

Mikroskopische Vivisektion.

Von

Dr. A. Gruber, Prof. d. Zoologie.

Ein Vortrag gehalten in der „Akademischen Gesellschaft“ zu Freiburg i. Br.

Meine Damen und Herren!

Vor einigen Jahren habe ich an dieser Stelle einen Vortrag gehalten, der betitelt war: „Ueber den Werth der Specialisirung für die Erforschung und Auffassung der Natur“¹. Ich hatte mir darin zur Aufgabe gestellt, einen einzelligen Organismus in allen Einzelheiten seines Körperbaues und seiner Lebensäusserungen zu beschreiben und ich hoffe, dass es mir damals gelungen ist, nachzuweisen, dass das Eindringen in solche kleinste Kleinigkeiten der Organismenwelt, wenn in richtiger Weise aufgefasst, weit entfernt ist, uns zu Spitzfindigkeiten zu führen, sondern dass eine solche Specialforschung, wenn der Blick dabei auf das Ganze gerichtet bleibt, uns zu wichtigen allgemeinen Schlüssen zu führen im Stande ist. Zu meiner Freude ist meinen Ausführungen einige Anerkennung zu Theil geworden und so glaubte ich Ihnen heute gewissermassen eine Fortsetzung davon geben zu dürfen. Während ich damals die normale Anatomie und Physiologie einer jener winzigen mikroskopischen Organismen meiner Betrachtung zu Grunde legte, möchte ich heute auch die experimentelle Physiologie und theilweise die pathologische Anatomie eines Einzelligen als Ausgangspunkt allgemeiner Reflektionen wählen. Ich habe das im Titel meines Vortrages „Mikroskopische Vivisektion“ schon ausgedrückt. Das Objekt meiner früheren Untersuchungen war ein kleiner Wurzelfüsser des süssen Wassers,

¹ Diese Zeitschrift Bd. IV, Heft 4, 1889.

die *Euglypha alveolata*, während ich heute ein Infusionsthierchen, das schon seit lange bekannte „Trompetenthierchen“, *Stentor*, und zwar speciell den blauen *Stentor*, (*St. coeruleus*) wähle. Mit der *Euglypha* hat der *Stentor* das gemein, dass er eines der bestbekanntesten unter den Urthieren ist und dass er gerade in neuester Zeit der Gegenstand sehr eingehender Forschungen gewesen ist. Es scheint, dass zum ersten Male *TREMBLEY* im Jahre 1744 *Stentoren* und zwar als „Tunnel like polypi“ beschrieben hat und seither haben sich über 30 Forscher mit diesem Infusorium beschäftigt¹. Unter den Infusorien, den mikroskopischen Bewohnern der Süßwasserseen, Teiche und Tümpel ist der *Stentor coeruleus* ein Riese, denn die grösseren Exemplare sind mit blossem Auge sehr wohl sichtbar, wenn sie in raschem Laufe durch das Wasser unseres Aquariums gleiten oder an den Blättern irgend einer Wasserpflanze festgeheftet sitzen. Im Schwimmen hat der Körper

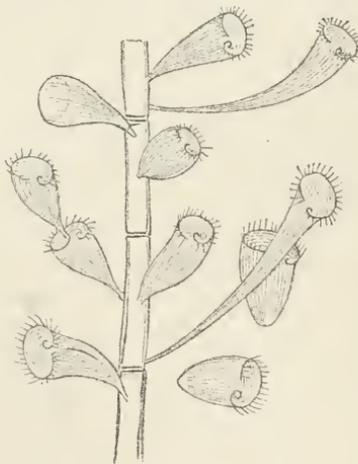


Fig. 1.

Eine Colonie von *Stentoren*, theils ausgestreckt, theils zusammengezogen.

Einige Exemplare schwimmend. Ein

Thier in Theilung.

gewohnt ist, welche sich ihm mühelos einprägen. Ein Punkt mit der Bleistiftspitze auf diesem Papier würde einen mittelgrossen *Stentor* in natürlicher Grösse wiedergeben, während die Abbildung Fig. 2, deren Dimensionen ja nicht übertrieben gross gewählt sind, schon die vieltausendfache Vergrösserung

¹ Ich lasse das Litteraturverzeichnis über *Stentor* am Schlusse dieses Aufsatzes folgen.

des Infusoriums darstellt. Sehen wir uns nun den *Stentor coeruleus* etwas näher an (Fig. 2), so deutet der Gattungsname sehr richtig auf den trompetenförmigen Bau hin, den das Thier im ausgestreckten Zustande aufweist, während der Artname der schönen blauen Färbung entnommen ward, welche diesen *Stentor* vor anderen seinesgleichen unterscheidet. Die Färbung ist auf zahlreiche Streifen oder Rippen beschränkt, die in regelmässigem Laufe von vorn nach hinten verlaufen, vorne breite und hinten immer feiner werdende Bänder darstellend. Diese Bänder überziehen auch vorne ein Feld, das sich wie eine Art Deckel über die Oeffnung der Trompete legt, wenn ich so sagen darf, es ist das Stirnfeld oder Scheitelfeld. An der einen Ecke desselben sehen wir die Streifen zusammenlaufen und sich zu einer Spirale gedreht in die Tiefe senken, wie ein Strudel, der sich im strömenden Wasser bildet. Das ist der Weg zum Schlund und zur Mundöffnung des Infusoriums, welche direkt in das Innere des Körpers führt. Man darf sich unter diesem keinen Hohlraum vorstellen, oder, wie es der alte EHRENBURG noch that, ein System von Organen, Magen, Darm u. s. w., sondern der

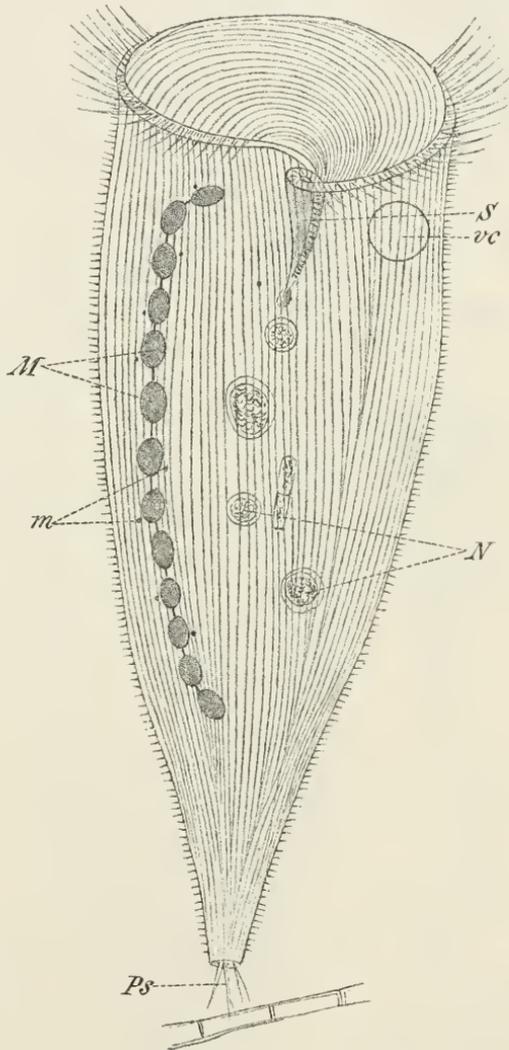


Fig. 2.

Ein *Stentor coeruleus* auf einem Algenfaden sitzend. *S* Schlund; *vc* pulsirende Vacuole; *N* Nahrung; *M* Grosskern (macronucleus); *m* Kleinkern (micronucleus); *Ps* Protoplasmafäden (Pseudopodien) als Haftapparate.

ein System von Organen, Magen, Darm u. s. w., sondern der

ganze Stentorenkörper besteht aus einer einheitlichen Protoplasma-masse, an welcher wir eine festere Rinde und ein weiches Innen-plasma unterscheiden können, in welches die Nahrungstheile hineingedrückt und in welchem sie verdaut werden. Die unverdaulichen Reste der pflanzlichen und thierischen Organismen, werden an einer bestimmten Stelle der Rindenzone von Zeit zu Zeit ausgestossen. Ich kann hier gleich erwähnen, dass das Plasma des Stentors, wie das aller Organismen eine wabenförmige oder schaumartige Struktur zeigt, die trotz ihrer Feinheit und Kleinheit aber wohl nur ein sehr grober Ausdruck der unfassbar complicirten Struktur sein können, die solch ein einzelliger Mikrokosmos besitzen muss.

Dass ein präformirter Magenraum und überhaupt Verdauungsorgane im höheren Sinne im Inneren nicht existiren, zeigen die Fälle, wie der hier abgebildete (Fig. 3), wo ein Stentor einen be-

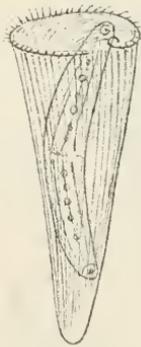


Fig. 3.
Ein Stentor, der
eine grosse Clo-
steria ver-
schluckt hat.

sonders grossen Nahrungskörper, hier eine Closteria, verschluckt hat oder auch wo ein lebendes sich anfangs noch rasch im Körper hin- und herbewegendes Thierchen aufgenommen ward; da müsste ja sonst Alles zerrissen und zersplittert worden sein. Wie bei allen Urthieren des süßen Wassers findet sich auch bei Stentor eine pulsirende Blase, welche in regelmässigen Pulsationen sich nach aussen entleert und wieder füllt. Sie ist auf Fig. 2 rechts oben eingezeichnet. Wie ich schon in dem früheren Vortrage mitgetheilt, scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, dass ein steter Kreislauf von Wasser und zwar sauerstoffhaltigem Wasser durch den Körper hindurch stattfindet und dass die Blase dazu dient dieses Athemwasser und wahrscheinlich auch Sekrete, Resultate des Stoffwechsels, aus dem Körper abzuführen, auszupumpen.

Sehen wir uns nun den Stentor noch einmal von Aussen an, so finden wir zunächst den ganzen Körper bedeckt mit feinen Wimperchen, welche in den Rinnen zwischen den blauen rippenförmigen Streifen dichtgedrängt stehen und in fortwährender Bewegung sind. Den vorderen Theil des Körpers, also das Scheitelfeld umstehen viel grössere, stärkere Wimperorgane. Diese grosse Wimpern setzen sich in den gewundenen Schlund hinein fort und erzeugen einen lebhaften Strudel im Wasser, der alle in die Nähe des Thieres kommende Körper heran- und hereinreisst. Jetzt haben wir eines Organes noch nicht gedacht, das auf Fig. 2 als rosen-

kranzförmiger Körper zu sehen ist. Das ist der Kern des Stentor, der nicht eine kugelige oder ovale Masse darstellt, wie es bei den Kernen anderer Organismen meistens der Fall ist, sondern in einzelne Theile zerschnürt ist, die in der That an die Perlen eines Rosenkranzes erinnern. Warum der Kern von Stentor coeruleus diesen Bau zeigt, zumal andere nahestehende Arten z. B. einen bandförmigen Kern haben, ist uns unbekannt. Der Stentor ist also nichts weiter als eine Zelle mit Zelleib und Zellkern und ich könnte, wie ich es in meinem Vortrage über Euglypha that, wieder auf die wunderbare Thatsache hinweisen, dass dieser, wie wir später noch eingehender untersuchen wollen, so komplieirt gebaute Organismus seinem morphologischen Werthe nach gleichsteht einem der Bausteine, welche zu Tausenden, zu Millionen und Milliarden den Körper der höheren Thiere und Pflanzen zusammensetzen.

Die Vermehrung des Stentor geschieht durch Theilung und zwar sind die Vorgänge dabei genau bekannt (Fig. 4). An einer bestimmten Zone des Stentorenkörpers sieht man ein Wimperband auftreten, das in seiner

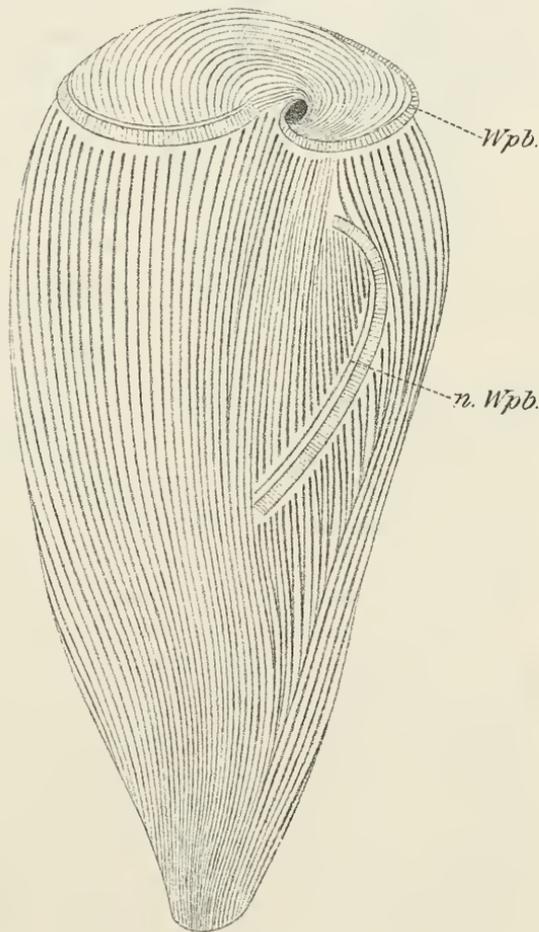
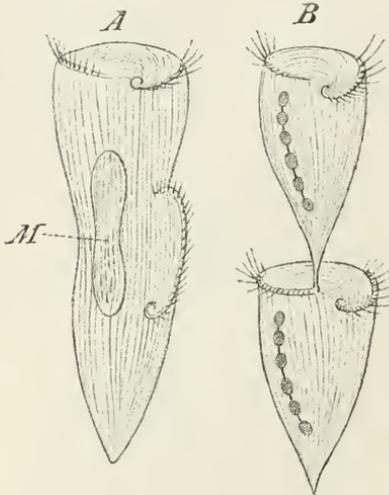


Fig. 4.

Zusammensetzung dem Ein Stentor im Beginn der Theilung. *Wpb.* das Wimperbande ent- Wimperband; *n. Wpb.* das neuentstehende Wimperband. spricht, welches das Scheitelfeld umgiebt. Dieses Band wächst in die Länge, eine grössere Anzahl von Körperstreifen gewissermassen

durchschneidend. Wenn es die definitive Länge erreicht, beginnt der Körper einer dextiotropen Spirale folgend sich einzuschnüren, das neuentstandene Wimperband biegt sich zusammen, das neuentstandene Scheitelfeld umschliessend und sich zum neuen Schlund in die Tiefe senkend. Die Einschnürung wird immer tiefer und schliesslich haben wir zwei vollkommen gleiche Individuen, welche nur noch mittelst einer schmalen Brücke zusammenhängen (Fig. 5); diese reisst auch noch durch und die beiden Tochterindividuen schwimmen jedes seines Weges davon. Während dieses Prozesses ist auch der Kern nicht ruhig geblieben. Er hatte sich in eine compacte ovale Masse zusammengezogen, in welcher dann ein Gewirr von Fäden sichtbar wurde. Die Fäden und mit ihnen



der Kern hatten sich in die Länge gezogen und der erstere war genau in seiner Mitte durchgeschnürt worden. Auf diese Weise kann eine Halbierung des Kernmaterials genauer vorgenommen werden, als in dem rosenkranzförmigen Zustande desselben. Nachdem jedes der Tochterindividuen seine Hälfte vom Kern erhalten, nimmt letzterer wieder in beiden Thieren seine normale Gestalt an (Fig. 5).

Von Zeit zu Zeit tritt im Leben der Stentoren ein Vorgang ein, der zunächst als das Gegentheil der Theilung angesehen werden könnte, statt der Verdoppelung der Individuen sehen wir zwei zusammenschmelzen. Die Verschmelzung ist aber keine völlige, sondern beruht nur auf einer innigen Verwachsung der beiden Körper am Vorderende; nach einiger Zeit trennen sich die beiden Stentoren wieder von einander. Das ist die bei den wimpertragenden Infusorien allgemein verbreitete Conjugation, also nicht Copulation, d. h. vollkommenes in einander Aufgehen zweier Individuen, wie wir sie sonst bei den einzelligen Thieren und Pflanzen allgemein verbreitet finden. Die überaus interessanten inneren Vorgänge, welche sich an den Kernen der conjugirten Thiere abspielen, sind erst in neuerer Zeit genau bekannt geworden. Der Verlauf ist im grossen und ganzen folgender (vgl. die Fig. 6):

Nachdem die beiden Stentoren zusammengewachsen sind, zerfällt der rosenkranzförmige Kern in einzelne Stücke (II. *M*); zu gleicher Zeit wachsen mehrere winzige Kügelchen, die vorher kaum sichtbar neben dem Kerne gelegen hatten (Fig. 6 *m*), dadurch, dass

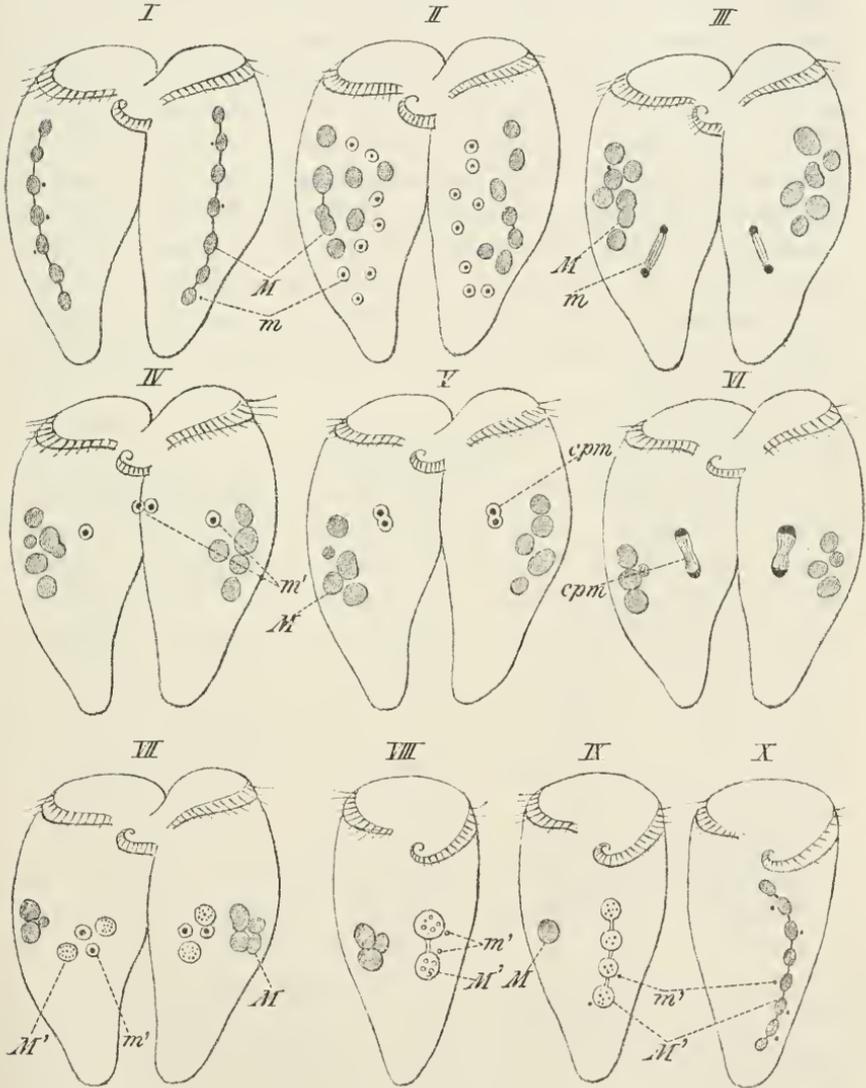


Fig. 6.

Der Konjugationsprozess bei Stentor *M* der Grosskern, *m* der Kleinkern; von II—IX ist *M* im Zerfall begriffen; *cpm*, die copulirenden Kleinkerne, bei III in Theilung; *M'* und *m'* der neue Gross- und Kleinkern nach aufgehobener Konjugation.

sie sich aufblähen, zu bläschenförmigen Gebilden heran (II. *m*). Das sind die Kleinkerne (*Mikronuclei*) im Gegensatz zum Grosskern (*Makronucleus*).

Die Infusorien sind bis jetzt die einzigen Organismen, bei welchen man eine derartige Trennung der Kernsubstanz kennt. Die herangewachsenen Kleinkerne vermehren sich und zwar unter Veränderungen, die man als indirekte Kerntheilung jetzt in der ganzen Organismenwelt kennt. Von den so vermehrten Kleinkernen bleibt aber schliesslich in jedem Thier nur ein einziger übrig, die anderen zerfallen alle. Der bestehenbleibende, in den Figuren als Copulations-Micronucleus bezeichnet, theilt sich (III. *m*) und jeder entsendet eine Theilhälfte in das andere Thier hinüber durch die Plasmabridge hindurch, welche die Stentoren verbindet (IV.). Mit dem Austausch der Kleinkerne allein ist es aber nicht gethan, sondern die ausgetauschten Kleinkerne verschmelzen mit den zurückgebliebenen (V. *cpm*), es findet also eine Kerncopulation statt. Aus diesem Verschmelzungsprodukt gehen nun nach mehrfacher Theilung (VI. *cpm*) Kerntheile hervor, von denen sich die einen zum neuen Grosskern (VII—X. *M'*), die anderen zu neuen Kleinkernen entwickeln (VII—X. *m'*). Der alte Grosskern ist während dessen immer mehr zerfallen und schliesslich ganz resorbirt worden. Bald nach dem Austausch der Kleinkerne hatten sich die Stentoren wieder von einander getrennt und waren jeder seines Weges geschwommen. Es liegt auf der Hand, dass das Wesentlichste an dem ganzen merkwürdigen Vorgange die Verschmelzung zweier aus verschiedenen Individuen stammenden Kernbestandtheile ist, also derselbe Process, auf welchem die Befruchtung bei allen Organismen beruht.

Wenden wir uns nun, nachdem wir den Stentor coeruleus genauer kennen gelernt haben, zu den physiologischen Experimenten, bei welchen er als Objekt gedient hat. Zunächst galt es einmal die Frage zu beantworten, ist auch den Einzelligen, bei welchen wir ja den Ausgangspunkt für die höhere Organismenwelt zu suchen haben, Regenerationsfähigkeit eigen, d. h. die Kraft, verloren gegangene Theile wieder zu ersetzen. Bekanntlich giebt es viele Thiere, besonders auf den unteren Stufen des Stammbaumes und vor allen Dingen Pflanzen, welchen diese Kraft in ausgedehntem Masse eigen ist. Es ist aber offenbar nicht eine Eigenschaft, die der gesammten lebenden Materie zukommt, sondern es hängt dieselbe mit den Lebensbedingungen der betreffenden Organismen zusammen,

d. h. ist nur denjenigen gegeben, welche im Leben auch in die Lage kommen, Theile ihres Körpers einzubüssen. Wie verhalten sich hier die Infusorien?

Bedient man sich eines scharfschneidenden feinen Instrumentes, so gelingt es bei einiger Uebung nicht un schwer den Stentor coeruleus unter der Lupe oder dem Mikroskop in beliebiger Weise zu zerschneiden (vgl. die Fig. 7). Trennt man z. B. das Infusorium, dem man fast alles Wasser entzogen hat, damit es ruhig liegt, durch einen horizontalen Schnitt in zwei Theile und lässt rasch wieder Wasser zufließen, so werden beide Theilstücke frei umherschweben; man isolirt sie in kleinen Ubrschälchen und nach etwa 24 Stunden stellt sich heraus, dass beide Stücke wieder ganz vollkommene, normale Stentoren geworden sind, das vordere hat sich also am Hinterende regenerirt, das hintere hat ein neues Scheitelfeld mit den grossen Wimpern, dem Schlund und Mund und auch eine

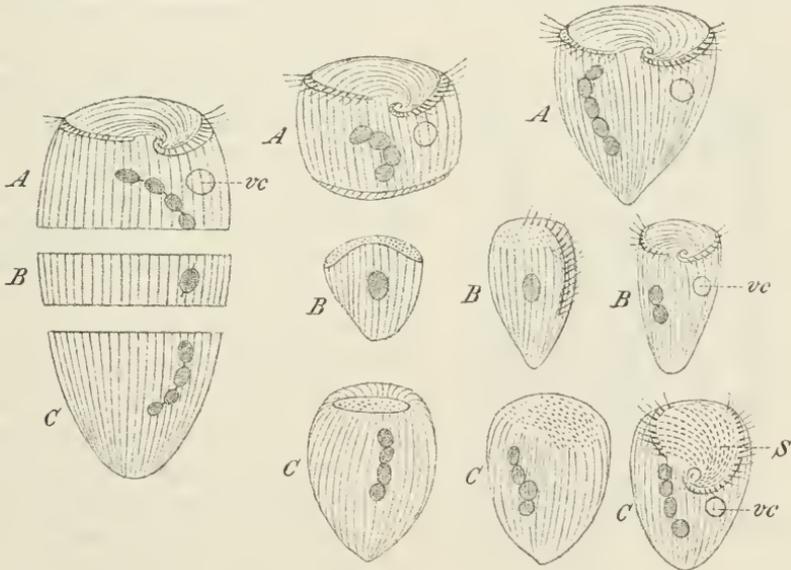


Fig. 7.

Regeneration bei einem in 3 Stücke *A*, *B*, *C* zerschnittenen Stentor; *vc* die pulsirende Vacuole; *S* das sich regenerirende Scheitelfeld.

pulsirende Blase erhalten. Aber auch ein Mittelstück aus dem Stentor, das man erhält, wenn man zwei parallele Schnitte führt, wie auf Figur 7 zu sehen, regenerirt sich in 24 Stunden zum vollkommenen Infusorium, aber immer so, dass an der Seite, welche vorher nach vorne gelegen, das neue Vorderende und an der anderen das Hinterende sich bildet. Die Plasmatheile, welche sich zu den

neuzubildenden Organen zusammenfügen, bleiben also immer orientirt und das hat man gerade so bei den Zellen der sich regenerirenden vielzelligen Thiere beobachtet. Die Seite des Theilstücks, welche vorher nach vorne lag, erzeugt die Organe des Vorderendes und umgekehrt. Dass es nicht eine beschränkte Anzahl von Plasma-theilchen ist, welche allein die Fähigkeit besitzt, die verloren gegangenen Körpertheile wieder aufzubauen, sieht man daraus, dass auch sehr kleine Stücke regenerationsfähig sind. So nahm ich z. B. von einem Stentor ausgehend die künstliche Theilung viermal hintereinander vor; immer waren nach 24 Stunden die Stücke wieder regenerirt. Da aber kein Wachstum dazwischen erfolgen konnte, waren die künstlichen Ururenkel so klein, dass endlich eine fünfte Zerschneidung misslang.

Noch wunderbarer erscheint die Regenerationskraft des Protoplasmas, wenn wir erfahren, wie complicirt die Organe sind, welche

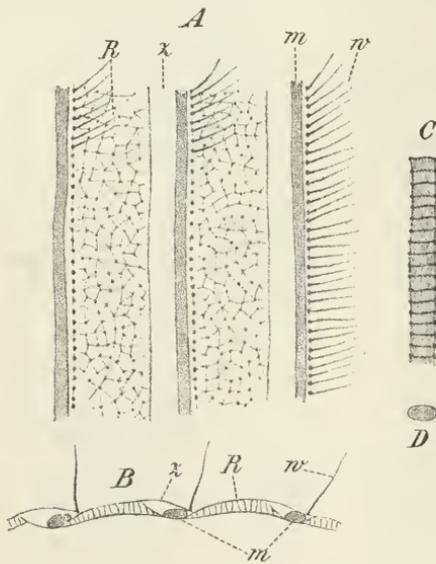


Fig. 8.

Ein kleines Stück zweier Körperstreifen v. *Stentor coeruleus*, *A* von der Fläche, *B* im optischen Querschnitt *R* blauer Rippenstreif; *z* farbloser Zwischenstreif; *m* Muskelfibrille; *w* Wimpern; *C* Längsansicht; *D* Querschnitt einer Muskelfibrille, noch stärker vergrößert.

auf Fig. 9. In den Zwischenstreifen aber liegen im Grunde feine

in der kurzen Zeit von 24 Stunden aufgebaut werden müssen. Ich habe absichtlich die eingehende Beschreibung derselben bis an dieser Stelle verschoben. Wie gesagt ist der ganze Körper von körnigen und von hellen Streifen überzogen, den blauen Rippen- und den sogenannten Zwischenstreifen. Wendet man die stärksten Vergrößerungen an, so er giebt sich folgendes Bild (vgl. Fig. 8): In den Rippenstreifen (*R*) liegen die blauen Farbkörnchen, welche dem Stentor seine Färbung geben, deutlich sieht man ausserdem die wabenförmige Struktur der Rinde hervortreten. Die Körnchen gehen nicht auf die Zwischenstreifen (*z*) über und wenn es gelingt durch Anwendung geeigneter Reagentien den Stentor gewissermassen zu häuten, so erhält man ein Bild wie das

Fasern, welche von vorne nach hinten verlaufen und welche als Muskelfibrillen (*m*) gedeutet werden, die also die ausserordentliche Kontraktionsfähigkeit des Stentorenkörpers bedingen. Es sind homogen erscheinende Fäden von ovalem Querschnitt (*D*), die überdies noch eine Querstreifung erkennen lassen (*C*). Ueber ihnen an der Seite des Zwischenstreifens erheben sich die feinen Körperwimpern (*w*). Die Fig. 9 und 10 können die Verhältnisse deutlicher erklären, als eine ausführliche Beschreibung. Die Streifen auf dem Stirnfeld sind von denen des übrigen Körpers nicht unterschieden; sie stammen ja auch von diesen her, wie wir bei der Theilung sahen. Sonst hat aber das Vorderende noch besonders ausgebildete Organe, die einer näheren Betrachtung bedürfen; das sind die grossen Stirnwimpern. Dieselben stellen nämlich nicht einfache Fäden vor, sondern sogenannte Wimperplatten oder Membranellen, d. h. Blättchen, welche

deutlich ihre Entstehung aus der Verschmelzung einer Reihe von einzelnen Wimpern erkennen lassen. Solcher Blättchen sind es zweie, die sich zusammenlegen und auf diese Weise eine Membranelle erzeugen. Die Blättchen stehen auf Leisten auf, die bei starker Vergrösserung sehr deutlich zu sehen sind, wie die Fig. 10 es versinnbildlicht. Von jeder Membranelle senkt sich nun ein Fortsatz, die sogenannte Basallamelle, in das weiche Innenplasma ein und endigt in einem feinen Fädchen, dem Endfaden. Alle Endfäden des ganzen Wimperkranzes werden vereinigt durch einen unter den Basallamellen

herlaufenden Faden, die Basalfibrille, welche auf der halbschematischen Fig. 10 dargestellt ist. Dieser ganze wunderbar complicirte Apparat

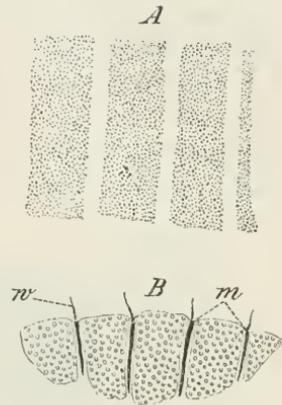


Fig. 9.

A die abgehobene oberste Schicht dreier blauer Rippenstreifen von Stentor coeruleus. *B* ein „geklärtes“ Stück. *w* die Wimpern, *m* die Muskelfibrillen.

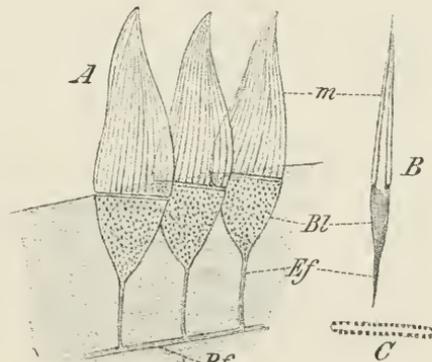


Fig. 10.

A drei Stirnwimpern (Membranellen) v. Stentor, *B* eine solche von der Seite (schematisch), *m* die Wimperplatten, *Bl* Basallamelle, *Ef* Endfaden, *Bf* Basalfibrille, *C* die Basis einer Membranelle.

hat offenbar die Bedeutung, die Wimperbewegung zu reguliren; wenigstens spricht hierfür das Experiment. Die Wimperung läuft wie eine Welle über den ganzen Wimperkranz hin, macht man aber an irgend einer Stelle des Kranzes einen Einschnitt, so setzt sich die Welle nicht auf die andere Seite des Schnittes fort, sondern die Bewegung ist von hier an keine korrespondirende mehr. Schliesslich soll noch die Fig. 11 ein Bild davon geben, in

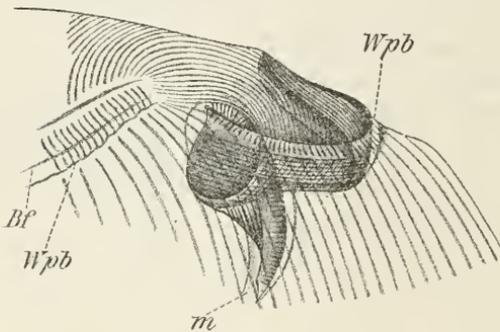


Fig. 11.

Der Schlundapparat von Stentor. *Wpb* Wimperband, *Bf* die Basalfibrille (vgl. Fig. 10), *m* Mund.

welch merkwürdiger sinnerreicher Weise der durch spiraloge Einsenkung des Scheitelfeldes entstandene Schlundapparat konstruirt ist.

Diese für einen einzelligen Organismus erstaunlich feinen Apparate — und wie viel feinere werden sich überdies noch unserer Beobachtung entziehen — diese alle werden bei der künstlichen Theilung aus scheinbar indifferentem Material aufgebaut und zwar in verhältnissmässig kurzer Zeit. Merkwürdigerweise geht die Neubildung beim dekapitirten Stentor den gleichen Schritt wie bei der natürlichen Zweitheilung, es entsteht also der neue Wimperkranz auf der Seite des Thieres und am vorderen Ende, wo die Wundfläche zuerst ein feinkörniges Wesen annimmt, legen sich die Streifen zum Scheitelfelde an, um welches sich dann der Wimperkranz herumlegt (s. Fig. 7). Diese Thatsache scheint mir schon darauf hinzuweisen, dass die Regenerationsfähigkeit keine zufällige, sondern eine von der Natur gewollte Eigenschaft des Stentor-Protoplasmas ist, dass also, wie wir das bei den regenerationsfähigen vielzelligen Organismen annehmen müssen, auch bei den Einzelligen die Kraft verloren gegangene Theile zu ersetzen, desshalb besteht, weil die Thiere auch im normalen Leben allerlei Verletzungen durch Feinde und ungünstige Lebensbedingungen davon tragen. Damit hängt es wohl auch zusammen, dass manche Infusorien die Regenerationsfähigkeit zu besitzen scheinen, so z. B. eine im Darne des Frosches in Massen lebende Form (*Opalina ranarum*); diese ist als Parasit eben äusseren Fährlichkeiten nicht ausgesetzt.

Wenn man den merkwürdig konstruirten Wimpermechanismus

und seine Verwendung zu zweckentsprechenden Bewegungen betrachtet, wird man selbstverständlich auf die Frage kommen, ob nicht auch ein nervöser Apparat im Infusorienkörper vorhanden sei, der die physischen und psychischen Vorgänge beherrscht und leitet. Die Annahme, wonach im Innenplasma Nervenbahnen vorhanden sein können, widerlegt die Beobachtung, dass dasselbe einem Brei ähnlich beweglich ist; aber auch die Rinde scheint Nervenbahnen nicht zu enthalten, wenigstens nicht solche, welche mit einem Centralorgan in Verbindung stehen. Dagegen spricht z. B. die Beobachtung, dass zwei in Theilung begriffene Stentoren, so lange nur eine, wenn auch noch so dünne, Brücke zwischen ihnen besteht (Fig. 5), gleichgerichtete oder wenigstens zweckentsprechende Bewegungen ausführen; das wäre ja nicht denkbar, wenn Beide ein selbständiges nervöses Centralorgan besäßen. Aber noch viel sicherer spricht auch hier das Experiment: Auch die vom Körper abgeschnittenen Theilstücke behalten ihr Bewegungsvermögen, so lange sie überhaupt lebensfähig sind bei, die Wimpern z. B. schlagen ganz wie bei dem unverletzten Thier, ich will gleich hinzufügen, auch bei solchen Theilstücken, welche bei der Operation keinen Antheil am Kerne mitbekommen haben. In sehr eingehender Weise sind die Wirkungen studirt worden, welche Licht und Wärmereize, mechanische, akustische, chemische und galvanische Reize auf den Infusorienkörper ausüben. Ganz dieselben Reaktionen, ganz identische Reizbewegungen zeigen die künstlich erzeugten Theilstücke, also kleine aus dem Zusammenhang mit dem Gesamtorganismus gerissene Fetzen. Wie wäre das möglich, wenn ein Centralorgan und ein von demselben ausgehendes und von ihm abhängiges Nervensystem vorhanden wäre?

Wenn wir andererseits doch am Infusorienkörper alle Aeusserungen eines mit Nervensystem ausgestatteten Organismus erkennen, so müssen wir schliessen, dass jedes Plasmatheilchen, nervöses Centralorgan und Leitungsbahn in einer Person sein muss, d. h. dass die nervöse Potenz des einzelligen Thieres und wohl der Zelle überhaupt eine Diffuse ist.

Die Willensäusserungen beherrschen jedes Protoplasmaelement ganz gleichmässig oder, wie es auch ausgedrückt worden ist, „jedes Protoplasma-Elementartheilchen hat seine eigene selbständige Psyche“¹. Hiermit widerlegt sich selbst die Ansicht, welche in dem Kern, dem Organ, welches keiner Zelle fehlt, das psychische Centrum der Zelle, aber auch des einzelligen Organismus sehen wollte. Ueber die Be-

¹ VERWORN, Psycho-Physiolog. Protistenstudien. Jena 1889, p. 190.

deutung des Kernes aber ins Klare zu kommen, war wohl die Hauptveranlassung zu den vivisektorischen Experimenten an Infusorien und von diesem Gesichtspunkt aus, müssen wir jetzt nochmals auf dieselben zurückkommen.

Wir sahen, dass alle möglichen vom Stentor abgeschnittenen Stücke sich zu regeneriren im Stande waren, wie auf den Figuren 7 *A*, *B*, *C* angegeben ist. Macht man aber z. B. einen Versuch in der Weise, dass man von einer grösseren Anzahl von Stentoren aufs Geradewohl die Hinterenden abschneidet und bringt letztere in ein kleines Uhrschälchen, so zeigt sich meistens, dass am anderen Tage nicht alle Theilstücke wieder regenerirt sind. Gelingt es, dieselben mit den bekannten Kernfärbungsmitteln zu behandeln, so stellt sich heraus, dass die Nichtregenerirten kernlos sind und nur diejenigen, welche im Stande waren, sich wieder zu regeneriren bei der Operation ein Stück des Kernes mit bekommen haben. Man kann den Versuch in verschiedenster Weise wiederholen. Fig. 12 z. B. zeigt einen in 3 Stücke zerschnittenen Stentor, wo die Schnitte so geführt wurden, dass die Theile *A* und *B* kernlos wurden, während der mittlere den Kern enthielt. Da zeigt sich denn, dass die beiden ersten Stücke die verloren gegangenen Theile nicht wieder zu ersetzen vermochten, sich zusammenkugelten, keine neuen Wimpern, keinen Mund, keine kontraktile Blase mehr erzeugten, und dann allmählich

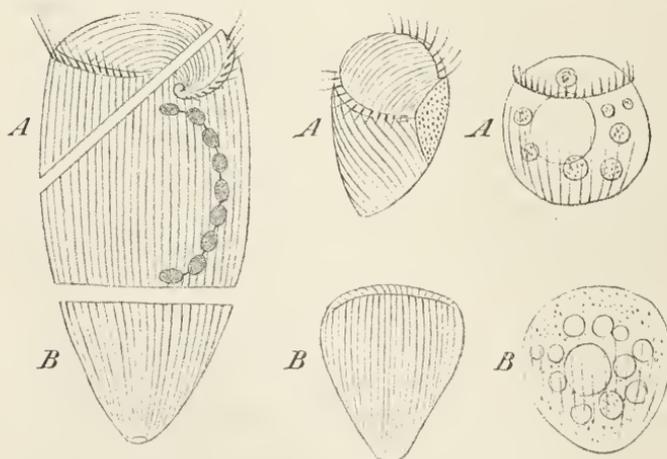


Fig. 12.

zu Grunde gingen. Auch Stücke, die an vorderen Theil des Körpers so herausgeschnitten werden, dass kein Theil des Kernes mitgeht, sind nicht im Stande sich zu regeneriren, sie gehen zu Grunde, auch wenn sie Schlund und Mund enthalten. Sie schwimmen wohl noch eine

zu Grunde gingen. Auch Stücke, die an vorderen Theil des Körpers so herausgeschnitten werden, dass kein Theil des Kernes mitgeht, sind nicht im Stande sich zu regeneriren,

sie gehen zu Grunde, auch

wenn sie Schlund und Mund enthalten. Sie schwimmen wohl noch eine

Zeit lang scheinbar munter umher, aber allmählich wird das Protoplasma blasig, offenbar dadurch, dass Wasser eindringt und der Körper zerfällt, ohne irgend welche Neubildung zu Stande gebracht zu haben. Man kann das Experiment wiederholen so oft und wie man will, immer wird man dasselbe Resultat erhalten. Ein Fortvegetiren des Theilstückes für kürzere oder längere Zeit ist möglich, die Bewegungsfähigkeit, die Empfindlichkeit ist nicht gestört, aber der Wundheilungsprocess ist kein durchgreifender und wie gesagt, nichts von dem was verloren gegangen, kann ersetzt werden. Neue Organe können ohne Zuthun des Kerns nicht entstehen. Ich sagte oben, dass man bei den Infusorien zwei getrennte Kernbestandtheile unterscheiden muss, die Grosskerne und die Kleinkerne. Dass es der Grosskern ist, welcher die Organbildung im Infusorium veranlasst und überhaupt ermöglicht, sei es nun bei der natürlichen Theilung oder bei der künstlichen Durchschneidung, bestätigt ein weiteres Experiment:

Stentoren wurden im conjugirten Zustande zerschnitten. Wie gesagt geht bei der Conjugation der alte Grosskern zu Grunde, während sich aus den copulirenden Kleinkernen ein neuer Grosskern aufbaut. Bei solchen Stentoren nun, bei welchen der Grosskern im Zerfall begriffen war (Fig. 6 II—VII), fand keine Regeneration statt trotz der Anwesenheit der Kleinkerne, der Stentor verhielt sich also wie ein kernloses Theilstück; erst in dem Stadium, wo der Kleinkern die Gestalt und damit auch den physiologischen Charakter des Grosskernes angenommen hatte (Fig. 7 VIII) trat das Regenerationsvermögen wieder in vollem Maasse ein.

Im Kleinkern der Infusorien haben wir offenbar nur ein Reservoir für die Kräfte zu sehen, welche dann zur Wirkung gelangen, wenn sich aus ihm der Grosskern aufgebaut hat.

Wir werden aus all' diesen Beobachtungen den Schluss ziehen müssen, dass der Kern das wichtigste Organ der Zelle ist. Alle Differenzirungen des Zellkörpers haben ihre Quelle im Kern gehabt, der Kern ist es, mit anderen Worten, welcher der Zelle ihre Physiognomie aufdrückt.

Wie wunderbar stimmen diese Resultate unserer Experimente mit den Entdeckungen zusammen, welche auf dem Gebiete der Befruchtungslehre gemacht worden sind. Auch hier hat sich herausgestellt, dass der Kern der Keimzelle es ist, welcher alle Eigenschaften in sich trägt, die später während und nach vollendeter Entwicklung an dem Organismus zum Ausdruck kommen. Wie beim

Stentor der Kern den individuellen Charakter des Infusoriums bestimmt, so muss beim vielzelligen Organismus der Kern der sich entwickelnden Eizelle die Charaktere aller aus ihr hervorgehenden Zellfolgen und somit des ganzen Individuums in sich eingeschlossen halten. Wie kann man sich aber den mechanischen Process denken, durch welchen bei einem Stentor der Kern z. B. ein Wimperplättchen mit all' seinen Theilen zur Entstehung bringt? Stellen wir uns zur Erklärung auf den Standpunkt, welchen WEISMANN¹ in seinem grossen Werke „Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung“, einnimmt, so sind alle Eigenschaften der Zelle, also hier des Infusoriums, an kleinste Lebenselemente gebunden, welche im Kerne enthalten sind; um nun ein Zellorgan aufzubauen, müssen diese Elementartheilchen aus dem Kerne austreten, müssen an den Ort hinwandern, wo das Organ zu entstehen hat, und dort das noch indifferente Körperplasma zur Umgestaltung veranlassen.

Uns ein Bild von der gewaltigen Anzahl der auf winzigem Raume zusammengedrängten Elemente zu machen, wird uns wohl schwer, dass sie aber da sein müssen, daran wird nach allem, was wir jetzt wissen, nicht mehr gezweifelt werden können.

Bei einer so überaus complicirt gebauten Zelle, wie es der Stentor ist, muss natürlich auch eine sehr grosse Verschiedenartigkeit der formbestimmenden Lebenselemente angenommen werden. Die Gewebezelle irgend eines Organes höherer Organismen hingegen ist in Folge der Arbeitstheilung in ihren Leistungen und dementsprechend auch in ihrem Bau sehr viel einfacher geworden und im Allgemeinen wird deren Kern wohl nur wenige Arten von jenen Elementartheilen enthalten. So complicirt auch der Bau des Stentors und damit die uns unsichtbare Struktur des Kernes ist, was ist dies im Verhältniss zum Kern der Keimzelle, aus welchem eine hochentwickelte Pflanze oder ein Wirbelthier hervorzugehen hat. Das scheinbar Unfassliche aber in dieser Vorstellung wird uns fasslicher, wenn wir bedenken, dass, so gross auch der Unterschied zwischen einem Infusorium und einem hochorganisirten Thiere sei, derselbe doch ein qualitativer nicht ist. Wir können uns vorstellen, dass dieselben Lebenselemente hier und dort zur Grundlage dienen, nur in immer neue Combinationen gebracht. Diese Verwandtschaft zeigt sich sehr deutlich an der Uebereinstimmung mancher Organe der Infusorien mit solchen höheren Organismen. Ein merk-

¹ WEISMANN, Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung. Jena 1892.

würdiges Beispiel liefert uns abermals der Stentor coeruleus: Wie ich schon sagte bestehen die Wimpern oder Membranellen am Scheitelfeld des Stentor aus zwei an einander liegenden Plättchen, von denen jedes aus zusammengeschmolzenen Cilien entstanden ist; wir unterscheiden weiter die Basalleisten, die Basallamelle und deren Endfaden. Betrachten wir dagegen eine Wimperzelle, wie sie bei

Mollusken vorkommen, eine sogenannte Eckzelle einer Kugelmuschel *Cyclas* (Fig. 13). Welch merkwürdige Uebereinstimmung!

Da finden wir ganz ebenso die beiden aus einzelnen Cilien verschmolzenen und zu einer Membranelle vereinigten Platten; wir sehen, von oben betrachtet, die beiden parallelen Leisten oder Basen derselben, gerade wie beim Stentor; weiter erkennen wir mit vollkommener Deutlichkeit eine Basallamelle, die ebenfalls in einen Endfaden ausläuft, alles bis ins Einzelne wie bei dem Wimperapparat des Infusoriums, nur dass es sich dabei um eine ganze Zelle handelt, wie uns schon der Zellkern erkennen lässt, der neben der Basallamelle deutlich hervortritt.

Wenn wir also annehmen, dass kleinste Lebens-Einheiten von bestimmtem Charakter den Aufbau der Wimper des Stentors bewerkstelligen, andere die Muskelfaser erzeugen, andere die Bestandtheile der Rinde, die Körpercilien u. s. w., so werden wir bei der Eckzelle der hochorganisirten Muschel sagen können, sie enthält vorwiegend nur solche Lebens-elemente, welche eine Membranelle mit ihren Nebenapparaten erzeugen. Diese Ele-

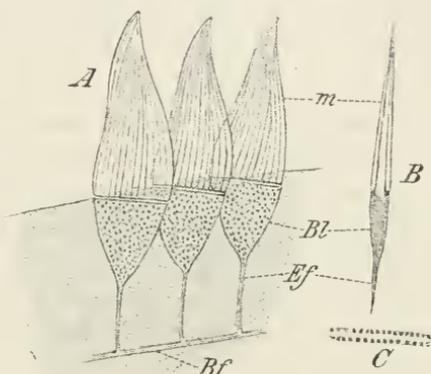


Fig. 10.

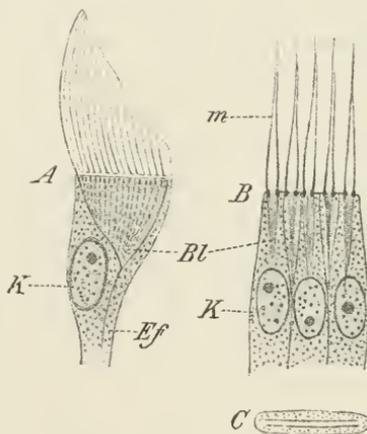


Fig. 13.

Oben Membranellen von Stentor (s. Erklärung auf Fig. 10). Unten Wimperzellen der Kugelmuschel (*Cyclas cornea*). *A* von der Fläche, *B* von der Seite (3 Zellen); *m* Membranellen, *Bl* Basallamellen, *Ef* Endfaden, *K* Kerne. *C* Die Basis einer Wimper.

Diese Ele-

mentartheilchen der Muschelwimperzelle müssen aber gleich sein und sich in gleicher Weise kombinirt haben, wie jene, welche der Kern des Stentor zum Aufbau der Stentorenwimper entsandt hat, denn die Gebilde sind in ihrem Bau und ihrer Funktion einander gleich. So finden wir also in einem Thiere, das schon hoch auf der Stufenleiter der vielzelligen Organismen steht, dieselben Grundelemente wieder wie in dem einzelligen Infusionsthierchen. Es möge dies genügen meine Damen und Herren, um Ihnen zu zeigen, dass wir doch zu recht weittragenden Schlüssen gelangen können selbst durch so unscheinbare an den kleinsten Lebewesen ausgeführte Versuche. In der That sind diese Experimente im Vergleich mit den meisten anderen auf dem Gebiete der Experimentalphysiologie sehr wenig schwierig. Es gehört nichts weiter dazu als eine ruhige Hand und eine einfache Ueberlegung! Noch eins: Uns erscheint es wenig, wenn wir sagen: eine ruhige Hand und eine einfache Ueberlegung, aber bedenken Sie welch' komplizirter Mechanismus, welches verwickelte Ineinandergreifen von Nerven, Muskeln, Sehnen, Knochen, Blutgefäßen u. s. w. doch dazu gehört, um das zu Stande zu bringen, was wir eine ruhige Hand nennen und gar eine einfache Ueberlegung! Noch sind wir trotz der ungeheueren Fortschritte der Wissenschaft nicht im Stande, all die Bahnen des mechanischen Prozesses zu verfolgen, der zu einem einfachen Gedanken führt. Und doch haben wir gesehen, dass auch in dem mikroskopisch kleinen einzelligen Infusorium dieselben Grundelemente vorhanden sind, welche durch unendliche Entfaltung und Umstellung schliesslich auch zum Aufbau der Krone der Schöpfung, des Menschen geführt haben müssen. Wieder und wieder der Beweis von dem göttlich einfachen aber auch göttlich gewaltigen Gesetze der Einheit der Natur!

Anmerkung.

Der Aufsatz ist hier so abgedruckt, wie er als populärer Vortrag gehalten worden war. Es ist daher von einem kritischen Abwägen fremder Beobachtungen und Ansichten gegenüber den eigenen Abstand genommen.

Litteratur über die Gattung Stentor

(nach BÜTSCHLI in Bronns, Classen u. Ordn. d. Thierreichs. Leipzig 1887—89).

- TREMBLEY, A. Translat. of a lettre fr. A. Tr. t. the Pres. with. observations upon several newly discovered species of fresh-water Polypi. Philos. Transact. Vol. 43, 1744, p. 169—183.
- BAKER, The microscope made easy and employment for the microscope. 2 Vols. London 1743—53. Beyträge zum nützlichen und vergnügend. Gebrauch u. Verbess. d. Microscopii aus d. Engl. ins Deutsche übers. Augsburg 1754. 17 Taf
- RÖSEL, A. J., Monatlich herausgegebene Insektenbelustigungen. III. Th. Nürnberg 1755, p. 595—617, Taf. 94—100.
- SCHRANK, F. Paula von, Nachricht von einigen kaotischen Thieren. Abh. der bayer. Akad. Bd. 2, 1780, p. 467—480, 2 Taf.
- EICHHORN, J. C., Wasserthiere, die mit blossem Auge nicht gesehen werden können und die sich in den Gewässern um Danzig befinden. Danzig 1775. Neue Auflage (Beitr. z. Naturg. d. kleinsten Wasserthiere). Berlin 1781.
- LINNÉ, C. de, Systema naturae.
- MÜLLER, O. F., Animalcula infusoria fluviat. et marina etc., op. posth. cura O. Fabricii Hafniae et Lipsiae 1786, 50 Taf.
- LAMARK, J. B. P. A. de, Hist. nat. des animaux sans vertèbres 1815—1816.
- OKEN, Lehrbuch der Naturgeschichte. 3 Th. Leipzig 1815.
- EHRENBERG, Chr. G. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Leipzig 1838. 64 Taf. (Atlas).
- „ Diagnosen von 274 neuen Infusorien. Monatsber. d. Berliner Akad. 1840, p. 197—219.
- DUJARDIN, F., Histoire naturelle des zoophytes infusoires. 1841, 22 Taf.
- ECKHARD, C., Die Organisationsverh. der polygastrischen Infusorien etc. Arch. f. Naturgesch. 1846. I. p. 209—235, 1 Taf.
- SCHMARDA, L. K., Kleine Beitr. z. Naturgesch. der Infusorien. Wien 1846.
- SCHMIDT, Osc., Einige neue Beobacht. über die Infusorien. Frierieps Notizen f. Natur- u. Heilkunde. 3. Reihe, IX. 1849, p. 5—6.
- PERTY, M., Zur Kenntniss kleinster Lebensformen etc. Bern 1852. 17 Taf.
- LACHMANN, H. Fr. J., Ueber d. Organis. d. Infusorien etc. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1856, p. 340—398.
- CLAPARÈDE et LACHMANN, Études sur les infusoires et les rhizopodes Mém. instit. Gènevoise 1858 1859 1861.
- WRIGHT, Str., Description of new. Protozoa. Edinb. n. philos. Journ., n. 3, Vol. VII. 1858.

- STEIN, Fr., *Der Organismus der Infusionsthierc etc.* Bd. I Leipzig 1854. Bd II Leipzig 1867.
- „ Ueber die Conjugation d. Infus. und die geschlechtl. Fortpfl. d. Stentoren. Sitzungsber. d. königl. böhm. Ges. d. Wiss. Prag 1861, p. 62—77.
- „ Ueber ein. neue Result. seiner Infusorienforschg. Tagebl. d. 42 Vers. d. Naturf. u. Aerzte. Dresden 1868, p. 82.
- BALBIANI, G., *Observ. et expér. sur le phénom. de la reprod. fissipare chez les infus. ciliés.* Comptes rend. Ac. sc. Paris, T. 51. 1860, p. 319—322.
- „ *Recherches sur les phénomènes sexuelles des infusoires* Journ. de la physiol. Taf. IV. 1861.
- MONON, *On some points in the anatomy of Stentor and its mode of division.* Journ. of anatomy and physiology. Vol. III, 1869.
- BARRET, C. A., *On a new tube dwelling Stentor.* Monthly microsc. journal. Vol. III, 1870.
- FROMMENTEL, E. de, *Étude sur les microzoaires où infusoires proprement dits.* Paris 1874. 30 Taf.
- BÜTSCHLI, O., *Studien etc.* Abh. d. Senckenb. naturf. Ges. Frankfurt a. M. Bd. X, 1876.
- COX, J. D., *Multiplication by fission in Stentor Mülleri.* amer. naturalist. V. X, 1876.
- SIMROTH, H., *Zur Kenntniss des Bewegungsapparats d. Infusionsthierc.* Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII, 1876, p. 51—86.
- GRUBER, A., *Die Haftorgane der Stentoren.* Zool. Anz., Jg. I, 1878, p. 390—391.
- „ *Die Protozoen des Hafens v. Genua.* Nova acta Carol. Leop. Ac. Vol 46, 1884.
- „ *Beitr. zur Kenntn. d. Physiol. u. Biol. d. Protozoen.* Ber. der naturf. Ges. in Freiburg i. B. Bd. I, 1886.
- „ *Kleinere Mittheilg. über Protozoenstudien.* Ibid. Bd. II, H. 3, 1886.
- „ *Einzellige Zwerge.* In Festschrift f. Rud. Leuckart. Leipzig 1892.
- KENT, W. S., *A manual of the infusoria.* London 1880—82 (2 Bd. u. Atlas).
- MAUPAS, E., *Contribution à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés.* Ann. d. Zool. expér. (2). Taf. I, 1883.
- STOKES, A., *Notices of new Fresh water Infusoria.* Amer. monthly micr. Journ. Vol. VI, 1885.
- DADAY, E. von, *Ein kl. Beitr. zur Kenntn. d. Infusorienfauna d. Golfes v. Neapel.* Mitth. d. zool. Stat. zu Neapel. Bd. VI, 1886.
- MASKELL, W. M., *On the fresh water Infusoria of the Wellington district.* Transact. N. Zealand Inst. Vol. 19, 1887(?).
- BALBIANI, G., *Recherches expér. sur la mérotomie des infusoires ciliés.* Recueil zoologique de la Suisse. Taf. V, 1888.
- „ *Nouvelles recherches exp. etc.* Annales de micrographie. Taf. IV. Paris 1892.
- BÜTSCHLI, O., *Protozo in Bronn's Cl. u. Ordu. d. Thierreichs, III. Abth.* Leipzig. 1887—89.
- SCHUBERG, A., *Zur Kenntniss d. Stentor.* Zoolog. Jahrbücher (Abth. f. Anat. u. Ontog. d. Thiere), Bd. IV, 1890.
- BALBIANI, G., *Sur la formation de monstres doubles chez les infusoires.* Journ. de l'anat. et physiol. T. 27, p. 169—196, 1891.
- „ *Sur les régénérations successives du péristome etc.* Zool. Anz. No. 372 373, 1891.

Litteratur über vivisektorische Experimente bei Protozoen.

- BRADNT, K., Ueber Actinosphärium Eichhornii. (Dissertation.) Halle 1877.
- NUSSBAUM, M., Ueber spontane u. künstl. Theilg. von Infusorien. Verh. d. naturhist. Vers. d. preuss. Rheinl. Bonn 1884.
- „ Ueber die Theilbarkeit der lebenden Materie, I. Die spontane u. künstl. Theilg. d. Infusor. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26, 1886.
- GRUBER, A., Ueber künstl. Theilg. bei Infusorien, I. Biolog. Centralbl. Bd. IV, No. 23, 1885.
- „ Biolog. Centralbl. II. Ibid. Bd. V, No. 5, 1885.
- „ Beitr. zur Kenntn. d. Biologie und Physiologie der Protozoen. Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. B, Bd. I, 1886.
- „ Kleinere Mittheilungen über Protozoenstudien. Ibid. Bd. II, Heft 3, 1886.
- BALBIANI, E. G., Recherches expérim. sur la mérotomie des infusoires ciliés. Recueil zool. de la Suisse. Taf. V, 1888.
- VERWORN, M., Biolog. Protistenstudien I. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 46, 1888.
- „ Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889.
- „ Die polare Erregung d. Protisten durch den galvan. Strom. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 46, 1889.
- HOFER, Br., Experimentelle Untersuchungen über d. Einfluss d. Kerns auf d. Protoplasma. Jen. Zeitschr. f. Naturk. Bd. 17. N. F. 1889.
- VERWORN, M., Die physiologische Bedeutung d. Zellkerns. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 51. 1891.
- BALBIANI, E. G., Nouvelles recherches expérim. sur la mérotomie d. infusoires ciliés. Annales de micrographie. T. IV, 1892.
- „ Annales P. II. Janv. 1893 (nach Abschluss des Drucks erschienen).

Bemerkungen über die Abbildungen.

- Fig. 4 ist nach SCHUBERG (Zur Kenntn. d. Stentor coeruleus s. Litteraturverz.).
- Fig. 6. Die Bilder sind theilweise nach bildlichen und schriftlichen Angaben von BALBIANI (Nouvelles recherches etc. s. Litteraturverz.) und MAUPAS (Le rajeunissement Karyogamique chez les ciliés. Arch. d. Zool. exp. et génér. 2 Sér. Vol. VII) frei entworfen. MAUPAS's Angaben beziehen sich auf die nahe verwandte Art Spirostomum
- Fig. 7 und 12 sind nach meinen eigenen Angaben und denen BALBIANI's (l. c.) frei entworfen.
- Fig. 8. Nach den Abbildungen in BÜTSCHLI's Protozoen (Class. u. Ordn. etc., s. Litteraturverz.).
- Fig. 10. Nach SCHUBERG's Angaben (l. c.) schematisch dargestellt.
- Fig. 11. Nach SCHUBERG (l. c.).
- Fig. 13. Nach ENGELMANN, Th. W., Zur Anatomie und Physiologie d. Flimmerzellen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 23, 1880, Taf. V.
- Die Abbildung ist insofern ein wenig verändert, als bei ENGELMANN die Membranelle durch Reagentien in ihre einzelnen Fasern aufgelöst ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Gruber August

Artikel/Article: [Mikroskopische Vivisektion. 47-67](#)