

## XII.

### Ueber den Stiel der Vorticellen.

[*Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie etc. 1855, Bd. IV. S. 458.*]

(Hierzu Fig. *a* u. *b* auf Tafel 10).

---

Die contractilen Stiele der Gattungen *Vorticella* und *Carchesium* sind häufig Gegenstand der Untersuchung gewesen; nichtsdestoweniger wurde bisher, wie die nachfolgenden Citate beweisen, weder die Anatomie dieser Gebilde, noch der Mechanismus ihrer eigenthümlichen Bewegungen vollständig erkannt und in übereinstimmender Weise erklärt.

Der als Naturforscher bekannte Exjesuit F. SCHRANK war der Erste, der die verschiedenen Bewegungsorgane der Infusorien in anatomischer und mechanischer Beziehung einer ernstern Aufmerksamkeit würdigte und in einer besondern Abhandlung unter dem Titel: »Ueber die Weise, wie sich die Aufgussthierchen bei ihren Bewegungen benehmen« in den Denkschriften der königl. bayer. Akad. der Wissensch. für 1809 und 1810 beschrieb. Ueber die contractilen Stiele der Vorticellen lässt sich SCHRANK a. a. O. S. 9 auf folgende, etwas confuse Weise vernehmen: . . . »Mit Bestimmtheit ihre Mechanik anzugeben, ist vielleicht schlechterdings unmöglich. Die Erscheinung ist bei allen gestielten Glockenpolypen diese (denn auch die, welche einen steifen Stamm haben, äussern sie wenigstens in ihren sonderheitlichen Stielchen [?]), dass ihr Stiel schneller als im Augenblicke, in einem wahren Punkt von Zeit, zusammenschnellt und null wird, ohne dass das aufmerksamste Auge mehr als ein Verschwinden gewahr wird. Was geschehen sei, das lehrt erst die Folge, und so deutlich, dass es nicht die geringste Anstrengung braucht, den Mechanismus einzusehen. Langsam und in Schraubengängen zieht sich der Stiel wieder auseinander, wie eine schwache Hand eine Uhrfeder, die mit ihrem innersten

Ende an irgend einen unbeweglichen Körper befestigt ist, bei ihrem äussern Ende ergriffen, in die Höhe ziehen würde. Vielleicht ist dieses Gleichniss mehr als Gleichniss, ist Erklärung selbst. Mir scheint es wenigstens sehr wahrscheinlich, der natürliche Zustand dieser Stiele sei eine Spirale, deren sämmtliche Windungen in derselben Fläche liegen, wie bei einer eingerollten Uhrfeder; der ausgezogene Zustand sei gewaltsam und werde von der Willkür des Thierchens bewirkt.«

In EHRENBURG'S grossem Werke und in den kleineren Abhandlungen über die Infusorien finden sich viele Bemerkungen über die Vorticellen. EHRENBURG beschreibt einen Spiralmuskel innerhalb des Stieles, welcher sich bei *Carchesium* in eben so viele Aeste theilen soll, als der verästelte Stiel selbst. Durch die Verkürzung dieses Muskels wird das Zusammenschnellen der Stiele bedingt.

C. ECKHARD theilt über die Vorticellen Folgendes mit (Die Organisationsverhältnisse der Polygastr. Infus. u. s. w. in WIEGMANN'S Arch. 1846, Bd. I, S. 217): Die Vorticellen »sitzen an den Enden einfacher oder zertheilter Stiele, deren Structur bei denen, welche die Fähigkeit sich zurückzuzschnellen, besitzen, diese ist. Eine Scheide (Muskelscheide) Fig. 3 s schliesst einen einfachen Muskel ein, der sich ein wenig über der Anheftungsstelle der Scheide an fremden Körpern verliert. Der unverkennbare Zusammenhang der Bewegungen des Körpers mit denen des Muskelstieles lässt schliessen, dass sich der Muskel in das Thier selbst hinein verzweige. Diese Verzweigung zu beobachten, ist mir aber bisher bloss bei *Vort. nebulifera* gelungen. Ich sah zwei ganz deutliche, obgleich sehr kleine (erst bei einer mehr als 400maligen Vergrösserung sichtbare) Fasern Fig. 3 v v sich in den Körper hinein erstrecken. EHRENBURG sah eine ähnliche Fortsetzung des Muskels in den Körper bei *Vort. convallaria*. Ist dieser Stiel nicht contrahirt, so ist auch das Thier in völliger Ausdehnung seines ganzen Körpers; sobald es aber diesen zusammenschnellt, namentlich die Mundwimpern einzieht, so verkürzen sich auch Scheide (?) und Muskel (indem der ganze Stiel sich spiralförmig zusammenwindet) und das Thierchen fährt an seinem Stiele zurück. Dehnt sich der Körper wieder aus und werden namentlich recht deutlich die Mundwimpern entfaltet, so geht auch der Stiel wieder aus seinem verkürzten Zustand in den verlängerten über. Es scheinen bei diesem Schnellen die Mundwimpern und überhaupt die vorderen Theile des Körpers von Bedeutung zu sein, da Contraction und Expansion des Stieles und Körpers sich gegenseitig bedingen. Welcher Einfluss auf die so eben beschriebenen Bewegungen der Muskelscheide, und welcher dem Muskel zugeschrieben werden muss, hat sich bis jetzt noch nicht mit Sicherheit ausmitteln

lassen. So viel ist aber gewiss, dass zum vollkommenen Schnellen dreierlei nothwendig ist: Unversehrtheit der Muskelscheide, Unversehrtheit des Muskels und Anheftung des ganzen Stiels, denn bei Vorticellen, deren Muskel in unversehrter Scheide zerrissen war, bemerkte ich zwar ein Zusammenschnellen des Körpers, nicht aber war dasselbe von Einfluss auf Ausdehnung und Zusammenschnellung des Stieles; ebenso misslang bei anderen, deren Scheide verloren gegangen, der Muskel aber noch mit dem Körper verbunden war, jeder Versuch des vollkommenen Schnellens. In beiden Fällen waren die Thiere nicht mehr angeheftet.«

DUJARDIN ist ganz anderer Meinung als die beiden eben citirten Forscher. In seiner Histoire naturelle des Zoophytes, Infusoires. Paris 1841, S. 49 heisst es: »*Les pédicules contractiles des Vorticelles peuvent aussi être comptés parmi les organes extérieurs des Infusoires. Leur structure et le mécanisme de leurs mouvements présentent un des problèmes les plus difficiles de cette étude. On voit, à la vérité, dans leur cavité centrale, une substance charnue moins transparente, mais ce n'est point, comme on a paru le croire une vraie fibre musculaire: au contraire la partie diaphane enveloppant ce cordon charnu et formant une bande plus mince vers une de ses bords, se contracte seule; et comme elle le fait davantage au bord le plus épais il en résulte une courbe en hélice dont le bord externe est occupé par le tranchant du pédicule. Leur substance paraît plus résistante, que celle des cils, car on en voit quelque fois, qui restent assez longtemps isolés dans le liquide.*« Weiter unten S. 547: »*Les particularités de leur (Vorticelles) forme et de leur double mode d'existence s'observent également chez les Epistylis, mais le pédicule contractile leur est exclusivement propre; c'est un cordon membraneux, plat, plus épais sur un de ses bords et contenant de ce côté un canal continu occupé au moins en partie par une substance charnue analogue à celle de l'intérieur du corps. Pendant la contraction ce bord épais se raccourcit beaucoup plus que le bord mince, et de là résulte précisément la forme de tire-bouchon; cependant je ne crois pas que ce soit une fibre charnue logée dans le pédicule, qui produise ce raccourcissement, comme le veut M. Ehrenberg.*«

Bezüglich der Structur des Vorticellenstiels stimmen EHRENBERG und DUJARDIN, wie man sieht, ziemlich überein; über die functionelle Bedeutung der beiden Formbestandtheile des Stieles gehen jedoch ihre Ansichten wesentlich auseinander. EHRENBERG hält seinen Spiralmuskel für contractil, DUJARDIN hingegen jene durchsichtige Substanz, welche den sogenannten Muskel einhüllt und von ECKHARD unpassend Muskelscheide genannt wird. Ohne vorläufig auf den streitigen Punkt einzugehen, bemerke ich gegen Beide, dass ihre widersprechenden

Auffassungen in gleichem Maasse einseitig und unvollständig sind. Die Vorticellen ziehen ihre Stiele nicht nur zusammen, sondern strecken sie auch wieder aus. Sucht man das contractile Element, so darf man das expandirende nicht vergessen, denn zum Ausstrecken des Stieles bedarf es ebenso gut einer Kraft, welche sich in irgend einem seiner Bestandtheile äussert, als zum Zusammenschnellen.

Der alte SCHRANK hat trotz aller Mangelhaftigkeit und zum Theil Unrichtigkeit der Beobachtung dennoch die Mechanik des Vorticellenstieles insofern richtiger als EHRENBURG und DUJARDIN erfasst, als er den motorischen Antagonismus berücksichtigt und nicht blos das Zusammenschnellen im Auge hat. Nach SCHRANK ist das Ausstrecken der Stiele ein activer, durch einen, unter dem Willenseinflusse des Thieres stehenden Apparat bedingter Vorgang, während das Zusammenschnellen gewissermaassen passiver Natur ist, indem es nur durch Unterbrechung der expandirenden Thätigkeit eingeleitet wird und in der Federkraft der gewaltsam auseinander gezogenen Spirale des Stieles seinen Grund hat. In entgegengesetzter Weise hat in neuerer Zeit F. GERBER die Sache aufgefasst. Er spricht sich darüber in seinem Handb. der allgem. Anatomie des Menschen und der Haus-säugethiere. Bern 1840, S. 92 folgendermaassen aus: . . . »Das Thier (*Vorticella*) bewirkt in seiner Umgebung mittels seiner am Becher-rande auf Würzchen sitzenden Wimpern wirbelnde Bewegungen und erhascht dadurch herbeigeführte organische Molecülen oder kleinere Infusorien, dass es seinen Stiel schnell korkzieherartig zusammenzieht und die Glockenöffnung schliesst; diese Bewegung gründet sich, wie ich richtig beobachtet zu haben glaube, auf die Zusammensetzung des Stieles aus einem Schwellgefäss (?), welches das Thier durch Druck mit einer Flüssigkeit füllt und so ausstreckt (erigirt), und einem feinen spiral um das Gefäss gewundenen Muskelfaden, welcher das Zurück-schnellen bewirkt. So wäre das einfachste erectile Organ mit dem einfachsten Muskel zur Bildung des vollständigen motorischen Antagonismus vereinigt.« Nach GERBER geschieht also sowohl das Einrollen als das Strecken der Stiele activ und durch directen Kraftaufwand des Thieres.

Meine eigenen Untersuchungen über den fraglichen Gegenstand, welche ich bereits vor mehreren Jahren anstellte und nach einer langen Unterbrechung kürzlich wieder vornahm, haben mich gelehrt, dass der Stiel der Vorticellen aus einem hyalinen (meist merklich bandartig abgeplatteten) Hauptfaden besteht, welcher einen excentrisch gelagerten, in steil aufsteigenden Schraubentouren um die Längsachse laufenden, feinen Kanal einschliesst. In diesem Kanal befindet sich ein

dünnere, gelblich gefärbte Fäden, welcher am oberen Ende des Stieles in die Substanz des glockenförmigen Körpers der Vorticelle, wie es scheint dichotomisch gespalten, übergeht, am unteren Ende aber, in verschiedener Höhe vom Anheftungspunkte des Stieles auf fremden Körpern, sich verliert.

An den oft sehr dicken, verästelten Stielen von *Carchesium* habe ich den helikoïdalen Kanal, nach innen von dem gelben Faden, noch mit einer blassen, fein granulirten Substanz ausgefüllt gefunden, welche gewissermaassen einen dritten Faden darstellt, so dass der ganze Stiel aus drei isotropen Helikoïden<sup>1)</sup> zusammengesetzt erscheint. Bei den Vorticellen konnte ich bisher diesen granulirten Faden nicht nachweisen; vielleicht haben aber nur die optischen Hilfsmittel dazu nicht ausgereicht.

In dem verästelten Stiele von *Carchesium* besitzt jeder Zweig seinen eigenen, mit jenem des Hauptstammes nicht zusammenhängenden helikoïdalen Kanal und Faden. Der Faden des Hauptstammes hängt nur mit einem Individuum zusammen. Jedes Individuum schiebt in den Zweig, auf dem es sitzt, seinen Faden hinein, dessen Länge jener des Zweiges entspricht. Ganz kurze Zweige, welche eben erst durch Theilung entstanden zu sein scheinen, sind mir ganz hyalin vorgekommen und ich konnte in ihnen keine Spur eines Fadens entdecken. Das ganze Bäumchen erscheint daher wie aus lauter einzelnen Vorticellen von verschieden langen Stielen zusammengesetzt.

Nach diesem Verhalten der von mir untersuchten Exemplare muss ich EHRENBERG'S Abbildungen für unrichtig halten. EHRENBERG zeichnet nämlich den Faden des Hauptstammes von *Carchesium* gleichfalls verästelt, während ich niemals eine Verästelung desselben wahrnehmen konnte.

Die Bestimmung des Windungstypus der Stiele ist nicht ohne Schwierigkeit. Der hyaline Faden der Stiele ist so durchsichtig und die Helikoïde von so geringer Lichtung, dass der gelbliche Faden, selbst bei unveränderter Focaldistanz, auf seinem ganzen Verlaufe mit fast gleich deutlichen Umrissen erscheint und wie eine ebene, zwischen die Contouren des Stieles gezeichnete Wellenlinie aussieht.

Nur durch eine überaus genaue und aufmerksame Einstellung des Mikroskops, bei gedämpfter oder schräger Beleuchtung und starker Vergrößerung, erfährt man, ob die rechts oder die links aufsteigenden

<sup>1</sup> Vergl. über die Bedeutung dieser, so wie der weiter unten gebrauchten Ausdrücke J. B. LISTING'S interessante »Vorstudien zur Topologie«. Götting. 1848.

Theile der scheinbar zur Wellenlinie projecirten Helikoïde auf der dem Beobachter zugewendeten Seite des durchsichtigen Stieles liegen.

Ich habe mich überzeugt, dass hier, ähnlich wie bei den Schnecken-schalen derselben Art, ein doppelter Windungstypus vorkommt. Es finden sich sowohl dexiotrope als laeotrope Stiele. Die Anzahl der Umgänge schwankt *caeteris paribus* nach der Länge der Stiele zwischen 0 und 12. Am häufigsten sind 4—8 Umgänge vorhanden.

Das Zusammenschnellen der Stiele erfolgt bekanntlich meist so rasch, dass man kaum Zeit hat, den Vorgang zu beobachten und mit Sicherheit zu erkennen. Allein die Stiele bleiben oft lange genug zusammengezogen und strecken sich hinreichend langsam aus, so dass man aus diesen Prämissen den Modus des Zusammenschnellens erschliessen kann. Uebrigens gibt es Mittel, das Zusammenschnellen bedeutend zu verlangsamten und den Modus desselben der directen Beobachtung zugänglich zu machen, z. B. die Beimischung einiger Tropfen Sublimatlösung.

Der hyaline Faden des völlig zusammengerollten Stieles bildet eine Helikoïde, deren Windungen sich bis zur Berührung nähern, und trägt nun längs seines innern, gegen die Conductrix der Helikoïde sehenden Randes den Kanal, in welchem der gelbe Faden eingeschlossen ist. Das ist das constante Verhältniss. Vergl. Fig. *a* und Fig. *b*, Taf. 10. Die letztere, welche ein Stück eines nicht völlig zusammengerollten Stieles von *Carchesium* darstellt, zeigt auch die relative Lage des granulirten Fadens. Man hat drei isotrope Helikoïden vor sich, welche zugleich paradrom sind. Das Askoïd, d. h. jene röhrenförmige Fläche, welche man tangirend um sämmtliche Windungen der Helikoïde legen kann, ist gewöhnlich ein Cylinder, manchmal aber ein Kegel mit nach abwärts gekehrter Spitze.

Streckt sich der Stiel aus, so geschieht dies, wie gesagt, ungleich langsamer als das Zusammenschnellen, und man kann den ganzen Vorgang genau verfolgen. Die Windungen der Helikoïde entfernen sich voneinander und das Askoïd verliert an Lichtung, indem sie immer steiler ansteigen. Dabei entdeckt man ohne Schwierigkeit, dass sich der hyaline Faden, während der Streckung, aus dem Zustande der Torsion befreit. Es ergibt sich dies aus den cyclischen Bewegungen, welche der glockenförmige Körper der Vorticelle um seine Längsachse ausführt, während er durch den sich streckenden Stiel emporgehoben wird.

Die Anzahl der Windungen der Helikoïde, welche der zusammengeschnellte Stiel bildet, entspricht jener der Wandellinie des ausgestreckten Stieles.

Die Bewegungen beim Strecken und jene beim Zusammenschnellen des Stieles müssen wesentlich dieselben sein, nur erfolgen sie mit verschiedener Geschwindigkeit und natürlich in entgegengesetztem Sinne. Es ist klar, dass man aus den ersteren, welche leicht zu beobachten sind, mit Sicherheit auf die Art der letzteren, welche wegen enormer Raschheit dem Beobachter fast ganz entgehen, schliessen kann. Uebrigens habe ich oben von Reagentien gesprochen, welche diesen Uebelstand beseitigen. Setzt man z. B. einige Tropfen Sublimatlösung der Infusion bei, welche man unter dem Mikroskop hat, so wickeln sich alsbald die Stiele mit sehr mässiger Geschwindigkeit zusammen und man ist in den Stand gesetzt, die Richtigkeit unseres Schlusses zu bestätigen. Man sieht, wie sich der Körper der Vorticelle beim Einrollen, in Folge der Torsion, welche der hyaline Faden erleidet, dreht und wie der gelbe Faden allmählich an den innern Rand der helikoïdalen Windungen des Stieles gelangt. Die Infusorien vertragen die Beimischung des Sublimats nicht und sterben nach kurzer Zeit ab.

Der Punkt, von welchem aus das Zusammenschnellen der Stiele sowohl als das Strecken beginnt, ist nicht immer derselbe. Ich habe beide Bewegungen am obern, aber auch am untern Ende der Stiele entspringen sehen. Manchmal schienen mehrere oder alle Windungen zugleich von der Bewegung ergriffen. Ein solcher inniger, ursächlicher Zusammenhang zwischen den Bewegungen des Stieles und jenen des Körpers, namentlich der Entfaltung des Wimperkranzes, wie Herr ECKHARD will, existirt durchaus nicht, denn man kann es oft sehen, dass die Vorticellen die Wimpern einschlagen, ohne deshalb den Stiel zusammenzuzschnellen. Die Beziehung und das Verhältniss dieser Bewegungen zu einander kann man etwa als willkürliche Association oder Synergie auffassen. Dazu braucht man auch nicht eine complicirte Verzweigung des sogenannten Muskels durch den ganzen Körper anzunehmen, wie Herr ECKHARD, wahrscheinlich gewissen Ideen über die Organisationsverhältnisse der polygastrischen Infusorien zu Liebe, thut.

Es handelt sich nun darum, die Mechanik des Vorticellenstieles zu erklären und den antagonistischen Kräften bestimmte Formelemente anzuweisen. Ich halte dafür, dass der hyaline Faden elastischer Natur ist und das Ausstrecken des Stieles bedingt, während der gelbe Faden aus contractiler Substanz besteht und das Zusammenschnellen vermittelt. Der blasse granulirte Faden von *Carchesium* mag vielleicht eine rein vegetative Function haben. Elasticität und Contractilität reichen vollkommen aus, den motorischen Antagonismus begreiflich zu machen und, gebunden an die genannten Formelemente, alle Einzelheiten der Erscheinung zu erklären.

Für den gelben Faden als Vermittler des Zusammenschnellens spricht, wie mir scheint, mit Bestimmtheit der Umstand, dass überall, wo derselbe zerstört ist, auch keine Spur von Contraction beobachtet wird. Nur so weit als der unversehrte, mit dem lebendigen Thiere zusammenhängende Faden reicht, kann der Stiel zusammengeschnellt werden, der übrige Theil des Stieles bleibt unbeweglich. Der gelbe Faden ist der Sitz der contrahirenden Kraft, aber verdient, wie ECKER und KÖLLIKER gezeigt haben, doch nicht den Namen eines Muskels.

Stirbt eine Vorticelle ab, so löst sie sich von dem Stiele los. Man findet häufig genug unbesetzte Stiele in den Infusionen, welche, namentlich wenn die Thiere durch Sublimat getödtet wurden, längere Zeit zusammengezogen bleiben, sonst aber, wie schon der alte O. MÜLLER wusste, durchgängig ausgestreckt sind. In dem ersten Falle befindet sich der gelbe Faden, trotz der Abwesenheit des Thieres, im contrahirten Zustand (Coagulation? Rigor mortis?). Lässt man solche Stiele maceriren oder zerstört man den contractilen Faden durch passende Reagentien, so strecken sie sich von selbst aus und bleiben für immer ausgestreckt. Ich habe diesen Versuch oft angestellt. Er beweist, wie ich glaube, mit Evidenz die elastische Natur des hyalinen Fadens und demonstirt zugleich das antagonistische Verhältniss, in welchem bei den Bewegungen der Stiele der hyaline zum gelben Faden steht. Herrn GERBER's übrigens ganz unbegründete Ansicht, dass der hyaline Faden ein Schwellgefäss sei, welches sich durch Druck mit Flüssigkeit füllen und erigiren soll, wird durch die mitgetheilte Erfahrung geradezu widerlegt.

Der hyaline Faden ist nichts als eine homogene, elastische Substanz, welche uns hier in der niedersten Sphäre der thierischen Organismen zum ersten Male gesondert und geformt entgegentritt. Es verlohnte sich, die elastischen Elemente in ihrer fortschreitenden Entwicklung in ähnlicher Weise zu verfolgen, wie es ECKER und KÖLLIKER mit der contractilen Substanz gethan haben.

Somit hätte ich meine Auffassung näher begründet und kann nun zur genauern Auseinandersetzung des Mechanismus der Stiele übergehen.

Beiläufig erwähne ich nur noch, dass der motorische Antagonismus auf unendlich mannichfache Weise an Theilen, welche eine bestimmte Bewegung auszuführen haben, realisirt werden kann und factisch realisirt ist. Als wesentliche Bedingungen sind immer zwei Kräfte anzusehen, deren Wirkungen sich gegenseitig aufzuheben im Stande sind. Uebrigens können diese Kräfte einfach sein oder die Resultirenden aus einer beliebigen Anzahl von Componenten; die eine

von beiden kann stärker sein als die andere oder der anderen gleich; die Wirkungen der Kräfte können momentan eintreten oder es kann eine derselben, und zwar die schwächere, continuirlich wirken u. s. w. Wir wollen hier nicht versuchen, die möglichen Fälle zu erschöpfen. Es mögen diese Andeutungen genügen, um den Weg zu bezeichnen, auf welchem man zu einer nach allgemeineren Gesichtspunkten entworfenen Classification einer wichtigen Gruppe von motorischen Apparaten gelangen dürfte.

In unserm Falle haben wir es mit einem momentan thätigen contractilen Faden und einem continuirlich wirkenden, elastischen Faden zu thun, welche in der beschriebenen Weise eine doppelte, paradrome Helikoïde bilden. Die schwächere Elasticität, welche den Stiel stets gestreckt zu erhalten strebt, wird nur zeitweilig von der stärkeren, momentan auftretenden Contractilität überwunden. Es ist nun zu zeigen, wie die Art der Zusammenbiegung des elastischen Fadens durch den contractilen, von der angegebenen Position des letztern abhängt.

Betrachten wir zunächst, in welcher Weise ein ausgestreckter, elastischer Cylinder durch die Zusammenziehung eines geradlinigen, excentrisch gelagerten, mit seiner Längsaxe parallelen, contractilen Fadens in seiner Gestalt verändert werden muss. Es ist klar, dass sich der Cylinder an der Seite, welche dem Faden entspricht, verkürzen und in Folge dessen krümmen wird. Die Zusammenziehung kann sich so weit steigern, dass der Cylinder die Gestalt eines ebenen, geschlossenen Ringes annimmt, an dessen innere Peripherie der contractile Faden zu liegen kommt. Dies wird noch einleuchtender, wenn man sich den Cylinder in unendlich viele dünne Scheiben zerschnitten denkt, deren jede ein Stück des excentrisch gelagerten Fadens enthält. Jedes solche Scheibchen wird durch die Verkürzung des an seiner Peripherie befindlichen Fadenstückes an diesem Rande zugespitzt und nimmt eine keilförmige Gestalt an. Baut man nun in Gedanken aus diesen keilförmigen Scheiben den Cylinder wieder auf, indem man sie mit ihren gleichnamigen Punkten aufeinander legt, so entsteht nothwendig kein geradliniger, sondern ein eben gekrümmter Stab oder ein geschlossener Ring. Von dem Verhältniss zwischen der Menge der Scheiben (oder was dasselbe ist: der Länge des Cylinders) und dem Zuschärfungswinkel der Scheiben (d. h. dem Grade der Verkürzung des Fadens) hängt es ab, ob man nur ein Segment oder den geschlossenen Ring erhält. Haben die keilförmigen Scheiben verschiedene Zuschärfungswinkel (d. h. hat sich der contractile Faden an verschiedenen Punkten ungleich stark verkürzt), so lassen sich mancherlei, geschlos-

sene und offene, ebene Curven zusammenstellen. Mit dem Aufhören der Contraction oder einer an den Faden gebundenen zusammenbiegenden Kraft, dehnt sich der Cylinder wieder geradlinig aus.

Nehmen wir nun an, dass der an der Peripherie des Cylinders befindliche Faden nicht, wie in dem eben betrachteten Falle, parallel mit dessen Axe verläuft, sondern schräg aufsteigt und gehörig verlängert eine Helikoïde um den Cylinder beschreibt, so wird seine Verkürzung auch eine andere Folge für die Krümmung des Cylinders haben.

Wir zerschneiden den Cylinder wieder in unendlich viele dünne Scheiben, deren jede an einer bestimmten Stelle der Peripherie ein schräg aufsteigendes Stück des contractilen Fadens trägt. Der Zug, welchen das Stück des Fadens in schräger Richtung ausführt, lässt sich in zwei Componenten zerlegen, von denen die eine parallel mit der senkrechten Axe der Scheibe wirkt, während die andere horizontal, d. h. parallel mit dem Scheibenrande zieht. Durch die Wirkung der senkrechten Componente erhalten wir, wie in dem obigen Falle die keilförmige Gestalt der Scheibe, während durch die Thätigkeit der horizontalen Componente eine Torsion der Scheibe eintreten muss, welche darin besteht, dass ungleichnamige Punkte des obern und des untern Scheibenrandes übereinander zu stehen kommen. Die einzelnen Scheiben werden also durch die volle Wirkung des schrägen Zuges keilförmig zugeschärft und zugleich torquirt.

Legt man jetzt die Scheiben mit den entsprechenden Punkten der zusammengehörigen Flächen aufeinander, so wird der wieder aufgebaute Cylinder gleichfalls torquirt und gekrümmt erscheinen und an seinem concaven Rande den zusammengezogenen Faden einschliessen. Die Krümmungen des Cylinders liegen nun nicht mehr in einer Ebene.

Ist der Cylinder so lang genommen, dass der in gleichmässig schräger Richtung aufsteigende, contractile Faden eine mehr oder weniger steile Helikoïde um ihn vollendet hat, so ist das Resultat der Zusammenziehung ein helikoïdal gewundener und torquirter Cylinder, welcher sich durch seine Elasticität beim Nachlassen der Zusammenziehung aus der Torsion befreit und seine ursprüngliche, gestreckte Gestalt wieder annimmt. Man sieht leicht, welche Fälle von complicirten und einfachen Curvenformen durch die willkürliche Veränderung des relativen Verhältnisses der Länge und Dicke des Cylinders und des Contractionsgrades und der Führung des Fadens zu erreichen sind. Der ebene Ring und die quere Einschnürung des Cylinders können als Grenzfälle betrachtet werden.

Das erörterte Schema passt im Wesentlichen auf den Stiel der Vorticellen und erklärt, warum der elastische Faden im zusammengeschnellten Zustande eine Helikoïde bilden müsse, warum der contractile Faden nach innen zu liegen komme, wie die Torsion des Stieles, welche sich durch die Drehbewegungen des Körpers der Vorticelle verräth, bewirkt werde, und wie endlich die Streckung des Stieles vor sich gehe.

Ich habe mir nach diesem Schema schon vor mehreren Jahren Modelle angefertigt, welche den Mechanismus des Vorticellenstieles auf sehr instructive Weise versinnlichen. Auf der Wunderscheibe (Phenakistoskop) lassen sich die Bewegungen des Stieles gleichfalls, jedoch nur im Bilde wiedergeben.

Ich kann diese Mittheilung unmöglich schliessen, ohne eines überaus interessanten physikalischen Versuches zu gedenken, welchen Herr Prof. PETRINA in Prag im vorigen Jahre angestellt und vor kurzem der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien mitgetheilt hat.

Der Versuch besteht in Folgendem: Man leitet durch eine dünne, elastische Drahthelikoïde, welche an einem passenden Gestell frei herabhängt und mit dem untern Ende in einen Quecksilbernapf taucht, einen mässig starken elektrischen Strom. So wie die Kette geschlossen ist, nähern sich augenblicklich die einzelnen Windungen des Drahtes und die ganze Helikoïde verkürzt sich. In Folge dessen zieht sich das untere Drahtende aus dem Quecksilbernapf heraus. Damit wird aber die Leitung und der elektrische Strom unterbrochen. Der Grund der Verkürzung der Helikoïde fällt weg. Sie streckt sich durch ihre Elasticität wieder aus. Das untere Ende taucht in den Napf zurück und stellt so die Leitung wieder her. Das Spiel beginnt von Neuem.

Prof. PETRINA erklärt das Zusammenschnellen der Helikoïde aus dem Gesetze der Anziehung parallel laufender elektrischer Ströme.

Die überraschende Analogie zwischen diesem Versuche und den Bewegungserscheinungen der Vorticellenstiele wird wohl Niemandem entgehen. Hier wie dort hat man es mit einer Helikoïde zu thun, welche durch das antagonistische Spiel zweier Kräfte sich verkürzt und ausstreckt. Sollte sich nicht auch die Erklärung des elektrischen Versuches auf die Bewegungen der Stiele übertragen lassen? In der That, der Gedanke liegt sehr nahe, den Grund des Zusammenschnellens der Stiele gleichfalls in einem von dem Thiere erregten elektrischen Strome zu suchen. An den gelben Faden, den wir den contractilen genannt haben, müsste die Entstehung oder Leitung des elektrischen Stromes gebunden gedacht werden, da nach seiner Zerstörung das Zusammenschnellen aufhört. Das Vorhandensein elektrischer Ströme in

den Vorticellen darf seit den Du Bois'schen Untersuchungen über thierische Electricität mit Sicherheit vorausgesetzt werden. So wäre denn eine solide Basis zur eigentlichen Erklärung dieser Bewegungserscheinungen gefunden.

Beiläufig erwähne ich hier der BARRY'schen Spiralfasern, aus denen die Muskeln zusammengesetzt sein sollen. BARRY's Anschauung gewinnt durch PETRINA's Versuch jedenfalls an Bedeutung und verdient eine aufmerksame Revision von Seiten der Mikroskopiker. Die Erklärung der Muskelcontraction wäre, wenn sich die schraubenförmige Structur der Muskelfaser bestätigt, bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse über die elektrischen Zustände der Muskeln und Nerven wesentlich erleichtert. Freilich muss erst die Histologie das entscheidende Wort gesprochen haben, ehe man mit einiger Zuversicht an den Ausbau einer begründeten Theorie der Muskelcontraction schreiben kann.

Ich habe bisher noch nicht Gelegenheit gefunden, BARRY's Angaben zu bestätigen, doch muss ich gestehen, dass die Präparate, welche mir Dr. M. BARRY während seines Aufenthalts in Prag zeigte, meinen Glauben an die allgemein verbreitete BOWMAN'sche Anschauung wesentlich erschüttert haben.

Schliesslich erlaube ich mir noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen. PETRINA's Drahtspirale schnellt allerdings durch die Wirkung des elektrischen Stromes zusammen, d. h. die einzelnen Windungen nähern sich fast bis zur Berührung, allein der Draht selbst wird, so viel sich an dem Apparate bemerken lässt, nicht verkürzt und verdickt.

Ein organischer Spiralfaden, welcher sich in Folge eines elektrischen Stromes wie PETRINA's Drahtspirale zusammenschnellte — durch Anziehung der Windungen — würde demnach nicht eigentlich verkürzt werden. Der contractile Faden des Vorticellenstiels scheint sich jedoch, nach Allem was ich gesehen habe, nicht nur zusammenzurollen, sondern auch zu verkürzen. Die von mir angedeutete Erklärung des Phänomens könnte also auf den ersten Blick als unzureichend angesehen werden. Allein wenn man bedenkt, dass durch die gegenseitige Anziehung der einzelnen Windungen eine Verdickung des Fadens auf Kosten seiner Länge kaum ausbleiben kann, so wird man die Hypothese noch nicht ganz aufzugeben brauchen.

Uebrigens ist durch die Herbeiziehung des PETRINA'schen Versuches — (mag man auch die physiologische Erklärung der Zusammenziehung des contractilen Fadens auf was immer für einen physikalischen Vorgang zurückführen) — ohne Zweifel ein wichtiger Fingerzeig

gewonnen, wie die im Stiele etwa vorhandenen elektrischen Ströme bei der Erklärung des Zusammenschnellens mit zu verwerthen sind.

Prag, den 20. Januar 1853.

Nachschrift. In EHRENBERG's grossem Atlas finden sich einige Darstellungen von Vorticellen, welche, wenn ihnen keine Täuschung zu Grunde liegt, alle Beachtung verdienen. In der einen Zeichnung (Taf. XXVI, Fig. V $\alpha$ ) ist der zusammengeschnellte Stiel, statt in der Helikoïde, im Zickzack gebogen; in der andern (Taf. XXVI, Fig. I und V $\beta$ ) läuft der sogenannte Muskel in Gestalt einer Wellenlinie in dem schraubenförmigen Stiele herunter. Ich habe Aehnliches in der Natur nie gesehen und erinnere mich auch nicht, bei Anderen irgend etwas der Art beschrieben gelesen zu haben. Sollten solche Stiele wirklich vorkommen, was ich jedoch bezweifle, so möchte ihr Mechanismus von jenem der gewöhnlichen Stiele ziemlich verschieden sein. Die wellig gebogene, schlaffe Contour des Fadens während der Zusammenrollung des Stieles würde fast geradezu gegen die contractile Natur des sogenannten Muskels sprechen, und man wäre auf eine rein dynamische Erklärung gewiesen. Der im Zickzack, statt in der Helikoïde gebogene Stiel könnte vielleicht noch durch eine bloß streckenweise Zusammenziehung des contractilen Fadens erklärt werden, wenn der Verlauf desselben zugleich in entsprechender Weise abweichend gefunden würde. Für jetzt sind beide Darstellungen sehr räthselhaft und verdächtig.

## Erklärung der Abbildungen.

### Fig. *a* und *b* auf Tafel 10.

Fig. *a*. Stellt eine Vorticelle vor, welche durch Behandlung mit Sublimat getödtet worden ist. Der Körper ist kugelig zusammengezogen. Der Stiel bildet eine enggewundene Helikoïde, an deren innerem Rande der contractile Faden herunterläuft. Am untersten Ende des Stieles ist der contractile Faden zerstört, der elastische Faden hat sich daher ausgestreckt.

Fig. *b*. Halbschematische Darstellung eines Stückes des Stieles von *Carchesium*. Es ist eine dreifache dextrope und paradrome Helikoïde. Man unterscheidet den elastischen, den contractilen und den granulirten Faden. Letzterer liegt zwischen den beiden ersteren. Der innere Rand der Helikoïde ist quergunzelt. Die Runzeln gehören dem elastischen, und nicht wie Einige glaubten, dem contractilen Faden an.