

(Aus dem Laboratorium der Biologischen Station zu Kossino.)

# Über die Morphologie, Cytologie und Systematik von *Ptychostomum chattoni* ROSSOLIMO.

Von

A. N. Studitsky.

(Hierzu 28 Textfiguren und Tafel 1 u. 2.)

---

Unter den Lebewesen des Darmes verschiedener Oligochäten und Mollusken nimmt die Familie *Ptychostomidae-Ladidae* in mancherlei Hinsicht eine ganz besondere Stellung ein. Diese Infusorien erscheinen als Organismen, an denen sich mit außerordentlicher Klarheit die Wege der Evolution parasitischer Infusorien verfolgen lassen, Wege, die durch die spezifische Lebensweise dieser Infusorien bestimmt werden. Die Grundmerkmale, welche diese Gruppe zu einer abgesonderten Familie abschließen, sind folgende: eine dorsal-ventral abgeflachte Körperform, die Lage des Mundapparates am hinteren Ende, das Vorhandensein eines besonderen Haftapparates, der häufig mit einem Skelett versehen ist, am vorderen Ende, die Zone der Verdauungsvakuolen im hinteren Drittel des Körpers und eine kontraktile Vakuole, die immer hinter dem Macronucleus sich befindet. Die Familie *Ladidae* wurde von C. CÉPÈDE (1910) bestimmt und enthielt ursprünglich die Gattung *Lada* mit einer einzigen Art, *Lada wrzesniowskii*, die von VEJDOWSKY (1882) aus dem Darm der Oligochäte *Phreatothrix pragensis* beschrieben wurde. Diese Art ist nach einer sehr unvollständigen und oberflächlichen Beschreibung, die von VEJDOWSKY gegeben wurde, bis zur Gegenwart von niemand weiter untersucht worden. Jedoch blieb sie in der Systematik nicht vereinzelt, da schon in den zwanziger Jahren eine Reihe von Arbeiten mit Beschreibung neuer Arten aus der Familie *Ladidae* erschienen, welche hartnäckig zur Gattung *Lada* (ROSSOLIMO, 1926; KIJENSKY, 1925; CHEISSIN, 1928) gerechnet wurden. Allein ROSSOLIMO wies in seiner Arbeit über die Gattung *Ptychostomum* (1925) auf die

große Ähnlichkeit zwischen dieser Gattung und der Gattung *Lada* hin, und hielt es für möglich, sie zu einer Gattung zu vereinigen, indem er dieser den Namen *Ptychostomum* beließ, der von STEIN, 1860 der im Darm von *Saenuris variegata* befindlichen Art *Ptychostomum saenuridis* beigelegt worden war. Die Gattung *Ptychostomum* STEIN wurde von den älteren Autoren den Gattungen aus der Familie *Microthoracina* nahegestellt, die von WRZESNIEWSKY (1870) für die Gattungen *Cinetochilum* und *Microthorax* festgestellt worden war. Als Hauptmerkmal dieser freilebenden Infusorien erscheint außer der dorsalventral abgeflachten Körperform die Lage des Mundapparates am hinteren Ende und darin das Vorhandensein einer undulierenden Membran. BÜTSCHLI (1887) vereinigt nach diesen Merkmalen in der Familie *Microthoracina*, außer den freilebenden *Cinetochilum* und *Microthorax*, auch die Gattungen *Ptychostomum* und *Ancystrum*. Denselben Weg schlägt auch SCHEWJAKOFF (1896) ein, der in diese Familie auch eine Gattung *Trichorhynchus* einschließt. Spätere Autoren jedoch entschließen sich, obgleich sie die große Ähnlichkeit dieser Gattungen hervorheben, doch nicht, sie in eine Familie zu vereinigen, und in neuester Zeit macht sich die Tendenz geltend, diese Gattungen in verschiedene Familien zu scheiden. Die Familie *Ptychostomidae* muß ROSSOLIMO (1925) zugeschrieben werden, da er zuerst mit hinreichender Klarheit den Gedanken der Aufhebung der Gattung *Lada*, zugleich mit der Familie *Ladidae* unter Hinzufügung der Arten *L. wrzesniewskii* VEJD. und *L. pygostoma* ROSS. zur Gattung *Ptychostomum* STEIN ausgesprochen hat. Zur Familie *Ptychostomidae* muß ebenfalls die Gattung *Ladopsis* gerechnet werden, die von CHEISSIN (1928) mit den Arten *Ladopsis benedictiae* CHEISSIN und *L. bithyniae*, die kürzlich von FR. NIKOLAEFF (1929) beschrieben worden ist.

Die Gattung *Ptychostomum* umfaßt gegenwärtig zehn Arten:

Art	Wirt	Autor
1. <i>Pt. saenuridis</i>	<i>Saenuris variegata</i> und <i>Tubifex rivulorum</i>	STEIN, 1860
2. <i>Pt. (Lada) wrzesniewskii</i>	<i>Phreatothrix oragensis</i>	VEJDOVSKY, 1882
3. <i>Pt. (Lada) pygostomum</i>	<i>Peloscolex lamprodrilus</i> , <i>Inflatus satyricus</i> , <i>Lumbriculidae</i>	ROSSOLIMO, 1926
4. <i>Pt. chattoni</i>	<i>Lumbriculus variegatus</i>	ROSSOLIMO, 1925
<i>Lada vej dovskii</i>	" "	KIJENSKY, 1925
5. <i>Pt. (Lada) issum</i>	<i>Taupodrilus coccineus</i> , <i>Tubifex tubifex</i>	" "

Art	Wirt	Autor
6. <i>Pt. (Lada) tanishi</i>	<i>Viviparus japonicus</i>	MIYASHITA, 1927
7. <i>Pt. (Lada) elongatum</i>	<i>Lamprodrilus ammo- phagus</i>	CHEISSIN, 1928
8. <i>Pt. (Lada) baicalensis</i>	<i>Lumbriculidae</i>	" "
9. <i>Pt. (Lada) asymmetricum</i>	<i>Clitellis multispinus</i>	" "
10. <i>Pt. rossolimoii</i>	<i>Limnodrilus newaensis</i>	STUDITSKY, 1930

Das Thema der Arbeit über *Pt. chattoni* Ross. wurde mir während meines Aufenthaltes an der Biologischen Station Kossino im Sommer 1928 von dem Direktor der Station L. L. ROSSOLIMO vorgeschlagen. Ihn interessierte hauptsächlich die Teilungsart dieses Infusoriums, in dem er Züge einer Annäherung an die Knospung erkannte. Indem ich mich der Erforschung dieses Prozesses zuwandte, konstatierte ich eine Reihe interessanter morphologischer Besonderheiten bei diesem Infusorium, welche einerseits meine früheren Beobachtungen an Infusorien bestätigten und andererseits mir gestatteten, einige Betrachtungen über die Evolution der Gattung *Ptychostomum* anzustellen. Diesen Untersuchungen ist vorliegende Arbeit gewidmet.

*Pt. chattoni* ist von ROSSOLIMO (1925) beschrieben worden, der bei diesem Ciliaten Merkmale einer für die Gattung typischen Organisation feststellte und als Artbesonderheit, außer der Form und Körpergröße einen eigentümlich gebauten mit Skelettsystem versehenen Saugnapf beobachtete. Eine im allgemeinen Abriß über die Gattung *Ptychostomum* angeführte Beschreibung leidet unter einiger Unvollständigkeit, da darin nur die zugrunde liegenden Ergebnisse angeführt sind. Mir gelang es, bei eingehender Untersuchung eine ganze Reihe neuer morphologischer Details in ihrer Organisation zu entdecken. Allein in dem Grade, wie ich meine Untersuchungen vertiefte und erweiterte, war ich bemüht aus der ganzen Fülle der Einzelheiten die mir als wesentlich erscheinenden Merkmale hervorzuheben.

### Material und Technik der Untersuchung.

Die Ausführung meiner Arbeit fällt in die Sommerperioden der Jahre 1928 und 1929 und wurde an der Biologischen Station zu Kossino vorgenommen. Das Material wurde in Pfützen und Kanälen in der Umgegend der Station gesammelt. *Pt. chattoni* lebt im Darm von *Lumbriculus variegatus* GRUBE, der in vielen Gewässern der Seen von Kossino angetroffen wird. Die Infektion

variiert bedeutend, indem sie in manchen Gewässern bis zu 90 Proz. steigt, und in anderen bis auf 0 Proz. sinkt. Die Infusorien werden in dem Wirtstiere in der Zahl von 1—2 bis 20 Exemplaren angetroffen. Das Material wurde mit den Flüssigkeiten SCHAUDINN, CARNOY, BOUIN, CHAMPY, BENDA u. a. fixiert und in toto hauptsächlich mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN, Safranin u. a. gefärbt. Auf die Schnitte wurde außerdem die Färbung nach MALLORY, ALTMANN-KULL u. a. angewandt. Von spezifischen Methoden wandte ich FEULGEN'S Reaktiv auf Thymonucleinsäure an, Safranin-Tannin nach FISCHER auf Glykogen, Sudan III auf Fett, Kalium hypermanganicum nach UNNA an dem Orte der Sauerstoffreaktion an, Plasmareaktion, Färbung der pelliculären Strukturen nach GELEI u. a.

### Allgemeine Morphologie.

Eine allgemeine Beschreibung von *Pt. chattoni* ist von ROSSOLIMO in seiner Arbeit über die Gattung *Ptychostomum* (1925) gegeben. Aus seiner Abbildung erhellt seine Vorstellung von der allgemeinen Organisation dieses Tieres (Textfig. 1). Meine Befunde ergänzen seine Charakteristik und verändern sie in manchen Einzelheiten. In den speziellen Abschnitten meiner Arbeit werde ich diese Einzelheiten streifen. Die Körperform von *Pt. chattoni* ist etwas asymmetrisch, erinnert an ein Dreieck mit stark abgerundeten Ecken. In dorsalventraler Richtung ist der Körper abgeflacht. Die hintere Oberfläche ist gewölbt, die Bauchoberfläche etwas ausgehöhlt. Die Körperansicht an der ventralen Seite gibt eine falsche Vorstellung von der allgemeinen Körperform. Bei seitlicher Betrachtung sieht man, daß die Dorsaloberflächenlinie eine Wölbung an den Stellen bildet, wo sich der Kern und die Zone der Verdauungsvakuolen befinden (Textfig. 2). Im Oberteile wird der Körper flach und der Saugnapf ist stark vorgewölbt, indem er einen lippenförmigen Fortsatz bildet, der eine Hufeisenform hat, dessen Enden über die Körperoberfläche hervorragen. Die Ausmaße und die Körperform sind starken Schwankungen unterworfen, was mit der Teilungsart dieses Infusoriums in Zusammenhang gebracht werden muß. Als Teilungsergebnisse erscheinen zwei an Form und Größe verschiedene Individuen, von denen das vordere etwas größer und breiter ist als das hintere. Im Verlaufe des individuellen Lebens macht das hintere Individuum augenscheinlich ein stärkeres Wachstum durch als das vordere, solange es nicht eine Größe erreicht, die dem sich teilenden Tiere gemäß ist. Die mittleren

Körperausmaße von *Pt. chattoni* schwanken von 130  $\mu$  bis zu 200  $\mu$  in der Länge und von 60  $\mu$  bis 90  $\mu$  in der Breite.

Der Körper von *Pt. chattoni* ist mit langen Wimpern dicht bedeckt, die in dichten Reihen längs des Körpers des Tieres sich hinziehen und am vorderen Ende wie auch am verdichteten Pelliculärrande, der sich um den Saugnapf herumzieht, zusammen treffen. ROSSOLIMO (l. c.) weist nach, daß der Boden des Saugnapfes nicht mit Wimpern bedeckt ist. Jedoch sieht man auf Sagittal-

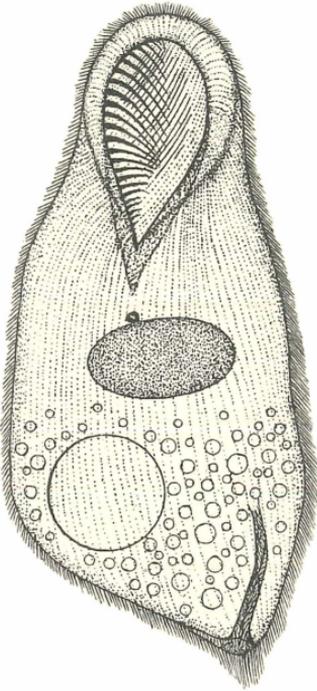


Fig. 1. *Ptychostomum chattoni* nach ROSSOLIMO. Allgemeinansicht von der ventralen Seite.

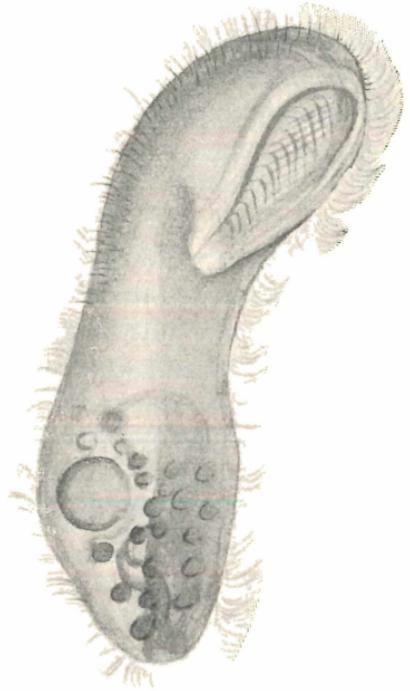


Fig. 2. *Pt. chattoni*. Gesamtansicht von rechts.

schnitten, daß an der Medianlinie des Saugnapfes in einigen Reihen sich recht lange Wimpern lagern. Bei den Details der Pelliculärstrukturen verweile ich nicht, da ich diese für überflüssige morphologische Einzelheiten halte. Die Färbung mit Toluidinblau nach GELEI hat gezeigt, daß die Basalkörperchen in regelmäßigen Reihen über den ganzen Körper verteilt sind.

Die pulsierende Vakuole ist immer streng lokalisiert und liegt im hinteren Drittel des Körpers an der rechten Seite. Ihre Kontraktion zu beobachten gelang mir augenscheinlich deshalb nicht, weil *Pt. chattoni* sogleich, nachdem man ihn in einem Tropfen

Wasser genommen hat, infolge der Hypotonie des Milieus sich pathologisch zu verändern beginnt, ihre Vakuole vergrößert sich stark im Umfang, indem sie manchmal den ganzen Körper einnimmt und dessen Form stark verändert.

Am hinteren Körperende, an der linken Seite ist der Mundapparat gelegen. Er besteht aus dem Peristom, das eine Furche bildet, welche von links nach rechts am hinteren Körperende verläuft und unmittelbar in das Cytostom übergeht. Dieser Bezirk ist mit Wimpern dicht bedeckt. Der Cytopharynx ist mit einer undulierenden Membran versehen, welche sich spiral über ihre innere Fläche (Textfig. 3) hinzieht. Die cytoplasmatische Untersuchung der

Einschlüsse führte zu folgenden Ergebnissen. Das Plasma von *Pt. chattoni* ist reich an Fett und Glykogen. Im hinteren Drittel des Körpers befindet sich eine Zone von Vakuolen, welche für Verdauungsvakuolen gehalten werden können. Unter den Formeinschlüssen des Plasmas sind häufig vorkommende stäbchenartige Bildungen, welche offenbar äußerst typische Bakterien darstellen, anzutreffen.

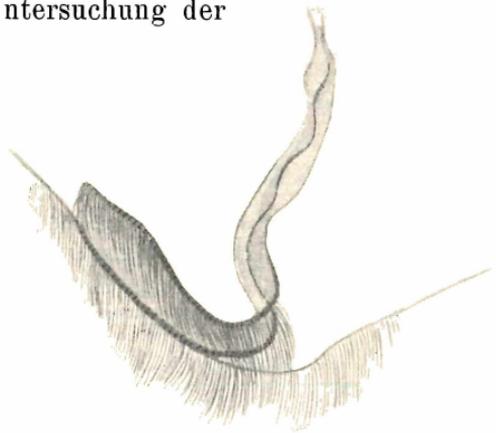


Fig. 3. Mundapparat, Rückenansicht, Fixation nach SCHAUDINN, Färbung mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN. Vergr. Apochr. REICHERT 2 mm. Comp. Oc. 6.

In der Fett- und Glykogenverteilung habe ich die höchst wesentliche Tatsache ihrer Lokalisation an bestimmten Körperteilen beobachtet. Das neutrale Fett, das mit Osmium geschwärzt und mit Sudan III gefärbt ist, lagert sich in Gestalt größerer und kleinerer Tropfen gewöhnlich im Überkernegebiete und konzentriert sich besonders in der linken Körperhälfte, indem er zum Zentrum der Verteilung den Kreuzungspunkt der Linien der größten Länge und Breite des Tieres hat (Taf. 1 Fig. 1 u. 2). Das Fett stammt zweifellos aus den Verdauungsvakuolen, da Sudan III öfters den von ihnen verschluckten Fettinhalt färbt. Das Glykogen verteilt sich gleichmäßiger, indem es die ganze Überkernzone und einen Teil der Unterkernzone einnimmt (Taf. 1 Fig. 4 u. 5).

Eine solche Wechselbeziehung in der Fett- und Glykogenverteilung rief natürlicherweise Betrachtungen über die Bedeutung dieser Einschlüsse für Oxydierungsprozesse hervor. Nach Analogie mit anderen parasitischen Tieren, bei denen als Oxydierungsstoff und Sauerstofflieferant Glykogen figuriert, läßt es sich auch hier erwarten, daß an den Fundstellen des Glykogens sich ein Überfluß an Sauerstoff befindet, an den Lokalisationsstellen des Fettes hingegen fehlt dieses infolge des starken Verbrauches. UNNA-Reaktion auf die Stellen der Sauerstoffreduktion mittels  $KMnO$  weist tatsächlich darauf hin, daß der maximale Sauerstoffverbrauch auf die Lokalisationsstellen des Fettes fällt (Taf. 2 Fig. 6). Allein die in neuester Zeit angezweifelte Bedeutung der UNNA-Reaktion zwingt uns diese Resultate mit großer Vorsicht aufzunehmen.

Die im hinteren Körperdrittel gelegenen Verdauungsvakuolen bilden die Hauptquelle der Ernährung von *Pt. chattoni*. Ihre Nahrung besteht hauptsächlich aus Fetttropfen, die in dem Darm des Wirtes im Überfluß vorhanden sind. Die Resorption der Nahrung erfolgt augenscheinlich restlos, da eine Defäkation von mir nicht beobachtet wurde. Die Verdauungsvakuolen färben sich vital charakteristisch mit Neutralrot. An biologischen Einzelheiten habe ich nur wenig beobachten können. Die Bewegungen von *Pt. chattoni* sind sehr schnell, aber außerordentlich gleichmäßig, was den meisten parasitischen Infusorien eigen ist. Bei der Bewegung im Tropfen dreht es sich wie ein Uhrzeiger um die Körperachse. Ein charakteristischer Typus der Bewegung ist mit dem Anhaften des Tieres mittels des Saugnapfes an die Haut der Oberflächenspannung verbunden. Bei Betrachtung des Infusoriums unter dem Deckglase kann man sehen, wie es am Glase mittels des Saugnapfes haftet. Diese Anhaftung ist so stark, daß sogar ein starker Strahl aus der Pipette das Tier nicht abspült, sondern es nur stark ausdehnt.

Versuche, das Tier in hängenden Tropfen und im Uhrglase, in Eiweißlösung und der Flüssigkeit eines zerdrückten Wurmes zu halten, ergaben negative Resultate. Die sich teilenden Tiere, die ich auf diese Weise verpflanzte, wurden in ihren Lebensprozessen ganz bedeutend gehemmt, d. h. die Teilung hörte auf und die Tiere gingen in 12—20 Stunden ein.

### Der Kernapparat.

Das Problem des Dualismus des Kernapparates der Infusorien befindet sich gegenwärtig in jenem Stadium, wo die alten spekulativen Theorien ihre Geltung als Arbeitstheorien eingebüßt haben,

neue aber, die auch den gegenwärtigen Befunden über den Bau der Infusorienkerne und den methodologischen Ansprüchen genügen würden, von der Wissenschaft noch nicht geschaffen sind. Die gegenwärtige protistologische Literatur überrascht durch die Mannigfaltigkeit der Theorien von der morphologischen und physiologischen Bedeutung der Zweikernigkeit der Infusorien. In jüngster Zeit erregt der Macronucleus besondere Aufmerksamkeit. In den diesem Organoiden gewidmeten Arbeiten trifft man die allerverschiedenartigsten Deutungen, angefangen von der potentialen Unsterblichkeit des Macronucleus (WOODRUFF und SPENCER) und endend mit seiner Behandlung als eines pathologischen und degenerativen Organs (IVANIČ). Die genaue innere Struktur des Macronucleus ist in neuester Zeit sorgfältigen Untersuchungen unterzogen worden, die in einer Reihe von Arbeiten (REICHENOW, KASANZEW, 1928, CALKINS, 1930), die dieser Frage gewidmet sind, veröffentlicht wurden. Das Interesse für den Macronucleus hat sich noch dank dem vertieft, daß die letzten Untersuchungen in vielen für die Klasse typisch geltenden Kernapparaten Prozesse entdeckt haben, deren Komplizität auf eine noch unbekannt morphologische Bedeutung des Macronucleus hinweist (IVANIČ, 1928, ROSSOLIMO und JAKIMOWITSCH, 1929, STUDITSKY, 1930).

Eine flüchtige Übersicht der Literatur weist darauf hin, daß der gegenwärtige Stand der Frage derartig ist, daß eine fernere Untersuchung nur dann fruchtbringend sein kann, wenn alle alten Ergebnisse über den Kern der Infusorien im Lichte der neuesten Technik der Untersuchungsmethoden geprüft werden. Ich denke dabei hauptsächlich an die differentiale Untersuchung der Nucleolär- und Chromatinsubstanz des Macronucleus, eine Untersuchung, die gegenwärtig einen besonderen Sinn erhält, in Verbindung mit dem Eindringen der Reaktion auf Thymonucleinsäure nach FEULGEN in die protistologische Technik. In der Tat, vor der Anwendung, von FEULGEN'S Technik verstand man unter Chromatinstoffen — Mitose mit Chromosombildung — die allerverschiedenartigsten Stoffe. Eine genaue Untersuchung zeigte den wirklichen Gehalt des Macronucleus und gestattete dessen Analyse. So erscheint die Gegenwart als eine Epoche der Durchsicht und Kritik der alten Anschauungen. Welches sind die neuen Befunde bezüglich des Macronucleus der Infusorien? Die alte Charakteristik des Macronucleus, die noch von SCHAUDINN'S Zeiten her Geltung hatte und die den Macronucleus als Organ des vegetativen Lebens auffaßte im Gegensatz zum Micronucleus, hatte ihren Abdruck auf alle folgenden dieser Frage gewidmeten Arbeiten

gelegt. In den meisten Arbeiten, die in dem ersten Jahrzehnte des zwanzigsten Jahrhunderts erschienen, kann man die Erweiterung und Vertiefung dieser Ansicht ohne irgendeinen ernstesten Anlauf zur Kritik finden. Die Hauptursache dazu war zweifellos der Einfluß der glänzenden Theorie WEISMANN's, demzufolge als Hauptmerkmal des Kernes seine Teilung unter Bildung von Chromosomen erschien, d. h. eine Deutung des Kernes als des einzigen Trägers der erblichen Substanz. Der Macronucleus, in dem man keine Anzeichen der Mitose finden konnte, galt als Organ, das mit dem Micronucleus nur durch gemeinsame Abstammung verbunden ist, d. h. es ließen sich in ihm keine Spuren des Kernes entdecken. ENRIQUES (1912) behandelt auf Grund seiner Hungerexperimente den Macronucleus als Sekretionsorgan der Nahrungsstätte. Die Münchner Schule hielt ihn für ein Homologon der vegetativen Chromidien. Im System HARTMANN-PROWAZEK endlich findet der Macronucleus gar keinen Platz, da die Autoren beide Teile des Kernapparates, den kinetischen wie den generativen im Micronucleus vorfinden.

Die Ansammlung des Materials jedoch, das mit der allgemeinen Vorstellung vom Bau des Kernapparates der Infusorien nicht übereinstimmt, veranlaßte manche Forscher, SCHAUDINN's Theorie mit großer Vorsicht aufzunehmen. So hält SWARTSCHEWSKI (1912) es schon nicht mehr für möglich, den Stoff des Macronucleus von demjenigen des Micronucleus schroff zu trennen. Nach seiner Meinung ist die Zweikernigkeit der Infusorien eine partielle Anpassung, die darin besteht, daß ein Teil des Kernstoffes, der mit vegetativen Funktionen verbunden ist, chemischen Veränderungen (der Macronucleus) unterworfen ist, während der andere (der Micronucleus) unverändert bleibt und die generative Substanz bewahrt. Der Stoff des Macronucleus ist nach SWARTSCHEWSKI's Meinung auch zu entgegengesetzten Veränderungen fähig. Im allgemeinen zeichnet sich die Periode nach SCHAUDINN durch die geringe Zahl ernst zu nehmender Hypothesen über die Bedeutung des Macronucleus und den Sinn der zweikernigen Infusorien überhaupt aus.

Die Arbeiten in den zwanziger Jahren des laufenden Jahrhunderts haben die ganze Auffassung der Frage verändert. Die Entwicklung der Experimentalmethode und ihr Eindringen in die Protistologie zwingt uns, die alten Gesichtspunkte, die sich hauptsächlich auf nebelhafte Analogien mit Metazoa und willkürlichen Deutungen mikroskopischer Bilder schützen, von Grund aus zu ändern.

Es ist eine Reihe Arbeiten erschienen, deren Autoren sich bemühen, ihre Ansichten über die Natur des Kernapparates der Infu-

sorien experimental zu begründen. Die auf experimentalem Wege erhaltenen Infusorienstämme, die ohne Micronucleus sind, haben die Auffassung des Macronucleus als eines Organoides von allumfassender Bedeutung bestätigt. Ein besonderes Interesse bieten die Experimente WOODRUFF'S und SPENCER'S am *Spathidium*, die mehr als 600 Generationen erzielten, die alle ohne Mikronucleus waren, was ihnen gestattete, von „potenzieller Unsterblichkeit des Macronucleus“ zu reden.

Eine andere Serie von Arbeiten über der Kernapparat der Infusorien, die allen spekulativen Theorien ein Ende machten, enthält die Resultate der Anwendung genauer mikroskopischer Methoden für die differenziale Untersuchung der Kernsubstanzen. Auf diesem Gebiete ergab die interessantesten Resultate die Anwendung der Technik FEULGEN'S, durch welche der Nachweis erbracht wurde, daß nach dem Merkmal des Vorhandenseins von Thymonucleinsäure der Macronucleus als Kern erscheint (REICHENOW). Interessante Ergebnisse erzielte KASANZEW durch die Untersuchung der Nucleolärsubstanzen des Macronucleus. Er fand, daß bei jenen Infusorienarten, welche von ihm einer Untersuchung unterworfen worden waren, die Zahl der Nucleolen ganz bedeutend variere, wobei in manchen Stadien die Nucleolärsubstanz ganz fehle, woraus er auf ihre geringe Bedeutung für das Leben der Infusorien schloß. Ich wünsche nicht, seine Folgerungen einer Kritik zu unterwerfen, sondern ich will nur bemerken, daß sie zu übereilt erscheinen, um hinreichend überzeugen zu können. Das Verhalten der Nucleolärsubstanz während des Lebenskreises des Infusoriums hatte schon lange die Aufmerksamkeit der Protistologen auf sich gezogen (AWERINZEW, KASANZEW), aber erst in den letzten Jahren ist es möglich geworden, einige Gesetzmäßigkeit zu konstatieren (KIJENSKY, 1925, KASANZEW, 1928, STUDITSKY, 1930). Weiterhin werde ich länger dabei verweilen.

Eine dritte Reihe neuer Arbeiten über den Infusorienkern bilden endlich Beschreibungen morphologischer Prozesse, welche die Auffassung des Macronucleus als eines äußerst einfach organisierten Körpers, der sich amitotisch teilt und dem überhaupt die Merkmale eines echten Kernes fehlen, ablehnen. Erstens sind Beschreibungen von Infusorien erschienen, in deren Kernapparate dualistische Elemente fehlen (*Stephanopogon Mesnili* LWOFF), zweitens begann man in der Teilung des Macronucleus Merkmale primitiver Mitose anzutreffen (IVANIČ), und endlich fanden sich Infusorien mit Macronucleusen, die sich mitotisch teilen (ROSSOLIMO und JAKIMOWITSCH, 1929).

Ganz für sich stehen die oben erwähnten Forschungen IVANIČ, in denen der Autor zu der Auffassung des Macronucleus als eines

pathologischen und degenerativen Organes gelangt, der eine unbedeutende Rolle im Leben der Zelle spielt.

Das ist der gegenwärtige Stand des Problems vom Macronucleus der Infusorien. Ich wende mich der Darlegung eigener Beobachtungen zu.

Der Macronucleus von *Pt. chattoni* stellt einen der Form nach ziemlich konstanten ellipsoiden Körper dar, der an einer Körperstelle des Infusoriums unterhalb der Medianlinie lokalisiert und dergestalt gelagert ist, daß seine Längsachse perpendicular zum Tierkörper gelegen ist. Seine Größe variiert bedeutend im Zusammenhange mit

der ungleichmäßigen Teilungsart. Die Länge schwankt zwischen 30 und 36, die Breite zwischen 15—30  $\mu$ .

In der Struktur des Kernapparates von *Pt. chattoni* erscheint als interessante Eigentümlichkeit, daß bei Anwendung einer gewöhnlichen Untersuchungstechnik typische Teile eines normalen Infusorienkernapparates sich nicht auffinden lassen. Soviel sich nach der Literatur urteilen läßt (REICHENOW, KASANZEW, ZINGER), und nach eigenen Beobachtungen, erscheint für den Micronucleus der Infusorien durchaus charakteristisch FEULGEN'S Reaktion, die

in allen Fällen positive Resultate ergibt. Jedoch ist es mir nicht gelungen, in einem der Stadien des Lebenscyclus von *Pt. chattoni* nach FEULGEN'S positiver Reaktion eine analoge Bildung anzutreffen. Alle meine Befunde in Betreff des Micronucleus *Pt. chattoni*, die durch das verworrene Verhalten der Kernstrukturen während der Teilung stark verdunkelt sind, haben daher ihr wesentlichstes Kriterium eingebüßt.

In normalem Zustande ist der Kernapparat von *Pt. chattoni* durch den Macronucleus vertreten, wobei manchmal ein oder zwei abgerundete, intensiv sich färbende meistens fern vom Kern gelagerte Körperchen vorhanden sind (Textfig. 4).

Die Struktur des Macronucleus wird in diesem Stadium durch eine bedeutende Qualität abgerundeter, der Größe nach ziemlich

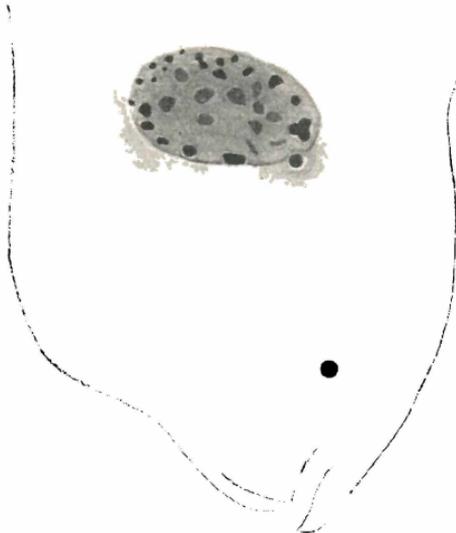


Fig. 4. Kernapparat, Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 3.

bedeutender nach HEIDENHAIN sich intensiv färbender Nucleolen dargestellt. Die Färbung mit Eisenhämatoxylin nach FEULGEN'S Reaktion weist die erwähnten micronucleusartigen Körperchen auf, die nach FEULGEN eine negative Reaktion (Taf. 2 Fig. 7 u. 8) ergeben.

Die Struktur des Macronucleus bei verschiedenen Individuen erforschend, konstatierte ich, daß die nucleoläre Substanz in ihrer Entwicklung eine Reihe Stadien durchläuft, die im ganzen das bilden, was ich einen „nucleolären Cyclus“ nenne. Während der Annäherung des Teilungsmomentes beginnt die Struktur des Macronucleus eine kompliziertere Gestalt als in normalem Zustande anzunehmen. Die Nucleolen verlängern sich, dehnen sich, haben eine hantelförmige der Ziffer 8 ähnliche Gestalt und weisen einen quantitativen Vermehrungsprozeß auf (Textfig. 5 u. 8). Die Ausmaße des Macronucleus vergrößern sich hauptsächlich in die Breite. Die Vermehrung der Nucleolen schreitet weiter fort. An Stelle jedes Nucleolus bilden sich im hellen Felde seines Hofes schon in zwei, drei und mehr Teile zerfallende Nucleolen die miteinander durch feine sich schwach färbende Fäden zusammenhängen (Textfig. 7). Jeder sich teilende Tochternucleolus teilt sich seinerseits, indem er zwei bis drei hantelförmige Figuren bildet, die in einem Felde liegen (Textfig. 8). Schließlich nimmt die Trennung der Nucleolen einen ganz ungeordneten Charakter an. Dutzende von kleinen Nucleolen, die durch achromatische Fäden verbunden sind, bilden ganze Trauben von durchaus unbestimmter Form (Textfig. 9). FEULGEN'S Reaktion weist in diesem Stadium eine Verteilung von Chromatin in Gestalt von Körnchen über den ganzen Kern hin auf, mit Ausnahme jener Felder, in denen sich nucleoläre Prozesse (Taf. 2 Fig. 9 u. 10) abspielen. Der Teilungsprozeß der Nucleolen wird durch die Bildung großer Aufspeicherungen kleinster Granula der nucleolären Substanz abgeschlossen, welche sich darauf über den ganzen Kern verteilt (Textfig. 10). Dieser Moment fällt mit dem Beginn der Teilung des Macronucleus und des Infusorium selbst zusammen. Anfangs sieht man noch im Macronucleus die Reste der Achromatinfäden, durch welche die Nucleolen verbunden sind. Darauf verschwinden sie und der Kern erscheint gleichmäßig ausgefüllt mit feinen Körnchen. Durch FEULGEN'S Reaktion tritt in diesem Stadium die gleichmäßige Chromatinverteilung und das vollständige Verschwinden der hellen Nucleolärfelder (Taf. 2 Fig. 11) hervor. Bei Teilung



Fig. 5. Kernapparat im Anfangsstadium des nucleolären Cykels. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 3.

des Macronucleus läßt sich einige Gesetzmäßigkeit in Verteilung der nucleolären Körnchen beobachten, die Granula sammeln sich in parallelen Reihen zur Teilungsachse des Kernes (Fig. 14). Doch dürfte man dieser Erscheinung kaum eine absolute Bedeutung zuschreiben.

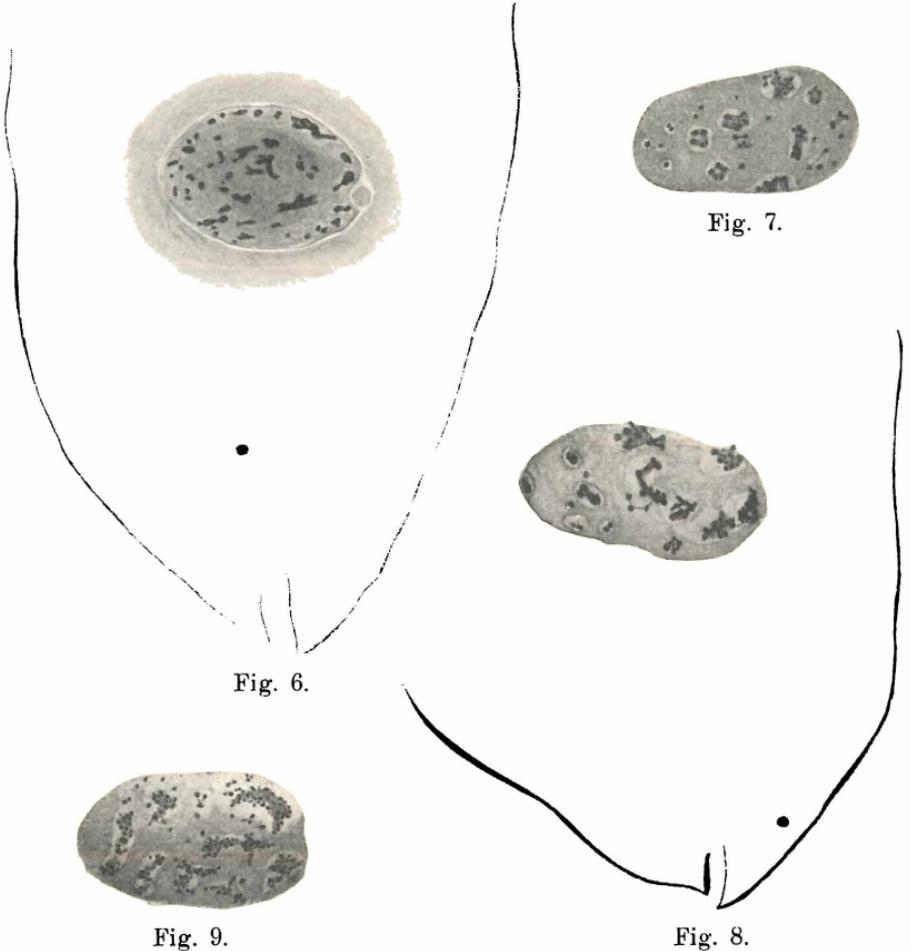


Fig. 6—9. Kernapparat. Aufeinanderfolgende Stadien des nucleolären Cykels. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 3.

Nach Teilung des Macronucleus beginnt gegen das Ende des ganzen Teilungsprozesses hin der Rekonstruktionsprozeß der Nucleolen. Augenscheinlich bilden sie sich auf dem Wege der Verschmelzung der kleinen Granula auf solche Weise, daß die schon gebildeten Individuen einen Macronucleus mit normalem Typus der Struktur besitzen.

Solcher Art ist das Schema der nucleolären Veränderungen im Macronucleus von *Pt. chattoni* im Laufe jenes Teiles seines Lebens-

cyclus, der mit der Teilung zusammenhängt. Die Prozesse sind den von mir in den Kernen von *Dileptus gigas* St. (1930) beschriebenen analogen Prozessen äußerst ähnlich. Bei diesem Infusorium ist die Periode der energischen Verteilungsprozesse mit der gesteigerten Vermehrung der Nucleolen in den Kernen verbunden, wobei die nucleolären Prozesse mit solchen bei *Pt. chattoni* sehr ähnlich sind. Es ist möglich, daß künftige Forschungen eine weitere Verbreitung der nucleolären Cyclen unter den Infusorien aufweisen werden. Ihr Antreffen bei zwei so verschiedenen Infusorien, als welche *Dileptus gigas* und *Pt. chattoni* erscheinen, spricht in jedem Falle zugunsten dieser Annahme.

Was jedoch die Bedeutung der Nucleolärprozesse bei der Teilung der Infusorien anbetrifft, so scheint mir, daß die wahrscheinliche Erklärung die maximale gleichmäßige Verteilung der nucleolären Substanz in zwei Tochterindividuen ist. Das spricht jedenfalls dafür, daß der von KASANZEW unterstützte

Gesichtspunkt MOROFF'S von der geringen Bedeutung der nucleolären Substanz wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat. Das Vorhandensein nucleolärer Cyclen in der Entwicklung des Macronucleus weist darauf hin, daß die scheinbare Einfachheit der Organisation des Macronucleus in der Tat die Folge der Nichtbeachtung dieses Organoids ist. Ich halte für notwendig darauf hinzuweisen, daß eine fernere Erforschung des Macronucleus der Infusorien zweifellos unter Anwendung der gehörigen Technik nicht nur auf den genauen Sinn und die Bedeutung der von mir beschriebenen Prozesse hinweist, sondern auch auf die allgemeine Bedeutung des Macronucleus.

Gehen wir zur Beschreibung der micronucleusartigen Strukturen im Kernapparate der *Pt. chattoni* über. Im vegetativen Zustande

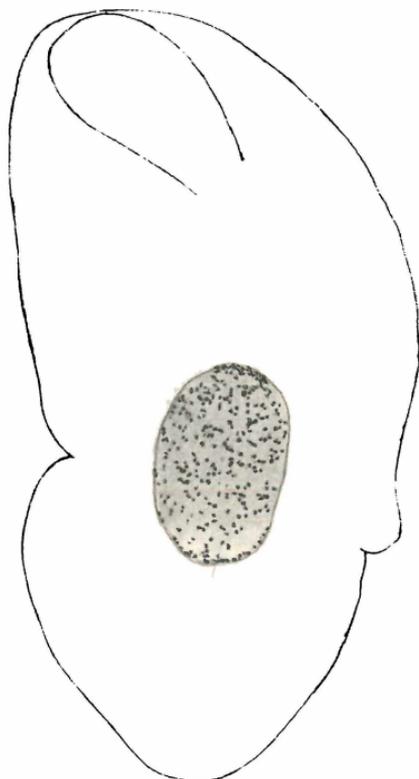


Fig. 10. Macronucleus im Anfangsstadium der Teilung. Gleichmäßige Verteilung der Nucleolärsubstanz. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 3.

erscheinen als einzige micronucleusartige Bildungen die oben beschriebenen Körperchen, welche in der Anzahl 1 und 2 manchmal im Infusorienkörper angetroffen werden (Textfig. 4, 6 u. 8). Sie färben sich intensiv mit Eisenhämatoxylin HEIDENHAIN, ergeben aber nach FEULGEN eine negative Reaktion. Bei Teilung des Macronucleus jedoch erscheinen Strukturen, die schwerlich für etwas

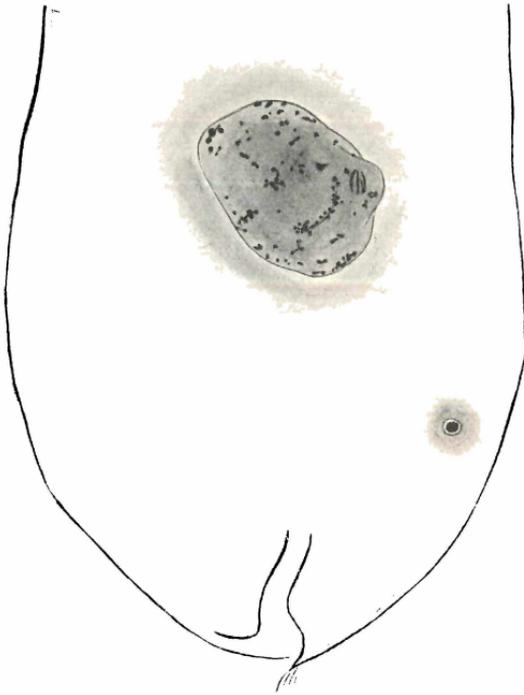


Fig. 11.

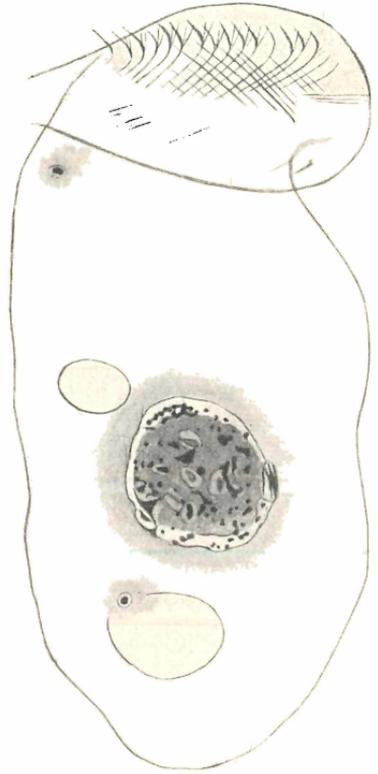


Fig. 12.

Fig. 11 u. 12. Teilung des Micronucleus. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 3.

anderes zu halten sind, als typisch mitotische Figuren, wie sie dem Micronucleus eigen sind. Im Beginn der Teilung, wenn der Macronucleus noch keine Stränge hat, differenziert sich an der Oberfläche des Macronucleus eine oblonge Bildung mit in die Länge gehenden Fäden, das charakteristische Stadium der frühen Prophasis des Micronucleus, die an eine solche bei *Plagyotoma lumbrici*, wie sie bei PERTZEWA beschrieben ist (1929), erinnert. Nach meinen Präparaten konnte ich ihrer geringen Zahl wegen nicht beurteilen, ob der sich teilende Micronucleus im Innern oder außerhalb des Macronucleus

sich befindet, jedenfalls aber läßt sich von ihrem äußerst engen Zusammenhang reden (Textfig. 11 u. 12).

Das folgende von mir gefundene Stadium ist der Abgang einer der Hälften des sich teilenden Micronucleus vom Macronucleus. Dieser Prozeß erfolgt in einem ziemlich späten Teilungsstadium des Macronucleus, wenn der letztere stark verlängert ist und eine Abschnürung erfährt. Die abgeteilte Hälfte des Micronucleus geht vom Macronucleus ab, indem er eine Spur in Gestalt achromatischer Fäden hinterläßt und bei der Teilung des Tieres augenscheinlich mechanisch in eines der Tochterindividuen übergeht (Textfig. 13 u. 14). Jedoch erwirbt diese Hälfte eine solche Ähnlichkeit mit den

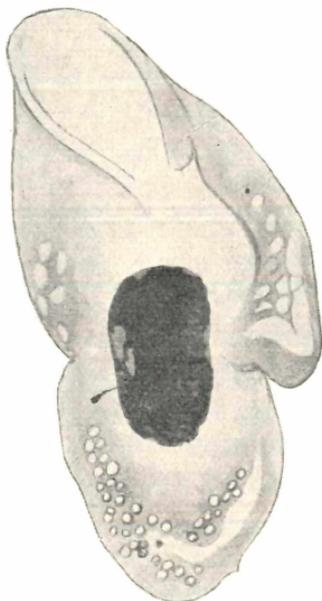


Fig. 13.

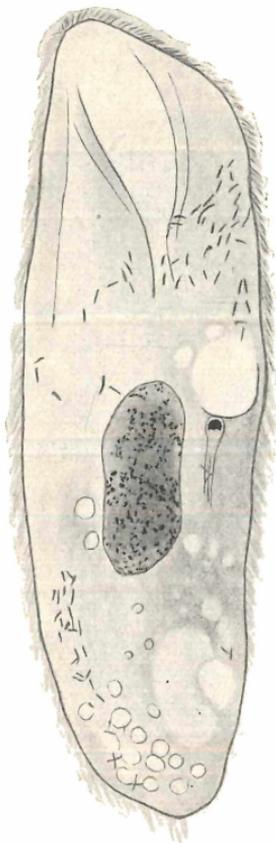


Fig. 14.

Fig. 13 u. 14. Abgang der einen Hälfte des geteilten Micronucleus vom Macronucleus. Fixation und Färbung wie Fig. 3. Vergr. Apochr. REICHERT 2 mm. Comp. Oc. 4.

oben beschriebenen micronucleusartigen Körperchen, daß es unmöglich ist, sie in späteren Stadien zu unterscheiden (Textfig. 15, 16 u. 17). Was die zweite Hälfte des Micronucleus betrifft, die mit dem Macronucleus verbunden bleibt, so ist es mir trotz des bedeutenden Materials in späteren Teilungsstadien nicht gelungen, seine Spuren weder in der oberen noch in der unteren Hälfte des geteilten Macronucleus

zu finden. In keinem dieser Stadien hat FEULGEN'S Reaktion positivere Resultate ergeben (Taf. 2 Fig. 11 u. 12).

Während der Teilung ist es mir nicht gelungen, in den Micro-nucleuskörperchen, wenn sie vorhanden waren, irgendwelche aktive Prozesse zu beobachten.

Die erhaltenen Resultate bewogen mich, einem Vergleich mit anderen Arten dieser Gattung mich zuzuwenden. Die Erforschung

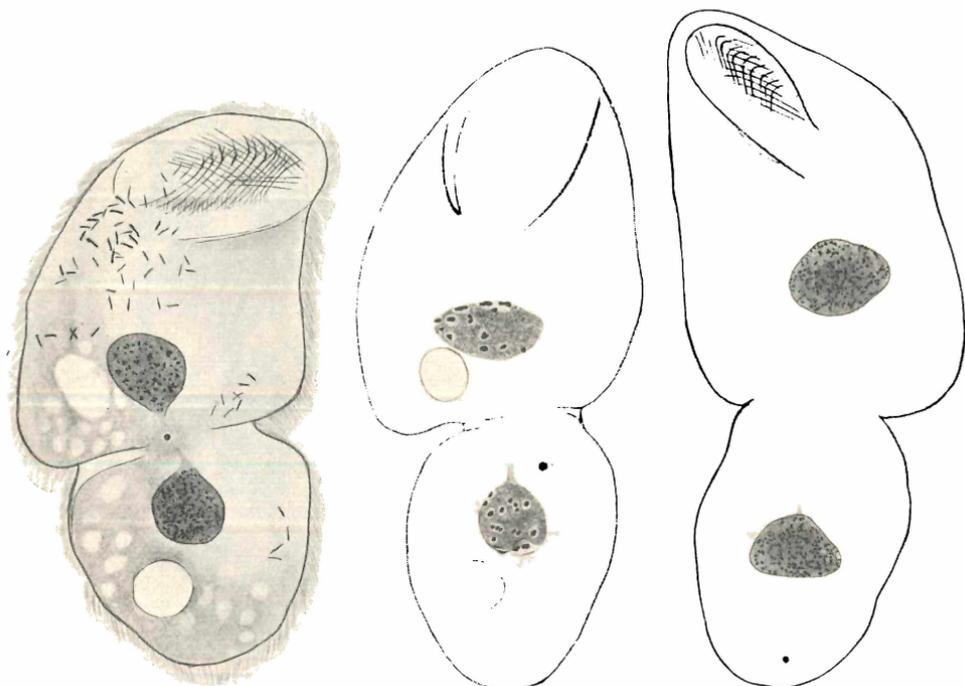


Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 15—17. Aufeinanderfolgende Teilungsstadien des Macronucleus. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 13.

des Kernapparates der *Pt. saenuridis* zeigte mir, daß die Struktur des Macronucleus derjenigen bei *Pt. chattoni* nahestehet. In den nucleolären Feldern sind Nucleolen von kompliziertem Bau gelegen, die sich intensiv mit Hämatoxylin (Textfig. 18) färben. Jedoch etwas höher als der Macronucleus befindet sich unveränderlich ein kleiner ovaler Micronucleus, der eine positive Reaktion nach FEULGEN ergibt (Taf. 2 Fig. 13). Der Kernapparat der von mir beschriebenen Art *Pt. rossolimo*i ist noch typischer. Die Größe des höchst charakte-

ristischen in vivo deutlich zu sehenden Micronucleus erreicht 7—9  $\mu$ . FEULGEN'S Reaktion ergibt ein ausgesprochen typisches Bild.

Also gestatten uns diese Befunde über den Kernapparat von *Pt. chattoni* seine große Eigentümlichkeit zu beurteilen; er ist von den anderen Arten dieser Gattungen verschieden. Ich stelle diese Erscheinung in Zusammenhang mit der großen Spezialisierung dieses Infusoriums und der weitgehenden Anpassung an die parasitische Lebensweise.



Fig. 18. Kernapparat von *Pt. saenuridis* St. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 13.

### Fixationsapparat.

Der Fixationsapparat von *Pt. chattoni* zufolge der Beschreibung ROSSOLIMO'S „présente une excavation sacciforme ovale nettement marquée, fortement rétrécie vers l'arrière. Les bords de cette excavation sont entourés d'un bourrelet dont les bouts sont dirigés en arrière en se rétrécissant et disparaissant graduellement. La partie antérieure arrondie de ce bourrelet présente le bord antérieur du corps. La surface intérieure de l'organe fixateur est de forme irrégulière, un peu relevée au milieu, en suite de quoi les parties latérales forment des rigoles approfondies“. Nach meinen Beobachtungen ist die Einrichtung des Fixateurs etwas anders. Der Saugnapf bildet am vorderen Ende einen lippenförmigen, stark hervorstülpten Auswuchs, der die Form eines Hufeisens hat, so daß die unteren Enden des Saugnapfrandes gewöhnlich den Saugnapf nicht schließen, wie aus ROSSOLIMO'S Beschreibung hervorzugehen scheint. Die innere Fläche ist konkav, macht aber nicht den von ROSSOLIMO beschriebenen sackartigen Eindruck. In der Mitte der inneren Fläche zieht sich eine Reihe langer, augenscheinlich spezialisierter Wimpern hin (Textfig. 19). Der Fixationsapparat ist durch ein kompliziertes System von Skelettelementen befestigt, wie schon von ROSSOLIMO hervorgehoben wurde. Der Bau des Skelettsystems bei *Pt. chattoni* nimmt in der ganzen Reihe der Gattung *Ptychostomum* die erste Stelle an Kompliziertheit und Spezialisierung ein. Das festeste Element des Systems, das die Hufeisenform des Saugnapfes bewahrt, ist der Skelettfaden, der am Rande des Fixationsapparates hinläuft (Textfig. 19). Seine Enden haften durch zarte Fibrillen, die in scharfen Winkeln von ihm ausgehen, an den Seitenteilen des Tierkörpers. Der zentrale Teil des Saugnapfes ist durch viele Fäden befestigt, welche sich zu vier Systemen verbinden. Die ersten zwei

liegen tiefer als die anderen und bilden zwei einander in scharfen Winkeln durchschneidende Gruppen von Parallellinien, die von einem

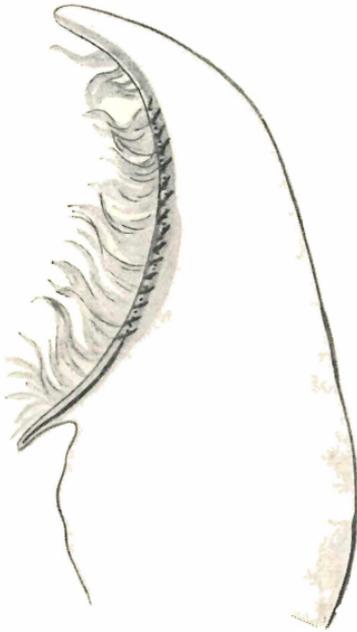


Fig. 19. Skelettapparat. Längsschnitt, Fixation nach SCHAUDINN, Färbung mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN. Vergr. Apochr. LEITZ 2 mm. Comp. Oc. 12.

Ende des Saugnapfes zum anderen sich erstrecken und an Randfäden haften (Textfig. 20 A). Von diesen Systemen ist das obere besonders deutlich zu sehen, seine Fäden ziehen von rechts nach links, von unten nach oben hin. Es ist in vivo deutlich zu sehen und schon von ROSSOLIMO erwähnt. Das dritte System wird durch einige ziemlich tief liegende Fäden gebildet, die im oberen Teile des Saugnapfes an der Vertikalen liegen (Textfig. 20 A). Ihre geringe Größe und ihre Befestigung am Randfaden nur mit einem Ende zwingt uns ihr nur eine geringe Bedeutung für die Befestigung des Saugnapfes beizulegen und spricht für eine gewisse Degradation. Das vierte für die Befestigung des Fixationsapparates wesentlichste System besteht aus 16 oder 17 komplizierten Strängen, die sich in S-förmigen Wellenlinien von rechts nach links von

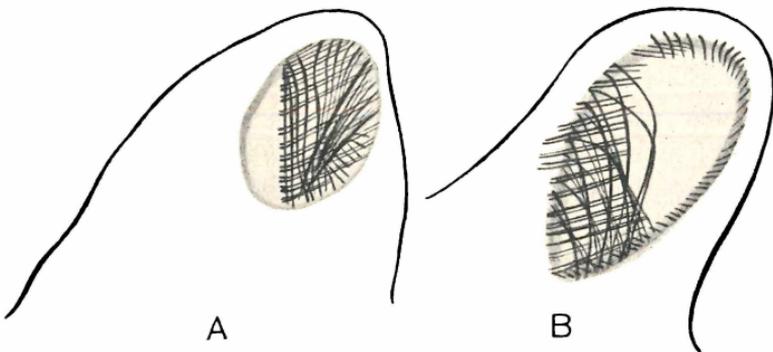


Fig. 20. Skelettapparat. Aufeinanderfolgende Frontalschnitte. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 19.

oben nach unten hinziehen. Jeder Strang dieses Systems besteht aus 4—5 Fäden, die oben fächerförmig sich ausbreitend divergieren und ihn an den Rangfäden und den unteren Skelettelementen be-

festigen (Textfig. 20 B). Unten aber läuft jeder Strang in viele äußerst feine Fibrillen aus, die augenscheinlich für die Befestigung Bedeutung haben (Textfig. 21).

Die komplizierte Skeletteinrichtung des Fixationsapparates veranlaßt uns zum Verständnis seiner Abstammung, anderen Arten dieser Gattung uns zuzuwenden. Von den Vertretern der Gattung *Ptychostomum* (*Lada* VEJD.) sind nur bei drei Arten die Skelettelemente beschrieben: bei *Pt. (Lada) tanishi* MIYASHITA, *Pt. rossolimo*i STUDITSKY und *Pt. chattoni* ROSSOLIMO. Die beigelegten Abbildungen geben eine Vorstellung von der Einrichtung des Skelettes des Saugnapfes dieser Infusorien (Textfig. 22 u. 23). Was für Stufen der Verwicklung des Skelettsystems lassen sich auf

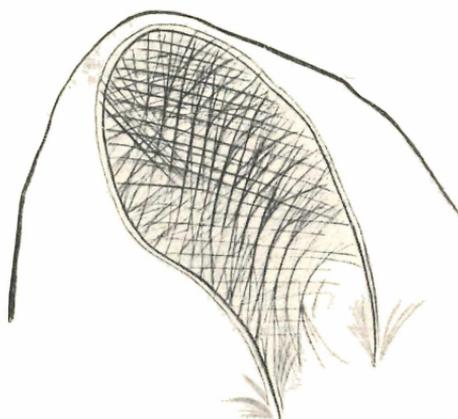


Fig. 21. Skelettapparat. Gesamtansicht vom Rücken. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 19.

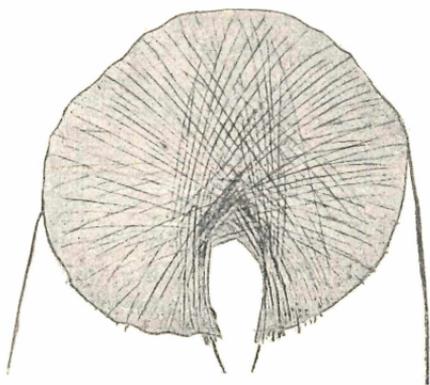


Fig. 22. Skelettapparat von *Pt. (Lada) tanishi* MIYASHITA nach MIYASHITA.

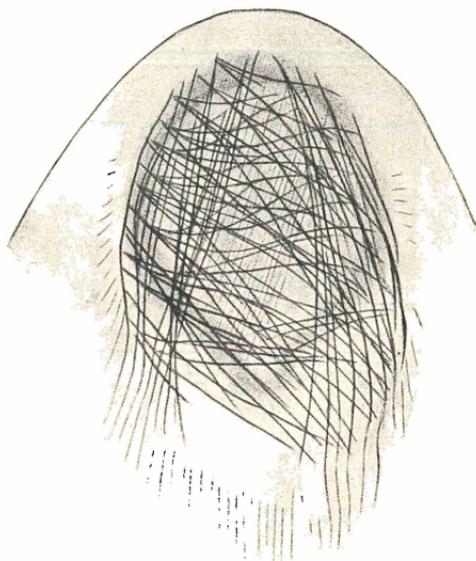


Fig. 23. Skelettapparat von *Pt. rossolimo*i STUDITSKY nach STUDITSKY.

Grund dieser Befunde entwerfen? Es ist klar, daß das Skelett von *Pt. tanishi* viel primitiver ist, und daß beim Aufbau eines Evolutionschemas dieses Organoids von ihm auch ausgegangen werden muß. Mir

scheint, daß das zugrunde liegende Moment in der Bildung der sich kreuzenden Skelettfäden im Saugnapf das Prinzip des physischen Haftens ist. Man kann daher eine hypothetische Form annehmen, die ein Skelett besaß, das noch nicht hinreichend vervollkommen war und Fäden besaß, die parallel voneinander der Achse des Tierkörpers entlang liefen, wie wir es bei manchen Astomata (Textfig. 24 B) sehen. Die Ursache, die den Skelettapparat zwang, in der Richtung seines Haftens zu evolutionieren, bildet wahrscheinlich das Moment der vergrößerten Ausmaße, was allen parasitischen Formen eigen ist. Die ursprüngliche Form des Saugnapfes war zweifellos zweisymmetrisch, wie sich nach *Pt. saenuridis* St. urteilen läßt, das noch ohne Skelett ist (Textfig. 24 A). Auf diese Weise

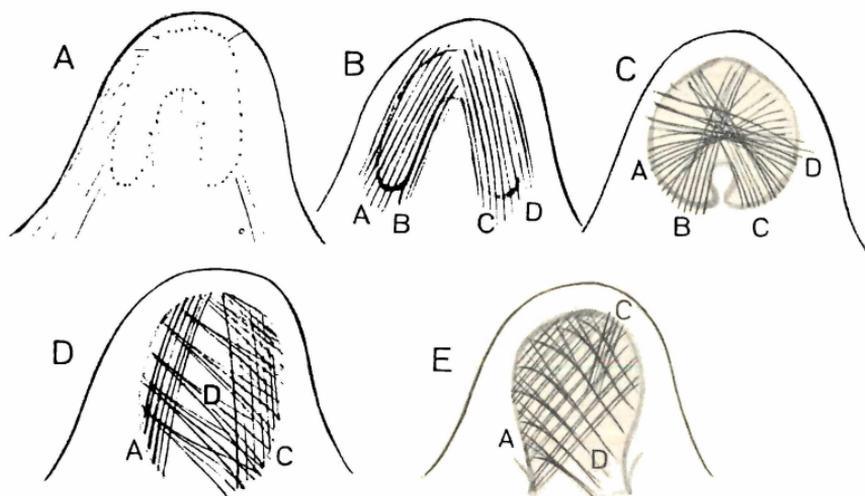


Fig. 24. Evolutionsschema des Skelettapparates in der Gattung *Ptychostomum*.

war die Ausgangsform des Skelettes wahrscheinlich ein System paralleler Fäden, die sich in zwei Teile zu Seiten des Fixationsapparates scheiden (Textfig. 24 B). Die primäre Befestigung des Skelettes prägte sich in der Neigung zur Durchkreuzung jener Teile des Skelettsystems aus, die ich mit A und D bezeichne (Textfig. 24 C). Eine solche Komplikation führt zur Bildung jener Form des Systems, welche *Pt. tanishi* MIYASHITA eigen ist (Textfig. 22). Das Skelett von *Pt. rossolimoï* trägt die Spuren fernerer Komplikationen. Hier verbinden sich die Fäden des Systems D zu fächerförmig gespreizten Büscheln, die an Fäden der Systeme D und C (Textfig. 24 D) verfestigt sind. Der Widerstand gegen die Pressung und die Biegung verteilt sich hier in nicht weniger als sechs Richtungen, woher das ganze Skelett eine außerordentlich hohe

Festigkeit besitzt. Endlich läßt sich das Skelett von *Pt. chattoni* deuten als die von der Gattung erreichte Grenze der Spezialisierung und Anpassung. Hier verschmelzen die Büschel des Systems D zu festen Strängen, die sich nur an den Enden verästeln. Das System D wird durch das System A befestigt, dieses durchkreuzt sich mit jenem in scharfen Winkeln, was zusammen mit der Festigkeit dem Skelett auch eine bedeutende Biegsamkeit verleiht. Die Systeme B und C werden augenscheinlich überflüssig, da wir nur ihre Reste in Gestalt einiger kurzer Fibrillen sehen, die jeder funktionalen Bedeutung entbehren (Textfig. 24 E). Solchergestalt ist das Evolutionschema des Fixationsapparates in der Gattung *Ptychostomum*, wie es mir auf Grund der Zusammenstellung bekannter Arten erscheint. Damit will ich durchaus nicht behaupten, daß diese Arten durch eine direkte Verwandtschaft miteinander verbunden sind. Dagegen spricht z. B., daß die Richtung der Fäden des Systems D bei *Pt. rossolimo*i eine umgekehrte aus bei *Pt. chattoni* ist. Jedoch ist hier das zugrunde liegende mechanische Prinzip der Abstammung eines so komplizierten Apparates, wie der Saugnapf bei *Pt. chattoni*, klar.

Es muß auch darauf hingewiesen werden, daß zur Erforschung der Evolution innerhalb der Gattung in den Gruppen solcher parasitischer Infusorien wie *Ptychostomum* der Fixationsapparat besonders zu beachten ist. In der Tat ist die ökologische Bedeutung dieses Organoids ungeheuer, es bestimmt durch seine Einrichtung eine befestigte Lebensweise und zugleich auch die ganze Organisation des Tieres. Gleichzeitig braucht es sich sekundär nur wenig zu ändern, da seine Abhängigkeit von der allgemeinen Organisation des Tieres sehr unbedeutend ist. Auf diese Weise kann der Fixationsapparat bei gewisser Vorsicht auch als sicherstes Kriterium für die Bestimmung der Stellung der Art im Gattungssystem und seines Anpassungsgrades an die parasitische Lebensweise dienen.

### Teilung.

Nach seiner Teilungsart gehört *Pt. chattoni* zum Typus des Zwischengliedes zwischen den freilebenden Infusorien und den echten Astomata. Hier haben wir einen Teilungstypus, der sich der Knospung dadurch nähert, daß das Tier sich nicht in zwei gleiche Individuen teilt, sondern von seinem hinteren Ende ein Individuum abtrennt, dessen Ausmaße bedeutend kleiner, als die Ausmaße des vorderen Individuums sind. Die Teilung von *Pt. chattoni* ist überhaupt häufig anzutreffen, aber frühe Stadien zu finden ist sehr schwer, da augenscheinlich, sobald die Wurmproben aus dem

Wasserbehälter genommen werden, die Lebensverhältnisse der Parasiten im Darm des Wirtes sich überhaupt verändern und eine Hemmung der Lebensprozesse eintritt, so daß die früher angefangenen Teilungen der Infusorien im Darm des Wirtstieres zwar fortgesetzt werden, jedoch nicht von neuem beginnen. Der Teilungsprozeß dauert sehr lange, wieweil er unter natürlichen Bedingungen zweifellos schneller verläuft.

Zur Teilung schreiten nur große, breite Individuen, welche augenscheinlich als Endpunkt der Entwicklung des Individuums erscheinen. Die Teilung beginnt mit der Bildung eines Querstranges, der etwas unterhalb der Mitte um den Körper sich hinzieht. Eines der ersten Teilungsmerkmale ist die Bildung der zweiten pulsierenden Vakuole rechts in dem vorderen Körperdrittel. Die hintere Vakuole geht zum hinteren Tochterindividuum ab.

Mit dem Bildungsmomente der zweiten pulsierenden Vakuole beginnt die Degeneration und das Verschwinden des Mundapparates, so daß das hintere Individuum in Gestalt einer ovalen Knospe erscheint, die sich als schräg hinziehender Strang vom linken Teil des hinteren Endes des Muttertieres abtrennt. Der Vereinfachungsprozeß des hinteren Endes des sich teilenden Individuums, dank dem das hintere sich ablösende Individuum in Gestalt eines sackförmigen Körpers sich darstellt, ist bei dem gegebenen Individuum von KIJENSKY beobachtet worden. Jedoch sind KIJENSKY's Befunde unvollständig und nach seinen schematisierten Abbildungen ist es schwer, über die von ihm erhaltenen Resultate zu urteilen.

Der Mundapparat wird sehr früh in Gestalt einer feinen gebogenen Röhre angelegt, die in der linken Hälfte des Tieres in der Tiefe des Körpers verläuft. Nach seiner Lage in den frühen Teilungsstadien zu urteilen, läßt sich annehmen, daß er den Anfang des Mundapparates bei den Tochterindividuen, die eine Art Teilung erleiden, bildet (Textfig. 25). Seine fernere Entwicklung ist ungefähr die gleiche sowohl bei dem hinteren als auch bei dem vorderen Individuum. Bei dem vorderen Individuum differenziert sich links von der Befestigungsstelle des hinteren Individuums, bei dem hinteren aber am hinteren Ende eine U-förmig gebogene Röhre, bei welcher das breitere Ende an der rechten, das schmalere zugespitzte Ende an der linken Körperseite (Textfig. 28) gelegen ist. Im Bau des Mundapparates in diesem Stadium läßt sich die Bildung der undulierenden Membran aus der Reihe der mit Basalkörpern versehenen und sich an der Innenfläche des Mundapparates hinziehenden Wimpern beobachten (Textfig. 27). Die Entwicklung

endet mit dem Durchbruch der Körperwand an der Linie der rechten Röhrenhälfte, welche auf solche Weise zur Peristole wird (Textfig. 28). Das Cytostom bildet sich an der Biegungsstelle der Röhre.

Die Bildung von Skelettelementen im Saugnapfe beginnt in einem späten Teilungsstadium. Anfänglich werden die Fäden des

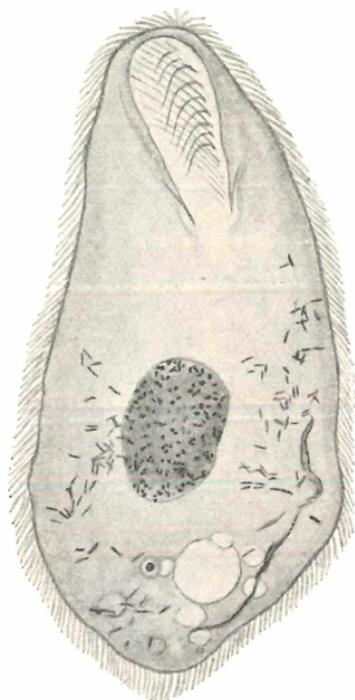


Fig. 25. *Pt. chottoni*. Anfangsstadium der Teilung. Anlage des Mundapparates. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 13.

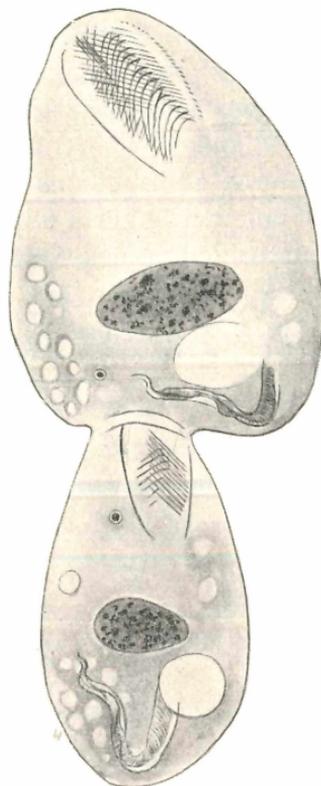


Fig. 26. Teilung. Entwicklung des Mundapparates. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 13.

Systems A angelegt, etwas später die Fäden des Systems D (Textfig. 26). Der ontogenetische Entwicklungsweg des Skelettsystems wiederholt die phylogenetischen Wege nicht, wie man erwarten sollte, wenn man von meinen Vorstellungen von der Abstammung des Saugnapfskelettes bei *Pt. chottoni* ausgeht.

Im Teilungsprozesse erregt die Frage nach seiner Ungleichmäßigkeit und seiner Annäherung an die Knospung am meisten Interesse. Die Ungleichheit des vorderen und des hinteren Indi-

viduums, die zu Anfang der Teilung, wenn das Verhältnis der Projektionsfläche des Körpers des vorderen Individuums zu derselben des hinteren ungefähr gleich 2,5 : 1 ist, sehr merkbar ist, vermindert sich einigermaßen gegen Ende des Teilungsprozesses. Allein der Unterschied zwischen dem vorderen und hinteren Individuum ist immer noch sehr wesentlich, sowohl in den Ausmaßen als in der Form und in einigen morphologischen Details. Der Macronucleus des hinteren Individuums hat eine fast kugelförmige oder konusartige Form mit abgerundeten Rändern, während der Macronucleus des vorderen Individuums stark abgeflacht ist und eine verlängerte ellipsoide Form hat. Der Unterschied in den Ausmaßen, der einen bedeutenden Grad erreicht hat, ist auch beachtenswert. Der Macronucleus des vorderen Individuums ist 35—41  $\mu$  lang und 17—20  $\mu$  breit, während der Macronucleus des hinteren Individuums 17—31  $\mu \times 13 \mu$  mißt.

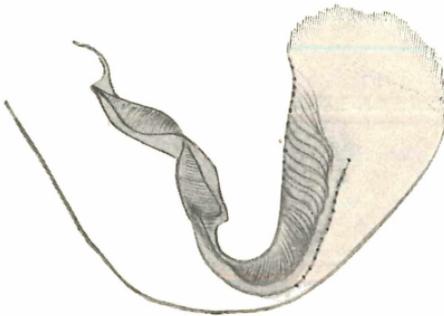


Fig. 27. Entwicklung des Mundapparates des hinteren Individuums bei der Teilung. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 3.

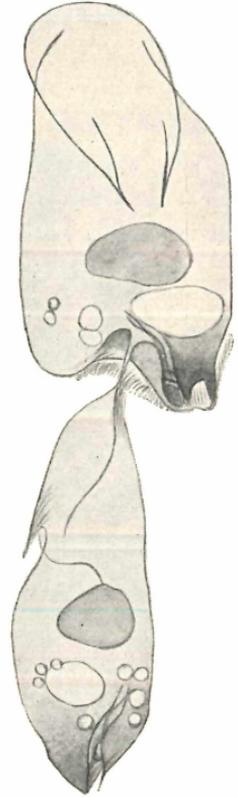


Fig. 28. Teilung. Endstadium vor der Teilung des vorderen und hinteren Individuums. Mundapparat endgültig formiert. Fixation, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 13.

Die Ungleichmäßigkeit der Teilung tritt besonders deutlich in der Fettverteilung zutage. Während das vordere Individuum das ganze Zentrum der Fettlokalisation von dem Mutterindividuum erhält, erlangt das hintere nur eine sehr geringe Menge Fettstoffe, die sich in dem Vorderteile gruppieren. Die Glykogenverteilung trägt bei der Teilung einen gleichmäßigeren Charakter.

Fassen wir alles über den Teilungsprozeß bei *Pt. chattoni* Gesagte zusammen, so läßt sich behaupten, daß er zu dem Übergangstypus

zwischen der echten Teilung und der Knospung gehört. Für Elemente, welche sich diesem Typus der Knospung nähern, halte ich die Ungleichmäßigkeit der Teilung, die Deklination der Körperachse des hinteren Individuums von der Körperachse des Muttertieres in einem Winkel von 15—20°, die ungleichmäßige Teilung des Macronucleus und die Reorganisation des Hinterendes des hinteren Individuums.

Für die Bildungsursache eines solchen Teilungstypus halte ich die parasitische Lebensweise. Wenn wir daran denken, daß die typischen knospenden Infusorien — Spirochonidae — gerade zu den sitzenden Tieren gehören, so erhält diese Annahme große Wahrscheinlichkeit.

Eine vergleichend morphologische Analyse zeigt, daß dieser Teilungstypus allen Vertretern der Gattung *Ptychostomum*, wo er nur bekannt ist, eignet *Pt. (Lada) tanishi* MIJASHITA, *Pt. saenuridis* St., *Ladopsis benedictiae* NIKOLAJEWA). Allein, wenngleich es auch schwierig ist, mit Sicherheit nach der geringen Quantität des Materials zu urteilen, nähert sich doch bei *Pt. chattoni* augenscheinlich der Teilungsprozeß am meisten der Knospung, da es nur bei diesem Infusorium eine Degradation des Mundapparates und Vereinfachung des ganzen hinteren Körperendes zu Beginn der Teilung gibt. Dieses Moment verbinde ich mit allgemeinen Spezialisierung und der weitgehenden Anpassung an die parasitische Lebensweise bei diesem Infusorium.

### Conjugation.

In der von mir durchgesehenen ungeheuren Anzahl Würmer fand ich nur drei Paare conjugierender Exemplare. Leider gehörten sie alle ungefähr zu einem Stadium, und ich gewann keine Vorstellung von den Kernprozessen bei der Conjugation. Die conjugierenden Exemplare unterscheiden sich voneinander durch ihre Größe. Eine ähnliche anisogame Conjugation wurde von MIJASHITA bei *Pt. (Lada) tanishi* beobachtet. Die Ausmaße des größeren Individuums betragen  $112 \times 51 \mu$ , das kleinere  $98 \times 37 \mu$ .

Das kleinere Individuum haftet mit seinem Saugnapfe unten an der rechten Seite des größeren Individuums. Der Macronucleus unterscheidet sich in diesem Stadium durch typische Struktur, durch gleichmäßige Chromatinverteilung und gerundete Nucleolen. FEULGEN'S Reaktion zeigt keine Spuren vom Micronucleus (Taf. 2 Fig. 14). Bei Färbung mit Eisenhämatoxylin treten micronucleusartige Körperchen bei beiden Individuen zutage (Taf. 2 Fig. 15).

Zum Schluß spreche ich dem Direktor der Biologischen Station zu Kossino, L. L. ROSSOLIMO, meinen tiefsten Dank aus für Anweisung des Themas und Leitung der Arbeit.

### Zusammenfassung.

1. *Ptychostomum chattoni* ROSSOLIMO — ein Bewohner des Darmes von *Lumbriculus variegatus* — erscheint als die in der Anpassung an die parasitische Lebensweise am weitesten vorgeschrittene Art der Gattung *Ptychostomum*. Diese Anpassung prägt sich in dem Bau des Skelettapparates, der Teilungsart und der Organisation des Kernapparates aus.

2. Der Kernapparat von *Pt. chattoni* ist in vegetativem Stadium vertreten durch den ellipsoiden Macronucleus allein, der nach FEULGEN eine typische Reaktion ergibt und die Längsachse des Tieres durchquert. Durch FEULGEN'S Reaktion wird der Micronucleus nicht entdeckt, wohl aber werden bei der Färbung mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN an verschiedenen Körperstellen, vorzugsweise am hinteren Ende, kleine kugelförmige Körperchen in der Zahl 1—2 sichtbar, die sich bei der Teilung des Tieres ganz passiv verhalten.

3. Die Nucleolen des Macronucleus sind cyclischen Veränderungen unterworfen, die in vielfacher Teilung und im Zerfall in die allerfeinsten Körnchen, die sich über den ganzen Kern verteilen, ihren Ausdruck finden. Diese Veränderungen gehören augenscheinlich zum Typus der nucleolären Cyclen, wie ich solche bei *Dileptus gigas* STEIN beschrieben habe, und die mit der Teilung der Infusorien in Zusammenhang stehen.

4. Der Skelettapparat von *Pt. chattoni* ist durch vier Systeme von Skelettfäden vertreten, die ein kompliziertes, den Saugnapf befestigendes Netz bilden. Im Vergleich mit anderen Arten dieser Gattung ist der Skelettapparat von *Pt. chattoni* am kompliziertesten und stellt einen äußersten Fall der Anpassung dar.

5. Die Teilung von *Pt. chattoni* erscheint als Übergang von der eigentlichen Teilung zur Knospung, d. h. eins der Tochterindividuen, das hintere hat eine geringere Größe und das Aussehen einer Knospe.

6. Bei der Teilung des Infusoriums ist im Macronucleus ein mitotisch sich teilender Micronucleus zu sehen. Am Schluß seiner Teilung tritt einer der Tochtermicronucleen aus dem Macronucleus in eines der Tochterindividuen über.

7. Während der Teilung erfährt der Mundapparat des Mutterindividuums eine entgegengesetzte Entwicklung und verschwindet vollständig, d. h. bei dem Tochterindividuum bildet er sich de novo.

Die Conjugation von *Pt. chattoni* erscheint anisogam, sowohl der Größe als auch der gegenseitigen Lage der conjugierenden Individuen nach.

### Literaturverzeichnis.

- BÜTSCHLI, O. (1887—1889): Protozoa. Leipzig.
- CALKINS (1930): Uroleptus Halseyi Cal. II. The origin and fate of macronuclea chromatin. Arch. f. Protistenk. Bd. 6.
- CÉPÈDE, C. (1910): Recherches sur les infusoires Astomes etc. Arch. de Zool. exper. et gener. T. 3 Ser. 5.
- CHEISSIN, E. (1928): Vorläufige Mitteilung über einige parasitische Infusorien des Baikalsees. Compt. R. d'l Acad. des Sc. de l'URSS.
- ENRIQUES, P. (1912): Il dualismo nucleare negli Infusori e il suo significato morfologico e funzionale. 2. Abh.: Die Nahrung und die Struktur des Macronucleus. Arch. f. Protistenk. Bd. 26.
- HARTMANN, M. u. PROWAZEK (1907): Blepharoplast, Caryosom und Centrosom. Arch. f. Protistenk. Bd. 10.
- IVANIČ, M. (1928): Über die mit den parthenogenetischen Reorganisationsprozessen des Kernapparates verbundenen Vermehrungscysten von Chilodon uncinatus EHRBG. Arch. f. Protistenk. Bd. 61.
- (1928): Bau und Teilung des Kernapparates bei Colpidium colpoda St. Zool. Anz. Bd. 75.
- KIJENSKIJ, G. (1925): Nálevníci zaživaci roury některých oligochaetu pražského okolí. Westnic Česke Akad. Sbornik Zool. T. 75.
- (1925): Příspěvky k amitotickému dělení u Infusorii (Discophrya planarium SIEBOLD). West. kral. Ges. Spolec. Nauk. T. 2.
- KASANZEW, W. (1928): Zur Kenntnis der Macronucleus der Infusorien. Travaux de laboratoire zoologique et Station biologique du Sebastobole. Ser. 2 No. 11—13.
- MIJATHITA, J. (1928): On a new Parasitic ciliate Lada tanishi n. sp., with preliminary Notes on its Heterogamic Conjugation. Japanese journal of Zoology Vol. 1.
- НИКОЛАЕВА, Т. (1929): Новый вид паразитической инфузории-Ladopsis bithyniae n. sp., из кишечника Bithynia tentaculata L. Труды Петергофского Ест. Научного Института.
- PERTZWEA, T. (1929): Zur Morphologie von Plagiotoma lumbrici Duj. Arch. f. Protistenk. Bd. 65.
- REICHENOW, ED. (1928): Ergebnisse mit der Nuclealfärbung bei Protozoen. Arch. f. Protistenk. Bd. 61.
- ROSSOLIMO, L. (1926): Parasitische Infusorien aus dem Baikalsee. Arch. f. Protistenk. Bd. 54.
- (1925): Infusoires parasites du tube digestif des Oligochetes-genre Ptychostomum St. Arch. russe de Protistol. T. 4.

- ROSSOLIMO, L. u. JAKIMOWITSCH, K. (1929): *Conchophytus steenstrupi*. Zool. Anz. 1929.
- SCHIEWJAKOW, W. (1896): Organisation und Systematik der Infusoria aspirotricha. Mem. de l'Acad. des Sc. de St. Petersburg T. 4 Ser. 8e No. 1.
- STEIN, FR. (1867): Der Organismus der Infusionsthier. Bd. 2. Leipzig.
- STUDITSKY, A. (1930): Materialien zur Morphologie von *Dileptus gigas* St. Arch. f. Protistenk. Bd. 70.
- (1930): Eine neue Art der Gattung *Ptychostomum* (*Lada VEJDovsky*) *Pt. rossolimo* n. sp. Zool. Anz. Bd. 87.
- VEJDovsky (1882): Thierische Organismen der Brunnenwasser von Prag.
- WOODRUFF and SPENCER (1922): On the method of macronucleae disintegration during endomyxis in *Paramacim aurelia*. Proc. soc. exper. biol. and med. Vol. 19.
- ZINGER, J. (1929): Morphologische Beobachtungen über Süßwasserinfusorien. Arch. russe de Protistol. T. 8.

## Tafelerklärung.

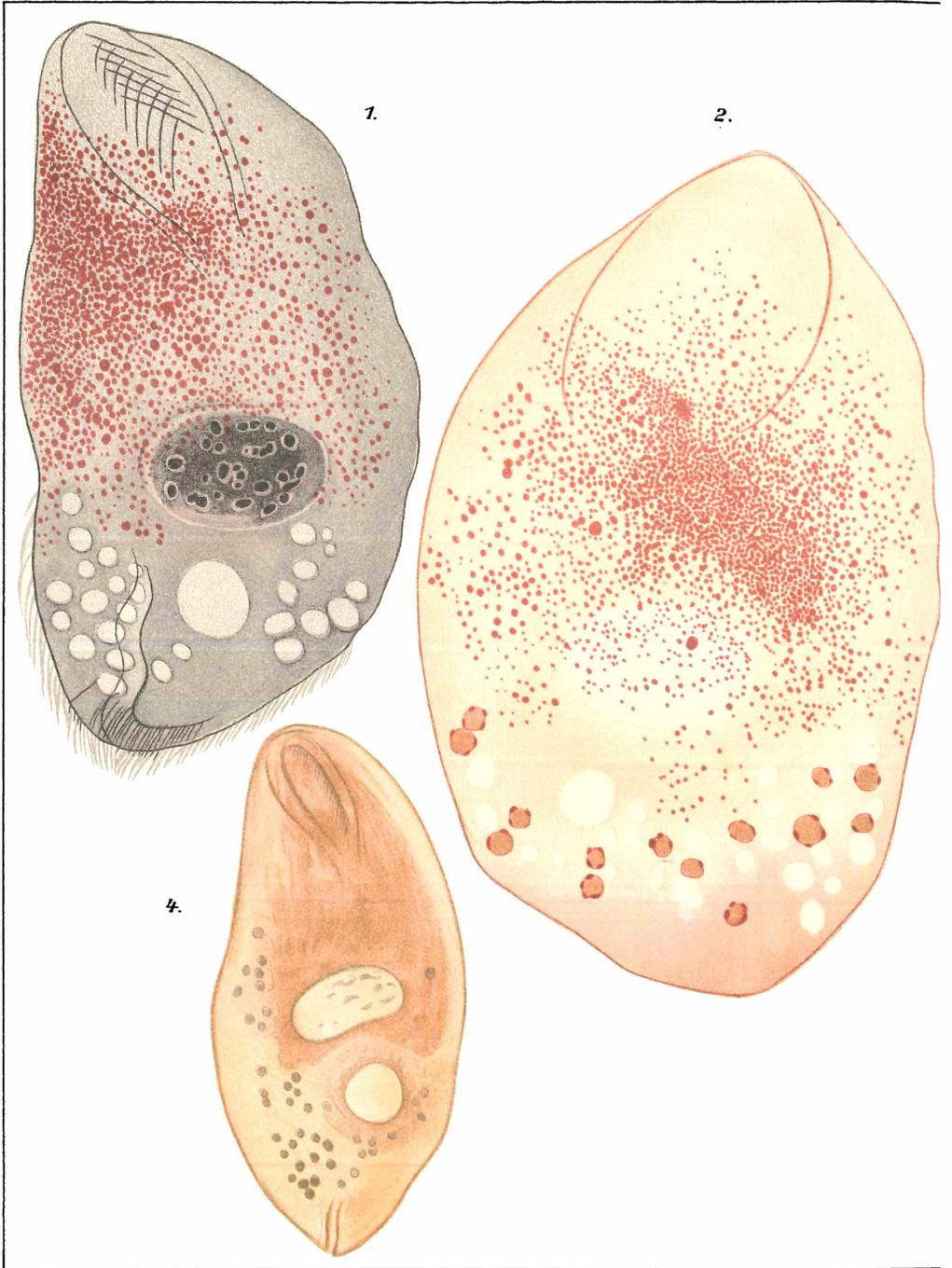
### Tafel 1 u. 2.

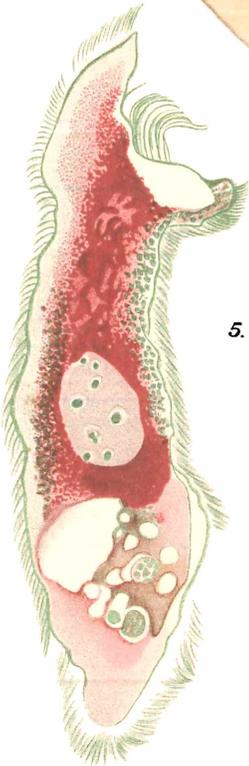
#### Tafel 1.

- Fig. 1. Fetteinschlüsse. Fixierung 10 Proz. Formol, Färbung Sudan III, Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN. Vergr.  $\frac{1}{12}$  LEITZ 40 c.
- Fig. 2. Fetteinschlüsse. Formol, Sudan III. Vergr. wie Fig. 1.
- Fig. 3. Verteilung der Fetteinschlüsse bei der Teilung der Infusorien. Formol, Sudan III. Vergr. wie Fig. 1.
- Fig. 4. Glykogenverteilung. Fixierung nach CARNOY, Färbung Lugol. Vergrößerung Wasserimmersion ZEISS D, Oc. 4.
- Fig. 5. Glykogen. Längsschnitt. Fixierung nach CARNOY. Färbung mit Sapanin nach FISCHER. Vergr. wie Fig. 1.

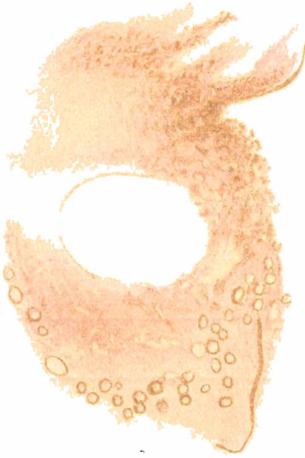
#### Tafel 2.

- Fig. 6. Reduktionsstellen des Sauerstoffes nach UNNA. Vergr. wie Fig. 4.
- Fig. 7. Macronucleus. Fixierung nach SCHAUDINN, Nuclealreaktion nach FEULGEN. Vergr. Apochr. REICHERT 2 mm. Comp. 6.
- Fig. 8. Kernapparat. Fixierung nach SCHAUDINN, Nuclealreaktion nach FEULGEN, Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN. Vergr. wie Fig. 7.
- Fig. 9—10. Stadien der nucleolären Cycels. Fixierung, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 8.
- Fig. 11. Macronucleus im Anfangsstadium der Teilung. Fixierung und Färbung wie Fig. 7. Vergr. Apochr. REICHERT 2 mm Comp. 4.
- Fig. 12. Stadien der späten Teilung. Fixierung, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 11.
- Fig. 13. Kernapparat von *Pt. saenuridis* STEIN. Fixierung, Färbung und Vergrößerung wie Fig. 7.
- Fig. 14. Conjugation. Fixierung und Färbung wie Fig. 7, Vergrößerung wie Fig. 1.
- Fig. 15. Conjugation. Fixierung und Färbung wie Fig. 8, Vergrößerung wie Fig. 1.

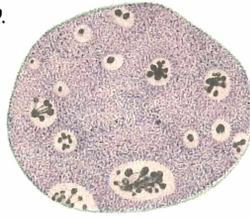




6.



9.



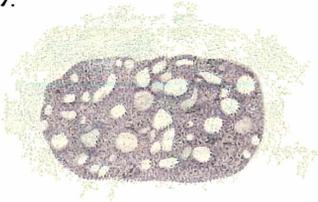
10.



11.

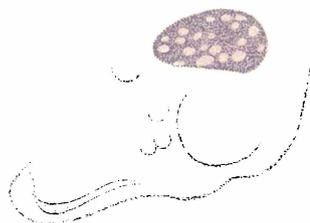
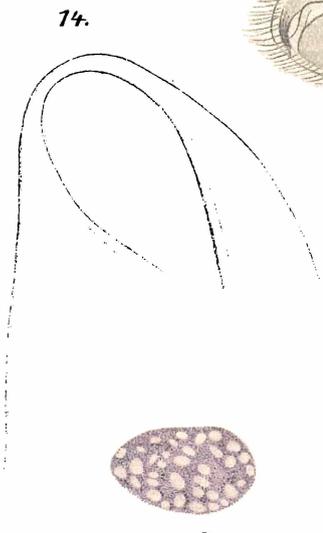
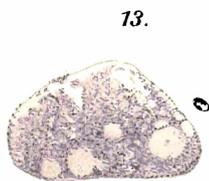


7.



8.





# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1932

Band/Volume: [76\\_1932](#)

Autor(en)/Author(s): Studitsky A.N.

Artikel/Article: [Über die Morphologie, Cytologie und Systematik von Ptychostomum chattoni Rossolimo. 188-216](#)