so dass nunmehr das Mutterthier, da Peristom und Kern ebenfalls ihr früheres Aussehen angenommen haben, sich nicht von einer gewöhnlichen Spirochona unterscheidet.

Die meisten der von mir mitgetheilten Veränderungen, welche der Körper und der Kern der Spirochona bei der Knospung erleiden, sind von Stein übersehen worden. Das erste Stadium, welches derselbe abbildet und schildert, entspricht dem schon weit vorgerückten Zeitpunkt, wo die Knospe einen ansehnlichen Höcker am Mutterthier bildet und die Theilstücke des Kerns sich schon völlig von einander getrennt haben, demnach ungefähr einem Zustand, wie ihn Figur 5 auf Tafel XI darstellt. Gerade die wichtigsten Entwicklungsstufen, welche über das Verhalten des Kerns und über die Bildung des Peristoms Aufschluss geben, hat Stein somit nicht beobachtet. Es erklärt sich so seine Angabe, dass das Peristom sich als eine grubenförmige Vertiefung anlegen und der Kern durch Neubildung entstehen soll. Letztere Angabe steht in Zusammenhang mit der damals herrschenden, von ihm selbst wie von Claparède und Lachmann vertretenen Unterscheidung von Theilung und Knospung. Nur bei der Theilung sollte

der Kern des jungen Organismus vom mütterlichen Kern aus entstehen, bei der Knospung dagegen sollte er sich völlig neu bilden.

Der Knospungsprocess wiederholt sich mehr als einmal an demselben Individuum und verläuft zuweilen so lebhaft, dass eine zweite Knospe schon entsteht, bevor noch die ältere sich abgelöst hat. Die jüngere Knospe bildet sich dann in dem Zwischenraum zwischen der älteren und dem Peristom. Mit dem beschleunigten Verlauf der Fortpflanzung kann häufig das Wachsthum der Spirochona nicht gleichen Schritt halten, was dann eine Verkleinerung des Körpers des Mutterthieres zur Folge hat. Namentlich scheint der Spiraltrichter durch die Substanzverluste, die das Peristom bei jeder Knospung erleidet, eine Reduction zu erfahren und schliesslich ganz zu schwinden. Ich bin zu dieser Auffassung durch die Beobachtung von in Knospung begriffenen Spirochonen gelangt, bei denen das Peristom eine einfache Mulde bildete, wie es Figur 10 auf Tafel X darstellt. Eine Einkerbung des Randes bezeichnete noch die Stelle, an der sich früher der Spiraltrichter einfaltete.

Durch rasche Wiederholung der Knospung kann das Mutterthier so erschöpft werden, dass die Knospe schliesslich grösser ist als die Spirochona, an der sie entsteht. Einen derartigen Fall habe ich in Figur 10 auf Tafel XII abgebildet. Hier war das Peristom völlig geschrumpft und das ganze Thier nur noch ein unförmlicher Körper, an dem eine Knospe von beträchtlicher Grösse ansass. Von besonderem Interesse in diesem Fall war, dass der Kern völlig in die Knospe übergewandert war und hier seine Vorbereitungen zur Theilung getroffen hatte. Es wäre nun von Interesse gewesen, ob letztere zu Stande gekommen sein würde und in welcher Weise; leider bemerkte ich jedoch das betreffende Exemplar erst, nachdem ich das Präparat mit Reagentien behandelt hatte.

An den beschriebenen Fall schliessen sich einige andere an, in denen das ganze Mutterthier zu einem Rudiment herabgesunken war, welches sich wie ein Stiel der ansitzenden Knospe ausnahm (Taf. XII, Fig. 6). Nur ein ganz zur Seite gedrängter kleiner Höcker bildete noch eine Andeutung eines Körpers. Ein einziger Kern war vorhanden und dieser gehörte der Knospe an. Hier kann es keinem Zweifel unterliegen, dass der vom Mutterthier übrig bleibende Rest zu keinem selbstständigen Leben mehr befähigt ist.

Schon Stein hat die geschilderten Bilder beobachtet, dieselben jedoch in anderem Sinne gedeutet. Ursprünglich hat er das Verhältniss geradezu umgekehrt, den stummelartigen Rest für die Knospe und die Knospe für ein Mutterthier gehalten; es habe hier, so meinte er, ein Schwärmer noch vor seiner Umbildung zur Spirochona begonnen, Knospen zu erzeugen. Später corrigirte er seine Angaben und erklärte die eigenthümlichen Befunde durch die Annahme, dass in den genannten Fällen ein Körper des Mutterthiers ursprünglich vorhanden gewesen sei, derselbe sei jedoch von irgend einem Thier abgebissen worden, während die Knospe verschont blieb. Diese Deutung ist indessen ganz unhaltbar. Wie wir gesehen haben, entstehen die Knospen so hoch oben in der Nähe des Peristoms, dass eine Verletzung, welche das Thier bis auf einen so unscheinbaren Rest vernichtete, nothwendigerweise auch die Knospe zerstören würde.

b. Die Umbildung der Knospe zur Spirochona.

Die abgelöste Knospe der Spirochona besitzt eine sehr charakteristische Gestalt, so dass Jeder, der sie einmal gesehen hat, sie heraus erkennen würde, auch wenn er nicht die Ablösung vom Mutterthier verfolgt hätte (Taf. XII, Fig. 1 a u. b). Am richtigsten würden wir noch dieselbe als eiförmig bezeichnen können, doch hätten wir dann einige ziemlich beträchtliche Abweichungen von der ovoiden Grundform zu berücksichtigen. Einmal ist der Körper in einer Richtung abgeplattet, dann ist sein vorderes Ende von einer muldenförmigen Vertiefung, dem späteren Peristom ausgehöhlt; endlich setzt sich diese muldenförmige Vertiefung in Gestalt einer breiten, der Länge des Schwärmers folgenden Rinne bis an das hintere Ende desselben fort. Der Grund der Vertiefung ist in seiner ganzen Ausdehnung von feinen Cilien ausgekleidet, die während des Schwärmerstadium noch die Bedeutung haben, die Fortbewegung der Knospe zu vermitteln und erst später nach Ausbildung des Mundes die Function von Nahrung zuleitenden Apparaten gewinnen. Besondere der Locomotion dienende Wimperringe, wie wir sie von den frei herumschwimmenden Vorticellinen kennen, sind nicht vorhanden. Die Cilien stehen in zahlreichen Längsreihen und bedingen durch ihre Anordnung eine sehr zarte, den Rinnenrändern parallel verlaufende Streifung. Letztere haben wir, wenn auch nicht in der weiten Ausdehnung, schon an der Knospe kennen gelernt und konnten

sie hier genetisch von der Streifung ableiten, welche beim Mutterthier den Grund des Peristoms einnahm.

Der Kern zeigt die Zusammensetzung aus den beiden schon früher geschilderten Abschnitten, von denen der homogene häufig noch nach vorn, der körnige nach hinten gewandt ist, während sie in anderen Fällen schon ihre bleibende Stelle eingenommen haben. Die drei Nebenkerne lagern bald in unmittelbarer Nähe des Kerns, bald haben sie sich von ihm entfernt. Vacuolen sind im Protoplasma nicht vorhanden.

Im Gegensatz zu der Lebhaftigkeit der meisten Infusorien ist die Bewegung der schwimmenden Knospe träge und langsam; sie kommt zu Stande, indem der Körper sich gleichmässig um seine Längsaxe dreht. Hierbei ist das verbreiterte Peristomende nach vorn gewandt und scheint tastend dem Rand der Kieme des Gammarus entlang nach einem zur Fixation geeigneten Ort zu suchen. Ist derselbe gefunden, so wird das hintere Ende festgestellt, während das vordere noch eine Zeit lang um dasselbe langsam rotirt. Schliesslich hört auch diese Bewegung auf und die Cilien kommen völlig zur Ruhe.

Die Stelle, mit der sich die Knospe festsetzt, liegt nicht am spitzen Ende — dem Ende, welches früher auf dem Stiel festsass — sondern etwas nach vorn von demselben auf der Seite der rinnenförmigen Vertiefung und zwar, wie es mir schien, am Grunde des hintersten Abschnitts der Vertiefung selbst. Hier findet sich jene eigenthümliche, aus radiären Streifen bestehende Figur, die wir an der Knospe schon vor ihrer Ablösung wahrgenommen haben (Taf. XII, Fig. 2r). Die Figur verschwindet, sobald die Befestigung erfolgt ist, und es entsteht, nach dem was ich ermitteln konnte, an der von ihr eingenommenen Stelle der cuticulare Anheftungsapparat, welcher die Basis der Spirochona bildet. Derselbe hat mit der Protoplasmastructur das Gemeinsame, dass er ebenfalls aus radiären Stäbchen besteht, unterscheidet sich dagegen von ihr durch seinen beträchtlich geringeren Durchmesser. Das Verhältniss, in dem beide Structuren zu einander stehen, macht mir einen genetischen Zusammenhang zwischen ihnen wahrscheinlich, und zwar glaube ich, wie ich schon hervorgehoben habe, dass das Protoplasma zum Zweck der Bildung der Anheftungsplatte die geschilderte eigenthümliche Anordnung angenommen hat.

Der Ort der Anheftung bedingt anfänglich eine eigenthümliche Haltung der Knospe; sie steht nicht senkrecht zur Unterlage,

wie es später der Fall ist, sondern bildet einen Winkel mit derselben, indem die wimpernde Rinne der Kieme zugewandt ist. Erst allmählich richtet sich der Körper auf.

Von der hier gegebenen Schilderung weicht Stein in seiner Darstellung in sofern ab, als er die Knospe sich direct mit ihrem hinteren Ende festsetzen und gleich von Anfang eine aufrechte Stellung einnehmen lässt. Diese Angaben scheinen mir indessen nur erschlossen zu sein und nicht auf Beobachtungen zu beruhen. Denn an einer anderen Stelle beschreibt Stein den Vorgang vollkommen richtig, bringt ihn jedoch in unrichtige Beziehungen. Wie bekannt, vertrat er damals die Ansicht, dass Ciliaten und Acineten in einem Generationswechsel mit einander ständen. So sollten denn auch die Spirochona und der gleichfalls auf den Kiemen des Gammarus lebende Dendrocometes demselben Fortpflanzungscyclus angehören. Der Schwärmer der Spirochona sollte nicht in allen Fällen zur Form des Mutterthiers zurückkehren, sondern zu Zeiten sich in einen Dendrocometes verwandeln. Als daher Stein einige Male verfolgen konnte, dass sich die Knospe mit ihrer breiten Seite festsetzte und eine abgeflachte Gestalt annahm, dass sogar die Wimperbewegung aufhörte, so glaubte er hierin den Beginn eines Uebergangs in die Form des Dendrocometes erblicken zu müssen, eine Idee, von der er selbst würde zurückgekommen sein, wenn er die weiteren Umänderungen verfolgt hätte.

Schon während der kreisenden Bewegung, welche der Befestigung vorausgeht, hat der Knospensprössling seine Gestalt verändert (Taf. XII, Fig. 2 u. 3). Der Rand der wimpernden Vertiefung (des Peristoms und dessen rinnenförmiger Verlängerung) schlägt sich nach aussen um und bildet eine wulstige Lippe, die namentlich im Umkreis des Peristoms deutlich ist und sich hier mit einer halsartigen Einschnürung gegen den übrigen Körper absetzt. Nachdem die Knospe sich festgesetzt hat, krümmt sich ihr Körper über die Fläche, so dass die eine seiner Breitseiten eine deutliche, der Länge nach verlaufende Einbiegung erkennen lässt, während die Convexität der anderen in gleichem Maasse zunimmt (Taf. XII, Fig. 4). Hierbei treten wahrscheinlich in Folge der Contraction des Körpers mehrere Längsfurchen auf der convexen Seite auf, welche sich nach dem Rand des Peristoms zu vertiefen und hier 3—4 Einkerbungen hervorrufen. Die concave Seite wird, wie wir sogleich sehen werden, zur Bauchgegend, die convexe zum Rücken.

Nach den Angaben Stein's soll sich nun die flimmernde Furche, in welche sich die Peristommulde verlängert, im hinteren Theile schliessen, während im vorderen Theil die eine Seite der Umrandung sich über die andere hinwegschiebt, um so den hier noch bestehenden Spalt zu überbrücken. Die überdeckte Seite soll sich dann nach innen einrollen und den Spiraltrichter bilden. — Diese Schilderung Stein's habe ich nicht bestätigt gefunden, vielmehr bin ich ebenso wohl, was die Schliessung der wimpernden Furche anlangt, als auch hinsichtlich der Bildung des Spiraltrichters zu einer wesentlich anderen Auffassung gelangt, wobei ich bemerke, dass ich den Verlauf der Umwandlung an einem und demselben Object habe verfolgen können.

Während die Knospe sich streckt und eine aufrechte Stellung annimmt, bildet die ventrale Wand des Peristoms eine Einfaltung, welche in das Innere der flimmernden Mulde vorspringt und in der wir die Anlage zum Spiraltrichter zu erblicken haben (Fig. 5 s). Gleichzeitig schliesst sich die der Länge der Knospe folgende wimpernde Furche, und zwar in ganzer Ausdehnung und nicht in ihrem hinteren Abschnitt allein, wie es Stein schildert. Wir finden daher auf diesem Stadium die Peristommulde von einer wulstigen Wandung umgeben, und in das Innere der Mulde von der ventralen Fläche aus einragend eine breite Falte, die Anlage des Spiraltrichters. Ein seitlicher Zugang zum Peristom in Form einer unvollkommenen überdeckten Spalte, den Stein annimmt, existirt bei der jungen Spirochona ebenso wenig wie beim erwachsenen Thier.

Allmählich vertieft sich nun das Peristom, und zwar besonders auf der linken Seite der Einfaltung, während die am Grunde befindlichen Cilien, die bisher geruht hatten, auf's Neue ihre Bewegungen beginnen. Der ganze Peristomabschnitt setzt sich mit einer seichten ringförmigen Vertiefung, welche dem Hals der Spirochona entspricht, gegen den unteren Theil des Körpers ab (Taf. XII, Fig. 8). Was aber besonders eine Annäherung an den Habitus des erwachsenen Thiers herbeiführt, ist die allmähliche Verdünnung der Wandungen des Peristoms. Die anfangs breiten und wulstigen Lippen des letzteren wandeln sich so in die zarten, kaum doppelt contourirt erscheinenden Ränder um, welche wir bei der Schilderung der Spirochona kennen gelernt haben.

Auch die Anlage des Spiraltrichters nimmt mehr und mehr die bleibende Form an. Die beiden Lamellen der Falte legen sich dicht aneinander und verschmelzen zu einer einzigen, so dass

man nur noch an dem Ort der Einfaltung eine spaltartige Einkerbung bemerkt, welche die Verwachsungsstelle der beiden Lamellen andeutet (Taf. XII, Fig. 8). Gleichzeitig beginnt die spiralige Einrollung der Falte, welche die eigenthümliche Form des vorderen Endes des Spirochona bedingt.

Bisher waren der rechte und linke Peristomrand gleich hoch, so dass das vordere Ende wie quer abgeschnitten erschien. Dies Verhältniss ändert sich von jetzt ab (Taf. XII, Fig. 9). Die rechte Seite des Peristoms wächst rascher und erhebt sich in kurzer Zeit um ein Beträchtliches über die linke. Indem auch die spiralig eingerollte Falte in die Höhe wächst, gewinnt es den Anschein, als würde dieselbe nur von der rechten Peristomwand gebildet und als füge sich die linke der eingerollten rechten nur äusserlich an.

Zur Zeit, wo sich die erste halbe Windung des Spiraltrichters angelegt hat, entsteht am Grunde der linken Seite des Peristoms die Mundöffnung und die Speiseröhre. Ferner treten nunmehr in dem Protoplasma die ersten Vacuolen auf. Schliesslich muss ich noch erwähnen, dass, sofern es nicht schon früher geschehen ist, der Kern im Lauf der geschilderten Entwicklungsstadien seine Lage verändert hat, indem sein ursprünglich nach vorn gewandtes homogenes Ende sich nach hinten gerichtet hat.

Es bedarf von jetzt ab nur noch eines Wachsthums und einer Weiterbildung der einzelnen Anlagen, um das junge Thier, wie es in Fig. 9 auf Taf. XII abgebildet ist, in die bleibende Form überzuführen.

c. Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Spirochona.

Die Entwicklungsgeschichte der Spirochona ist von allgemeinem Interesse, erstens als ein Fall ächter Knospung bei ciliaten Infusorien und zweitens wegen der Veränderungen, die sich mit grosser Deutlichkeit an ihren Kernen, namentlich an dem Nucleus verfolgen lassen.

In meiner Arbeit über die Podophrya gemmipara [1]) habe ich darauf hingewiesen, dass die Frage, ob eine Fortpflanzung durch Knospen bei den Ciliaten überhaupt existirt und wie weit dieselbe verbreitet ist, einer erneuten Prüfung bedarf; durch eine

[1]) Morphol. Jahrb. Bd. I, p. 20.

Kritik der einschlägigen Literatur versuchte ich durchzuführen, dass die vorliegenden Angaben über die Existenz der Knospung keineswegs genügend sicher gestellt sind, da durch die Erkenntniss, dass den Beobachtungen in den meisten Fällen die sogen. knospenförmige Conjugation zu Grunde lag, auch die übrigen Fälle wieder zweifelhaft geworden waren.

Inzwischen ist die Bildung von Knospen von Engelmann[1]) bei der Vorticella microstoma von Anfang an verfolgt und so zum ersten Mal der sichere Nachweis für die Existenz des Processes bei den Vorticellinen geführt worden. Diesen Beobachtungen schliessen sich meine Untersuchungen über die Spirochona als ein zweiter Fall an.

In der genannten Arbeit hatte ich mich ferner gegen das alte Dogma, dass bei der Knospung der Infusorien die einzelnen Theile der Knospe, vor Allem der Kern durch Neubildung entstehen sollten, ausgesprochen. Ich that dies auf Grund meiner Beobachtungen über die Fortpflanzung der Podophrya gemmipara, bei welcher der Kern der Knospe mit Sicherheit von dem des Mutterthiers sich ableiten liess. Zu gleichen Resultaten ist Engelmann bei der Vorticella microstoma gelangt; auch äusserte derselbe bei Mittheilung seiner Beobachtungen die Vermuthung, dass bei der Spirochona sich wahrscheinlich der Kern ebenfalls bei der Knospung betheilige. Mit Recht machte Engelmann geltend, wie unvollständig die Beobachtungen Stein's hinsichtlich der ersten Stadien der Knospung seien, dass durch dieselben weder ein Hervorsprossen des Kerns in Abrede gestellt, noch selbst eine Täuschung durch die knospenförmige Conjugation ausgeschlossen würde.

Die im Obigen mitgetheilten Untersuchungen haben nun in der That den Beweis geliefert, dass alle Theile des Knospenkörpers von den entsprechenden Theilen des Mutterthiers abstammen. Sogar das Peristom entsteht nicht selbständig, sondern als eine Ausstülpung vom mütterlichen Peristom aus, ein Bildungsmodus, der, so viel ich weiss, bis jetzt noch nicht einmal bei Theilungen beobachtet worden ist, wenn es auch wahrscheinlich erscheinen muss, dass bei den Längstheilungen der Vorticellinen das Peristom sich ähnlich verhalten werde.

Was nun weiterhin das Verhalten des Kerns während der Knospung anlangt, so lassen sich hier eine Summe von Ver-

---

[1]) Morphol. Jahrb. Bd. I, p. 578.

änderungen erkennen, deren Beziehungen zu den Kernveränderungen bei der Theilung anderweitiger Infusorien und thierischer und pflanzlicher Zellen eine kurze Besprechung verlangen.

Wie namentlich durch die Untersuchungen Bütschli's[1]) bekannt geworden ist, nimmt der Kern der Infusorien während der Theilung eine streifige Differenzirung an. Dieselbe ist zumeist nicht sehr regelmässig entwickelt, indem die einzelnen Fasern der Kernsubstanz eine verworrene Anordnung besitzen, in manchen Fällen sogar ist die Streifung gar nicht oder doch nur sehr undeutlich erkennbar; andererseits kann sie sich aber auch ausserordentlich klar ausprägen, wie bei den Vorticellinen. Bei letzteren verlaufen, wie ich mehrfach beobachtet habe, scharf contourirte Fasern in genau paralleler Lagerung von einem Ende des langgestreckten Kerns bis zum anderen; auf dem optischen Querschnitt erhält man daher den von thierischen und pflanzlichen Objecten schon mehrfach geschilderten Körnerkreis, in dem jede einzelne Längsfaser auf ihrem Querschnitt als Kern erscheint.

In allen diesen Fällen beschränkt sich die Aehnlichkeit mit der Kerntheilung thierischer und pflanzlicher Zellen auf die Ausbildung der Längsstreifung. Dagegen fehlt die bei letzterer so auffallende Differenzirung in einzelne durch ihren Bau sich unterscheidende Abschnitte. In dieser Hinsicht lässt der Kern unserer Spirochona eine nicht unbeträchtlich weiter gehende Uebereinstimmung erkennen. Wir können bei demselben fünf Abschnitte während der Zeit der Kerntheilung nachweisen, eine mittlere nicht gestreifte Zone, zwei seitliche gestreifte Partieen und die zwei homogenen Endplatten. Dem entsprechend besteht auch der thierische und pflanzliche Zellkern auf einem bestimmten Stadium der Theilung aus fünf Stücken, der Kernplatte, den beiden Streifensystemen und den Polspitzen.

Wenn wir indessen die einzelnen Theile näher mit einander vergleichen, so ergeben sich beträchtliche Differenzen, namentlich in der Bildung und dem Verhalten des mittleren Kernabschnitts. Derselbe besteht bei der Spirochona aus der Substanz, die sich noch nicht streifig differenzirt hat, und verschwindet daher in dem Maasse, als sich die Streifung ausbreitet. Die Kernplatte dagegen wird bei Pflanzen und Thieren durch Verdichtungen in den feinen Fasern der Kernsubstanz gebildet und zerfällt durch einen eigenthümlichen Spaltungsprocess im späteren

[1]) Bütschli, l. c., p. 69.

Verlauf in die beiden Plattensegmente. Dieses verschiedene Verhalten verhindert zunächst noch die in ihrer Lagerung entsprechenden Abschnitte einander gleich zu setzen, da es noch nicht entschieden ist, ob sie beide gleiche Bedeutung für den Verlauf der Kerntheilung besitzen.

Zahlreichere Uebereinstimmungspunkte erhalten wir bei einer Vergleichung der Endplatten der Spirochona und der homogenen Spitzen der thierischen und pflanzlichen Zellkerne.

In seiner Schilderung der Theilung des Seeigeleies wies mein Bruder darauf hin, dass an den Spitzen der Kernspindel sich eine Verdichtung der Kernsubstanz ausbilde, so dass sie wie glänzende Körner aus dem umgebenden Protoplasmahof hervorleuchten.[1]) Auch Strasburger[2]) gedenkt bei seiner allgemeinen Besprechung der Zelltheilung der eigenthümlichen Differenzirung der Kernenden. Nach seinen Angaben soll sich an denselben und zwar besonders auffallend bei thierischen Objecten eine von der übrigen Kernmasse deutlich verschiedene, durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete Substanz ansammeln. Strasburger nennt dieselbe Polsubstanz und hält sie für den activen Kernstoff, der einestheils die Anordnung der Kernsubstanz, anderntheils die des Protoplasma bedinge. Bei der Reconstruction des Kerns soll sich die Polsubstanz lange Zeit, nachdem schon die streifige Differenzirung geschwunden ist, noch gesondert erhalten und erst allmählich mit den übrigen Kernbestandtheilen sich vermischen.

Die Substanz der Endplatten des Kerns der Spirochona verhält sich nun ganz ebenso, wie es Strasburger von seiner Polsubstanz schildert. Wenn wir zunächst von den Vorgängen absehen, welche den mit einem Nucleolus versehenen Kern in einen homogenen Körper umwandeln, so ist die Ausbildung der Endplatten auch bei der Knospung der Spirochona der erste Act der Kerntheilung; nur ist die Anhäufung der sie zusammensetzenden Masse viel beträchtlicher als die Ansammlung von Polsubstanz in den von Strasburger beschriebenen Fällen. Von ihrem ersten Auftreten an erhalten sich die Bestandtheile der Endplatten während der ganzen Dauer des Processes von dem

---

[1]) O. Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des thierischen Eies. Morphol. Jahrb. Bd. I, p. 409.

[2]) E. Strasburger, Ueber Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl. Jena 1876, p. 272.

übrigen Kern getrennt; ja sogar nach beendeter Theilung bilden sie einen besondern, aus einer eigenartigen Substanz bestehenden Abschnitt des Kerns.

Ferner bieten meine Beobachtungen Anhaltspunkte für die Auffassung, dass die Substanz der Endplatten die activen Bestandtheile des Kerns ausmacht und somit auch in ihrer functionellen Bedeutung der Polsubstanz Strasburger's entspricht. In dieser Hinsicht halte ich es für wichtig, dass die streifige Differenzirung des mittleren Kernabschnitts da beginnt, wo derselbe an die Endplatten stösst, und dass sie von hier aus nach dem Aequator des Kerns fortschreitet. Ebenso lassen sich auch in früheren Stadien der Knospung Erscheinungen nachweisen, welche eine Einwirkung des genannten Bestandtheils auf die übrige Masse des Kerns wahrscheinlich machen. Ich habe hier die eigenthümlichen Umlagerungen der Kernsubstanz im Auge, welche den Kern in einen homogenen theilungsfähigen Zustand überführen. Bei denselben spielt der Nucleolus, wie wir gesehen haben, eine bedeutsame Rolle, indem er anfänglich den Mittelpunkt bildet, um den die übrigen Bestandtheile sich in einem Ring anordnen und indem er später durch seine allmähliche Auflösung das Signal zum Zerfall des ganzen Kerns in kleinere Stücken gibt. Die Lagerung des Nucleolus im hinteren Kernabschnitt aber macht es sehr wahrscheinlich, dass er aus einer Differenzirung der Polsubstanz entsteht, welche, wie wir gesehen haben, diesen Kernabschnitt bildet.

Wenn ich mich im Obigen der Ansicht Strasburger's über die functionelle Bedeutung, welche die Polsubstanz für die Kerntheilung besitzen soll, angeschlossen habe, so verhehle ich mir nicht, wie schwankend die Fundamente einer derartigen Erklärungsweise sind. Handelt es sich doch um Vorgänge, deren bewegende Factoren unserer Erkenntniss völlig unzugänglich sind, deren Erscheinungen aber von uns noch nicht in dem Maasse gekannt werden, dass wir jetzt schon das typisch Wichtige von dem Unwesentlichen unterscheiden könnten. Immerhin lässt es sich als ein Phänomen von allgemeinerem Interesse bezeichnen, dass derselbe Process der Ansammlung einer homogenen, an der streifigen Differenzirung nicht Antheil nehmenden Masse an den Kernenden als eine weitverbreitete Eigenthümlichkeit hat nachgewiesen werden können.

Ein zweiter Punkt im Verlauf der Kerntheilung der Spirochona, auf den ich die Aufmerksamkeit lenken möchte, betrifft das eigenthümliche Zerfallen der Kernsubstanz in kleinere Stückchen,

welches der streifigen Differenzirung vorausgeht. Ganz derselbe Vorgang wiederholt sich bei den Nebenkernen der Infusorien, wo ihn Bütschli von Euplotes Charon geschildert und auf Taf. X, Fig. 10 seiner „Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge" u. s. w. abgebildet hat. Der Nebenkern des genannten Infusors bildet ursprünglich eine helle Blase mit einem grossen centralen Nucleolus. Später zerfällt sein Inhalt in zahlreiche Körner, und diese sind es wahrscheinlich, welche sich zu den Kernfäden entwickeln. Aehnliche Beobachtungen hat mein Bruder am Ei der Hirudineen gemacht, bei dem ebenfalls der Nucleolus, bevor er die streifige Anordnung annimmt, in einzelne Körnchen zerfällt.[1]) Auch hierin scheint somit ein Vorgang von allgemeiner Bedeutung erkennbar zu sein.

Dass die Art und Weise, in welcher aus dem Mutterkern die beiden Tochterkerne entstehen, als Kerntheilung bezeichnet werden muss, kann nach der Schilderung, welche ich oben gegeben habe, nicht beweifelt werden. Ich würde auch diesen Punkt nicht besonders hervorheben, wenn nicht Auerbach[2]) in zwei kleineren Arbeiten versucht hätte, die Deutung der Kerntheilung mittels Spindelbildung als Karyolyse aufrecht zu erhalten. Auerbach ist der Ansicht, dass der längsstreifige Körper nicht der Kern ist, sondern ein Product der Vermischung der Kernsubstanz mit dem umgebenden Protoplasma, dass ferner die Hauptmasse desselben gar nicht zur Bildung der Tochterkerne verwandt wird. Er führt für diese seine so abweichende Auffassung an, dass das Gebilde im frischen Zustand keine scharfe Begrenzung besitze, und dass dasselbe erst nach dem anscheinenden Verschwinden des alten Kerns entstehe.

Die Kerntheilung der Spirochona ist ganz besonders geeignet, die einzelnen hier angeführten Behauptungen Punkt für Punkt zu widerlegen. Zu der Zeit, wo der Kern homogen wird, und später, wenn er sich zu strecken beginnt, ist er bei allen bisher untersuchten Objecten im frischen Zustand nicht erkennbar, weshalb denn Auerbach diese Umänderung auf eine Auflösung hat zurückführen können. Bei der Spirochona wird nun zwar auch

---

[1]) O. Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des thierischen Eies. II. Theil. Morphol. Jahrb. Bd. II.

[2]) Auerbach, Zur Lehre der Vermehrung der Zellkerne. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876, Nr. 1.

Derselbe: Zelle und Zellkern; Cohn: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. II.

um diese Zeit der Kern undeutlicher, seine Grösse und die Durchsichtigkeit des umgebenden Protoplasma erlaubt aber auch dann noch ihn als scharf umgrenzt zu erkennen. Ebenso bleiben die Contouren während der streifigen Differenzirung erhalten, was von anderen Infusorien übrigens schon länger bekannt ist, so dass man mit aller Bestimmtheit sagen kann, dass eine Vermischung von Kernsubstanz und Protoplasma nicht Statt findet. Endlich kann man sich auch überzeugen, dass die Kernfasern zur Bildung der Tochterkerne verwandt werden. Für jedes der genannten Verhältnisse kann der Kern der Spirochona als ein vortreffliches Beobachtungsobject empfohlen werden.

Während wir bei der Theilung der Zellen und der Knospung der Spirochona eine grosse Uebereinstimmung in der Umbildung der Kerne haben nachweisen können, so muss uns andererseits das verschiedene Verhalten des umgebenden Protoplasma in beiden Fällen überraschen. Bei der Zelltheilung erscheint das Protoplasma in beständiger Abhängigkeit von den Veränderungen des Kerns; bei der Knospung der Spirochona dagegen entsprechen zwar im Allgemeinen bestimmte Entwicklungsstadien des Kerns bestimmten Entwicklungsstadien der Knospe; indessen macht es den Eindruck, als ob hier zwei in keinem unmittelbaren Abhängigkeitsverhältniss zu einander stehende Processe nebeneinander verliefen. Man könnte sogar eher daran denken, dass der Ausbildungsgrad der Knospe die verschiedenen Kernzustände bedinge, als umgekehrt. In der That beginnen die ersten Knospungsvorgänge schon zu einer Zeit, in welcher der Kern noch keine mit Bestimmtheit auf eine Theilung hindeutende Merkmale erkennen lässt; namentlich kann man an ihm noch nicht zwei einander opponirte Pole nachweisen. Nachdem sich schon die Peristomanlage gebildet hat, verharrt der Kern noch immer auf dem Zustand einer Blase mit Nucleolus; die Auflösung des letzteren und die Ausbildung zweier Pole am Kern tritt erst ein, nachdem die Knospe schon einen bestimmt sich absetzenden Höcker mit einer deutlich gesonderten Peristomanlage besitzt.

Aehnliche Beobachtungen über das Verhältniss der Kerntheilung zur Theilung der Infusorienkörper sind schon früher, namentlich von Stein, mitgetheilt worden. Ganz neuerdings hat Bütschli[1]) einen recht interessanten hierher gehörigen Fall in

[1]) O. Bütschli, Ueber die Entstehung des Schwärmsprösslings der Podophrya quadripartita. Habilitationsschrift (auch in dieser Zeitschrift Bd. X. N. F. III. 3. Heft erschienen).

der Bildung des Schwärmers der Podophrya quadripartita beschrieben. Hier soll die Anlage des Schwärmsprösslings schon einen Wimperkranz und eigene contractile Vacuolen entwickelt haben, ehe noch ein Fortsatz des mütterlichen Kerns in sie hineinwächst. Bütschli erblickt in dieser Beobachtung eine weitere Bestätigung für die von Auerbach begründete und von ihm selbst früher schon vertheidigte Auffassung, dass das Active bei der Theilung das Protoplasma selbst ist.

Ich selbst habe vor einiger Zeit die Ansicht vertreten und an dem Beispiel der Podophrya gemmipara zu illustriren versucht, dass das Primäre bei der Knospung und Theilung der Infusorien die Theilung des Nucleus ist; ich muss gestehen, dass ich jetzt die Frage für eine wenig spruchreife halte. Ueber die Wechselwirkungen von Protoplasma und Kern sind unsere Kenntnisse so lückenhaft, dass wir uns über das Verhältniss derselben noch kein sicheres Urtheil bilden können. Denn wie sehr auch die von Bütschli an der Podophrya quadripartita und von mir an der Spirochona gemmipara gemachten Beobachtungen dafür sprechen, die Ursache der Knospung in den Umwandlungen des Protoplasma zu suchen, so liesse sich dagegen immer noch geltend machen, dass einflussreiche Structurveränderungen im Kern schon vordem eingetreten sein könnten; dass in der That der Nucleus derartige Veränderungen erleide, habe ich sogar bei unserer Spirochona auf's Sicherste durch directe Beobachtung nachgewiesen. Man könnte hier die Bildung des Nucleolus als erste Vorbereitung zur Theilung auffassen und hierdurch das Prius in den Veränderungen dem Kern sichern. Im vorliegenden Falle müssten ferner die sehr frühe beginnenden Umwandlungen der Nebenkerne in Berücksichtigung gezogen werden. Da nun die Beobachtungen an thierischen und pflanzlichen Zellen mir ebenfalls dafür zu sprechen scheinen, dass der Anstoss zur Theilung vom Kern ausgeht, so möchte ich in einer so zweifelhaften Frage, die so wenig Anhaltspunkte zu einer förderlichen Beantwortung bietet, zur Zeit mich jedes Urtheils enthalten.

Zum Schluss komme ich noch auf die Frage zu sprechen, in welchem Verhältniss bei der Theilung die Nebenkerne zum Kerne stehen. Es ist dies ein Punkt, der mich vornehmlich zur Untersuchung der Spirochona veranlasst hat.

Fast gleichzeitig haben Engelmann[1]) und mein Bru-

[1]) Engelmann, Ueber Entwicklung und Fortpflanzung der Infusorien. Morphol. Jahrb. Bd. I, p. 630.

der [1]) die Hypothese aufgestellt, dass der bisher als Nucleus bezeichnete Kern dem weiblichen Kern der Eizelle und der früher Nucleolus genannte Nebenkern dem männlichen Kern des Spermatozoum entspreche, dass die geschlechtliche Differenzirung der Zellkerne, die sich für gewöhnlich auf zwei Zellen vertheile, sich bei den Infusorien in einer einzigen Zelle vollzogen habe. Sollte sich diese Hypothese bewahrheiten, so müssten Beobachtungen beigebracht werden, dass zeitweilig von den Nebenkernen ein Einfluss auf den Hauptkern ausgeübt werde, der den letzteren zur Theilung veranlasse, ein Einfluss, wie ihn mein Bruder für den Spermakern nachgewiesen hat.

Von genannten Gesichtspunkten geleitet, habe ich mir möglichste Gewissheit über den Verbleib der einzelnen Nebenkerne vor und während der Theilung zu verschaffen gesucht. Hierbei bin ich zu dem Resultat gelangt, dass jederzeit drei Nebenkerne vorhanden sind und dass diese sich ebenso theilen, wie der Kern selbst; dagegen habe ich keine Bilder erhalten, welche eine Einwirkung der Nebenkerne auf den Hauptkern auch nur wahrscheinlich gemacht hätten. Die Beobachtung hat somit bei der von mir beobachteten Kerntheilung der Spirochona keine Anhaltspunkte für die Auffassung gegeben, dass dieselbe durch den befruchtenden Einfluss der Nebenkerne hervorgerufen werde. Wir müssen daher die Knospung der Spirochona den auf ungeschlechtlichem Wege erfolgenden Vermehrungsweisen der Infusorien anschliessen und es zunächst als eine offene Frage behandeln, ob ausserdem noch eine durch Copulation vermittelte geschlechtliche Fortpflanzung vorkommt.

---

[1]) O. Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des thierischen Eies. Morphol. Jahrb. Bd. I, p. 387 Anm.

Mühlhausen, September 1876.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. X—XII.

Buchstabenbezeichnungen.

k Kern,
e Endscheiben des sich theilenden Kerns,
m nicht gestreiftes Mittelstück des sich theilenden Kerns,
n Nebenkerne,
n′ Nebenkerne der Knospe,
n″ Nebenkerne des Mutterthiers,
s Spiraltrichter,
c Cytostom,
f Einfaltung des Peristoms,
p Anlage des Peristoms der Knospe,
r radiäre Protoplasmafigur der Knospe,
b basale Anheftungsplatte,
R L D V rechte, linke, dorsale, ventrale Seite.

Taf. X.

(Alle Bilder sind nach Osmium-Carminpräparaten entworfen und bei Zeiss Imm. 2 Oc 2 gezeichnet.)

Fig. 1. Von der rechten Seite gesehene Spirochona; Kern von einem hinteren homogenen und vorderen körnigen Ende gebildet.
Fig. 2. Von der ventralen Seite gesehene Spirochona; Kern in der Umwandlung zur theilungsfähigen Form begriffen.
Fig. 3. Von der linken Seite gesehene Spirochona; Kern wie bei der vorhergehenden.
Fig. 4. Von der dorsalen Seite gesehene Spirochona; Kern im reifen theilungsfähigen Zustand.
Fig. 5. Frühes Stadium der Knospenbildung; Kernmasse in Umlagerung begriffen; Nebenkerne spindelförmig gestreckt; Peristom der Knospe als eine flache Ausstülpung des Peristoms des Mutterthiers erkennbar.
Fig. 6. Ein wenig späteres Stadium; Peristomanlage beginnt sich abzuschnüren; von den Nebenkernen waren nur zwei deutlich erkennbar, der dritte isolirt liegende undeutlich. Figuren 5 u. 6 von der ventralen Seite gesehen.
Fig. 7. Basale Anheftungsplatte, a) in seitlicher Ansicht, b) in der Ansicht von oben.
Fig. 8. Peristom und Spiraltrichter von oben gesehen.
Fig. 9. Peristom und Spiraltrichter auf dem optischen Querschnitt gesehen, um das Verhältniss der linken Peristomwand zum Spiraltrichter zu zeigen.
Fig. 10. Peristom einer durch häufige Wiederholung des Knospungsprocesses reducirten Spirochona. Der Spiraltrichter, unkenntlich geworden, bildet nur noch eine flache Einfaltung.

Taf. XI.

(Alle Figuren bei Zeiss Imm. 2 Oc. 2 gezeichnet.)

Fig. 1–6. Verschiedene Stadien der Knospenbildung von der rechten Seite aus gesehen, nach Carmin-Osmiumpräparaten gezeichnet.

Fig. 1. Peristomanlage in Abschnürung begriffen. Nucleolus und Kernrindenschicht beginnen in Stücke zu zerfallen; zwei Nebenkerne gestreckt und in Theilung begriffen, der dritte nicht sichtbar.

Fig. 2. Peristomanlage kurz vor der Abschnürung; die gesammte Masse des Kerns in Stücke zerfallen; Nebenkerne in Theilung begriffen.

Fig. 3. Peristomanlage vollkommen abgeschnürt. Nebenkerne getheilt in 3 der Knospe und 3 dem Mutterthier zugehörige Theile; Kern in Theilung begriffen.

Fig. 4. Peristomanlage bildet einen rechtwinkelig gebogenen wimpernden Spalt. Kern in Hantelform; auf jeder Seite 1 Paar Nebenkerne erkennbar; die dritten Nebenkerne waren nicht sichtbar.

Fig. 5. Spirochona kurz nach beendigter Kerntheilung; jeder der aus der Theilung entstandenen Tochterkerne lässt noch einen Rest des Verbindungsfadens erkennen; neben jedem derselben 3 Nebenkerne.

Fig. 6. Knospe in der Abschnürung begriffen, sitzt nur noch auf einem kleinen Stielchen fest.

Fig. 7. Kern, dessen Masse sich gleichmässig in Form einer Rinde um den Nucleolus ausgebreitet hat und einzelne amoeboide Fortsätze bildet.

Fig. 8. Kernmasse in radiäre Stücke zerfallen.

Fig. 9. Nahezu homogen gewordener Kern, an dessen Enden sich die Anhäufungen der Polsubstanz ausbilden.

Fig. 10. In Theilung begriffener Kern, der deutlich eine Sonderung in 5 Abschnitte erkennen lässt; a) nach Chromsäurebehandlung, b) ein anderes Exemplar mit Osmiumsäure behandelt ungefähr auf gleichem Stadium.

Taf. XII.

(Die Figuren theils (1–10) bei Zeiss F. Oc. 2, theils (11–17) bei Imm. 2 Oc. 2 gezeichnet.)

Fig. 1–5 und 7–9. Umbildung der abgelösten Knospe zur Spirochona, an lebenden Objecten im Zusammenhang verfolgt. Kerne und Nebenkerne nach entsprechenden mit Osmiumsäure und Carmin behandelten Entwicklungszuständen eingezeichnet.

Fig. 1. Abgelöste frei schwärmende Knospe von der Seite der wimpernden Furche aus gesehen; radiäre Protoplasmafigur und Kern weggelassen, um die Zeichnung nicht zu compliciren.

Fig. 2. Eine Knospe zur Zeit, wo sie sich festsetzt. Peristomrand lippenförmig nach aussen gewandt; a und b von verschiedenen Seiten gesehen.

Fig. 3. Eine Knospe, kurz nachdem sie sich festgesetzt hat; die wimpernde Furche beginnt sich am hinteren Ende zu schliessen.

Fig. 4. Eine Knospe, welche schon ihre aufrechte Stellung angenommen hat; Wimperfurche bis an den Rand des Peristoms geschlossen.

Fig. 5. Anlage des Spiraltrichters s.

Fig. 7—9. Weitere Ausbildung des Spiraltrichters. In Figur 7 die zarte Längsstreifung der Cuticula erkennbar, welche an allen übrigen Figuren weggelassen wurde; in Figur 9 Anlage des Cytostoms, der Speiseröhre und der ersten Vacuolen (v).

Fig. 6- 10. Zwei Knospen von Spirochonen, welche in verschiedenem Grade durch häufige Wiederholung der Knospungsprocesse zu kleinen Stümpfen reducirt sind.

Fig. 11—17. Verschiedenartige Zustände des Nucleus.

Fig. 11 u. 12. Verschiedene Stadien der Umwandlung des einfachen Nucleus in einen mit Nucleolus versehenen; Figur 11 nach Essigsäurepräparaten, Figur 12 nach Behandlung mit Carmin-Osmiumsäure gezeichnet.

Fig. 13 - 17. Veränderungen des Kerns während der Knospung an lebenden Objecten im Zusammenhang beobachtet. Fig. 13. Verschiedene Stadien aus der Zeit, in der die Kernsubstanz in beständigem amoeboiden Lagewechsel begriffen ist. Fig. 14. Kernsubstanz bildet um den Nucleolus eine gleichmässige Rindenschicht. Fig. 15. Zerfall des gesammten Kerninhalts in radiäre Stücke. Fig. 16. Erstes Auftreten der Endscheiben und Beginn der streifigen Differenzirung. Fig. 17a—g. Verschiedene aufeinanderfolgende Stadien der Kerntheilung.

Hertwig del. Verl. v. Herm. Dufft, Jena. Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: NF_4

Autor(en)/Author(s): Hertwig Wilhelm Karl Theodor Ritter von

Artikel/Article: Ueber den Bau und die Entwicklung der Spirochona gemmipara. 149-187