

Ueber Reizung kontraktilen Protoplasmas durch plötzliche Beleuchtung.

Von

Th. W. Engelmann.

Dass kontraktiles Protoplasma durch einen Strahl gewöhnlichen Tageslichtes in derselben Weise zur Contraction veranlasst werden könnte, wie etwa durch einen elektrischen Schlag oder einen heftigen mechanischen Reiz, ist soviel ich weiss, bisher nicht bekannt. In den meisten Fällen üben überhaupt weder gemischtes noch einfarbiges Licht irgend einen merklichen Einfluss auf die Protoplasmaabewegung aus: so bei den farblosen Blutkörpern und anderen amöboiden Zellen von Wirbelthieren und Wirbellosen, bei den gewöhnlichen Amöben des süssen und salzigen Wassers, bei vielen Rhizopoden und Infusorien u. s. w. (nach fremden und eigenen Beobachtungen). Die Strömung des Protoplasma in Pflanzenzellen findet, wie man weiss, ebenso in dauernder Finsterniss wie beim Wechsel von Tageslicht und Dunkelheit statt. Selbst in den Haaren etiolirter, im Finstern neugebildeter Sprosse (von *Tradescantia* z. B.) geht die Bewegung vor sich, und in grünen, dem Licht entzogenen Pflanzentheilen erlischt sie erst mit der Vegetation der Pflanze überhaupt (bei *Chara* nach *Dutrochet* beispielsweise nach 24 bis 26 Tagen)¹⁾. *Kraus*²⁾ fand gelbes Licht ohne Einfluss auf die Bewegung von *Hydrocharis*, *Trianea*, *Chara*, *Vallisneria*, *Elodea*, *Pilobolus*, *Urtica dioica*, *Navicula*.

1) *Sachs*, J. Ueber den Einfluss des Tageslichtes auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane. *Botan. Zeitg.* 1863. Beilage. — *W. Hofmeister*, die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867. S. 49. — *Dutrochet*, Observat. sur les modific. qu'impriment à la circulation du *Chara flexilis* les changements de températ. etc. *Compt. rend.* 1837. II. S. 775 — 784 (779).

2) *G. Kraus*, (Ueber Protoplasmaabewegung im gelben Licht). Ueber Versuche mit Pflanzen im farbigen Licht. *Sitzungsber. d. naturf. Gesellsch. zu Halle* v. 20. Mai 1876. — *Botan. Zeitung.* Bd. XXXIV, 1876, S. 504.

In einzelnen Fällen ändert sich bei lange anhaltender Einwirkung von Licht oder Dunkelheit die Anordnung des Protoplasma merklich. So ist es bekannt, dass die Lohblüthe das Licht scheut: im Finstern an die Oberfläche der Lohe gekrochene Plasmodien ziehen sich bei hellem Lichte wieder in die Tiefe zurück. Baranetzky¹⁾ sah beleuchtete Fäden von *Aethalium septicum* allmählich dünner werden, und zwar waren die blauen Strahlen besonders wirksam, die gelben nicht. Aehnlich lichtscheu ist auch das Protoplasma mancher anderer Myxomyceten.

Noch bekannter sind die auf Wechsel der Beleuchtung erfolgenden Gestaltveränderungen von Pigmentzellen in der Haut mancher Fische, Amphibien und Reptilien, Aenderungen, auf welchen der Farbenwechsel dieser Thiere beruht. Doch hat man es hier wohl meist mit einem indirekten Einfluss des Lichtes auf die kontraktilen Elemente zu thun.

Dieser Zweifel trifft im selben, wo nicht in noch höherem Maasse die langsamen Lageveränderungen, welche im Protoplasma eingeschlossene Chlorophyllkörner vieler Pflanzenzellen (Blätter von Moosen und Phanerogamen, Prothallien von Farnen) unter dem Einfluss von Licht und Dunkel erleiden²⁾, Veränderungen, von welchen wohl wesentlich die der Beleuchtung gleichsinnigen Helligkeitsänderungen in der grünen Farbe vieler Blätter abhängen³⁾.

1) J. Baranetzky, Influence de la lumière sur les plasmodia des Myxomycètes. Mém. de la Soc. des scienc. natur. de Cherbourg. T. XIX. 1875. S. 321.

2) J. Böhm, Beiträge z. näheren Kenntniss d. Chlorophylls. Wiener Sitzungsber. Bd. 22. 1856. S. 476 u. Bd. 37. 1859. S. 475. — Famintzin, A., Die Wirkung des Lichtes auf Algen und einige andere ihnen nahe verwandte Organismen. Jahrbüch. f. wiss. Botanik. Herausg. v. Pringsheim. 6. Bd. 1867. p. 1. — Borodin, Mélang. biolog. Petersbourg. VI. 1867. VII. 1869. — Frank, Ueb. die Veränder. der Lage der Chlorophyllkörner und des Protopl. in der Zelle, und deren innere und äussere Ursachen. Jahrb. f. wiss. Botan. 8. Bd. 1871. S. 216 f. — Bot. Zeitg. 1871. No. 14 u. 15.

3) J. Sachs, Ueb. d. abwechselnde Erbleichen und Dunkelwerden der Blätter bei wechselnder Beleuchtung. Berichte üb. d. Verhandl. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch. Math.-physik. Classe. Bd. 22. Leipzig 1859. — J. Böhm, Beiträge z. näher. Kenntniss des Pflanzengrüns. Sitzungsber. d. math.-naturw. Classe d. kais. Acad. d. Wiss. Bd. 47. Wien. 1863. S. 349. (II. Ueb. d. Ursach. d. abwechselnd. Erbleichens u. Dunkelwerdens u. s. w. S. 352). — J. Sachs, Lehrb. d. Botanik, 4. Aufl. 1874. S. 722.

Der folgende Fall ist nun insofern von allen angeführten abweichend, als in demselben eine plötzliche mässig starke Beleuchtung wie ein heftiger Reiz wirkte. Er ist ausserdem noch darum besonders lehrreich, weil er einen äusserst niedrig stehenden, wesentlich nur aus farblosem, nacktem Protoplasma gebildeten amöboiden Organismus betrifft, bei dem man eine hochentwickelte Empfindlichkeit für Licht nicht erwartet haben würde.

Das Geschöpf, um das es sich handelt, ist die vor einigen Jahren von Greeff¹⁾ entdeckte *Pelomyxa palustris*. Ich fand dieselbe Ende Juni dieses Jahres im sandigen Schlamm des am Utrechter physiologischen Laboratorium vorbeifliessenden Stadtgrabens. Fast jeder mit der Pipette vom Boden des Gefässes entnommene Tropfen enthielt einige Exemplare, die schon dem blossen Auge als rundliche, schmutzig graue oder weissliche Kügelchen von etwa $\frac{1}{4}$ bis 1 mm Durchmesser kenntlich waren. Unterm Mikroskop zeigten die meisten derselben zahlreiche Einschlüsse von kleinen Steinchen, Naviculaceen, Oscillarien u. s. w. Die Bewegungen waren zunächst sehr träge, bestanden nur in unerheblichen Umrissänderungen des Körpers und entsprechenden schwachen Verschiebungen des körnerreichen Innern. Allmählich kam es hier und da zur Bildung eines stumpfen, meist kugelabschnittförmigen Fortsatzes, der sich durch Einströmen körnerreicher Masse langsam vergrösserte, mitunter wohl einmal soweit, dass er schliesslich die ganze Körpermasse aufnahm, wobei dann eine geringe Vorwärtsbewegung des Gesamtleibes stattfinden konnte. Häufig aber änderte der Protist seinen Ort nicht merklich und verschwand die erste Ausstülpung allmählich wieder, indem an einer andern Stelle langsam eine neue auftrat u. s. f.

Zufällig bemerkte ich nun, dass bei Beschattung des Objektes mit der Hand, zum Zweck der Ablendung des auffallenden Lichtes, die Scene sich alsbald änderte²⁾. Der Körper des gerade im

1) R. Greeff, *Pelomyxa palustris* (Pelobius), ein amöbenartiger Organismus des süsssen Wassers. Arch. f. mikr. Anat. Bd. X. 1874. S. 51—73. Taf. III—V. — S. a. F. E. Schulze, Rhizopodenstudien. IV. Ebenda Bd. XI. 1875. S. 329—353. Taf. XVIII u. XIX.

2) Die Beobachtung fand in einem nach Norden gelegenen Zimmer bei diffusem aber ziemlich hellem Tageslicht unter Anwendung schwacher Vergrösserung (Fokalabstand ungefähr $\frac{3}{4}$ cm) Statt.

Gesichtsfeld befindlichen Exemplars nahm ungefähr Birn- oder Keulenform an und bewegte sich, indem die Körnermasse des Innern immer in das vordere, dicke, glatt und sphärisch begrenzte Ende einströmte, in gerader oder schwach gekrümmter Richtung unablässig vorwärts. Das schmalere Hinterende zeigte eine runzelige Oberfläche, zog sich ab und zu in klebrige Fäserchen aus, die beim Fortkriechen der *Pelomyxa* schliesslich von der Unterlage (dem Objectträger) losrissen und in den Körper nachgezogen, mit diesem verschmolzen. Im Lauf einer Minute war ein Weg von $\frac{1}{3}$ mm zurückgelegt. — In gleicher Weise wurden auch die anderen Exemplare des nämlichen Tropfens in lebhaft kriechender Bewegung angetroffen. Einige hatten eine mittlere Geschwindigkeit von $\frac{1}{2}$ mm in der Minute.

Als ich nun die Hand wegzog, stand die Körnchenbewegung alsbald still und zog sich der Körper kuglig zusammen, wie nach einem elektrischen Schlage. Diess geschah innerhalb weniger Sekunden. Weiterhin, bei anhaltend gleichmässiger Beleuchtung traten nun nur schwache Gestaltveränderungen mit kaum merklicher Ortsbewegung wieder auf.

Nachdem diese Versuche mehrmals mit gleichem Erfolg wiederholt worden waren, ging ich mit dem Präparat in ein dunkles Zimmer und untersuchte bei nur eben zum deutlichen Erkennen hinreichender Gasbeleuchtung: alle Individuen waren keulenförmig und in lebhaftester Ortsbewegung. Jetzt ward durch plötzliches Aufschieben eines Fensterladens diffuses, mässig helles Tageslicht eingelassen. (Der Himmel war beständig mit dicken weissen und grauen Wolken bedeckt.) Wiederum hörten sogleich Körnchen- und Ortsbewegungen auf und nahmen die Körper Kugelgestalt an. Wiederverdunkelung gab das nämliche Resultat wie zuvor und so ward dieser Wechselversuch im Lauf von 20 Minuten mehrmals nach einander am nämlichen Präparate angestellt.

Ich wünschte jetzt zunächst zu wissen, ob auch bei allmählicher Erhellung die erregende Wirkung des Lichtes sich zeigen würde. Zu dem Ende ward das Zimmer verdunkelt und nachdem alle *Pelomyxen* wieder in lebhafter Bewegung waren, der Fensterladen ganz allmählich, etwa im Laufe von 5 Minuten bis zur früheren Weite wieder geöffnet. Jetzt hatte das Licht keinen deutlichen Einfluss: die Bewegungen gingen wie zuvor im Dunkeln weiter fort. Vielleicht nur waren sie etwas

träger und etwas weniger gleichmässig, doch war der Unterschied jedenfalls der Rede nicht werth.

Plötzliche Verdunkelung durch sehr rasches Zuschieben des Ladens — noch nicht 2 Secunden wurden erfordert — die vielleicht analog negativen Temperaturschwankungen¹⁾ als Reiz hätte wirken können, erwies sich als unwirksam. Eher schienen die Bewegungen sich etwas zu beschleunigen.

Auch diese Versuche wurden mehrmals mit immer gleichem Erfolge angestellt.

Wegen Mangel an Sonnenschein und anderen Lichtquellen von genügender Intensität, sowie äusserer Umstände halber, welche Fortsetzung der Versuche nicht gestatteten, konnte ich über den Einfluss farbigen Lichtes nichts ermitteln. Versuche mit Gaslicht unter Anwendung des Zeiss'schen Apparates für Beleuchtung mit homogenem Licht, lieferten keine positiven Resultate. Späterhin habe ich die Pelomyxen nicht wieder finden können, wie ich sie denn auch früher hier nie beobachtet hatte.

Inzwischen stellte ich damals noch einige Versuche an, die hier mitgetheilt werden mögen, als für das sonstige physiologische Verhalten der genannten Organismen nicht ohne Interesse.

Zunächst prüfte ich, ob die Pelomyxen etwa auch für andere Reizmittel als positive Helligkeitsschwankungen besonders empfindlich wären. Die Versuche ergaben hierauf eine verneinende Antwort. Wenigstens war die minimale Stromdichte, bei welcher ein einzelner Inductionsschlag deutlichen Effekt gab, nicht niedriger, als sie bei *Amoeba diffluens* sein musste. Bei Anwendung der früher²⁾ beschriebenen feuchten Kammer mit verstellbaren Platinaelectroden, eines gewöhnlichen kleinen Schlittenapparates mit eingelegten Eisenkernen, 1 Grove im primären Kreis und eines einzelnen Oeffnungsschlages als Reiz, trat, bei Lagerung des Objectes mitten zwischen den zwei etwa 6 mm von einander entfernten Platina-

1) Vgl. W. Hofmeister, die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867. S. 53 flg.

2) Ueber die Flimmerbewegung. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. IV. 1868. — Der kleine Apparat hat seitdem mannichfache Verbesserungen erfahren, beschrieben im Catalogue of the special Loan Collection of scientific apparatus at the South Kensington Museum. MDCCCLXXVI. Third Edition. London 1877. S. 957.

spitzen, der erste Effekt, vorübergehende Verzögerung der Körnchenbewegung, bei etwa 12 cm Rollenabstand ein.

Wegen der Einzelheiten der auf elektrische Reizung erfolgenden Erscheinungen kann ich auf das früher ¹⁾ in Betreff der beweglichen Zustände von *Amoeba diffluens* Gesagte verweisen. Die dort gegebene Beschreibung bezieht sich jedoch nur auf den Fall gleichzeitiger, wenigstens annähernd gleichstarker Reizung des ganzen Protoplasmaleibes. Bei *Pelomyxa* gestattete die ansehnliche Körpergrösse auch Versuche mit lokaler elektrischer Erregung. Das Objekt brauchte nur hinreichend seitwärts von der Verbindungslinie der beiden Elektrodenspitzen gelagert zu sein, so musste es begreiflicherweise von Stromfäden sehr verschiedener Dichte getroffen werden. Leicht liess sich nun, wie der Versuch lehrte, die Einrichtung so treffen, dass die Wirkung des Schlages auf einen Theil des Protoplasma maximal, ja übermaximal, auf einen anderen noch unmerklich war.

So sah ich öfter nach einem einzigen Oeffnungsschlag plötzlich an einer Stelle eine grosse bruchsackartige Ausstülpung des Protoplasma entstehen, die sich wohl auch — ein Beweis übermaximaler Reizung — mit einer Membran von coagulirtem Eiweiss umkleidete oder als Tropfen sich abschnürte, während weiter davon die Bewegung in unveränderter Geschwindigkeit und Richtung fortging und auch nachträglich nicht zum Stillstand kam.

Es folgt aus diesen Erscheinungen nach lokaler Reizung, dass eine Fortleitung der künstlich hervorgerufenen Erregung durch das Protoplasma im vorliegenden Falle nicht stattfand. Es stehen also die *Pelomyxen* in dieser Beziehung auf derselben tiefen Stufe wie beiläufig die Plasmodien der *Myxomyceten*, tiefer also wie viele andere amöboid bewegliche Organismen z. B. *Diffugia*, *Arcella*, welche schon durch ganz lokale Reizung zu allgemeiner Contraction veranlasst werden können, und darin wohl die ersten Spuren specifisch nervöser Thätigkeit im Thierreiche zu erkennen geben.

Auch mechanische Reizung wirkte bei *Pelomyxa* nur lokal. Ich konnte die Individuen mit Nadeln quetschen, ja zerreißen, ohne dass die nicht direkt getroffenen Stellen sich zusammengezogen oder auch nur die Körnchenbewegung an ihnen aufgehört

1) Beiträge zur Physiologie des Protoplasma. Dies Archiv. II. 1869. S. 315 ff.

hätte. Beim Zerreißen zerfloss das Protoplasma an den Wundrändern nicht, sondern entstanden unregelmässige, anscheinend ziemlich zähe Lappen und Fetzen, die sich alsbald mit einer hyalinen Rindenschicht umkleideten, sich abrundeten und entweder allmählich in die allgemeine Leibesmasse eingezogen wurden oder sich in Tropfenform abschnürten. Grössere abgerissene Partien setzten selbständig die Bewegungen fort. Zunächst bildeten sich gewöhnlich an ihrer Oberfläche nur dicke, halbkuglige hyaline Fortsätze. Bald stellte sich dann aber die gewöhnliche Art der Bewegung wieder her. So gelang es mir beispielsweise, eine grössere *Pelomyxa* in sieben Stücke zu zertheilen, von denen die fünf grösseren noch nach 24 Stunden wie ganz unverletzte Exemplare umherkrochen. Die zwei kleinsten hatten sich sogleich zu Kugeln von etwa 0,05 mm Durchmesser zusammengezogen und blieben weiterhin unbeweglich liegen.

Ueber die Bewegungen der Oscillarien und Diatomeen.

Von

Th. W. Engelmann.

Unter den Hypothesen, welche man zur Erklärung der so höchst auffälligen gleitenden und kriechenden Ortsbewegungen der Oscillarien und Diatomeen bisher aufgestellt hat, ist ohne Zweifel die von Max Schultze¹⁾ die einzige, welche wirklich gut begründet heissen darf. Nach ihr werden jene Ortsveränderungen hervorgerufen durch Bewegungen kontraktilen Protoplasmas, welches auf der Aussenfläche der festen Zellhüllen hinzieht.

Die Thatsachen, auf welche Schultze seine Hypothese, zunächst für die Diatomeen, stützt, sind hauptsächlich folgende.

1) Max Schultze, Ueber die Bewegung der Diatomeen. Archiv für mikrosk. Anat. I. 1865. S. 376—402. Taf. XXIII.