

19. Otto Müller: Durchbrechungen der Zellwand in ihren Beziehungen zur Ortsbewegung der Bacillariaceen.

Eingegangen am 20. April 1889.

(Mit Tafel VII.)

Die viel umstrittene Frage von den Bewegungen der Bacillariaceen hat die Autoren bekanntlich in zwei Lager geschieden, in deren einem die osmotische, im anderen die protoplasmatische Theorie zur Herrschaft gelangt ist. Die Begründungen der gegnerischen Theorien setze ich als bekannt voraus und verweise diesbezüglich auf die von E. PFITZER¹⁾ gegebene ausführliche Darstellung und die von W. PFEFFER²⁾ mitgetheilte Literatur. Die Anhänger der osmotischen Theorie stützen ihre Argumente gegen die protoplasmatische Theorie insbesondere darauf, dass das auf der Aussenfläche der Zellwand vorausgesetzte Protoplasma nicht sichtbar sei und dass auch Durchbrechungen der Zellwand, welche dem Protoplasma den Austritt gestatten, nicht zweifellos seien. Sollten, so geben sie zu, diese Nachweise gelingen, dann würde die protoplasmatische Theorie gut begründet sein. — Ich bezweifle, dass Aussicht vorhanden ist, das ausgetretene Protoplasma zunächst in überzeugenderer Weise ad oculos zu demonstrieren, als es bereits geschehen ist, nämlich durch die mit demselben auf- und abgleitenden Fremdkörper; aber ich werde nachweisen, dass in der That Durchbrechungen der Zellwand vorhanden sind, welche den Durchtritt von Protoplasma nicht nur ermöglichen, sondern zur nothwendigen Folge haben.

Die nachfolgenden Mittheilungen beziehen sich auf Arten aus der Gattung *Navicula*, insbesondere der Gruppe der Pinnularien.

Die Zellhaut der *Pinnularia*-Arten hat E. PFITZER³⁾ eingehend beschrieben, es bedarf daher nur einiger Ergänzungen. Was zunächst die Riefen betrifft, so beschränke ich mich darauf, der von J. H. L. FLÖGEL⁴⁾ vertretenen Auffassung, insbesondere den Tafel VIII Fig. 1, 2, 4 seiner Arbeit gezeichneten Querschnittsbildern beizupflichten. Die Riefen sind hiernach nicht Einsenkungen auf der Aussenfläche,

1) Unters. über d. Bau u. d. Entwickel. d. Bacillariaceen. 1871. pag. 175 ff.

2) Pflanzenphysiologie. 1881. Bd. II., pag. 364 ff.

3) a. a. O. pag. 40 ff.

4) Researches. Journ. of the Royal microsc. Society Ser. II. Vol. IV. pag. 505 ff.

sondern langgestreckte Hohlräume, Kammern, an der Innenfläche, welche nach dem Zellinnern je eine grosse Oeffnung besitzen; Fig. 16, worin *ka* die Kammer, *lr* die laterale, *mr* die mediane Kante der Oeffnung bezeichnet, nach FLÖGEL; vergl. PFITZER pag. 41.

Jede Schale wird bekanntlich von zwei medianen Längsspalten, der Rhaphe, durchzogen, welche von den Polen bis in die Nähe des Centrums sich erstrecken, Fig. 1 *sp, d*. Man kann aber auch die Rhaphe wirklich als Naht auffassen und jede Schale als aus zwei, durch Falze an einander gefügte asymmetrische Hälften bestehend betrachten, welche nur im Centrum, Fig. 1 *c*, und an der äussersten Peripherie der Pole, dem Gürtelbandrande der Schale, Fig. 9, verwachsen sind. Diese Auffassung drängt sich bei näherer Betrachtung des Baues der Falze und der Innenfläche der Membran auf. Man begegnet oft gewaltsam getrennten Schalenhälften; der einen (die Centralknotenhälfte, Fig. 2, 3, 4, 5) sitzt der Centralknoten, Fig. 2 *c*, mit unverletzter Basis auf, welche nach beiden Seiten in eine der Schneiden oder Blätter des Falzes übergeht, Fig. 2 *fz*, 7; die Verwachsung und somit auch der Bruch erfolgt lediglich in dem unterhalb der Basis des Centralknotens, also nach aussen gelegenen Zellhautstück. Der zweiten Hälfte gehören die beiden Endknoten zu (die Endknotenhälfte).

Ineinandergefügt bilden die Falze beider Hälften die Rhaphe, d. h. ein eigenartiges System von Spalten und Kanälen, welche an verschiedenen gelegenen Stellen die Schalenmembran in sehr verschiedenen Winkeln zur Membranfläche durchziehen.

FLÖGEL bildet Querschnittspräparate ab, wonach der Spalt theils rechtwinklig und geradlinig, theils in einer gebrochenen Linie die Schalenmembran von aussen nach innen durchsetzt, aber nur bis zur innersten Membranschicht, durch welche er nach dem Zellinnern abgeschlossen wird, Fig. 16 nach FLÖGEL. Den letzteren Punkt betreffend, habe ich einen solchen Abschluss, trotz sorgfältigen Suchens, nicht wahrnehmen können; trotzdem halte ich ihn für wahrscheinlich.

Ein geradliniger, rechtwinkliger Verlauf des Spaltes kommt vor (vergl. auch PFITZER pag. 49), meistens aber ist der Querschnitt des Spaltes weniger einfach, seine Richtung vom rechten Winkel abweichend. Die Centralknotenhälfte besitzt stellenweise einen aus drei Schneiden oder Blättern gebildeten Falz, Fig. 5, die Ziffern 1, 2—2, 3 deuten die Einstellungsebenen von oben (aussen) nach unten (innen) an. Der Querschnitt des Spaltes durchsetzt die Membran in mehrfachen langgezogenen Windungen, Fig. 5 *a*, und es ist wohl möglich, dass das Mittelblatt die Mittelebene des Spaltes während des Lebens verschliesst; in diesem Falle verblieben zwei Kanäle, deren einer *ak* längs der Aussenfläche, der andere *ik* längs der Innenfläche der Schalenmembran verläuft. An anderen Stellen entfällt das Mittelblatt, der Querschnitt ist eine gebrochene Linie; vor den Endknoten fehlen die Blätter ganz,

Fig. 3, 4, 5, und an den Polen durchsetzt der Spalt die Membran in sehr schiefer Richtung, in seiner Längsebene oft spiralgig gewunden und der innere Contour halbmondförmig, bis nahe dem Gürtelbandrande der Schale (halbmondförmige Polspalte) *d* in Fig. 9 und Fig. 1, 5, 11, 12. Im Uebrigen unterliegt der Spaltverlauf bei verschiedenen Arten sehr erheblichen Modificationen.

Die Rhaphe tritt aus dem Centralknoten als Kanal nach aussen, Fig. 1, 7, der sich allmählich zu einem Spalt verbreitert und um die Endknoten herum bis zu den Polen zieht. Aber sie tritt auch in die Endknoten wieder als Kanal ein (äusserer Endknotenkanal), welcher nach der Seite der Excentricität des Centralknotens scharf umbiegt und in die Tiefe dringt, Fig. 9, 10, 11, 12*ae*. Fig. 4 stellt den Pol der Centralknotenhälfte der Schale mit einer Hälfte der Polspalte *d* und des äusseren Endknotenkanals *ae* dar.

Das äussere Blatt des Falzes der Centralknotenhälfte greift bei den meisten grösseren Arten an zwei Stellen jeder Seite über das entsprechende der Endknotenhälfte; sein Contour ist daher eine mehr oder weniger geschwungene Linie, Fig. 1, 2, 3, 5. Längs dieser Linie tritt das Protoplasma aus dem Spalt hervor; aber das Protoplasma durchdringt denselben nicht quer, sondern es durchströmt das Spaltensystem in der Längsrichtung, geleitet und in dieser Richtung erhalten durch die Apparate der Knoten.

Die jeder Schale zugehörenden drei Knoten sind durchbohrt und durch die Spalten der Rhaphe zu einem zusammenhängenden Kanalsystem verbunden, welches dem Plasma bestimmte Bahnen im Innern der Schalenmembran und auf deren Aussenfläche vorschreibt, Fig. 15. Der Weg, auf welchem das Protoplasma von innen nach aussen gelangt, führt durch die Knoten, die Rhaphe sichert Ausbreitung und Richtung des Stromgebiets.

Der Centralknoten sowohl wie die Endknoten ragen verhältnissmässig tief in das Innere der Zelle hinein und gerade dort finden sich auch grössere Plasmaanhäufungen. Zwischen den Centralknoten der beiden Schalen einer Zelle liegt der Kern, umgeben von der mittleren Plasmamasse (vergl. PFITZER pag. 30, 31); durch den Centralknoten fliesst daher Plasma aus der unmittelbarsten Umgebung des Kernes nach aussen ab.

Vom Zellinnern aus betrachtet, ist der Centralknoten ein solider, abgestumpfter Kegel mit ovalem Querschnitt, dessen breite Basis, wie oben gezeigt wurde, der einen Schalenhälfte aufsitzt, Fig. 2, 7*c*, 13. Der Knoten steht dadurch excentrisch, der nach innen gelegene Rand seiner Gipffläche entspricht etwa der Mittellinie der Schale, Fig. 7*l*. Die Gipffläche ist leicht concav ausgestaltet, die Ränder bilden, besonders an den beiden Enden des längern Durchmesser, oft kleine Buckel, Fig. 13, oder überwölben auch dieselbe, Fig. 7.

Der in der Mediane gelegene Rand erhebt sich am höchsten und bildet eine nach beiden Seiten schräg abfallende seichte Rinne, l in Fig. 7, 8. An zwei identischen, seitlich und am tiefsten gelegenen Punkten der Gipffläche führt diese offene Rinne l zu zwei Poren, den Eintrittsöffnungen je eines geschlossenen Kanals k , welcher den soliden des Knotens in mehreren, der Schalenfläche theils parallelen, theils Körper schräg oder senkrecht stehenden, scharfen Windungen durchbohrt, dessen Verlauf aus der schematischen Fig. 17 und den Profilen Fig. 13, 14 ersehen wird. Die mit einem * bezeichneten beiden Kniee der Fig. 17 treten aus der Papierebene hervor. Bei anderen Arten scheinen die Eintrittspunkte der Kanäle nicht auf der Gipffläche selbst, sondern auf der medianen Seitenwand des Knotens zu liegen, Fig. 14. An der Aussenfläche der Schalenmembran biegt der Kanal fast rechtwinklig um und geht als äusserer Centralknotenkanal, ak Fig. 14, 17, in das Spaltensystem der Rhaphe über. Einen dem Laufe des Kanals an der Aussenfläche entsprechenden Arm, den innern Centralknotenkanal ik , sendet der Kanal auch längs der Innenfläche der Schalenmembran, indem er sich in der Nähe der Basis des Knotens gabelt, gb Fig. 8, 13, 14, 17; auch dieser Arm geht in das vorbeschriebene Spaltensystem der Rhaphe über.

In der Richtung von aussen nach innen erblickt man die beiden kolbig angeschwollenen Endpunkte der Rhaphe a , Fig. 7, 8, welche den Austrittspunkten der Kanäle aus dem Centralknoten entsprechen, Fig. 13, 14. Diese senken sich zunächst vertical, dann schräg einwärts in den Knoten, den sie in mehreren Windungen vollends durchbrechen, um an zwei seitlichen Punkten der Gipffläche oder an der medianen Seitenwand des Centralknotens zu Tage zu treten.

Ich habe darauf hingewiesen, dass der Centralknoten der einen Schalenhälfte angehört, in demselben Sinne fallen die Endknoten der anderen Hälfte zu, welche durch die Polspalte d von der ersteren abgetrennt wird, Fig. 3, 4.

Die Endknoten, Fig. 9, 10, 11, 12, haben einen vom Centralknoten völlig verschiedenen Bau; der grössere Theil des Zellhautstücks, welches man mit diesem Namen belegt, ist eine leicht nach aussen vorgewölbte Höhlung eh mit gleichmässig verdickter Wandung. An der medianen Seite, unterhalb der Umbiegung, bezw. der Mündung des äussern Endknotenkanals ae , erhebt sich aus deren Wandung ein eigenthümlicher Körper f mit dreieckiger Gipffläche, deren Gestaltung Aehnlichkeit mit dem Flügel eines Propellers hat. Die freie Kante dieser Fläche ist unter der Mündung des vorgedachten Kanals angeheftet und verläuft in geschwungener Linie quer durch den Binnenraum der Endknotenöhlung. An der gegenüberliegenden Seite bilden die dort zusammentreffenden Kanten eine sich hoch über die Fläche erhebende, leicht spiralförmig gewundene Falte g . Der Mitteltheil dieser Fläche ist

muldenförmig, sie gleicht einer liegenden Trichterhälfte, deren Basis den innern Endknotenkanal *ie* bildet, welcher in den Innenkanal bzw. die Spalte der Rhaphe übergeht. Wie der Centralknoten in das Mittelplasma, so dringt an den Endknoten die Falte *g* der Flügelwand tief in das Endplasma ein und leitet dasselbe, wie durch einen Trichter in die Spalte.

In den Endknoten haben daher die aus der Gabelung der Centralknotenkanäle entspringenden Aussen- und Innenkanäle und Spalten der Rhaphe ihre besonderen Mündungen. Der Innenkanal mündet als Falte des Trichterkörpers, der Aussenkanal auf der entgegengesetzten Seite der Endknotenöhlung oberhalb (in Richtung nach aussen) der Anheftungsstelle der freien Kante des Trichters, Fig. 12 *ae, ie*.

Nach Ermittlung dieser anatomischen Grundlagen suchte ich Kenntniss von den Druckverhältnissen im Innern der Zelle zu gewinnen. Die Frage, ob die Bacillariaceen turgesciren ist in der Literatur nirgends direct beantwortet worden. Die von H. DE VRIES¹⁾ veröffentlichte vergleichende plasmolytische Methode liess die hier zunächst interessirende Frage, ob überhaupt Turgordruck vorhanden und wie hoch etwa derselbe zu bemessen sei, leicht entscheiden. Meine Beobachtungen beziehen sich auf kräftig vegetirende Naviculeen (*Pinnularia major*) und Surirellen (*S. biseriata*). Ich benutzte isotonische Lösungen von 0,10 bis 0,20 aequiv. Kalisalpeter in Abstufungen von je 0,01 Aequivalent.

Die erste und unmittelbare Wirkung selbst 0,10—0,13 aequiv. Lösungen jener Salze ist das Aufhören der Ortsbewegung; die Zellen werden paralytisch, aber sie sterben selbst nach 80stündigem Aufenthalte in der feuchten Kammer nicht ab, wie die Bewegung der Oeltropfen, die intacte Erhaltung der sehr empfindlichen mittleren Plasmamasse und der Chromatophorenränder beweisen.

Im offenen Tropfen befanden sich Zellen in lebhafter Ortsbewegung; neben den Tropfen setzte ich einen zweiten, ungleich kleineren Tropfen (ca. $\frac{1}{4}$ Inhalt) einer 0,13 aequ. Lösung von salpetersaurem Natrium und liess beide Tropfen in einander fliessen. Sämmtliche Zellen wurden sofort paralytisch; nach 30 Minuten saugte ich die Lösung ab und ersetzte sie durch frisches Wasser, 10 Minuten später begannen einzelne Zellen sich wieder zu bewegen. Die Versuche mit 0,13 aequ. Chlor-natrium hatten denselben Erfolg. Plasmolyse war nirgends eingetreten.

Nach dem Einbringen kleiner Mengen von Schlamm mit lebenden

1) H. DE VRIES, Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. PRINGSHEIM'S Jahrbücher Bd. XIV, pag. 427 ff.

Zellen in ca. 12 *ccm* 0,15 aequ. Lösungen zeigten sich die ersten deutlichen Spuren von Plasmolyse nach mehrstündigem Aufenthalte. Bei den Pinnularien beginnt die Plasmolyse meist an den Centralnoten, bei den Surirellen in den Randkanälen. Durch wiederholtes Abgiessen und Zusatz frischen Wassers kann zwar die Plasmolyse aufgehoben, aber nur in den seltensten Fällen schwache Spuren von Bewegung hergestellt werden. War die Zelle einmal plasmolysirt, so stirbt sie zwar nicht unmittelbar ab, bleibt aber paralytisch.

Aus diesen Versuchen geht zunächst hervor, dass selbst sehr schwache Lösungen von salpetersaurem Natrium und Chlornatrium als Reize wirken, welche die Ortsbewegung der Zellen sofort aufheben. Wäre die Ortsbewegung eine Folge osmotischer Vorgänge, in dem Sinne, dass der Rückstoss von Wasserströmen die motorische Kraft abgäbe, so könnte der Zusatz von Lösungen, welche die osmotische Strömung vermehren, keine paralytischen Wirkungen haben, im Gegentheil, die Bewegung müsste an Lebhaftigkeit gewinnen. Auch beweist die fortbestehende Paralyse nach einmal stattgehabter aber wieder ausgeglichener Plasmolyse dasselbe, da osmotische Vorgänge in der fortlebenden paralytischen Zelle schon deshalb vorausgesetzt werden müssen, weil eine Vermehrung der Oeltropfen erfolgt, auf welche ich am Schlusse zurückkomme. Die Reizwirkung des Chlornatriums in so schwacher Lösung ist auffallend, weil die Protoplasmbewegung in $\frac{3}{4}$ pCt. Kochsalzlösungen ungestört vor sich geht; sie ist aber ein Grund mehr zu der Annahme, dass hier der Reiz direct auf das Protoplasma einwirkt.

Das Eintreten der Plasmolyse bei 0,15 aeq. Lösungen jener Salze, während Lösungen geringerer Concentration keine sichtbare Plasmolyse hervorrufen, beweist das Vorhandensein eines Turgordrucks, dessen absolute Höhe nach H. DE VRIES¹⁾ auf 4—5 Atmosphären zu berechnen ist. Dieses Ergebniss ist schon in Anbetracht der morphologischen Verhältnisse, der Zweischaligkeit der Zellwand, überraschend, denn die Kraft, welche diesem hohen Drucke das Gleichgewicht hält, kann allein in der Reibung der übereinander greifenden zarten Gürtelbänder gesucht werden.

Wir müssen hiernach annehmen, dass sich das Protoplasma der Pinnularien mit einer Spannkraft von 4—5 Atmosphären auszudehnen strebt. Dieses Bestreben aber hat zur nothwendigen Folge, dass das Plasma durch Oeffnungen der Zeliwand hindurch nach aussen gedrückt wird. Wären einfache Oeffnungen vorhanden, so wären Ausfluss-Geschwindigkeit und Ausflussmenge lediglich Functionen des Drucks und des Oeffnungsquerschnitts, das Ausströmen müsste so lange fort dauern, bis die Druckdifferenz ausgeglichen ist, d. h. der grösste Theil des

1) a. z. O. pag. 533.

Protoplasmas ginge verloren. Die Durchbrechung der Zellwand der Pinnularien aber ist ein complicirtes System von Röhren und Spalten, welche die Zellwand unter verschiedenen Windungen und Winkeln durchziehen. Der beschleunigenden Kraft womit das Protoplasma in dieses capillare System hinein und nach aussen getrieben wird, wirken aber passive Widerstände entgegen. Da Wasser zur Molekularstruktur des lebenden Protoplasmas gehört, darf vorausgesetzt werden, dass dasselbe die Wände benetzt. Nach A. FICK¹⁾ ist beim Stromlauf in starren Röhren in diesem Falle die der Wand unmittelbar anliegende Schicht in Ruhe, der axile Stromfaden hat die grösste Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit der denselben umhüllenden, in Cylinderschalen angeordneten Schichten wird um so geringer, je näher der Wand sie fliessen. Jede Schicht wird sich daher an ihren beiden Nachbarschichten verschieben und der dadurch bedingte Reibungswiderstand muss mit der Zähigkeit oder Viscosität der Flüssigkeit zunehmen. Der Druck nimmt daher mit der Länge der Röhre in Richtung des Stromes ab. Beim Stromlauf in eng capillaren Röhren werden nicht nur die Reibungswiderstände wachsen, sondern es gewinnen molekulare Kräfte, Wechselbeziehungen zwischen den Micellen der Flüssigkeit und der Röhrenwandung, um so grösseren Einfluss, je kleiner der Röhrenquerschnitt und je grösser die Länge ist. Ueber die Widerstände in geknickten Röhren ist nach FICK²⁾ nur soviel bekannt, dass der Verlust an lebendiger Kraft nicht beträchtlich ist, im geraden und gleich langen geknickten Rohre sich etwa wie 1:0,9 verhält. Diese Widerstände müssen aber bei wiederholten scharfen Knickungen in capillaren Röhren dennoch zu erheblicherer Grösse anwachsen.

Hiernach darf gefolgert werden, dass die der lebendigen Kraft entgegenwirkenden passiven Widerstände bei dem Stromlauf in unserm überaus engen und verwickelten capillaren Systeme (der Röhrendurchmesser beträgt etwa 0,3–0,4 μ) und bei dem höheren Maasse von Viscosität des Plasmas, sehr bedeutende sind, wohl geeignet, einem hohen Drucke das Gleichgewicht zu halten.

Ich fasse daher die anatomische Beschaffenheit dieses capillaren Systems, insbesondere auch den gewundenen Verlauf der den Mittelknoten durchsetzenden Röhren, als eine Anpassungserscheinung gegenüber dem Turgordruck auf, welche die Ausgleichung der Druckdifferenz zwischen Zellinnern und Rhaphe zur Folge hat. Wird somit die passive Bewegung des Protoplasmas nach aussen, welche der Turgordruck bewirkt, regulirt, so kann die active Bewegung desselben innerhalb der vorgeschriebenen Bahnen regelmässig von statten gehn.

Was nun die Ortsbewegung anlangt, so ist ein ruhiges, gleitendes

1) Medicinische Physik. 2. Aufl. 1866. pag. 89 ff.

2) a. a. O. pag. 100.

oder auch stossweises Vorwärtsbewegen der Zelle in Richtung des längsten Durchmesser und, nach kurzer Ruhepause, die Rückwärtsbewegung im entgegengesetzten Sinne, unbestritten; ebenso das Verschieben von Fremdkörpern längs der Rraphe, nachdem sie mit derselben in Berührung gekommen sind, sowohl an der ruhenden, wie an der in Bewegung befindlichen Zelle; endlich das Nachschleppen von Fremdkörpern. Das Gleiten der Fremdkörper an der Rraphe entspricht bald der Bewegungsrichtung der Zelle, bald erfolgt es in entgegengesetzter Richtung.

Verschiedene Meinungen aber bestehen darüber, ob die Bewegung von der relativen Lage der Zelle unabhängig, daher als freies Schwimmen zu betrachten (DIPPEL, BORSCOW), oder ob sie an ein festes Substrat gebunden, die Rraphe stets einem solchen zugekehrt und die Bewegung daher als eine selbstthätig kriechende aufzufassen ist. (MAX SCHULTZE, E. PFITZER, ENGELMANN.)

Obgleich ich mit den letztgenannten Autoren hervortretendes Protoplasma als Bewegungsursache betrachte, muss ich mit DIPPEL und BORSCOW die Bewegung als unabhängig von der relativen Lage der Zelle, sofern sie im Wasser erfolgt, für ein freies Schwimmen erklären. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Zellen im offenen Tropfen frei durch das Wasser zu schwimmen vermögen und dabei häufig Wendungen um ihre Längsachse ausführen, so dass bald die Schalen- bald die Gürtelbandseite dem Beobachter zugewendet wird. Damit ist das Gleiten auf einem festen Substrat, beziehungsweise die polare Anheftung an ein solches, nicht ausgeschlossen, jedoch haben diese Ortsveränderungen nichts mit amöboïden Kriechbewegungen gemein. An ihren Wohnorten leben die Naviculaceen und die Surirellen im Schlamm, umgeben von mehr oder weniger festen Körpern aller Art, zwischen denen sie ihre Bewegungen ausführen.

Die Ortsbewegung ist nach meiner Auffassung die Wirkung der an der Oberfläche zur Geltung kommenden motorischen Kräfte des aus der Rraphe hervortretenden Protoplasmas und ihre Richtung ist die Resultante dieser Kräfte.

Ueberall haben die motorischen Kräfte ihren Sitz an der Oberfläche sich berührender Substanzen. Welcher Natur die Kräfte auch sein mögen, die im strömenden Protoplasma selbst frei werden, sie setzen sich an der Oberfläche des Plasmas jedenfalls in mechanische Kräfte um. Wie dem Fisch, so bietet das Wasser dem Plasma die Stützpunkte dar, deren es zum Fortschieben seiner Theile, wie jedes Object, das die bewegende Kraft in sich selbst entwickelt, bedarf. Zuweilen ist nur die eine Masse beweglich und gleitet dann auf der andern dahin, während in anderen Fällen zwei Flüssigkeiten auf einander einwirken, die beide verschiebbar sind. In diesem Falle erhalten

dann die Wassertheilchen in der Umgebung des Plasmas einen Impuls in entgegengesetzter Richtung, sie werden in eine gegenläufige Strömung versetzt, welche dieselbe Summe lebendiger Kraft repräsentirt, wie die Plasmaströmung.

So etwa äussern sich NAEGELI und SCHWENDENER¹⁾ über Plasmaströmungen im Allgemeinen und ich meine, dass damit das Wesen der hier betrachteten besonderen Erscheinungen gut bezeichnet ist.

Die Anordnung der Plasmabahnen in je zwei, vom Centrum nach den Enden oder entgegengesetzt gerichtete Stränge auf jeder Schale, Fig. 15, ist für die Bewegungsmechanik der Zelle von hoher Bedeutung. Strömt das Plasma in centrifugaler oder in centripetaler Richtung in allen vier Bahnen gleichzeitig und gelangen an seiner Oberfläche gleiche motorische Kräfte zur Wirkung, dann ist die Richtung der Resultirenden auf beiden Seiten des Centrums entgegengesetzt, die motorischen Kräfte halten Gleichgewicht und die Zelle steht still; trotz der Ruhelage aber werden Fremdkörper an der Rhaphe verschoben, was mit den sicher beobachteten Thatsachen übereinstimmt. Wenn aber das Gleichgewicht gestört wird, sei es in Folge von Polarität, von gleichsinniger Richtung der Resultirenden in den vier Strombahnen, von ungleich grossen motorischen Kräften in einzelnen Strombahnen bei ungleicher Richtung der Resultirenden, so muss Bewegung erfolgen sobald die motorischen Kräfte oder das sich ergebende Plus derselben den Widerstand des umgebenden Mediums zu überwinden vermögen. Auch die glaubwürdig beobachtete Thatsache, dass Fremdkörper in der Bewegungsrichtung der Zelle an der Rhaphe verschoben werden können, ist durch die Selbständigkeit der einzelnen Strombahnen erklärlich; die Stromrichtung kann auf einer Bahn der Stromrichtung der anderen Bahn entgegengesetzt sein und während die Zelle der Richtung folgt, welche das Plus der motorischen Kräfte bedingt, gleiten Fremdkörper auf einer der Bahnen in gleichsinniger Richtung.

Ein leichtes Schlingern des vorangehenden Pols erklärt sich aus dem pag. 171 erwähnten stellenweisen Uebergreifen des äusseren Falzblattes; dem zufolge strömt das Plasma in einer mehr oder weniger geschwungenen Linie und es müssen seitliche Componenten zur Wirkung gelangen, welche die kleinen Abweichungen von der Geraden im Wechsel hervorrufen. Bei polarer Anheftung bewirken gleiche Ursachen das Pendeln der Zelle; die Möglichkeit einer solchen Anheftung ist durch die Fortsetzung der Polspalte bis an das äusserste Ende der Schale leicht begreiflich, Fig 9, 15 d.

Bei der Anordnung der Strombahnen hat jede Störung des Gleichgewichtes der im Plasma frei werdenden Kräfte eine Bewegung des in jenen Bahnen befindlichen Plasmas zur Folge, mögen nun chemische

1) Das Mikroskop. 2. Aufl. 1877. pag. 393, 394.

Umwandlungen oder molekulare Bewegungen die veranlassenden Ursachen sein. Somit werden auch die osmotischen Vorgänge, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit in den Kammern der Riefen lokalisiert sind, soweit sie partiale Schwankungen des Turgordruckes veranlassen, zu den Componenten der motorischen Kräfte gezählt werden müssen, freilich in anderem Sinne, als dies die osmotische Theorie voraussetzt. Die osmotisch wirksame Fläche lässt nur einen mittleren Streifen der Schale frei, die Riefenkammern umgeben die Schale allseitig, diesen unmittelbar benachbart liegen die Assimilationsorgane, die Chromatophoren, und so erscheinen sie zu einer solchen Localisation osmotischen Austausches an begrenzten Stellen des Zellkörpers wohl geeignet.

Wird durch den Centralknoten ein Quantum Mittelplasma in den Aussenkanal geführt, so muss ein gleiches Quantum Endplasma durch den Trichterkörper des Innenkanals angesaugt werden oder umgekehrt, je nach dem Wirkungsbereich jener Kräfte, die Stromrichtung in beiden Kanälen ist entgegengesetzt, d. h. das Plasma rotirt innerhalb der Schalenwandung; die lokomotorische Wirkung dieser Rotation ist aber abhängig von der Resultante aller an der Oberfläche der vier Strombahnen zur Wirkung gelangenden mechanischen Kräfte.

Aehnliche Einrichtungen, wenn auch in mannigfach abweichender Form und weniger vollkommener Ausbildung finden sich bei allen Rhabdiden und einem Theile der Pseudo-Rhabdiden H. L. SMITH'S, vielleicht sogar bei allen Placochromaticeen¹⁾ PFITZER'S. Eine nähere Beschreibung derselben muss ich mir vorbehalten. Unter den zahlreichen Familien dieser Gruppen sind nun aber viele Gattungen vertreten, deren Angehörige nur zeitweise oder auch niemals frei leben. Von den Epithemien und den Cocconeiden ist mir nicht bekannt, dass sie jemals im freien Zustande angetroffen worden sind und dennoch besitzen die Epithemien und in geringerem Maasse die Cocconeiden Einrichtungen, welche die unverkennbarste Aehnlichkeit mit den vorher beschriebenen, die Ortsbewegung vermittelnden, haben. Bei den Achnantheen besitzt nur eine der beiden Schalen eine Rhabde. Diese Schale wird aber von der, die Rhabde entbehrenden, des Nachbarindividuums gedeckt, da die Achnantheen, wie die Melosireen, zu den Faden bildenden Gattungen gehören. Das an der Rhabde austretende Protoplasma würde daher gar nicht, oder nur sehr unvollkommen mit

1) Auch bei den Coccochromaticeen ist es mir mehrfach gelungen wirkliche Poren in der Zellwand nachzuweisen, so bei den Eupodiscen, den Coscinodiscen, den Biddulphiiden, welche neben den zahlreichen unechten, die Wand nicht durchbrechenden Poren, bestehen. Diese Poren durchsetzen die Wand niemals in gerader Richtung, sondern sind immer complicirter gebaut. Diese Verhältnisse bedürfen einer eingehenden Bearbeitung.

dem umgebenden Medium in Berührung kommen können, wenn nicht zu diesem Zweck zwei rechtwinklig zur Richtung der Rhaphe vom Centrum auf die Seitenwände der Schale abzweigende Rinnen (Stauros) vorhanden wären; in diesen Rinnen wird der unmittelbare Contact ermöglicht.

Ich kann daher die Rhaphe mit ihren Endapparaten oder homologe Einrichtungen nicht als Bewegungsorgane betrachten, sondern ich halte es für wahrscheinlich, dass das aus der Rhaphe hervortretende Protoplasma eine andere Function hat, bei welcher, im Falle die Zellen frei leben, die Ortsbewegung lediglich als Nebenwirkung zustande kommt.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass in älteren Culturen eine Vermehrung der Oeltropfen eintritt und diese Vermehrung ist mit Mangel an Sauerstoff in Verbindung gebracht worden (vergl. PFITZER, pag. 34). Dieselbe Erscheinung, welche in Culturen langsam, nach Tagen und Wochen eintritt, habe ich an solchen Zellen, welche durch chemische Reize paralytisch geworden sind, auffallend schnell, schon nach Stunden, beobachten können. Dieser Umstand scheint mir darauf hinzuweisen, dass das hervortretende Plasma die Function der Athmung besorgt. Die Athmung liefert und erhält ja vorzugsweise die lebendigen Kräfte des Protoplasmas, man könnte sich daher vorstellen, dass die Bacillariaceen einer energischeren Athmung bedürfen, als sie im osmotischen Wege durch die verkieselte Membran ermöglicht wird und deshalb rotirendes Plasma unmittelbar mit dem sauerstoffhaltigen Medium in Berührung tritt; mit Sauerstoff beladen strömt das Aussenplasma bald in das Mittel-, bald in das Endplasma zurück.

Die Einziehung des Aussenplasmas nach chemischen Reizen oder tiefer greifende Veränderungen desselben bei längerer Dauer solcher Reize würden einen asphyktischen Zustand, den Eintritt der intramolekularen Athmung und die mangelhafte Verbrennung der Fette zur Folge haben. Die Vermehrung der Oeltropfen würde in diesem Falle nicht auf eine grössere Assimilationsthätigkeit, sondern auf eine Speicherung mangels chemischer Umsetzung zurückzuführen sein, was dem pathologischen Zustande der Zelle durchaus entspricht.

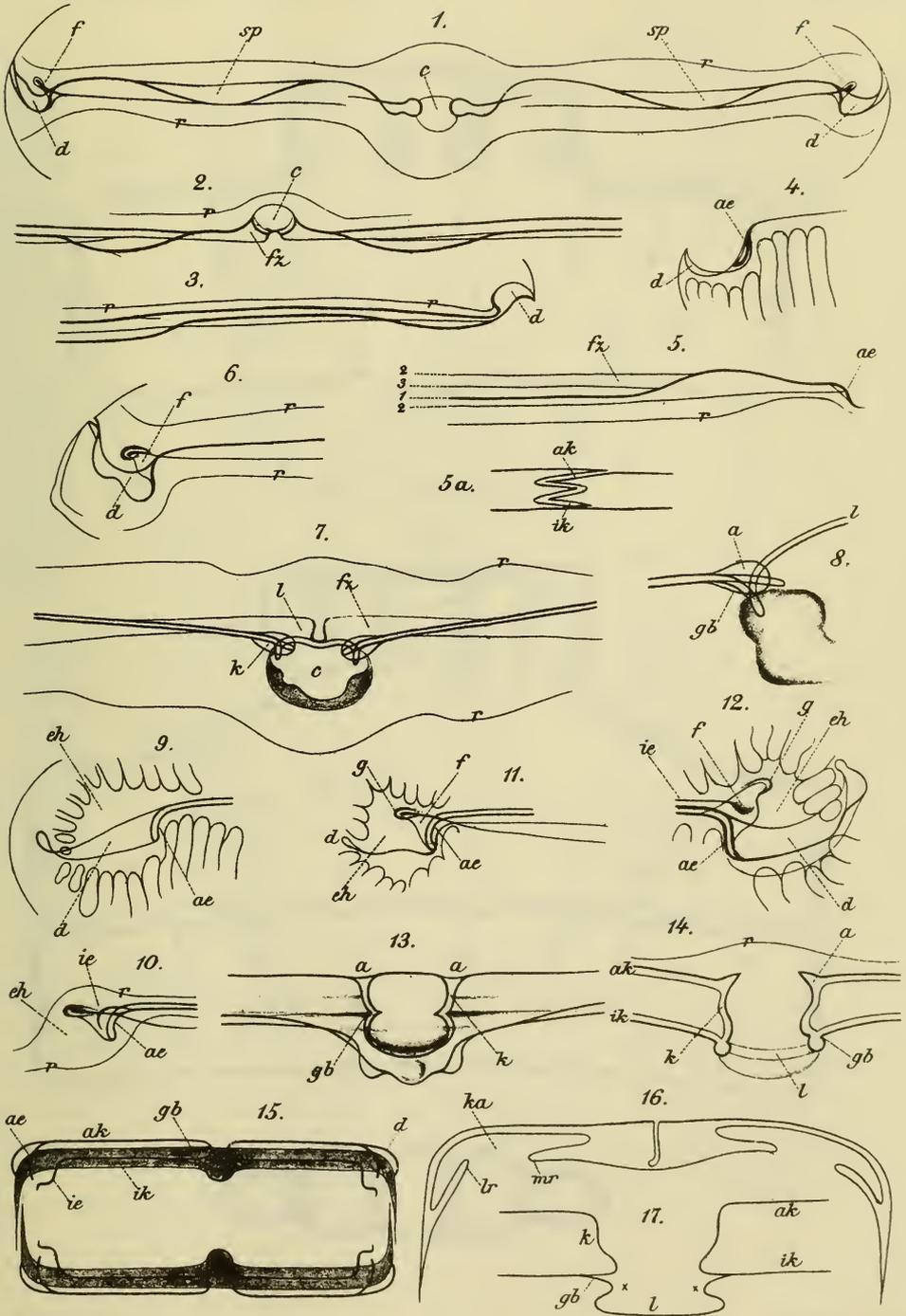
Selbstverständlich darf erst von sorgfältigen Untersuchungen nach dieser Richtung eine sichere Entscheidung über den vermutheten Zusammenhang der Athmung mit der Ortsbewegung erwartet werden.

Bei der anatomischen Untersuchung habe ich mich nicht nur stark brechender Medien, wie Zinnchlorür, Monobromnaphthalin bedient und diese mit der Luftpumpe eingetrieben, sondern auch solcher, welche dem Brechungszustande der Membran möglichst nahe stehen, z. B. der ZEISS'schen Immersionsflüssigkeit. Solche Medien bieten besonders dann Vortheile, wenn es sich um massigere Membrantheile, wie die Knoten und um Aufhellung von Randschatten handelt.

Erklärung der Abbildungen.

In sämtlichen Abbildungen bezeichnen: *a* Aeussere Mündung der Centralknotenkanäle. — *ae* Aeusserer Endknotenkanal. — *ak* Aussenkanal, bezw. Spalte der Rhaphe. — *c* Centralknoten. — *d* Halbmondförmige Polspalte. — *eh* Endknotenöhhlung. — *f* Trichterkörper der Endknoten. — *fz* Falze der Rhaphe. — *g* Falte, bezw. Rinne des Trichterkörpers. — *gb* Gabelung der Centralknotenkanäle. — *ie* Innerer Endknotenkanal. — *ik* Innenkanal, bezw. Spalte der Rhaphe. — *k* Centralknotenkanäle. — *l* Offene Rinne. — *r* Mediane Grenze der Riefen. — *sp* Spalten- bezw. Kanalsystem der Rhaphe.

- Fig. 1. *Navicula pachyptera* E. = *Navicula lata* W. Sm. nec BRÉB. et KÜTZ. Mitteltheil der Schale von aussen. ZEISS $\frac{1}{12}$ " . Vergr. 925.
- " 2. und 3. *Navicula major* KÜTZ. Centralknotenhälfte mit ihren Falzen. Zinnchlorür. SEIBERT V. Vergr. 590.
- " 4. *Navicula nobilis* Ehr. Pol der Centralknotenhälfte mit äusserem Endknotenkanal und der halbmondförmigen Polspalte. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1870.
- " 5. *Navicula major* KÜTZ. Theil der Centralknotenhälfte mit den Falzen. Die Ziffern bezeichnen die Einstellungsebene in der Richtung von aussen (oben) nach innen (unten). Zinnchlorür. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1070.
- " 6. *Navicula alpina* W. Sm. Pol mit der halbmondförmigen Polspalte und dem Trichterkörper. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1320.
- " 7. *Navicula nobilis* Ehr. Mitteltheil der Schale von innen, mit dem Centralknoten und seinen Kanälen, hohe und tiefe Einstellung projicirt. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1320.
- " 8. *Navicula gigas* E. Medianer Seitentheil des Centralknotens von innen. Projection der Kanäle. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 2860.
- " 9. und 10. *Navicula Dactylus* E. 9. Pol mit äusserem Endknotenkanal und der halbmondförmigen Polspalte, von aussen, hohe Einstellung. 10. Tiefe Einstellung, den Trichterkörper zeigend. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1320.
- " 11. *Navicula major* KÜTZ. Endknoten von innen. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1320.
- " 12. *Navicula major* KÜTZ. Endknoten von aussen, hohe und tiefe Einstellung projicirt. Zinnchlorür. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1870.
- " 13. *Navicula major* KÜTZ. Profil des Centralknotens mit Kanalsystem. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1870.
- " 14. *Navicula major* KÜTZ. Halbprofil des Centralknotens mit Kanalsystem, die Innenseite schräg abwärts. Zinnchlorür. ZEISS $\frac{1}{18}$ " . Vergr. 1870.
- " 15. Schema des gesammten Kanal- bezw. Spaltensystems einer *Navicula* (Dimensionen unrichtig).
- " 16. *Navicula major* KÜTZ. Querschnitt nach FLÖGEL. *ka* Kammer; *lr* laterale, *mr* mediane Kante der Oeffnung. 1550.
- " 17. Schema der Centralknotenkanäle im Profil.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Otto Georg Ferdinand

Artikel/Article: [Durchbrechungen der Zellwand in ihren Beziehungen zur Ortsbewegung der Bacillariaceen. 169-180](#)