

## Untersuchungen an *Vorticella nebulifera*.

Von

Dr. phil. Eduard Everts  
in Haag.

---

Mit Tafel XXX.

---

Zu der vorliegenden Untersuchung, welche unter der Leitung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor EHLERS im zootomischen Institute zu Erlangen ausgeführt wurde, veranlasste mich zunächst eine ausführliche Abhandlung von GREEFF<sup>1)</sup> über Vorticellen, in welcher eine früher von LACHMANN<sup>2)</sup> vorgetragene Ansicht über die Auffassung des Körperbaus dieser Thiere aufs Neue vertreten wurde.

Der Versuch, durch eigene Erfahrung diese Verhältnisse näher kennen zu lernen, hat mich zu Resultaten geführt, welche mit den GREEFF'schen Anschauungen nicht ganz übereinstimmen. — Ausserdem erschien mir die immer noch zweifelhafte Entwicklungsgeschichte der Vorticellen als ein der Erforschung würdiges Ziel.

Für wichtig hielt ich es, meine Untersuchung an ein und derselben Art zu machen. Ich studirte zu dem Ende speciell *Vorticella nebulifera* Ehrh., weil ich von dieser Art stets genügendes Material vorfand. Nach meinen Beobachtungen gebe ich die folgende Schilderung von dem Verhalten nur dieser Art. — Eine ausführliche literarhistorische Darstellung brauche ich nicht zu geben, da eine solche sich

---

1) Archiv für Naturgeschichte, herausgegeben von Dr. TROSCHEL. Berlin 1870. p. 333.

2) J. MÜLLER. Archiv für Anatomie, Physiologie und wiss. Medicin. Berlin 1856. pag. 340.

in GREEFF'S Arbeit findet. Eine kurze Mittheilung meiner Resultate veröffentlichte ich in den Sitzungsberichten der Erlanger phys. med. Gesellschaft. Heft 5. 26 Mai 1873.

*Vorticella nebulifera* (Ehrb.) fand ich in unmittelbarer Nähe von Erlangen in einem stark mit Pflanzenwuchs besetzten, von Wasser durchflossenen, schlammgrundigen Graben einer Wiese vom Februar bis zum Juli stets in grosser Anzahl.

Wie EHRENBURG erwähnt<sup>1)</sup> und wie ich bestätigen konnte, ist es speciell diese Art, welche im Winter selbst unter Eis vorkommt. Nur selten erscheint sie isolirt, sondern lebt gesellig, ganze Colonien bildend, welche als wolkenähnliche Ueberzüge verschiedene Gegenstände bedecken und als solche schon mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können. Im Winter fand ich sie vorzüglich an den Schalen von Planorbis; als später das Wasser eine Decke von Wasserlinsen erhalten hatte, fand ich sie fast ausschliesslich an diesen; sowie an ihren Wurzeln.

## I.

### Bau des Körpers.

#### a. Aeussere Körperform.

Die Gestalt der *Vorticella nebulifera* ist die einer Glocke, welche mittelst eines längeren oder kürzeren Stieles befestigt ist. Ist das Thier vollständig ausgestreckt, so erscheint die Glocke etwa  $4\frac{1}{2}$  mal so lang als breit, in der Mitte etwas bauchig und von oben nach unten spitz zulaufend. Ein zur Glockenmündung parallel gelegter Querschnitt ist in jeder Höhe kreisrund (Fig. 1).

Nach oben verfolgt schlägt sich die Wand der Glocke kragenartig nach aussen um und bildet auf diese Weise einen flachwulstigen Rand. Dieses Gebilde nennen wir das Peristom (Fig. 1 p).

Die Glockenmündung wird bedeckt von einer deckelartigen, gewölbten Scheibe, welche bis auf eine Stelle vollständig mit dem Peristom verwachsen ist (Fig. 1 w). Diese offene Stelle (Fig. 1 e) ist eine Eingangsöffnung, welche in das Innere des Körpers führt. Wenn die Vorticelle ganz ausgestreckt ist, so bildet die Scheibe mit dem Peristom einen spitzen Winkel. Von der Stellung der Wimperscheibe zum Peristom hängt die jeweilige Grösse der Eingangsöffnung ab.

Die Scheibe trägt an ihren Rändern einen Kranz von Wimper-

1) Die Infusionsthierchen p. 270 Taf. XXV Fig. 4.

haaren. Im Eingange der Oeffnung stehen im unmittelbaren Anschluss an diese Wimpern Flimmerhaare, welche die ersteren an Länge zu übertreffen scheinen. Denken wir uns nun so vor dem mit der Glocke aufwärts gerichteten Thiere stehend, dass die Eingangsöffnung von uns abgewendet ist, so geht die Bewegung der Wimpern von links nach rechts um die Scheibe herum und setzt sich in die der Eingangsöffnung fort.

Die Oberfläche der Glocke ist äusserst glatt; sie zeigt bei starker Vergrösserung eine feine, parallele Querringelung aus Reihen feiner Pünctchen bestehend.

Auf dem unteren Theile der Glocke bemerkt man eine deutliche Längsstreifung, welche nicht aus Körnchen besteht, sondern zierliche ununterbrochene Linien bildet (Fig. 4 m); an dem oberen Theile konnte diese Längsstreifung nur im günstigen Falle und bei äusserst starker Vergrösserung verfolgt werden, und war dann hauptsächlich an den Rändern sichtbar.

Der vollständig glatte Stiel ist nicht selten von bedeutender Länge, welche die der Glocke manchmal um das sechsfache übertrifft. Er ist vollständig cylinderförmig und erscheint als eine feste, dicke, hyaline Masse, in deren Innerem ein dunkler Strang verläuft (Fig. 4 s).

Hatte sich die Vorticelle contrahirt, so wurde die Gestalt der Glocke birnförmig. Die Wimpernscheibe ward versenkt und dadurch die Eingangsöffnung vollständig geschlossen; das Peristom hatte sich darüber hingeschlagen und durch seine regelmässige Faltung bei der Contraction des Vorticellenkörpers von oben her das Ansehen einer sternförmigen Zeichnung erhalten (Fig. 5). Ging die Contraction energisch von statten, so war sie immer von einer spiraligen Windung des Stieles begleitet.

Ich fand in der Anwendung von salpetersaurem Silberoxyd ein Mittel, mir ein deutliches Bild von der richtigen Lage von Wimpernscheibe, Wimperkranz und Peristom zu verschaffen. Dieses Reagenz hat nämlich die Eigenschaft, die Vorticelle so rasch ohne Verschrumpfung zu tödten, dass die Wimpernscheibe nicht vollständig versenkt wird; in Folge dessen wird die letztere nur theilweise vom Peristom überdeckt, es bleibt eine Oeffnung bestehen, durch welche die Wimpern als Büschel hervortreten. Fig. 2 giebt die richtige Darstellung dieses von mir oft beobachteten Bildes.

#### b. Zusammensetzung des Körpers.

Der Körper besteht aus einer compacten Masse, in welcher ich, etwas anders als GREEFF, eine centrale und eine Rindensubstanz unterscheidet; und aus dem Kern.

Die centrale Substanz (Fig. 3 i) nimmt den grössten Theil des Körpers ein; im oberen Theil der Glocke wird sie an den Seiten von einer nur dünnen Rindensubstanz gedeckt, im unteren ist diese dagegen beträchtlich verdickt, und damit erscheint die centrale Substanz gegen den Stiel hin stark kegelförmig verschmächtigt. Im Stiel fehlt sie.

Sie ist ein farbloses durchscheinendes Plasma, in welchem feinere und gröbere Körnchen eingebettet sind, welche dunkel und scharf begrenzt erscheinen. Diese Körnchen zeigen bei ruhiger Haltung der ausgebreiteten Glocke eine schon längst bekannte Bewegung, insofern als sie in einer regelmässigen Strömung ihre Lage im Körper verändern. Diese Strömung ist in den peripheren Theilen der centralen Substanz am schnellsten, im Centrum ist sie sehr geringfügig oder fehlt vielleicht ganz. Die Strömung verlief meistens, wenn wir die oben angegebene Stellung der Glocke festhalten, von der Glockenmündung auf der linken Körperseite gegen den Stiel und stieg von hier auf der rechten Seite wieder aufwärts gegen die Mündung. Die Bewegung ist wohl auf Vorgänge im Plasma zurückzuführen; erkennbar war sie nur durch die Ortsveränderungen der Körnchen selbst. Oscillirende Eigenbewegungen habe ich an den Körnchen nicht gesehen. Diese Bewegung ist nicht leicht von jenen Bewegungen zu unterscheiden, welche als Verschiebungen in der Substanz bei Contractionen der Glocke entstehen.

Ausser den Körnchen findet man in der centralen Substanz Futterballen eingelagert, und zwar mit oder ohne helle Sphäre. Ferner zeigt sich eine grössere oder geringere Anzahl grösserer oder kleinerer Vacuolen.

Die von mir als Rindensubstanz bezeichnete Masse ist nicht gleichförmig; vielmehr treten in ihr von innen nach aussen als Differenzierungen auf: ungeformtes Plasma, eine Längsstreifungsschicht und eine Cuticula.

Die innerste Schicht, das formlose Plasma (Fig. 3 v), lagert sich derart um die centrale Substanz, dass sie oben sehr dünn ist, nach unten sich bedeutend verdickt und so den konischen Fortsatz der centralen Substanz umfasst. Ihre Abgrenzung gegen die innere Schicht ist überall eine scharfe. Dieses Plasma ist gleichartig, in hohem Grade durchscheinend und feinkörnig; dem Aussehen nach scheint es von viel zäherer Consistenz, als die innere Substanz zu sein. Auch in ihm findet eine geringe, bis jetzt wohl nicht beschriebene Körnchenströmung statt. Diese Bewegung ist eine durch die Dicke der Substanz im Allgemeinen von oben nach unten und umgekehrt kreisende, so zwar, dass da, wo die centralen Theile dieser Schicht an die peripheren der centralen Substanz angelagert sind, die Strömung in der ersteren der in der letz-

teren befindlich gerade entgegenläuft. (Siehe das Schema in Fig. 3.) Ich erkannte es nur unter starken Vergrößerungen.

Futterballen oder Vacuolen waren niemals in der eben genannten Schicht zu bemerken.

Auf diese formlose körnchenhaltige Schicht folgt nun zunächst nach aussen diejenige, welche wir als eine mit Längsstreifen versehene bezeichnet haben (Fig. 3 *m*). Jene Streifung, welche man, wie oben gesagt, am konisch zulaufenden Theil des Vorticellenkörpers am deutlichsten wahrnimmt (Fig. 4 *m*), besteht aus dunkeln, ununterbrochenen gerade laufenden Linien, welche weit schmaler sind als die helleren Zwischenräume zwischen ihnen. Die diese Streifung tragende Substanz führt in den Stiel hinein, wo sie einen dunkeln spiraligen Strang bildet, den sogenannten Stielmuskel (Fig. 4 und 3 *s*). Die Linien laufen im oberen Theile des Stieles deutlich erkennbar, aber viel dichter neben einander; nur mit äusserst starker Vergrößerung lässt sich diese Bildung eine Strecke weit im Stielmuskel verfolgen.

Aus dem Umstande, dass man im günstigen Falle die Längsstreifung nach dem Peristom zu verfolgen kann, darf man wohl mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass um den ganzen Körper diese eine Streifung tragende Schicht verläuft. Ihr Verhalten in der Wimperscheibe kenne ich nicht. Bezeichnet man den dunkeln Achsenstrang des Stieles als einen Stielmuskel, so wird man, wie GREEFF, diese gestreifte Schicht wegen ihres Zusammenhanges mit jenem als eine Muskelschicht bezeichnen dürfen. Doch muss ich hervorheben, dass irgend eine Bildung, welche man wahren Muskelfasern vergleichen könnte, von mir nicht beobachtet ist; wobei ich nicht in Abrede stellen will, dass dieser Schicht ein Contractionsvermögen wohl zukommt.

Die bekannte Cuticula endlich, welche als die äusserste Lage der Bindenschicht über die ganze Oberfläche verbreitet ist (Fig. 4 und 3 *c*), erscheint als eine farblose, feste Haut. Die Dicke ist am Kelch und am Stiele sehr verschieden. Während die Cuticula nämlich über den Kelch als eine dünne Schicht verbreitet ist, setzt sie sich am Stiele als eine dicke, solide Masse fort und umgiebt dabei den Stielmuskel, der auf ihrer inneren Oberfläche spiralig gewunden herabläuft.

Was den oberen Theil des Kelches anlangt, so überdeckt hier die Cuticula das Peristom und die Wimperscheibe und stülpt sich dann durch die erwähnte Eingangsöffnung in das Innere des Körpers ein; dadurch bildet sie einen Nahrungsschlauch, welchen wir später besprechen werden.

Die Cuticula ist es, welcher, wie GREEFF angegeben, die bereits oben erwähnte Querringelung angehört, die bei stärkerer Vergrößerung

über die ganze Oberfläche bis an das Peristom hin zu verfolgen ist. Ebenso ist diese Querringelung am Stiele zu beobachten; sie wird aus parallelen Reihen dicht an einanderliegender Körnchen gebildet und kann als eine Sculptur der innern Fläche der Cuticula gedeutet werden.

Auf dem Peristom und auf der Wimperscheibe scheint diese Sculptur zu fehlen.

Der Nahrungsschlauch zerfällt in drei verschiedene Abschnitte, den ersten nenne ich mit seinem ersten Beschreiber, LACHMANN, Vestibulum (Fig. 4v); von ihm gehen ein Mund- und ein Afterrohr aus (Fig. 4a und m). Das Vestibulum ist ein ziemlich breiter Kanal, welcher, der horizontalen Achse ungefähr parallel, unmittelbar unter der Wimperscheibe verläuft. Im Innern ist er ganz mit kräftigen Wimpern ausgekleidet.

Die Fortsetzung des Vestibulum nach unten bis etwas über die Hälfte der Länge der Glocke wird gebildet durch einen engeren Kanal, das Mundrohr, dessen Einmündungsstelle in das Vestibulum etwa um  $\frac{2}{3}$  der Breite von der Eingangsöffnung entfernt ist. Es endet kurz vor der Ausmündung mit einer kleinen Ausbauchung in einem kugelförmigen, von mir als Kropf gedeuteten Reservoir (Fig. 4k), in welchem die einzelnen Futterkörnchen zu Nahrungsbällen angehäuft werden. Das Rohr ist seiner ganzen Länge nach mit Wimpern ausgestattet. Einen darüber hinaus gehenden von GREEFF beschriebenen Kanal habe ich nicht erkennen können. — Ein zweites Rohr, welches etwa in der Verlängerung des Vestibulums verläuft und sechsmal kürzer als das eben beschriebene Mundrohr ist, muss als Afterrohr bezeichnet werden. Es ist ebenfalls mit Wimpern ausgekleidet.

In der ganzen Ausdehnung dieser Röhren ist die Cuticula als solche durch ihren doppelten Contour erkennbar. Hier trägt sie deutlich die Cilien; in welchem Verhältniss die sonstigen Schichten der Rindenschicht zu ihr stehen, habe ich nicht beobachtet.

Der oft beschriebene Kern oder Nucleus ist ein in dem formlosen Plasma der Rindenschicht eingebettetes Gebilde (Fig. 3n), welches durch sein dunkles feinkörniges Aussehen vom hellen Plasma absticht. Es ist ein langgestreckter bandförmiger Körper, der sich über  $\frac{2}{3}$  des Umfangs erstreckt und wegen seiner Lage wandständig genannt werden darf (Fig. 1 und 2). Durch Behandlung mit Essigsäure werden seine Lagerungsverhältnisse deutlich gemacht und seine Contouren treten ausserst scharf hervor.

Hieran anschliessend dürfte es angezeigt sein, über den Einfluss von Carmin auf die Körpersubstanz Einiges zu sagen.

Brachte ich eine Vorticelle in eine Carminlösung, welche ich

manchmal sehr concentrirt gebrauchte, so verweilte sie kurze Zeit, ohne im Wirbeln auszusetzen. Brachte ich sie dann in reines Wasser, so war keine Spur von Rothfärbung zu beobachten. Wartete ich dagegen so lange bis das Thier sich contrahirt hatte und abgestorben war, und brachte es dann erst in reines Wasser, so war es roth gefärbt, vor Allem aber war der Kern durch stärkere Färbung ausgezeichnet, während die Cuticula keinen Farbstoff aufgenommen hatte. Diese Erscheinung trat unmittelbar nach dem Absterben ein.

War eine Vorticelle, welche Carminkörnchen im Innern aufgenommen hatte, abgestorben, so bemerkte man wie von diesen ausgehend eine langsam und strahlenartig sich ausbreitende Färbung des Plasma stattfand, bis schliesslich die Färbung, wie sie eben beschrieben, erfolgt war. Es scheint danach, dass, da Carmin unlöslich im Wasser ist, nach dem Absterben des Plasma die Abscheidung eines Stoffes erfolgt, wodurch der Farbstoff in Lösung tritt und das Plasma nun röthet.

Beide Vorgänge aber lehren uns, dass wir es im Körper der Vorticelle mit einer Substanz zu thun haben, die im lebenden und todten Zustande sich gegen Carminfärbung wie das Protoplasma der Zellen und der Zellkern verhält.

Ich lasse hier einige Messungen folgen, welche ich an ein und derselben Vorticelle vorgenommen habe. Die Länge des Vorticellenkörpers war 0,074 Mm., die grösste Breite 0,037 Mm. Dann war die Breite des umgeschlagenen Peristom 0,0092 Mm., die Dicke des Stieles 0,0037 Mm., die des Muskels 0,0012 Mm.

Weiter ergaben die Messungen in einem Körper Folgendes: Breite des Vestibulums 0,0111 Mm., Dicke der Rindenschicht von oben: 0,0017 Mm., von unten: 0,0066. Endlich die Dicke des Nucleus 0,0074 Mm.

## II.

### Lebenserscheinungen.

#### a. Bewegung.

Bei dem vollkommen ausgebildeten, festsitzenden Thiere beschränken sich die Bewegungen nur auf leichtere oder stärkere Contractionen des Vorticellenkörpers, sowie auf ein Zusammenschnellen des Stieles. Diese Erscheinungen werden durch gewisse äussere Einflüsse hervorgerufen, durch Berührung mit fremden Gegenständen, durch leichte Stösse, durch das Zuführen eines Reagenz, z. B. verdünnter Essigsäure u. a.

Die völligen Contractionen finden stets mit grosser Schnelligkeit ruckweise statt; die sonst etwas lang gestreckte glockenförmige, nach dem Stiele zu konische Gestalt contrahirt sich, während der Stiel spiralig aufgerollt wird, zu einem mehr abgerundeten Gebilde, die Wimperscheibe ist in den Körper versenkt und hat den Wimperkranz mitgeführt, darüber hat sich das Peristom geschlagen.

Nach meiner Auffassung ist diese Formveränderung bedingt durch gleichzeitige Vorgänge in der Masse des Stielmuskels und der Muskelschicht der Glocke, so lange der Stiel fest an irgend einem Gegenstande angeheftet ist. Wenn aber, wie das öfter vorkommt, Vorticellen von ihrem Standorte abgerissen sind — sei es nun dass sie noch den ganzen Stiel hinter sich herschleppen oder nur ein Stück davon — so treten unter Fortbewegung starke Contractionen des Stieles ein, welche zuerst und allein vom Stielmuskel ausgehen. Dadurch wird der Stiel bei jeder Anstrengung wie früher spiralig gewunden und stark an die Glocke angezogen. Manchmal stülpte sich nun weiter dabei der ganze hintere Theil der Glocke nach Innen und hier ist wohl anzunehmen, dass nun jene gestreifte Masse, welche am unteren Glockentheile erkennbar ist, durch Contractionsvorgänge den Stiel, welcher seinen Fixationspunct verloren hat, in dieser Weise gleichsam in die Glocke einstülpt (Fig. 2). — Die Wiederentfaltung bei den festsitzenden Vorticellen ist eine äusserst langsame. Das Peristom schlägt sich nach aussen, Wimperscheibe mit Wimperkranz treten wieder hervor, und wenn sich weiter keine Hindernisse mehr in den Weg stellen, so geht die Entfaltung vollständig vor sich; die Glocke ist wieder ebenso wie vorher etwas konisch zulaufend und zu gleicher Zeit hat sich der Stiel wieder gestreckt. Dieser Vorgang kommt wohl nur durch eine Elasticität bestimmter Theile des Körpers zu Stande, und das könnte nur die Cuticula sein.

Der gestreckte Zustand ist es, in welchem das Thier seine gewöhnlichen Lebensäusserungen entwickelt; der orale Wimperkranz ist dann fortwährend in Thätigkeit. Die Wimperbewegung ist, so lange die Wimperscheibe frei ist, stets eine gleichmässige und in der nämlichen Richtung fortlaufende, sie wird nicht, wie bei vielen Infusorien, zeitweilig unterbrochen, oder wie scheinbar nach Willkür vollzogen.

Die Bewegung der Wimpern erzeugt den bekannten Strudel, welcher in der Nähe befindliche, feine Theilchen erfasst und der Eingangsöffnung zuführt; unter dem Einfluss der hier hervorstehenden Wimpern gelangen diese dann in das Innere des Körpers.

Ausser der Herbeischaffung der Nahrung können die Wimpern noch eine Function übernehmen. Wenn nämlich eine noch vollständig glockenförmige Vorticelle von ihrem Standorte losreisst, so schwimmt sie mit

Hülfe ihres Wimperkranzes schraubenähnlich vorwärts. Eine gleiche Bedeutung für die Vorwärtsbewegung hat der bei Theilungsvorticellen auftretende hintere Wimperkranz.

### b. Ernährung.

Meine Beobachtungen über die Vorgänge bei der Nahrungsaufnahme machte ich an Vorticellen, welche in bekannter Weise mit Carmin gefüttert wurden. Eine lebhafte, wirbelnde Strömung wird von den Wimpern der Scheibe unterhalten, so lange das Thier ausgestreckt ist. Durch eine zweite Bewegung, welche von langen aus der Eingangsöffnung hervorragenden Wimpern ausgeht, werden die Carmin-Körnchen nach der letzteren hingeführt und weiter in das Vestibulum geleitet. Das heftige Wirbeln, welches hier stattfindet, macht die Körnchen auf und nieder tanzen, so dass einige in das Mundrohr gelangen, während die grössere Mehrzahl wieder ausgestossen wird. Im Mundrohre werden die Carminkörnchen durch die Wimperbewegung weiter in den als Kropf bezeichneten Abschnitt befördert. Hier findet die erwähnte Anhäufung zu Nahrungsballen statt, welche, nachdem sie eine gewisse Grösse erreicht haben, in die centrale Substanz hinein gestossen und der Plasmaströmung überlassen werden. Sobald nun ein Nahrungsballen in das Plasma gelangt war, sah ich ihn von einer aufwärts gegen die innere Fläche der Scheibe führenden Strömung ergriffen werden, sodann kam er in die Strömung, welche in der Aussenschichte der centralen Substanz stattfindet. Hier wird er nun durch die Strömung bald mehr bald weniger weit fortgeführt, geräth gelegentlich in die weniger beweglichen Theile der centralen Masse und liegt dann bald längere oder kürzere Zeit ruhig. Von Neuem kann er von der lebhafteren Strömung der peripheren Theile erfasst werden, und kommt nun auf diese Weise der Futterballen bis an das Afterrohr, so führt ihn die dort stattfindende Wimperbewegung in das Vestibulum zurück und an dessen oberer Wand entlang nach Aussen.

Gelegentlich erscheinen um die Nahrungsballen, welche in das Plasma eingestossen wurden, helle Zonen, die oft plötzlich wieder verschwinden. Mir scheint, dass das Auftreten dieser Zonen ganz mit der bekannten Erscheinung von Vacuolen übereinstimmt. — Was diese Vacuolen betrifft, so sind die Stellen, an welchen sie auftreten, ebenso unbestimmt, als ihre Zahl schwankend ist. In der Regel bemerkt man eine Menge kleinere Vacuolen und eine grössere; ja öfter sah ich, wie eine colossale Vacuole den grössten Theil der inneren Masse nach der Peripherie drängte, was sich deutlich in der Anhäufung von feinen Körnchen und von Futterballen äusserte. Die entstandenen Vacuolen

verschwinden stets sehr rasch wieder. Ob ihr Inhalt etwa nach Aussen gelangt, habe ich nicht constatiren können, es scheint das aber der festen Cuticula wegen unmöglich zu sein.

### c. Fortpflanzung und Entwicklung der *Vorticella nebulifera*.

Die Fortpflanzung ist, so weit ich sie beobachtet habe, durchaus eine ungeschlechtliche. Die erste Erscheinung, welche diesen Vorgang einleitet, ist eine schon oft beschriebene Theilung in der Richtung der Längsachse, welche nach meinen Beobachtungen hier folgendermassen verläuft.

Ist das Thier geneigt, diese Theilung vorzunehmen, so zieht es allmählig die Wimperscheibe mit dem Wimperorgan in den Körper zurück; das ebenfalls eingezogene Peristom schliesst sich darüber zusammen (Fig. 6). Es gleicht also diese Gestalt der durch zeitweilige Contraction entstandenen. Nun verliert das Thier allmählig das Vermögen die Glocke ganz zu entfalten, bis es endlich in dem contrahirten Zustand verharrt und unter fortwährender, starker Contraction des Stieles eine kugelförmige Gestalt annimmt.

Ist der Process so weit vor sich gegangen, so bleibt der Stiel eine Weile ausgestreckt stehen. Wimperscheibe, Wimperorgan und Peristom sind total verschwunden und scheinen mit dem Plasma verschmolzen zu sein, ebenso konnte ich von dem Nahrungsschlauch nichts mehr bemerken. Die Kugel ist vollständig homogen, eine Cuticula mit Sculptur um den ganzen Körper vorhanden. Der Nucleus hat keine Veränderung erlitten.

Nun fangt die Kugel an, sich stark in die Breite auszudehnen (Fig. 7), während die Stellung des Nucleus insofern eine andere wird, als er sich in die Richtung der horizontalen Achse legt; zu gleicher Zeit nimmt er an Länge zu.

Durch diese Vorgänge ist die Vorticelle so weit verändert, dass die Theilung beginnen kann. Zuerst tritt an beiden Polen eine schmale Vertiefung auf, welche sich allmählig um den ganzen Körper herum fortsetzt, so dass schliesslich eine ringförmige Einschnürung entsteht, die ihn in zwei gleiche, seitliche Hälften theilt (Fig. 8). Die Einschnürung schneidet immer tiefer ein, ist sie nach einiger Zeit auf etwa  $\frac{1}{3}$  der Tiefe gekommen, so bemerkt man, dass auch der Nucleus den Theilungsprocess eingeht. Die Theilung des Körpers und die des Nucleus schreiten gleichmässig fort, so dass nach vollendeter Theilung der Kugel, jede Hälfte des ursprünglichen Nucleus zum Nucleus der neuen Theilungsvorticelle wird (Fig. 9).

Zu derselben Zeit, zu welcher der Nucleus angefangen hat, sich in zwei Hälften zu zerlegen, bemerkt man an dem oberen Ende jeder der beiden Kugelhälften die Andeutung einer Höhlung, in welcher eine Wimperbewegung aufzutreten beginnt. Diese Höhlung deutet gleichsam das erste Entwicklungsstadium von Wimperscheibe und Vestibulum an.

Nach vollendeter Theilung sind zwei deutlich ausgebildete Vorticellen (Fig. 10), die mit einander seitlich verbunden sind, an einem gemeinsamen Stiele vorhanden. Beide Thiere benehmen sich in allen Lebensverhältnissen wie das Mutterthier; beide wirbeln nach Nahrung und zeigen in jeder Hinsicht, dass der Organismus jedes einzelnen vollkommen ausgebildet ist. Danach handelt es sich bei der Theilung in dieser Art um viel ausgedehntere Neubildungen, als sie GREEFF (a. a. O. p. 207. 208) bei den von ihm beobachteten Thieren angiebt; und ich muss die Angaben STEIN's<sup>1)</sup> über den Theilungsvorgang bei *Vorticella microstoma* für meine Art durchaus bestätigen.

Allmählig nimmt nun eines der beiden Individuen allein die Spitze des Stieles ein, während das andere sich rechtwinklig zur Stielachse stellt und einen hinteren Wimperkranz ausscheidet, der aus einem wulstartigen, äusserst durscheinenden Ringe (Fig. 11) hervorgeht. Kurz bevor diese Bildung eintritt, contrahirt sich meistens das Peristom etwas, und wird das Wirbeln viel mässiger. Manchmal bemerkt man aber auch, dass das Peristom noch vollständig umgeschlagen ist und dass die Wimpern stark wirbeln, während der hintere Wimperkranz schon entstanden ist und ebenfalls seine grösste Ausbreitung bekommen hat. Der orale Pol contrahirt sich dann mehr und mehr, bis er am Ende ganz gewölbt erscheint und nur noch geringe Spuren der hier vorher vorhandenen Bildung behalten hat. Die Form des contrahirten Individuums ist fast tonnenförmig geworden (Fig. 12).

Anlässlich des Theilungsvorganges kann ich nicht umhin, einen merkwürdigen Process zu erwähnen. Oftmals bekommen nämlich, nachdem die Theilung eine Zeit lang ihren regelmässigen Verlauf genommen hat, die beiden seitlich noch verbundenen Individuen ein vollständig entwickeltes Peristom nebst Wimperscheibe und Wimperkranz und kurz darauf entwickelt sich bei beiden zugleich auch ein hinterer Wimperkranz (Fig. 17). Die Theilung hört nun auf weiter fortzuschreiten, beide Peristome contrahiren sich und so entstehen zwei tonnenförmige, mit hinteren Wimperkränzen versehene und seitlich festverbundene Vorticellen auf einem gemeinschaftlichen Stiele. Tritt die Abtrennung vom

1) STEIN. Die Infusionsthiere. 1854. p. 27.

Stiele ein, so entsteht damit eine Form, welche mit der STEIN'schen Syzygienform grosse Aehnlichkeit hat (Fig. 48).

Verfolgen wir nun die Weiterentwicklung des gewöhnlichen Falles, wenn eine vollständige Theilung erfolgt ist und nur das eine der beiden Individuen die beschriebene tonnenförmige Gestalt mit dem hinteren Wimperkranze angenommen hat.

Beide Thiere werden durch plötzliche, starke Zusammenziehungen des Stielmuskels auf- und niederbewegt. Während die Contractionen des Stieles immer lebhafter werden, fängt das rechtwinklig zur Stielachse gestellte, contrahirte Thier an, sich stark um seine eigene Achse zu drehen, bis der Verband mit dem Stiele unterbrochen und das Thier frei wird (Fig. 43). Das Freiwerden scheint zu erfolgen durch immer tiefer einschneidende Einkerbung zwischen Stiel und Körper. Ist das Thier frei geworden, so bewegt es sich lebhaft hin- und hertanzend in unmittelbarer Nähe seiner früheren Anheftungsstelle, den bisherigen Anheftungspol nach vorn gerichtet.

Kurz darauf schwimmt es schnell in gerader Linie davon; dabei dreht es sich stets um seine Längsachse, während es sich gleichzeitig vorwärts bewegt. Von Zeit zu Zeit bleibt es auf ein und demselben Punkte lebhaft rotirend stehen, um dann seinen Weg weiter zu verfolgen. — Das auf dem Stiele zurückgebliebene Individuum macht sich bald auf die nämliche Weise frei. Es gehen also aus einem Mutterthier zwei freie Sprösslinge hervor.

Fahren wir nun in unserer Beobachtung der tonnenähnlichen, freischwimmenden Vorticellen fort. Nach dem früheren Anheftungspole läuft der Körper etwas breiter zu. Sein Inhalt ist, wie der der gestielten Vorticelle, feinkörnig, in der Mitte haben sich alle Nahrungskörnchen zu einem grossen Ballen angehäuft. Die Differenzirungen des Plasmas scheinen vollständig geblieben zu sein, auch ist eine Sculptur der Cuticula deutlich erkennbar. Der Nucleus kann durch Essigsäure sichtbar gemacht werden und zeigt sich wandständig. Ein Vermögen, welches Vorticellen auf dieser Entwicklungsstufe in hohem Masse zukommt und welches den gestielten Thieren in dieser Weise gänzlich abgeht, ist das, sich in der Richtung der Längsachse bedeutend auszu dehnen oder zu verkürzen, so dass sie bald lang gestreckt, bald kurz und gedrungen erscheinen (Fig. 46).

Der oben besprochene Theilungsact findet, wie STEIN schon erwähnt, ebenso bei kleineren, als bei grösseren Individuen statt. Es scheint also diese Fortpflanzungsart an keine bestimmte Grösse gebunden zu sein.

Die lebhaften Bewegungen der freischwimmenden Vorticellen neh-

men, nachdem sie einige Zeit angedauert haben, ab, sie beschränken sich bald nur noch auf einen kleinen Raum. Die Futterballen werden allmählig ausgeworfen, so dass der nunmehr ganz durchscheinende Körper nur von der feinkörnigen Substanz erfüllt bleibt; dabei nimmt er eine kugelige Gestalt an und wird, während der Rest des Nahrungskanals verschwindet, ganz geschlossen. Der hintere Wimperkranz verschwindet gleichfalls und scheint mit dem Plasma des Körpers vollständig zu verschmelzen. Dadurch, dass alle Differenzirungen aufgehoben werden, wird die Masse eine ganz gleichmässige, nur der Nucleus bleibt wandständig erhalten. Zu gleicher Zeit hat sich der Körper mit einer dicken, hyalinen Wand umgrenzt, so dass er als eine geschlossene Cyste erscheint, welche linsenförmig abgeplattet ist und als eine Scheibe im Wasser umhertreibt (Fig. 19 — 22).

Als eine seltene Ausnahme muss ich den Fall erwähnen, dass eine tonnenförmige Vorticelle nicht vom Stiele befreit werden konnte, ungeachtet ihrer energischen Versuche, den Verband zu unterbrechen. Die Encystirung trat dann jedoch in der nämlichen Weise ein. Untersuchte man jetzt den Stiel genauer, so fand man, dass das Contractionsvermögen aufgehört hatte, und dass der Muskel, dessen einzelne Bruchstücke im Innern der glashellen Stielhülle sich zeigten, zerfallen war. Die Cyste verweilte so lange bis sie durch äussere Einflüsse, durch Strömungen oder durch Berührung mit fremden Gegenständen frei wurde.

Cysten, welche sich auf die beschriebene Weise unter meinen Augen gebildet hatten, massen 0,054 bis 0,0702 Mm.

Die Dauer des ganzen Theilungs- und Encystirungsprocesses fand ich sehr ungleich, in einzelnen Fällen waren zur Vollendung 2—3 Tage erforderlich.

Nach einiger Zeit treten Veränderungen in dem Nucleus der Cyste auf; er zerfällt nämlich durch Abschnürung in seiner ganzen Dicke in etwa 6—10 Kugeln, welche alsbald frei im Innern der Cystenhülle umhertreiben (Fig. 21 und 23). Nach einer halben Stunde etwa platzt dann die Cystenwand, die Kügelchen treten ins Freie und treiben fort.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die aus dem Nucleus hervorgehenden Kügelchen durch Aufnahme von Stoffen aus dem Plasma wachsen, doch bin ich durch Messungen zu keinem bestimmten Resultate hierüber gekommen. — Die Kügelchen, welche etwas zur ovalen Gestalt hinneigten, massen, wenn frei geworden, ungefähr 0,0054 bis 0,0074 Mm. Ihre Masse ist sehr durchscheinend und feinkörnig; Differenzirungen konnte ich anfänglich nicht beobachten, bald aber war eine eigene Hülle sichtbar. Die Gestalt wird rasch vollständig kugelig, es

tritt ein Wachsen ein unter Bildung von Vacuolen im Innern der Substanz (Fig. 25). Nach einiger Ruhe im Anfang dreht sich das Kügelchen langsam um seine Achse und bildet dann an einem der Pole einen äusserst feinen, durchscheinenden, ringförmigen Wulst (Fig. 26), welcher undulirende Bewegungen zeigt und endlich zu einem Wimperkranze umgebildet wird. Der Abschnitt zwischen den Wimpern faltet sich dann nach Innen, wodurch eine trichterförmige Einstülpung entsteht, die am Ende eine Mundöffnung zu bekommen scheint. Gleichzeitig ist die Gestalt des ganzen Körperchens mehr herzförmig geworden und die äussere Fläche zeigt nun ebenso, wie bei *Vorticella* eine Querringelung.

Auf diese Weise ist ein Infusorium entstanden, welches vollständig mit der von EHRENBURG beschriebenen *Trichodina Grandinella*<sup>1)</sup> (Fig. 28) übereinstimmt. Unter raschen, stossenden Bewegungen schwimmt es umher, um sich schliesslich, wie wir später sehen werden, in eine *Vorticella nebulifera* umzubilden. Die Grösse dieser *Trichodina* schwankt zwischen 0,0162 und 0,0432 Mm. Die Körperform ist, wie gesagt, herzförmig, am bewimperten Ende am breitesten. Der Wimperkranz ist bei einer Betrachtung von der Seite scheinbar nicht geschlossen, betrachtet man ihn aber von oben, so zeigt er sich ringsum geschlossen, auf welche Bildung schon EHRENBURG hinwies. — Bei der von mir angewandten Carminfütterung beobachtete ich eine rasche Aufnahme der Carminkörnchen, welche sich im Innern des Körpers als Nahrungsballen erkennen liessen und nach einiger Zeit an der nämlichen Stelle, wo sie eingetreten waren, wieder nach aussen gelangten.

Die Masse des Körpers ist feinkörniges Protoplasma, in welchem von Zeit zu Zeit mehrere Vacuolen auftreten. Von der Existenz eines Nucleus habe ich mich nur ein einziges Mal überzeugen können mittelst Anwendung von Essigsäure. Der Versuch ist deshalb ein äusserst schwieriger, weil bei der geringsten Zufuhr eines Reagens der Körper des Thieres sofort derartig zusammenschrumpft, dass nichts weiter an ihm zu erkennen ist. Die Andeutung des Nucleus war, auch in dem einen Falle, in dem es mir gelang, ihn zu constatiren, nur sehr schwach.

Fortgesetzte Beobachtung der *Trichodina* liess zunächst ein deutliches Wachsen und eine Vermehrung durch Theilung erkennen (Fig. 30 bis 33).

Bevor die Theilung stattfindet, bemerkt man an dem umherschwimmenden Thiere ein zeitweiliges Ausstrecken; während diese Streckung eine mehr bleibende wird, bildet sich an dem dem Wimperkranze entgegengesetzten Ende ein äusserst feiner, durchscheinender, undulirender

1) Die Infusionsthierchen p. 267. Tafel XXIV Fig. VI.

Wulst, welcher sich allmählig in einen Wimperkranz umbildet (Fig. 30). Ist die Streckung dauernd geworden, so bekommt das Thier in der Mitte eine Einschnürung und dadurch eine Bisquitform (Fig. 32). Die Einschnürung wird immer stärker und endigt mit der Trennung des Ganzen in zwei vollkommen ausgebildete Trichodinen, die sich munter umherstrudelnd unter ihres Gleichen mischen (Fig. 33). Der ganze Theilungsprocess nimmt kaum fünf Minuten in Anspruch. Bei der Bildung des zweiten Wimperkranzes versuchte ich die Entstehung des Mundes zu beobachten. Ich bemerkte bald, wie die Cuticula in dem vom Wimperkranze umschlossenen Theil sich nach Innen einstülpte und zusammenfaltete, wodurch eine Röhre entstand. Die Faltung nahm schliesslich den ganzen von Wimperhaaren umschlossenen Raum ein, es bildete sich eine trichterförmige nach Innen gerichtete Einstülpung. Dadurch scheint die Region, auf welcher der Wimperkranz steht, beeinflusst zu werden, so zwar, dass die Wimpern nicht überall in gleichem Niveau liegen. Es scheinen Unterbrechungen in der Wimperreihe stattzufinden, ja in der Regel sieht man die Wimpern büschelförmig zusammengestellt. Betrachtet man dagegen das Thier von oben, d. h. in der Richtung der Längsachse, so scheinen die Wimpern in einem vollständig geschlossenen Kreise zu stehen. Was aber die wahre Lage der Wimpern sei, ist schwer zu bestimmen und ihr Bild war mir stets ein unsicheres. Das neu entstandene Individuum nimmt Futter zu sich, es muss sich also am Boden des Trichters eine Stelle gebildet haben, durch welche die Nahrung in das Innere des Körpers eintreten kann.

In der oben geschilderten Weise geht die Vermehrung oft sehr rasch von statten, so dass im engsten Raum bald zahlreiche Trichodinen sich lustig umhertummeln.

Wir haben nun ferner zu betrachten, wie sich die Trichodina zur Vorticella weiter entwickelt.

Hierbei muss ich erwähnen, dass ich die Entwicklung der Vorticelle durch alle Stadien an ein und demselben Thiere verfolgt, indem unter meinen Augen ein aus einer Cyste hervorkommendes Kügelchen sich zur Trichodina entwickelte, diese sich theilte, und die eine der durch Theilung entstandenen Trichodinen zur Vorticelle auswuchs. Die einzelnen Stadien dieser Entwicklungsvorgänge habe ich zu wiederholten Malen an verschiedenen Thieren beobachtet. Ob nun nicht auch ohne vorausgegangene Theilung eine Vorticella aus einer Trichodina entstehen könne, habe ich nicht zu entscheiden vermocht.

Bei unserer Trichodina treten nun zunächst Erscheinungen auf, welche auf eine neue Theilung hinzudeuten scheinen, aber der weitere

Fortgang ist ein ganz anderer. Abermals tritt eine Streckung ein, an welcher sich diesmal der von den Wimpern umschlossene Trichter theiligt, indem er sich ausstülpt und so eine von dem Wimperkranz umgebene Kuppel bildet (Fig. 34).

Jetzt ist der Wimperkranz deutlich geschlossen und dadurch wird nun eine Aehnlichkeit mit den durch Theilung entstandenen, freischwimmenden Vorticellen unverkennbar, wenn auch kleine Unterschiede vorhanden sind. Als solche habe ich nämlich zu erwähnen, dass, während freischwimmende Theilungsvorticellen fast immer noch eine Mundöffnung und einen Rest von Speiseröhre erkennen lassen, die Trichodinen auf diesem Stadium an der entsprechenden Stelle völlig abgerundet sind. Ferner bemerkt man, wie ich oben anführte, in dem Inneren der freischwimmenden Vorticellen einen centralen Futterballen, der wie ein dunkler Fleck erscheint; bei diesen Trichodinen dagegen ist die innere Masse äusserst durchscheinend und zeigt niemals einen solchen Futterballen.

Diese Trichodine nun beftet sich an einen fremden Gegenstand unter Ausscheidung eines Stieles an und bildet so vollständig eine neue, gestielte Vorticelle. Ich will nun auf diese beiden Vorgänge der Anheftung und Stielabsonderung näher eingehen.

Nach lang andauerndem, raschen Fortschnellen unter zeitweiligem Contrabiren (Fig. 34 und 35) tanzt die Trichodina von Zeit zu Zeit auf und nieder, die kuppelförmige Ausstülpung zwischen den Wimpern nach vorn gerichtet. Allmählig werden die Bewegungen langsamer und statt des Tanzens tritt lebhaftes Drehen um die Längsachse ein. Sie scheint sich an der Stelle, an welcher sie sich dreht, anheften zu wollen.

An dem den Wimpern gegenüber liegenden Pole zeigt sich der Anfang zu einer Peristombildung (Fig. 36), zugleich nimmt die kuppelförmige Seite zwischen den Wimpern eine birnförmige Gestalt an (Fig. 37). Damit bildet sich hier eine Verlängerung und mittelst dieser legt sich das Thier gegen einen Gegenstand (Fig. 38); und nun konnte ich mich in einem günstigen Moment (die Oberfläche des Gegenstandes war nämlich in scharfer Profilstellung) überzeugen, wie eine starke Ausscheidung einer Substanz stattfand, welche als Klebstoff die Anheftung bewirkte. Es kam mir vor, als ob sich die ausgeschiedene Masse mit feinen, im Wasser suspendirten Körnchen gemischt hätte. Eine Erklärung dieses Vorgangs ist mir nicht gelungen. — Jedoch will ich hier im Anschluss bemerken, dass, wenn eine Vorticelle mit ihrem ganzen Stiele von der Anheftungsstelle losreisst, stets am Ende des Stieles ein Klümpchen mit weggeführt wird, in welches feine Körnchen eingebettet

sind; und dieses dürfte wohl die an der Anheftungstelle ausgeschiedene Masse sein.

Während das Thier sich anheftet, muss man besonders darauf achten, das Präparat so ruhig wie möglich zu halten, denn der noch nicht fest gewordene Verband bricht leicht ab, und das Thier beginnt dann wieder frei umher zu schwimmen.

Daraus erhellt von selbst, wie schwierig dieser Vorgang zu beobachten ist; man darf froh sein ein paar Mal gesehen zu haben, wie eine Trichodina sich in eine vollständig entwickelte, gestielte Vorticella umwandelt.

Ist die Anheftung einmal erfolgt, so ist es leicht, das weitere Wachstum des Stieles zu verfolgen (Fig. 39, 40). Innerhalb einer Stunde nahm der Stiel um 0,03 Mm. an Länge zu. Zuerst wird nur homogenes Plasma ausgeschieden; kaum aber ist eine Strecke des Stieles ausgebildet, so differenzirt sie sich in Muskel und Cuticula. Auf welche Weise dies vor sich geht, ist eine noch zu beantwortende Frage.

Während der Ausscheidung des Stieles verschwindet der Wimperkranz mehr und mehr, gleichzeitig geht die Entfaltung eines Peristoms rasch vor sich, bis sich endlich die Vorticelle ganz ausgebildet hat.

Fassen wir den ganzen Entwicklungsvorgang noch einmal ins Auge, so ist nicht zu verkennen, dass es sich hier um Vorgänge handelt, die wir in den Kreis des Generationswechsels einreihen können; indem die Generationen der Vorticellen und Trichodinen, jede mit ungeschlechtlichen Fortpflanzungen sich vermehrend, in regelmässiger Folge mit einander wechseln.

Ich kann hier noch kurz erwähnen, dass diese meine Beobachtung über diesen Wechsel der Generationen auch damit übereinstimmt, dass sowohl an denjenigen Orten, von welchen ich das Material für meine Untersuchungen holte, wie auch in meinen Behältern, in denen ich die Vorticellen aufbewahrte, leicht die wechselnde Folge von Vorticellen, Cysten, Trichodinen und wieder Vorticellen zu constatiren war, sobald ich einmal den entwicklungsgeschichtlichen Vorgang erkannt hatte.

#### d. Conjugation.

Neben der besprochenen ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Theilung, Encystirung und Brutbildung habe ich noch einen Conjugationsact zwischen gestielten Vorticellen und freischwimmenden Theilungsvorticellen zu erwähnen. Ich kam auf diese Erscheinung am Anfang meiner Untersuchungen, vermuthete damals, dass Conjugation und Theilung neben einander auftreten könnten und glaubte, durch

fortgesetzte Beobachtung vielleicht geschlechtliche Fortpflanzung constatiren zu können.

Die Art und Weise der Conjugation war ebenso, wie sie von GREEFF beobachtet worden ist<sup>1)</sup>. Man sieht dabei nämlich eine freischwimmende Theilungsvorticelle nach lebhaftem Umherschwimmen zu wiederholten Malen stossweise gegen die Seitenfläche einer feststehenden antanzen (Fig. 44). Wiederholte Angriffe misslingen durch das plötzliche Zurückschnellen der gestielten Vorticelle; endlich sitzt die freischwimmende Vorticelle in den meisten Fällen mit dem früheren oralen Pole an irgend einer Stelle des seitlichen Umfanges der feststehenden Vorticelle, und damit leitet sich der Vorgang der Verschmelzung ein. An den Berührungsflächen beider Thiere ist bald ein Grenzcontour nicht mehr zu erkennen; und nun folgen rasch die Vorgänge, durch welche das anfänglich freischwimmende Thier mit dem feststehenden verschmilzt. Die vorher freischwimmende Vorticelle wird dabei kürzer und kürzer, jemehr die Verschmelzung fortschreitet und erscheint endlich, wie es in Figur 45 dargestellt ist, wo nur noch das kuppelförmige Körperende mit dem Wimperkranz übrig geblieben. War die Verschmelzung nahezu vollendet, so war noch ein kleines Stümmelchen vorhanden mit stäbchenartigen Gebilden am Rande. Nach GREEFF fällt dieses schliesslich vom Körper ab, mir gelang es nun zwar nicht einen derartigen Vorgang direct zu beobachten, jedoch werde ich zu der gleichen Annahme genöthigt, da die Stümmelchen, nachdem ich meine Präparate in der feuchten Kammer aufbewahrt hatte, bei Fortsetzung meiner Experimente grossentheils von der Oberfläche der Vorticellen verschwunden waren. Fig. 47 giebt einige Anhänge dieser Art, wie ich sie häufig bemerken konnte. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieses Gebilde die zusammengeschrumpfte Cuticula des früher freischwimmenden Thieres darstellt.

Einmal sah ich, wie eine freischwimmende Vorticelle sich mit einer feststehenden conjugirte, welche sich vor Kurzem getheilt hatte und mit ihrer Gefährtin noch an dem nämlichen Stiele sass (Fig. 46).

Conjugation zwischen zwei gestielten Vorticellen, wie sie STEIN<sup>2)</sup> bei *Vorticella microstoma* beobachtete, und welche zur Entstehung der Syzygienform Veranlassung giebt, habe ich hier nie gesehen.

Als ein geschlechtlicher Vorgang dürfte der von mir beobachtete Act wohl nicht zu deuten sein; wenigstens habe ich nach dem Eintritt

1) Archiv für Naturgeschichte 37. Jahrgang 2. Heft p. 206.

2) Der Organismus der Infusionsthier. Leipzig 1867. p. 72.

solcher Conjugationen nie etwas beobachtet, was auf eine folgende Fortpflanzung hätte hindeuten können.

Nachdem ich zu wiederholten Malen diese Conjugationen verfolgt hatte, ohne zu einem bestimmten Ergebniss gekommen zu sein, führte mich eine Beobachtung zu Anschauungen, welche von den bisher üblichen abweichen.

Bei einem Versuche nämlich, zu erfahren, wie sich Vorticellen unter allmählichem Austrocknen des Wassers, in welchem sie leben, verhielten, erstaunte ich nicht wenig, als ein äusserst lebhaftes Conjugiren eintrat, nachdem bereits ein Theil des Wassers verdunstet war.

Ich prüfte sogleich das Wasser in dem Behälter, aus welchem meine Versuchsthiere genommen waren, fand aber dort keine Spur von Conjugationsvorgängen; so lag nun die Vermuthung nahe, dass die Verdunstung des Wassers einen Anstoss zur Conjugation gegeben habe. Wiederholte Versuche ergaben stets das nämliche Resultat, und es wurde dadurch meine Vermuthung, dass Wassermangel zu einer Conjugation Veranlassung gebe, ausreichend bestätigt.

Um zu erfahren, ob auch andere Einflüsse zur Conjugation führten, stellte ich eine Reihe von Experimenten an, und zwar zunächst über den Einfluss der Temperatur auf unsere Thiere. Eine Erniedrigung der Temperatur in der Weise, dass ich ein Glas mit Vorticellen 24 Stunden lang in Eis stellte, rief keinerlei Conjugations-Erscheinungen hervor, dagegen stellten sich zahlreiche Theilungen ein.

Ebenso wenig rief eine gesteigerte Temperatur Conjugation hervor. An Vorticellen, welche ich 24 Stunden in einer Brütmaschine bei einer Temperatur von  $+ 40$  C. aufbewahrt hatte, waren die meisten Thiere abgestorben, einzelne zeigten sich in stark contrahirtem Zustande noch lebend. Kühlte ich das Wasser nachher wieder ab, so entfalteten sich die noch nicht abgestorbenen contrahirten Thierchen und das Wirbeln der Wimpern nahm von Neuem seinen Anfang.

So wenig wie hier Conjugation eintrat, ebensowenig war es unter der Einwirkung von Kohlensäure der Fall; wurde solche in grösserer Menge zugeführt, so hatte das nur das Absterben aller Vorticellen zur Folge.

Die einzige Ursache der Conjugationsvorgänge also, welche ich constatiren konnte, war Wassermangel. Damit soll nicht behauptet sein, dass nicht auch andere Einflüsse Conjugation herbeiführen können. Denn wenn z. B. CLAPARÈDE sagt, Conjugationserscheinungen träten bei Infusorien gleichsam epidemisch auf, so tritt die Vermuthung nahe, dass irgend welche äussere Einflüsse, welche gemeinsam auf eine Infusorienmenge einwirken, hier die Conjugations-Epidemie hervorgerufen hätten. Derartige Einflüsse werden noch näher zu untersuchen sein.

Dass, wie **BALBIANI** behauptet, die Jahreszeit auf derartige Vorgänge Einfluss habe, habe ich bei meinen Untersuchungen an den Vorticellen, welche vom Februar bis Juli gemacht wurden, nicht constatiren können.

Die Bedeutung der hier beobachteten Conjugation besteht meiner Ansicht nach darin, dass die Widerstandsfähigkeit gegen eintretenden Wassermangel durch eine Volumzunahme bei einer relativen Verringerung der Körperoberfläche, wie sie durch die Conjugation erfolgt, erhöht wird. **CZENKOWSKI**<sup>1)</sup> hat für ähnliche Vorgänge bei *Noctiluca miliaris* auf eine gesteigerte Assimilationsfähigkeit der conjugirten Organismen hingewiesen.

Die von mir dargelegte Anschauung über Conjugation bezieht sich selbstverständlich zunächst nur auf diese bestimmten Verschmelzungsvorgänge bei *Vorticella nebulifera*. Ob eine Conjugation bei Vorticellen auch als ein geschlechtlicher Act auftreten kann, ist meines Erachtens zur Zeit unentschieden. Jedenfalls müssen hier genauere Untersuchungen erst noch gemacht werden, um festzustellen, ob etwa Conjugationen von ungleicher Bedeutung bei diesen Thieren sich finden. Ebenso wenig aber kann behauptet werden, dass alle Conjugationen der Infusorien von dem von mir eingenommenen Gesichtspuncte aus beurtheilt werden dürfen; vielmehr dürfte hier die Anschauung, dass diese Conjugationsvorgänge, bei welchen ausser dem Nucleus auch noch ein Nucleolus eine Rolle spielt, mit einer geschlechtlichen Fortpflanzung in Beziehung stehe, bis auf Weiteres noch uner-schüttert dastehen.

### Falsche Encystirung.

Wir haben gesehen, dass die Encystirung ein nothwendiges Glied in der entwicklungsgeschichtlichen Reihe ist. Vergleichen wir nun den Process des Ausschwärmens der aus dem Nucleus gebildeten Brut mit einem anderen Vorgange, welcher wahrscheinlich mit dem übereinstimmt, welcher von **STEIN** beobachtet wurde.

**STEIN** beschreibt, wie aus einer Vorticellencyste eine Brut von kleinen, spindelförmigen Körperchen ausschwärmte, oftmals so, dass dieselben anfänglich in einer aus der Cyste hervorgequollenen Gallertblase sich herumbewegten<sup>2)</sup>. Diese Brut, welche sich schliesslich durch

1) Archiv für mikroskopische Anatomie von **MAX. SCHULTZE** 9. Band 4. Heft. Bonn 1872. p. 47.

2) Die Infusionsthierie auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig 1854. p. 494.

die Wassermasse vertheilte, lieferte für die weitere Verfolgung der Entwicklungsgeschichte der Vorticellen keine näheren Resultate.

Derartige ausschwärmende Körperchen beobachtete ich ebenfalls hier und da, jedoch stets ohne die Möglichkeit zu erlangen, sie als eine richtige Vorticellenbrut zu erkennen (Fig. 44, 42). Cysten, welche zu einer derartigen Brut Anlass gaben, waren sowohl aus gestielten, als aus freischwimmenden Vorticellen gebildet. Ein solcher Encystirungsvorgang währte ungefähr eine Stunde. Diese Cysten, welche stets in ungeheurer Menge auftraten, waren im Gegensatz zu den früher erwähnten, welche eine aus dem Nucleus gebildete Brut erzogen, getrübt und intensiv gelb gefärbt. In diesen Cysten entwickelte sich, ohne dass der Nucleus daran betheilig war, eine Menge von Körperchen, welche schliesslich in der Gestalt der oben erwähnten spindelförmigen Körperchen ausschwärmten.

Bei der Cystenbildung selbst war der Unterschied von der normalen Encystirung zu bemerken, dass in diesem Falle die Vorticellen, falls sie mit Carmin gefüttert waren, diese Nahrungsballen nicht auswarfen, wie das vor jeder normalen Encystirung eintritt.

Hatten sich solche Cysten mit den Carmin-Körnchen im Inneren eine Zeit lang im Wasser umhergetrieben, so färbte sich allmählig die ganze Masse des Cysteninhalts roth, namentlich nahm der Nucleus eine intensiv dunkle Färbung an und hob sich dadurch scharf ab. Nichts destoweniger waren die später ausschwärmenden Körperchen vollkommen farblos. Diese Erscheinung lehrt uns, dass wir im gefärbten Inhalt der Cyste, und besonders im Nucleus eine abgestorbene Masse vor uns haben, denn nur diese kann sich durch Carmin imbibiren; dass dagegen die ausschwärmenden Körperchen aus einem lebenden Protoplasma bestehen, eben weil sie vom Carmin nicht gefärbt werden. Für die Deutung des Vorganges, auf die ich später zurückkomme, ist dieses aber von Wichtigkeit.

Das Ausschwärmen erfolgte, indem entweder die Cystenhülle zerriss und die Körperchen einzeln austraten, oder indem die Körperchen zu einem Klümpchen zusammengehalt blieben und frei wurden dadurch, dass die Hülle sich allmählig auflöste. Im letzteren Falle schwamm dieses Klümpchen frei im Wasser umher und dann befreite sich jedes spindelförmige Körperchen allmählig und bewegte sich selbständig weiter fort.

Nicht alle derartigen Cysten aber gaben zu einer solchen Brut Anlass, vielmehr gingen viele zu Grunde, indem sie, wenn sie keinen Carmin aufgenommen hatten, immer blasser wurden und sich allmählig ganz auflösten.

Beim ferneren Beobachten der Brut sah ich, wie die Körperchen sich unter raschen Bewegungen um ihre Längsachse fortschnellten. Allmählig nahm jedoch die Schnelligkeit der Bewegungen ab, die Körperchen wurden etwas kugelig und zerfielen schliesslich in ein Häufchen kaum sichtbarer Körnchen (Fig. 43).

Wie haben wir nun diese Erscheinungen aufzufassen?

Im Anfang meiner Untersuchungen arbeitete ich immer mit der Benutzung von Deckgläsern und erhielt dabei immer diese falsche Cystenbildung. Es schien mir dann, als ob in der Verwendung der Deckgläser die Ursache zu einer derartigen Cystenbildung liege; ich liess deshalb bei meinen ferneren Beobachtungen die Deckgläser weg, brachte die Vorticellen möglichst isolirt auf das Objectglas und sorgte stets für reichliche Wasserzufuhr. Der Erfolg war, dass sich jetzt stets nur Cysten der zuerst beschriebenen Art bildeten, in welchen die normale Brut aus dem Nucleus hervorging.

Es musste also die Frage entstehen, worin der schädliche Einfluss begründet sei, der durch das Auflegen des Deckglases auf den vorticellenhaltigen Wassertropfen entstand, und zu einer Cystenbildung führte, welche dem Absterben der Thiere vorausging.

Ein Druck, welcher vom Deckglase etwa ausgehend schädlich einwirken konnte, ist nicht anzunehmen, da die beobachteten Thiere immer reichlichen Spielraum für ihre Bewegungen hatten, sie mithin rings vom Wasser umgeben keinerlei Druck ausgesetzt waren. Wohl aber wäre zu erwägen, dass durch das Auflegen des Deckglases das Wasser von der Berührung mit der atmosphärischen Luft wesentlich abgesperrt wurde. Dadurch konnten Schädlichkeiten entstehen, sei es dass eine genügende Aufnahme von Luft ins Wasser oder eine Abgabe etwa entstandener nachtheilig wirkender Gase an die Luft verhindert wurde. Es wird des Weiteren zu untersuchen sein, welche Einflüsse sich etwa da geltend machen, wo man eine derartige Cystenbildung massenhaft im Freien eintreten sieht.

Es entsteht nun weiter die Frage: was sind die spindelförmigen Körperchen, die durch Carmin ungefärbt bleiben? Nach den Untersuchungen OSCAR GRIMM's über Vibrionen <sup>1)</sup> glaube ich, dass wir es in diesen spindelförmigen Körperchen mit parasitischen Organismen zu thun haben. Denn das einermal stimmen diese Körperchen ganz überein mit Vibrionen wie sie GRIMM beschrieben hat, andererseits fand ich im Wasser, in dem sich solche Cysten entwickelten, freischwimmende Vibrionen. Nun habe

<sup>1)</sup> Archiv für mikroskopische Anatomie von M. SCHULZE 9. Band I. Heft. Bonn 1872, p. 118.

ich allerdings nicht beobachtet, dass solche Vibrionen von aussen her in die Vorticellen oder in die bereits gebildeten Cysten eingedrungen seien; möchte aber darauf hinweisen, dass möglicher Weise ein solcher Vorgang hier doch stattfindet, und dass wir dann also in den spindelförmigen Körpern es mit Abkömmlingen von Parasiten zu thun haben können, welche von aussen her eingedrungen sind. Dann aber bleibt auch noch die Möglichkeit, dass ein Theil dieser Cystenbildung auf eine Einwanderung solcher Parasiten zurückgeführt werden könnte.

### Allgemeine Resultate.

Am Ende meiner Untersuchungen über Bau und Lebensverhältnisse des Vorticellenkörpers angelangt, bleibt mir noch die Frage zu erledigen, welche Stellung im System diese Thiere einzunehmen haben.

GREEFF hat in seiner Arbeit über Vorticellen Anschauungen ausgesprochen, welchen die meinigen zum grossen Theil geradezu widersprechen, die sich dagegen der STEIN'schen von GREEFF bekämpften Ansicht unmittelbar anschliessen.

Er nimmt nämlich LACHMANN's Ansicht folgend an, dass im Inneren des Vorticellenkörpers eine von dünnflüssigem Nahrungsbrei erfüllte Leibeshöhle sei. Dieser Nahrungsbrei soll durch die stete Zufuhr von neuer Nahrung und von Wasser durch den Mund, sowie durch die Abgabe der verbrauchten Stoffe durch den After in einem fortwährenden Wechsel erhalten werden. GREEFF sieht demnach diesen Hohlraum für einen Gastrovascularraum an, in welchem eine ähnliche Verdauung und Circulation stattfinden soll, wie bei den Coelenteraten. Die in ihm stattfindende Rotationsbewegung, behauptet er, ist nicht die einer zähen contractilen Substanz nach Art der sonst bekannten, amoeboiden, langsam kriechenden Protoplasmaströme, sondern überall eine weit lebhaftere, welche zuweilen selbst in leicht zitternde Strömung übergeht. Das Vibriren der Bewegung hält er für einen deutlichen Beweis dafür, dass diese durch eine leichtflüssige, nicht contractile Substanz, also gerade nicht durch Protoplasma getragen werde.

Ich habe dagegen zunächst einzuwenden, dass ich ein Vibriren der sich bewegendenden Körperchen in der Vorticella nebulifera nicht beobachtet habe; ich vermüthe, dass diese vibrirende Bewegung etwa mit den Bewegungen übereinstimmen mag, welche man z. B. in dem Inhalt der Speichelkörperchen wahrnimmt.

Meine Beobachtungen zeigten mir vielmehr das schon oben beschriebene Verhalten, dass die innere Masse, das wäre also GREEFF's Chymus, stets in einer langsamen, äusserst regelmässigen Strömung nach bestimmten Richtungen sich fortbewegte, so zwar, dass diese Strömung

zunächst der Peripherie eine raschere war, während sie in der Mitte nur langsam fortschritt, ja selbst eine wirkliche Bewegung hier und da in Zweifel ziehen liess. — An dieser Strömung, die sich in dem regelmässigen Fortschreiten der feinen in das Protoplasma eingebetteten Körnchen äusserte, nahmen auch die in diese Masse eingetretenen Nahrungshallen Theil.

Nach meiner Meinung ist diese Strömung aber nur mit den Bewegungserscheinungen zu vergleichen, wie wir sie z. B. an dem Protoplasma der Pflanzenzellen beobachten, vielleicht auch mit jener an den Pseudopodien der Rhizopoden.

Ich muss also vor Allem ganz entschieden der Behauptung, dass die Bewegung innerhalb der centralen Substanz eine unregelmässige sei, widersprechen; kann darin nicht die passive Bewegung einer an sich unbeweglichen Substanz sehen, wie es doch der Chymus nach der GREEFF'schen Auffassung sein würde, sondern vielmehr die Eigenbewegung eines lebendigen Protoplasma.

Wie sollte man sich überhaupt, vorausgesetzt dass wir es hier mit Chymus zu thun haben, in einer an und für sich bewegungslosen Masse eine solche Bewegung entstanden denken? Eine Ursache könnte man allerdings in der sich bewegenden angrenzenden Rindensubstanz finden. In diesen Theilen existirt ja eine deutliche Strömung, die allerdings GREEFF entgangen zu sein scheint. Würde aber diese Strömung einen Einfluss ausüben, d. h. eine Bewegung der inneren Substanz veranlassen, so müsste man erwarten, dass die letztere die gleiche Richtung wie die der Rindensubstanz einschläge. Gerade das Umgekehrte beobachtete ich; beide Strömungen, welche sich durch grosse Regelmässigkeit kennzeichnen, glitten an einander in entgegengesetzter Richtung vorbei. Und so kann auch daran also nicht gedacht werden, dass die active Bewegung der Rindensubstanz die centrale Masse zur Rotation bringe.

Als weiteren Beweis für die Richtigkeit seiner Behauptung führt GREEFF das Ergebniss eines von ihm angestellten Experimentes an.

Er sagt etwa: Wenn man eine gut genährte Vorticelle aus dem Wasser auffischt und in reinem Wasser eine Zeit lang aufbewahrt, so werden die Futterballen allmählig ausgeworfen, der Körper wird heller und gestreckter, die Wandungen bekommen Falten, endlich ist aus der wohlgenährten Vorticelle ein schwächtiges, collabirtes Thierchen geworden, dessen Körperdecken hier und dort in tiefen Falten und Einbuchtungen in die entleerte »Magenhöhle« eingesenkt sind. Ein solches Collabiren des Körpers durch die Entlerung der »Magenhöhle« habe ich unter normalen Verhältnissen ebenso wenig beobachtet, als ich aus eigener Anschauung über dies GREEFF'sche Experiment urtheilen kann.

Wie ich bei der Besprechung der Fortpflanzung erwähnte, sah ich, bevor Encystirung auftrat, alle Nahrungsballen ausgeworfen werden, ohne dass auch nur eine Spur von Faltenbildung sich zeigte. Die übrig gebliebene centrale Substanz gewährte nach wie vor das Bild einer Protoplasmanasse, in der stets die gleiche langsame Körnchenströmung stattfand.

Faltenbildung beobachtete ich nun zwar in anderen Fällen, aber offenbar als eine krankhafte Erscheinung, und so ist die Deutung, welche ich ihr geben zu müssen glaubte, eine andere, als die von GREEFF ausgesprochene. Ich sah mitunter in Präparaten, in denen sich viele lebhaft wirbelnde Vorticellen befanden, einige Individuen stark gefaltet, trotzdem dass Nahrungsballen im Innern dieser Thiere noch vorhanden waren. Die vorher lebhaften Bewegungen hatten bei ihnen grösstentheils aufgehört, das Wirbeln war nur noch schwach, und es konnte von einem regelmässigen Ein- und Ausströmen keine Rede mehr sein: solche Thiere waren augenscheinlich dem Absterben nahe, wie ich denn auch in einigen wirklich den Tod erfolgen sah.

Ich sehe danach in diesen Thieren solche, welche an ihrem Körper eine krankhafte Veränderung erlitten haben. Das aber geht nun vielleicht Hand in Hand mit einer möglicher Weise durch Wasserverlust entstandenen Volumverminderung der centralen Masse, vielleicht auch der Rindenschicht; tritt aber eine solche ein, so muss die festere und zähere Rindenschicht sich nothwendiger Weise in Falten schlagen. Sollten etwa in dem GREEFF'schen Experiment bei den Thieren ähnliche krankhafte Zustände, und damit verbunden eine Faltenbildung aufgetreten sein?

GREEFF sagt ferner, dass nach dem Auswerfen der Nahrungsballen und dem Auftreten einer Faltung Wasser in den Körper der Thiere aufgenommen und dadurch der Körper wieder prall geworden sei. Aus eigener Beobachtung kenne ich eine solche Wasseraufnahme nicht. Tritt sie ein, so wird damit jedenfalls eine Volumzunahme der inneren Substanz, nach meiner Auffassung eines imbibitionsfähigen Protoplasma, erfolgen, und dadurch eine Ausgleichung der Falten eintreten, ohne dass man deshalb auf die Annahme einer Magenöhle zu kommen braucht.

Es hat GREEFF ferner behauptet, dass bei dieser Wasseraufnahme, welche nach seiner Anschauung den in der Magenöhle enthaltenen Chylus verdünnen sollte, die Bewegung der Körnchen eine schnellere werde. Abgesehen davon, dass wir für das Zustandekommen der Bewegung überhaupt, falls sie im Chymus stattfinden soll, keine Erklärung haben finden können, darf ich hier wohl darauf hinweisen, dass in einem

dünnerwerdenden Protoplasma die Körnchenbewegung überhaupt eine schnellere werden kann; und möchte daran auch erinnern, wie der Inhalt der Speichelkörperchen eine sehr viel raschere Bewegung zeigt, sobald das Körperchen durch Wasseraufnahme eine Verdünnung seiner Substanz erfahren hat.

Wie endlich GREEFF die nach dem Ausstossen der Nahrungsballen übrig gebliebenen Bestandtheile als Körperchen von constanter Gestalt und Grösse beschreibt, so glaube ich darin eher Bestandtheile von Protoplasma als von Chymus erkennen zu müssen.

Doch abgesehen von diesen Vorgängen, wie sollte man die Erscheinungen erklären, welche nach stattgefundenener Encystirung auftreten? Wie ich schon früher näher ausgeführt habe, verschwinden dann alle Differenzirungen des Protoplasma, die ganze innere Cystenmasse erscheint homogen, durchscheinend und von feinen Körnchen erfüllt; die aus dem Nucleus entstandenen Kugeln bewegen sich frei durch die ganze Cyste. Wäre die innere Masse Chymus gewesen, so müsste sich dieser beim Verschwinden der Differenzirungen ausgedehnt und den Hohlraum der Cyste gleichförmig erfüllt haben. Das aber ist doch sehr unwahrscheinlich. — Meiner Ansicht nach tritt dieses Homogenwerden dadurch ein, dass die verschiedenen Imbibitionszustände im Plasma aufgehoben werden.

Aber den kräftigsten Beweis dafür, dass die innere Masse Protoplasma, nicht ein die »Magenhöhle« füllender Chymus oder Blut ist, liefert das bedeutungsvolle Auftreten von Vacuolen in ihr. Diese Erscheinung, von welcher ich mich vollständig überzeugt habe, kann doch wohl nur im Protoplasma stattfinden. Eine Vacuolenbildung im Chymus ist mir undenkbar.

Habe ich so GREEFF'S Ansicht von der Anwesenheit eines mit Chymus gefüllten Hohlraums im Körper der Vorticelle zurückweisen müssen, in der Meinung, dass wir es statt dessen mit Protoplasma zu thun haben, in welches die Nährsubstanzen aufgenommen werden, so muss ich mich selbstverständlich gegen die andere Anschauung GREEFF'S wenden, dass die Vorticelle sich den Coelenteraten nähere. Ich thue dies aber besonders mit Rücksicht auf die Auffassung, welche ich von dem ganzen Organismus der Vorticelle gewonnen habe. Denn wenn die Coelenteraten Thiere sind, welche in ihren beiden den Körper zusammensetzenden Blättern Vielheiten von Zellen darstellen, so ist für mich die Vorticelle im strengsten Gegensatz dazu vielmehr ein einzelliges Thier; ich schliesse mich also den Anschauungen an, welche von DUJARDIN, v. SIEBOLD und KÖLLIKER über die Infusorien überhaupt ausgesprochen

wurden, allerdings für unseren speciellen Fall mit bestimmten Einschränkungen.

Vergleichen wir nun die ausgebildete Vorticelle mit einer Zelle überhaupt. Wie als die wesentlichen Bestandtheile der Zelle der Kern und das mannigfaltig sich gestaltende Protoplasma unterschieden werden, so ist auch der Körper der Vorticelle aus Kern und Protoplasma zusammengesetzt.

Der Kern der Vorticelle ist, wie der Kern aller Zellen, scharf von dem Plasma gesondert und besteht aus einer dichteren Masse, welche bei Einwirkung von Essigsäure schärfer contourirt erscheint. Bei Behandlung mit Carminlösung wird er stärker als das Protoplasma gefärbt und erinnert also auch in dieser Beziehung an den Zellkern überhaupt.

Die übrige Körpersubstanz der Vorticelle weicht in ihrem Aussehen nicht von dem ab, was wir gewöhnlich Zellenprotoplasma nennen. Mit dem Protoplasma vieler Zellen stimmt diese Masse darin überein, dass ihre centralen Theile weicher sind, als ihre peripheren Schichten.

In den weicheren Theilen hat die Masse des Vorticellenkörpers jene Bewegungsfähigkeit, die wir von manchen Zellen kennen, und die sich, wie sie durch die Strömung der Körnchen hervortritt, am leichtesten mit der Protoplasmaabewegung der Pflanzenzellen vergleichen lässt, oder mit derjenigen, welche von der Leibesmasse der Myxomyceten oder Rhizopoden bekannt ist. Nur darin dürfte eine Differenz zu erkennen sein, dass die Strömung bei Vorticella eine gegenläufige ist, die aber vielleicht in der ebenfalls in entgegengesetzter Richtung sich bewegendes Körnchenströmung an den Pseudopodien der Rhizopoden ein Analogon findet.

Die weiche centrale Leibesmasse der Vorticelle verhält sich ferner darin ähnlich, wie das Zellenprotoplasma, dass in sie ebenso, wie z. B. in die farblosen Blutkörperchen, fremde Körper von aussen her aufgenommen werden, welche letztere wir in unserem Falle als Nahrungsmittel zu bezeichnen haben.

Allerdings erfolgt diese Aufnahme hier nicht auf dem einfachsten Wege, wie bei den Blutkörperchen, oder, wenn wir andere Organismen heranziehen wollen, wie bei den Amoeben, sondern durch einen complicirteren Apparat; immer aber bleibt nach meiner Auffassung die weiche centrale Protoplasma-masse, wie wir sie an den erwähnten Zellen kennen.

Wie bei den Zellen sehr allgemein an der Peripherie eine Modification des Protoplasma auftritt, welche sich durch grössere Dichtigkeit und Zähigkeit auszeichnet und schliesslich als eine sogenannte Zellenmembran erscheint, so sehen wir auch an den peripheren Theilen

des Vorticellenkörpers das Protoplasma Differenzirungen eingehen, die zur Bildung von Schichten führen, welche sich nicht nur optisch unterscheiden, sondern die von uns auch als Sitze besonderer Thätigkeiten angesehen zu werden pflegen. Als eine solche Differenzirung ist zunächst jene Schicht zu nennen, welche wir als Muskelschicht bezeichnet haben; das ist nun allerdings eine Bildung, durch welche der Körper aus der Reihe der einfachen Zellen herausgehoben wird; denn die Bildungsvorgänge im Protoplasma der Zellen, welche zur Entstehung von Nesselkapseln oder Samenfäden Veranlassung geben und welche man hier etwa zum Vergleich heranziehen könnte, lassen sich dieser Erscheinung nicht ganz parallel stellen, da ja in diesen Fällen die Zelle selbst mit der Erzeugung ihres Productes gewöhnlich zu Grunde geht.

Sehr leicht gelingt der Vergleich zwischen einer Zellmembran und jener Cuticula, welche den Vorticellenkörper deckt; dass sie in Stiele eine besondere Mächtigkeit entwickelt, thut der Richtigkeit dieses Vergleiches doch wohl keinen Abbruch. — Wir sehen ferner auf der Oberfläche des Vorticellenkörpers Flimmerhaare auftreten, die sich in keiner Weise von den Cilien einer Flimmerzelle unterscheiden; wohl aber weist das Auftreten eines hinteren Wimperkranzes an den ausgebildeten Vorticellen darauf hin, dass die Cuticula keineswegs an allen Körperstellen als eine gleichsam todtte Decke ausser Verbindung mit dem Protoplasma gesetzt ist, sondern vielmehr eine innigere Verbindung mit diesem bewahrt, als man gemeinhin zwischen Zellhaut und Protoplasma anzunehmen geneigt ist. Auf das Gleiche deuten auch die Vorgänge bei der Conjugation hin; denn wenn auch einerseits das freischwimmende Thier seine Cuticula, wie eine todtte Hülle, bei der Conjugation zurücklässt, so sind andererseits an der Oberfläche des festsitzenden Thieres Stellen, an denen die Cuticula vielleicht in einen weicheren, dem Protoplasma wieder näherkommenden Zustand übergehen kann.

Danach haben wir den Vorticellenkörper zu betrachten als eine Zelle, in welcher das Protoplasma mit der Localisirung besonderer Thätigkeiten Differenzirungen erfahren hat, durch welche sie über den Kreis der bekannten Zellen zwar hinausgeht, ohne jedoch die charakteristischen Eigenschaften der Zelle zu verlieren.

Diese Deutung wird am überzeugendsten gestützt durch die von mir beobachtete Entwicklung.

Wie wir eine Fortpflanzung der Zelle durch Theilung kennen, so kennen wir auch einen Theilungsvorgang bei den Vorticellen. — Wenn aber ferner in der encystirten Vorticelle das Theilen des Kernes erfolgt, so können wir darin das Bild einer endogenen Zellvermehrung sehen. Die aus Kernfragmenten hervorgehenden Kügelchen lassen noch

gar keine Differenzirung nachweisen, sie stimmen zu dieser Zeit vollständig überein mit Cytoden (HAECKEL). Erst bei der Entstehung eines Wimperkranzes zeigt das Kügelchen seine wirkliche Zellennatur, denn jetzt ist ein Nucleus sichtbar geworden. Die Differenzirungen treten stets mehr und mehr hervor, doch am Ende erkennt man noch immer die Zelle in dem complicirteren Körper von *Trichodina Grandinella*.

Es erfolgt ferner eine Theilung bei *Trichodina*, nach Art derjenigen, wie wir sie bei Zellen überhaupt kennen, und die Theilungsstücke, in welchen wir noch immer das reine Bild einer Zelle finden, bilden sich nun unter immer weiter fortschreitenden Differenzirungen im Plasma zu Vorticellen; nie aber entsteht ein Complex von Zellen, der den Organismus aufbaut. —

Wir sehen schliesslich, dass der Vorticellenkörper aus zwei gesonderten Schichten aufgebaut ist. Die centrale Schicht enthält den Sitz der Ernährung, während die periphere Schicht das Organ der Fortpflanzung, den Nucleus, enthält, wie sie auch den Sitz der Bewegung in sich aufbewahrt.

Diese Schichten lassen sich nun mit den bei höheren mehrzelligen Thieren, besonders in ihrer Entwicklung deutlich, auftretenden Schichten vergleichen. Wir werden dann die innere Plasmaschicht im Vorticellenkörper einem Entoderm gleichstellen, während die Rindenschicht als gleichwerthig mit dem Ectoderm zu betrachten ist, zu welchem wir — hierbei würden wir uns an F. E. SCHULZE und KLEINENBERG anschliessen — den Nucleus, von welchem die Fortpflanzung ausgeht, gehören sehen. — Der Nahrungskanal hat sich dann ebenso wie bei höheren Thieren durch Einstülpung des Ectoderm gegen das Entoderm gebildet. — Aber selbstverständlich ist es, dass, wenn ich in dieser Weise einen Vergleich ausführe, ich in den Schichten des einzelligen Körpers nicht homologe Bildungen mit dem Entoderm und Ectoderm vielzelliger Thiere erblicke, sondern nur auf die Analogien aufmerksam machen möchte, die bei der Localisirung der Thätigkeiten des Organismus hervortreten.

Noch kurz möchte ich darauf hinweisen, dass falls nicht noch von anderer Seite nachgewiesen werden sollte, dass bei den Vorticellen auch eine geschlechtliche Fortpflanzung vorkommt, diese Organismen dann nach der HAECKEL'schen Auffassung als Protisten zu bezeichnen wären. Ich bin aber nicht geneigt auf die Frage nach der Begrenzung eines Zwischenreiches zwischen Thier und Pflanze hier näher einzugehen, will dagegen mit meiner Anschauung nicht zurückhalten, dass in allen Lebensäusserungen die Vorticellen als Organismen erscheinen, welche unseren unbefangenen Vorstellungen vom Thiere überhaupt am meisten

entsprechen. Und in diesem Sinne möchte ich die Vorticellen dann als einzellige Thiere bezeichnen, deren Verwandtschaftsverhältnisse zu anderen Organismen wohl noch nicht klar vorliegen.

### Erklärung der Abbildungen Taf. XXX.

Fig. 1. *Vorticella nebulifera* bei 600 maliger Vergrößerung vollständig ausgestreckt.

*c* Cuticula. *w* Wimperscheibe mit Wimperkranz. *p* Peristom. *e* Eingangsöffnung. *a* After. *k* kropfartige Anschwellung des Nahrungskanals. *n* Nucleus. *v* Vacuole. *f* Nahrungsballen mit Hof. *m* Muskelstreifung. *s* Stielmuskel.

Fig. 2. Vorticelle in contrahirtem Zustand.

Die Darstellung von Peristom, Wimperscheibe und Wimperkranz wurde vorgenommen nach Behandlung mit salpetersaurem Silberoxyd; der untere in den Stiel übergehende Theil erhielt seine eigenthümliche Gestalt dadurch, dass sich die mit dem Stiele losgerissene Vorticelle stark contrahirte. In Folge dessen wurde der Stiel vom Körper stark angezogen.

*p* Peristom.

Fig. 3. Schematische Darstellung der verschiedenen Plasmadifferenzirungen im Längsschnitt.

*i* Centrale Substanz. *r* Rindenschicht. *c* Cuticula. *m* Muskelschicht. *n* Nucleus. *x* innerer Theil des Stielmuskels, dessen Natur noch unbestimmt ist.

Die Pfeilchen deuten die an einander vorbeigleitenden Strömungen an.

Fig. 4. Schematische Darstellung des Speiserohres.

*v* Vestibulum. *m* Mundöffnung *a* After. *k* kropfartige Anschwellung.

Fig. 5—23. Dargestellt bei etwa 200 maliger Vergrößerung.

Fig. 5. Beginn des Theilungsprocesses. — Einfache Contraction.

Fig. 6. Dasselbe Bild von der Seite gesehen.

Fig. 7. Der Körper hat sich in die Breite ausgedehnt.

Fig. 8. Anfang der Einschnürung. Der Nucleus legt sich in die Richtung der horizontalen Achse. Zwei neue Peristome werden erkennbar.

Fig. 9. Weiter fortgeschrittene Theilung.

Fig. 10. Vollendete Theilung.

Fig. 11. Ein hinterer Wimperkranz bei einem der Individuen.

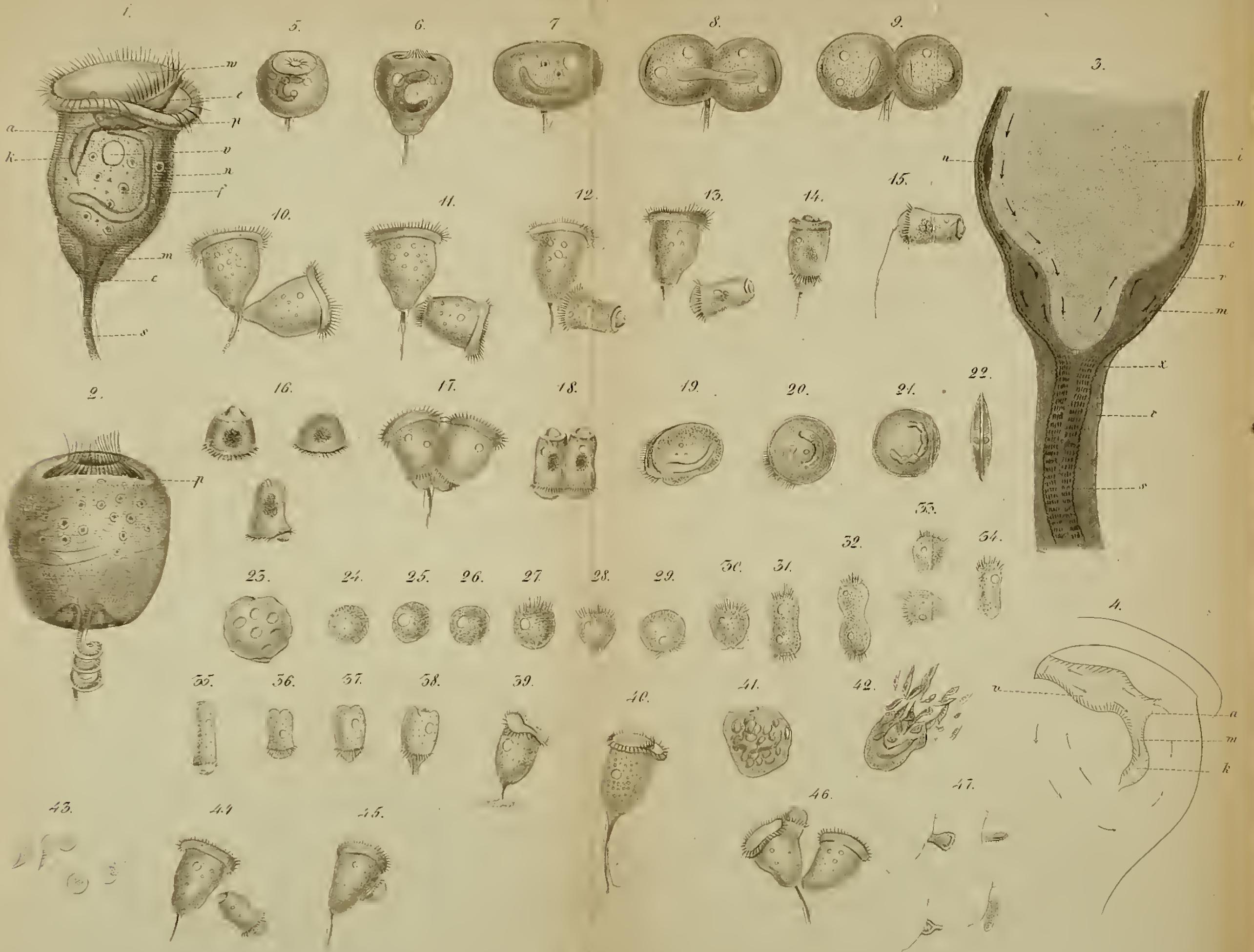
Fig. 12. Dasselbe in rechtwinkliger Stellung zur Stielachse, Scheibe und Wimperkranz hat es eingezogen, das Peristom darüber geschlagen.

Fig. 13. Das Individuum ist frei geworden.

Fig. 14. Das übrig gebliebene ebenfalls mit hinterem Wimperkranz.

Fig. 15. Dasselbe nimmt ebenfalls eine rechtwinklige Stellung zur Stielachse und wird ebenfalls frei.

- Fig. 16. Die verschiedenen Gestalten, welche freischwimmende Vorticellen annehmen.
- Fig. 17 u. 18. Ungewöhnlicher Theilungsvorgang; beide noch nicht vollständig von einander getrennte Thiere erhalten einen Wimperkranz und lösen sich vom Stiel.
- Fig. 19. Freischwimmende Vorticelle beim Beginn ihrer Encystirung.
- Fig. 20. Weiter entwickelte Encystirung.
- Fig. 21. Vollständig ausgebildete Cyste. Der Nucleus hat sich 7 fach getheilt.
- Fig. 22. Seitliche Ansicht einer Cyste von der Kante her.
- Fig. 23. Zusammengeschrumpfte Cystenhülle mit den 7 Kügelchen im Inneren.
- Fig. 24. Ein freigewordenes Kügelchen 800 mal vergrößert.
- Fig. 25. Auftreten einer Vacuole.
- Fig. 26—40. Bei 400 maliger Vergrößerung.
- Fig. 26. Entstehung eines Plasmawulstes.
- Fig. 27. Der Wulst hat sich in einen Wimperkranz umgebildet.
- Fig. 28. Vollständig entwickelte *Trichodina Gradinella* Ehrb.
- Fig. 29. Dieselbe von der Seite gesehen.
- Fig. 30—33. Theilungsvorgänge bei *Trichodina*.
- Fig. 34. Auswachsen zur Vorticella.
- Fig. 35. Starke periodische Ausdehnung des Körpers.
- Fig. 36. Bildung des Peristoms.
- Fig. 37—40. Vollständige Ausbildung zu einer gestielten Vorticelle.
- Fig. 41—47. 200 mal vergrößert.
- Fig. 41. Falsche Encystirung.
- Fig. 42. Ausschwärmen spindelförmiger Körperchen.
- Fig. 43. Zerfallen derselben.
- Fig. 44. Conjugation. — Eine freischwimmende Vorticelle schwimmt heran.
- Fig. 45. Beinahe vollendete Verschmelzung.
- Fig. 46. Conjugation einer freischwimmenden Vorticelle mit einem gestielten Theilungsthier.
- Fig. 47. Uebergebliebene Reste nach vollendeter Conjugation.



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Everts Jonkheer Edouard Jacques Guillaume

Artikel/Article: [Untersuchungen an Vorticella nebulifera. 592-622](#)