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.

15. December 1881.

Nr. 17.

Wegen der sehr zahlreich eingelaufenen Beiträge haben wir uns entschlossen die letzten Nummern des ersten Bandes in kürzern Zeiträumen als bisher auf einander folgen zu lassen.

Die Redaktion.

Inhalt: **Klebs**, Ueber Form und Wesen der pflanzlichen Protoplasmabewegung. — **Brandt**, Ueber das Zusammenleben von Algen und Tieren. — **Emery**, Zur Morphologie der Kopfnere der Teleostier. — **Gaule**, Die Cytozoen. — **v Birschhoff**, Das Hirngewicht des Menschen. — **Lalesque**, Untersuchungen über den Lungenkreislauf. — **Kossel**, Zur Entdeckung der Nucleine. — Erklärung.

Ueber Form und Wesen der pflanzlichen Protoplasmabewegung.

Von **Georg Klebs**, (Würzburg).

Einfluss äusserer Kräfte auf die pflanzliche Protoplasmabewegung.

Die Bewegungen des Protoplasmas sind ein Ausdruck seines Lebens; alle die äußern Bedingungen, die überhaupt notwendig sind um das Leben eines Plasmakörpers zu ermöglichen, sind auch notwendig für die normale Erscheinung seiner Bewegungen, vor allem eine gewisse mittlere Temperatur, eine bestimmte Feuchtigkeit, Gegenwart von Luft, Zufluss von Nahrungsstoffen. Neben diesen allgemeinsten Bedingungen wirken die äußern Kräfte der Natur wie Licht, Schwerkraft, Elektrizität in den verschiedensten Beziehungen auf das Leben der Pflanze und, sofern es auf dem Leben des Protoplasmas beruht, auf dieses selbst ein. Es ist natürlich von der größten Bedeutung die Art und Weise der Wirkungen zu erforschen. Da man nun die Bewegungen des Protoplasmas als die Folge besonders lebhafter Lebenstätigkeit auffassen muss, werden sie um so empfindlicher der Beeinflussung dieser äußern Kräfte unterliegen, werden sie gerade so geeignet sein, uns über den innern Zusammenhang der Lebenserscheinungen des Plasmas mit den in der Natur wirkenden Kräften Klarheit zu bringen. Hierfür ist es vor allem wesentlich solche Kräfte in wechselndem Grade

auf die Bewegungen einwirken zu lassen, diese überhaupt unter veränderte Bedingungen zu bringen und die Erscheinungen, die als Folge solcher Veränderungen auftreten, genau zu studiren. Es hat sich ergeben, dass gerade bei den Plasmabewegungen je nach den veränderten Einflüssen, die auf sie wirken, sehr charakteristische Erscheinungen sich zeigen.

Die Luft ist, wesentlich durch ihren Gehalt an Sauerstoff, für alle Organismen eine notwendige Lebensbedingung; von vornherein ist es wahrscheinlich, dass sie dasselbe für die Plasmabewegungen ist. In der Tat fand Kühne¹⁾ für die Plasmodien der Myxomyceten, dass sie sich in gasfreiem Wasser nicht zu den netzartigen Massen entwickeln; sie quellen hierin etwas auf; die Form der gequollenen Masse bleibt unverändert. Sobald aber nur sehr geringe Mengen Luft ihnen zugänglich werden, gehen sie sofort in den beweglichen Zustand über. Ebenso wenig entwickeln sie sich in einer Atmosphäre von Wasserstoff oder Kohlensäure. Wie die Entwicklung, wird auch die Bewegung durch solche Gase gehemmt; sie geht aber wieder vor sich bei Luftzutritt, selbst nach 24stündiger Einwirkung des Wasserstoffs; die Plasmodien, welche die gleiche Zeit in Kohlensäure zugebracht hatten, gingen zu Grunde²⁾. Ebenso hört auch die Strömung des in Zellwänden eingeschlossenen Protoplasmas bei mangelnder Luft auf, so z. B. wenn man die Zellen in Oel legt. Corti hat zuerst solche Beobachtungen gemacht, ferner Kühne³⁾, Nägeli⁴⁾, Hofmeister⁵⁾. Letzterer gibt an, dass bei *Nitella* die Rotation in Olivenöl schon nach 5 Minuten, in sehr luftverdünntem Raume nach 13 Minuten aufhörte; im erstern Falle trat nach Abspülung des Oels im Verlauf von 30 Minuten die Bewegung wieder ein.

Wie die Luft ist auch die Wärme eine der wesentlichsten Lebensbedingungen der Pflanze; über ihren Einfluss auf die Plasmabewegungen ist eine sehr große Literatur vorhanden. Im Allgemeinen gelten für die Wirkung der Wärme jene allgemeinen Sätze, die Sachs⁶⁾ in Bezug auf die Abhängigkeit der Vegetation von den Wärmezuständen so klar ausgedrückt hat. Die Bewegung tritt erst ein, wenn die umgebende Temperatur der Zellen einen bestimmten Grad über den Gefrierpunkt der Säfte erreicht hat; von dieser untern Temperaturgrenze an wird die Bewegung in ihrer Intensität mit steigender Temperatur beschleunigt; bei Erreichung eines bestimmten höhern Temperaturgrades tritt ein Maximum der Intensität ein; bei weiterm Steigen

1) Kühne, Das Protoplasma etc. S. 88.

2) Kühne, l. c. S. 90.

3) Für *Tradescantia* l. c. S. 105.

4) Nägeli, Beiträge. S. 79.

5) Hofmeister, Pflanzenzelle. S. 49.

6) Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. 1874. S. 697, 700.

der Temperatur verlangsamt sich die Bewegung bis sie schließlich aufhört; der Grad bei dem der Stillstand eintritt, bezeichnet die obere Temperaturgrenze. Die untern wie obern Temperaturgrenzen liegen je nach den Einzelfällen sehr verschieden. Für die Strömung in den Haaren von *Cucurbita Pepo* liegt die untere nach Sachs¹⁾ bei einer Lufttemperatur von 10—11° C.; für die Rotation von *Nitella* nach Nägeli²⁾ bei 0°. Die obere Temperaturgrenze liegt für *Nitella* bei etwas über 37° C. Für die Haarzellen von *Cucurbita* beobachtete Sachs, dass die Strömung in ihnen aufhörte nach 2 Minuten als man sie in Wasser von 46—47° C. brachte, dass sie noch fortging, als die Zellen sich in Luft von 49° C. während 10 Minuten befanden³⁾. Das Maximum der Geschwindigkeit liegt für die Rotation von *Nitella* nach Nägeli bei 37° C. Der Zustand des Protoplasmas, in welchem die Bewegung aufgehört hat, bezeichnet man als Kälte- resp. Wärmestarre. Erhöhung resp. Erniedrigung der Temperatur kann die Bewegung wieder hervorrufen. Meistens sind diese Starrezustände die unmittelbaren Vorboten des Todes des Protoplasmas. Von der untern Temperaturgrenze an bis zu dem Maximum wird nach obigen Sätzen mit steigender Temperatur die Plasmabewegung beschleunigt; es fragt sich, ob das Verhältniss der Geschwindigkeitszunahme für jeden Grad der Temperatur ein bestimmtes ist. Nach seinen Untersuchungen an *Nitella* spricht sich Nägeli⁴⁾ dahin aus, dass von 0,5—37° C. die Zunahme der Geschwindigkeit für jeden folgenden Grad einen kleinern Wert darstellt. Neuerdings hat Velten⁵⁾ diese Frage genauer untersucht; er ist zu demselben Resultat wie Nägeli gekommen. Dutrochet machte zuerst darauf aufmerksam, dass starke Temperaturschwankungen die Bewegung des Protoplasmas beeinflussen, indem sie sie momentan hemmen; nach ihm geschieht dieses bei Chara durch plötzliche Erwärmung von 18° auf 22° C.; Hofmeister⁶⁾ beobachtete dasselbe bei plötzlicher Abkühlung von 18,5° C. auf 5° C. Ebenso behauptet de Vries⁷⁾, dass rascher Temperaturwechsel die Plasmaströmung momentan aufhebe oder sie wenigstens verlangsamt. Velten⁸⁾ dagegen kam durch zahlreiche Experimente zu dem Resultat, dass Temperaturschwankungen innerhalb der Grenzwerte weder eine Sistierung noch eine Verlangsamung hervorrufen, sondern dass sofort

1) l. c. S. 700.

2) l. c. S. 77.

3) Für andere Fälle vgl. M. Schultze, Das Protoplasma etc. S. 46—47.

4) l. c. S. 77.

5) Velten, Einwirkung Der Temperatur auf die Protoplasmabewegungen. Flora 1876. S. 210.

6) l. c. S. 53.

7) de Vries, Extrait des Archives Néerlandaises 1870 (citirt nach Velten).

8) Velten l. c. S. 214.

die der betreffenden Temperatur zukommende Geschwindigkeit der Plasmabewegung erreicht wird.

Die wesentlichste Quelle der Wärme für die Organismen ist das Licht. Aber neben dieser Wärmewirkung beeinflusst das Licht in direkterer Weise nach andern Beziehungen das Leben der Pflanze. Es ist eine notwendige Lebensbedingung für sie, insofern nur durch das Licht vermittels seiner Wirkung auf das chlorophylldurchtränkte Protoplasma die Ernährungsprocesse vor sich gehen; ferner übt es auch auf die Geschwindigkeit des Wachstums einen sehr eigentümlichen Einfluss aus, ruft dadurch die so mannigfaltigen Krümmungserscheinungen von Zellen resp. ganzen Organen hervor, die unter den Begriff des Heliotropismus fallen. Die letztern Wirkungen des Lichts bezeichnet Sachs im Gegensatz zu den rein chemischen als die mechanischen¹⁾. Wie verhält es sich nun mit dem Einfluss des Lichts auf die Bewegungen des Protoplasmas? Sämtliche Forscher, wie z. B. Nägeli²⁾, Hofmeister³⁾, Sachs⁴⁾ stimmen darin überein, dass die Strömung des Protoplasmas in den Pflanzenzellen ganz unabhängig vom Licht vor sich geht; sie findet in gleicher Weise im Dunkeln wie im Hellen statt, sofern nur nicht durch längeres Verweilen im Dunkeln die Lebenstätigkeit der Zelle überhaupt verändert wird. Wenn man allerdings *Tradescantia*haare aus diffusem Licht in intensives Sonnenlicht bringt, so wird nach Nägeli⁵⁾ eine Zeitlang die Geschwindigkeit der Strömung beschleunigt; er führt diese Beschleunigung aber nur auf die Wärmewirkung des Lichts zurück. Es wäre dies eine sehr interessante Tatsache, wenn fernere Untersuchungen sie bestätigen sollten, aber darum eine auffallende, weil andere Bewegungen des Plasmas wesentlich durch das Licht beeinflusst, ja in vielen Fällen erst durch dasselbe hervorgerufen zu werden scheinen. Für die Plasmodien der Myxomyceten ist es schon lange bekannt, dass sie vom Licht einen Einfluss erleiden; diejenigen der Gerberlohe kommen im Finstern an die Oberfläche der Lohe⁶⁾; sobald Licht sie trifft, gehen sie ins Dunkle zurück. Neuere Untersuchungen von Baranetzky⁷⁾ bestätigen diese Beobachtungen. Er fand, dass die Plasmodien sowol diffuses wie Sonnenlicht fliehen, also negativ heliotropisch sind; bei längerer Einwirkung des Lichts ziehen sie sich zu fast unbeweglichen dichten Massen zusammen, die

1) Vergl. Sachs, Lehrbuch S. 709.

2) Nägeli, Beiträge S. 78.

3) Hofmeister, Pflanzenzelle. S. 49.

4) Sachs, Lehrbuch S. 721.

5) Nägeli, l. c. S. 78.

6) Vgl. Sachs, Lehrbuch S. 721.

7) Baranetzky, Influence de la lumière sur les plasmodia des myxomycètes. Mém. d. l. Soc. des Scienc. nat. d. Cherbourg T. XIX. S. 321—360.

erst dann sich wieder zu normalen Netzen zu entwickeln vermögen, wenn sie ins Dunkle gebracht werden.

Schon sehr lange bekannt ist der Einfluss des Lichts auf die Bewegung der Schwärmsporen. Es war schon eine von Treviranus beobachtete Tatsache, dass Schwärmsporen in einem Wassergefäß sich an dem dem Licht zugekehrten Rande ansammeln oder sich unter dem Einfluss desselben zu wolken-, netz-, tropfenartigen Gruppen im Wasser vereinigen. Zahlreiche Untersuchungen sind darüber angestellt worden; so von Nägeli¹⁾, Hofmeister²⁾, Famintzin³⁾ P. Schmidt. Die einen Schwärmsporen sollten darnach das Licht aufsuchen, andere es fliehen; sehr häufig widersprechen sich die Angaben der Forscher. Die Sache schien erledigt durch den von Sachs⁴⁾ geführten Nachweis, dass solche Randansammlungen, solche Bildungen von Wolken, Netzen u. s. w. keine Lebensäußerungen der Organismen unter dem Einfluss des Lichts seien, sondern nur Folgen von kleinen Wasserströmen, die durch Temperaturschwankungen im Wasser hervorgerufen werden. Sachs wies dies sehr überzeugend nach, indem er solche charakteristischen Gruppierungen, wie sie sonst die Schwärmsporen zeigen, künstlich vermittels Oelemulsionen im Wasser erzeugte. Neuerdings ist die Frage wieder aufgenommen worden und zwar gleichzeitig von Stahl⁵⁾ und Strasburger⁶⁾. Beide kamen zu demselben Resultat, dass bei vollkommener Richtigkeit der Angaben von Sachs doch das Licht in bestimmter Weise die Bewegung der Schwärmsporen beeinflusst und zwar hinsichtlich der Richtung der Bewegung, während die Geschwindigkeit davon unberührt bleibt. „Das Licht übt einen richtenden Einfluss auf den Schwärmsporenkörper in der Weise aus, dass dessen Längsaxe annähernd mit der Richtung des Lichtstrahls zusammenfällt“⁷⁾. Stahl nennt die Schwärmer heliotropisch, Strasburger⁸⁾ phototactisch. Die Intensität des Lichts wirkt so ein, dass bei schwacher Intensität die Schwärmsporen nach dem Lichte sich hinbewegen mit dem eilenträgenden Ende nach vorn; bei starker setzt sich die Bewegung in die entgegengesetzte um, sie entfernen sich von dem Lichte. Sowol

1) Nägeli, Beiträge S. 102—107.

2) Hofmeister, l. c. S. 32.

3) Famintzin, Die Wirkung des Lichts auf die Bewegung des *Chlamydomonas pulvisculus*. Mélang. biolog. Pétersbourg. T. VI. 1866.

4) Sachs, Ueber Emulsionsfiguren und Gruppierungen der Schwärmsporen im Wasser. Flora 1876. Vgl. bes. S. 273—278.

5) Stahl, Ueber den Einfluss des Lichts auf die Bewegungserscheinungen der Schwärmsporen. Verhandl. der phys. med. Gesellsch. Würzburg Bd. XII; ferner Bot. Zeitg. 1878; erweitert Bot. Zeitg. 1880 Nr. 24.

6) Strasburger, Wirkung des Lichts und der Wärme auf die Schwärmsporen. Jena 1880.

7) Stahl, bot. Zeitg. 1878 S. 711.

8) Strasburger, l. c. p. 37.

Stahl wie Strasburger fanden, dass die Intensität der vorhergehenden Beleuchtung von Einfluss auf die nachherigen Bewegungen ist; dieselbe Schwärmspore verhält sich verschieden, je nachdem sie vorher dunkel gehalten oder intensiv beleuchtet worden ist. Die Bewegung der Schwärmsporen hängt nach Strasburger aber noch ferner ab von der ihnen eigenen „Lichtstimmung“, vermöge welcher sie blos Licht von bestimmter Intensität aufsuchen. Diese Lichtstimmung wechselt sehr nach den äußern Bedingungen. Bei steigender Temperatur sind die Schwärmsporen auf eine höhere, bei sinkender auf eine schwächere Intensität gestimmt.

Wie die Schwärmsporen der Algen, wie die Euglenen, verhalten sich nach Strasburger auch die farblosen Schwärmer der Chytridien. Das Licht wirkt daher nur auf das Protoplasma als solches, gleichgiltig ob dieses chlorophyllhaltig ist oder nicht.

Jedenfalls in irgend einer Beziehung zu der für das Leben der Pflanze so wichtigen Assimilationswirkung des Lichts stehen andere Bewegungserscheinungen des Plasmas, die auch für den Beobachter erst infolge von Lichteinfluss hervorgerufen werden. Das Licht übt nämlich sowol nach Intensität wie auch nach Richtung seines Einfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Bewegung der Chlorophyllkörner aus. Diese sind bekanntlich bestimmt geformte mit Chlorophyll durchtränkte Protoplasmakörper, die stets von dem Protoplasma des Wandbelegs der Zellen umgeben sind. Beobachtungen über Bewegungen von ihnen, die ohne Zusammenhang mit den vorhin beschriebenen Plasmaströmungen stehen, sind zuerst von Boehm, dann genauer von Famintzin, Frank und Borodin gemacht worden. Eine zusammenfassende Darstellung hat in neuester Zeit Stahl¹⁾ davon gegeben; er hat darin die ganz allgemeine Verbreitung dieser Bewegungserscheinungen nachgewiesen. Am klarsten tritt nach Stahl die Beeinflussung des Chlorophyllapparats der Pflanzen durch das Licht bei manchen niedern Fadenalgen z. B. bei *Mesocarpus* auf, bei dem statt vieler Chlorophyllkörner nur eine einzige dünne Chlorophyllplatte in der Axe der cylindrischen Zellen sich findet. Bei diffusem Licht steht die Fläche der Platte senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen; sie nimmt, wie Stahl sich ausdrückt²⁾, „Flächenstellung“ ein. Bei intensiver Beleuchtung dreht sich die Platte um 90° und stellt damit ihre schmale Kante parallel den einfallenden Strahlen; sie nimmt „Profilstellung“ ein. Wesentlich ebenso verhalten sich die Chlorophyllkörner in den Gewebezellen höherer Pflanzen, in denen sie eine meist scheibenförmige bis halbkuglige Gestalt besitzen. Bei

1) Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich. Bot. Zeitg. 1880 Nr. 18 bis 24; hier ist auch die ältere Literatur nachzusehen.

2) l. c. S. 303.

diffusem Licht wandern sie auf die zum Lichteinfall senkrechten Wandflächen der Zellen, wo ihre breite Fläche senkrecht zu den einfallenden Strahlen zu liegen kommt; bei intensivem Licht dagegen wandern sie auf die Seitenwände der Zellen, wo ihre schmalere Seite in die Richtung der Lichtstrahlen fällt. Also auch hier tritt je nach der Intensität bald Flächen- bald Profilstellung ein. In zahlreichen chlorophyllhaltigen Gewebezellen sind keine solchen Ortsveränderungen der Chlorophyllkörner beobachtet, dafür aber Formveränderungen derselben. Nach Stahl finden die letztern besonders statt in den langgestreckten schmal cylindrischen Zellen, die in vielen Blättern senkrecht zur Fläche derselben angeordnet sind. In diesen, den sog. Pallisadenzellen, liegen die Chlorophyllkörner an den langen Seitenwänden der Zellen. Bei diffusem Licht sind sie halbkuglig und ragen ziemlich weit in das Zellinnere hinein; sie werden jedoch zu flachen Scheiben, sobald sie intensiv beleuchtet werden. Diese Gestaltveränderung führt wie in andern Fällen die Wanderung, die bei der Form der Pallisadenzellen schwer möglich ist, zu demselben Resultat. Die Chlorophyllkörner kehren bei schwacher Beleuchtung dem Lichte ihre größte Fläche zu, bei intensiver ihre kleinste. Dass diese so verbreitete Erscheinung von großer Bedeutung für das Leben der Pflanzen sein muss, ist wol klar. Jedoch, was mit dieser Einrichtung für den Haushalt bezweckt und erreicht wird, darüber lässt sich bei unsrer heutigen Kenntniss nichts Sicheres aussagen, vor allem weil die Rolle des Chlorophylls bei der Assimilation noch in keiner Weise klar erkannt ist.

Es fragt sich nun, was eigentlich bei den Chlorophyllwanderungen sich bewegt, die Chlorophyllkörner oder das sie umgebende Protoplasma. Die Formveränderungen könnten allerdings für eine Eigenbewegung der Chlorophyllkörner sprechen und in der Tat behauptet auch Velten¹⁾ nach andern Beobachtungen eine solche. Dagegen verlegen Sachs und Frank die bewegende Ursache in das Plasma, und ebenso kommt Stahl zu dem Schluss, dass das Verhalten der einzelnen Chlorophyllkörner bei verändertem Lichteinfall mit der Annahme einer selbstständigen Bewegung nicht vereinbar ist. Die Plasmaströmungen sind es, die nach ihm unter dem Einfluss des Lichts die verschiedene Stellung der Chlorophyllkörner hervorrufen.

Einen sehr merkbaren Einfluss übt das Licht schließlich noch auf die Bewegungen gewisser einzelliger Algen aus, der Desmidiaceen, die in überaus mannigfaltigen und zierlichen Formen unsre Torfgewässer bevölkern. Ueber die Bewegungen dieser Organismen unabhängig vom Licht ist noch nichts Genaueres bekannt, ebensowenig etwas über die bewegende Ursache. Unter dem Einfluss des Lichts

1) Velten, *Activ oder Passiv*. Oesterr. bot. Zeitschr. 1876. S. 77—78.

dagegen zeigen sie nach Stahl's¹⁾ Untersuchungen sehr charakteristische Erscheinungen. Er untersuchte besonders die Arten der Gattung *Closterium*, die eine meist länglich spindelförmige oder schmal halbmondförmige Gestalt besitzen. Die Zellen stellen sich zum Licht so, dass ihre Längsaxe in die Richtung der Lichtstrahlen fällt; verändert man die Richtung derselben, so drehen sich die Closterien, bis sie wieder in die richtige Lage kommen. Merkwürdig ist es wie die Zellen periodisch ihre Stellung der Lichtquelle gegenüber ändern, indem ihre Enden abwechselnd nach einander dem Licht zustreben. Bei intensiver Belenchtung stellen sie sich mit ihrer Längsaxe senkrecht zu dem einfallenden Licht.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass das Licht auf die Bewegungen des Protoplasmas in bestimmter, je nach den Einzelfällen verschiedener Weise einwirkt. Wichtig ist die Frage, durch welche Strahlen des Sonnenspektrums diese Wirkungen hervorgerufen werden. Sachs²⁾ spricht als allgemeines Resultat der bisherigen Untersuchungen aus, dass auf die Plasmabewegungen das Licht nur vermöge der stärker lichtbrechenden, vor allem der blauen Strahlen wirkt, die überhaupt bei den Pflanzen als die mechanisch wirksamen bezeichnet werden. Dafür sprechen Untersuchungen von Borodin³⁾, ferner von Frank⁴⁾, die beide fanden, dass rotes Licht wie Dunkelheit resp. sehr schwaches Licht, blaues dagegen wie weißes wirkt. Dasselbe beobachtete Cohn für die Bewegung der Schwärmsporen, ebenso Strasburger⁵⁾, der nachwies dass das Maximum der Lichtwirkung auf die Schwärmer im Indigo liegt, während die gelben Strahlen bloß eine zitternde Bewegung gewisser phototactischer Schwärmer veranlassen. Nach Borseow und besonders Luerssen⁶⁾ wirkt sogar das rote Licht auf die Plasmaströmungen in den Haaren von *Urtica* und *Tradescantia* tödtlich ein, während die Bewegung im blauen unverändert vor sich geht. Reinke⁷⁾ dagegen konnte keinen Einfluss farbigen Lichts auf die Plasmaströ-

1) Stahl, Ueber den Einfluss des Lichts auf die Bewegung der Desmidiiden. Verh. d. physikal. med. Ges. Würzburg Bd. XIV; ferner Bot. Zeitg. 1880 Nr. 23.

2) Sachs, Lehrb. S. 709 und 723.

3) Borodin, Ueber die Wirkung des Lichts auf die Verteilung der Chlorophyllkörner in den grünen Teilen der Phanerogamen. Mélang. biolog. Pétersbourg 1869 T. VII.

4) Frank, Ueber lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner. Bot. Zeitg. 1871 S. 228—230.

5) Strasburger, Wirkung des Lichts und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878. S. 44—50.

6) Luerssen, Ueber den Einfluss des roten und blauen Lichts auf die Strömung des Protoplasmas. Bremen 1868 S. 25—26.

7) Reinke, Ueber den Einfluss farbigen Lichts auf lebende Pflanzenzellen. Bot. Zeitg. 1871 S. 800.

mungen constatiren. Velten¹⁾ beobachtete wieder unter dem Einfluss von rotem Licht eigentümliche Veränderungen an dem strömenden Plasma von Haarzellen von *Cucurbita*. Jedenfalls bedarf die Frage noch weiterer gründlicher Untersuchungen.

Zu jenen Kräften, die auf die Organisation der Pflanzen tiefgreifende Wirkungen ausüben, gehört auch die Schwerkraft; sie tut dies wesentlich in der Weise, dass sie die Mechanik des Wachstums beeinflusst, dadurch bestimmte Vegetationserscheinungen hervorrufft, die man unter den Begriff des Geotropismus zusammenfasst. Gewisse Organe, wie die Wurzeln, wachsen in der Richtung der wirkenden Schwere, andere, wie die meisten Stengel und Stämme in der ihr entgegengesetzten. Man unterscheidet darnach die positiv und negativ geotropischen Organe. Rosanoff²⁾ hat die Wirkung der Schwere auf die Plasmodien der Myxomyceten untersucht. Er fand, dass sie das Bestreben haben, stets sich in der der Wirkung der Schwere entgegengesetzten Richtung zu bewegen, also negativ geotropisch sind. Bekanntlich wirkt in gleicher Weise wie die Schwere auch die Centrifugalkraft auf das Wachstum der Pflanzen ein. Als Rosanoff³⁾ Plasmodien in horizontaler Ebene rasch rotiren ließ, bewegten sie sich während der Rotation von der Richtung der Centrifugalkraft ab nach dem Rotationseentrum hin. Baranetzky⁴⁾ bestätigte teilweise die Resultate Rosanoff's; er beobachtete aber die eigentümliche Erscheinung, dass die durch den Einfluss intensiven Lichts in einen Starrezustand gebrachten Plasmodien sich im Dunkeln in der Richtung der wirkenden Schwere bewegten, also positiv geotropisch geworden waren, dass sie erst nach gewisser Zeit wieder ihren früheren negativen Geotropismus erlangten. Diese wechselnde Umsetzung in der Bewegungsrichtung ereignete sich jedoch auch bei ein und demselben Plasmodium im Dunkeln, wahrscheinlich unter dem Einfluss veränderter Feuchtigkeit. Es ergibt sich schon daraus, dass die jedesmalige Bewegung das Resultat verschiedener äußerer wie innerer Kräfte ist, die man in ihren Einzelwirkungen noch lange nicht klar erkannt hat. Strasburger (Wirkung etc. S. 71) bestreitet überhaupt den negativen Geotropismus. Er fand, dass die diesem zugeschriebenen Bewegungen durch die Richtung des zugeführten Wasserstromes veranlasst wurden.

Ueber den Einfluss der Schwere resp. der Centrifugalkraft auf die übrigen Plasmabewegungen ist noch nichts Genaueres bekannt.

Sehr zahlreiche Untersuchungen sind ausgeführt worden über den

1) Velten, Ueber die physikalische Beschaffenheit des Protoplasmas. Sitzber. d. Wiener Akad. 1876 Bd. 73 S. 144—145.

2) Rosanoff, De l'influence de l'attraction terrestre sur la direction des Plasmodies des Myxomycètes. Mém. de la Soc. de scienc. nat. Cherbourg T. XIV.

3) l. c. p. 167.

4) Baranetzky, Influence de la lumière etc. S. 347.

Einfluss der Elektrizität auf die Strömungen des Protoplasmas. Denn von Amici an (1823) bis auf die neueste Zeit glaubt man in der Elektrizität die innerste Ursache der Bewegungen zu haben. Bis jetzt aber sind Resultate von allgemeiner Bedeutung nicht erhalten worden. Man hat keine elektrische Strömung bei den Bewegungen nachweisen können, nachdem schon Becquerel¹⁾ die theoretische Ansicht Amici's widerlegt hatte; vor allem ist es nie gelungen, z. B. bei der Rotation von *Chara* die auf- und absteigenden Plasmaströme umzukehren, indem man den elektrischen Strom im entgegengesetzten Sinn die Zelle durchlaufen ließ. Allerdings hat Velten²⁾ künstlich eine Rotation in den Zellen der *Cucurbita*-Haare durch elektrische Ströme erzeugt, und diese Rotation wendete sich um mit dem Umdrehen des Stroms. Jedoch war das Protoplasma in diesem Zustande schon tot. Man hat sich beschränken müssen bei den Untersuchungen zu beobachten, wie die Elektrizität in ihren verschiedenen Erscheinungsformen auf die Bewegung des Protoplasmas einwirkt. Die wichtigsten Resultate, die man bisher erhalten, sind wol folgende³⁾. Die constanten wie Induktionsströme haben die gleiche Wirkung auf die Bewegung; erst bei einer gewissen Intensität ist ein Einfluss zu bemerken. Schwache Ströme bringen eine Verlangsamung der Bewegung hervor; bei längerer Einwirkung tritt Stillstand ein. Ueberlässt man dann die Zelle der Ruhe, so nimmt innerhalb gewisser Zeit die Bewegung ihre frühere Geschwindigkeit an; war vorher Stillstand eingetreten, zeigt sich die Bewegung erst nach längerer Zeit. Starke Stromintensitäten bringen für immer Stillstand hervor, schließlich eine Kontraktion des Protoplasmas. Bei dem Eintreten der Verlangsamung der Strömung oder kurz vor dem Stillstand derselben häufen sich die Chlorophyllkörner und andere Teile des Plasmas an einzelnen Stellen an⁴⁾, nach Velten besonders an den schmalen Querwänden der Zelle. Bei *Vallisneria* beobachtete Velten allerdings zuerst stets bei Einwirkung schwacher Ströme eine Beschleunigung der Bewegung, die er aber zurückführt auf die durch den Strom erzeugte Wärme. Interessant ist es, wie wenig bei dem pflanzlichen Protoplasma der Erregungs- resp. Starrezustand, der von dem elektrischen Strom erzeugt worden, sich darin fortpflanzt. Bei der Einwirkung der Elektrizität treten in den Zellen bestimmte Formveränderungen des Plasmas auf; sie sind von Brücke, Kühne, Heidenhain, Schultze und Velten untersucht worden.

1) Becquerel, Comptes rendus 1837 (citirt nach Velten).

2) Velten, Einwirkung strömender Elektrizität auf die Bewegung des Protoplasmas, auf den lebendigen und toten Zellinhalt, sowie auf materielle Teile überhaupt. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. 1876 Bd. 73 S. 374

3) Vergl. besonders Jürgensen, Studien des phys. Instituts Breslau. 1861 Heft I; Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen 1865 S. 74 bis 80; Velten, Einwirkung etc. S. 372.

4) Jürgensen l. c. S. 101.

Brücke¹⁾ beobachtete, dass bei der ersten Einwirkung des Stromes auf die Brennhaare von *Urtica* eine Menge zarter Plasmafäden mit kolbigen Endigungen aus dem Wandbeleg in das Zellinnere hervorschoßen und dass diese Fäden fortwährend in zitternder oder schlängelnder Bewegung begriffen waren. Schultze²⁾ bestätigte dies bei den Haaren von *Tradescantia*. Nach Heidenhain³⁾ und Schultze wird bei dem Stillstand der Bewegung das Plasma varicös; „die Erscheinung sieht aus, als wenn sich eine flüssigere Masse auf der Oberfläche des Fadens in einzelnen Tropfen ansammle“. Vielfach bilden sich lokale Anschwellungen, die sich abschnüren und in die Zellflüssigkeit fallen. Kühne⁴⁾ fand, dass bei der Einwirkung gewisser Stromintensitäten das Plasma kugelige und papillenartige Auswüchse bildet, die wieder eingezogen werden können, wenn die Stromwirkung nur kurze Zeit andauert. Nach Velten⁵⁾ bewirkt der elektrische Strom, dass das Protoplasma befähigt wird, Wasser aufzunehmen; wirken die Ströme zu stark, so tritt Vacuolenbildung ein, schließlich ein Aufquellen des Protoplasmas und damit der Tod.

Diese Formveränderungen des Plasmas sind wol nicht die Folgen bestimmter physiologischer Wirkungen der Elektrizität, sondern nur Zeichen ihres mechanischen Eingriffs in das Leben der Zelle. Wesentlich dieselben Erscheinungen treten auf, wenn der Lebensprocess der Zelle gestört wird durch zu hohe Temperatur oder durch Kälte⁶⁾, ferner durch die Einwirkung vieler chemischer Reagentien⁷⁾. Durch Druck und Quetschung, durch das Präparieren wird in den Zellen die Plasmabewegung häufig verändert und gestört. Es ist eine sehr bekannte Erscheinung, dass bei Präparaten von *Vallisneria* und *Tradescantia* die Strömung in den Zellen zuerst eine sehr geringe ist und allmählich ihre normale Geschwindigkeit erreicht. In neuerer Zeit hat man andererseits beobachtet, dass in vielen Zellen gerade durch die Präparation Strömungen von sehr großer Geschwindigkeit hervorgerufen werden. Solche normal beschleunigte Bewegungen beobachtete zuerst Frank⁸⁾ an Zellen von Wasserpflanzen wie *Elodea* etc.; er erzeugte sie auch durch Legen der Präparate in verdünnte Zucker-

1) Brücke, Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme in den Brennhaaren von *Urtica urens* gegen die Schläge des Magnetelektrometers, Sitz. Ber. der Wiener Akademie 1862 Bd. 46, S. 1.

2) M. Schultze, Das Protoplasma etc. S. 45—46.

3) Heidenhain in: Studien des physiol. Inst. Breslau Heft II S. 66.

4) Kühne, Das Protoplasma etc. S. 96.

5) Velten l. c. S. 374.

6) Nach Schultze l. c. S. 48; vgl. Hofmeister, Pflanzenzelle S. 50—58.

7) Vgl. Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop 2. Aufl. 1877 S. 392.

8) Frank in Pringsheim's Jahrbüchern für wiss. Botanik Bd. VIII. 1872 S. 220.

lösung. Weiter verfolgt hat diese Beobachtungen Dehnecke¹⁾. Er fand besonders an Schnitten von Stengeln von Landpflanzen wie *Impatiens*, *Phlox* etc., dass durch die Präparation und das längere Liegen der Präparate im Wasser stets die Bewegung, nachdem sie eine Zeitlang eine constante Geschwindigkeit erlangt hat, beschleunigt wird, während dessen die Zelle schon Zeichen eines gestörten Lebensprocesses aufweist. Besonders ist dieses an den stärkehaltigen Chlorophyllkörnern wahrzunehmen, die anfangs nur langsam ihre Lage verändern, später rings um die Zellen herumgeführt werden, ihre Stärke herausfallen lassen, schließlich zerrissen umhertreiben ebenso wie die in Auflösung begriffenen Stärkekörner. Dehnecke unterscheidet da her normale und anormale Bewegungen ohne aber sehr klar die Grenzen beider hervorheben zu können. Die Beschleunigung der Strömung wird auch nach ihm durch Auftauen gefrorener Zellen bewirkt. Er schließt sich der Ansicht von Sachs an, dass mit zunehmendem Wassergehalt des Protoplasmas die Geschwindigkeit der Strömung größer wird.

(Schluss folgt.)

Ueber das Zusammenleben von Algen und Tieren²⁾.

Von K. Brandt, Berlin.

Das Vorhandensein oder Fehlen des Chlorophylls bedingt eine Grundverschiedenheit in der Ernährung bei Pflanzen und Tieren. Jene sind vermöge ihrer Chlorophyllkörper im Stande anorganische Stoffe zu assimiliren, während die Tiere zu ihrer Ernährung organischer Substanzen bedürfen. Wäre dieser Unterschied ein durchgreifender, so würde er unstreitig als der bedeutsamste von allen anzusehen sein. Einerseits aber gibt es Pflanzen, die kein Chlorophyll besitzen, — die Pilze; andererseits sind schon seit langer Zeit Tiere bekannt, welche Chlorophyll enthalten, z. B. der Süßwasserschwamm (*Spongilla*), der Armpolyp (*Hydra*), verschiedene Strudelwürmer (*Vortex* u. s. w.), zahlreiche Infusorien (*Stentor*, *Paramecium*, *Vorticellinen* etc.) und endlich auch Rhizopoden (*Monothalamien*, *Heliozoen* etc.).

Die Pilze ernähren sich wie die chlorophyllfreien Tiere durch Aufnahme organischer Stoffe; dagegen ist es noch nicht zur Genüge festgestellt, ob die genannten chlorophyllführenden Tiere sich nach Art echter Pflanzen allein durch Verarbeitung anorganischer Stoffe zu ernähren vermögen, — ob sie, mit andern Worten, bei reichlicher

1) Dehnecke, Einige Beobachtungen über den Einfluss der Präparationsmethode auf die Bewegungen des Protoplasmas der Pflanzenzellen. Flora 1881 Nr. 1 und 2.

2) Auszug eines in der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin gehaltenen Vortrages. Die ausführliche Arbeit wird in E. du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie veröffentlicht werden.

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 513-524](#)