

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Jährlich 24 Nummern von je 2 Bogen. Preis des Jahrgangs 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

I. Jahrg.

30. November 1881.

Nr. 16.

Inhalt: **Klebs**, Ueber Form und Wesen der pflanzlichen Protoplasmabewegung. — **Selenka**, Ueber eine eigentümliche Art der Kernmetamorphose. — **Pierret** und **Renaut**, Ueber die Lymphbahnen der Rinderlunge. — **v. Fleischl**, Ueber die Theorien der Farbenwahrnehmung. — **Owen**, Eier der *Echidna hystrix*.

Ueber Form und Wesen der pflanzlichen Protoplasmabewegung.

Von **Georg Klebs**, (Würzburg).

Die Zellentheorie von Schwann und Schleiden gab den biologischen Wissenschaften einen großartigen Aufschwung, indem sie durch die Erkenntniss der Zellen als kleinster, bei Tieren wie Pflanzen wesentlich gleich gebauter Elementarorgane den innigen Zusammenhang der organischen Welt hell erleuchtete und eine Menge neuer ungebalanter Wege der Forschung eröffnete. In noch höherm Maße tut sie dieses in der consequenten Weiterentwicklung, die sie in der Protoplasmatheorie gefunden hat. Nach dieser Anschauung ist das Protoplasma, dies Gemenge verschiedenster Stoffe, von denen als die wesentlichsten die Eiweißstoffe angenommen werden, der Träger jedweder Lebensfunktion, sei es im Tier- oder Pflanzenreich. Wo wir jetzt bei einer Frage tiefer eindringen, ob bei dem Zellwachstum, ob bei der Zellteilung, ob bei irgend einem Prozess des Stoffwechsels oder bei der Nerven- oder Muskeltätigkeit, die letzten Ursachen, die wir vorläufig dafür finden können, verlegen wir in die Eigenschaften dieses rätselhaften Körpers. In der Erforschung desselben ruht die Erkenntniss des Geheimnisses vom Leben.

Das Protoplasma lebt, so lange es seine verschiedenen Funktionen ausübt; wodurch es im Zustande seines Lebens zum Unterschied von dem seines Abgestorbenseins eigentlich charakterisirt ist, ganz abgesehen von den einzelnen Leistungen, die es lebend auszuführen hat, ist in physikalischer wie chemischer Beziehung noch sehr wenig erkannt. Für den Beobachter liegt einer der wesentlichsten Charaktere

eines lebenden Protoplasmas in seiner Bewegungsfähigkeit. Die auffallenden Beispiele solcher Bewegungen sind schon seit lange bekannt und bei Tieren wie Pflanzen vielfach untersucht; und gerade die Identität solcher Bewegungsercheinungen bei pflanzlichen wie tierischen Zellen war es, die zuerst und hauptsächlich auf die Annahme der Identität des sich bewegenden Protoplasmas selbst geführt hat. Je näher man zugesehen hat, um so verbreiteter haben sich die Bewegungen nachweisen lassen; und jetzt scheint es wol klar, dass jedes Protoplasma, in welcher Form es auch erscheine, zu irgend einer Zeit seines Lebens Bewegungen zeigt, die für unsre jetzigen Vergrößerungen sichtbar sind.

In Folgendem sollen die Bewegungen des pflanzlichen Protoplasmas geschildert werden; und zwar zuerst die tatsächlichen Beobachtungen, die man darüber gemacht hat. In einem zweiten Abschnitt wird der Einfluss äußerer Agentien wie Wärme, Licht u. s. w. auf die Bewegungen; in dem Schlussabschnitt sollen die jetzt herrschenden Ansichten über den Zusammenhang von Bau und Bewegung des Protoplasmas erörtert werden.

Die Bewegungen des pflanzlichen Protoplasmas.

Die Bewegungsercheinungen des Protoplasmas, wie sie im Pflanzenreich auftreten, zeigen sich in sehr verschiedener Weise; doch lassen sich gewisse Hauptformen unterscheiden, zwischen denen allerdings zahlreiche Uebergänge vorhanden sind. Einmal sind es Ortsveränderungen ganzer bestimmt geformter Protoplasma-massen, die während der Bewegung ihre Gestalt unverändert lassen; hierzu gehören die Bewegungen frei schwimmender Protoplasma-körper meist mittels besonderer Bewegungsorgane wie sie die Schwärmsporen, Spermatozoiden u. s. w. zeigen. Im Gegensatz zu diesen Massenbewegungen tritt die Bewegung in den von festen Membranen umschlossenen, meist im Gewebeverbände stehenden Pflanzenzellen in der Weise auf, dass das Plasma durch Umlagerungen seiner kleinsten Theilchen stetige Veränderungen seiner Gestalt oder Ortsveränderungen der in ihm enthaltenen Körnchen zeigt. Eine eigentümliche Mittelstellung nehmen die Plasmodien der Myxomyceeten ein, Protoplasma-massen ohne Membran, die durch Verschmelzung vieler aus den Sporen entstandener Schwärmer sich gebildet haben; an ihnen beobachtet man Ortsveränderungen ihrer ganzen Masse mittels fortwährender Gestaltsveränderungen. Das Studium der Bewegungsercheinungen dieser Plasmodien ist am besten geeignet das Wesentliche der pflanzlichen Protoplasma-bewegung festzustellen. Ganz gleichgiltig ist es dafür, ob man die Myxomyceeten mit der Gruppe der Amöben, Monaden u. s. w. zusammenstellt oder zu den Pilzen setzt.

Die Plasmodien¹⁾ erscheinen in den meisten Fällen als schleimige,

1) Die Plasmodien sind hinsichtlich ihrer Bewegung vielfach und sorgfältig

schon für das bloße Auge sichtbare oder netzförmig verzweigte Massen, die sich durch beständige Veränderung ihrer Gestaltung auf ihrer Unterlage fortbewegen. Der Körper wird von einer hellen, durchscheinenden, homogen aussehenden Substanz gebildet, der „Grundsubstanz“ de Bary, die an den Berührungsstellen mit den umgebenden Medien, sei es Wasser oder Luft, ganz allmählich in eine nach außen scharf umschriebene peripherische Randschicht übergeht, wahrscheinlich nur eine dichtere Modifikation der Grundsubstanz vorstellend. Diese selbst ist dicht erfüllt von kleinen Körnchen als einem wesentlichen, nie fehlenden Bestandteil. Man bezeichnet nach dem Vorgang von Pringsheim die körnerhaltige Plasmanasse als „Körnerplasma“ und die stets körnerfreie dichtere Randschicht als Hautschicht. Jedes Plasmodium zeigt Bewegung von zweierlei Art. Einmal befinden sich die einzelnen Körnchen in sehr lebhafter Strömung; sie laufen in schmalen Strömen einher, gleichsam wie die Blutkörperchen in den Gefäßen. In den dünnen Adern des Netzes oder in den fadenförmigen Zweigen, die von der ganzen Peripherie des Plasmodiums ausstrahlen, verläuft in der Mitte derselben nur ein einzelner Strom; in dickern Aesten sind es mehrere; sehr viele fließen neben einander her in den mehr hautartigen Ausbreitungen des Plasmodiums, die einen nach dieser, die andern nach jener Richtung, häufig in ganz entgegengesetzter. Bei jedem Körnerstrom wechselt nach einer gewissen, in den Einzelfällen sehr verschiedenen Zeit, die Richtung der Bewegung; sie setzt sich stets in die entgegengesetzte um. Ebenso ändert sich bei jedem Strom die Geschwindigkeit, die so groß werden kann, dass kaum die einzelnen Körnchen zu unterscheiden sind, andererseits sich verlangsamt bis zur Unmerkbarkeit; zeitweise hört die Bewegung auf, bis wieder nach gewisser Zeit sie stärker und stärker wird. Neben dieser unaufhörlich der Intensität wie der Richtung nach wechselnden Körnerströmung zeigt die ganze Peripherie des Plasmodiums, in welcher die Ströme hin und her laufen, eine ansehend von jener unabhängige Bewegung, die in einer beständigen langsam fließenden Veränderung des Umrisses und einem wechselnden Austreiben und Wiedereinziehen kleiner tentakelartiger Fortsätze besteht; hiebei sind diese Zweige oder Vorsprünge bald körnerfrei bald von strömenden Körnern durchzogen. Dadurch, dass überwiegend an dem einen Rande des Plasmodiums, dem vordern, solche Zweige und Fortsätze ausgetrieben werden, und zugleich die Körnerströme überwiegend zufließen, während an dem entgegengesetzten hintern Rande überwiegend die Zweige eingezogen werden, die Körnerströme mehr abfließen, kommt eine Vorwärtsbewegung der Plasmodien zu Stande.

untersucht; das grundlegende Werk ist: de Bary, Die Mycetozoen. 2. Auflage, Leipzig 1864; ferner ist besonders zu vergleichen: Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864 S. 69—75; Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867 S. 17—27.

Die anscheinend von einander unabhängigen Bewegungen der Grundsubstanz und der in ihr enthaltenen Körner veranlasste Cienkowski¹⁾ zu der Annahme, dass in dem Plasmodium zweierlei verschiedene Substanzen enthalten wären, eine zähe Grundmasse und eine in ihr wie in besondern Kanälen fließende feinkörnige Substanz. Nach de Bary's²⁾ von Kühne bestätigten Beobachtungen und Versuchen³⁾ kann aber die Substanz der Körnerströme unmittelbar die Eigenschaften der peripherischen langsam fließenden Substanz annehmen; beide sind nur verschieden in dem Grad ihrer Kohäsion, der Beweglichkeit, welche in jedem Punkt des Plasmodiums einem unaufhörlichen Wechsel unterworfen ist.

Die Bewegungen des Protoplasmas bei den Plasmodien der Myxomyceten, wie sie in ihren Hauptzügen soeben erörtert, geben uns ein klares Bild von den Bewegungen des Protoplasmas überhaupt. Einerseits zeigen sich dieselben Erscheinungen bei den Amöben, den parasitischen Monaden⁴⁾, ferner den Rhizopoden⁵⁾ und Radiolarien⁶⁾; andererseits zeigen sie sich in auffallender Aehnlichkeit auch bei dem Protoplasma, wie es sich eingeschlossen in feste Zellwände bei den meisten Pflanzenzellen findet. Allerdings treten hier je nach den Einzelfällen noch Besonderheiten hinzu, die eine große Mannigfaltigkeit in der Art und Weise der Bewegung bedingen; man hat auch früher vielfach mit besondern Namen die hauptsächlichen Erscheinungsformen belegt. Bei genauem Nachforschen hat man alle möglichen Uebergänge von der einen Form zur andern beobachtet; man hat häufig an ein und demselben Protoplasmakörper die verschiedenen Arten der Bewegung nach einander auftreten sehen.

Die größte Aehnlichkeit mit den Bewegungen der Myxomyceten zeigt die Protoplasmaabewegung, die man als Circulationsströmung bezeichnet hat⁷⁾ und die am meisten untersucht worden ist in den

1) Das Plasmodium. Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik Bd. III S. 400.

2) l. c. S. 45, 47.

3) l. c. S. 74.

4) Cienkowski, Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Archiv für mikrosk. Anatomie Bd. I 1865 S. 213; Häckel, Monographie der Moneren. Jena. Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. IV S. 107.

5) M. Schultze, Ueber den Organismus der Polythalamien 1854 S. 9, 17. Ders. Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863. S. 13 a. a. O. Häckel, Ueber den Sarcodkörper der Rhizopoden. Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. XV. 1865.

6) Häckel, Die Radiolarien. Eine Monographie. Berlin 1862 S. 86, 89 u. a. O.

7) Die Literatur darüber ist sehr zahlreich: Vgl. besonders M. Schultze, in Müller's Archiv 1858 S. 335—336. Ders. das Protoplasma etc. S. 40. Brücke, Die Elementarorganismen. Sitzungsber. der Wiener Akad. 1861. Bd. 44, Abt. 2 S. 403—404; de Bary, Ueber den Bau und das Wesen der Zelle. Flora 1862

Haarzellen von *Tradescantia*-Staubfäden, von *Urtica*, *Cucurbita* u. s. w.; sie ist sehr verbreitet¹⁾ und wahrscheinlich überall bei einem bestimmten Lebenszustand der pflanzlichen Gewebezellen vorhanden. Die Zellen, in welchen die Bewegung stattfindet, haben im Allgemeinen folgenden Bau. Der Zellwand liegt ein verschieden dicker protoplasmatischer Wandbeleg an, von dem aus durch das von wässriger Zellflüssigkeit erfüllte Zellinnere netzförmig anastomosirende Plasmbänder oder Stränge gehen. Das Protoplasma zeigt dieselbe Struktur wie das der Plasmodien; eine äußerste der Zellwand anliegende Schicht ist von dichterem Consistenz und homogener Beschaffenheit; sie entspricht der Randschicht resp. Hautschicht bei den Plasmodien; ob sie auch überall da vorhanden ist, wo das Plasma mit der Zellflüssigkeit in Berührung tritt, ob jedes Plasmband von einer häufig entschieden nicht sichtbaren zarten Hautschicht umhüllt ist, diese Frage ist noch nicht endgiltig gelöst. Die Hautschicht geht allmählich über in das von Körnern dicht durchsäte Körnerplasma. Wie bei den Plasmodien findet sich sowol im Wandbeleg wie in den frei ausgespannten Strängen und Bändern eine lebhaft Körnerströmung. Auch hier laufen die Körnerströme, ob einzeln in dünnen Strängen, ob zu vielen dicht neben einander, wechselnd nach der einen Richtung, zu anderer Zeit nach der entgegengesetzten. Wenn das Mikroskop auf die gerade in lebhafter Bewegung befindliche Fläche des Wandbelegs eingestellt wird, erhält man ein sehr anschauliches Bild von den nebeneinander nach den verschiedensten Richtungen laufenden Körnerströmen, die im Wandbeleg circuliren. Mit den Körnern werden auch andere im Plasma liegende Körper wie Stärkekörner u. s. w. mitgerissen. Außer dieser lebhaften Körnerströmung findet eine beständige Gestaltsveränderung des Plasmanetzes statt. Die der Zellwand anliegende dichtere Plasmaschicht scheint allerdings in einem Zustand relativer²⁾ oder vollständiger³⁾ Ruhe zu sein. Dagegen wechselt nach dem Zellinnern zu der Protoplasmakörper stetig seine Umrisse. Von dem Wandbeleg gehen neue Bänder und Stränge aus, die wie die Fortsätze an den Plasmodien, wie die Pseudopodien der Rhizopoden entstehen⁴⁾; andere werden wieder eingezogen. Stränge,

S. 230; Hofmeister, Pflanzenzelle. S. 35—36 u. a. O. wo auch die ältere Literatur nachzusehen.

1) Vgl. Velten, Ueber die Verbreitung der Protoplasmaabewegung im Pflanzenreich. Bot. Zeitg. 1873 S. 651.

2) Nach Hofmeister, Die Pflanzenzelle. S. 45.

3) Nach Velten, Bewegung und Bau des Protoplasmas. Flora 1873 S. 101; Hanstein, Das Protoplasma. Heidelberg 1880 S. 168, nimmt dagegen an, dass der ganze Wandbeleg samt Hautschicht an den Zellwänden herumgleite.

4) Nach Schultze, Das Protoplasma etc. S. 41—42, ferner nach Häckel, Die Radiolarien S. 98; Hofmeister, l. c. S. 45; Hanstein dagegen lässt die Bänder entstehen als seitliche Falten aus der Fläche des Wandbelegs l. c. S. 164; ebenso auch Velten l. c. S. 125.

die von der einen Seite des Wandbelegs zur andern reichen, ziehen sich in der Mitte aus einander; andere, die sich auf ihrem Wege treffen, verschmelzen.

Am ausgebildetsten und schönsten ist diese Art der Bewegung in den Haarzellen der Staubfäden von *Tradescantia*-arten sichtbar. In sehr vielen Fällen, wie z. B. in den Zellen der Brennhaare der Nessel, findet sich nicht ein so reich entwickeltes Netz von Plasmabändern, die vom Wandbeleg das Innere durchstrahlen, sondern die Plasmafortsätze ragen nur mehr leistenartig hervor. Noch weniger ausgegliedert ist der Bau des Plasmas in den spindelförmigen Pollenzellen von *Zostera*, in vielen Myeelfäden von Pilzen, in vielen Pollenschläuchen. Hier laufen auch statt sehr zahlreicher Körnerströme nur einige wenige, sich auch wenig verzweigende Hauptströme in dem Wandbeleg, die auch in ihm, mehr oder minder beständig in ihrer Richtung fast einen Kreislauf zeigen, wobei die Strombahnen meist dem Längendurchmesser der Zellen parallel sind¹⁾). Diese Formen der Bewegung bilden den Uebergang zu jener Art der Protoplasmaströmung, die man als Rotation bezeichnet hat; sie ist dadurch charakterisirt, dass das Plasma des Wandbelegs als breiter Strom in gleichbleibender, meist durch die Gestalt der Zellen bedingter Richtung einen steten Kreislauf den Wänden entlang macht.

Diese Bewegungsart ist zu allererst und verhältnissmäßig früh beobachtet worden und zwar 1774 von Buonaventura Corti an den Zellen der Characeen; die Sache blieb aber unbeachtet, bis Treviranus 1807 sie von Neuem entdeckte. Es zeigen diese Strömung die Zellen sehr vieler Wassergewächse, wie der Characeen, Hydrocharideen etc.

Velten hält sie für eine sehr verbreitete Erscheinung, da er sie auch in zahlreichen Gewebezellen von Landpflanzen beobachtete.

Bei den langgestreckten einzelligen Wurzelhaaren von *Hydrocharis*²⁾ ist die äußerste Schicht des Wandbelegs in Ruhe, die andere Masse samt den in ihr enthaltenen kleinen und größern Körnern befindet sich in kreisender Strömung, die auf der obern Zellseite von der Basis des Haars nach der Spitze läuft, dann sich umbiegt nach der untern Seite und hier gegen die Basis hin zurückläuft; der Kern wird ebenfalls mitgeführt. Ebenso verhält es sich mit den Wurzelhaaren von *Stratiotes* und vielen andern. Bei den langgestreckten chlorophyllhaltigen Zellen von *Vallisneria*³⁾ kreist gleichfalls ein in

1) Vgl. Hofmeister l. c. S. 41.

2) Hofmeister l. c. S. 40. Ferner Heidenhain, Notizen über die Bewegungserscheinungen, welche das Protoplasma in Pflanzenzellen zeigt. Studien des physiol. Instituts zu Breslau, herausg. von Heidenhain. Heft II, 1863, an verschiedenen Orten.

3) Vergl. Jürgensen, Ueber die in den Zellen von *Vallisneria spiralis* stattfindenden Bewegungserscheinungen. Studien des physiol. Instituts zu Breslau. Heft I. 1861.

sich zurücklaufender Strom; sowol Kern wie Chlorophyllkörner werden mit dem Strom fortgeführt. In den meisten Zellen haben die Ströme die gleiche Richtung, aber es kommt auch häufig vor, dass die neben einander liegenden Zellen von entgegengesetzt gerichteten Strömen durchzogen werden. Das Bild eines so rotirenden Protoplasmas in der *Vallisneria*-zelle ist ein stets wechselndes; jeden Augenblick ändert sich die Geschwindigkeit der bewegten Masse; hier und dort treten Stockungen und Stauungen auf. Die im Plasma enthaltenen Körper wie die Chlorophyllkörner etc. hören plötzlich auf fortzuströmen, sie ballen sich zu einem Haufen zusammen, der lebhaft um seine eigene Axe rotirt, bis er nach einer Weile sich in den großen Strom auflöst. Sehr bemerkenswert ist es wie die Rotation fortwährend in eine Art von Circulation übergeht, indem Plasmabänder von dem Wandbeleg in das Zellinnere ausstrahlen und in ihnen besondere Körnerströme dahinfließen¹⁾.

An den Zellen der Characeen²⁾ ist die Art der Bewegung wesentlich dieselbe wie bei *Vallisneria*, nur dass bei den ersteren eine relativ dicke der Zellwand zunächst liegende Plasmasehicht sich in Ruhe befindet; in ihr liegen auch die Chlorophyllkörner, die zu keiner Zeit die Bewegung mitmachen. Die übrige Masse des plasmatischen Wandbelegs bewegt sich in einer rotirenden Strömung, deren Richtung immer eine ganz bestimmte ist; in cylindrischen Zellen ist sie parallel der Längsaxe; in kugligen Zellen ist dafür die Längsaxe des Blattes resp. Sprosses maßgebend. Nach Nägeli³⁾ bildet aber nur in jungen Zellen der Plasmabeleg ein ununterbrochenes Band, das mit gleicher Geschwindigkeit fortströmt. Später dagegen wird er unterbrochen, er zerfällt in einzelne Massen, die mit verschiedener Geschwindigkeit sich fortbewegen. Aus dem Plasma scheiden sich dann kuglige bewegungslose Körper aus, die je nach ihrer Größe mit verschiedener Geschwindigkeit fortgeführt werden, schließlich in die Zellflüssigkeit sinken, wo sie noch weiter sich bewegen aber um so langsamer, je mehr sie sich der in der Axe der Zelle liegenden bewegungslosen Flüssigkeitsschicht, „der Indifferenzschicht“, nähern.

Von den bisher beschriebenen Bewegungserscheinungen auf den ersten Blick verschieden sind die spontanen Ortsbewegungen freischwimmender Protoplasmakörper⁴⁾ vernittels besonderer Organe, die in der Form von zarten Plasmafäden, den Cilien, auftreten. Im Pflan-

1) Von Heidenhain, Studien S. 64 auch bei *Hydrocharis* beobachtet.

2) Am genauesten untersucht von Nägeli, Beiträge zur wissenschaftl. Botanik. 1860, Heft II. S. 60—87; vergl. ferner Göppert u. Cohn, Ueber die Rotation des Zellinhalts in *Nitella flexilis*, Botan. Zeitg. 1849.

3) l. c. S. 61, 63.

4) Vergl. Nägeli, Beitr. zur wiss. Botanik. Heft II 1860 S. 88—107; Hofmeister, Pflanzenzelle S. 28—33.

zenreich zeigen diese Bewegung besonders die Schwärmsporen der Algen und Pilze, ferner die Spermatozoiden der Moose und Farne. Meist erscheinen diese beweglichen Zellen unter der Form membranloser Protoplasmakörper; bei den Schwärmsporen rundlich bis oval, bei den Spermatozoiden schmal länglich, schraubenförmig gedreht. Bei der Algenfamilie der Volvocineen gibt es sowohl einzelne Zellen wie Zellenkolonien, die sich bewegen und dabei von zarter Zellstoffhülle umkleidet sind, aus der durch bestimmte Poren die Cilien hervortreten. Die Cilien befinden sich stets an dem bei der Bewegung vordern Ende des Plasmakörpers, sie sind je nach den Einzelfällen in sehr verschiedener aber meist bestimmter Zahl und Anordnung vorhanden. Bei sehr vielen Schwärmsporen finden sich zwei, bei andern vier Cilien; in andern Fällen wie bei *Euglena* und den Schwärmern der Myxomyceeten nur eine; bei den großen Schwärmsporen der *Vaucheria*-arten ist die ganze Oberfläche mit vielen kleinen Cilien dicht bedeckt.

Die Bewegung besteht in einem Vorwärtsgen, verbunden mit gleichzeitiger Drehung. In dem einfachsten Falle drehen sich die Schwärmsporen um ihre eigene Axe, so die von *Vaucheria*; andere drehen sich um die Bahn, in der sie sich vorwärts bewegen als ideale Axe, wobei ihre Körperaxe mit letzterer parallel ist; so die Spermatozoiden der Moose und Farne. Der dritte vorkommende Fall ist der, dass sie sich zwar ebenfalls um die Bahn ihrer Vorwärtsbewegung drehen, aber mit dem vordern Ende der Körperaxe von der idealen weiter entfernt als mit dem hintern Ende, so die Schwärmsporen von *Oedogonium*. Die Richtung der Drehung ist für viele Schwärmer beständig; so drehen sich die von *Vaucheria* konstant links (im Sinne der Mechanik), die Spermatozoiden der Farne dagegen konstant rechts. In andern Fällen ist dagegen die Drehungsrichtung eine unaufhörlich wechselnde, so bei den Volvocineen.

Die Vorwärtsbewegung selbst kann bald in einer geraden bald in einer regelmäßig gebogenen oder in ganz unregelmäßiger Linie erfolgen. Stoßen die Schwärmsporen auf einen Gegenstand, so können sie nach andern Richtungen abgelenkt werden oder sie kehren unmittelbar zurückprallend um; häufig weichen sie zurück, indem sie mit ihrem hintern Ende vorangehen und sich in absteigend entgegengesetzter Richtung drehen. Diese Rückwärtsbewegung dauert jedoch nur kurze Zeit und erfolgt sehr langsam, sie geht bald in die normale Vorwärtsbewegung über. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist je nach den Einzelfällen eine ziemlich verschiedene. Nach Nägeli's Messungen durchlaufen z. B. die Schwärmsporen von *Tetraspora lubrica* bei 14° C. den Raum von 0,2 Mm. in 1,2—2,4 Sekunden; nach Hofmeister bewegen sich die der Gerberlohe in der Sekunde 0,7—0,9 Mm.

Bei der Bewegung der meisten Schwärmsporen bleibt außer dem Hin- und Herpeitschen ihrer Cilien der Körper selbst unverändert in

seiner Form; bei einigen treten nebenbei Gestaltsveränderungen ein, Verkürzungen auf der einen Seite, Verlängerungen auf der andern Seite des Körpers oder Veränderungen der einzelnen Körperdimensionen zu einander. Sehr auffallend zeigen sich diese Bewegungen der Körpersubstanz unabhängig von der Vorwärtsbewegung bei den Schwärmsporen der Myxomyceeten. „Gleichzeitig mit den Drehungen und Ortsveränderungen ändert der Körper fortwährend seinen Umriss, krümmt sich wurmförmig, abwechselnd nach verschiedenen Seiten, zieht sich zu rundlicher Form zusammen und streckt sich wieder“; so beschreibt de Bary¹⁾ den Sachverhalt. Außerdem werden sowol zu Anfang wie zu Ende der Schwärmzeit wie auch momentan während derselben von dem Plasma kleine Fortsätze ausgetrieben und wieder eingezogen; häufig hört dann die Cilienbewegung auf, die amöboide tritt ein, bis wieder diese sich in die erstere umsetzt. Dieser Wechsel der Erscheinungsformen, dieser allmähliche Uebergang der Cilienbewegung in die amöboide, wie sie am ausgebildetsten bei den Plasmodien sich zeigt, setzt den Zusammenhang der erstern mit den andern Plasmabewegungen hell ins Licht.

An die Bewegungen solcher freischwimmender Protoplasmakörper schließen sich am besten an die Bewegungen freischwimmender ein- oder mehrzelliger Pflanzen. Am bekanntesten sind die Bewegungen der kieselschaligen einzelligen Algen, der Diatomeen. Bei ihnen besteht die Zellmembran aus zwei symmetrischen Hälften, die in einander geschachtelt sind; an jeder Schalenhälfte tritt bei sehr vielen Formen der Diatomeen eine besondere Mittellinie auf, die sog. Naht oder Raphe. Die Bewegung geschieht in der Weise, dass die Algen langsam hin und hergehen ohne eine regelmäßige Drehung um ihre Axe. Nach Borscow²⁾ geht die Bewegung, sei es vorwärts oder rückwärts nicht ununterbrochen, sondern stoßweise vor sich. Die nächste Ursache der Bewegung ist trotz sehr zahlreicher Untersuchungen durchaus nicht klar erkannt. Zwei Hauptansichten stehen sich gegenüber. Nach der einen, die von M. Schultze³⁾ zuerst ausgesprochen wurde, von Pfitzer⁴⁾ und Engelmann⁵⁾ verteidigt wird, ist die Ursache der Bewegung in Fortsätzen des innern Protoplasmaleibes der Zelle zu suchen; diese Plasmafortsätze sollen an der Naht nach Außen treten. Nachweisen hat man sie aber bisher nicht können.

1) Die Mycetozoen S. 84.

2) Borscow, Die Süßwasserbacillarien des südwestlichen Russlands. 1873 S. 35.

3) M. Schultze, Die Bewegungen der Diatomaceen. Archiv für mikrosk. Anatomie Bd. I, 1865 S. 385.

4) Pfitzer, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen. 1872 S. 177.

5) Engelmann, Ueber die Bewegungen der Oscillarien und Diatomeen. Botan. Zeitg. 1879 S. 50.

Die Forscher stützen sich auf die Analogie mit andern pflanzlichen Protoplasmabewegungen, ferner auf die Beobachtungen, dass die Bewegung der Algen nur dadurch zu Stande kommt, dass die Alge mit ihrer Naht einen festen Gegenstand berührt; ferner bleiben, wie Siebold zuerst zeigte, fremde Körper leicht an der Oberfläche kleben, wenn sie die Naht berühren und werden längs dieser hin und her bewegt. Nach der zweiten Hypothese, die besonders von Nägeli¹⁾, Dippel²⁾, Borscow³⁾ vertreten wird, beruht die Bewegung der Diatomeen auf der Wirkung osmotischer Prozesse; sie stützen sich wesentlich darauf, dass Plasmafortsätze bisher nicht nachgewiesen werden konnten. Neuerdings hat Mereschkowsky⁴⁾ mehr positive Beweise für diese Anschauung beizubringen versucht. Er führt Beobachtungen an über das Verhalten vibrierender Bakterien bei der Bewegung der Algen. Die Micrococcen, welche um Diatomeen sich befanden, waren im Gegensatz zu den um tote Zellen oder Sandkörner in sehr lebhafter Vibration begriffen, was nach Mereschkowsky nur auf der Existenz intensiver osmotischer Prozesse beruhen kann. Ruhte die Diatomee, so verteilten sich alle heftig vibrierenden Micrococcen vollkommen symmetrisch, so dass auch ihre Vibrationen rings herum in gleicher Entfernung von der Oberfläche aufhörten. Bei der Vorwärts- wie Rückwärtsbewegung fand dagegen die heftigste Vibration an dem bei der Bewegung jedesmaligen Hinterende statt, allmählich sich abschwächend zum Vorderende hin. Auch seitliche Drehungen der Algen wurden beobachtet; in den Fällen trat die stärkste Vibration an derjenigen Seite auf, von welcher die Drehung ausgeht. Aus diesen Beobachtungen schließt Mereschkowsky, dass bei den ruhenden Zellen die exo- und endosmotischen Kräfte mit gleicher Intensität und gleichzeitig an der ganzen Oberfläche verteilt sind, bei den Bewegungen im Gegenteil ausschließlich an einem Ende der Zelle sich concentriren.

Der endgiltige Entscheid über die Bewegung der Diatomeen ist mit dieser Arbeit wol noch nicht gegeben, die Streitfrage noch weiteren Untersuchungen sehr anzuempfehlen.

Auch von mehrzelligen Algen, den blaugrünen Fadenalgen, die als Oscillarien bezeichnet werden, kennt man merkwürdige Bewegungen. Die aus vielen kleinen Zellen gebildeten unverzweigten Fäden sind an ihren Enden etwas schraubig gedreht. Nach Nägeli's Untersuchungen⁵⁾ geschieht die Bewegung, indem die Fäden sich drehen

1) Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich 1849 S. 20.

2) Dippel, Beiträge zur Kenntniss der in den Soolwässern von Kreuznach lebenden Diatomeen. 1870 S. 32.

3) l. c. S. 34.

4) Mereschkowsky, Beobachtungen über die Bewegung der Diatomaceen und ihre Ursache. Bot. Zeitg. 1880 Nr. 31.

5) Nägeli, Beiträge zur wiss. Bot. Heft II S. 89.

und dabei vor- und rückwärts gehen, während dessen ihre Form unverändert bleibt. Stoßen aber die Fäden an Gegenstände, so krümmen und beugen sie sich in sehr wechselnder Weise, die Bewegung wird eine ruckweise, ungleichmäßige. Nach Hofmeister¹⁾ beruht die Bewegung auf periodischen Spannungsänderungen der Zellmembran. M. Schultze dagegen nimmt für die Oscillarien die gleiche Bewegungsursache an wie für die Diatomeen d. h. eine äußere Schicht contractilen Protoplasmas. Cohn²⁾ beobachtete, dass die Oscillarien wie die Diatomeen sich nur bewegen, wenn sie eine feste Unterlage berühren. Engelmann³⁾ will auch tatsächlich diese Protoplasmaschicht bei den Oscillarien nachgewiesen haben; bei Anwendung von starken Säuren sowie bei starken Induktionsschlägen sah er rings um jeden Faden eine sehr zarte doppelt konturierte Hülle, die er nach den Reaktionen für Protoplasma hält. Schon Mereschkowsky macht auf die Unsicherheit dieser Deutung aufmerksam. In jüngster Zeit hat Francis Darwin⁴⁾ die Ansicht ausgesprochen, ohne sie weiter zu begründen, dass die Bewegungen der Oscillarien wahrscheinlich Erscheinungen des Wachstums sind, die hier wie bei so vielen ein- wie mehrzelligen Pflanzenorganen von eigentümlichen Krümmungen begleitet sind, die man unter dem Begriff der Circumnutation zusammenfasst.

In eine systematische Reihe mit den Oscillarien stellt man neuerdings die mannigfaltigen Formen der Bakterien, die bekanntlich sehr lebhaft Bewegungen zeigen. Nach Nägeli⁵⁾ ist die Bewegung der schraubig gedrehten Formen, wie der Vibrionen und Spirillen dieselbe wie bei den Oscillarien. An einigen größern Arten der Gattung *Spirillum* hat aber Cohn⁶⁾ deutlich Cilien beobachtet und zwar je eine an jedem Ende des schraubig gedrehten kurzen Fadens. Es ist möglich, dass die meisten Bakterien solche Bewegungsorgane besitzen, die bisher nur wegen der Kleinheit dieser Organismen nicht gesehen worden sind. Noch von andern Algen, den einzelligen Desmidiaceen, sind Bewegungen bekannt; soweit aber die jetzigen Untersuchungen reichen, stehen sie so wesentlich unter dem Einfluss des Lichts, dass erst später darüber zu sprechen sein wird.

1) Hofmeister, Pflanzenzelle S. 321.

2) Cohn, Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. III 1867 S. 48.

3) Engelmann, Bot. Zeitg. 1879 S. 54–55.

4) Fr. Darwin, Ueber Circumnutation bei einem einzelligen Organ. Botan. Zeitg. 1881. S. 473.

5) l. c. S. 94–95.

6) F. Cohn, Untersuchungen über Bakterien II. Beiträge zur Biol. d. Pflanzen Bd. I. 3. S. 171.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Klebs Georg Albrecht

Artikel/Article: [Ueber Form und Wesen der pflanzlichen Protoplasmabewegung 481-491](#)