© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ueber den Einfluss des rothen und blauen Lichtes auf die Strömung des Protoplasma in den Brennhaaren von Urtica und den Staubfadenhaaren der Tradescantia virginica.

Von Dr. Chr. Luerssen.

(Hierzu Tafel I und II).

Ueber die Wirkung des farbigen Lichtes auf Protoplasmabewegungen in Pflanzenzellen lagen bis zum Herbste 1867 keine Beobachtungen vor. Alle Untersuchungen bezogen sich entweder auf die Massenbewegungen freier Plasmagebilde unter dem Einfluss des farbigen oder weissen Lichtes (Treviranus, Thuret, Nägeli, Cohn, Famintzin), oder auf die Einwirkung des weissen Tageslichtes auf die Plasmaströmungen in den Zellen. Die einzige hierauf bezügliche Stelle in Hofmeister's Handbuch der physiol. Botanik (I, pag. 49) berücksichtigt nur das Letztere und lautet:

„Vom Einfluss des Lichtes ist die Geschwindigkeit der Protoplasmabewegung nicht merklich abhängig. Ihre Beschleunigung erfolgt in Haaren von Cucurbitaceen und von Tradescantia ganz in der gleichen Weise, mögen dieselben im Tageslichte oder im Dunkeln erwärmt werden."

„Ich sah sie in vollkommener Dunkelheit (nachdem ich Tradescantia vier Tage im völlig dunkeln Raume hatte stehen lassen) in dem Oeffnen nahen Knospen ebenso im Gange, wie in solchen, die unter freiem Himmel sich entwickelt hatten. Tradescantiahaare, die dreissig Stunden lang im dunkeln Raume gelegen hatten, zeigten die Strömung in noch unveränderter Geschwindigkeit. Nur bei sehr lange dauernder Lichtentziehung erlischt die Protoplasmaströmung mit der Vegetation der Pflanze überhaupt, bei Chara nach 23 Tagen."

So weit Hofmeister.

Erst im Herbste 1867 erschien die erste und, so viel ich weiss, bis jetzt einzige Arbeit auf dem oben bezeichneten Gebiete von El. Borščow, Privatdocenten in Kiew, betitelt: „Wirkung des rothen und blauen Lichtstrahles auf das bewegliche Plasma der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Brennhaare von Urtica urens.“ [1]) Die erhaltenen Resultate fasst Borščow selbst am Schlusse seiner Arbeit mit folgenden Sätzen zusammen: [2])

„1) Eine anhaltende Wirkung des rothen Strahles auf das Zellenplasma der Brennhaare von Urtica urens erzeugt in demselben eine tief eingreifende Störung der Molecularstructur, deren erstes Kennzeichen eine Verlangsamung der Bewegung und das Endresultat eine vollständige Desorganisation der Plasmamasse und ein Absterben der Zelle ist.“

„2) Der Grundcharakter der dabei stattfindenden Molecularmetamorphose besteht, wie es scheint, in einer bedeutenden Verdichtung der ganzen Plasmamasse, in dem Uebergange ihrer Molecüle aus dem labilen Gleichgewichtszustande in einen stabilen der Bewegung; Bildung von Kugeln und Vacuolen sind die äusseren Symptome einer derartigen Veränderung.“

„3) Die Geschwindigkeit, mit welcher im Zellenplasma alle stattfindenden Veränderungen auf einander folgen, scheint, ceteris paribus, hauptsächlich vom Alter der Zelle abhängig zu sein.“

„4) Sämmtliche, durch die Einwirkung des rothen Strahles in dem Zellenplasma hervorgerufenen Erscheinungen sind denen bei der Wirkung inducirter electrischer Ströme auftretenden sehr ähnlich.“

„5) Gleich den freien Plasmagebilden, wie Euglena, Diselmis, vielen Zoosporen und Antherozoiden, scheint auch das Zellenplasma sich der Einwirkung des rothen Strahles zu entziehen.“

„6) Dagegen strömt es den blauen Strahlen, welche die Bewegung und die Molecularanordnung desselben nicht beeinträchtigen, entgegen, und es ist also die Wirkung dieser Strahlen auf das Zellenplasma eine in ähnlicher Weise anziehende, wie auf freie, bewegliche Plasmamassen.“

„7) Die vorhergehende Beleuchtung mit blauen Strahlen schützt zwar das Zellenplasma gegen die nachfolgende, plötzlich eintretende Wirkung des grellen, gemischten Lichtes, ist aber nicht im Stande, die zerstörende Wirkung der nachfolgenden Beleuchtung mit rothen Strahlen zu hindern.“

Da diese Versuche schon an und für sich viel Interesse erregen, so übernahm ich gerne auf Veranlassung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Pringsheim, im pflanzenphysiologischen Laboratorium zu Jena eine Revision der Untersuchungen, die im Allgemeinen zu den von Borščow gewonnenen Resultaten führte, aber auf noch andere Arten derselben Gattung, sowie auf Tradescantia virginica ausgedehnt wurde, und noch einige andere, von Borščow nicht beobachtete Erscheinungen ergab. Im Wesentlichen wurde dabei die Methode der Untersuchung von Borščow befolgt, zu der ich noch Folgendes bemerken will.

---

[1]) Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'acad. imp. des sciences de St. Pétersbourg. Tome VI. pag. 312.

[2]) a. a. O. pag. 329.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Um die Verletzung der Brennhaare von Urtica zu verhüten, wurde ein Stück Epidermis mit einer genügenden Anzahl von Haaren vorsichtig von dem betreffenden Pflanzentheile abgezogen und in einen grossen Tropfen Wasser gebracht. Das Auflegen des Deckglases muss vorsichtig geschehen, damit nicht etwa durch zu starken Druck das Endknöpfchen des Haares abbricht oder sonstige Störungen eintreten. Zwischen abgestorbenen und verletzten Haare fanden sich auf dem in dieser Weise behandelten Epidermisstückchen stets noch einige Haare mit Plasmaströmung, von denen wieder das beste Exemplar für den anzustellenden Versuch verwendet wurde. Eine geringe mechanische Erschütterung schadet hierbei, wie Borščow ebenfalls beobachtete, [1]) nicht; die Strömung des Protoplasmas wird durch dieselbe in keiner Weise gestört. — Bei Tradescantia wurde aus einem Staubfaden vorsichtig eine Lamelle mit den daran sitzenden Haaren quer herausgeschnitten.

In Bezug auf das zum Präparate verwendete Wasser kann ich Borščow völlig darin beistimmen, dass destillirtes Wasser „die Bewegungen des Zellenplasmas durchaus nicht beeinträchtigt, vorausgesetzt, dass es lufthaltig ist und seine Temperatur in denjenigen Grenzen liegt, innerhalb welcher das Protoplasma überhaupt nicht afficirt wird.“ [2]) Die Temperatur des Wassers schwankte während der ganzen Versuchszeit vom 8. Mai bis 10. Juli 1868 zwischen + 18° und 24° Cels., während die Zimmertemperatur in derselben Zeit + $19_{,75}$ bis 26° Cels. betrug.

Damit nun das Präparat vor dem Austrocknen geschützt blieb und doch das fortwährende Zusetzen von neuen Wassertropfen vermieden wurde, bediente ich mich des mit Wasser füllbaren Objectträgers von H. L. Smith. [3]) Derselbe scheint, trotz seiner grossen Bequemlichkeit und ausgezeichneten Brauchbarkeit noch nicht so bekannt zu sein, wie er es verdient; ich gebe daher noch eine kurze Beschreibung, sowie eine Abbildung desselben. Auf eine quadratische oder rectanguläre Platte von reinem, weissem, nicht zu dickem Glase, deren Grösse sich nach derjenigen des Objecttisches richtet, kittet man mittelst Canadabalsam oder Asphaltlack vier schmale Glasleistchen am Rande wasserdicht auf, so dass ein niedriger Glastrog entsteht. Dieser wird durch eine aufgekittete zweite, dünne Glasplatte, an welcher die eine Ecke kurz abgestutzt und die dieser diagonal gegenüberliegende Ecke durchbohrt ist, geschlossen. Der so erhaltene Objecträger (Fig. 4) wird von der offenen Ecke (Fig. 4 a) aus mittelst eines Glasrohres mit Wasser gefüllt, ohne dass Luftblasen im Innern bleiben, zu welchem Zwecke man bei der Füllung den Objectträger etwas geneigt hält. Das Präparat wird in die Nähe des Loches b (Fig. 4) wie gewöhnlich in einen Tropfen Wasser ge-

---

[1]) a. a. O. pag. 313.

[2]) a. a. O. pag. 314.

[3]) H. L. Smith in Sillimann's American Journal of science and arts. Vol. XI, Septemb. 1865, pag. 241. Vergleiche auch Max Schultze's Archiv für mikrosk. Anatomie, Bd. II, pag 160.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

legt und nun mit einem etwas grösseren Deckglase (Fig. 4 c) so bedeckt, dass die Oeffnung in der oberen Platte des Objectträgers (Fig. 4 b) unter die eine Ecke des Deckglases zu liegen kommt. Dadurch tritt das Wasser in dem Objectträger mit demjenigen unter dem Deckglase in Communication (wobei darauf zu achten ist, dass eine etwa in der Durchbohrung bleibende Luftblase jedenfalls entfernt wird), und das am Rande des Deckglases verdunstende Wasser wird nun continuirlich durch aus dem Objectträger aufsteigendes Wasser ersetzt, so lange, bis die in Folge der Verdunstung des Wassers durch a in den Objectträger dringende grosse Luftblase die Durchbohrung der oberen Glasplatte erreicht. Um dieses recht lange zu verzögern, macht man den Objectträger thunlichst gross und bringt die Durchbohrung der oberen Platte möglichst weit in die äusserste Ecke, in weiteste Entfernung von dem Ausschnitt a, da das hinter b befindliche Wasser keinen Einfluss auf die längere Erhaltung des Präparates hat. Objectträger von 40 mm. im Quadrat konnte ich über 48 Stunden bei ziemlicher Zimmerwärme frei liegen lassen, ehe das Präparat einzutrocknen begann; in der später zu beschreibenden Dunkelkammer wurde, der geringen Verdunstung wegen, diese Zeit bedeutend verlängert. Auch kann man noch die Verdunstung dadurch verzögern, dass man nach der Füllung des Objectträgers die von der oberen Platte abgeschnittene Ecke wieder — jedoch nicht hermetisch anpassend — auflegt.

Zur Herstellung des dunkeln Raumes, in den nur die bestimmte Lichtsorte zum Präparate zugelassen wird, wurde anfänglich der von Borščow vorgeschlagene Apparat verwendet. Wenn das betreffende Präparat auf dem Objecttische des Mikroskopes festgeklammert worden war (wobei man auf genaue Lage im Gesichtsfelde zu achten hat), wurde auf den letzteren ein lichtdichter, innen geschwärzter Kasten aus Pappe, mit schwarzem, glanzlosem Callico überzogen, gestellt. Die Ränder dieses Kastens umschlossen fest den Rand des Objecttisches, mittelst eines Falzes über diesen nach unten weggreifend, und auch der Tubus des Mikroskopes bewegte sich lichtdicht durch die mit Sammet ausgelegte kreisrunde Oeffnung in der oberen Decke des unten offenen Kastens. Nachdem dieser kleine Kasten über das Präparat gestellt worden war, wurde das Mikroskop — ohne den Tubus — in einen grösseren schwarzen Kasten mit grosser seitlicher Thür gestellt und nun erst der Tubus durch eine kreisrunde, ebenfalls mit Sammet ausgelegte Oeffnung in der Decke des grossen Kastens eingeschoben, durch das Tubusrohr des Stativs hindurch in den kleineren Kasten hinein, und nun das zu beobachtende Haar scharf eingestellt. Darauf wurde die Thür des Kastens verschlossen und vor einen in der Höhe des Spiegels in der Vorderwand des Kastens angebrachten quadratischen Ausschnitt die die farbigen Flüssigkeiten enthaltenden Apparate gestellt. Diese bestanden in gewöhnlichen vierseitigen Flaschen von etwa 3 Centimeter kleinerem senkrechten Durchmesser, welche in aussen und inwendig geschwärzten Kästen so steckten, dass das Licht durch eine genügend grosse Durch-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

brechung der Vorder- und Hinterwand derselben durch die far bige Lösung hindurch auf den Spiegel fallen konnte, ohne dass fremdes (weisses) Licht in den Apparat gelangte. Zu diesem Zwecke griffen auch ein paar seitliche schwarze Leisten der Kästen lichtdicht über die Seitenwände des grösseren Mikroskopkastens. Die Apparate waren so genau gearbeitet, dass das weisse Tageslicht völlig ausgeschlossen wurde. Eine kleine, gut eingepasste Klappe in der Höhe der Mikrometerschraube ermöglichte von Zeit zu Zeit die genaue Einstellung des Objectes.

Dieser, mit einigen Abweichungen nach den Angaben Borščow's[1]) construirte Apparat ist in den Fällen, in denen die zu beobachtende Haarzelle keinen grösseren Raum einnimmt, als das Gesichtsfeld des Mikroskops (wie z. B. bei den Zellen der Staubfadenhaare der Tradescantia virginica bei nicht zu starker Vergrösserung), sehr gut brauchbar. In solchen Fällen jedoch, wo, wie gerade bei Urtica, und namentlich bei starken Vergrösserungen, nur ein kleines Stück der Haarzelle auf einmal übersehen wird, ist derselbe nicht anwendbar oder doch unpraktisch und unsicher. Zwar giebt Borščow an[2]), dass er das Präparat vorsichtig hin- und herbewegt habe, so dass bald dieser, bald jener Theil des Haares beleuchtet wurde, indessen ist dieses ohne Oeffnung des Apparates für längere Zeit nicht wohl gut möglich und ein langes Eindringen weissen Lichtes dabei unvermeidlich, es sei denn, dass man die zweite Vorrichtung Borščow's anwende und das Mikroskop nur mit schwarzem Callico umwickele[3]). Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurde, hauptsächlich nach den Angaben von Professor Pringsheim, von Herrn Mechanikus Carl Zeiss in Jena ein Apparat[4]) construirt, den ich kurzweg als

Pringsheim's Dunkelkammer

bezeichnen will, und der alle Vorzüge einer sehr bequemen Handhabung, völligen Ausschluss weissen Lichtes, sichere Verschiebung des Objectes ohne Oeffnung des Apparates u. s. w. besitzt. Derselbe zeigt folgende Einrichtung (Taf. I, 1—4): Ein kreisrunder, innen überall geschwärzter Messingkasten (Fig. 1, A; Fig. 2. in der Ansicht von oben nach entferntem Deckel) von dem grössten Durchmesser des betreffenden Objecttisches besitzt einen lichtdicht in einem Falz liegenden Messingdeckel, der, genau centrirt, eine mittlere Oeffnung mit geschlitztem Cylinderaufsatz hat (Fig. 1), durch welchen der Tubus des Mikroskopes lichtdicht sich in den Kasten, wenn dieser auf dem Objecttische befestigt ist, einführen lässt. Sollte dieses durch die Messingfassung allein noch nicht

---

[1]) a. a. O. pag. 315.
[2]) a. a. O. pag. 322.
[3]) Borščow a. a. O. pag 316.
[4]) Herr Zeiss fertigt den Apparat in eleganter Ausstattung (ohne Etuis, doch mit solider Verpackung) für Stative von mittlerer Grösse zum Preise von 6 Thlr; für grössere Stative ist der Preis etwas höher. Das Mikroskop muss dabei eingesendet werden. Ebenso sind von Herrn Zeiss die oben beschriebenen füllbaren Objectträger zu einem geringen Preise zu beziehen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erreicht werden, so wird hier ein Kautschukverband angelegt. In seinem Boden besitzt der Messingkasten (die Dunkelkammer) eine mittlere Kreisöffnung (Fig. 2 d) von der Weite der Oeffnung im Objecttische, mit Schraubengewinde für die hier einzusetzenden Cylinder. Auf dem Boden der Dunkelkammer bewegt sich nun zwischen zwei Metallschienen (Fig. 2, a) ein Schlitten (Fig. 2. b.), der etwas höher ist, als die ihn leitenden Schienen, und welcher in der Mitte, über der Oeffnung im Objecttische und derjenigen im Boden der Dunkelkammer, einen langgezogenen Ausschnitt (Fig. 2 c) hat, ausserdem an seinem einen Ende eine starke Messingklammer (Fig. 2, k) zum Festhalten des Objectträgers besitzt. Die Bewegung dieses Schlittens geschieht nun in folgender Weise. Durch die Wand der Dunkelkammer geht von aussen her, durch ein Schraubengewinde geführt, eine Mikrometerschraube (Fig. 1 b; Fig. 2, m), die an den Schlitten stösst — nicht an ihm befestigt ist — und diesen bei einer Drehung nach rechts in der Richtung des Pfeiles bewegt, mit ihm das darauf befindliche Präparat. Bei einer Rückwärtsbewegung der Mikrometerschraube nach Links drücken dann zwei starke Metallfedern (f in Fig. 2), die bei g an den Wänden der Kammer befestigt sind, den Schlitten langsam nach entgegengesetzter Richtung. Der Spielraum der Verschiebung betrug bei dem angewendeten Apparate jederseits über den Rand der Oeffnung im Objecttisch (d) hinaus 12 mm., mehr als genügend für die betreffenden Untersuchungen. Wird nun das zu beobachtende Haar in die Mitte des Gesichtsfeldes und zugleich in die Längsachse der Oeffnungen c und d gelegt, was durch Drehen der Objectplatte, so lange der Deckel der Dunkelkammer noch nicht aufgelegt ist, leicht erreicht wird, so ist eine Uebersicht des Objectes in allen seinen Theilen beim Drehen der Mikrometerschraube möglich. Für andere, breitere Objecte, wie die Haarzellen der Nesseln, dürfte sich eine doppelte Schlittenverschiebung durch zwei Mikrometerschrauben, wie sie den grösseren Instrumenten von Schiek beigegeben ist, empfehlen.

In diese Dunkelkammer wird nun das gewünschte Licht auf folgende Weise eingeführt. Ist die Dunkelkammer auf den Objecttisch des Mikroskopes gesetzt, so wird von unten her durch die Oeffnung des letzteren hindurch in das Schraubengewinde der Oeffnung d der kurze starke Cylinder A (Fig. 3) mit dem Gewinde a eingeschranbt. Dieser erhält die Dunkelkammer in richtiger Lage und ermöglicht gleichzeitig eine Drehung derselben auf dem Objecttische ohne Verschiebung. In den Cylinder A wird ein kleinerer Cylinder B, Fig. 3, (in Fig. 3 B. besonders dargestellt) mit geschlitztem Mantel eingeschraubt, bestimmt, die Röhren mit den gefärbten Flüssigkeiten aufzunehmen und festzuhalten. Die letzteren sind starke Glasröhren, $2^1/_2$ Centimeter lang, und in einen kurzen Messingcylinder (Fig. 1, c; Fig. 3 C) so eingekittet, dass am oberen Ende der Messingcylinder mit seinem Rande den Glascylinder um so viel überragt, als die später aufzulegende, verschliessende Glasscheibe dick ist, am unteren Ende aber beide

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gleich hoch abgeschnitten sind. Der Glascylinder wird unten verschlossen durch eine starke Scheibe aus Spiegelglas, die mittelst der Schraube b (in Fig. 3 c) fest gegen den geschliffenen Rand des Glascylinders gepresst wird. Vorher wird der Rand der Scheibe und des Glascylinders, sowie das Schraubengewinde, etwas mit reinem Talg bestrichen, damit auch jedes Durchdringen von Flüssigkeit vermieden wird. Ist der untere Verschluss fertig, so wird der Cylinder bis oben hin mit der anzuwendenden Flüssigkeit gefüllt und nun auch oben durch eine einfach in den von Glas- und Messingcylinder gebildeten Falz gelegte starke Spiegelscheibe geschlossen, wobei eine bleibende kleine Luftblase nicht stört.

Der gefüllte Cylinder wird dann, wenn Alles zusammengesetzt und vorbereitet ist, zuletzt in den Cylinder B eingeschoben und durch die etwas federnden Mantelstücke desselben festgehalten. Der Spiegel des Mikroskopes wirft nun in die Dunkelkammer und auf das zu beobachtende Object nur die von den farbigen Lösungen durchgelassenen Strahlen des Spectrums. Der Bequemlichkeit und schnelleren Anwendung halber muss man zu den hier vorliegenden Versuchen zwei der Glascylinder Fig. 3 C haben, von denen der eine stets mit der rothen, der andere mit der blauen Lösung gefüllt ist, und die abwechselnd, je nach der Art des Versuches, in den Apparat eingeschoben werden.

Für die Erzeugung des rothen Lichtes wurde, wie bei den Versuchen von Borščow [1]), eine concentrirte Lösung von doppelt chromsaurem Kali verwendet, die ausser dem Roth aber noch Orange, Gelb und einen Theil des Grün durchlässt. Die blauen Strahlen wurden hervorgerufen durch Kupferoxyd-Ammoniak [2]), durch welches ausser Blau noch Violett und ein kleiner Theil des anliegenden Grün durchgehen. Die beiden Lösungen ergänzen sich demnach durch die durchgelassenen Strahlen so zum Spectrum, dass von diesem nur der mittlere Theil des Grün fehlt, beim doppelt chromsauren Kali demnach die minder brechbare, beim Kupferoxyd-Ammoniak die stärker brechbare Hälfte des Spectrums wirkt. Bei der Beobachtung im blauen Lichte muss man freilich zeitweise, um genau sehen zu können, für einen Augenblick den Flüssigkeitscylinder entfernen, da das blaue Licht alle Contouren verwischt, während im rothen Lichte bei nicht zu trüber Beleuchtung das Object noch sehr deutlich hervortritt.

Alle Beobachtungen ohne Ausnahme wurden an einem frei nach Norden gelegenen Fenster angestellt, theils mit Hartnack System IX, Ocular 2 und 3, theils mit Gundlach V 3, theils mit Zeiss F und Ocular 1 von Bénèche und Wasserlein (oder auch in Combination mit Gundlach's oder Hartnack's Ocularen 3, wodurch sehr gute, starke Vergrösserungen erzielt wurden).

---

[1]) a. a. O. pag. 317.

[2]) Gewonnen durch Uebergiessen von gereinigten Kupferfeilspänen mit concentrirtem Ammoniak und Stehenlassen der Flüssigkeit bis zur tief blauen Lösung, unter häufigem Umschütteln bei Luftzutritt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gehen wir nun zu den Strömungserscheinungen des Protoplasma, wie sie uns im weissen (Tageslichte), rothen und blauen Lichte entgegentreten, über. In den Brennhaaren verschiedener Urtica-Species [1]) findet, wie überall angegeben wird, die Strömung des Plasmas nur statt in der dickeren Körnerschicht des Wandbeleges, dem Endoplasma Borščow's, während die dünne, hyaline, körnchenlose Hautschicht, das Exoplasma Borščow's, unbeweglich der Membran der Haarzelle anliegt. In Bezug auf die Art der Bewegung des Plasmas von Urtica verweise ich auf die Darstellungen derselben von Borščow [2]), Max Schultze [3]), Brücke [4]), Hofmeister [5]) u. A. Ueber die Strömung des Protoplasmas in den Haarzellen der Staubfäden von Tradescantia siehe die Schilderungen von Hofmeister [6]), Kühne [7]) u. A.

I. Dauer der Plasmaströmung im weissen Lichte.

Ich untersuchte zunächst die Dauer der Protoplasmabewegung im weissen Tageslichte und bin hierbei zu folgenden Resultaten gelangt. Die längste Dauer zeigte unter den beobachteten Pflanzenarten Urtica dioica. Hier beobachtete ich in einem Falle die Strömung 12 Tage lang in grösster Lebhaftigkeit und selbst dann noch, als das betreffende Brennhaar von zufällig in dem Präparate erzeugten Pilzfäden ganz umschlungen war; am 12. Tage starb sie ziemlich plötzlich ab. In vier anderen Fällen dauerte die Strömung 127 Std. 20 Min., 99 Std., 30 Std. und 24 Stunden, und das Minimum der beobachteten Stromdauer betrug etwa 15 Stunden. Aus den angestellten sechs Versuchen berechnete sich die mittlere Stromdauer zu 97 Std. $13^1/_3$ Min. Dabei zeigte sich ein zweifacher Unterschied in der Stromgeschwindigkeit. Erstens fand einmal die Strömung lebhafter, wie in einer dünnflüssigen Substanz, statt (so besonders in den Haaren mit längerer Stromdauer — wohl einem jüngeren Stadium der Zelle entsprechend); ein andermal war die Bewegung viel ruhiger, und das Plasma zeigte sich zähflüssiger (so namentlich in den Haaren mit kürzerer Stromdauer — wohl einem höheren Alter entsprechend). Zweitens zeigte sich in der Strömungsgeschwindigkeit eine gewisse Periodicität, in der Art, dass die Schnelligkeit der Bewegung am frühen Morgen am geringsten, Mittags und Nachmittags am lebhaftesten war. Mehrere Male war die Strömung bei Urtica dioica Morgens — etwa um 7 Uhr — so schwach, dass sie kaum wahr-

---

[1]) Es wurden geprüft Urtica urens, U. dioica, U. cordata und U. canadensis.

[2]) a. a. O. pag. 318.

[3]) Max Schultze: Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863, pag. 51 ff.

[4]) Sitzungsberichte der Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. 44 und 46.

[5]) Handbuch der physiologischen Botanik, Bd. I, 1. Abtheil. pag. 59 ff.

[6]) a. a. O. pag. 36 ff.

[7]) Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864, pag. 92 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zunehmen war und ich einmal glaubte, dieselbe habe ganz und gar aufgehört. Durch die normale Anordnung des Protoplasmas veranlasst, liess ich indessen das Mikroskop mit dem Präparate stehen und beobachtete nun die allmählige Wiederkehr der Strömung, die dann am Mittage wieder in der früheren Raschheit stattfand.

Bei Urtica urens ist die Strömungsdauer des Plasmas eine weit geringere. Während bei Urtica dioica das beobachtete Maximum 288 Std., das Minimum 15 Std. betrug, war bei Urtica urens ersteres 46 Std. 45 Min., letzteres nur 7 Std. 45 Min., und dazwischen liegende Beobachtungen ergaben 29 Std. 45 Min., 25 Std. 15 Min., 24 Std. 50 Min., 24 Std., 15 Std. und 8 Std. 15 Min. Aus diesen neun Versuchen berechnet sich die mittlere Strömungsdauer zu 21 Std. 15 Min., also kaum als den vierten Theil derjenigen von Urtica dioica betragend.

Die abweichendsten Zahlen erhielt ich bei Tradescantia virginica, bei der ich indessen nur 4 Beobachtungen anstellen konnte. Diese ergaben für die Dauer der Strömung als Maximum 25 Std. 45 Min., als Minimum nur 25 Min. und dazwischen liegend 5 Std. 30 Min. und 1 Std. 55 Min. Dürfte ich allein hierauf fussen, so würde die mittlere Dauer der Strömung 8 Std. $23^3/_4$ Min. betragen; doch dürfte eine grössere Anzahl von Versuchen namentlich bei dieser Pflanze eine höhere Strömungsdauer ergeben, wie auch wohl die bei Urtica gegebenen Mittelzahlen durch eine längere Beobachtungsreihe etwas modificirt werden könnten.

Urtica canadensis und U. cordata habe ich im weissen Lichte bis jetzt nur einmal beobachtet; bei ersterer Art betrug die Dauer der Strömung keine 24 Std., bei letzterer nicht ganz 20 Stunden.

Ueber die gegebenen Verhältnisse im weissen Lichte möge man weiter die Tabelle IV. vergleichen.

II. Wirkung des rothen Lichtes.

A. Urtica.

Eine schädliche Einwirkung des rothen Lichtes auf die Plasmabewegung ist nach allen angestellten Untersuchungen unzweifelhaft. Setzt man ein Brennhaar von Urtica dioica oder U. urens der Beleuchtung mit rothen, intensiven Strahlen aus, so dass nur ein Theil desselben dauernd davon betroffen wird (etwa in dem Apparate von Borščow), so bemerkt man nach längerer oder kürzerer Zeit, die sich theils nach dem Alter der Zellen, theils aber auch nach anderen, mir noch nicht weiter bekannten Umständen zu richten scheint, eine Verlangsamung der Plasmabewegung, wobei gleichzeitig der protoplasmatische Wandbeleg in dem beleuchteten Theile des Haares allmählig dünner und dünner wird und das Plasma sich mehr in die ausserhalb des Gesichtsfeldes liegenden Theile des Haares zurückzieht. Das Protoplasma flieht offenbar vor den rothen Strahlen. In manchen Fällen ist der Wandbeleg von körnigem Plasma in dem beleuchteten Theile

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

des Haares nach längerer Einwirkung des rothen Lichtes so dünn, dass man scharf einstellen muss, um ihn als einen feinen körnigen Saum auf dem Exoplasma zu erkennen. Es wird dabei die Strömung immer langsamer; zuletzt findet gar kein Fliessen mehr statt, nur noch ein Hin- und Hertanzen der Körnchen, und schliesslich beginnt ein Verfall des Plasmas zu unregelmässigen Klumpen von schmutzigem, grobkörnigem Aussehen.

In anderen Fällen jedoch bleibt auch das Protoplasma in grösserer Menge im beleuchteten Theile. Es bildet dann, wie im weissen Tageslichte, verbindende Stränge und Brücken, die allmählich erstarren, dann noch eine Zeit lang erstarrt in normaler Anordnung verharren, endlich aber auch zerfallen. Die Zeit, innerhalb welcher dieses geschieht, fand ich sehr schwankend. In einem Falle beobachtete ich die Strömung in dem beleuchteten Theile des Haares (das Object wurde bei diesen ersten Versuchen nie verschoben, so dass immer nur die eine Stelle beleuchtet wurde) bei Urtica dioica während 10 Stunden 20 Min. in grosser Lebhaftigkeit, und erst nach 22 Std. 45 Min., vom Beginn der Einwirkung des rothen Lichtes an, begann das Plasma zu zerfallen. In einem anderen Falle dauerte unter denselben äusseren Verhältnissen bei derselben Art die Strömung 15 Std. 40 Min. Diese letztere Beobachtung begann 3 U. 20 M. Nachmittags; 4 U. 45 M. war die Strömung nur wenig schwächer und um 7 U. 45 M. am nächsten Morgen war noch Bewegung vorhanden, wenn auch nur äusserst schwach und rasch absterbend. Offenbar muss in diesem Falle der inzwischen eingetretenen Dunkelheit, die für sich die Strömung nicht stört, die Ursache der langen Erhaltung durch Unschädlichmachen des rothen Lichtes beigelegt werden. — Ein dritter Fall zeigte, ebenfalls bei Urtica dioica, 8 Stunden 50 Minuten Strömungsdauer; sonst betrug dieselbe in den meisten Versuchen nur 1—2 Stunden, selten über 3 Stunden, worüber die Tabellen II und IV. verglichen werden mögen.

Auch bei Urtica urens fanden solche Schwankungen in der Stromdauer im rothen Lichte statt. Die höchste beobachtete Dauer betrug, wenn stets nur dieselbe Stelle des Haares beleuchtet wurde, 8 Std. 45 Min., die niedrigste nur 40 Min., und zwischen diesen Extremen lagen die Beobachtungsresultate: 6 Std. 55 Min., 3 Std. 45 Min., 3 Std., 2 Std. 50 Min., 2 Std. 45 Min. und 2 Std. 30 Min. Es ist hierbei sehr auffallend, dass, grade entgegen den Beobachtungen im weissen Lichte, das rothe Licht auf das Zellenplasma von Urtica urens eine geringere Wirkung ausübt, wie auf dasjenige von Urtica dioica. Während, wie wir sahen, die mittlere Stromdauer im weissen Lichte bei Urtica dioica 97 Std. $13^1/_3$ Min., für Urtica urens 21 Std. 15 Min. betrug, berechnete ich die mittlere Stromdauer im rothen Lichte vorläufig für Urtica dioica auf 3 Std. $11^5/_{11}$ Min., für Urtica urens dagegen auf 3 Std. $53^3/_4$ Min. (siehe auch die Tabelle IV), ein Verhältniss, welches noch weitere Beobachtung und Prüfung verdient.

Ist durch das rothe Licht die Strömung des Plasmas einmal gestört worden, so findet bei nachfolgender Einwirkung von weissem

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

oder blauem Lichte keine Wiederbelebung statt; das Plasma zerfällt bei dieser Beleuchtung ebenso, wie bei fernerer Einwirkung des rothen Lichtes. Anders dagegen verhält sich die Sache, wenn durch die rothe Beleuchtung die Bewegung des Protoplasmas nicht ganz aufgehoben, sondern nur auf ein Minimum herabgedrückt wurde. Hier kann unter Umständen durch nachfolgende Einwirkung des weissen (vielleicht auch des blauen) Lichtes eine abermalige raschere Strömung herbeigeführt werden, wie sich dies mir an einigen Versuchen zeigte. In dem einen derselben begann die Beobachtung im rothen Lichte 8 U. 15 M; die Strömung war anfänglich sehr lebhaft, wurde aber nach und nach schwächer und war um 11 U. 30 M. — also nach 3 Std. 15 Min. — nur noch sehr schwach vorhanden. Nun liess ich weisses Licht einwirken und um 2 U. 30 M. Nachmittags (nach abermals 3 Stunden) war überall wieder die kräftigste Strömung in breiten, hie und da knotig verdickten Strängen vorhanden. Eine andere Beobachtung lieferte folgendes Protokoll:

15. Juni 1868.

Zimmertemperatur + 22°, Wasser + 19,5° Cels.
Blauer, sonniger Himmel.
Destillirtes Wasser.
Zeiss F, 2 und 3.

Rothes Licht:

8 U. 25 M.	In einem unverletzten Brennhaare von der Spitze des Stengels der Urtica urens lebhafte Strömung.
9 „ 0 „	Strömung bedeutend schwächer; im beleuchteten mittleren Theile des Haares die Masse des Plasmas vermindert.
9 „ 10 „	Bewegung sehr schwach; Plasma sich immer mehr zurückziehend.
9 „ 25 „	Bewegung an der sehr dünnen zurückgebliebenen Plasmaschicht kaum wahrnehmbar.

Weisses Licht:

9 „ 45 „	Plasma aus den Enden des Haares zurückkehrend; langsame Strömung.
1 „ 0 „	Plasmaschicht stärker; Strömung ziemlich lebhaft.
2 „ 45 „	Dasselbe Stadium.

In der nun zum zweiten Male erfolgenden rothen Beleuchtung erhielt sich die Strömung in ziemlicher Lebhaftigkeit bis Abends 5 Uhr. Am anderen Morgen 7 U. 30 M. war das Protoplasma im Zerfallen begriffen.

Bei den bis jetzt besprochenen Erscheinungen der Verlangsamung der Protoplasmabewegung war das Object nur an einer Stelle der steten Beleuchtung und Einwirkung der rothen Lichtstrahlen ausgesetzt. Ganz anders verhält sich aber die Sache, wenn das Präparat in der oben beschriebenen Pringsheim'schen Dunkelkammer in allen seinen Theilen abwechselnd und wo

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

möglich regelmässig der rothen Beleuchtung unterliegt. Zwar tritt hier, wie dort, auch zunächst eine Verlangsamung der Strömung ein; dabei kommen aber andere eigenthümliche Erscheinungen zu Gesichte, die in einer durchgreifenden Molecularstörung im Plasma ihren Grund haben. Es folgt hier zunächst das ausführliche Protokoll eines Versuches mit Urtica dioica, bei dem das Haar in allen seinen Theilen abwechselnd in Zwischenräumen von 10—15 Min. der Wirkung des rothen Lichtes ausgesetzt wurde.

3. Juli 1868.

Zimmertemperatur + 20°, Wasser + 18° Cels.
Blauer, stark weiss bewölkter Nordhimmel; grelle Beleuchtung.
Destillirtes Wasser.
Zeiss F mit Bénèche's Ocular 1 (und Hartnack's Ocularen 3 und 4).
Haar vom Blattstiele eines mittleren Stengelblattes einer grossen blühenden Pflanze.

Rothes Licht:

8 U. 20 M. Morgens. Das Protoplasma bildet einen dicken Wandbeleg, der sich in rasch fliessender Bewegung befindet und dabei hie und da allmählig, oder auch schneller, starke und breite Anhäufungen bildet, die oft fast halbkugelig oder auch unregelmässig (maulbeerförmig) bis etwa an die Längsachse des Haares oder gar über diese hinaus in das Zellenlumen vorragen und nach einiger Zeit langsam wieder abfliessen. Im Basaltheile des Haares befinden sich einige kleine Vacuolen.

8 „ 40 „ Die Vacuolen dringen weiter vor; einige Vacuolen haben sich auch in dem dicken Wandbelege gebildet, der in seiner Strömung noch die gleiche Schnelligkeit zeigt.

8 „ 55 „ Im Wandbelege haben sich an einzelnen Stellen zwischen Haut- und Körnerschicht (Exo- und Endoplasma Borščow's) des Plasmas zahlreiche kleinere Vacuolen gebildet, die beide Schichten des Plasmas an diesen Stellen von einander trennen und die Körnerschicht gegen die Mitte der Zelle emporwölben. Die Strömung ist bedeutend langsamer geworden.

9 „ 3 „ Im Plasma findet nur noch Körnchenbewegung statt. Die Vacuolen im Basaltheile des Haares sind theilweise zu grösseren in einander geflossen; es bildet sich hier ein netziger dünner Wandbeleg aus ruhendem Plasma.

43 Minuten.

9 U. 8 M. Protoplasma vollkommen starr; die Vacuolen mehren sich in allen Theilen des Haares.

48 Minuten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

9 U. 20 M. Dasselbe Stadium. Endoplasma sich stets mehr von der Hautschicht abhebend.
9 „ 35 „ Dasselbe Stadium.
10 „ 0 „ Das Protoplasma fällt in der Längsachse des Haares zu mehreren grobkörnigen Klumpen zusammen, die durch dicke Plasmastränge mit einander verbunden sind. Zwischen der Hautschicht und den Einschnürungen dieser Klumpen liegen zahlreiche Vacuolen, von einander durch äusserst dünne Plasmaplatten getrennt. Siehe die Fig. 6, welche das mittlere Stück des Haares darstellt.
11 „ 5 „ Plasma noch mehr zusammengezogen, nur im unteren Theile des Haares, während der obere Theil ganz und gar mit ähnlichen Vacuolen erfüllt ist, wie sie um die Einschnürungen des Plasmas liegen.
2 „ 30 „ Die Vacuolen sind bis auf einige kleine verschwunden. Die Hauptmasse des Protoplasmas liegt im unteren Theile des Haares als ein lang gezogener, sehr unregelmässiger, grobmassiger Klumpen; ein kleiner Theil, von den zwischen den früheren Vacuolen gelegenen sehr dünnen Plasmaschichten herrührend, liegt, noch einige kleine Vacuolen einschliessend, wie ein dünnwandiges, lang gezogenes Ellipsoid über dem mittleren Theile des Zellenlumens, nicht ganz bis in die Spitze hineinragend.

6 Stunden 10 Minuten.

Solche regelmässige Einschnürungen, wie sie Borščow [1]) abbildet, habe ich nicht gesehen; doch zweifele ich nicht im mindesten daran, dass auch diese vorkommen. Dagegen beobachtete ich noch eine andere Reihe von Erscheinungen, die Borščow nicht erwähnt. Es möge hier zunächst das Protocoll des einen Versuches und dann eine ausführliche Besprechung desselben folgen.

1. Juli 1868 (Urtica dioica).

Zimmertemperatur + 20°, Wasser 19° Cels.
Bedeckter Himmel.
Destillirtes Wasser.
Zeiss, F., Bénèche Ocular 1 (und Gundlach's und Hartnack's Oculare 3.)
Haar an allen Stellen abwechselnd gleichmässig beleuchtet.

Rothes Licht.

3 U. 10 M. Nachmittags. In einem Brennhaare vom Blattstiele eines mittleren Stengelblattes (grosse, blühende Pflanze) lebhafte Strömung in wandständigen und axilen Strängen.
3 „ 30 „ Strömung langsamer, doch normal.
3 „ 35 „ Strömung bedeutend verlangsamt.

[1]) a. a. O. pag. 323.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

3 U. 55 M. Strömung sehr langsam, doch in normaler Anordnung.
4 „ 50 „ Dasselbe Stadium.

2. Juli.

7 „ 30 „ Morgens. Körnchen noch in wimmelnder Bewegung, aber Plasma nicht mehr fliessend. Im Basalttheile haben sich viele kugelige und lang gezogene Vacuolen gebildet, dicht neben einander liegend, aber wenig in den freien Haarraum hineinragend. Der Wandbeleg im mittleren Theile ist normal, der Wand dicht anliegend, mit unregelmässig welliger Oberfläche. Im

weissen Lichte

trat bis 9 U. 40 M. keine Strömung ein, doch hatten sich um

9 „ 10 „ die Vacuolen vermehrt; an einer Stelle sind Vorsprünge des protoplasmatischen Wandbeleges in das Lumen der Zelle vorgetreten, die sich hier manchmal keulig verdicken. Es wurde nun wieder mit

rothem Lichte

beleuchtet.

9 „ 40 „ Die Vacuolen werden zahlreicher. Das Plasma beginnt sich zu verzweigen, indem sich vom Wandbelege aus dünne, das Lumen der Zelle nach allen Richtungen durchsetzende Plasmafäden bilden.

10 „ 0 „ Vacuolen immer zahlreicher, von der Basis des Haares aus vorrückend, kugelig, dicht neben einander gedrängt, durch äusserst schmale Plasmaschichten von einander getrennt; einzelne Vacuolen auch im mittleren Haartheile. (Fig. 5.)

11 „ 15 „ Die Plasmafäden mehren sich bedeutend; ebenso die Zahl der Vacuolen steigend.

12 „ 30 „ Fäden und Vacuolen sich fortwährend vermehrend.

2 „ 30 „ Die Zahl der Plasmafäden hat sich bedeutend vermehrt; die Fäden sind in Schwingungen gerathen.

3 „ 45 „ Die Schwingungen der Plasmastränge dauern fort; die Vacuolen haben sich ziemlich weit in den Basaltheil des Haares zurückgezogen, so dass im mittleren Theile nur sehr wenige vereinzelt liegen.

4 „ 40 „ An einer Stelle des Wandbeleges hat sich aus diesem ein dickerer, etwa bis ein Viertel in das Zelllumen vorragender Fortsatz — cylindrisch, mit abgerundetem Ende — gebildet, der hin- und herschwingt, etwa wie ein festgeklemmter elastischer Stab. An einer anderen Stelle findet sich ein ähnlicher, längerer, spindelförmiger Fortsatz ebenfalls schwingend. Einzelne kleine Plasmaklumpen von grösserer Dichtigkeit haben sich von der Hauptmasse abgelöst und liegen frei im mittleren Zellenraume.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

5 U. 30 M. Dasselbe Stadium.
7 „ 45 „ Morgens am 3. Juli. Die Vacuolen im Basaltheile des Haares sind weit weniger zahlreich vorhanden; die Plasmafäden schwingen nicht mehr; der Wandbeleg wird unregelmässig; das ganze Plasma ist grobmassiger und beginnt zu zerfallen.

Das eigenthümlichste Phänomen zeigen uns bei diesem Versuche die schwingenden Plasmafäden, welche im rothen Lichte mehrere Male, einmal auch im blauen Lichte, beobachtet wurden. Diese Fäden sind kreuz und quer, in allen Richtungen zur Längsachse des Haares, senkrecht bis fast parallel mit derselben, theils zwischen entgegengesetzten Punkten des dünnen protoplasmatischen Wandbeleges, theils auch unter sich ausgespannt. Sie sind von sehr geringer Dicke, manchmal an einigen Stellen etwas knotig angeschwollen, körnig, an einzelnen Stellen auch körnchenlos und stets ohne Bewegung der Körnchen. Auf dem Querschnitte — da, wo sie in dem dünnen Wandbelege haften — zeigen sich die Fäden wie glänzende, kreisförmige Scheibchen von sehr geringem Durchmesser. Sie finden sich namentlich zahlreich im mittleren Theile, doch auch in der Basis und Spitze des Haares, doch konnten sie in letzterer nicht so deutlich beobachtet werden.

Diese Fäden nun fanden sich in einer stetig schwingenden Bewegung, ohne dass eine äussere Erschütterung die Ursache derselben war und ohne dass sie dabei den Ort veränderten, obgleich durch die Schwingungen des ganzen Fadens und begünstigt durch die Nachgiebigkeit des plasmatischen Wandbeleges, in dem die Fäden gewissermassen wurzeln, auch das Ende eines jeden Fadens wie ein glänzendes Körnchen hin- und hertanzte, ohne seinen Ort dabei im Ganzen zu verändern. Die Schwingung der Fäden ist eine eigenthümlich schlängelnde, zu vergleichen mit der eines schlaffen Seiles, dessen eines Ende fixirt ist, während man das andere in der Hand hält und nun von hier aus dasselbe in Schwingung durch Schütteln mit der Hand versetzt: ein wellenförmiges Vor- und Rückschreiten der Schwingungsbogen.

Die Stärke der Schwingungen selbst ist eine ungleiche. Am lebhaftesten schwangen die senkrecht oder fast senkrecht zur Längsachse der Zelle gestellten Plasmafäden, weniger rasch die schräg verlaufenden, am schwächsten die mit der Längsachse parallelen Fäden, ein Umstand, der mit der meist von der Richtung der Fäden abhängenden Länge derselben in Verbindung gebracht werden kann und sich dann leicht erklärt. An einzelnen Stellen legte sich ein solcher Plasmafaden dicht an eine Vacuole, oder gar im Bogen ein Stück um diese herum (Fig. 7, c), und es wurde nun bei jeder Schwingung des Fadens entweder die Vacuole an der berührten Stelle abgeplattet, oder gar dieselbe mit in Schwingung versetzt.

Bei einem ähnlichen Versuche mit Urtica cordata bildeten sich diese schwingenden Plasmafäden ebenfalls, doch nicht in so grosser Anzahl, bedeutend kürzer und namentlich keine der Längs-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

achse parallele. Sie begannen bereits zu schwingen, nachdem sie noch nicht einmal den gegenüberliegenden Punkt des Wandbeleges erreicht hatten und verschwanden nach 15 Minuten wieder, um anderen Erscheinungen Platz zu machen.

Die hier geschilderten Vorgänge erinnern lebhaft an ähnliche, welche Brücke [1]) bei Anwendung von electrischen Strömen erhielt. Derselbe sagt: „Um die Wirkung der electrischen Ströme in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen, thut man am besten, den Kreis anfangs nur für einige Secunden zu schliessen, so dass das Haar eine kurze Reihe von Schlägen erhält. Die erste Veränderung, die man dann wahrnimmt, besteht in der Regel in dem Erscheinen einer grösseren oder geringeren Anzahl von Fäden, welche vom Zellenleibe aus in die Intracellularflüssigkeit hineinragen. Ich habe sie nicht immer, aber doch bei weitem in der Mehrzahl der Fälle gesehen, und da sie von wechselnder Dicke, oft äusserst dünn sind, so mögen sie sich doch wohl das eine oder andere Mal der Beobachtung entzogen haben. Manchmal sieht man sie wie Raketen aus dem Zellenleibe hervorschiessen, sobald man den Kreis des Electromotors schliesst. Sie haben oft eine beträchtliche Länge; ich habe deren solche beobachtet, die im gestreckten Zustande bis zur Axe in das Innere des Haares hineinragten. An ihrem Ende tragen sie eine grössere oder kleinere Anschwellung, und man sieht sie in einer fortwährenden, bald schwächeren, bald stärkeren zitternden oder schlängelnden Bewegung begriffen. Bisweilen sieht man neben den Fäden auch stärkere kolben- oder keulenartige Gebilde hervortreten.“

Max Schultze bestätigt diese Beobachtung, [2]) fügt aber hinzu: „Die zu diesen Versuchen nöthige Stärke des Stromes muss ziemlich nahe derjenigen liegen, welche das Protoplasma tödtet, doch ist unsere Erscheinung durchaus kein Zeichen des Todes, denn die Körnchenbewegung erhält sich und dauert nachher ungestört fort.“ In diesem letzten Punkte würden also die Erscheinungen im rothen Lichte von den beim electrischen Strome stattfindenden abweichen; wenigstens konnte ich keine deutliche Körnchenbewegung wahrnehmen.

Dieser Beobachtung wird dann von Max Schultze eine andere, ebenfalls an Urtica gemachte, hinzufügt [3]). Derselbe sagt: „Bei schneller Erwärmung auf 40° und darüber sah ich bei Urtica oft dieselben merkwürdigen Veränderungen des Protoplasma eintreten, wie sie Brücke durch starke Schläge des Electromotors erzeugte. Der glatte Contour, welchen das Protoplasma gegen die Intracellular-Flüssigkeit besitzt, verändert sich durch Hervortreibung von kugeligen, keulenförmigen und fadenartigen Fortsätzen, deren feinste oft eine schlängelnde oder wie tastende Bewegung zeigen. Bei der Abkühlung verschwinden sie allmählig wieder, doch pflegt die Bewegung der Körnchen nicht immer zu der ursprünglichen

---

[1]) a. a. O. Bd. 46, pag. 1, nach Max Schultze a. a. O. pag. 45.
[2]) a. a. O. pag, 45, Hofmeister a. a. O. pag. 58.
[3]) a. a. O. pag. 48, Hofmeister a. a. O. pag. 58.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schnelligkeit zurückzukehren." . . . . . „In anderen Fällen erstarren die Fäden in der Lage, die sie einnahmen und verharren noch lange in derselben, bis sie der allmählig um sich greifenden Auflösung des Plasma anheimfallen."

Die auffallende Aehnlichkeit aller drei Erscheinungen — der im rothen Lichte, unter Einwirkung electrischer Ströme und Einwirkung bedeutender Wärmegrade — ist somit nicht in Abrede zu stellen.

Auf eine andere Beobachtung am beweglichen Plasma von Urtica im rothen Lichte werde ich noch bei Besprechung der Wirkung des blauen Lichtes zurückkommen.

B. Tradescantia.

Werfen wir nun noch einen kurzen Blick auf die Veränderungen des Plasmas im rothen Lichte bei Tradescantia virginica, so ist auch hier ein schädliches Eingreifen des rothen Lichtes unverkennbar. Indessen treten bei den entsprechenden, gleichzeitig mit weissem, rothen und blauen Lichte angestellten Versuchen so viele Widersprüche zu Tage, dass ich vor der Hand noch nichts Entscheidendes zu behaupten vermag und nur einige beobachtete Thatsachen anführen will.

Bei drei zu gleicher Zeit begonnenen Beobachtungen fand in Zellen von äusserlich gleicher Beschaffenheit eine lebhafte Strömung statt, die im rothen Lichte in 2 Std. 15 Min., im blauen Lichte schon in 2 Std. 30 Min. erstarb, während sie im weissen Lichte noch nach 5 Std. 30 Min. in lebhaftester Weise stattfand. In zwei anderen gleichzeitigen Versuchen erstarb die Strömung im rothen Lichte erst nach 2 Std. 50 Min., während sie im weissen Lichte nur 1 Std. 55 Min. andauerte. Im Uebrigen vergleiche man die Zahlen der Tabellen III und IV.

Im Allgemeinen habe ich bei den Versuchen mit Tradescantia virginica gefunden, dass die kürzeren Endzellen der Haare länger die Bewegung des Plasmas zeigen, als die längeren, welche leichter der Zerstörung, auch durch Einwirkung des Wassers, ausgesetzt sind; doch kommen auch umgekehrte Fälle, wiewohl seltener, vor. Jedenfalls ist indess die Beobachtung in den kürzeren Haarzellen der intensiven violettblauen Zellflüssigkeit wegen eine etwas schwierigere. Sehr wahrscheinlich ist es mir, dass die blaue Zellflüssigkeit der Wirkung des rothen Lichtes eine Gegenwirkung entgegenstellt; indessen ist hierbei wiederum nicht zu begreifen, warum dann im blauen Lichte die Strömung nicht länger erhalten bleibt. Ich habe hier die Strömungsdauer, freilich nur nach sechs angestellten Beobachtungen, weit niedriger gefunden, als im rothen Lichte (siehe die Tabellen III und IV). Während bei rother Beleuchtung das Maximum als 22 Std. 45 Min. (fast so hoch, wie im weissen Lichte), das Minimum der Stromdauer gleich 25 Min. (so viel, wie im weissem Lichte), der Mittelwerth zu 4 Std. $48^1/_5$ Min. gefunden wurde, stellte sich bei blauer Beleuchtung das Maximum auf nur 6 Std. 5 Min., das Minimum auf 50 Min., die mittlere Stromdauer auf nur 3 Std. $16^2/_3$ Minuten. Die Versuche

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mit Tradescantia bedürfen daher noch weiterer Prüfung und sollen somit noch keineswegs als abgeschlossen und massgebend erklärt werden. Ich behalte mir weitere Mittheilungen in dieser Beziehung vor.

III. Wirkung des blauen Lichtes.

Die Wirkung des blauen Lichtes ist eine der des weissen Tageslichtes ähnliche, aber nicht so kräftige, daher eine dem rothen Lichte entgegengesetzte. In bei weiten den meisten Fällen findet die Strömung des Plasmas bei blauer Beleuchtung grade so regelmässig und in derselben Weise statt, wie im weissen Lichte, ja es scheint, wie auch Borščow angiebt [1]), dass sogar ein stärkeres Hinströmen in die beleuchteten Theile des Haares und ein mächtigeres Anhäufen daselbst stattfindet. Im Allgemeinen ist aber die Strömungsdauer im blauen Lichte keine so lange, wie im weissen. Während das Maximum der Stromdauer im weissen Lichte bei Urtica urens 46 Std. 45 Min., bei Urtica dioica 288 Std. betrug, war es im blauen Lichte bei ersterer Art nur 8 Std. 45 Min., bei letzterer nur 15 Std. 45 Min. Das Minimum dagegen war stets höher, als im rothen Lichte, bei Urtica urens 6 Std. 9 Min., bei Urtica dioica 8 Std., ist also bei beiden Arten weit geringer, als im weissen Lichte. Weiteres ergeben die Tabellen, besonders die Tabelle IV; doch sind auch hier in Betreff des blauen Lichtes noch weitere Untersuchungen vorzunehmen.

Sehr abweichend und mir bis jetzt unerklärlich, verhielt sich hier wieder die Tradescantia virginica, wie dies schon oben angedeutet wurde. Während das Maximum der Stromdauer bei dieser Pflanze im rothen Lichte 22 Std. 45 Min. betrug, fand ich dasselbe im blauen Lichte nur 6 Std. 5 Min., und die mittlere Stromdauer fand ich im rothen Lichte als 4 Std. $48^1/_5$ Min., im blauen dagegen als nur 3 Std. $16^2/_3$ Min., Verhältnisse, die mit den Beobachtungen an Urtica im Widerspruche stehen und noch einer weiteren Aufklärung bedürfen.

Wenn nun auch im Allgemeinen die Veränderungen im Plasma bei blauer Beleuchtung keine so durchgreifenden sind, wie im rothen Lichte, so finden doch auch hier manchmal ähnliche oder gar dieselben Erscheinungen statt. In dem einen Beobachtungsfalle, bei dem anfänglich das Protoplasma in lebhafter Strömung begriffen war, zerfiel dasselbe nach einer Beleuchtungszeit von 4 Std. 45 Min. im blauen Lichte in der unteren Hälfte des Haares zu einem zierlichen, fein-netzigen Wandbeleg, mit zahlreichen kleinen Vacuolen in diesem und grösseren Vacuolen in der Mitte des Zelllumens. In der Spitze des Haares dagegen, die die längste Zeit nicht der intensiven blauen Beleuchtung ausgesetzt gewesen war, war das Plasma zu unregelmässigen, grobkörnigen Massen zerfallen (Fig. 10).

---

[1]) a. a. O. pag. 328.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bei einem anderen Versuche traten dieselben schwingenden Plasmafäden auf, wie ich sie im rothen Lichte beobachtete (Fig. 7). Sie waren am stärksten im unteren Theile des Haares entwickelt, und gingen hier von einer wenig dichten, nicht genau in der Achse des Haares liegenden, unregelmässigen Protoplasmamasse (Fig. 7, x) nach allen Richtungen hin aus (Fig. 7, e), jedoch auch vom Wandbelege und hie und da Vacuolen (Fig. 7, v und c) zwischen sich aufweisend. An der einen Stelle der Wand fand sich eine stärkere Anhäufung von Plasma, die nach der Spitze des Haares zu allmählig verlief und der Hauptmasse nach aus feinkörnigem, starren, hie und da noch Körnchenbewegung zeigenden Protoplasma (Fig. 7, a) bestand. Ueber dieses erstreckte sich eine sehr dünne, ziemlich überall gleich starke, hellere, stark lichtbrechende Schicht (Fig. 7, p), in der ich keine Körnchen unterscheiden konnte, und auf dieser lagerte wieder eine etwas dunklere, ebenfalls körnchenlose, hie und da etwas angeschwollene Masse (Fig. 7, b). Ob diese Erscheinung vielleicht analog ist einer von Max Schultze beobachteten, wage ich nicht zu entscheiden, doch will ich die betreffende Stelle citiren. Dieselbe lautet [1]: „Dagegen beobachtete ich hier etwas, dessen auch Heidenhain Erwähnung thut, und was für eine Vergleichung der Protoplasmafäden der Pflanzenzellen mit den Pseudopodien der Rhizopoden von Wichtigkeit ist — die Fäden werden unter dem Einflusse eines stärkeren electrischen Stromes deutlich varikös. Die Erscheinung sieht aus, als wenn sich eine flüssigere Masse auf der Oberfläche des Fadens in einzelnen Tropfen ansammeln, gerade so, wie ich es von den Pseudopodien von Actinophrys und den Polythalamien beschrieben habe."

Es hatte sich ferner in demselben Haare, wie ich dieses in ähnlichen Fällen im rothen Lichte beobachtete, von der grösseren Masse des Protoplasmas ein kleiner, rundlicher Klumpen dichteren Plasmas (Fig. 7, d) abgelöst, der eine Anzahl dunkeler und heller (glänzender) Körnchen enthielt, von denen besonders die letzteren sich in tanzender Bewegung befanden, bei welcher die am Rande befindlichen manchmal den weichen Saum der Plasmamasse ein wenig nach aussen drückten. Dieser kleine Plasmaklumpen trieb, ohne sich von der Stelle zu bewegen, kurze, stumpf-kegelförmige Fortsätze in geringer Anzahl, nur einen oder zwei gleichzeitig, die sehr langsam erschienen, an Länge höchstens den halben Durchmesser des ganzen Klumpens erreichten und dann langsam wieder verschwanden. Während an einer Stelle ein solcher Fortsatz eingezogen wurde, trat oft an einer anderen ein neuer sehr langsam hervor, so dass ich in Zeit von etwa 2 Stunden die in Fig. 8, a—f gezeichneten Formen beobachtete. Solche Plasmaklumpen, die ganz den Eindruck einer kleinen Amoeba machten, lagen noch an mehreren anderen Stellen im Zelllumen (Fig. 9; a, b). — Als ich am anderen Morgen (die Beobachtung wurde am 2. Juli Nachmittags gemacht) wieder nachsah, fand ich die Plasma-

[1]) Max Schultze, a. a. O. pag. 45.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fäden noch in schwingender Bewegung (das Präparat war bis dahin stets dem blauen Lichte ausgesetzt gewesen), an Stelle des einen Plasmaklumpen d aber lagen vier andere, kleinere, amöbenartige Plasmaklumpen, ein grösserer und drei kleinere, zusammen etwa den Raum des vorigen Klumpens einnehmend: wahrscheinlich hatte also eine Theilung des Plasmaklumpens d stattgefunden.

Kühne [1]) beobachtete ähnliche, auch von Hofmeister [2]) citirte Erscheinungen bei Tradescantia, hervorgerufen durch starke Abkühlung des Protoplasmas. Kühne sagt darüber: „Legt man die abgeschnittenen Staubfadenhaare in einem Wassertropfen mit dem Objectträger auf eine Kältemischung von Eis und Kochsalz, so findet man nach dem Aufthauen alles Protoplasma zerstört, zu krümeligen, geronnenen Klumpen zerfallen, die sich rasch mit dem violetten Farbstoffe imbibiren und keine Neigung haben, wieder ein Netz von fliessendem Protoplasma zu bilden. Legt man dagegen die Haare in einen in die Kältemischung gesenkten dünnen Platintiegel, so dass sie auch ohne Wasserzusatz rasch gegen die Wände des Tiegels anfrieren, so erhält sich das Protoplasma länger als 5 Minuten in dieser Temperatur von — 14° Cels. lebend. Ich zog den Tiegel aus der Kältemischung heraus und brachte die Haare in Wasser unter das Mikroscop. Der Anblick, welcher sich mir darbot, war überaus merkwürdig, denn von dem Protoplasmanetze war keine Spur mehr zu sehen, sondern der violette Binnenraum der Zelle enthielt neben dem nackten Kerne eine grosse Anzahl gesonderter runder Tropfen und Klümpchen. Wenige Secunden später begann in diesen eine sehr lebhafte Bewegung, sie veränderten ihre Umrisse, zogen sich lang aus, und verkürzten sich wieder, und geriethen dabei in eine wirbelnde Tanzbewegung. Des Vergleichs halber könnte man diese Produkte vegetabilische Amoeben nennen, denn sie bewegten sich grade wie Amoeben, nur ausserordentlich viel geschwinder als jene. Schon nach wenigen Minuten begannen diese Körperchen zusammenzufliessen zu einzelnen grösseren Tropfen und indem sich diese wieder mit anderen Gruppen vereinigten, stellte sich in einem Zeitraume von ungefähr 10 Minuten das ursprüngliche Protoplasmanetz wieder her, das auch nach 24 Stunden noch lebhaft strömend gefunden wurde."

An einer anderen Stelle [3]) sagt derselbe Beobachter Folgendes: „Flüchtige Erwärmung der Zellen auf etwa 45° C. bringen Erscheinungen hervor, die den bei der Abkühlung entstehenden nicht ganz unähnlich sind. Nachdem ich ein Präparat mit festgekittetem Deckglase 2 Minuten in das auf 46° C. erwärmte Wasserbad eingesenkt hatte, fand ich die Strömung in den Zellen anfangs beschleunigt. Einige Minuten später, die während der ersten Beschauung vergangen waren, setzte ich das Präparat in Wasser von 45° C. und liess es 6 Minuten darin liegen. Alle Stromfäden

---

[1]) a. a. O. pag. 100.
[2]) a. a. O. pag. 54.
[3]) a. a. O. pag. 102. Hofmeister a. a. O. p. 58.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

waren jetzt sehr fein geworden, und die Strömung war ausserordentlich unregelmässig, so dass die in grosser Zahl an den Fäden haftenden grösseren Kugeln an diesen hin und her krochen, ohne, wie gewöhnlich, in das allgemeine Stromnetz eingeführt zu werden. Ferner erhielt die violette Flüssigkeit einzelne blasse Kugeln mit langsamer amoebenartiger Bewegung, und die dicht unter der Zellmembran befindliche Schicht feinzerstreuter Körnchen zeigte entweder vollständigen Stillstand oder ein an Molecularbewegung erinnerndes Verhalten." Kühne führt dann weiter an, dass nach 35 Minuten die Bewegung überall wieder lebhafter geworden sei und sich nach 8 Stunden das continuirliche Stromnetz auf's herrlichste wieder ausgebildet habe.

Eine dritte, von Sachs gemachte Beobachtung, wird aus der Flora 1864, pag. 67 von Hofmeister [1]) folgendermassen mitgetheilt: „In feuchter Luft allmählig bis auf + 50,5 ⁰ C. erwärmte und 10 Minuten lang in dieser Temperatur erhaltene Zweige von Cucurbita und von Solanum Lycopersicum zeigten bei sofortiger mikroskopischer Untersuchung ihrer Haare das Protoplasma in rascher Strömung; besonders bei Cucurbita war diese äusserst lebhaft. In einer Haarzelle löste sich ein Klumpen Protoplasma von dem Hauptstrange ab, rotirte rasch innerhalb des Zellsaftes, contrahirte sich wie eine Amöbe, nahm verschiedene Formen an und legte sich endlich an einen rasch fliessenden Protoplasmafaden, mit welchem der Klumpen langsam verschmolz."

Auch hier ist demnach eine Aehnlichkeit zwischen der Wirkung des rothen (und manchmal auch des blauen) Lichtes und der Wärme nicht zu verkennen.

IV. Resultate der Beobachtungen.

Fassen wir nun alle Beobachtungen kurz zusammen, so kommen wir zu folgenden Resultaten:

1.

Andauernde Einwirkung des rothen Lichtes auf das bewegliche Protoplasma hat eine durchgreifende Störung der Molecularstructur desselben zur Folge; das erste Kennzeichen dieser ist eine Verlangsamung der Strömung, das Endresultat eine völlige Zerstörung des Protoplasmas.

2.

Die Zeitdauer, innerhalb welcher die beschriebenen Vorgänge im Zellenplasma stattfinden, hängt vom Alter der Zelle, theilweise aber auch wohl von anderen noch unbekannten Umständen ab.

---

[1]) a. a. O. pag. 56.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

3.

Die durch die Einwirkung des rothen — theilweise auch des blauen — Lichtes hervorgerufenen Erscheinungen haben die grösste Aehnlichkeit mit den bei der Wirkung electrischer Ströme oder bedeutender Wärmedifferenz auftretenden.

4.

Das blaue Licht äusserst in den meisten Fällen eine dem weissen Tageslichte ähnliche, aber nie so kräftige, Wirkung.

5.

Ist durch das rothe Licht die Strömung des Protoplasmas total gestört, so tritt bei nachheriger Einwirkung weissen oder blauen Lichtes keine Bewegung wieder ein. Findet dagegen noch eine schwache Strömung statt, so kann unter Umständen durch weisses Licht eine Wiederherstellung der Bewegung erzielt werden.

V. Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1. Mikroskop von Benéchè und Wasserlein mit eingeschalteter Dunkelkammer. A. Die Dunkelkammer; b. deren Mikrometerschraube; c. Cylinder für die farbigen Lösungen.

Fig. 2. Grundriss der Dunkelkammer. Die Erklärung der Buchstaben siehe im Texte

Fig. 3, 3 B und 3 C. Die Cylinder der Dunkelkammer, bei 3 in ihrer natürlichen Zusammenstellung. 3 A der äussere Cylinder, der mit seinem Schraubengewinde (a) durch die Blendungsöffnung des Objecttisches durch in den Boden der Dunkelkammer eingeschroben wird (Fig. 1, c.) und welcher mittelst einer Schraube den zweiten Cylinder B (in Fig. 3 B besonders dargestellt) aufnimmt, der seinerseits wieder mit seinen federnden Mantelstücken den dritten, mit den farbigen Flüssigkeiten gefüllten Cylinder (C. Fig. 3 C) festhält. Das Uebrige siehe im Texte.

Fig. 4. Mit Wasser füllbarer Objectträger. Siehe Text.

Alle Figuren sind etwa auf halbe natürliche Grösse reducirt.

Tafel II.

Fig. 5. Basaltheil eines Brennhaares von Urtica dioica nach zwanzigstündiger Einwirkung des rothen Lichtes; a Klumpen dichteren Plasmas.

Fig. 6. Mittelstück eines solchen nach etwa anderthalbstündiger Einwirkung des rothen Lichtes.

Fig. 7. Mittelstück eines solchen nach einer Wirkung des blauen Lichtes von 3 Std. 15 Min. — a Masse von feinkörnigem Plasma. p eine stärker lichtbrechende, körnchenlose, darauflagernde

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schicht. b eine körnchenlose, dunklere, dritte Plasmaschicht. c schwingende Plasmafäden. v Vacuolen. c eine solche Vacuole, von einem Plasmafaden umschlungen und von diesem hin und her bewegt. d amöbenartiger Plasmaklumpen. x unregelmässige Protoplasmamasse. m Zellmembran des Haares.

Fig. 8, a—f. Der in Fig. 7 bei d liegende Plasmaklumpen zu verschiedenen Beobachtungszeiten.

Fig. 9. Ein ähnlicher Klumpen von einer anderen Stelle des Haares.

Fig. 10. Untere Hälfte eines Brennhaares von Urtica dioica nach vierständiger Beleuchtung mit blauem Lichte. vac Vacuolen.

Zum weiteren Verständniss der Figuren siehe den Text.

Sämmtliche Figuren wurden bei stärkerer Vergrösserung mit Hülfe des Prismas gezeichnet, später jedoch photographisch reducirt.

Jena und Bremen, Juli und October 1868.

Nro.	Rothes Licht. Dauer der Strömung.	Rothes Licht. Wirkung anderen Lichtes.	Blaues Licht. Dauer der Strömung.	Weisses Licht. Dauer der Strömung.	Bemerkungen.
1.	Nach 3 St. 15 Min. noch sehr schwache Strömung,	die durch weisses Licht nach abermals 3 St, wieder lebhaft wurde, dann aber schnell abnahm.			
2.	Nach 40 Min. nur noch starkes Schwanken der Körnchen.	Im weissen Lichte nach 30 M sehr schwache Strömung, nach 1 St 45 M. starr.			
3.	. . . . .	. . . . .	1 Std. 30 Min.	. . . . .	Höchst wahrscheinlich eine andere Störung eingetreten.
4.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	
5.	2 Std. 50 Min.	Weisses Licht ohne Wirkung.			
6.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Nach 5 Std 45 Min. nur sehr schwache Strömung.	
7.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Nach 29 Std. 45 Min. noch schwache Strömung.	nach 43 Std. 25 Min. das Plasma erst zerfallend.
8.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	
9.	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.		
10.	Nach 1 St. sehr schwache Strömung,	nach 5 St. 20 Min. im weissen Lichte wieder lebhaft			
11.	. . . . .	. . . . .	6 Std. 15 Min.		
12.	3 Std. 45 Min.	weisses Licht = 0.			
13.	2 Std. 30 Min.	weisses Licht = 0.			
14.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	Versuche gleichzeitig angestellt; Präparat in Brunnenwasser.
15.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	
16.	. . . . .	. . . . .	8 Std. 45 Min.	. . . . .	
17.	8 Std. 45 Min.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	
18.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	24 Std. 15 Min.	Gleichzeitig 22—25; Brunnenwasser.
19.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Kaum 15 Std.	
20.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	25 Std. 15 Min.	
21.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Kaum 15 Std.	
22.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 15 Std.	Gleichzeitig 18—21; destillirtes Wasser.
23.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	24 Std. 50 Min.	
24.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Kaum 15 Std.	
25.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	46 Std. 45 Min.	
26.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	8 Std. 25 Min.	. . . . . dasselbe Präparat } Brunnenwasser } Versuche gleichzeitig angestellt.
27.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	7 Std. 45 Min.	
28.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	24 Std. — Min.	
29.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	destillirtes Wasser . . . . . } Versuche gleichzeitig angestellt.
30.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	
31.	. . . . .	. . . . .	8 Std. 25 Min.	. . . . .	Gleichzeitig.
32.	6 Std. 55 Min.	weisses Licht = 0.	. . . . .	. . . . .	
33.	. . . . .	. . . . .	2 Std. 55 Min.	. . . . .	Gleichzeitig.
34.	2 Std. 45 Min.	weisses Licht = 0.	. . . . .	. . . . .	
35.	. . . . .	. . . . .	4 Std. 25 Min.	. . . . .	Gleichzeitig.
36.	3 Std. — Min.	blaues Licht = 0.	. . . . .	. . . . .	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle II. **Uebersicht der Versuche mit Urtica dioica L.**

Nro.	Rothes Licht. Dauer der Strömung.	Rothes Licht. Wirkung anderen Lichtes.	Blaues Licht. Dauer der Strömung.	Weisses Licht. Dauer der Strömung.	Bemerkungen.
0.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	288 Std.	Haare v. Stengel einer sehr jungen Pflanze.
				30 „	
				99 „	
1.	3 Std. 5 Min. . . .	weisses Licht = 0.			
2.	15 „ 40 „ . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Die Beobachtung dauerte nur 1 Std. 40 Min. Nachmittags; am anderen Morgen 7 Uh 45 Mt. fand noch sehr schwache Strömung statt, wohl begünstigt durch die dazwischen eingetretene Dunkelheit.
3.	3 „ 30 „				
4.	. . . . .	. . . . .	7 Std. 25 Min. . .		
5.	1 Std. 35 Min.. . .	weisses Licht = 0.			
6.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Kaum 23 Std.	
7.	. . . . .	. . . . .	4 Std. 45 Min. . .		
8.	1 Std. 25 Min.. . .	weisses Licht = 0.			
9.	. . . . .	. . . . .	15 Std. 45 Min. . .		
10.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Kaum 15 Std.	
11.	. . . . .	. . . . .	6 Std. 30 Min.		
12.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.	
13.	1 Std. 45 Min.. . .	weisses Licht = 0.			
14.	1 „ — „ . . .	blaues „ „ 0.			
15.	1 „ 43 „ . . .	weisses „ „ 0.			
16.	. . . . .	. . . . .	10 Std. 20 Min.		
17.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	127 Std. 20 Min.	
18.	10 Std. 20 Min.. . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Die Strömung selbst wurde mit grosser Schnelligkeit 10 Std. 20 Min. lang beobachtet; bis zum beginnenden Verfall des Plasmas vergingen 22 Std. 25 Min.
19.	. . . . .	. . . . .	Keine 24 Std.		
20.	8 Std. 50 Min. die	Strömung beobachtet.			
21.	2 „ — „				
22.	. . . . .	. . . . .	3 Std. 15 Min.		NB.
23.	0 Std. 48 Min.				Die Haare wurden meistens den Blattstielen entnommen. — Die mit einer } versehenen Versuche wurden gleichzeitig angestellt!

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle III. **Uebersicht der Versuche mit Tradescantia virginica.**

Nro.	Rothes Licht.		Blaues Licht.	Weisses Licht.	Bemerkungen.
	Dauer der Strömung.	Wirkung anderen Lichtes.	Dauer der Strömung.	Dauer der Strömung.	
1.	1 Std. — Min. . .	weisses Licht = 0.			
2.	2 „ 20 „ Strömung äusserst schwach;	im blauen Lichte nach 30 Min. völlig starr.			
3.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	1 Std. 55 Min. . .	Plasma indessen erst nach 9 Std. 30 Min. völlig zerstört.
4.	25 Minuten.	weisses Licht = 0.			
5.	8 Std. 38 Min.				
6.	. . . . .	. . . . .	5 Std. 25 Min.		
7.	5 Std. 5 Min. . . .	weisses Licht = 0.			
8.	. . . . .	. . . . .	Nach 6 Std. 5 Min. noch kräftige Strömung.		
9.	2 Std. 15 Min. . .	weisses Licht = 0.			
10.	. . . . .	. . . . .	2 Std. 30 Min. . .	. . . . .	Haare desselben Präparates, zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde.
11.	. . . . .	. . . . .	2 „ 40 „ . .	. . . . .	
12.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	Nach 5 Std. 30 Min.	noch sehr lebhafte Strömung.
13.	34 Minuten.	weisses Licht = 0.			
14.	. . . . .	. . . . .	Nach 50 Min. die Strömung fast verschwunden		
15.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	25 Std. 45 Min.	
16.	22 Std. 45 Min. . .	weisses Licht = 0.			
17.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	25 Minuten.	
18.	2 Std. 50 Min. . .	blaues Licht = 0.			
19.	2 „ 10 „				
20.	. . . . .	. . . . .	2 Std. 10 Min.		
					NB. Versuche 9—12 gleichzeitig; die Haare von demselben Staubfaden unmittelbar über einander entnommen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle IV.

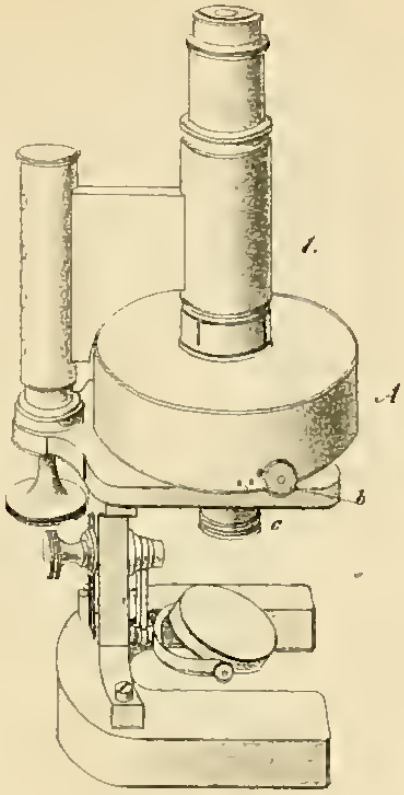
Uebersicht über Maximum, Minimum und mittlere Dauer der Plasmaströmung im verschiedenen Lichte bei **Tradescantia** und **Urtica.**

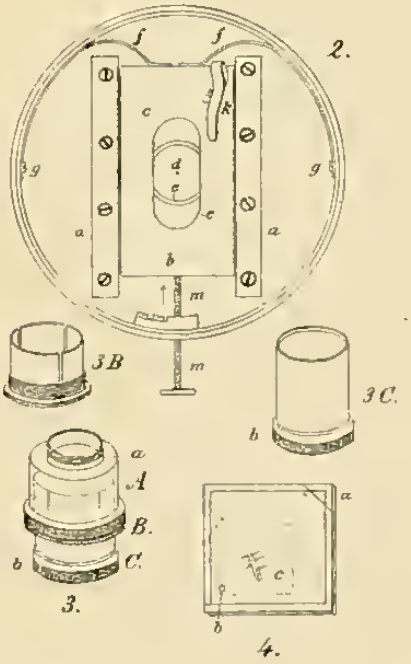
Pflanze.	Weisses Licht.			Rothes Licht.			Blaues Licht.		
	Max.	Mittelzahlen in Stunden und Minuten, wie Max. und Min.	Min.	Max.	Mittelzahlen in Stunden und Minuten.	Min.	Max.	Mittelzahlen in Stunden und Minuten.	Min.
Urtica urens	46,45*)	29 Std. 45 Min. — 25,15 — 24,50 — 24,0 — 24,0 — 15,0 — 8,25. Mittlere Strömungsdauer = 21 St. 15 M.	7,45	8,45	6,55 — 3,45 — 3,0 — 2,50 — 2,15 — 2,30 — Mittlere Strömungsdauer = 3 St. 53 3/4 M.	0,40	8,45 Nie 24 Stunden	8,25 — 6,15 — 4,25 — Mittlere Strömungsdauer = 6 Std. 9 Min.	2,55
Urtica dioica	288,0	— 127,20 — 99,0 — 30,0 — 24,0 — Mittlere Strömungsdauer = 97 St. 13 1/3 M.	15,0	10,20	— 8,50 — 3,30 — 3,5 — 2,0 — 1,45 — 1,43 — 1,35 — 1,25 — 1,0 Mittlere Strömungsdauer = 3 St. 11 5/11 M.	0,48	15,45 Nie über 24 Std.	— 10,20 — 7,25 — 6,30 4,45 — Mittlere Strömungsdauer = 8 Std.	3,15
Urtica cordata		Nur ein einziger Versuch von nicht ganz 20 Stunden; während 5 Std. 40 Min. wurde sehr lebhafte Strömung beobachtet.			Nur ein Versuch. Strömungsdauer = 30 Min.			Kein Versuch.	
Tradescantia virginica	25,45	— 5,30 — 1,55 — Mittlere Strömungsdauer = 8 St. 23 3/4 M.	0,25	22,45	— 8,38 — 5,5 — 2,50 — 2,20 — 2,15 — 2,10 — 1,0 — 0,34 — Mittlere Strömungsdauer = 4 St. 48 1/5 M.	0,25	6,5	— 2,40 — 2,30 — 5,25 — 2,10 — Mittlere Strömungsdauer = 3 St. 16 2/3 M.	0,50

*) 46,45 = 46 Std. 45 Min.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

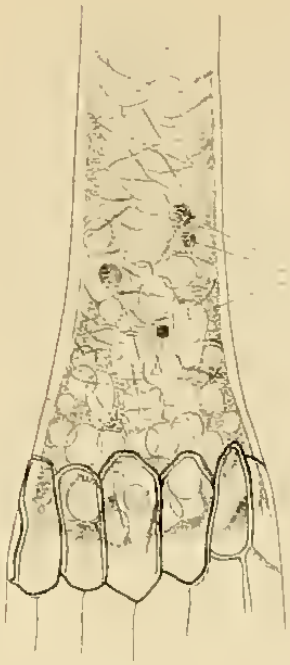
diversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobo





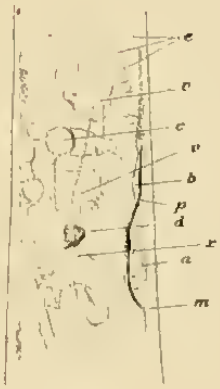
Luerssen del.

rsity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.z



5 $\frac{200}{1}$

6 $\frac{200}{1}$



7 $\frac{200}{1}$

8.

9

10 $\frac{110}{1}$

Luerssen del.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen

Jahr/Year: 1869-1870

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Luerssen Christian

Artikel/Article: Ueber den Einfluss des rothen und blauen Lichtes auf die Strömung des Protoplasma in den Brennhaaren von Urtica und den Staubfadenhaaren der Tradescantia virginica. 50-76