Wirkung
des
Lichtes und der Wärme
auf
Schwärmsporen.

Von
Dr. Eduard Strasburger,
Professor an der Universität Jena.

Durch eine Reihe von Versuchen zeigte Julius Sachs, dass die beobachteten Gruppirungen der Schwärmsporen im Wasser durch Strömungen innerhalb desselben veranlasst werden können [1]).

Diese Gruppirungen hatte man aber bis dahin ausschliesslich den Wirkungen des Lichtes zugeschrieben [2]).

Sachs stellte Emulsionen her aus Oel und einer Mischung von Alcohol und Wasser, das Oel und die Mischung von fast gleichem specifischem Gewichte, und sah nun die Oeltröpfchen zu eben solchen Figuren sich gruppiren wie die für Schwärmsporen bekannten.

War das Oel um ein Geringes schwerer als die Alcoholmi-

---

[1]) Flora, 1876, p. 241.

[2]) Treviranus, Vermischte Schriften Bd. II p. 84, 1821. — Thuret, Ann. d. sc. nt. Bot. Sér. 3. T. XIV p. 246, 1850. — Naegeli, Beitr. z. wiss. Bot. Heft 2 p. 102 u. ff., 1860. — Cohn, Nov. Act. Bd. XXII 2ter Th. p. 719, 1850. Zeitsch. f. wiss. Zoologie Bd. IV p. 111, 1852. Schlesische Gesellsch. f. vaterl. Cultur, 41ster Jahresb. p. 102, 1863; 42ster Jahresb. p. 35, 1864; Verhandl. deutscher Naturf. u. Aerzte zu Hannover, p. 219—222, 1865; Hedwigia p. 161, 1866. — Braun, Verjüngung p. 217, 1851. — Famintzin, Bull. d. l'ac. imp. d. sc. de St. Petersb. T. X Sp. 534, 1866; Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VI p. 1, 1867. — P. Schmidt, Inaugural-Dissertation, Breslau 1870. — Frank, Bot. Zeit. Sp. 209, 1871. — Dodel-Port, Bot. Zeit. Sp. 177, 1876.

schung, so bildeten sich die Figuren am Grunde derselben, war es um ein Weniges leichter, so sammelten sich die Tröpfchen an deren Oberfläche.

War das Gefäss mit der Emulsion einer gleichmässigen Wärme im ganzen Umkreis ausgesetzt, so bildeten sich concentrische Figuren; war die Temperatur der Umgebung auf der einen Seite geringer als auf der anderen, so zeigten sich die Figuren polarisirt.

Sachs experimentirte auch direct mit Schwärmern und fand, dass dieselben im Dunkeln zur Bildung eben solcher Figuren wie im Lichte veranlasst werden können.

Im Lichte selbst gelang es ihm durch entsprechende Wärmewirkungen die Figuren zu verschieben, so dass zum Fenster bestimmt orientirte Ansammlungen sich nunmehr nach den Temperatureinflüssen richteten.

Ausser den complicirteren Figuren, oder auf diese folgend, bildeten sich bei ungleicher Wärmevertheilung Ansammlungen der Oeltröpfchen oder Schwärmer in Form einfacher „Randlinien". Waren die Oeltröpfchen oder Schwärmer etwas leichter, als die umgebende Flüssigkeit, so traten die Randlinien oben an der kälteren Seite des Gefässes auf, waren Oeltröpfchen oder Schwärmer um ein Weniges schwerer, so entstand die Randlinie am Grunde der Flüssigkeit an der wärmeren Seite. Die obere Randlinie war meist scharf und schmal gezeichnet, die untere hatte meist die Gestalt einer breiten Wolke.

Alle Literaturangaben liessen sich leicht mit den so gewonnenen Resultaten in Einklang bringen, nur eine Schilderung widersprach direct denselben, nämlich diejenige, welche Dodel-Port von dem Verhalten der Schwärmer von Ulothrix giebt. Letztere sammelten sich in den Gefässen einerseits am Fensterrande, welcher, da die Untersuchungen im Winter geführt wurden, jedenfalls die kältere Seite repräsentirte, — andererseits strömten sie einer brennenden Petroleumlampe, also der wärmeren Seite zu.

Sachs verfügte nicht über das nöthige Material, um diesen Widerspruch zu lösen und forderte daher zur weiteren Prüfung der Ulothrix auf.

Ich selbst sah mich veranlasst die Untersuchungen aufzunehmen und zwar zunächst auf Grund einiger Erfahrungen die ich im Winter 1877 in Nizza an Acetabularia- und Bryopsis-Schwärmern zu sammeln Gelegenheit hatte.

Die copulirenden Schwärmer (Gameten) der Acetabularia sowohl als auch junge, ungeschlechtliche Schwärmsporen der Bryopsis

bewegten sich in äusserst energischer Weise der Lichtquelle zu. Ich konnte den Vorgang direct unter dem Mikroskop unzählige Male verfolgen. Hatten sich die Schwärmer an dem Fensterrande gesammelt und wurde nun das Präparat horizontal um 180° gedreht, so eilten die Schwärmer momentan in fast parallelläufigen Bahnen nach der Fensterseite. Da nun aber die Sonne so gut wie allein die Heizung meines Arbeitszimmers in Nizza zu besorgen hatte, so stellte das Fenster je nach Umständen die wärmere oder die kältere Seite für die Präparate vor. Nichtsdestoweniger blieb die Bewegungsrichtung der Schwärmer die gleiche.

Ich war in Nizza nicht in der Lage weitere Untersuchungen anzustellen; nach meiner Rückkehr hieher konnte ich dieselben, durch anderweitige Arbeiten verhindert, auch nicht gleich aufnehmen, bis mir dies im vorigen Spätherbst möglich wurde. Die Beobachtungen wurden hierauf den ganzen Winter und das Frühjahr hindurch fortgesetzt.

Ich wiederholte zunächst die meisten der Sachs'schen Experimente sowohl mit Emulsionen als auch mit Schwärmern und kann nur bestätigen, dass ich überall die gleichen Resultate wie Sachs erhielt. Ausser diesen durch Strömungen verursachten passiven Gruppirungen der Schwärmer, konnte ich aber auch noch andere constatiren, die durch active Bewegungen derselben veranlasst wurden.

Im Gegensatz zur Mehrzahl der älteren Versuche wurden die meinigen vorwiegend in Tropfen ausgeführt. Die Anwendung der Tropfen zu diesem Zwecke ist von früheren Forschern meist verworfen worden, wegen der Schwierigkeiten, welche die Beurtheilung der Vertheilung des Lichtes und der Wärme in denselben machen soll, dann wegen der Adhaesionserscheinungen, welche zwischen Wasser und Glas, zwischen den Schwärmern und beiden eintreten. Diese Erscheinungen stören aber, wie wir bald sehen werden, nicht die Resultate um die es sich handelt, wobei ich nur gleich hinzufügen muss, dass ich nicht mit frei auf dem Objectträger befindlichen, sondern mit in feuchter Kammer suspendirten Tropfen experimentirte. Der Tropfen wurde zu diesem Zwecke auf ein Deckglas gebracht und so weit ausgebreitet, dass er selbst nach Umkehrung des Deckglases, nicht über 1—1½ Mm. Tiefe in seiner Mitte zeigte. Das Deckglas wurde nunmehr mit seinen Rändern auf einen nassen Papprahmen gelegt, der selbst auf einem Objectträger ruhte. Die Vorzüge einer solchen feuchten Kammer habe ich bereits an anderen Orten geschildert. Während der Be-

obachtung wird das vom Papprahmen verdunstende Wasser durch anderes ersetzt, bei Unterbrechung der Beobachtung das ganze Präparat in einer grösseren feuchten Kammer untergebracht.

Es steht nun zunächst fest: dass in einem solchen suspendirten Tropfen bestimmte Schwärmer sich oft fast geradläufig der Lichtquelle zu oder von ihr hinweg bewegen; dass die Bewegung oft mit relativ grosser Schnelligkeit ausgeführt wird; dass sie in dem Augenblicke beginnt in welchem man das Präparat dem Lichteinflusse aussetzt; dass eine Aenderung der Lage des Präparates zur Lichtquelle auch eine sofortige entsprechende Aenderung der Bewegungsrichtung der Schwärmer zu Folge hat.

Diese einfachsten Erscheinungen zunächst sichergestellt, galt es mir weiter zu prüfen, ob sich nicht Strömungen in den suspendirten Tropfen, welche die Ursache dieser Erscheinungen sein könnten, würden nachweisen lassen.

Ich stellte mir zu diesem Zwecke die Sachs'sche Emulsion aus Oel und Alcohol + Wasser her und zwar in zwei Gefässen: in dem einen das Oel um ein Kleines leichter, in dem anderen um ein Kleines schwerer als die Alcohol-Mischung [1]).

Wird ein Tropfen solcher Emulsion direct auf einem Objectträger, ohne Deckglas, bei schwacher Vergrösserung beobachtet, so sieht man in Folge starker Verdunstung des Alcohols die heftigsten und unregelmässigsten Strömungen in dem Tropfen auftreten. Bringt man den am Deckglas suspendirten Emulsionstropfen in einen mit Wasser imbibirten Papprahmen, so sind die Strömungen im Tropfen nicht schwächer und zeigen kaum mehr Regelmässigkeit als im ersten Falle. Ruhiger und gleichmässiger ist der Verlauf der Erscheinung, wenn der Papprahmen ebenfalls mit Emulsion getränkt wird. Jetzt sieht man im Allgemeinen die Strömung von der Mitte des Tropfens aus allseitig gegen die Ränder und von den Rändern aus gegen die Mitte gerichtet und zwar: gegen die Ränder hin an der unteren convexen Fläche des Tropfens aufsteigend und zurück zur Mitte an dessen oberer, planer Fläche laufend, um hier abwärts zu biegen, wenn der Procentgehalt des Alcohols im Tropfen grösser als in der den Rahmen tränkenden Emulsion ist; entgegengesetzt gerichtet, wenn der Procentgehalt des Alcohols im Rahmen grösser als im Tropfen ist. Durch Zusatz von Wasser am Rahmen kann man diese letzte Strömung leicht wieder in die erstere umkehren.

---

[1]) Ich setze im Folgenden die Bekanntschaft mit Sachs's vielfach citirter Abhandlung voraus.

In der Hoffnung die starken Diffusionsströme auszuschliessen benutzte ich fest auf die Objectträger gekittete Glasrahmen. Auf diese wurden nun die mit anhängenden Tropfen versehenen Deckgläser gelegt und mit Olivenoel am Rande luftdicht abgeschlossen. Die Ströme waren zunächst auch jetzt noch sehr kräftig, sie stiegen an der unteren Tropfenfläche bis zu deren Rand empor, um hier umzukehren, bis zur Mitte zu laufen, dort abwärts zu steigen und an der unteren Fläche wieder gegen den Rand zu steuern. Nach und nach pflegte sich die Gewalt der Strömung zu legen, in dem Maasse, als der Raum der Kammer sich mit Alcohol und Wasserdämpfen in entsprechendem Verhältniss sättigte. Ein voller Gleichgewichtszustand pflegte sich in der Kammer übrigens nie herzustellen und merkliche Strömungen blieben in den Tropfen bestehen, so lange als ich dieselben in Beobachtung behielt.

An denselben Orten und unter denselben Bedingungen, wo ich gleichzeitig die kräftigsten und ausgeprägtesten einseitigen Bewegungen und Ansammlungen der Schwärmer erzielte, blieben aber die Strömungen auch in den Emulsionstropfen concentrisch gerichtet. Die von den Strömungen geführten, relativ kleineren Oeltröpfchen sammeln sich in grösserer oder geringerer Zahl und mehr oder weniger gleichmässig im ganzen Umfange des Tropfens an, die relativ grossen unten in dessen Mitte, falls das Oel etwas schwerer als die Alcoholmischung ist, oben unregelmässig an der ganzen Deckglasfläche, falls das Oel etwas leichter ist. Die Unregelmässigkeit in letzterem Falle erklärt sich aus der Adhäsion der Tröpfchen, sobald sie an die obere Fläche des Tropfens gelangen, am Deckglase. Alle die genannten Ansammlungen werden aber nur von den verhältnissmässig grösseren Tröpfchen vollzogen, während die ganz kleinen fort und fort mit den Strömen wandern. Diese kleinsten Tröpfchen bleiben auch längere Zeit in den Emulsionen suspendirt, wenn man letztere mit dem Vielfachen ihres Volumens an Wasser versetzt.

Um polarisirte Figuren in den suspendirten Emulsionstropfen zu bekommen, musste ich zu viel bedeutenderen Temperaturdifferenzen meine Zuflucht nehmen, als sich dieselben im Umkreis der Präparate auf meinem gewohnten Arbeitsplatze konnten geltend machen. Ich brachte die Präparate nunmehr zwischen zwei grosse berusste Glasbecher von je 2 Liter Wassergehalt; in dem einen war das Wasser auf circa 30° C. erwärmt, in dem anderen bis auf wenige Grade über 0° abgekühlt. Hier gelang es denn meist schon nach wenigen Minuten die Ströme zu polarisiren und zwar

war die Richtung derselben die nämliche wie sie von Sachs in den grösseren Gefässen geschildert wird. An der unteren, freien Fläche des Tropfens eilen die Ströme dem wärmeren Gefässe zu und zwar nach der Mittellinie (Linie vom kälteren zum wärmeren Gefäss hin gedacht) hin convergirend, steigen am wärmeren Rande auf, um an der oberen Tropfenfläche unter entgegengesetzten Erscheinungen nach dem kälteren Gefässrande zu fliessen. Ist das Oel in der Emulsion etwas leichter, so sammeln sich mittelgrosse Oeltröpfchen zu einer Randlinie an der kälteren Seite. Die grössten Tröpfchen adhäriren am Deckglase, ohne eine deutliche Figur bilden zu können. Ist das Oel etwas schwerer, so bilden die grössten Tröpfchen eine keilförmige Figur an der unteren Fläche des Tropfen; diese Figur richtet ihre Spitze nach dem wärmeren, ihre breitere Basis nach dem kälteren Gefäss; deutliche Randansammlungen an der wärmeren Seite, kommen aber wegen der Convexität der unteren Tropfenfläche nicht zu Stande, eher noch eine Randlinie an der kälteren Seite und zwar in diesem Falle, entgegen den Erscheinungen in den grösseren Gefässen, dadurch dass eine Anzahl Tropfen durch die Ströme gegen das Deckglas getrieben, an demselben adhäriren, dann theilweise von den an dem Deckglas marschirenden Strömen gegen den kälteren Rand hin gerückt werden.

Ich konnte das Experiment übrigens auch mit lebenden Schwärmern wiederholen. Durch heftiges Schütteln des Wassers in kleinen Flaschen gelingt es nämlich den Schwärmern die Cilien abzustossen, im Uebrigen sind sie nicht verändert, sinken trotzdem in Präparaten wie in grösseren Gefässen zu Boden. Dasselbe geschieht auch mit den Individuen, die nur eine Cilie bei der Operation eingebüsst haben, oder auch beide behielten, aber in der ersten Zeit betäubt von den Erschütterungen blieben. Solche Individuen steigen wieder auf, sobald sie sich erholt haben. Dass es sich aber in meinen Präparaten nicht um Strömungen als Ursachen der Randansammlungen der Schwärmer handeln konnte, das zeigte endlich in sehr schöner Weise ein Versuch, den ich mit Schwärmern von Haematococcus und Saprolegnia zugleich anstellte. Beide wurden in dem Tropfen vermischt und nun dieser den Wirkungen des einseitig einfallenden Lichtes ausgesetzt. Die Haematococcus-Schwärmer waren alsbald am Fensterrande des Präparates angesammelt, die Saprolegnia-Schwärmer blieben durch den ganzen Tropfen zerstreut. Ein gleiches Resultat erhielt ich nach dem Vermischen der Saprolegnia-Schwärmer mit Ulothrix-

Schwärmern. Die Schwärmer beider waren fast gleich gross und doch eilten nur die Ulothrix-Schwärmer der Lichtquelle zu. Eine Verschiedenheit des Verhaltens der Strömungen diesen Schwärmern gegenüber lässt sich aber nicht annehmen.

Wie ich schon erwähnte, bleiben die kleinsten Oeltröpfchen in der Mischung suspendirt, wenn man dieselbe mit ihrem Vielfachen an Wasser versetzt; dies benutzte ich, um festzustellen, dass die Intensität der Strömung mit dem steigenden Wassergehalte der Emulsion abnimmt und schliesslich fast unmerklich wird. In den suspendirten Tropfen reinen Wassers, in denen ich die Schwärmer an meiner gewohnten Arbeitsstelle beobachtete, konnten also die Strömungen nur ganz unbedeutend sein, gar nicht im Verhältniss zu der Schnelligkeit und der Energie mit der die Schwärmer reagiren.

Uebrigens stellte ich auch noch weitere Versuche an mit in reinem Wasser suspendirten Körpertheilchen, also unter ähnlichen Strömungsbedingungen wie sie meine die Schwärmer führenden Tropfen bieten mussten. Es war mir bekannt, dass einige Niederschläge sehr lange Zeit brauchen, um sich zu setzen; mit solchen galt es zu experimentiren. Ich wählte in Wasser suspendirtes, amorphes Bor zu den Versuchen. Dieses wird gewonnen durch Reduction der Borsäure mittelst Natrium [1]); es geht mit reinem Wasser durch das Filter und bleibt nun monatelang im Wasser suspendirt. Die Bortheilchen sind so klein, dass ihre Gestalt kaum bei 600facher Vergrösserung zu erkennen ist. Da das specifische Gewicht des krystallinischen Bors, nach Wöhler und Deville, 2,68 beträgt, das des amorphen wohl nicht sehr verschieden ist, so kann das Suspendirtbleiben der Theilchen im Wasser wohl nur den schwachen Strömungen zuzuschreiben sein, die sich in Folge geringer Temperaturdifferenzen in diesem Wasser bilden.

Hänge ich nun einen Tropfen von dem die Bortheilchen führenden Wasser am Deckglase in dem feuchten Papprahmen auf,

---

[1]) Man mischt 10 Theilchen gröblich gepulverte, geschmolzene Borsäure mit 6 Th. Natrium, giebt sie in einen, zu starkem Glühen erhitzten gusseisernen Tiegel, schüttet darüber 4—5 Th. schwach geglühtes Kochsalz, bedeckt den Tiegel, rührt, wenn die Reaction vorüber ist, den Inhalt mit einem Eisenstabe wohl um, giesst ihn glühend in salzsäurehaltiges Wasser, filtrirt das Bor ab, wäscht mit salzsäurehaltigem, dann mit reinem Wasser aus. . . . Wöhler und H. Deville. Je salzfreier die Waschwässer werden, desto mehr Bor geht in fein vertheiltem Zustande durchs Filter. . . Berzelius. Aus Gmelin-Kraut's Handbuch der Chemie I. Bd. p. 83.

lasse das Präparat auf meinem gewohnten Arbeitsplatze liegen, so haben sich nach Verlauf einer oder mehrerer Stunden die Bortheilchen grösstentheils nach der unteren Fläche des Tropfens gesenkt, am Rande des Tropfens aber, gleichmässig im ganzen Umfange, einen feinen, bräunlichen Saum gebildet. Bringe ich hingegen den Tropfen zwischen die beiden schon angeführten, mit Wasser verschiedener Temperatur gefüllten Gefässe, so bildet sich der bräunliche Saum nur an dem einen, dem wärmeren Gefäss zugekehrten Rande. Eine deutliche Strömung ist in diesen Präparaten aber selbst bei stärkster Vergrösserung nicht zu erkennen, wohl aber eine tänzelnde Bewegung der einzelnen Partikel, die unmerklich dem Rande genähert werden.

Um die Sachlage in meinem Schwärmer führenden Tropfen völlig klar zu legen, stellte ich auch mit den Schwärmern selbst noch einige weitere Versuche an. Erstens tödtete ich sie durch Hitze und durch sehr geringe Quantitäten chemischer Stoffe, wie Spuren von Osmium, Chloroform, Jod und Aetzkali. In allen Fällen war das Resultat das nämliche; die Schwärmer sanken zur unteren Fläche des Tropfens hinab und sammelten sich langsam gegen die Mitte derselben. Auf meinem Arbeitstische erhielt ich in keinem Falle Randansammlungen, solche wollten auch nur unvollständig gelingen, wenn ich das Präparat zwischen die mit warmem und kaltem Wasser gefüllten Gefässe brachte.

Der Umstand, dass bei jeder Art des Tödtens, ob der Tod mit einer geringen Contraction des Körpers verbunden war oder dessen Volumen unverändert liess, oder auch eine geringere Grössenzunahme nach sich zog, die Schwärmer zu Boden sanken, lässt mir wenigstens für die von mir untersuchten Arten, die Annahme Nägeli's sehr wahrscheinlich erscheinen, dass die Schwärmer stets schwerer als Wasser sind [1]). So lange sie schwärmen, wird ihre Schwere von der bewegenden Kraft nur überwunden, sobald sie zur Ruhe kommen, sinken sie zu Boden, falls sie sich nicht an irgend einem festen Körper festgesetzt haben. In meinem Tropfen finde ich daher auch, dass solche Schwärmer, die zeitweise ruhen, um ihre Bewegung wieder aufzunehmen, stets dem Deckglase oder einem festen Körper, oder der unteren Tropfenfläche anhaften, nie aber frei im Wasser schweben. Andererseits kann das Gewicht der Schwärmer doch nur um ein Geringes grösser als dasjenige des von ihnen verdrängten Wassers sein, denn in grösse-

---

[1]) l. c. p. 102, 105.

ren Wassermengen genügen die vorhandenen Strömungen um die getödteten Schwärmer lange Zeit schwebend zu erhalten. So wurden beispielsweise in ein kleines Becherglas, das 25 Gr. Wasser mit Schwärmern von Haematococcus führte und in welchem alle Schwärmer oben am Fensterrande sich angesammelt hatten, 10 Minuten lang Kohlensäure eingeleitet. Alle Schwärmer waren getödtet, brauchten aber mehrere Stunden, um sich auf den Grund des Gefässes zu setzen. Der Standort des Gefässes war nicht geändert worden, nichtsdestoweniger zeigten die sinkenden Schwärmer jetzt auch keinerlei seitliche Ansammlungen. Ganz dasselbe Resultat erhielt ich wieder, unter ähnlichen Verhältnissen, als ich die Schwärmer von Ulothrix und Haematococcus mit einer Spur von Osmium-Säure tödtete.

I. Beobachtungsmaterial.

Zu meinen Untersuchungen dienten mir vornehmlich die Schwärmer von Haematococcus lacustris, von Ulothrix zonata, von Chaetomorpha aerea, von Ulva enteromorpha: α lanceolata, und β compressa, von Ulva Lactuca, von Botrydium granulatum, von Bryopsis plumosa, von Oedogonium und Vaucheria, von Scytosiphon lomentarium, die schwärmenden Zustände von Chilomonas curvata und Chilomonas Parametium, die Schwärmer von Chytridium und Saprolegnia u. s. w.

Haematococcus lacustris kommt in grossen Mengen in der Leutra an einer bestimmten Stelle des Mühlthals bei Jena vor. Es überzieht die locker das Strombett erfüllenden Steine, dieselben schön roth färbend. Zu meinen Versuchen wurden wiederholt frische Steine geholt; mit Wasser am Nachmittage des einen Tages übergossen, gaben sie am nächsten Tage meist reichlich Schwärmer. Dieselben Steine konnten wiederholt benutzt werden, wenn sie aus dem Wasser gehoben in dampfgesättigtem Raume oder selbst trocken gehalten, nach 24 Stunden, oder später, von Neuem mit Wasser übergossen wurden. Das zeitweise Herausheben aus dem Wasser begünstigte hier für alle Fälle sehr die folgende Bildung der Schwärmer; viel spärlicher wurden diese hingegen bei einfacher Erneuerung des Wassers erzeugt. Die Naturgeschichte des Haematococcus lacustris (Girod) (Protococcus pluvialis und nivalis, Chlamydococcus u. s. w.) ist hinlänglich bekannt, immerhin sei hier Einiges ergänzend hinzugefügt. Die Schwärmer gehen aus dem Ruhezustande hervor; die runden, ruhenden Zellen zer-

fallen hierbei in 2, 4, 8, 16 oder 32 Theile. Hierbei verhält sich, was ich bisher nicht angegeben finde, die Mutterzelle als ein wahres Sporangium. Die Schwärmer werden nämlich frei, indem die inneren Verdickungsschichten der Mutterzellwand an einer breiten Stelle zu den gallertartig aufgequollenen äusseren hervortreten. In den so gebildeten Sack treten die Schwärmer ein und werden durch Auflösen desselben in dem umgebenden Wasser, frei. Die Entleerung der Schwärmer erfolgt hier also ganz eben so etwa wie bei Ulothrix. Die leere Haut der Mutterzelle bleibt nach der Entleerung der Schwärmer liegen, sie zeigt die einseitige weite Oeffnung. Die Gestalt und Grösse der erzeugten Schwärmer hängt von der Zahl und Richtung der erfolgten Theilungen ab. Alle Schwärmer sind zunächst nackt. Die kleinen kommen auch, ganz wie Schwärmer anderer Algen zur Ruhe, bevor sich eine Cellulosehaut an ihnen unterscheiden lässt; dasselbe gilt auch für die grossen Schwärmer soweit sie am ersten Tage zur Ruhe kommen; schwärmen sie über diese Zeit hinaus, so wird an ihnen die sich abhebende Cellulosemembran sichtbar, die sich in den folgenden Tagen noch mehr vom Körper der Schwärmer entfernt. Daher kommt es denn, dass man in den frisch angelegten Culturen am ersten Tage nur hüllenlose Schwärmer findet.

Ulothrix zonata musste aus der Schwarza im Schwarzathal bei Schwarzburg geholt werden. Diese Alge wächst ebenfalls auf lockerem Geschiebe. Die Steine wurden feucht transportirt und dann mit Wasser in flachen Gefässen übergossen, worauf man für den nächsten Tag sicher auf Schwärmer rechnen konnte. In continuirlichem Wasserstrome war die Alge mehrere Tage lebenskräftig zu erhalten und konnte zur Schwärmerbildung benutzt werden.

Chaetomorpha aerea Ktz. sammelte ich Anfang März in der Adria bei Triest und konnte tagelang reichlich Schwärmerbildung an derselben beobachten.

Die Ulven sammelte ich ebenfalls in der Adria. Dieselben bildeten zahlreiche Schwärmer. Bei Ulva enteromorpha Le Jol. β compressa (L.) Le Jol. sah ich die Schwärmer (Gameten) in Copulation. Diese Copulation lässt sich hier vielleicht schöner denn irgend sonst wo verfolgen. Die Gameten stossen in ganz typischer Weise mit ihren farblosen, vorderen Enden aufeinander, verbinden sich mit denselben und legen sich nun rasch seitlich gegen einander um, wornach sie mit ihren Längsseiten rasch verschmelzen. — Bei derselben Enteromorpha compressa hat auch schon

J. E. Areschoug den Vorgang beobachtet [1]); vor kurzem schilderte ihn auch Dodel-Port für (Ulva) Enteromorpha clathrata Agd. forma fucicola Ktz. [2]).

Das Botrydium granulatum, das ich zu meinen Versuchen benutzte, war vom Herrn Prof. Alexandrowicz im Juli 1877 im botanischen Garten zu Warschau gesammelt und mir gütigst übermittelt worden. Die kleinen Bodenstücke waren von Hypnosporen roth gefleckt. Es genügte ein Weniges von der rothen Masse in suspendirte Tropfen oder in grössere Wassermengen zu bringen, um am nächsten Morgen zahlreiche copulirende Gameten [3]) vorzufinden.

Bryopsis plumosa beobachtete ich fortgesetzt im Winter 1876—77 in Nizza und dann auch wieder im letzten Frühjahr in Triest. Ich sah sowohl die grossen grünen, als auch die kleinen, von Pringsheim entdeckten, braunen Schwärmer [4]). Hält man die Pflanzen nach dem Einsammeln im Zimmer in kleineren Gefässen, so haben am folgenden Tage zahlreiche Pflanzen ihre Vorbereitung zur Schwärmerbildung getroffen. Man unterscheidet jetzt leicht diejenigen Pflänzchen, welche die grösseren Schwärmer erzeugen sollen an der dunkelgrünen Färbung ihrer Aeste, von denjenigen Pflanzen welche kleinere Schwärmer bilden sollen und deren Aeste gelb bis orange gefärbt erscheinen. Am nächsten Morgen wurden dann die grösseren und die kleineren Schwärmer in derselben Weise, aus je einer, meist nahe der Spitze der Fieder gelegenen Oeffnung entleert. Einige Sporangien hatten übrigens schon am vorausgehenden Morgen ihre Schwärmer entlassen, einige folgten erst am nächsten Tage.

Das Oedogonium zu meinen Versuchen stammte aus einem Brunnen in Ammerbach bei Jena, die Vaucheria aus der Leutra. Dass diese Algen mit frischem Wasser übergossen am nächsten Tage meist zahlreiche Schwärmer entlassen, ist allgemein bekannt.

Die Phaeosporee Scytosiphon lomentarium (Lyngb.) J. Ag. brauchte ich im letzten März in Triest nur in Gefässen mit Seewasser in's Zimmer zu stellen, um zahlreiche braune Schwärmer am nächsten Morgen zu erhalten.

---

[1]) Observat. phycologicae, P. II 1874 p. 9.

[2]) Amt. Ber. d. 50. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte, München 1877 p. 201.

[3]) Dieser Vorgang neuerdings geschildert von Rostafiński und Woronin in der Bot. Zeitung 1877.

[4]) Monatsber. d. Acad. d. Wiss. zu Berlin Mai 1871, p. 248.

Zu meinen Experimenten benutzte ich weiter einen Organismus, der zu den Flagellaten gehört und der mit allen mir zugänglichen älteren Abbildungen verglichen, die verhältnissmässig grösste Aehnlichkeit mit Ehrenberg's Cryptomonas curvata[1]) zeigte. Sehr nahe verwandt ist er jedenfalls der neuerdings von Bütschli[2]) beschriebenen und abgebildeten Chilomonas Paramecium Ehrbg., scheint mir jedoch mit ihr nicht identisch zu sein. Diese Identität bezweifelt auch Bütschli, dem ich den Organismus zur Ansicht schickte, weshalb ich denselben im Folgenden als Chilomonas curvata bezeichnen will. Diese Chilomonas ist hellgrün gefärbt, von eiförmiger Gestalt, an dem vorderen dicken Ende schräg abgestutzt, an dem hinteren verschmälerten in eine farblose, der vorderen Abstutzung entgegengesetzt gekrümmten Spitze auslaufend. Während des Schwärmens treten besonders die dunkeln Umrisse des sogenannten Schlundes hervor, deutlich aus stark lichtbrechenden Stäbchen gebildet, die senkrecht zu der Schlundfläche gerichtet sind. Der Schlund setzt an die abgestutzte vordere Körperfläche an, dessen vorderem Rande 2 Cilien entspringen. Der Farbstoff ist an zwei Platten gebunden, von denen je eine rechts und links vom Schlunde zu stehen kommt und welche vorn und hinten bis auf einen schmalen Streifen einander genähert erscheinen. Im vorderen Körperende liegt die contractile Vacuole. Bei Behandlung mit 1 % Osmiumsäure treten gewöhnlich drei sich braun färbende, schon früher als Amylum erkannte Körner hervor: das eine am vordersten Körperende oberhalb der zuvor erwähnten Vacuole, die beiden anderen an der Schlundseite. Zu diesen dreien gesellen sich ausnahmsweise noch ein oder einige andere, kleinere Körner, die sich näher der Mittellinie des Körpers halten. Der Zellkern liegt annähernd um ein Drittel der Körperlänge vom hinteren Körperende entfernt, seine Contouren sind meist schwer zu sehen, während sein Kernkörperchen sich scharf markirt, es ist kleiner als die erwähnten drei Körner, von der Osmiumsäure weniger dunkel als jene gefärbt, schwer hingegen von den kleineren Körnern zu unterscheiden, wenn letztere ausser den drei grossen vorhanden. Die Chilomonas trat wiederholt in den Haematococcus-Culturen auf. Die Schwärmer blieben tagelang, sich durch Zweitheilung vermehrend, in Bewegung, theilweise setzten sie sich aber auch zur Ruhe, sich kugelig abrundend und mit einer zarten, all-

[1]) Ueber Infusionsthierchen Taf. II, Fig. XVI.

[2]) Zeitschr. f. wiss. Zool. XXX. Bd. 1878, p. 242, Taf. XIII Fig. 15.

mählig aber dicker werdenden, mit Chlorzinkjodlösung blau sich färbenden Hülle umgebend.

Auch untersuchte ich die echte von Bütschli abgebildete Chilomonas Paramecium Ehr., die sich von der vorhergehenden durch ihr stumpfes Hinterende auf den ersten Blick unterscheidet und deren nähere Beschreibung ich bei Bütschli l. c. zu vergleichen bitte. Meine Exemplare waren bräunlich gefärbt.

Die Schwärmer eines Chytridium fand ich wiederholt zahlreich in meinen Haematococcus-Culturen vor. Sie ähnelten ausserordentlich den neuerdings von Nowakowski für Polyphagus Euglenae beschriebenen [1]). Die von mir beobachtete Art saugte die Haematococcus-Schwärmer aus, verschmähte aber gelegentlich die ruhende Chilomonas oder andere Schwärmer nicht: ich will sie hier als Chytridium vorax [2]) bezeichnen. Die Schwärmer dieses Chytridium zeigen einen Durchmesser von durchschnittlich 0,0066 Mm., nahe der Insertionsstelle der einen Cilie, den für Chytridium-Schwärmer charakteristischen, hier relativ voluminösen, farblosen Oeltropfen. In der entgegengesetzten Körperhälfte liegt ein Zellkern, auf dessen Existenz mich Herr Dr. Nowakowski aufmerksam machte. Der Schwärmer schwimmt mit dem cilienlosen Ende voran, die Cilie dient als Ruder. Hat er sich niedergelassen, so beginnt er amoeboide Bewegungen auszuführen, wie sie von Nowakowski auch für Schwärmer von Chytridium Mastigotrichis [3]) angegeben werden. Dabei zieht er die Cilie nach, gleichsam mit dieser hin und her tastend. Zur Ruhe gekommen rundet er sich ab und entsendet nun von einer Stelle aus, der Cilieninsertionsstelle so schien es mir, die sich baumartig verzweigenden Keimfäden aus. Diese dringen in die zur Ruhe gekommenen Haematococcusschwärmer ein, ganz so wie diejenigen des Polyphagus in die Euglenen. Ein einziger Parasit kann 30 bis 40 Haematococcen aussaugen. Dabei schwellen einzelne seiner Haustorienzweige sammt dem Hauptstamm sehr stark an. Der eine grosse Oeltropfen des Schwärmers

---

[1]) Beiträge zur Biologie der Pflanzen von Fr. Cohn II^ter Bd. p. 201, 1877.

[2]) Diese scheint nicht identisch zu sein mit der von Braun erwähnten, ihm übrigens unvollständig bekannt gebliebenen Chytridium Chlamidococci und Haematococci. Ueber Chytridium s. Abhandl. der Berl. Akad. Juni 1855, p. 45; Herr Dr. Nowakowski ist mit der Untersuchung unseres Chytridium vorax jetzt beschäftigt, so dass wir eine eingehende Schilderung desselben alsbald zu erwarten haben.

[3]) l. c. p. 85.

wird durch viele kleine ersetzt, das Individuum nimmt mehr und mehr an Grösse zu, meist bis über das 6fache seines ursprünglichen Durchmessers, dabei wird schliesslich sein Inhalt grobkörnig. Später zieht sich der ganze Inhalt aus den Haustorien in den Hauptkörper zurück, dünne, entleerte Schlauchwände zurücklassend. Der runde Körper erscheint scharf contourirt. Dann durch äussere Umstände, etwa durch Wechsel des Wassers angeregt, gehen weitere Veränderungen in diesem Körper vor sich. Es bildet sich ein grosser Oeltropfen im Innern, dann schwindet er um einer Anzahl kleinerer regelmässig vertheilter Platz zu machen, jeder der kleinen Oeltropfen erscheint von einer eigenen Protoplasmamasse umgeben. Inzwischen hat der runde Körper seitlich eine kurze Papille getrieben. Ein Schlauch wächst hier wie bei der von Nowakowski beobachteten Polyphagus-Form nicht hervor, vielmehr hat sich der ganze kugelige Körper unmittelbar in ein Sporangium verwandelt. Die Papille öffnet sich bald am Scheitel und die Schwärmer treten, sich durch die Oeffnung zwängend, nach einander langsam hervor. Sie schwärmen nicht sofort davon, bleiben vielmehr vor der Sporangiumöffnung noch eine Weile liegen, amöboid ihre Gestalt verändernd, bis sie sich schliesslich kugelig abrunden und davon eilen. Die entleerte Sporangiumhaut bleibt zurück. Weitere Zustände habe ich nicht beobachtet.

Saprolegnia-Schwärmer erhielt ich nach Bedürfniss aus Culturen, die ich mit Fliegen in Pfützenwasser anstellte.

II. Die Geburt der Schwärmer.

Wie bekannt, werden sehr viele Algen zur Schwärmerbildung angeregt, wenn man dieselben mit frischem Wasser übergiesst. Es ist durch Experimente festgestellt worden, dass es sich hierbei um Zuführung der im Wasser gelösten atmosphärischen Gase handelt [1]). Neuerdings zeigte Cornu [2]), dass die Antheridien der Farne und Sporangien gewisser Pilze zwar bei mangelnder Durchlüftung ausgebildet, aber nicht entleert werden; letzteres geschieht sofort bei entsprechendem Luftzutritt. Weiter weist Cornu darauf hin, wie auch eine bestimmte Temperatur zur Entleerung der Schwärmsporen nothwendig sein kann, wie Oedogonien beispielsweise aus einem Zimmer von 7—8 Graden in ein solches von 16

---

[1]) Walz, Bot. Zeitung 1868 Sp. 497.
[2]) Comptes rendus 1877 Tome LXXXV p. 860.

—18 Graden transportirt, am Nachmittage zahlreiche Schwärmer entliessen.

Dass moderirte Wärme die Bildung und Entleerung der Schwärmer begünstige, darauf macht bereits Thuret aufmerksam, während er gleichzeitig hervorhebt, dass höhere Temperaturgrade über die mittleren hinaus, hemmend und nachtheilig wirken. Ich selber fand, dass mit Haematococcus überzogene Steine am Nachmittage in Wasser gelegt in meinem Arbeitszimmer bei 16—18° C., am nächsten Morgen zahlreiche Schwärmer gebildet hatten, während ich in einem Zimmer von 8—10° C. auf deren Bildung 24 Stunden länger warten musste.

Sind aber alle Bedingungen für die Bildung und Entleerung der Schwärmer sonst gegeben, so kann letztere oft nachweisbar auch im Dunkeln vor sich gehen. Walz giebt dies für Vaucheria und Oedogonium-Arten an [1]), Dodel-Port unter Umständen für Ulothrix [2]), ich selbst kann es für Acetabularia mediterranea, für Haematococcus, Bryopsis, Botrydium, Chytridium bestätigen. Wenn trotzdem die Entleerung der Schwärmer meist mit Anbruch des Tages erfolgt und durch trübes Wetter verzögert wird [3]), so zeigt es doch immerhin, dass das Licht fördernd auf diesen Vorgang einwirkt. Temperaturerhöhung kommt, wie ich experimentell feststellte, hierbei nicht in Betracht, vielleicht aber die Ozonbildung bei beginnender Assimilation [4]).

Werden Culturen von Vaucheria, Oedogonium, Haematococcus, Acetabularia, Bryopsis ganz im Dunkeln gelassen, so bleibt die Zahl der entlassenen Schwärmer bei weitem geringer als sie es im Lichte geworden wäre. Auch tritt dabei stets eine grössere oder geringere Verzögerung in der Entleerung der Schwärmer ein. Besonders musste mir dies bei Bryopsis auffallen, wo ich den Umstand auch benutzte um den Entleerungsvorgang, sowohl der grösseren wie der kleineren Schwärmer, beobachten zu können. Es gelang mir, während der Monate Januar, Februar und März die Pflanzen bis 9, ja selbst bis 10 Uhr Morgens, im Dunkeln mit gefüllten Sporangien zu erhalten; wurden die Pflanzen dann in's Licht gebracht, so erfolgte die Entleerung massenhaft, schon nach Verlauf von wenigen Minuten.

---

[1]) l. c. p. 500.

[2]) Bot. Zeitung 1876, Sp. 177.

[3]) Vergl. Thuret, Ann. d. sc. nat. Bot. 3me ser. Tome XIV 1850, p. 247 und Braun, Verjüngung p. 237, 1851.

[4]) Vergl. Walz l. c. Sp. 301.

Hingegen schienen mir die Gameten von Botrydium in ihrer Entleerung gänzlich vom Lichte unabhängig zu sein, ich erhielt dieselben ebenso massenhaft im Dunkeln wie im Tageslichte.

III. Ueber das Verhalten gewisser Schwärmer zum Lichte.

Wir denken uns zunächst diese Reihe von Versuchen bei constanten Temperaturen ausgeführt, oder doch so, worauf es hier allein ankommen wird, dass während der Dauer eines jeden Versuchs merkliche Temperaturschwankungen ausgeschlossen blieben.

Die Temperatur meines Arbeitszimmers wurde aber zu den Beobachtungszeiten möglichst constant auf 16—18° C. erhalten.

Dieses Arbeitszimmer hat zwei nach Osten, zwei nach Süden gelegene Fenster. Das Licht der ersteren wurde durch schwere Segeltuchvorhänge abgeblendet, das der letzteren ungehindert eingelassen.

Die Culturen wurden in grösseren Gefässen, theilweise Glasschalen, theilweise Porzellannäpfen vorgenommen. Aus diesen schöpfte ich das Material für meine Beobachtungen. Nur Botrydium zog ich ausserdem direct in suspendirten Tropfen.

Die grösseren Gefässe waren so in meinem Arbeitszimmer vertheilt, dass eine Anzahl derselben in 0,5 Meter, eine andere in 2,5 M., eine andere noch in 5 M. Entfernung von dem einen Südfenster zu stehen kam.

Will man besonders auffallende Erscheinungen haben, so ist es gut die Versuche mit Botrydium granulatum zu beginnen. Ein Tags zuvor durch Aussaat der Hypnosporen vorbereitetes Präparat, aus dem Dunkeln in's Tageslicht gebracht, zeigt im ersten Augenblick der Beobachtung alle Schwärmer gleichförmig im Tropfen vertheilt; doch gleich haben sie sich mit ihrem vorderen Ende nach der Lichtquelle gerichtet und eilen derselben in graden, somit ziemlich parallelläufigen Bahnen zu. Nach wenigen, meist $1^1/_2$—2 Minuten sind fast sämmtliche Schwärmer an der Lichtseite des Tropfens angesammelt und schwärmen hier, reichlich copulirend, durch einander. Wird das Präparat um 180° gedreht, so verlassen alle noch beweglichen Schwärmer momentan den jetzt von der Lichtquelle abgekehrten Rand des Tropfens, den Zimmerrand, den ich kurz den negativen nennen will, und eilen wieder dem Lichtrande des Tropfens, den ich als positiven bezeichnen werde, zu. Wird die Beobachtung unter einem Mikroskop mit drehbarem Objecttisch angestellt, so kann man durch Drehung

des letzteren die Schwärmer zur fortwährenden Aenderung der Bewegungsrichtung bringen. Sie lenken stets in die vom Fenster gegen das Zimmer geradlinig gerichteten Bahnen ein.

Wähle ich Ulothrix-Schwärmer zur Beobachtung, so wird die Erscheinung in gewissem Sinne noch auffallender. Auch diese eilen rasch und in fast geraden Bahnen nach dem positiven Tropfenrande; doch nur selten thun sie es alle, vielmehr wird man in den meisten Präparaten, einen grösseren oder geringeren Theil derselben, eben so rasch in entgegengesetzter Richtung, also nach dem negativen Rande zu, sich bewegen sehen. Es gewährt nun ein eigenes Schauspiel, die Schwärmer so in entgegengesetzter Richtung und daher mit scheinbar verdoppelter Schnelligkeit, an einander vorübereilen zu sehen. Wird das Präparat um 180° gedreht, so sieht man sofort die an der zuvor positiven Seite angesammelten wieder der negativen Seite, die zuvor an der negativen Seite angesammelten wieder der positiven Seite zueilen. Hier angelangt, bewegen sich die Schwärmer durch einander, sich je nach den Präparaten schärfer oder weniger scharf am Rande haltend. Ununterbrochen bemerkt man auch, sowohl an der positiven als auch an der negativen Seite, einzelne Schwärmer, die plötzlich den Rand verlassen und gerade aus durch den Tropfen nach dem anderen Rande eilen. Ein solcher Austausch findet ununterbrochen zwischen beiden Rändern statt. Ja nicht selten kann man einzelne Schwärmer, die eben vom entgegengesetzten Rande kamen, wieder dort zurückkehren sehen. Andere noch bleiben mitten in ihrem Laufe stehen, und eilen nach dem Ausgangsorte ihrer Wanderung zurück, um eventuell von dort aus das Spiel längere Zeit pendelartig zu wiederholen.

Eben so lebhaft wie die Schwärmer von Ulothrix reagiren auch diejenigen von Scytosiphon lomentarium, Chaetomorpha aerea und auch diejenigen der Ulven, letztere brauchten oft weniger denn eine Minute um einen Raum von 10 Mm. zu durchlaufen.

Nicht so prägnant, wie bei jenen Pflanzen, fallen hingegen für gewöhnlich die Erscheinungen bei Haematococcus aus. Zwar haben sich auch hier alsbald die Schwärmer am positiven oder am negativen Rande, oder an beiden, mit mehr oder weniger vollständiger Freilassung aller übrigen Theile des Tropfens angesammelt, doch nur ausnahmsweise eilen sie den Vereinigungsorten in geraden Bahnen zu, für gewöhnlich sieht man sie auf ihrem Wege grössere oder kleinere Krümmungen beschreiben, ja selbst Schleifen bilden. Uebrigens wird auch hier nach Umdrehung des Prä-

parates jeder Schwärmer, soweit er nicht inzwischen zur Ruhe kam, den ihm zukommenden Tropfenrand wieder aufsuchen, und auch hier wird, wenn auch bei Weitem weniger lebhaft, bei unveränderter Lage des Präparates der Austausch zwischen den beiden Rändern des Tropfens stattfinden, manche Schwärmer sich pendelartig zwischen den beiden Rändern bewegen können.

Bei Ulothrix sowohl als auch bei Haematococcus muss es auffallen, dass die kleinsten Schwärmer die rascheste Bewegung zeigen, sie haben stets zuerst den Tropfenrand erreicht und bilden hier daher die äusserste Ansammlung. Auch wenn die grösseren Schwärmer des Haematococcus sich gleichzeitig nur träge und in gekrümmten Bahnen dem Tropfenrande nähern, schiessen die kleinsten in gerader Richtung demselben zu, an Schnelligkeit den entsprechend grossen Schwärmern von Ulothrix nicht nachstehend.

Chilomonas curvata und Ch. Paramecium bewegen sich in ähnlicher Weise wie die Schwärmer von Haematococcus ihrem Ziele zu, doch sieht man dieselben nur ausnahmsweise schärfere Ansammlungen an dem Tropfenrande bilden.

Ueberrascht war ich nicht wenig als ich die farblosen Schwärmer von Chytridium vorax in allen Stücken den Haematococcus-Schwärmern gleich sich verhalten sah. In ähnlichen Bahnen, wie jene, eilen sie dem positiven oder dem negativen Tropfenrande zu, sich wohl auch zwischen beide Ränder theilend. In ähnlicher Weise wechseln sie die Ränder, wenn das Präparat umgedreht wird.

„Bei den farblosen mikroskopischen Organismen (Monaden, Cryptomonaden, Zoosporen der Pilze und Mycophyceae)“, schreibt Cohn, „ist ein Einfluss des Lichtes nicht vorhanden und tritt eine bestimmte Bewegungsrichtung nicht hervor“ [1]). Ich kann diese Angabe im Allgemeinen bestätigen, sie gilt aber, wie wir gesehen, für die Schwärmer des Chytridium vorax nicht und dieser eine Fall genügt, um zu zeigen, dass die Eigenschaft auf Licht zu reagiren den farblosen Organismen als solchen nicht abzugehen braucht. Diese Reaction würde für dieselben meist ohne Nutzen sein und ist sie daher wohl auch nicht zur Ausbildung gekommen, oder vielleicht auch verloren gegangen, Chytridium vorax wird aber durch dieselbe in den Stand gesetzt, wirksam seinen auf Licht reagirenden Opfern nachzusetzen. Dieselbe Eigenschaft fand ich auch bei den Schwärmern eines anderen, im Innern der

---

[1]) Jahresber. d. Schl. Gesell. über 1863. 1864 p. 102 und Bericht über die Vers. d. Naturf. u. Aerzte in Hannover 1866 p. 219.

Euglenen lebenden Chytridiums, und Herr Dr. Nowakowski theilte mir mit, dass auch die Schwärmer des Polyphagus Euglenae den Euglenen an den Tropfenrand folgen.

Dass die Plasmodien der Myxomyceten auf Licht reagiren, ist übrigens ja auch bekannt[1]), und soll später noch erörtert werden.

Die Schwärmer der Saprolegnien die ich auf ihr Verhalten zum Lichte auch noch untersuchte, zeigten sich hingegen in ihren Bewegungen in keiner Weise von letzterem beeinflusst.

Bei den auf Licht reagirenden Schwärmern war in den Präparaten auch unmittelbar noch zu constatiren, dass sich deren Ansammlung nach dem stärkst leuchtenden Himmelstheile orientirt; nach diesem zu oder von diesem hinweg sieht man auch ihre Bewegung gerichtet. Da für gewöhnlich, von ganz trübem Wetter abgesehen, der stärkst beleuchtete Theil des Himmels derjenige ist, in dem die Sonne steht, so konnte ich in meinen am Südfenster exponirten Präparaten im Allgemeinen im Laufe des Tages die Ansammlung am positiven Rande sich von Osten nach Westen, am negativen Rande sich von Westen nach Osten verschieben sehen.

In allen Präparaten findet man auch eine grössere oder geringere Anzahl Schwärmer, die im ganzen Tropfen zerstreut bleiben. Diese scheinen gegen das Licht gleichgültig zu sein, oder in gewissen Fällen vielleicht auch im Innern des Tropfens die ihnen convenirende Lichtintensität zu finden.

Soweit unter den zur Beobachtung gewählten Schwärmern die Neigung besteht sich niederzusetzen, wiegt diese Neigung bei Weitem am negativen Tropfenrande vor. Damit ist nicht gesagt, dass die positiven Schwärmer am positiven Rande überhaupt nicht zur Ruhe kommen könnten, vielmehr nur, dass sie es dort meist nur in vermindertem Maasse thun, während diese Erscheinung am negativen Rande vorwiegt. Oefters kann es vorkommen, dass fast sämmtliche Schwärmer des negativen Randes sich festsetzen, während diejenigen des positiven Randes fast alle beweglich bleiben; doch wird es sich treffen, dass ungeachtet fast alle Schwärmer des Präparates am negativen Rande sich befinden, ihre Beweglichkeit darunter nicht leidet; endlich dass auch Schwärmer nur am positiven Rande zu finden sind, trotzdem sich hier aber in grosser Zahl niederlassen.

---

[1]) Baranetzki, Mem. d. l. sc. de sc. nat. de Cherb. T. XIX p. 321. 1876.

Abgesehen von dieser Neigung sich zu fixiren, welche meist am negativen Tropfenrande vorwiegt, ist keinerlei morphologische Differenz zwischen den Schwärmern der beiden Tropfenränder zu constatiren, weder in der Grösse, noch in der Gestalt oder Färbung. Manchmal wiegen kleinere Schwärmer am positiven Rande vor, doch ein anderes Mal wieder am negativen Rande, so dass ein constantes Merkmal durch dieses ihr Verhalten nicht gewonnen wird[1]). — Die Schwärmer setzen sich mit ihren Cilien fest, indem sie diese am Substrat ausbreiten. Längere Zeit sieht man sie jetzt noch mit ihrem Körper hin und her schwanken und sie können sich, so lange ihre Cilien nicht geschwunden, auch spontan wieder in Bewegung setzen, oder durch künstliche Mittel dazu veranlasst werden.

Aus allem hier Angegebenen folgt zur Genüge, dass die letzt veröffentlichte Auffassung von Cohn[2]), wonach sie geradlinig von der Lichtquelle angezogen werden und ein polares Verhalten gegen das Licht zeigen sollen, so zwar dass das Geisselende sich stets der Lichtquelle zuwendet, das entgegengesetzte Ende von der Lichtquelle abkehrt, nicht für alle Fälle gerechtfertigt ist. Denn wir haben zwar Schwärmer kennen gelernt, die constant nur der Lichtquelle zueilen, aber auch solche, die nach ihr zu oder von ihr hinweg sich bewegen können, und somit ihr Geisselende von der Lichtquelle auch abkehren können.

Früher hingegen war Cohn der Meinung, dass es die Intensität des Lichtes sei, welche die Bewegungsrichtung der auf dieses reagirenden Schwärmer bestimme. Denn in seinem Aufsatze über Stephanosphaera heisst es: dass sich Stephanosphaera am liebsten im gemässigten Lichte oder im Halbschatten ansammele, während Chlamidococcus in der Regel das hellste Licht aufsuche[3]). In den späteren Aufsätzen betonte es Cohn hingegen: dass die Bewegungsrichtung der grünen mikroskopischen Organismen nicht von der Intensität des Lichtes, sondern von der Richtung der Lichtstrahlen bestimmt wird[4]). Umgekehrt trat Famintzin

---

[1]) Dass die Mikrozoosporen des von Rostafiński untersuchten Haematococcus sich constant an dem schwächer beleuchteten Rande des Tropfens ansammelten, muss dem Zufall zugeschrieben werden. Vergl. Mem. de la soc. nationales des sc. nat. de Cherbourg 1875 Tome XIX p. 143.

[2]) Bericht der Vers. in Hannover p. 222 1865.

[3]) Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV. Heft I. 1852. p. 111.

[4]) Hannover 1866 p. 221.

1867 für die Lichtintensität ganz entschieden ein und fasste selbst die Resultate seiner Untersuchungen dahin zusammen: der Grad der Lichtintensität übe einen ausserordentlichen Einfluss auf die Vertheilung und die Bewegung der grünen Masse aus und zwar sei es nicht directes Sonnenlicht, sondern das Licht mittlerer Intensität, welches die stärkste Bewegung der Chlamidomonas und der Euglena hervorrufe[1]). Famintzin stellte seine sämmtlichen Untersuchungen in grösseren Gefässen an; der für ihn maassgebende Versuch war aber dieser: er stellte von zwei gleichen mit Chlamidomonas- und Euglena-haltiger Flüssigkeit gefüllten Untertassen die eine in den Schatten, die andere in directes Sonnenlicht. Jede wurde an der vom Fenster abgekehrten Seite zu drei Viertel mit einem Brettchen bedeckt. Im Schatten sammelten sich die Schwärmer zu einem breiten Streifen am Fensterrande der Untertasse. Im directen Sonnenlichte bildete sich ein Streifen an der Oberfläche des Wassers, quer über die ganze Untertasse, dem Rande des durch das Brettchen gebildeten Schattens entlang. Dieser Streifen war an der Seite, mit der er an's directe Sonnenlicht grenzte, scharf gezeichnet, an der anderen, unter dem Schatten des Brettchens gelegenen Seite, wellenförmig contourirt und undeutlich begrenzt. Ob der Streifen ausschliesslich von den Schwärmern aus dem beschatteten Theile der Untertasse gebildet wird, oder auch diejenigen aus dem beleuchteten Theile zu seiner Bildung beitragen, konnte Famintzin nicht feststellen. Es genügte die Intensität des Lichts durch das Beschatten der Untertasse mittelst eines Blattes Papier zu vermindern, um den Querstreifen zum Schwinden zu bringen und die Ansammlung an dem Fensterrande der Untertasse, wie im Schatten, zu veranlassen[2]).

Die aus obigen Versuchen gezogenen Resultate werden von Sachs in Zweifel gezogen, weil es demselben gelang, ganz ähnliche Erscheinungen, wie die eben beschriebenen, mit Emulsionen zu erlangen. „Giesst man", schreibt Sachs[3]), „auf einen von intensiven Sonnenstrahlen getroffenen Teller eine Emulsion und bedeckt man die eine Hälfte des Tellers mit einem Brett, so verschwindet binnen einigen Minuten das Oel aus dem beleuchteten Theil der Flüssigkeit, um sich in dem vom Brett beschatteten zu sammeln."

In dem Famintzin'schen Versuche ist nun in der That die

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. VI. 1867. p. 20.
[2]) l. c. p. 22.
[3]) l. c. p. 260.

Möglichkeit einer Beeinflussung der Resultate durch Strömungen, welche bei ungleichmässiger Erwärmung in der Flüssigkeit entstehen mussten, nicht ausgeschlossen; um so wichtiger war es mir die Beobachtungen in meinen Tropfen, unter den mit Emulsionen controlirten Bedingungen wieder aufzunehmen und sie auch in grösseren Gefässen und zwar unter bewusstem Ausschliessen oder bewusster Zulassung directen Sonnenlichtes, welches nach Sachs kräftig und warm einwirken muss um die geschilderte Erscheinung an den Emulsionen hervorzurufen, zu wiederholen. Dass die von Famintzin geäusserten Bedenken gegen die Anwendung von Tropfen zu diesen Versuchen, wenigstens in der Art wie ich die Tropfen benutzte, unbegründet sind, haben wir bereits gesehen.

Ich experimentirte zunächst mit Schwärmern, die sich an dem negativen Rande eines Tropfens angesammelt hatten. In der Voraussetzung, dass sie das Licht der gegebenen Intensität, in dem sich das Präparat eben befindet, fliehen, und nur durch den Tropfenrand in ihrem Fortschreiten aufgehalten werden, suche ich nun diesem ihrem Streben direct zu folgen. Angenommen, ich beobachte in 0,5 Meter Entfernung vom Fenster, so entferne ich mich nun geradlinig von demselben, und — sind die Schwärmer nicht auf eine allzuniedrige Lichtintensität gestimmt — so habe ich alsbald den Punkt erreicht, in welchem einzelne, dann, bei weiterem Entfernen, immer zahlreichere Schwärmer den negativen Rand des Tropfens verlassen und sich an den positiven Rand desselben begeben. Rücke ich noch weiter vom Fenster ab, so ist es mir alsbald gelungen, alle, oder fast alle Schwärmer von dem negativen auf den positiven Rand des Tropfens herüberzubringen. Jetzt beginne ich mich wieder dem Fenster zu nähern und die umgekehrte Erscheinung tritt ein. Falls die Schwärmer nicht zu grosse Neigung haben sich niederzusetzen, kann dies Spiel beliebig wiederholt werden. Sehr schön gelingt das Experiment mit Ulothrix-Schwärmern wegen der grossen Empfindlichkeit derselben gegen Wechsel der Lichtstärke und deren grossen Velocität. Aber selbst auch mit Haematococcus fällt das Experiment ganz überzeugend aus, nur muss auf die jedesmalige Reaction länger gewartet werden. Die Schwärmer von Ulothrix wie von Haematococcus können übrigens in manchen Fällen auch trotz extremer Annäherung zum Fenster, ja selbst im directen Sonnenlichte am positiven Rande des Tropfens verbleiben. Sie können auch ausnahmsweise nach so geringer Lichtstärke verlangen, dass sie trotz extremer Entfernung vom Fenster, ja selbst bei fortgesetzter Abdämpfung des Lichtes,

so lange als letzteres überhaupt noch richtend auf dieselben einwirkt, nach dem negativen Rande des Tropfens fliehen. Auf so niedere Helligkeitsgrade fand ich auch oft Schwärmer von Scytosiphon lomentarium gestimmt; Scytosiphon-, Chaetomorpha- und Ulven-Schwärmer verhielten sich überhaupt in allen Stücken den Ulothrix-Schwärmern ähnlich. Die Schwärmer von Chytridium vorax fand ich auch wechselnd wie diejenigen von Haematococcus gestimmt, die Gameten von Botrydium, meist auch die Schwärmer von Bryopsis und die Cryptomonas blieben selbst im directen Sonnenlichte auf der positiven Seite des Tropfens.

Da die Stimmung bei Ulothrix und Haematococcus von Cultur zu Cultur, ja von Präparat zu Präparat grossem Wechsel unterworfen ist, so hielt ich es für überflüssig diejenigen Lichtintensitäten genauer zu bestimmen, bei welchen die jedesmalige Ueberführung der Schwärmer von dem negativen zu dem positiven Tropfenrande gelang. Die Handhabung genauer photometrischer Methoden ist ausserdem mit grossen Schwierigkeiten verbunden, und mir genügte es ja zu wissen, dass bei sich sonst annähernd gleich bleibender Intensität der Lichtquelle, wie sie für die kurze Zeitdauer der Versuche meist angenommen werden konnte, die Helligkeit im Zimmer vom Fenster nach der Hinterwand zu abnimmt und zwar im Allgemeinen in der Nähe des Fensters rascher, weiter hin, in Folge vieler sich geltend machender Reflexe, langsamer. Ausnahmsweise z. B., wenn draussen Schnee liegt, können diese Reflexe sich so steigern, dass dadurch sogar entlegene Stellen des Zimmers stärker als die dem Fenster genäherteren erhellt werden. Solche besondere Bedingungen mussten bei Anstellung der Versuche berücksichtigt werden. Alle die störenden Reflexe hatten auch leicht durch Anwendung eines dem Wolkoff'schen etwa ähnlichen, harmonicaartig ausziehbaren, inwendig geschwärzten Kastens [1]) beseitigt werden können, doch hielt ich, der wechselnden Stimmung der Schwärmer wegen, die Anwendung solcher Vorsichtsmaassregeln hier für überflüssig, mir genügte es ganz im Allgemeinen bei wachsender und sinkender Helligkeit beobachtet zu haben und das konnte ich durch einfaches Nähern oder Entfernen der Präparate vom Fenster erreichen. Für gewöhnlich gelang es mir, bei gleichmässig grauem Himmel, wie wir ihn in den Monaten November und December vorigen Jahres (1877) fast ununterbrochen hatten, Schwärmer, die in 0,5 M. Entfernung vom Fenster

---

[1]) Vergl. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V p. 12 u. Taf. III Fig. 2.

an dem negativen Tropfenrande angesammelt waren, bei 5 M. Entfernung auf den positiven Rand herüber zu führen.

Doch das Entfernen der Präparate vom Fenster ist nicht einmal nothwendig, um die hier geschilderten Erscheinungen zu erzielen; dieselben sind durch einfache Abdämpfung des Lichtes zu erreichen. Es genügt zwischen das zur Beobachtung dienende Mikroskop und die Lichtquelle Schirme aus Papier oder aus mattgeschliffenem Glase einzuschalten, so zwar, dass der Spiegel des Mikroskops und das Präparat von in dieser Weise abgeschwächtem Lichte getroffen werden. Durch Vermehrung oder Verminderung der Zahl der Schirme lassen sich die Ansammlungen auf der einen oder der anderen Seite des Versuchstropfens reguliren. Sehr empfehlen sich hier wieder Ulothrix, Chaetomorpha oder Ulva, ihrer grossen Empfindlichkeit wegen, zur Beobachtung. Bringt man einen Schirm vor das Präparat, fügt dann einen zweiten und dann weitere hinzu, so kann man nach einander immer mehr und mehr, gelegentlich auch sämmtliche noch beweglichen Schwärmer von dem negativen auf den positiven Tropfenrand herüber bringen.

Nimmt man bei Ulothrix die Schirme weg, so dauert die Wirkung der verminderten Helligkeit noch eine Weile nach, die in Bewegung nach dem positiven Tropfenrande befindlichen Schwärmer halten ihre Bewegung in gleicher Richtung und gleicher Schnelligkeit ein, einzelne neue Schwärmer verlassen sogar noch den negativen Rand. Es existirt hier also eine Nachwirkung, die übrigens schon nach Verlauf weniger Augenblicke schwindet, und nun macht sich die entgegengesetzte Bewegung: von dem positiven nach dem negativen Tropfenrande, zuerst einzelner Schwärmer, dann immer grösserer Mengen derselben, geltend. — Bei Haematococcus hält die Nachwirkung etwas länger, bis zu einer halben Minute, ja für einzelne Schwärmer selbst darüber, an. Die grösseren Schwärmer, die im letzten Augenblick der Lichtabdämpfung den negativen Tropfenrand verlassen, gelangen aber nicht mehr bis an die entgegengesetzte Seite, vielmehr sieht man sie in ihrem Wege einhalten und nach verschiedenen Schwankungen in die durchlaufenen Bahnen zurückkehren. Nur sehr kurze Nachwirkung zeigen die Schwärmer von Chaetomorpha aerea und Scytosiphon lomentarium.

Eben solche Nachwirkungen, nur im umgekehrten Sinne, machen sich bei allen diesen Pflanzen geltend, wenn das voll beleuchtete Präparat plötzlich einer geringeren Lichtintensität ausgesetzt wird. Hier hält die Wirkung grösserer Helligkeit eine Zeitlang an.

Gleiche Erscheinungen lassen sich selbstverständlich auch,

freilich in einer für die Beobachtung weniger bequemen Weise, hervorrufen, wenn dem Fenster genäherte Präparate plötzlich auf empfindliche Strecken vom Fenster entfernt, oder aus grösserer Entfernung demselben genähert werden.

Solche Nachwirkungen treten hingegen bei Botrydium-Schwärmern nicht ein und sind auch bei Ulven-Schwärmern nicht nachzuweisen. Da erstere stets nur an dem positiven Tropfenrande zu finden sind, im intensiveren Lichte aber in geraderen Bahnen als im weniger intensiven fortschreiten, so konnte ich eine Nachwirkung nur in dem Sinne hier erwarten, dass bei plötzlicher Abdämpfung des Lichtes die geraden Bahnen, bei plötzlicher Steigegerung der Helligkeit die weniger geraden noch eine Zeit lang eingehalten blieben. In Wirklichkeit trat auch der Einfluss erhöhter Helligkeit sofort hier ein, andererseits machte sich aber eine besondere Wirkung in Form einer Erschütterung geltend, wenn durch Einschalten der Schirme das Helligkeitsmaass plötzlich vermindert wurde. Die parallel neben einander laufenden Schwärmer schwenken dann plötzlich zur Seite ab, manche drehen sich selbst im Kreise; doch das dauert nur einen Augenblick und sie nehmen ihre verlassenen Bahnen wieder auf; letztere erscheinen nur im Verhältniss um so schiefer, je mehr die Lichtintensität abgenommen. Bei Helligkeitssteigerung werden die Bahnen sofort gerader, ohne dass die Schwärmer irgend welche Erschütterung erfahren. — Bei Ulven-Schwärmern habe ich einerseits, wie gesagt, eine Nachwirkung nicht beobachten können, andererseits aber auch die für Botrydium charakteristische Erschütterung vermisst.

Die grösseren, grün gefärbten Schwärmer von Bryopsis zeigen Nachwirkung bei Verminderung der Lichtintensität, wird letztere plötzlich erhöht, so tritt die Erschütterung ein, also umgekehrt als bei Botrydium, wo die Erschütterung mit plötzlicher Verminderung der Helligkeit zusammenfällt.

Bei Ulothrix und Haematococcus, auch bei Chaetomorpha und Scytosiphon, war keinerlei Erschütterung, weder bei Steigerung, noch bei Verminderung der Lichtintensität zu verzeichnen.

Die kleinsten Schwärmer von Haematococcus verhalten sich wie die grossen, somit ist das Ausbleiben der Nachwirkung bei Botrydium-Schwärmern nicht auf Rechnung ihrer geringen Grösse zu legen, ausserdem zeigen auch die Ulven-Schwärmer, welche den kleineren von Ulothrix nicht an Grösse nachstehen, keinerlei Nachwirkung.

Das Verhalten der Präparate im directen Sonnenlichte habe

ich bis jetzt nur in einzelnen Fällen berührt, ja im Uebrigen betont, dass wo nicht das Gegentheil direct angegeben, es sich immer um Versuche im diffusen Tageslichte handelte. Das directe Sonnenlicht stört nun im Allgemeinen die Resultate der Beobachtung nicht, oder nur wenig. Die unter den bis jetzt berücksichtigten Verhältnissen sich stets an dem positiven Rande der Tropfen sammelnden Schwärmer von Botrydium, und die unter allen Verhältnissen dort anzutreffende Chilomonas, eilen dem directen Sonnenlichte mit gleicher Schnelligkeit wie intensivem diffusem Tageslichte zu. Auf die Schwärmer von Ulothrix wirkt das directe Sonnenlicht je nach deren Stimmung anziehend oder abstossend, es verhält sich ihnen gegenüber nicht wesentlich anders als diffuses Tageslicht, nur dass man an den Rändern des Tropfens die Schwärmer in viel grösserer Menge sich zur Ruhe setzen sieht[1]). Bei Haematococcus wird nun aber ein solcher immobilisirender Einfluss des Sonnenlichtes besonders auffallend. Es können hier die Schwärmer auf ein Licht höchster Intensität gestimmt sein und dann eilen sie dem Sonnenlichte zu, oder, wie gewöhnlich, sie fliehen dasselbe; in allen Fällen aber, und vornehmlich wenn die Schwärmer nicht auf die höchste Licht-Intensität gestimmt sind, sieht man sie rasch zur Ruhe kommen. Sind die Schwärmer auf eine relativ geringe Lichtintensität gestimmt, so geht deren Immobilisirung so rasch von statten, dass sie den Tropfenrand gar nicht erreichen, sondern sich oben dem Deckglase, oder unten der freien Tropfenfläche mit ihren Cilien ansetzen. Dann sieht man sie, so fixirt, ruckweise ihren Körper hin und her bewegen.

Umgekehrt wie directes Sonnenlicht wirkt bei Haematococcus Verminderung der Lichtintensität; da gelingt es meist Schwärmer, welche sich festsetzten, aber noch ihre Cilien besitzen, wieder in Bewegung zu bringen. Das Resultat ist auch hier durch Vorsetzen der Schirme, oder durch Entfernen vom Fenster leicht zu erzielen. Die Erhöhung der Lichtintensität wirkt in gleichem Sinne wie directes Sonnenlicht, sie stimmt die Schwärmer zur Ruhe. In manchen Präparaten äussert sich dies, bei gegebener Disposition der Schwärmer so stark, dass eine Annäherung an's Fenster von 5 M. auf 0,5 M. genügt, um die meisten Schwärmer zu fixiren. Diese Erscheinung wird die Resultate trüben, wenn es sich darum handelt, durch Annäherung an's Fenster die Schwär-

[1]) Aehnlich wirkt das directe Sonnenlicht auch auf die Schwärmer von Chaetomorpha aerea, auf Bryopsis-Schwärmer übt es hingegen eine derartige Wirkung nicht aus.

mer von dem positiven auf den negativen Rand des Tropfens herüberzubringen. Die Schwärmer bleiben dann, wider Erwarten, fast alle am positiven Rande, weil ja eben diejenigen, welche hätten herüber wandern sollen, dort sofort immobilisirt wurden.

Je höher die Lichtintensität desto geradliniger die Bewegung der Schwärmer, am geradlinigsten gegebenen Falls im directen Sonnenlichte. Die Schnelligkeit der Bewegung scheint hingegen, so wie das Naegeli bereits aussprach [1]), vom Lichte nicht beeinflusst zu werden, da aber die Schwärmer mit steigender Helligkeit um so geradliniger fortschreiten, so gelangen sie dann auch entsprechend früher an den Rand des Tropfens. Es brauchten im directen Sonnenlichte und einem gegebenen Präparat, die Schwärmer von Botrydium $1^1/_2$ bis 2 Minuten, um vom einen Rande des Tropfens zum andern zu gelangen, im diffusen Tageslichte 2 bis 3 Minuten, vom Fenster auf 5 Meter entfernt 3—4 Minuten, stark durch Schirme beschattet bis über 5 Minuten. Man konnte unter dem Mikroskop direct verfolgen, wie bei Einschaltung der Schirme die Bahnen sich krümmten und wie sie wieder gerade wurden nach Entfernung derselben. In demselben Präparate vereinte Schwärmer gleicher Grösse bewegen sich im Allgemeinen gleich rasch, ob sie der Lichtquelle zu oder von dieser hinwegeilen. Nur bei Scytosiphon lomentarium fielen mir die dem negativen Tropfenrande zueilenden Schwärmer als etwas langsamer den entgegengesetzt laufenden gegenüber auf. Im Uebrigen machen sich in Betreff der Schnelligkeit der Bewegung von Cultur zu Cultur bei Botrydium relativ nur geringe, bei Ulothrix grössere, bei Haematococcus oder Bryopsis oft bedeutende Differenzen geltend, welche, so weit sie bei Haematococcus auch die Grösse der Schwärmer betreffen, später noch besonders besprochen werden sollen.

Ich habe es auch versucht die Famintzin'schen Beschattungsversuche in meinem suspendirten Tropfen zu wiederholen. Wie nunmehr vorauszusehen war, mussten die erhaltenen Resultate mit der gegebenen Stimmung der Schwärmer, wo diese einem Wechsel unterworfen ist, sich verändern.

Ein frisch hergestelltes Präparat wird, während noch die Schwärmer gleichmässig in demselben vertheilt sind, mit einem Bleirahmen bedeckt, welcher mit seinen Rändern auf dem Papprahmen ruht und nur durch eine mittlere, kreisrunde Oeffnung Licht zum Tropfen durchlässt. Der Durchmesser der Oeffnung

[1]) l. c. p. 102.

erreicht etwa den halben Durchmesser der Adhäsionsfläche des Tropfens am Deckglase. Die Lage des Bleirahmens wird so regulirt, dass dessen Oeffnung über der Mitte des Tropfens zu liegen kommt. Das Präparat ruht auf schwarzem Sammet; um die Reflexe von unten her zu vermeiden, wird der Papprahmen oft direct ohne Objectträger auf diese Unterlage gebracht. Hatten die Schwärmer zuvor die Neigung nach dem positiven Tropfenrande zu eilen, so sehen wir sie sich jetzt sämmtlich im Bogen vor dem positiven Rande der Rahmenöffnung sammeln. Es spielt jetzt dieser Rand dieselbe Rolle wie in unbedeckten Präparaten der positive Rand des Tropfens. Nehme ich den Bleirahmen weg, so eilen die Schwärmer auch sofort weiter bis sie den Tropfenrand erreichen. Ich bedecke nun mit einem Bleibande die eine, im Verhältniss zum Fenster, rechte oder linke Hälfte des Tropfens: die Schwärmer sammeln sich fast alle in der beleuchtet gebliebenen Hälfte am vorderen Tropfenrande. Ich lege ein schmales Bleiband über die Mitte des Tropfens in der medianen Richtung (vom Fenster nach dem Zimmer zu), und ich sehe, dass die Schwärmer am positiven Tropfenrande, die unter dem Bande befindliche Stelle freilassen. Ich bedecke den ganzen Tropfen bis auf eine schmale Stelle mit einem Bleiblättchen und kann an jener die Ansammlung der Schwärmer veranlassen: ich verschiebe das Bleiblättchen und die Schwärmermasse folgt langsam dieser Verschiebung. Dabei kann ich unter dem Mikroskop direct die Bewegungsrichtung der Schwärmer beobachten und sehen wie sich ihr Weg nach den beleuchtet gebliebenen Theilen des Tropfens richtet; wie sie z. B. bei einer medianen Lage des Bleiblättchens, schräg von unter demselben hervorkommen und nun rasch in die Richtung zum Fenster einlenken. Soll diese Beobachtung überzeugend ausfallen, so wähle man Schwärmer, die sich bei hinreichender Lichtintensität in recht geraden Bahnen bewegen, z. B. diejenigen von Botrydium. — Schmale Bleistreifen, die man transversal (von rechts nach links) über den Tropfen so legt, dass sie beiderseits einen Theil desselben frei lassen, halten die meisten Schwärmer in ihrer Bewegung nicht auf, einerseits, wo solche vorhanden, wegen der Nachwirkungen, die bei so geringen Strecken immerhin die Schwärmer bis auf die jenseitige Lichtseite herüberbringen konnten, andererseits wegen der immerhin vorhandenen Reflexe, endlich wegen einer gewissen Eigenschaft mancher Schwärmer, z. B. derjenigen von Botrydium, die erst später zur Sprache kommen kann. Will man die Schwärmer in ihrem Fortschreiten nach dem positiven

Tropfenrande für alle Fälle aufhalten, so muss das Bleiblättchen mit seinem Rande bis auf den Papprahmen reichen und das einfallende Licht von dieser Seite ganz ausschliessen. Auch dann bemerkt man übrigens, bei Beobachtung unter dem Mikroskop, soweit es sich um Ulothrix und Haematococcus oder andere Schwärmer mit Nachwirkung handelt, dass die nach dem positiven Tropfenrande zulaufenden Schwärmer zunächst in ihrer Bewegung durch den Schattenrand nicht aufgehalten werden, vielmehr, in Folge eben der genannten Nachwirkung, unter das Bleiblättchen gelangen; dann sieht man sie wieder geradlinig unter dem Blättchen hervorkommen und nunmehr erst an dem Schattenrande schwärmend verbleiben.

Ich experimentirte auch mit Schwärmern von geringerer Lichtstimmung als der im Tropfen, bei der gegebenen Exposition, eben herrschenden, mit Schwärmern, die sich im unbedeckten Präparat somit an dem negativen Rande sammeln. Ich lege nun denselben Bleirahmen, wie vorher, auf das Deckglas, so dass nur die Mitte des Tropfens beleuchtet wird. Finden die Schwärmer unter dem negativen Rande des Rahmens die ihnen convenirende Helligkeit, so zerstreuen sie sich unter demselben, oder sie sind auf einen so niederen Helligkeitsgrad gestimmt, dass sie selbst unter dem Rahmen noch das Licht fliehen, bis sie durch den negativen Rand des Tropfens im Fortschreiten aufgehalten werden. Es kann aber auch vorkommen, dass die Schwärmer in dem unbedeckten Präparate sich an dem negativen Tropfenrande sammeln, nach Auflegen des Rahmens nunmehr aber am positiven Rande desselben die angemessene Helligkeit finden.

Ich suchte auch in meinen Präparaten dadurch, dass ich die Bleistreifen in einer bestimmten Höhe über dem Deckglase befestigte, messbar dicke Halbschatten in den Tropfen zu erreichen. Bestimmte Ansammlungen in diesen Halbschatten habe ich aber niemals beobachten können.

Die Beeinflussung der Resultate in meinen Präparaten durch das vom Mikroskopspiegel reflectirte Licht liess ich bisher unberücksichtigt und zwar, weil ich einerseits die Präparate auf meinem Arbeitstische exponirte und nur zur Feststellung der Ergebnisse auf den Objecttisch des Mikroskops brachte, somit dann erst der Einwirkung des Spiegellichtes aussetzte, andererseits auch, weil das Licht des Mikroskopspiegels die Resultate der Ansammlungen nicht modificirt, auch wenn man es während der ganzen Dauer derselben auf das Präparat einwirken lässt. Nur bemerkt

man, dass die nach dem positiven Rande des Tropfens eilenden Schwärmer sich tiefer, die nach dem negativen Rande des Tropfens eilenden sich höher im Präparate bewegen, und zwar deshalb, weil die ersteren bestrebt sind sich dem leuchtenden Spiegel zu nähern, die letzteren sich von demselben zu entfernen. In Präparaten, die nicht von unten her beleuchtet werden, findet das Umgekehrte statt; kann übrigens auch bei Einschaltung des unteren Spiegellichtes stattfinden, wenn das von vorn und oben einfallende directe Licht um Vieles intensiver ist. Durch Abdämpfen des directen Lichtes kann wiederum dem Spiegellichte zu seinem Rechte verholfen werden. Wird das obere Licht ganz vom Präparat abgehalten, so können durch das Spiegellicht allein Randansammlungen der Schwärmer nicht veranlasst werden, wohl aber Ansammlungen in den beleuchtet gebliebenen Theilen des Tropfens, wenn von den anderen das Licht abgehalten wird [1]).

Die in dem Tropfen gewonnenen Resultate können nunmehr zur Deutung der Erscheinungen in grösseren Gefässen verwendet werden, ohne dass es auch für letztere jedesmal nöthig wäre, den eventuellen Antheil der Strömungen zu eliminiren. Wir haben ja bereits vielfache Anhaltepunkte gewonnen, um beurtheilen zu können, in wie weit eine gegebene Erscheinung der Wirkung des Lichtes zugeschrieben werden kann. Nur falls wir auf unverhoffte Widersprüche stossen sollten, werden wir dieselben von veränderten Gesichtspunkten aus zu prüfen haben.

Wie schon früher erwähnt, hatte ich die grossen Gefässe, in denen meine Culturen vorgenommen wurden, in verschiedener Entfernung vom Fenster aufgestellt. Theilweise benutzte ich Glaskrausen, theilweise Glasschalen, theilweise Porcellannäpfe mit horizontalem Boden und vertical aufsteigenden Wänden zu den Culturen. In den grossen Glaskrausen und Glasschalen sammelten sich die Haematococcus-Schwärmer vorerst zu einem Streifen am oberen positiven Rande der Flüssigkeit, dann bildeten sie mehr oder weniger tief herabhängende Nebelstreifen an derselben Seite des Gefässes, dann sammelten sie sich am Boden in dem Schatten beliebiger Gegenstände. Dieses Verhalten lässt sich ohne Weiteres aus der wechselnden Lichtstimmung dieser Schwärmer erklären. In den Porcellannäpfen war ebenfalls ein ziemlich scharfer Streifen an dem oberen, positiven Rande der Flüssigkeit zu sehen,

---

[1]) Vergl. auch Cohn, Jahresber. der Schles. Gesellsch. 1864. p. 103.

wenn das Gefäss dem Fenster bedeutend genähert war; die entfernter vom Fenster aufgestellten Gefässe zeigten diesen Streifen weniger ausgeprägt, oder meist nur eine unbestimmtere Ansammlung in Gestalt eines Nebelstreifens, der sich von der Schattengrenze des Gefässrandes aus nach der positiven und der negativen Seite ausbreitete. Dann zeigten diese Gefässe auch wieder die Ansammlungen am Boden oder auch im Schatten dort liegender Gegenstände.

Schöpfte ich schwärmerhaltiges Wasser aus grösseren Gefässen in schmale, dünnwandige Bechergläser, so sammelten sich die Schwärmer in diesen alsbald, je nach der Intensität der Beleuchtung und ihrer Stimmung gemäss, entweder scharf am oberen, positiven Rande; oder zu einer keil- bis ankerförmigen, wenig scharf umschriebenen, nebeligen Figur, unten am negativen Rande; oder an beiden Rändern. Schöpfte ich die Flüssigkeit aus den Porcellannäpfen, namentlich aus den vom Fenster entfernten, so hatte ich es so ziemlich in der Gewalt, nur solche Schwärmer aus denselben zu holen, die sich am positiven Rande oder solche, die sich nur am negativen Rande sammelten. Ich suchte hierbei durch Entfernen vom Fenster oder durch das Nähern an dasselbe im Becherglase ähnliche Lichtintensitäten, wie an den entsprechenden Stellen des Porcellangefässes zu erreichen.

Zu den weiteren Versuchen wurde schwärmsporenhaltiges Wasser in flache Gefässe gebracht und diese nun mit Brettern oder anderen undurchsichtigen Gegenständen in bestimmter Weise überdeckt. Die erhaltenen Resultate stimmen mit ähnlichen in dieser Richtung bereits gefundenen meist überein. — Als Cohn eine flache Porcellanschale mit Stephanosphaera mit einem Brettchen von der Fensterseite her bedeckte, sammelten sich alle Stephanosphaeren quer durch das Gefäss zu einer grünen Linie, an der Grenze zwischen Kernschatten und Halbschatten des Brettchens; legte er das Brettchen von vorn nach hinten über das Gefäss, so sammelten sich die Schwärmer zu beiden Seiten des Brettchens ausserhalb seines Kernschattens [1]). Eine undurchsichtige Platte, die Cohn auf den vorderen Rand eines Euglenen-haltenden Porcellannapfes legte, veranlasste die Euglenen sich in dicken, grünen Haufen quer durch die Wasserfläche, an die Grenze des von der Platte geworfenen Schattens zu stellen. Famintzin bedeckte zwei Chlamidomonas- und Euglenen-führende Untertas-

---

[1]) Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV. Heft 1. 1852. p. 111.

sen, von der vom Fenster abgewandten Seite, bis über $^3/_4$ mit einem Brettchen. Die eine stand im Schatten: die Schwärmer sammelten sich in ihr am positiven Rande; die andere stand in der Sonne: in dieser bildete sich ein querer Streifen, dem Rande des durch das Brettchen geworfenen Schattens entlang, scharf abgeschnitten an der Sonnenseite, wellenförmig und undeutlich begrenzt an der Schattenseite. Oscillarien in einer Untertasse mit einem Brettchen, wie im vorigen Versuche, überdeckt, sammelten sich nach einigen Tagen, wenn das Gefäss im Schatten stand, in dem beleuchteten Theile, hier die ganze Oberfläche des Wassers, aber auch die Wände und den Boden des Gefässes überziehend; stand das Gefäss in der Sonne, so gingen umgekehrte Erscheinungen vor sich, Wände und Boden des Gefässes, sowie die Oberfläche des Wassers, erschienen in dem beschatteten Theile mit Oscillarien überzogen[1]). — Paul Schmidt erhielt mit Chlamidomonas pulvisculus den Famintzin'schen entgegengesetzte Resultate, was jedoch, wie wir jetzt wissen, durchaus nicht die Richtigkeit beider Angaben ausschliesst. Schmidt legte ein Brettchen über die eine Hälfte der die Schwärmer führenden Schaale, so dass das Licht nur von einer Seite zu der Flüssigkeit gelangen konnte, und stellte sie in directes Sonnenlicht. In kurzer Zeit hatte sich die Flüssigkeit unter dem Brettchen vollständig geklärt und die Organismen standen vor dem Brettchen genau bis dahin, wo der von demselben geworfene Schatten anfing, in directem Sonnenlichte. Das Brettchen wurde dann so gelegt, „dass es gegen die Richtung der Sonnenstrahlen mit der Längsseite stand und zu beiden Seiten freie Wasserflächen liess.“ „Die Organismen kamen jetzt unter dem Brettchen hervor und legten sich in das directe Sonnenlicht bis an den Schatten, und zwar so genau, dass, da der Schatten des Brettchens nach dem Zimmer zu natürlich grösser wurde, auch die Entfernung der beiden Algenpartieen eine grössere war[2]).“

Ich selbst habe alle die genannten Versuche mit Haematococcus-Schwärmern wiederholt, sie auch noch in verschiedener Weise modificirt.

Um die Wirkungen der Strömungen möglichst zu schwächen, benutzte ich die schwärmerhaltige Flüssigkeit in sehr flachen Schichten; um andererseits die Lichtbrechung an den Gefässwan-

---

[1]) l. c. p. 21 u. 28.

[2]) Inaugural-Dissertation. Breslau 1870. p. 39, 40.

dungen zu vereinfachen, liess ich mir eine viereckige Glaskammer construiren von 75 Mm. Länge und 70 Mm. Breite, auf 17 Mm. Höhe, mit flachem Boden. Die Kammer wurde auf schwarzes Papier gestellt, das durch weisses ersetzt werden konnte, ohne die Kammer zu bewegen. Die schwarze Unterlage brauchte ich während der Dauer des Versuchs, die weisse um das Resultat zu constatiren [1]).

Wurde die vordere (positive) Hälfte der Kammer mit einem undurchsichtigen Brettchen bedeckt, so sammelten sich die Haematococcus-Schwärmer, falls sie auf grössere Lichtintensität gestimmt waren, an der Oberfläche, quer durch das Gefäss, an der Grenze des beginnenden Schattens. Wurde ein hinreichend breites Brettchen von rechts nach links über die Mitte der Kammer gelegt, um beiderseits frei beleuchtete Wasserflächen zu lassen, so sammelte sich ein Theil der Schwärmer an der Oberfläche quer durch das Gefäss, am negativen Rande des Brettchenschattens, ein anderer am oberen, positiven Rande der Flüssigkeit. Bei vollständigem Angefülltsein der Flüssigkeit mit Schwärmern, wie in dem Schmidt'schen Versuche, wird nur der Schatten des Brettchens von Schwärmern frei, die ganze Flüssigkeit beiderseits desselben von Schwärmern gefärbt erscheinen. Wird die rechte oder linke Hälfte der Kammer mit dem Brettchen bedeckt, so wandern die Schwärmer in die unbedeckt gebliebene und sammeln sich dort am positiven Rande, es sei denn, dass wiederum, wie in dem Schmidt'schen Versuche, die Flüssigkeit so viel Schwärmer führt, dass sie die ganze freie Hälfte ausfüllen müssen.

Wird mit Schwärmern experimentirt, die auf geringere Lichtintensität gestimmt sind und die hintere (negative) Hälfte der Kammer mit dem Brettchen bedeckt, so sammeln sich die Schwärmer am Boden des Gefässes im Halbschatten des Brettchens. Wird ein hinreichend breites Brettchen von rechts nach links gelegt, so dass Wasserflächen von beiden Seiten frei bleiben, so sammelt sich ein Theil der Schwärmer unten im Halbschatten am Fensterrande des Brettchens, wie im vorigen Versuche, der andere unten am negativen Rande der Flüssigkeit. Im Halbschatten, am Zimmerrande des Brettchens, hat eine Ansammlung nicht stattgefunden. Dieses Ergebniss ist sehr einleuchtend: alle Schwärmer, die sich zwischen der vorderen Gefässwand und dem vorderen

---

[1]) Unter welchen Bedingungen die Versuche am prägnantesten ausfallen, soll später zur Sprache kommen.

Halbschatten des Brettchens befanden, bewegten sich von der Lichtquelle hinweg, bis sie von dem Kernschatten des Brettchens in ihrem Fortschreiten aufgehalten wurden. Alle Schwärmer, die sich im Kernschatten des Brettchens, also in einem Lichte zu geringer Intensität befanden, bewegten sich nach vorn, in der Richtung wachsender Lichtintensität, und blieben, aus dem Kernschatten tretend, ebenfalls im vorderen Halbschatten des Brettchens stehen; alle Schwärmer jenseits des Brettchenschattens flohen wiederum die Lichtquelle, bis sie durch den hinteren Flüssigkeitsrand im Fortschreiten aufgehalten wurden. Da die letztere Ansammlung nicht scharf auszufallen pflegt, so habe ich, um ein prägnanteres Bild derselben zu gewinnen, ein zweites Brettchen über den hinteren Rand des Gefässes gelegt; ist dies geschehen, so kann man in dem Versuche zwei gleich scharfe Linien: die eine im vorderen Halbschatten des vorderen Brettchens, die andere im vorderen Halbschatten des hinteren Brettchens, erhalten. Wird ein relativ schmales Brettchen von vorn nach hinten über die Kammer gelegt, so sammeln sich die Schwärmer im Kernschatten desselben. Wird das schmale Brettchen durch ein entsprechend breiteres, gleich orientirtes ersetzt, so sammeln sich die Schwärmer nicht mehr im Kernschatten desselben, sondern rechts und links vom Kernschatten im Halbschatten.

Im Sonnenlichte fallen die Experimente nicht so rein als im diffusen Lichte aus, weil dasselbe die Haematococcus-Schwärmer mehr oder weniger immobilisirt.

Strömungserscheinungen waren in allen diesen Experimenten, trotz der erwähnten Vorsichtsmaassregeln und ungeachtet ich die Kammer, um die Verdunstung möglichst zu vermindern, jedesmal mit einer Glastafel bedeckte, nicht ausgeschlossen. Sie werden nach dieser oder jener Richtung zur Verstärkung oder Schwächung der Resultate beigetragen haben, ohne dieselben jedoch, wie ich auf Grund anderweitiger Erfahrungen annehmen darf, im Wesentlichen modificirt zu haben.

Noch so vorsichtige Tödtung der Schwärmer verhinderte sofort, auch unter sonst sich gleichbleibenden Verhältnissen, jede bestimmte Ansammlung der Schwärmer. Die todten Schwärmer sinken zu Boden, ohne durch die vorhandenen Strömungen gruppirt zu werden.

Unterliegt es nach Alledem keinem Zweifel mehr, dass das Licht die Bewegungsrichtung der Schwärmer bestimmt, und dass dieselben in manchen Fällen in der Richtung der steigenden und

sinkenden Lichtstärke fortschreiten, so bleibt doch noch die Frage übrig, ob es der Lichtabfall, d. h. die Richtung der steigenden oder sinkenden Intensität, allein ist, welche die Bewegungsrichtung der Schwärmer bestimmt, oder ob hierbei auch dem Lichteinfall, das heisst der Richtung des Strahlengangs eine Bedeutung zukommt.

Die Versuche in der Glaskammer, bei welchen die Schwärmer sich im Kernschatten, resp. rechts und links im Halbschatten eines median aufgelegten Brettchens gesammelt hatten, erweckten in mir die Vermuthung, dass es sich hier allein um den Lichtabfall handle, und dass die Schwärmer diesem folgen, auch wenn er sich mit der Richtung der einfallenden Strahlen schneidet. Doch war auch nicht ausgeschlossen, dass in diesen Versuchen die beleuchteten Wassermassen rechts und links, wenn auch nicht als die einzigen, so doch als die dominirenden Lichtquellen für die Schwärmer fungirten und dass nach diesen sich die Schwärmer zu richten hatten, sie in unserem Falle fliehend.

Es galt also eine Reihe weiterer Versuche anzustellen zur Beantwortung der Frage: ob der Lichtabfall für sich allein, oder ob er nur in der Richtung des Lichteinfalls die Bewegungsrichtung der Schwärmer bestimme. Diese Versuche gaben sehr eigenthümliche Resultate.

Um dieselben anzustellen wählte ich ein hohles Glasprisma von einem brechenden Winkel von nur 7,5°, einer Länge der Prismenseiten von 20 Cm., einer Breite von 3,7 Cm. Dieses Prisma wurde mit einer sehr diluirten Lösung von Huminsäure in Ammoniak gefüllt. Die Lösung war röthlich braun, deren Concentration hatte ich so regulirt, dass sie an der dicksten Stelle eben die ganze brechbarere Hälfte des Spectrums vollständig absorbirte. Die Absorption nahm gleichmässig von dem einen Ende des Prisma gegen das andere zu und wurde keine Stelle der in Frage stehenden Spectrumhälfte besonders bei derselben bevorzugt. Auch die minder brechbare Hälfte des Spectrums wurde gleichmässig, doch nur in geringem Maasse ausgelöscht, auf diese kam es aber, wie wir später sehen werden, hier nicht an. — Ich experimentirte in einem dunkeln Zimmer, in welches ich mit Hülfe eines Heliostaten ein Sonnenstrahlenbündel horizontal einfallen liess. Dieses Bündel wurde durch einen zweiten Spiegel vertical abwärts gebrochen, und diesem vertical einfallenden Lichte wurden meine Präparate ausgesetzt. Zu den Versuchen dienten Botrydium und Haematococcus-Schwärmer. Dieselben bleiben in dem senkrecht das Präparat treffenden Lichte,

wie in dem Spiegellichte des Mikroskops, wenn dieses allein für sich wirkte, gleichmässig durch den ganzen Tropfen vertheilt. Nun wurde das Präparat unter einen flachen Pappkasten, der einen der Grösse des Deckglases entsprechenden Ausschnitt führte, gebracht. Dieser Ausschnitt kam dicht über dem Deckglase zu stehen und auf ihm legte ich das Glasprisma mit einer Seite auf. Es ist einleuchtend, dass unter solchen Bedingungen die Intensität des Lichtes in dem Präparate von dem einen gegebenen Rande gegen den anderen in steter Zunahme begriffen war und zwar senkrecht zu der Richtung der einfallenden Strahlen. Ich sage senkrecht zu den einfallenden Strahlen, denn die prismatische Ablenkung derselben war so gering, dass das Präparat, durch das Prisma jetzt betrachtet, kaum um 1,5 Mm. aus seiner Lage verschoben erschien. In diesem künstlich hergestellten Falle kreuzte sich somit der Lichtabfall mit dem Lichteinfall. Hatten die Schwärmer dem Lichtabfall zu folgen, so mussten sie sich dementsprechend an dem einen Rande des Präparates sammeln, doch sie blieben, wie zuvor, in dem ganzen Präparat gleichmässig vertheilt. So unzählig oft ich den Versuch anstellte, immer fiel er in derselben Weise aus. Nun wurde aber das Strahlenbündel in eine geneigte Lage gebracht und das Präparat dem schräg einfallenden Lichte ausgesetzt: sofort sammelten sich die Bryopsis-Schwärmer an dem der Lichtquelle zugekehrten, die Haematococcus-Schwärmer an diesem oder an dem abgekehrten Tropfenrande. Ich brachte nun wieder das Prisma quer über das Präparat, so also, dass der Lichtabfall sich mit dem Lichteinfall kreuzte. Die Schwärmer richteten sich nicht nach dem Lichtabfall, sondern folgten der Richtung der einfallenden Strahlen. Nun wurde das Prisma schliesslich noch so gestellt, dass die Intensität der Beleuchtung in der Richtung zur Lichtquelle abnahm. Die Botrydium-Schwärmer bewegten sich auch jetzt der Lichtquelle zu, somit der steigenden Lichtintensität entgegen [1]).

Diese Experimente zeigen somit, dass der Lichteinfall einen richtenden Einfluss auf die Schwärmer ausübt, dass dieselben mehr oder weniger genöthigt werden, ihre Längsaxe in der Richtung des Strahlengangs zu stellen.

---

[1]) Alle diese Versuche lassen sich auch direct im Zimmer mit Sonnenlicht oder diffusem Tageslicht und der Hülfe eines Spiegels anstellen, wenn man nur das seitliche Licht, namentlich das von vorn einfallende, hinlänglich ausschliesst.

Ich will diese Schwärmer phototaktische nennen, die Erscheinung selbst Phototaxis.

Nach den eben gemachten Erfahrungen hätten wir es aber mit zwei Arten phototaktischer Schwärmer zu thun, mit solchen, welche, wie die Schwärmer von Botrydium, stets nur ihr Mundende der Lichtquelle zukehren und nur in der Richtung zu dieser, also den einfallenden Strahlen entgegen, sich bewegen können, auch wenn in dieser Richtung die Lichtintensität abnimmt, und mit solchen, wie die Schwärmer von Haematococcus, welche in der Richtung des Lichteinfalls der steigenden oder der sinkenden Lichtintensität folgen, somit ihr Mundende einmal der Lichtquelle zukehren, einmal von derselben abkehren. Ich will die phototaktischen Schwärmer letzterer Art von den ersteren als photometrische unterscheiden, die ersteren somit aphotometrische nennen. Je nachdem die photometrischen Schwärmer auf ein Licht hoher oder geringer Intensität gestimmt sind, kann man sie noch als lichtholde und lichtscheue, oder photophile und photophobe bezeichnen.

Für die Schwärmer welche sich, wie diejenigen von Botrydium, nur an dem positiven Rande der Tropfen sammeln, wird übrigens stets erst experimentell festzustellen sein, dass sie nicht photometrisch sind, denn dieselben könnten ja auf ein Licht sehr hoher Intensität gestimmt sich zeigen. Im letzteren Falle müssten sie aber die Lichtquelle fliehen, wenn der Versuch so angestellt wird, dass in der Richtung derselben die Lichtstärke abnimmt.

Nach dem eben Festgestellten kann es aber keinem Zweifel mehr unterliegen, dass in den Glaskammern die Ansammlung rechts und links im Halbschatten des Brettchens nur erfolgte, weil die seitlich beleuchteten Wassermassen die dominirenden Lichtquellen für die Schwärmer abgaben. Etwas Aehnliches tritt ja auch ein, wenn die eine Hälfte des Gefässes ganz verdunkelt wird und die Schwärmer nun sich in ihrer Bewegung nach der beleuchteten richten. Auch macht sich in der Richtung des Lichteinfalls die Concurrenz zwischen Strahlengruppen verschiedener Intensität geltend und folgten beispielsweise die Schwärmer in ihren Ansammlungen am Tropfenrande dem Stand der Sonne, sammelten sich auch in etwas dichteren Schwärmen an der stärker beleuchteten Seite des vorderen Tropfenrandes an, wenn bei schräg einfallenden Lichtstrahlen das mit Huminlösung gefüllte Prisma quer über das Präparat gelegt wurde.

Wird ein Präparat hingegen von vertical auffallenden Lichtstrahlen passirt, so richten sich in demselben die Schwärmer mit

ihrer Axe senkrecht zum Deckglas, und wird ihre Bewegung nur in dieser Richtung durch das Licht bestimmt. Randansammlungen, künstlich hergestelltem Lichtabfalle folgend, bilden sich, wie gesagt, nicht aus, oder doch nur, in Folge diffuser Einwirkung der stärker beleuchteten Wassertheilchen auf die schwächer beleuchteten, bei lang andauernder Exposition, kaum nachweisbare Verdichtungen nach der stärker beleuchteten Seite hin.

Photometrische Schwärmer derselben Art zeigen sich aber, wie wir gesehen haben, in wechselndem Grade gestimmt. Dieser hängt zum Theil mit dem Entwicklungszustande der Schwärmer zusammen. Im Allgemeinen sind die photometrischen Schwärmer in der Jugend auf einen höheren Grad der Lichtintensität gestimmt als im spätern Alter. Die erste Stimmung führt sie an ihren natürlichen Standorten wohl meist an die Oberfläche des Wassers, die zweite bringt sie wieder auf den Grund. Während der ersten Stimmung sind die photometrischen Schwärmer sehr munter, in der zweiten zeigen sie die Neigung sich festzusetzen. — Die erste Stimmung geht allmählig in die zweite über. Beide können sehr rasch durchlaufen werden, so dass sich die Schwärmer wenige Stunden nach der Geburt bereits wieder festsetzen, oder die erste Stimmung kann längere Zeit anhalten, so dass die Schwärmer Tage lang in Bewegung bleiben. Letzteres Verhalten gilt übrigens nur für Haematococcus, bei den andern von mir untersuchten Algen war die Schwärmzeit meist nach wenigen Stunden, ja oft nur Theilen einer Stunde vollendet.

Ausser dem Wechsel der Stimmung, der an die fortschreitende Entwicklung im Allgemeinen gebunden ist, und den wir als die grosse Periode der Lichtstimmung bei photometrischen Schwärmern bezeichnen können, machen sich auch noch schwache Stimmungswechsel bei den photometrischen Schwärmern ununterbrochen geltend. Bei manchen treten sie kaum merklich, bei anderen wie z. B. denjenigen von Ulothrix in auffallender Weise auf. Daher der ununterbrochene Austausch, der zwischen den beiden Rändern eines Tropfens sich bei Beobachtung dieser Schwärmer geltend macht. Oft kann man feststellen, dass ein und derselbe Schwärmer vielfach den Weg von einem Rande zum andern zurücklegt, bis er schliesslich an der einen, unter sonst sich gleich bleibenden Verhältnissen, im Allgemeinen der negativen Seite des Tropfens verbleibt. Diese pendelartigen Stimmungsänderungen dürften aber nur an solchen Schwärmern zur Beobachtung kommen, deren

Lichtstimmung den im Tropfen herrschenden Helligkeitsgraden sehr nahe kommt.

Dass gewisse Schwärmer auf verschiedenen Entwicklungszuständen ein verschiedenes Verhalten zum Lichte zeigen, war schon früheren Forschern aufgefallen. So schreibt Cohn[1]) „das Licht ist den schwärmenden Zellen des Haematococcus zuträglich, sie suchen dasselbe. Daher begeben sie sich stets an die Oberfläche des Wassers und an die Ränder der Gefässe. In einem Wassertropfen auf einem Objectglase kann man fast alle Schwärmzellen am Rande antreffen, nur wenige in der Mitte[2]). Bei den Fortpflanzungsakten dagegen und wenn sie in den ruhenden Zustand überzugehen in Begriff sind, scheinen sie das Licht zu fliehen, wenigstens suchen sie alsdann gewöhnlich den Boden des Gefässes. Auf einem Objectgläschen findet man sie alsdann sämmtlich fast immer an dem vom Fenster abgekehrten Rande des Wassertropfens versammelt[3])." — Cienkowski[4]) giebt an, dass die jungen Volvox globator sich in dem dunkleren Theile des Gefässes versammeln, dass sie aber, in den unbeweglichen Zustand übergehend, dem Lichte zustreben. Dieses Verhalten des Volvox würde also gerade umgekehrt als dasjenige von Haematococcus sein. — Um die Widersprüche zwischen seinen und Cohn's Versuchen an Euglena viridis zu erklären, ist auch Famintzin „geneigt zu vermuthen, dass das Verhalten des Chlamidomonas und der Euglena zum Licht in verschiedenen Entwicklungszuständen variiren könne." Diese Vermuthung sucht er auch noch zu stützen durch Anführung der hier erwähnten Angaben von Cohn und von Cienkowski[5]). Auch sucht er diese seine Auffassung neuerdings den Angaben von Schmidt gegenüber, über das widersprechende Verhalten des Chlamidomonas pulvisculus geltend zu machen.

Abgesehen von den Differenzen in der Lichtstimmung der phototaktisch-photometrischen Schwärmer, die wir als von deren Entwicklungszustand abhängig erkannt hatten, mussten wir aber constatiren, dass die Stimmung der Schwärmer einer und derselben Pflanzenart überhaupt auch von Cultur zu Cultur sehr wechseln kann. Die Ursachen dieses Wechsels entziehen sich zumeist

---

[1]) Nova Acta. Bd. XXII, 2ter Theil, 1850, p. 719.
[2]) l. c. p. 719.
[3]) l. c. p. 720.
[4]) Ueber niedere Algen und Infusorien (russisch) 1856, p. 40.
[5]) l. c. p. 26.

der Controle, ebenso wie es sich nicht angeben lässt, warum in dem einen Aufguss mehr grosse, in dem anderen mehr kleine Schwärmer gebildet werden. Vor Allem dürfte hier der Standort zu berücksichtigen sein, dem die Algen entnommen sind. Algen in einem minder intensiv beleuchteten Standort erwachsen, scheinen mir im Allgemeinen auf einen niederen Grad von Helligkeit gestimmt, als solche von stark dem Lichte exponirten Orten. So hatte auch die Entfernung der im Zimmer eingeleiteten Culturen vom Fenster einen Einfluss auf die Lichtstimmung der erzeugten Schwärmer. Näher dem Fenster erschienen sie im Allgemeinen auf höhere Lichtintensität gestimmt als an dem vom Fenster entfernten Orten. An letzteren brauchen sie ja auch in der ersten Entwickelungszeit nur auf geringe Lichtintensität gestimmt zu sein, um bis an die Oberfläche des Wassers zu steigen. Ob der Wechsel der Bedingungen innerhalb der verschiedenen Jahreszeiten nicht auch, abgesehen von momentan wirkenden Ursachen, die Stimmung der Schwärmer in diesem oder jenem Sinne prädisponirt, weiss ich nicht sicher anzugeben.

Da nun, abgesehen von der Veränderung der Lichtstimmung, die jeder phototaktisch-photometrische Schwärmer während seiner Entwicklung, oft nur in ziemlich engen Grenzen, durchzumachen hat, sich auch noch weit bedeutendere Schwankungen von Cultur zu Cultur geltend machen können, so ist schlechterdings nicht abzusehen, in wie weit die vorhandenen Literaturangaben über verschiedenes Verhalten der Schwärmer dem Lichte gegenüber auf die entwicklungsgeschichtlichen oder auf von diesen unabhängige Ursachen zurückzuführen seien. Dieses ist um so weniger möglich, als genannte Angaben auch nicht auf vergleichende Beobachtungen sich stützen, und somit nicht festzustellen ist, ob der Widerspruch nicht vielleicht allein auf die Verschiedenheit der Lichtintensitäten während der Versuche zurückzuführen sei. — Meistens, schreibt Thuret [1]), bilden die Schwärmer an derjenigen Seite, von der das Licht kommt, an der Oberfläche des Wassers einen schönen grünen Streifen und zwar wenn sie Conferven oder Ulven, einen in's Olivenfarbige spielenden gelben wenn sie Phaeosporeen sind. Doch manchmal findet das Umgekehrte statt, die Zoosporen scheinen das Licht zu fliehen, sie verbergen sich unter die Zweige der Algen, von denen sie stammen, und gruppiren sich an Orten, an denen der Schatten am stärksten ist.

---

[1]) Ann. d. sc. nat. Bot. 3me ser. T. XIV. p. 246.

Endlich sieht man sie nicht selten sich in zwei Theile trennen, den einen der das Licht sucht, den andern der es zu meiden scheint. Thuret frägt sich nun, ob die Ursachen dieser Erscheinungen nicht in der grösseren oder geringeren Vitalität dieser Körper zu suchen seien, die am Lichtrande sich sammelnden waren ihm lebendiger und mehr zum Keimen disponirt erschienen.

Unter sonst sich gleich bleibenden äusseren Bedingungen sammelten sich die Schwärmer von Botrydium, in den von mir angestellten Versuchen, stets am positiven Rande der Präparate, ebenso die Flagellate Chilomonas curvata, während ich die nahe verwandte Chilomonas Parametium und die Euglenen oft auch auf der negativen Seite der Präparate vorfand. Die grösseren, grünen Schwärmer von Bryopsis plumosa blieben vorwiegend auf der positiven Seite, ebenso diejenigen der Chaetomorpha aerea und der Ulven, doch trafen sich bei allen diesen auch vereinzelte photophobe Schwärmer, deren Zahl mit fortschreitender Entwicklung zunahm. Bei Bryopsis, Chaetomorpha, Ulva enteromorpha α lanceolata und β compressa blieb übrigens die Zahl der photophoben Schwärmer bis zuletzt klein, während ich sie bei Ulva Latuca zuletzt die Majorität bilden sah. Bei Ulva β compressa musste es mir, wie ich schon früher einmal erwähnte, auffallen, dass die Gameten nach erfolgter Copulation den positiven Rand der Präparate verliessen und sich an dem negativen sammelten. Bei Bryopsis fand ich sehr viele gegen das Licht gleichgiltige Schwärmer, sie gehen meist aus dem photophilen in diesen Zustand über, und sinken dann auf den Grund der Gefässe. Ulothrix zonata fand ich in der ersten Beobachtungsreihe oft fast rein photophil, dann zuletzt fast rein photophob, ähnlich Scytosiphon lomentarium; sehr schwankend von Cultur zu Cultur waren endlich die Verhältnisse bei Haematococcus lacustrix und dem ihn begleitenden Chytridium vorax.

Die Schwärmer von Oedogonium und Vaucheria, welche in der Uebersicht des Untersuchungsmaterials ebenfalls genannt waren, habe ich bei der Schilderung meiner Beobachtungen zunächst ganz ausser Acht gelassen und zwar weil die Schwärmer der ersten Art nur wenig, die der letzten überhaupt nicht auf Licht reagiren.

Bringt man Oedogonium-Schwärmer in einen suspendirten Tropfen, so eilen sie nach allen Richtungen rasch auseinander und kaum ist eine Tendenz der jüngeren, sich an der Lichtseite zu sammeln, der älteren sich an der Schattenseite festzusetzen, nach-

zuweisen. In grösseren Gefässen findet man die Schwärmer schliesslich aber doch am oberen positiven Rande angesammelt, und dass es nicht Strömungen allein waren, die sie hierher führten, das zeigt der Umstand, dass ich durch seitlich angebrachte Gefässe mit warmem und mit kaltem Wasser diese Ansammlung nicht verhindern konnte. Auch Thuret giebt an, dass Oedogonium-Schwärmer sich an der Lichtseite der Gefässe sammeln und fügt hinzu, dies sei ein Beweis, dass die Anwesenheit eines rothen Punktes bei Schwärmern nicht deren Tendenz zum Lichte bestimme, da Oedogonium-Schwärmer diesen Punkt nicht besitzen [1]). Ich habe nun gelegentlich meiner Untersuchungen über Zellbildung und Zelltheilung [2]) bei Anwendung von Essigsäure den rothen Punkt auch bei Oedogonium-Schwärmern deutlich auftreten sehen, dass derselbe aber dessen ungeachtet in keiner Beziehung zu den phototaktischen Eigenschaften der Schwärmer steht, wissen wir aus dem Umstande, dass auch die farblosen Schwärmer des Chytridium vorax auf Licht reagiren. Die phototaktischen Eigenschaften der Schwärmer scheinen an das Protoplasma als solches und nicht an einen bestimmten Farbstoff in demselben gebunden zu sein.

Für die Vaucheria-Schwärmer habe ich bis jetzt keinerlei bestimmten Lichteinfluss feststellen können, eben so wenig auch Thuret [3]), während Hofmeister [4]) eine Ansammlung der Schwärmer von Vaucheria clavata an der vom Fenster abgewendeten Seite des Gefässes zu einem oft 1 Mm. breiten Saume beobachtet haben will. Vielleicht waren die Strömungserscheinungen im Spiel, vielleicht aber auch eine specifische Verschiedenheit, deren Möglichkeit ja durchaus offen steht.

Im Allgemeinen musste es mich bei meinen Beobachtungen frappiren, dass je grösser die Schwärmer werden, um so mehr sich für gewöhnlich deren Bewegung von dem richtenden Einflusse des Lichtes emancipirt. Habe ich in einem Präparate kleinere und grössere Schwärmer von Haematococcus beisammen, so sehe ich sie in der Richtung des Lichteinfalls sich durchschnittlich in um so geraderen Bahnen bewegen, je kleiner sie sind. Bei Haematococcus kommt noch hinzu, dass die kleineren Schwärmer auch schneller als die grossen forteilen, was Letzteres, wohl vom Lichte

[1]) l. c. p. 247.
[2]) p. 182.
[3]) l. c. p. 246.
[4]) Pflanzenzelle p. 148.

unabhängig, nur der Kraft des motorischen Apparates im Verhältniss zur Körpermasse zuzuschreiben ist. Die geradere Bahn und die grössere Schnelligkeit zusammen bedingen, dass die kleineren Schwärmer den Weg von dem einen Tropfenrande zum anderen oft in einer Minute durchlaufen konnten, wogegen die grossen Schwärmer 3—4 Minuten Zeit dazu brauchten. — Dass die kleineren Schwärmer unter dem Einflusse des Lichtes in geraderen Bahnen als die grösseren fortschreiten fällt auch bei Ulothrix auf. — Die grössten Schwärmer von Haematococcus reagiren auch auf das Licht am wenigsten, der Einfluss des Lichtes auf die um das Vielfache grösseren Schwärmer von Oedogonium erscheint in den Präparaten noch schwächer, er äussert sich überhaupt nicht mehr auf die grössten unter den Schwärmern, nämlich diejenigen von Vaucheria.

Wenig zu dem Gesagten scheint die Angabe Thuret's zu passen, dass auch die Schwärmer von Codium tomentosum und von Ectocarpus firmus so gut wie keine Beziehung zum Lichte besitzen [1]), denn die Schwärmer von Codium tomentosum sind kleiner als die grösseren von Haematococcus und diejenigen von Ectocarpus firmus übertreffen selbst nicht an Grösse die kleinsten von Haematococcus. Doch die Differenzen im Verhalten der grösseren und kleineren Schwärmer von Haematococcus und Ulothrix, das geschilderte Verhalten der Schwärmer von Oedogonium und Vaucheria sind eben auch Thatsachen und die Thuret'schen Angaben beweisen somit nur, dass es auch ausnahmsweise unter kleineren Schwärmern der Chloro- und Phaeosporeen solche giebt, die auf Licht nicht reagiren. Eine solche Ausnahme fand ich auch selber in den von Pringsheim entdeckten kleinen Schwärmern von Bryopsis. Während die grösseren, grün gefärbten sehr lichtempfindlich sind, bleiben die kleinen, an Grösse die Gameten von Botrydium nicht übertreffenden, gelb gefärbten Schwärmer in den Präparaten durch den ganzen Tropfen zerstreut.

Der Einfluss des Lichtes auf die Bewegungsrichtung bestimmter Schwärmer einmal festgestellt, lag es auf Grund schon vorhandener Angaben nahe, diesen der Wirkung der stärker brechbaren Strahlen zuzuschreiben. Vornehmlich sollen nach Cohn Versuche mit farbigen Gläsern zeigen, dass nur die stärker brechbaren, actinischen Strahlen die Bewegungsrichtungen der Schwär-

---

[1]) l. c. p. 247.

mer induciren, die schwächer brechbaren sich wie Abwesenheit des Lichtes verhalten. „Die Organismen werden von den blauen Strahlen am stärksten angezogen, während sich die rothen wie totale Finsterniss verhalten[1]).“

Meine Versuche wurden angestellt in einem dunklen Zimmer, das nur an einer Stelle Licht durch eine kreisrunde Oeffnung von 7 Cm. Durchmesser einliess. Vor diese Oeffnung wurden parallelwandige Flaschen mit farbigen Lösungen oder auch farbige Gläser befestigt. Die Flaschen waren zunächst mit Lösungen von doppelt chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak angefüllt. Die Concentration dieser Lösungen wurde so regulirt, dass die eine das minder brechbare Licht bis in das Grün hinein, die andere das stärker brechbare von Grün an durchliess. Ein Streifen des intensivsten Grün bei b wurde durch beide Lösungen absorbirt. Ausser diesen beiden Lösungen benutzte ich noch tiefrothes Rubinglas, das nur Roth und etwas Orange durchliess, ein grünes Kupferoxydglas, ein violettes Manganglas und dann auch das Licht einer Natriumflamme.

Das Resultat war nun das, dass die phototaktischen Schwärmer in dem durch die Kupferoxydammoniaklösung gegangenen Lichte ganz ebenso wie im gemischten Tageslichte sich verhielten; in dem durch die Kalibichromatlösung gegangenen Lichte, ebenso in dem Lichte der Natriumflamme und dem durch Rubinglas durchgelassenen gar nicht reagirten. Aus diesem folgt, dass hier die Wirkung ausschliesslich in der stärker brechbaren Hälfte des Spectrums liegt. Im blauen Lichte konnte ich aber alle dieselben Versuche wie im weissen Lichte anstellen, durch Steigerung und Verminderung der Intensität desselben bei den phototaktisch-photometrischen Schwärmern entgegengesetzt gerichtete Bewegungen auslösen.

Ich versuchte es nun weiter festzustellen, wie sich die einzelnen Abschnitte der stärker brechbaren Hälfte des Spectrums in ihren Wirkungen verhalten. Zunächst experimentirte ich mit der Kupferoxydammoniaklösung, dem Kupferoxydglase und dem Manganglase. Die Grenzen der Absorption sind zwar für die genannten Medien, namentlich aber für die Gläser nur unsicher festzustellen, sie hängen ganz von der Intensität der Beleuchtung ab. Für alle Fälle liess die Kupferoxydammoniaklösung, die ich benutzte, das Blau und Indigo von F bis G ganz ungeschwächt, die

[1]) Bericht der Vers. in Hannover 1866 p. 222.

erste Hälfte des Violett von G an ebenfalls ganz ungeschwächt, von da an bis H etwas geschwächt durch, geschwächt auch noch das grüne Licht von b bis F. Das Kupferoxydglas liess Spuren von Roth durch, von C an, etwas sehr geschwächtes Orange, das grüne und blaue und indigofarbige Licht von E bis gegen G in voller Intensität. Das Manganglas, das ich benutzte, absorbirte aber gerade das Blau zwischen 0,00050 bis 0,00049 Mm. sehr stark und liess, abgesehen von Roth und Grün, das Violett sehr vollkommen durch. Das Roth brauchte ich als unwirksam aus meinen Versuchen nicht zu eliminiren, das Grün, als sehr wenig, wenn überhaupt wirksam, konnte auch nur in sehr geringem Grade die Resultate beeinflussen. Somit gaben die Lösung und die beiden Gläser sehr brauchbare Vergleichungsobjecte ab, da die Kupferoxydammoniaklösung alle die stärker brechbaren Strahlen mit nur geringer Schwächung am brechbarsten Ende des Spectrums, das eine Glas das Blau und Indigo, das andere das Violett durchliess. Freilich konnte der Vergleich nur zutreffen bei gleicher Intensität des durchgelassenen Lichtes, über letztere war aber eine annähernde Orientirung möglich. Während nämlich „jede Vergleichung verschiedenfarbigen Lichtes durch das Auge nur einen physiologischen Werth hat und nichts aussagt über die objective Stärke der verglichenen Lichter", „kann das Auge sehr wohl gebraucht werden um zwei Lichtmengen von gleicher Qualität, z. B. zwei Mengen weissen Lichtes, oder zwei Mengen von derselben einfachen Farbe unter einander zu vergleichen", so zwar, dass „wenn zwei Lichtmengen gleicher Qualität das Auge, unter gleichen Umständen, gleich stark afficiren, wir schliessen dürfen, dass auch ihre objective Intensität gleich gross sei [1])."

Zunächst sei hervorgehoben, dass sich hinter der Kupferoxydammoniaklösung die Schwärmer fast eben so rasch wie im gemischten Tageslichte bewegten, somit anzunehmen war, dass alle die für diese Bewegung wirksamen Strahlen fast ungeschwächt diese Lösung passiren. Das Violett des Manganglases wurde sodann mit dem Violett der Kupferoxydammoniaklösung im Spectrum verglichen und sogar noch etwas intensiver in seinem brechbarsten Theile befunden, weiter das Blau und Indigo des Kupferoxydglases mit den gleichen Farben der Lösung und die gleiche Intensität im Blau, eine schwächere im Indigo der Lösung gegenüber festgestellt.

---

[1]) Helmholtz, Physiologische Optik 1867 p. 327.

In einem gegebenen Beobachtungstropfen legten die Botrydiumschwärmer den Weg von einem Rande zum andern im weissen Lichte in circa 2 Minuten zurück, fast eben so rasch hinter der Kupferoxydammoniaklösung, hinter dem Manganglase brauchten sie über 4—5 Minuten, nicht dass ihre Bewegung langsamer geworden, sondern weil ihre Bahnen sich gekrümmt hatten. Man konnte sich hiervon direct unter dem Mikroskop überzeugen. durch Wechseln zwischen der Lösung und dem Glase. Hinter dem Kupferoxydglase brauchten die gleichen Schwärmer zwischen 3—4 Minuten um dieselbe Strecke wie zuvor zu durchlaufen.

Ich hatte aus diesen Versuchen somit schliessen können, dass die stärkste Action hier durch das Licht zwischen F und G ausgeübt wird. Dass das Grün bei dem erhaltenen Resultat so gut wie nicht mitwirkte, konnte aber leicht constatirt werden. Ich stellte mir zu diesem Zwecke eine Kalibichromatlösung her, welche das Grün fast bis an's Blau durchliess; diese wurde nun während der Beobachtung vor das Kupferoxydglas gehalten, so dass nur noch Grün durch beide Medien passiren konnte, und sofort hörte auch die Reaction der Schwärmer fast vollständig auf.

Ich controlirte diese Versuchsreihen auch hinter Lösungen von mangansaurem Kali und übermangansaurem Kali entsprechender Concentration, auch hinter in Wasser löslichem Anilinblau, immer mit dem Resultate, dass sowohl Blau als Violett einen richtenden Einfluss auf die Schwärmer üben und dass das Maximum der Wirkung noch diesseits der Linie G liege.

Das führte mich aber noch zu weiteren Versuchen im objectiven Spectrum. Da es sich hierbei um etwa noch festzustellende Wirkungen auch der brechbarsten Strahlen handeln konnte, diese aber durch Glas stark absorbirt werden, so benutzte ich zu meinen Experimenten zwei Silberspiegel, eine Quarzlinse und ein Quarzprisma. — Der eine Silberspiegel wurde am Heliostat befestigt und mit Hilfe desselben liess ich ein Bündel paralleler Sonnenstrahlen durch einen schmalen, verticalen Spalt, horizontal in das dunkle Zimmer einfallen. Der Spalt war durch die Gravesand'schen Schneiden gebildet, ich hatte dieselben bis 0,4 Mm. genähert um ein möglichst reines Spectrum zu erhalten. Die Quarzlinse war in nicht ganz der doppelten Brennweite vom Spalte aufgestellt, das Quarzprisma dicht dahinter. Es ist ein Quarzprisma von 60°, die optische Axe steht rechtwinklig zur brechenden Kante, gleiche Winkel mit beiden Flächen bildend. Das Spectrum wurde horizontal in der Richtung der minimalen Ablen-

kung entworfen, dann aber mit Hilfe des zweiten Silberspiegels nach Bedürfniss abwärts gelenkt. Die Präparate exponirte ich in Entfernungen, in denen das Spectrum deutlich die Fraunhofer'schen Linien zeigte. Wurde das Spectrum vertical abwärts geworfen, so maass in eben dieser Entfernung der sichtbare Theil c. 55 Mm., auf Uranglas leuchteten noch über 40 Mm., jenseits des sichtbaren Endes, in grünlichem Lichte auf.

Zu meinen Versuchen wandte ich vornehmlich die Botrydium-Schwärmer an, weil es mir so leicht war, von einem Tage auf den andern stets das nöthige Untersuchungsmaterial zu schaffen.

Wurden die Schwärmer den einzelnen Abschnitten des vertical abwärts entworfenen Spectrums exponirt, so zeigten sie nur dann schwache einseitige Ansammlungen, wenn der Tropfen sich an der Grenze von Grün und Blau oder von Violett und Ultraviolett befand. Im ersten Falle strebten die Schwärmer merklich dem Blau, im letztern Falle dem Violett zu. Ich erkläre mir die Erscheinung, indem ich annehme, dass das Blau und Violett als schwache Quelle diffusen Lichtes, nach dem Grün und Ultraviolett hin wirkten, welche letzteren sich ihnen gegenüber wie volle Dunkelheit verhalten müssen. Denn wir wissen, dass Grün keinen merklich richtenden Einfluss auf die Schwärmer ausübt und für das Ultraviolett sollen wir dasselbe erfahren. — Innerhalb der wirksamen Theile des Spectrums zeigen die Schwärmer keinerlei Ansammlung, ähnlich wie sie dieselbe im senkrecht auffallenden weissen Lichte bei Einschaltung des Huminsäure führenden Prismas nicht zeigten, denn die kräftige Wirkung in der Richtung des Strahlengangs paralysirt die Wirkung, die sich etwa seitlich durch diffuse Beleuchtung in der Richtung des Maximum der Wirkung im Spectrum geltend machen könnte.

Hierauf wurde das Spectrum schräg abwärts entworfen und zwar so, dass es sein violettes Ende der Lichtquelle (dem zweiten Spiegel) zukehrte. Das Resultat war nun, dass in allen wirksamen Theilen des Spectrums die Schwärmer sich an dem der Lichtquelle zugekehrten Tropfenrande ansammelten. Dem Zeitmaass nach erfolgte die Ansammlung am schnellsten im indigofarbigen Lichte und nahm unmerklich nach beiden Seiten von hier ab, um etwa um ein Drittel geschwächt, an den Grenzen von Grün und Ultraviolett ziemlich plötzlich aufzuhören. Nach den Erfahrungen, die ich im weissen Lichte mit dem absorbirenden Prisma gemacht hatte, konnte es mich nicht mehr wundern, dass die Botrydium-Schwärmer nach dem der Lichtquelle zugekehrten

Tropfenrande so lange eilen, als sich überhaupt noch Spuren von Wirkungen geltend machen, und obgleich sie dabei am violetten Ende des Spectrums augenscheinlich aus wirksameren in weniger wirksame Gegenden gelangen.

Bei Umkehrung des Spectrums, so dass dieses nun sein rothes Ende der Lichtquelle zukehrte, waren ganz die nämlichen Erscheinungen zu beobachten, und zwar war es nun am grünen Ende der brechbareren Hälfte, dass die Schwärmer aus den activeren in weniger active Regionen des Spectrums eintreten mussten, um sich am positiven Rande der Tropfen anzusammeln.

Um noch reinere Versuche mit den einzelnen Abschnitten des Spectrums zu erhalten wurde dieses schliesslich in der Weise schräg abwärts entworfen, dass es quer zur Lichtquelle zu stehen kam. Die einzelnen Farben wurden nun nach Bedürfniss durch Schirme isolirt und mit einzelnen derselben experimentirt. Der Ausfall war kein anderer als in den früheren Versuchen, die Schwärmer hatten aber jetzt, um sich am positiven Rande der Tropfen zu sammeln, quer zu der Ausdehnung des Spectrums zu schreiten.

Um das Maximum der Wirkung im Spectrum direct anschaulich zu machen, entwarf ich dasselbe schliesslich noch auf einen vertical aufgestellten, weissen Papierschirm. Dieser diente nun als diffuse Lichtquelle, vor welcher die Präparate in entsprechender Entfernung aufgestellt wurden. Alle wirksamen Farben konnten nunmehr in directe Concurrenz treten und ihren besonderen Einfluss auf die Bewegung der Schwärmer geltend machen. Augenscheinlich war es nun, dass der jeweilig dem Indigo zugekehrte Tropfenrand die stärkste Ansammlung zeigte. Wurden zwei Präparate gleichzeitig, das eine in gerader Richtung vor dem Blau, das andere in gerader Richtung vor dem Violett exponirt, so konnte man die Schwärmer in beiden Präparaten nach dem Indigo zu convergiren sehen.

Ich habe bisher unberührt gelassen, dass ich bei den directen Versuchen im Spectrum, um die Wirkung reflectirten Lichtes möglichst auszuschliessen, das Spectrum meist auf schwarzen Sammet entwarf und die Präparate auch meist ohne Objectträger, nur mit dem Papprahmen allein, exponirte. Auch blieb ich schliesslich in meinen Versuchen bei Botrydium stehen, weil die photometrischen Schwärmer wegen ihrer entgegengesetzt gerichteten Bewegungen weniger bestimmte Resultate geben.

Um aber die jedesmaligen Resultate der Ansammlungen in den Präparaten zu prüfen, war in demselben Zimmer, in dem das

Spectrum entworfen wurde, ein Mikroskop aufgestellt, welches Licht von aussen durch eine mit Kalibichromatlösung gefüllte Flasche erhielt.

Vor der Exposition im Spectrum wurde meist erst die gelbe Flasche entfernt und eine scharfe Ansammlung der Schwärmer am positiven Tropfenrande im diffusen Tageslichte veranlasst. Dann wurde die Oeffnung durch die gelbe Lösung von Neuem geschlossen, und das Präparat mit dem die Schwärmer führenden Rande von der Lichtquelle hinweg, den Spectralfarben ausgesetzt. Manchmal liess ich auch die Schwärmer sich direct in diesen ansammeln und kehrte dann das Präparat um.

Ich habe die minder brechbare Hälfte des Spectrums zunächst ausser Acht gelassen und konnte es auch in der That, da ich in keinem der bisherigen Versuche eine Ansammlung der Schwärmer in derselben erhalten hatte. Da nun aber eine Angabe von Guillemin[1]) und neuerdings auch von Wiesner[2]) vorliegt, dass für die heliotropischen Krümmungen ein Maximum der Wirkung an der Grenze von Violett und Ultraviolett, ein zweites kleineres Maximum im Ultraroth liegt, so galt es mir das ultrarothe Ende des Spectrums noch ganz besonders in seiner etwaigen Wirkung auf die Schwärmer zu prüfen. Ich benutzte nunmehr, um das Spectrum zu entwerfen, ein Steinsalzprisma, welches wie bekannt das rothe Ende des Spectrums am vollkommensten durchlässt. Leider giebt das Steinsalzprisma, was auch Guillemin schon betont[3]), einen schwachen diffusen Lichtstreifen, der nach beiden Enden das Spectrum fortsetzt, die Bedingungen für die Experimente schienen somit nicht günstig, letztere fielen trotzdem ganz überzeugend aus; so lange ich nämlich auch die Präparate dem ultrarothen Ende des Spectrums aussetzte: es traten keine Ansammlungen ein.

Die zunehmende Dispersion von Roth zum Violett habe ich bei der Feststellung der Maximalwirkung im Spectrum unberücksichtigt gelassen. Denn bei der Dispersion wird die Wellenlänge des Lichts zum Maassstab genommen, dieser kommt aber durchaus keine objective Bedeutung für die Vergleichung von Lichtwirkungen zu. Für meine Zwecke war es allein nothwendig die zu vergleichenden Theile des Spectrums auf gleiche Länge zu brin-

---

[1]) Ann. d. sc. nat. Bot. IVme ser. p. 171. 1857.
[2]) Szber. der Wien. Akad. 1878 p. 137.
[3]) l. c. p. 160.

gen, das liess sich aber durch Aenderung des Abstandes der Präparate vom Prisma leicht erreichen.

Ausser der fortschreitenden Bewegung zeigen die Schwärmer mancher Algen auch noch eine zitternde, welche bei den grossen Schwärmern von Haematococcus besonders auffallend wird. Gleichzeitig musste ich auch bemerken, dass beim Einschalten der Kupferoxydammoniaklösung das Zittern aufhörte, beim Einschalten der Kalibichromatlösung hingegen fortdauerte, ungeachtet die Bewegungsrichtung nun eine ganz willkürliche geworden war. Die zitternde Bewegung der Schwärmer von Haematococcus wird also durch die Strahlen der minder brechbaren Hälfte des Spectrums veranlasst und die bedeutende Abnahme dieser Bewegung hinter Rubinglas zeigt, dass es die für unser Auge hellsten Strahlen sind, welche hier vornehmlich die Erscheinung auslösen. Auch diese hellstleuchtenden Strahlen wirken übrigens nur bei hinreichender Intensität, Abdämpfen des Lichtes hebt das Zittern auf.

Die am Tropfenrande angesammelten Schwärmer zeigen, abgesehen von der zitternden Bewegung in sehr intensivem Lichte, auch noch die Neigung sich an Ort und Stelle um ihre Axe zu drehen. Ersetzen wir das gelb-rothe Licht durch blau-violettes, so hört das Drehen alsbald auf.

Nachwirkungen machen sich bei diesen Versuchen auch geltend. Werden die Schwärmer aus dem blau-violetten Lichte plötzlich in das gelb-rothe gebracht, so halten sie noch eine Weile ihre graden Bahnen ein. Nicht so übrigens bei Botrydium, dessen Schwärmer auch in diesem Falle keine Nachwirkung zeigen und sich sofort im gelb-rothen Lichte zerstreuen. Auch zeigt sich bei Botrydium bei Einschaltung der blau-violetten Lösung, jedenfalls wegen der wenn auch geringen Lichtschwächung, eine ähnliche Erschütterung wie sie auch bei jeder sonstigen Abdämpfung des Lichtes bemerkbar wird. Andererseits zeigte die zitternde Bewegung der Schwärmer von Haematococcus beim plötzlichen Abdämpfen des Lichtes kurze Nachwirkung, bei Erhöhung der Lichtintensität beginnt das Zittern auch erst nach einer Weile.

Die Experimente mit farbigen Lösungen und Gläsern, die ich im dunkeln Raume zunächst angestellt hatte, lassen sich aber auch in jedem Zimmer ohne alle weitere Vorbereitung wiederholen. Es genügt die Flaschen mit den Lösungen oder die farbigen Gläser so zwischen das Mikroskop und die Lichtquelle einzuschalten, dass Präparat und Mikroskopspiegel von dieser Seite her nur farbiges Licht erhalten. Sofort treten dann die geschilderten

Wirkungen ein. Die geraden Bahnen der Schwärmer, die in der Wanderung von dem einen Rande des Beobachtungstropfens zum andern begriffen sind, werden durch Einschalten der Kalibichromatlösung sofort sistirt, andererseits sieht man sie, nach Entfernen der Lösung, sofort wieder diese Bahnen einschlagen. Sofort auch hört bei Haematococcus das Zittern auf beim Einschalten der blau-violetten Lösung, ungeachtet die Schwärmer in den geraden Bahnen verbleiben, ja in Folge des Wegfalls der zitternden Bewegung sogar noch gerader fortzuschreiten scheinen.

Eine Abhängigkeit der Drehungsrichtung der Schwärmer vom Lichte, wie sie von Cohn behauptet wird [1]), konnte ich in meinen Versuchen nicht feststellen.

Dagegen machte ich noch eine weitere Beobachtung an Botrydium, welche freilich nur eine mittelbare Folge des Lichteinflusses ist. Weil nämlich diese Schwärmer im blau-violetten Licht in viel geraderen Bahnen sich bewegen, so stossen sie auch seitlich weniger auf einander und copuliren daher nur wenig; wird hingegen das blau-violette Licht durch das gelb-rothe ersetzt so werden die Bahnen der Schwärmer unregelmässig und veranlassen ein vielfaches Begegnen derselben und daher auch reichliche Copulation.

Der Umstand, dass es die grössere oder geringere Intensität der brechbareren Strahlen des Spectrums ist, welche die Vor- oder Rückwärts-Bewegung der phototaktisch-photometrischen Schwärmer bestimmt, erklärt das Verhalten derselben im Lichte von Gasflammen. Setzte ich diesen die Schwärmer von Haematococcus aus, so sammelten sie sich immer am positiven Rande des Tropfens, auch dann wenn sie das Tageslicht von scheinbar viel geringerer Intensität flohen. Die relative Armuth der Gasflamme an stärker brechbaren Strahlen erklärt diese Erscheinung hinlänglich; solches Licht musste trotz scheinbar grösserer Intensität selbst schwachem Tageslichte in der Wirkung nachstehen. Nur die lichtscheuesten Schwärmer von Haematococcus und von Ulothrix gelang es mir auch im Gaslicht auf die Schattenseite des Tropfens zu zwingen [2]). Dem Reichthum der Gasflamme an schwächer brechbaren Strahlen gemäss zitterten aber die Haematococcus-

---

[1]) Ber. der Vers. in Hannover 1866 p. 222.

[2]) Daher denn auch bei früheren Versuchen dieser Art stets die Angabe, dass sich die Schwärmer an dem Lichtrande der Gefässe oder Tropfen sammelten. Vergl. Cohn für Euglenen Schles. Ges. 1863 p. 103, Dodel-Port für Ulothrix Bot. Zeitung 1876 p. 181.

Schwärmer sehr stark in diesem Lichte. Hingegen hörte wieder das Zittern auf, wenn ich zwischen die Flamme und das Präparat eine mit sehr diluirter Kupferoxydammoniaklösung gefüllte Glaskugel einschaltete. Um aber bei allen diesen Versuchen specifische Wärmewirkungen auszuschliessen, wurden gleichzeitig concentrirte Alaunlösungen zwischen die Gasflamme und das Präparat gebracht.

Mit einer künstlichen Lichtquelle gelang es mir übrigens ebenso intensive Wirkungen wie mit dem Tageslichte zu erzielen, als ich meine Zuflucht zum Magnesiumlichte nahm. Die Flamme wurde mit Hilfe eines Uhrwerks regulirt. Dieselbe ist bekanntlich sehr reich an stark brechbaren Strahlen und so gelang es mir denn auch mit deren Hilfe relativ leicht, Ansammlungen von Haematococcus-Schwärmern am negativen Tropfenrande zu erzielen. Soll das Experiment übrigens gleich befriedigend ausfallen, so wähle man zu demselben frisch angefertigte Präparate, in denen die erste Ansammlung durch das Magnesium veranlasst werden soll, und nicht Präparate in denen die Ansammlung bereits an dem einen Rande erfolgte und nun durch Magnesiumlicht auf die entgegengesetzte Seite herübergebracht werden soll, weil die inzwischen fixirten Schwärmer die Reinheit des Resultates trüben.

IV. Verhalten im Dunkeln.

Die Chilomonas curvata reagirt erst auf Licht von relativ hoher Intensität, an trüben Tagen gelang es mir oft nicht sie zur Ansammlung am Tropfenrande zu veranlassen, sie blieb in dem ganzen Tropfen zerstreut; hellte sich der Himmel auf, so wanderte sie auf die Lichtseite des Tropfens. Bei Haematococcus, Ulothrix, Botrydium u. s. w. macht sich hingegen der Einfluss von Licht einer sehr geringen Intensität noch geltend. Haematococcus-Schwärmer sah ich z. B. an dem positiven Tropfenrande sich sammeln, als die vorhandene Helligkeit kaum ausreichte, um mittelstarke Druckschrift zu lesen. Ganz ausnahmsweise sind mir Schwärmer dieser Alge vorgekommen, welche Licht von fast gleich geringer Intensität noch flohen, dann aber, bei weiterem Sinken der Helligkeit, sich gleichmässig im Tropfen zerstreuten, ohne, wie ich es erwartet hatte, nach dem positiven Rande des Tropfens zu wandern. Aehnliches konnte ich, in vereinzelten Fällen, bei Scytosiphon lomentarium beobachten. Da ganz im Allgemeinen

ein Sinken der Helligkeit bis auf gewisse niedere Maasse selbst die lichtscheuesten Schwärmer auf die stärker beleuchtete Seite überführt, so sahen wir denn, beispielsweise, am Abend, in den Culturen von Haematococcus, diejenigen Schwärmer welche nicht zur Ruhe gekommen waren, wieder an die Oberfläche steigen. Am schönsten liess sich das gelegentlich in einem Becherglase verfolgen, in dem die Schwärmer unten am Zimmerrande eine Wolke bildeten, die dann, bei Sonnenuntergang, nach dem oberen Fensterrande der Flüssigkeit sich in Bewegung setzte. Im Freien werden solche Schwärmer ebenfalls an die Oberfläche des Wassers steigen.

Im Dunkeln bleiben die Schwärmer in Bewegung, sie kommen nicht zur Ruhe, es sei denn dass sie absterben. Dieses Verhalten war bereits Cohn für Haematococcus aufgefallen: diese Schwärmzellen bewegen sich, schreibt er, im Dunkeln ununterbrochen „ohne sich, wie gewöhnlich, am Boden niederzusenken und in die ruhende Form oder in Theilung überzugehen [1]).“ Ich fand dabei dass sich die Schwärmer entweder gleichmässig in der ganzen Flüssigkeit schwärmend vertheilen, oder, falls sie zuvor schon in ihrer Bewegung sehr geschwächt waren, sich unten am Boden ansammeln, ohne jedoch in den definitiven Ruhezustand übergehen zu können. Die Culturen mit beweglicheren Schwärmern sind für die weitere Beobachtung vorzuziehen. Es gelingt die Schwärmer von Ulothrix bis gegen 3 Tage lang, diejenigen von Haematococcus oft bis über 2 Wochen in Bewegung zu erhalten. Die Ulothrix-Schwärmer sind nach 3 Tagen fast alle todt und zu Boden gesunken, wo sie sich nun langsam zersetzen; die Schwärmer von Haematococcus werden bevor sie absterben so mager, dass sie fast Mitleid erregen: sie werden blasser, ihr Körper immer kleiner, wobei namentlich dessen vorderer Theil sich mehr und mehr verdünnt; in manchen Fällen erscheint er fadenförmig, in anderen Fällen keulenförmig, und durch eben diesen Faden oder diese Keule wird der Zusammenhang mit den Cilien hergestellt. In dem Maasse als der Körper kleiner wird, erscheint dessen Cellulosehülle grösser, ja sie wächst noch an sich nicht unbedeutend, so dass sie schliesslich ganz weit vom Körper absteht. Endlich stirbt der Schwärmer und zersetzt sich am Boden des Gefässes liegend [2]). Sind die in's Dunkle gebrachten Schwärmer von

---

[1]) Nova acta Bd. XXII P. II. 1850 p. 721.

[2]) Vergl. auch Cohn l. c. p. 720.

Haematococcus hüllenlos, so wird ihre Hülle auch im Dunkeln, ebenso wie im Lichte, nur langsamer erzeugt. Die Botrydium-Schwärmer kommen im Dunkeln nur so weit rasch zur Ruhe, als sie copuliren, die Copulationsvorgänge spielen sich aber relativ nur langsam ab. Schwärmer die nicht copulirten und die im Lichte gehalten, noch im Laufe des Tages abgestorben wären, blieben im Dunkeln tagelang in Bewegung; ich beobachtete sie selbst am vierten Tage; schliesslich gingen sie zu Grunde. Die Schwärmer von Chytridium vorax bleiben im Dunkeln ebenfalls länger als im Lichte in Bewegung, setzen sich aber schliesslich in normaler Weise fest und können auch ihre ganze weitere Entwicklung, falls sie ihre Opfer mit den Haustorien erreichen, normal durchlaufen.

Interessant ist es nun aber, dass die Schwärmer bis zum letzten Augenblick ihre Lichtempfindlichkeit nicht einbüssen. In dieser Beziehung unterscheiden sie sich von den Pflanzen mit periodisch beweglichen und für Licht oder Erschütterung reizbaren Laubblättern, welche in's Dunkle gebracht, nach einem oder mehreren Tagen in die Dunkelstarre verfallen und die in's Licht wieder versetzt, erst nach mehrstündiger, oder je nach Umständen, erst nach tagelanger Einwirkung desselben, den beweglichen Zustand zurückerlangen [1]). Die Schwärmer aus dem Dunklen in's Licht gebracht, reagiren auf dasselbe so lange als sie überhaupt noch leben. Hat man die Schwärmer aber auf ihre Lichtstimmung vor dem Einbringen in's Dunkle geprüft, so kann man sich auch überzeugen, dass sie bis zum letzten Augenblicke ihre Stimmung nicht verändern. Waren sie auf eine hohe Lichtintensität gestimmt, so zeigen sie dieselbe auch jetzt bei jedem Versuche, eben so das Umgekehrte, wenn sie zuvor Licht von geringer Intensität aufsuchten. Die Schwärmer müssen übrigens, sollen die Versuche rein ausfallen, unter bestimmten Vorsichtsmaassregeln, auf die ich für später verweise, im Dunkeln aufbewahrt werden.

Eine kurz andauernde Nachwirkung der Dunkelheit macht sich aber bei den aus dem Dunkeln gebrachten Haematococcus-Präparaten in demselben Sinne geltend, wie an Präparaten, die einem Lichte geringerer Intensität ausgesetzt, nunmehr in ein Licht grösserer Intensität gebracht werden. Diese Nachwirkung hält aber hier wie dort kaum eine Minute an, dann kommt die eigentliche Stimmung der Schwärmer zum Ausdruck. Von

---

[1]) Sachs, Lehrb. IV. Aufl. p. 857.

dieser Nachwirkung kann man sich leicht überzeugen, wenn man unter dem Mikroskope, nach erfolgter Ansammlung der Schwärmer am negativen Rande des Tropfens diesen Rand einstellt und nun einen dunkeln Recipienten über das Mikroskop stülpt. Wird nach einigen Minuten der Recipient entfernt (und man darf nicht zu lange warten, damit sich die Schwärmer im Tropfen nicht zuvor zerstreuen), so kann man bei sofortiger Beobachtung sehen, wie die das Licht zuvor fliehenden, am negativen Rande des Tropfens angesammelten Schwärmer, sich jetzt in entgegengesetzter Richtung in Bewegung setzen. Sie gelangen oft bis zur Mitte des Tropfens, um dann umzukehren. Die Nachwirkung ist keine andere, wenn das Präparat nur wenige Minuten lang verdunkelt wurde, oder wenn die Schwärmer nach tagelangem Aufenthalte im Dunkeln an's Licht gebracht werden. Die kleinen Schwärmer von Haematococcus verhalten sich wie die grossen, die Botrydium-Schwärmer verrathen hingegen auch hier keine Nachwirkung, ebensowenig andere Schwärmer, welche bei Steigerung der Lichtintensität diese Eigenschaften nicht zeigten.

V. Wirkung der Wärme auf die phototaktischen Schwärmer.

Exponirte ich in einem dunklen Raume photometrische Schwärmer dem Einflusse einer Gasflamme, so sammelten sie sich, wie schon früher erwähnt wurde, am Lichtrande des Tropfens. Diese Ansammlung erfolgte trotz Einschaltung concentrirter Alaunlösung, die bekanntlich sehr atherman ist, wurde hingegen aufgehoben durch die, für dunkle Wärmestrahlen sehr diathermane, Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff. Somit war der Beweis geliefert, dass der Gang der dunklen Wärmestrahlen keinen Einfluss auf die Bewegungsrichtung der Schwärmer ausübt. Ebensowenig konnten diese Strahlen die Schwärmer an einer zu deren Einfall rechtwinkligen Bewegung hindern, wenn ich auf das Präparat, unter 90°, auch noch so gedämpftes Tageslicht einwirken liess.

Hingegen beeinflussen die Temperaturen sehr den Grad der Lichtempfindlichkeit bestimmter Schwärmer, so zwar, dass Erhöhung der Temperatur bis auf ein gewisses Maass sie auf höhere, Erniedrigung der Temperatur bis auf ein bestimmtes Maass sie auf niedrigere Lichtintensitäten stimmt.

Die Versuche führte ich im geheizten Zimmer unter Glocken

aus, die auf Gefässen mit warmem oder mit kaltem Wasser ruhten. Oder die Glocken wurden in verschiedene Zimmer vertheilt, die ungleiche Temperaturen zeigten. In die Glocke war ein Thermometer eingelassen, das Präparat, falls über warmen oder kalten Gefässen experimentirt wurde, nicht direct auf dieselben gelegt, sondern über denselben in halber Höhe der Glocken, in der Nähe der Thermometerkugel, angebracht.

Am besten fielen die Versuche mit den Schwärmern von Haematococcus aus, weil dieselben auch unter relativ sehr starken Temperaturschwankungen nur wenig leiden. Hatte ich Schwärmer vor mir, die sich bei der gewöhnlichen Temperatur meines Arbeitszimmers (16—18 ° C.) am positiven Rande des Tropfens angesammelt hatten, so war ich so gut wie sicher, sie nun, bei gleicher Lichtintensität, auf den negativen Rand des Tropfens überzuführen, wenn ich das Präparat einer Temperatur von circa 4 ° C. aussetzte. Bei so niederer Temperatur gingen sie gewöhnlich fast alle auf den negativen Rand des Tropfens über. Andererseits war ich fast sicher auch die lichtscheuesten Haematococcus-Schwärmer auf dem positiven Tropfenrande zu finden, wenn ich das Präparat einer Temperatur von circa 35 ° C. exponirte.

Da diese Ergebnisse leicht als Folge von Strömungen in den Tropfen gedacht werden können, musste mit Vorsicht experimentirt werden. Erstens wurde festgestellt, dass die stärkere Erwärmung oder Abkühlung der Präparate von unten her, ähnlich wie die Beleuchtung der Präparate vom Mikroskopspiegel aus, an sich keine Randansammlungen der Schwärmer veranlassen kann. Weiter aber, um Strömungen durch ungleiche Vertheilung der Temperaturen im seitlichen Umfang der Glocken, welche Strömungen in der That zu Randansammlungen der Schwärmer führen könnten, zu verhüten, wurde nun an vom Fenster entfernteren Orten der Zimmer, wo ich eine gleichmässige Vertheilung der Wärme im Umfange der Glocke annehmen konnte, experimentirt; auch prüfte ich stets mit Emulsionstropfen die Verhältnisse innerhalb der Glocken; endlich suchte ich durch seitlich angebrachte Gefässe mit kaltem und heissem Wasser absichtlich eine ungleiche Vertheilung der Wärme im Umkreis der Glocken herbeizuführen. Alle diese Controlversuche zeigten übereinstimmend, dass die Ursache der Ansammlung der Schwärmer in dem Tropfen, nur dem Lichte zugeschrieben werden konnte. Auch erhielt ich stets die nämlichen Resultate, ob ich über den wärmenden und kühlenden Gefässen, oder direct in Zimmern von einer bestimmten Temperatur experimen-

tirte. Endlich fielen direct im Freien angestellte Versuche auch im gleichen Sinne aus.

Nicht jede Erhöhung der Temperatur bringt aber sofort der vorausgegangenen entgegengesetzte Bewegungen der photometrischen Schwärmer im Tropfen, nämlich vom negativen zum positiven Rande, hervor, und nicht jede Erniedrigung der Temperatur sofort die Bewegung vom positiven zum negativen Rande. Es treten diese Wirkungen erst mit einem gewissen Grade der Temperatur-Erhöhung oder Temperatur-Erniedrigung ein. Dieses Maass ist aber für die einzelnen Culturen, ja für die einzelnen Präparate, je nach der Lichtstimmung der Schwärmer, verschieden[1]). Im Allgemeinen habe ich gefunden, dass sich die Schwärmer innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen an die gegebene, mittlere Temperatur ihrer Geburtsstätte mehr oder weniger anpassen, so dass diese gewissermaassen zu einer mittleren Temperatur für sie wird. Bei dieser Temperatur nun, so weit sie nicht zu starken Schwankungen unterworfen ist, machen sie ihren ganzen Entwickelungsgang durch, der, wie wir wissen, auch mit einer Aenderung der photometrischen Eigenschaften verbunden ist. Ich habe vom gleichen Orte und gleichzeitig geholte Steine mit Haematococcus in Gefässe gebracht, die theilweise in einem Zimmer von durchschnittlich 16 ° C. theilweise in einem solchen von durchschnittlich 10 ° C. in gleicher Entfernung vom Fenster placirt wurden. Am nächsten resp. übernächsten Tage fand ich in beiden Zimmern die Schwärmer, wenn ich sie an Ort und Stelle untersuchte, am positiven Rande der Tropfen angesammelt; ich trug nun die Präparate aus dem wärmeren in das kältere Zimmer und die Schwärmer eilten in demselben an den negativen Rand des Tropfens. Oder ich fand auch in beiden Zimmern die Schwärmer am negativen Rande des Tropfens; ich trug nun das Präparat aus dem kälteren in das wärmere Zimmer und die Schwärmer sammelten sich jetzt am positiven Rande. Von den, der Anlage nach völlig gleichen Culturen zeigten sich die einen somit auf die Temperaturverhältnisse des kälteren, die anderen auf diejenigen des wärmeren Zimmers gestimmt.

---

[1]) Beliebiges Beispiel: Ein Präparat in 0,5 M. Entfernung vom Fenster und 18 ° C. negativ, in 2 M. Entfernung gebracht bei 36 ° C. positiv, positiv noch bei 26 ° C., auf 8 ° C. abgekühlt negativ, einer Temperatur von 18 ° C. ausgesetzt negativ, auf 32 ° C. gebracht wieder positiv, zurück auf 18 ° C. negativ. Im Lichte einer Gaslampe (hinter Alaunlösung) positiv.

Auch die im Dunkeln aufbewahrten Schwärmer von Haematococcus reagiren noch bis zuletzt auf Temperaturdifferenzen, so dass ich sie auf den warmen oder den kalten Gefässen zu Ansammlungen am positiven oder am negativen Rande der Tropfen veranlassen kann.

Uebrigens darf weder in diesem letzten noch in den vorangegangenen Versuchen erwartet werden, dass sämmtliche Schwärmer jedesmal in der erwünschten Weise reagiren, einzelne schliessen sich immer von der Regel in Folge nicht weiter im Einzelnen zu ermittelnder Ursachen aus, gleich wie in Versuchen, die bei constanten Temperaturen ausgeführt werden.

Eben so günstig wie Haematococcus-Schwärmer sind für Prüfung des Einflusses der Temperaturen auch die kleineren Schwärmer von Ulothrix, sie reagiren relativ in eben so scharfer Weise. Nicht so die grösseren Schwärmer von Ulothrix, welche leicht von stärkeren Temperaturschwankungen leiden.

Wie die kleineren Schwärmer von Ulothrix verhalten sich diejenigen von Chaetomorpha aerea, welche ungeachtet ich sie bei mittlerer Zimmertemperatur stets nur positiv beobachtete, doch durch Abkühlung auf den negativen Tropfenrand leicht zu bringen waren. Aehnlich meist auch die Ulven, wo mir dies namentlich mit Ulva Lactuca gelang.

Die Schwärmer von Scytosiphon lomentarium, deren ich so viel bei mittlerer Zimmertemperatur negativ fand, werden hingegen durch sinkende Temperatur so rasch immobilisirt, dass die Ueberführung der positiven Schwärmer auf die negative Seite in Folge dessen meist nicht gelingt. Ebenso leiden diese Schwärmer schon durch geringe Temperaturerhöhung, was wiederum die Ueberführung der negativen Schwärmer nach dem positiven Tropfenrande erschwert.

Bei Botrydium, dessen Schwärmer phototaktisch, doch aphotometrisch sind, gelang es mir auch durch niedere Temperaturen nicht die Schwärmer auf die negative Seite zu bringen. Bei sinkender Temperatur werden die Schwärmer hier übrigens auch in ihrer Bewegung gelähmt.

Bei den grösseren Bryopsis-Schwärmern, die ja allein nur auf Licht reagiren, ist mir ebenfalls eine Ueberführung auf den negativen Tropfenrand nicht gelungen. Die fast ausnahmslos photophilen Schwärmer werden bei sinkender Temperatur träger und hören endlich auf sich zu bewegen, ohne den positiven Tropfenrand verlassen zu haben.

Chilomonas curvata bleibt ebenfalls am positiven Rande der Tropfen, so lange die Temperatur nicht etwa auf 6 bis 4 ° C. gesunken ist, dann aber zerstreut sie sich im Tropfen, wie bei unzureichender Lichtintensität. Ich beobachtete sie häufig in Tropfen, welche auch Haematococcus-Schwärmer führten. Während nun die Chilomonas nicht reagirten, war es gleichzeitig ein Leichtes alle grossen und kleinen Schwärmer von Haematococcus durch Temperaturerniedrigung auf den negativen Tropfenrand herüber zu führen, ein neuer Beweis, wenn es überhaupt noch solcher bedürfte, dass es sich hier nicht um Wirkungen von Strömungen auf die Schwärmer handelt, die ja sonst auch die Chilomonas, die annähernd an Volumen den grösseren Schwärmern von Haematococcus gleicht, mit auf den negativen Tropfenrand hätten führen müssen.

Alle diese bei höherer oder niederer Temperatur unter gleichzeitigem Einfluss des Lichtes eintretenden Bewegungen werden aber in dem Augenblicke aufgehoben, da ein undurchsichtiger Recipient über das Präparat gestülpt wird; die Schwärmer vertheilen sich dann in allen Fällen gleichmässig in dem Tropfen.

Wie die farblosen Schwärmer von Chytridium vorax bei gemässigter Temperatur auf das Licht ähnlich den Haematococcus-Schwärmern reagirten, so verhalten sie sich auch bei Temperaturwechsel in ihrer Stimmung diesen fast gleich. Die Experimente mit den genannten Schwärmern fallen aber nur gut aus, wenn es sich um Wirkung niederer Temperaturen handelt, obgleich sie selbst auch da etwas schwerfälliger als die Haematococcus-Schwärmer in ihrer Reaction sind; bei höherer Temperatur haben sie aber die ausgeprägte Neigung sich zu fixiren und in die amoeboid kriechende Form überzugehen, aus der man sie nicht sofort durch Temperaturerniedrigung herausbringt.

Beobachtet man die Haematococcus- und Ulothrix-Schwärmer unter dem Mikroskop bei Aenderung der Temperatur, so bemerkt man, dass eine jede plötzliche und starke Temperaturschwankung eine momentane Bewegung der Schwärmer in der Richtung der steigenden oder der sinkenden Helligkeit veranlasst, und zwar selbst dann, wenn die eingetretene Schwankung innerhalb derjenigen Grenzen liegt, welche unter sonst sich gleichbleibenden Bedingungen, die Schwärmer auf derselben Seite des Tropfens belassen hätte. Bringe ich z. B. Schwärmer, die auch bei 18 ° C. am positiven Rande des Tropfens bleiben, von 30 ° C. plötzlich auf diese Temperatur zurück, so sehe ich sie sich sämmtlich, mehr

oder weniger geradlinig, vom positiven Rande des Tropfens entfernen, bald aber nach demselben wieder umkehren, und zwar grösstentheils noch bevor sie die Mitte des Tropfens erreicht haben. Ebendasselbe wird sich am negativen Rande beobachten lassen, wenn ich die Temperatur plötzlich von 8 auf 18 ° C. erhöhe, ungeachtet die zum Versuche jetzt benutzten Schwärmer auch bei 18 ° C. auf der negativen Seite noch zu bleiben haben. Wird umgekehrt im ersten Präparate die Temperatur von 18 auf 30 ° erhöht, im zweiten von 18 auf 8 ermässigt, so kann eine solche rückläufige Erschütterung nicht eintreten, da ja die Wirkung der Temperatur dann nur die in den gegebenen Präparaten vorhandene Stimmung gleichsinnig steigert.

Im Allgemeinen muss aber auf Grund aller dieser an Haematococcus-, Ulothrix- und anderen Schwärmern gemachten Erfahrungen angenommen werden, dass sowohl bei ihnen, als auch allen anderen phototaktisch-photometrischen Schwärmern, die Lichtstimmung sich mit jedem Temperaturgrade ändert. Freilich wird diese Stimmungsänderung in den Tropfen nur insoweit beobachtet werden können, als sie die Helligkeitsmaasse innerhalb derselben durchschreitet, denn nur dann werden die Schwärmer von der einen Seite des Tropfens auf die andere herübereilen.

Sind die photometrischen Schwärmer, mit denen experimentirt werden soll, auf sehr hohe Lichtintensität gestimmt, so wird es, um sie auf den negativen Rand des Tropfens herüberzubringen, niederer Temperatur bedürfen, als wenn sie auf geringere Helligkeitsgrade gestimmt wären. Im ersteren Falle wirken Licht und Temperatur sich so zu sagen entgegen, im letzteren so zu sagen gleichsinnig. Umgekehrt wird es bei erhöhter Temperatur leichter mit lichtholden denn mit lichtscheuen Schwärmern erfolgreich zu experimentiren sein. Stellt man die Versuche mit Schwärmern an, die auf niedere Lichtintensität gestimmt sind, so wird es, in dem Maasse als man sich vom Fenster entfernt, desto tieferer Temperaturen bedürfen, um sie auf den negativen Tropfenrand herüberzubringen; umgekehrt wird es, je mehr man sich dem Fenster nähert, desto höherer Temperaturen bedürfen, um lichtscheue Schwärmer auf die Lichtseite des Tropfens zu zwingen. Dasselbe lässt sich constatiren, ohne dass man das Präparat von der Stelle bewegt, wenn man durch Vorschieben oder Entfernen von Schirmen die Lichtintensität sinken lässt oder sie steigert.

Mit Zuhülfenahme niederer Temperaturgrade ist es mir gelungen, lichtscheue Schwärmer von Haematococcus und Ulothrix

auch im Lampenlichte hinter Alaunlösung ziemlich vollständig auf den negativen Rand des Tropfens herüberzubringen.

Auch nahm ich niedere Temperaturgrade weiter zu Hülfe, um recht prägnante Ansammlungen der Schwärmer im Schatten der Brettchen in grösseren Gefässen zu erzielen; das waren die für die Versuche günstigen Verhältnisse, die ich früher im Texte andeutete.

Ich habe allen Grund anzunehmen, dass in diesen Beziehungen die Schwärmer noch vieler anderer Algen sich wie diejenigen der hier behandelten verhalten werden. Aus älteren Literaturangaben ist aber über diesen Punkt nichts zu erfahren, weil die Aenderungen der Lichtstimmung bei wechselnder Temperatur bis jetzt unberücksichtigt blieben.

Die Schwärmer farbloser Organismen, welche nicht zu assimiliren brauchen und somit eventuell auch im Dunkeln leben können, reagiren überhaupt auf Licht nicht, es sei denn, dass ihnen das, so wie dem Chytridium vorax oder dem Polyphagus Euglenae zu Nutzen kommt, indem es sie befähigt, ihre auf Licht reagirenden Nährschwärmer ganz unbewusst zu verfolgen.

Ich stellte auch noch mit den Schwärmern von Haematococcus, Ulothrix, Botrydium und Chilomonas Versuche in der Art an, dass ich sie auf Max Schultze's heizbarem Objecttische im Gesichtsfelde des Mikroskops erwärmte. Ich wählte verschieden gestimmte Schwärmer von Haematococcus und Ulothrix zu den Versuchen; bei Erhöhung der Temperatur bis über 30 ° C. sah man selbst die lichtscheuesten Schwärmer, der Hauptsache nach, von dem negativen Rande des Tropfens auf den positiven herüberwandern [1]). Bei 55 ° C. werden die letzten Schwärmer von Haematococcus und von Ulothrix getödtet, die Schwärmer von Ulothrix, namentlich die grösseren, gehen aber schon in grosser Zahl vorher zu Grunde, sobald die Temperatur 45 ° überstiegen hat. — Die Schwärmer von Botrydium hielten ganz vorwiegend bis 55 ° aus; Chilomonas curvata wurde stets in allen Exemplaren bei 45 ° getödtet, bei welchem Temperaturgrade der Körper plötzlich explodirt. Die Schwärmer der Meeresalgen vertragen im Allgemeinen selbst so hohe Temperaturen nicht, was damit zusammenhängen mag, dass sich das Wasser im Meere nie so wie dasjenige in

---

[1]) Manche sind aber, bei den grossen individuellen Schwankungen die hier in Betracht kommen, auch jetzt und überhaupt nicht herüber zu zwingen.

Tümpeln und Teichen, in welchen die Süsswasseralgen leben, erwärmen kann. Die Süsswasseralgen werden daher auch auf das eventuelle Aushalten höherer Temperaturgrade als die Seealgen angepasst sein. Die Schwärmer der von mir untersuchten Meeresalgen wurden meist schon zwischen 35—40 ° getödtet.

Erwärmte ich die Schwärmer von Haematococcus nur bis auf 50 ° C., so konnten sich viele der unbeweglich gewordenen, etwa nach Verlauf einer Viertelstunde, wieder erholen, sie hatten sich nur in der Wärmestarre befunden. Manche zeigten sich aber auch schon durch die Temperatur von 50 ° getödtet, wie die beginnende Desorganisation ihres Körpers durch auftretende Vacuolen bewies.

Diese Versuche direct auf dem Objecttische des Mikroskops angestellt, gestatteten auch zu constatiren, was bereits von Nägeli bemerkt wurde [1]), dass steigende Wärme bis zu bestimmten Temperaturgraden die Bewegung der Schwärmer beschleunigt. Am schnellsten bewegen sich die Schwärmer von Haematococcus zwischen 30—40 ° C., dann nimmt ihre Bewegung rasch ab.

Gleichzeitig kann man feststellen, dass mit sinkender Temperatur die Neigung der Schwärmer sich niederzusetzen wächst. Viele der ruhenden fangen dann bei steigender Temperatur wieder sich zu bewegen an. Diese Neigung zum Festsetzen kann sich mit sinkender Temperatur bei manchen Schwärmern so steigern, dass sie die Resultate in Versuchen stört, welche darauf gerichtet sind, die Veränderung der Lichtstimmung durch wechselnde Temperaturen nachzuweisen. Manche Präparate, in denen fast sämmtliche Schwärmer sich bei 4, 6 oder selbst schon bei 8 ° C. niedergesetzt hatten, konnten nach Erhöhung der Temperatur bis auf circa 30 ° fast alle Schwärmer wieder in Bewegung zeigen.

Schwärmer von Haematococcus und Chilomonas curvata können sich übrigens auch noch, bei sonst entsprechender Stimmung, in theilweise gefrorenen Wassertropfen zwischen den Eisschollen bewegen [2]). Aehnliches ist bereits von Ulothrix-Schwärmern angegeben worden [3]). Völlig eingefrorene Schwärmer von Haematococcus, Ulothrix, Botrydium, Chilomonas curvata, auch wenn die Temperatur der Umgebung kaum unter —1 ° C. sank, erwiesen sich, selbst bei vorsichtigem Aufthauen, als todt. Die Ruhezustände des

---

[1]) l. c. p. 102.

[2]) Vergl. auch Rostafiński, Mem. d. l. soc. nation. d. sc. nat. de Cherbourg 1875. Tome XIX p. 138.

[3]) Kraus, Bot. Zeitung 1875. Sp. 774, und Dodel-Port. Jahrb. f. wiss. Bot. 1876. Bd. X p. 484.

Haematococcus vertragen viel tiefere Temperaturen[1]), ebenso leiden die in Eis eingeschlossenen Ulothrixfäden nicht[2]). Botrydium-Schwärmer hören, wie schon erwähnt wurde, sich zu bewegen auf, wenn die Temperatur kaum bis 6° C. gesunken ist, setzen sich aber alsbald wieder in Bewegung, wenn die Temperatur steigt. Eben so empfindlich fand ich gegen sinkende Temperatur die Schwärmer der von mir untersuchten Mittelmeeralgen; sehr bald wurde ihre Bewegung stark verlangsamt und schon bei mehreren Graden Wärme sistirt. Anders dürften sich, den Angaben Kjellmann's[3]) zufolge, die bei Spitzbergen wachsenden Meeresalgen verhalten, denn er fand deren Schwärmer in lebhafter Bildung und wie er annehmen muss, auch in Entleerung begriffen, zu einer Zeit, da die Meerestemperatur zwischen — 1,5 bis — 1,8° C. schwankte.

VI. Verhalten der photometrischen Schwärmer anderweitigen Einflüssen gegenüber.

Es musste mir auffallen, dass die Haematococcus-Schwärmer, die ich in meinen feuchten Kammern in's Dunkle brachte, dort ihre photometrische Stimmung veränderten. Sie mochten noch so lichtscheu gewesen sein, nach etwa 12 Stunden eilten sie fast alle der Lichtseite des Tropfens zu. Dieses Resultat war um so überraschender, als es im Widerspruch mit den Ergebnissen in grösseren Gefässen stand. Schwärmer, die in solchen Gefässen in's Dunkle gebracht wurden, veränderten, wie schon früher gesagt, ihre Stimmung nicht. Die Ursache dieser Erscheinung musste also in den besonderen Bedingungen der Präparate liegen. Zweifellos wurde mir letzteres, als ich ähnliche Präparate in grösseren feuchten Kammern im Lichte stehen liess, und nun fand, dass auch da die photometrische Eigenschaft der Schwärmer sich in gleichem Sinne modificirte. Es wurden nun mannigfaltige Versuche angestellt, um die Ursache des genannten Einflusses festzustellen, und im Resultate zeigte es sich, dass es die mangelhafte Durchlüftung ist, welche die photometrische Stimmung der Schwärmer auf höhere Helligkeitsmaasse steigert. Wurden nunmehr die

---

[1]) Cohn, Nova Acta p. 720.
[2]) Dodel-Port. l. c.
[3]) Vergl. das Referat Bot. Zeitung 1875. p. 771.

durchfeuchteten Papprahmen auf Fliedermarkfüsschen gestellt, so veränderten die Schwärmer der suspendirten Tropfen ihre Stimmung im Dunkeln nicht mehr. Wurden dieselben Vorsichtsmaassregeln bei den im Lichte aufgestellten Präparaten angewandt, so fielen auch hier die beobachteten Veränderungen der Lichtstimmung bei den Schwärmern hinweg. Nun erklärten sich mir auch die Widersprüche, die sich aus der Beobachtung einzelner der im Dunkeln gehaltenen Präparate ergeben hatten; die Umstimmung der Schwärmer in diesen Präparaten war nämlich um so vollständiger gewesen, je besser das Deckglas mit seinen Rändern dem durchfeuchteten Papprahmen adhärirte. War diese Adhäsion eine mangelhafte, so konnte gelegentlich die Umstimmung der Schwärmer auch ganz unterbleiben.

Eine bedeutende Temperaturerniedrigung konnte aber die Lichtstimmung selbst auch solcher, durch mangelhaften Luftzutritt beeinflusster Haematococcus-Schwärmer herabdrücken bis zu dem Grade, dass sie sich auf der Schattenseite des Tropfens sammelten. Durch Einfluss sehr hoher Lichtintensitäten, also etwa des directen Sonnenlichtes, gelang dies nur so lange, als die Umstimmung der Schwärmer durch Luftmangel nicht ein zu hohes Maass erreicht hatte.

Ich versuchte dann auch die in den Tropfen beobachteten Erscheinungen in grösseren Gefässen nachzuahmen, indem ich diese vollständig mit schwärmerhaltiger Flüssigkeit füllte und dann gegen Luftzutritt abschloss. In's Dunkle gebracht, zeigten solche Gefässe, wenn mit dem Pfropfen nach oben gestellt, bald gleichförmige Ansammlungen der Schwärmer um den Pfropfen; wenn mit dem Pfropfen nach unten gestellt, Ansammlung unterhalb des nach oben gekehrten Bodens. Im letzteren Falle waren aber auch gleichzeitig kleine Luftbläschen hier nachzuweisen, und darnach die Vermuthung nahe, dass die Schwärmer denselben gefolgt waren. Um das Eindringen der Luft in die Gefässe bei Zusammenziehung der Flüssigkeit in Folge der Nachts eintretenden Temperaturerniedrigung zu verhindern, hätte ich die Gefässe ganz gleichmässiger Temperatur aussetzen müssen; ich fand es einfacher die Flüssigkeit mit Olivenöl abzuschliessen, einen Verschluss somit herzustellen, welcher den Volumenänderungen der abgeschlossenen Wassermasse folgen konnte. Das Resultat war, dass jetzt die Schwärmer im Dunkeln gleichmässig in dem Wasser vertheilt blieben, dass sie aber dem Lichte ausgesetzt, sich an dem oberen positiven Rande sammelten. Wird ein mit schwärmerhaltiger Flüssigkeit ganz an-

gefülltes und mit Glas- oder Kork-Pfropf gesperrtes Gefäss in's Licht gesetzt, so sammeln sich die Schwärmer, so wie zuvor für die Versuche im Dunkeln beschrieben wurde, um den Pfropfen, oder bei Umkehr des Gefässes, zusammen mit den Gasblasen, an dem nach oben schauenden Gefässboden, nur dass jetzt bei der Ansammlung augenscheinlich die Lichtseite des Gefässes bevorzugt wird.

Will man die Schwärmer auf ihre Lichtstimmung prüfen, so darf es somit nicht in fest verschlossenen, mit Wasser ganz angefüllten Gefässen geschehen; daher ich denn auch fand, dass, wenn ich, nach Nägeli's[1]) Vorbild, in langen, mit Wasser angefüllten Glasröhren mit lichtscheuen photometrischen Schwärmern experimentirte, diese alsbald in denselben alle lichthold wurden.

In so verschlossenen Gefässen findet man auch die Schwärmer, nachdem sie den beschriebenen Stimmungswechsel durchgemacht, am zweiten, spätestens am dritten Tage, sämmtlich asphyxiirt am Boden liegen. Dasselbe kann man in den suspendirten Tropfen erreichen, wenn man eine Kammer aus Glas anstatt einer solchen aus Pappe benutzt und den Verschluss am Deckglasrande mit Olivenöl luftdicht herstellt. Schon am zweiten Tage findet man an der unteren Fläche des Tropfens liegend, sehr viele Leichen, spätestens am vierten Tage sind auch hier alle Schwärmer todt.

Bei mässigem Luftmangel, wie ihn etwa die im Lichte gehaltenen Tropfen in Pappkammern zu erleiden haben, können die Schwärmer, wenn auch in beschränkterem Maasse, sich immerhin zur Ruhe setzen, bei starkem Luftmangel ist ihnen das nicht möglich, sie schwärmen, bis sie zu Grunde gehen, fort.

Andere Versuche, die Lichtstimmung der photometrischen Schwärmer künstlich zu beeinflussen, blieben ohne Resultat. Einleiten atmosphärischer Luft hat nur dann eine Wirkung, wenn die Lichtstimmung der zum Experiment gewählten Schwärmer durch Luftmangel beeinflusst war.

Präparate, in welchen die Schwärmer durch Luftmangel positiv wurden, können oft schon durch wiederholtes Emporheben und Schwenken des Deckglases negativ gemacht werden. Bei Schwärmern, deren Stimmung nicht durch Luftmangel bedingt ist, bleibt aber auch stundenlanges Einleiten von Luft ohne Einfluss. Ebenso wenig verändert das Einleiten geringer Mengen Kohlensäure die photometrischen Eigenschaften, durch grössere Mengen Kohlensäure werden die Schwärmer getödtet.

---

[1]) l. c. p. 102.

Bei mangelhafter Ernährung, soweit diese nicht durch schlechte Durchlüftung veranlasst wird, behalten die Schwärmer ihre Lichtstimmung unverändert bei, allein sie kommen nur schwer zur Ruhe. Daher wohl auch ihr, in dieser Beziehung extremes Verhalten im Dunkeln, wo sie nicht assimiliren können.

Gegen destillirtes Wasser sind die Schwärmer sehr empfindlich, dasselbe darf nur nach und nach vorsichtig zugesetzt werden, bleibt aber auf die Lichtstimmung ohne Einfluss, auch wenn man die Schwärmer hierauf in's Dunkle setzt um eine anhaltende Wirkung zu erzielen. Bei raschem Zusatz destillirten Wassers werden die Schwärmer alsbald getödtet. Eine voraussichtliche Förderung der Ernährung durch Zusatz von Nährstofflösungen bleibt auch auf die Lichtstimmung ohne Wirkung. — Morphium, Strychnin, Curare tödten rasch die Schwärmer ohne ihre photometrische Stimmung beeinflusst zu haben. Höchst empfindlich sind die Schwärmer gegen die geringsten Spuren von Chloroform und von Osmiumsäure, sie gehen unter deren Einfluss sofort zu Grunde. Nach Zusatz von einem Tausendstel Salicylsäure bleiben sie auch nur kurze Zeit am Leben.

VII. Wirkung der Strömungen auf die Vertheilung der Schwärmer in grösseren Gefässen.

Hier habe ich den Angaben von Sachs nichts hinzuzufügen. Zunächst musste ich constatiren, dass auch in Gefässen die mit dunklen Recipienten bedeckt werden, einseitige Ansammlungen der Schwärmer stattfinden, wenn die Temperatur der Umgebung auf einer Seite geringer als auf der andern ist. Es gelang mir auch mit Hülfe eines warmen und eines kalten Gefässes Ansammlungen quer zur Richtung des einfallenden Lichtes zu veranlassen, doch musste dieses nur schwach und die Schwärmer sehr träge sein. In Präparaten konnte ich solche, nach der Temperaturvertheilung sich richtende Ansammlungen überhaupt nur erhalten, wenn ich das Object mit einem dunklen Recipienten bedeckte, sonst nahm, selbst bei sehr schwach gestimmten Schwärmern, die Lichtwirkung die Oberhand. Wie Sachs zeigte, sind die Figuren in Gestalt von Tupfen, Netzen, Strahlen, Bäumchen, welche von Schwärmern in grösseren Gefässen gebildet werden, ein Ausdruck der vorhandenen Strömungen; polarisirt werden diese Figuren aber durch ungleichmässige Temperatur der Umgebung. Das Licht hat aber oft, wie

ich noch hinzufügen kann, insofern einen Einfluss auf den Habitus dieser Bilder, als es die Schwärmer vorwiegend nach einer bestimmten Seite des Gefässes führt, und somit nur an dieser Seite die Ströme durch die Schwärmer gekennzeichnet werden. Im Allgemeinen wird, soweit die Gefässe dem Lichte exponirt sind, ein Antagonismus herrschen zwischen den Wirkungen desselben und dem Bestreben der Ströme die Schwärmer passiv mitzuführen. Je stärker die Schwärmer auf das Licht reagiren um so weniger wird die Wirkung der Strömung zum Ausdruck kommen und je mächtiger die Strömung, je schwächer die Reaction der Schwärmer auf Licht, um so reiner werden die Strömungsfiguren auftreten. Ich sah sie am schönsten bei Haematococcus, aber erst in älteren Culturen, namentlich wenn in Folge mangelhafter Ernährung und mangelhafter Durchlüftung die Energie der Schwärmer gesunken war. In meinen suspendirten Tropfen sah ich niemals Strömungsfiguren sich bilden.

VIII. Anhang.

A. Bewegungserscheinungen bei Desmidiaceen.

In Braun's „Verjüngung“ [1]) finde ich folgende Angabe: „Penium curtum ist dadurch merkwürdig dass es die den Desmidiaceen eigenthümliche Bewegung regelmässiger und lebhafter zeigt, als die übrigen Glieder der Familie, eine Bewegung, welche von derjenigen der Diatomaceen sehr verschieden ist. Es ist ein wunderbarer Anblick, wie sich in einer Wasserschüssel alle Individuen in kurzer Zeit mit ihrer Längsachse gegen das Licht richten und sich dadurch innerhalb der Gallertmasse in schöne Streifen ordnen. Die Beobachtung unter dem Mikroskop zeigt, dass sich dabei die jüngere Hälfte der Zelle, die noch längere Zeit nach der Theilung als solche unterscheidbar bleibt, dem Lichte zukehrt.“

Die sonstigen Bedingungen dieses Verhaltens sind noch nicht erforscht, Uebereinstimmungen mit den phototaktischen Schwärmern in dieser Beziehung wohl zu erwarten. Merkwürdig und im gewissen Sinne für die möglichen Wirkungen des Lichtes höchst belehrend ist, dass auch hier eine bestimmte Stellung zu der Richtung der einfallenden Strahlen genommen wird.

---

[1]) p. 217. 1851.

B. Lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner.

Franck, der dieses Verhalten entdeckte [1]), hob bereits hervor, dass es mit der lichtwärts gerichteten Bewegung der freilebenden Organismen zu vergleichen sei. In den von ihm beobachteten Fällen sammelten sich die Chlorophyllkörner respective das dieselben führende Protoplasma, sowohl im diffusen Himmelslichte, als auch im directen Sonnenlichte an der stärkst beleuchteten Seite der Zellwand. Das von Franck beobachtete Verhalten könnte somit entweder demjenigen der phototaktisch-aphotometrischen Schwärmer (Botrydium) oder auch demjenigen der auf höchste Lichtintensitäten gestimmten phototaktisch-photometrischen Schwärmer entsprechen. Ob einer dieser Vergleiche das Richtige trifft, darüber werden spätere Untersuchungen zu entscheiden haben.

Individuelle Differenzen wie sie Schwärmer zeigen, machten sich auch hier an dem Inhalte der einzelnen Zellen geltend, so zwar, dass die einen weniger lebhaft als die andern reagirten.

Auf eine Verwandtschaft der an Chlorophyllkörnern und Schwärmern beobachteten Bewegungserscheinungen würde der Umstand hindeuten, dass es auch hier die von Kupferoxydammoniaklösung nicht absorbirten Strahlen sind, die sich als die activen erweisen. Freilich wird als Differenz von Franck hervorgehoben, dass hier rothes Licht, wenn auch nur schwach, in gleicher Richtung wie das blaue wirke.

Franck betont mit Recht, dass das lichtwärts gerichtete Streben der Chlorophyllkörner nicht mit jenen anderweitigen Lagerungsveränderungen der Chlorophyllkörner, die sich nach morphologisch bestimmten Punkten der Zelle richten, zu identificiren sei. Es werden diese morphologisch bestimmten Ortsbewegungen durch Wechsel von Hell und Dunkel veranlasst, und orientiren sich die Chlorophyllkörner ganz unabhängig von der jeweiligen Stellung der Zelle zur „Richtung der Lichtstrahlen“ [2]). Im Allgemeinen lagern sich da die Chlorophyllkörner im Lichte an den freien, im Dunkeln an den mit anderen Zellen in Verbindung stehenden Stellen der Zellwand. Franck spricht im ersten Falle von Epistrophe, im zweiten von Apostrophe [3]).

Die Bewegungsrichtung der Plasmamassen hat hier also mit

---

[1]) Bot. Zeitung 1871. Sp. 209.

[2]) Vergl. Franck l. c. Sp. 209 und Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII p. 217. 1872.

[3]) l. c. p. 291.

derjenigen der phototaktischen Schwärmer nichts gemein; nichtsdestoweniger schien es mir wichtig hervorzuheben, dass auch in diesem Falle das Licht die Erscheinung auslöst und dass es, nach Borodin, wieder die stärker brechbaren Strahlen sind, denen diese Arbeit zufällt.

Auch behauptet Borodin, dass im directen Sonnenlichte die Chlorophyllkörner in die Apostrophe (die Dunkelstellung) eintreten. Für einige Pflanzen scheint dies, seiner Beschreibung nach, jedenfalls der Fall zu sein[1]), für andere, den Angaben Franck's nach zu urtheilen, jedenfalls nicht[2]). — Individuelle Unterschiede sollen sich in diesem Verhalten auch stark geltend machen[3]), ebenso Differenzen auf verschiedenen Entwicklungsstadien, so zwar dass sich aus einer zur Jugendzeit herrschenden, im Allgemeinen indifferenten Vertheilung des Chlorophyll führenden Protoplasmas allmählich die Epistrophe herstellt, welche sich während der Dauer der Entwicklungshöhe der Zelle erhält, aber unwiederbringlich schwindet und in Apostrophe übergeht, wenn die Zelle in die Senescenz eintritt.

C. Wirkung des Lichtes auf die Plasmodien der Myxomyceten.

Die von Baranetzki[4]) untersuchten Plasmodien von Aethalium septicum und Didymium sp. zeigten sich, wie er es nennt, ausgeprägt „negativ heliotropisch". Sie flohen das Licht in allen seinen Versuchen, und zwar das Sonnenlicht stärker als das diffuse Himmelslicht. Auch wirkten auf dieselben nur wieder die stärker brechbaren Strahlen, während die minder brechbaren sich ihnen gegenüber wie Dunkelheit verhielten.

Sowohl Hofmeister[5]) wie Baranetzki bemerken, dass die im Dunkeln gezogenen Plasmodien viel weiter und verzweigter, im Lichte viel dicker und gedrungener werden. Die Plasmodien von Aethalium septicum erkranken wenn sie dem Lichte längere Zeit ausgesetzt bleiben.

Ob alle Plasmodien das Licht in derselben Weise fliehen wie

---

[1]) Bulletin de l'Acad. imp. d. sc. d. St. Petersb. 1869 p. 571 u. andere. Vergl. aber auch Franck, Jahrb. f. wiss. Bot. VIII. p. 302.

[2]) l. c. p. 254.

[3]) Franck, Jahrb. p. 256.

[4]) Mem. de la soc. nat. des sc. nat. de Cherbourg Tome XIX p. 321. 1876.

[5]) Pflanzenzelle p. 21.

die von Baranetzki untersuchten, muss dahingestellt bleiben, so lange eine anders lautende Stelle bei Hofmeister: dass nämlich dünnflüssige Plasmodien, wenigstens auf bestimmten Entwicklungszuständen, sich vorzugsweise nach der Seite stärkster Beleuchtung hin bewegen[1]), nicht beseitigt ist. Auch ist ja bekannt, dass die Plasmodien von Aethalium septicum auf die Oberfläche des Substrates kriechen, wenn sie sich zur Fructification anschicken, und nur im Lichte die Sporangien bilden können. Nach dem was ich über den Wechsel der Lichtstimmung bei phototaktisch-photometrischen Schwärmern bereits wusste, war es mir leichter anzunehmen dass auch die Plasmodien von Aethalium beim Reifen lichtholder werden[2]), als der Deutung von Baranetzki mich anzuschliessen, der zufolge sich die innere Plasmamasse der Plasmodien beim Reifen, vermittelst ihres negativen Geotropismus, im Schutze der erstarrenden, das Licht abschliessenden äussern Plasmamasse, dieselbe vor sich ausbuchtend, aufwärts bewegen sollte[3]).

Auf meine Veranlassung stellte Herr Stud. Schleicher einige Versuche im hiesigen botanischen Institute an, um die Lichtstimmung der Plasmodien von Aethalium zu prüfen. Diese Versuche sollen später in extenso mitgetheilt werden, jetzt so viel, dass es gelang die Plasmodien auf die Oberfläche der Gerberlohe hervorzulocken in einem Lichte, welches eben noch das Lesen grober Schrift gestattete. Steigerung der Lichtintensität hatte ein Sichzurückziehen der Plasmodien in das Substrat zur Folge. Der Versuch konnte beliebig oft mit dem gleichen Resultat wiederholt werden, schickten sich die Plasmodien aber zur Fructification an, so kamen sie auch im vollen Tageslichte an die Oberfläche.

Die erste Reihe der Versuche hatte somit gezeigt, dass die Plasmodien des Aethalium septicum auf ein Licht bestimmter und zwar sehr geringer Intensität gestimmt sind und dass sie dieses Licht aufsuchen, dass sie sich somit gewissen photometrischen Schwärmern hierin ähnlich verhalten.

Es frug sich weiter, ob das Hervortreten reifender Plasmodien im vollen Tageslicht auf die Oberfläche, der Wirkung der Schwerkraft, oder einer Aenderung der Lichtstimmung zuzuschreiben sei. Letzteres musste mir, wie schon gesagt, von vorn herein wahrscheinlicher erscheinen, blieb schliesslich als einzige Erklä-

[1]) Pflanzenzelle p. 20, 21.
[2]) Vergl. auch Sachs, Lehrb. IV. Aufl. p. 721.
[3]) l. c. p. 343 u. ff.

rung übrig, als es sich zeigte, dass die Plasmodien von Aethalium septicum überhaupt nicht „negativ geotropisch" sind. Die zahlreich angestellten Versuche zeigten nämlich, dass die von Rosanoff[1]) dem negativen Geotropismus zugeschriebenen Bewegungen durch die Richtung des zugeführten Wasserstromes veranlasst wurden. Die Plasmodien streben dem Wasserstrom entgegen, und es ist leicht sie mit Hilfe desselben in jeder beliebigen Richtung fortschreiten zu lassen. Wurden in der Mitte sorgfältig gereinigter Glasplatten, kleine Plasmodien auf Fliesspapier befestigt und die Glasplatten nun in einem Dampfgesättigten, dunklen Recipienten vertical suspendirt, so breiteten sich die Plasmodien, das Fliesspapier verlassend, in jeder beliebigen Richtung über die Glasplatten aus.

D. Heliotropismus.

Die heliotropischen Erscheinungen treten meistens nur an wachsenden Zellen und Zellcomplexen auf. Heliotropismus ohne Wachsthum ist nur als positiver Heliotropismus vielzelliger Organe bekannt[2]). Für alle Fälle wird er durch Abnehmen des Zellturgors unter Einfluss des Lichtes bedingt, eine Erscheinung, die sicher in erster Linie dem Einfluss des Lichtes auf das Protoplasma zuzuschreiben ist[3]).

Die heliotropischen Erscheinungen lassen sich trotzdem nicht direct mit den von mir als phototaktische bezeichneten vergleichen; denn es handelt sich, so scheint es sicher, bei heliotropischen Vorgängen nicht um Ortsveränderungen des Protoplasma, vielmehr um die Aenderungen der osmotischen Leistungen desselben, die eine Aenderung des Zellturgors und damit zusammenhängende Krümmungserscheinungen an den betreffenden Zellen oder Zellcomplexen nach sich ziehen.

Auch scheinen es, neueren Untersuchungen Wiesner's zufolge, nicht ganz dieselben Strahlengruppen im Spectrum zu sein, welche die höchsten heliotropischen Wirkungen einerseits und die höchsten photometrischen Wirkungen andererseits auslösen. Wäh-

---

[1]) Mem. d. l. soc. des sc. nat. de Cherbourg Tome XIV p. 149.

[2]) Pfeffer, die periodischen Bewegungen der Blattorgane 1875 p. 63—64. Osmotische Untersuchungen 1877, p. 208.

[3]) Pfeffer, Bot. Zeitung 1876 p. 77. Osmotische Untersuchungen 1877 p. 208, wo aber Pfeffer den Heliotropismus einzelliger Objecte dem Einflusse des Lichtes auf die Zellwand zuschreibt; dagegen Sydney H. Vines, Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg Bd. II p. 144. 1878.

rend ich nämlich, als auf photometrische Schwärmer allein wirksam, das blaue und violette Licht, mit einer beiderseitigen Steigerung gegen die Linie G erkannte, schreibt mir Wiesner[1]), dass nach den von ihm angestellten Versuchen sich gar nicht mehr daran zweifeln lässt, dass das Maximum der Wirkung für heliotropische Krümmungen an der Grenze von Violett und Ultraviolett, ein zweites kleineres Maximum im Ultraroth liegt[2]). „Von beiden Maximis an nimmt die Fähigkeit der Strahlen, Heliotropismus hervorzurufen, allmälig bis Gelb ab. Heliotropisch wenig empfindliche Pflanzentheile werden durch orange oder durch rothe und grüne, ja selbst durch ultrarothe Strahlen gar nicht mehr beeinflusst. Die gelben Strahlen hemmen geradezu den Heliotropismus, indem z. B. in reinem Roth rascher und stärker Heliotropismus eintritt, als in einem Lichte, welches ausser Roth noch Gelb enthält[3])." — Nehme ich nun auch an, dass sich meine phototaktischen Schwärmer wie heliotropisch wenig empfindliche Pflanzentheile verhalten, oder richtiger, dass bei ihnen, ihrer relativ kräftigen Eigenbewegung wegen, nur die stärkst wirksamen Strahlen richtend zur Geltung kommen[4]), so bleibt doch immer noch die freilich vielleicht nicht eben erhebliche Differenz übrig, dass das Maximum der Wirkung für heliotropische Objecte nach dem ultravioletten Ende des Spectrums verschoben erscheint.

Für alle Fälle zeigen schon und werden noch heliotropische und phototaktische Objekte manche Uebereinstimmung zeigen, da die wirksame Rolle in beiden dem Protoplasma zufällt. Sicher aus dem gleichen Grunde haben sogar heliotropische und geotropische Vorgänge so viel Vergleichungspunkte ergeben.

Nicht unwichtig für den Vergleich des Heliotropismus und der Phototaxis scheint mir zunächst schon die von Wiesner auf-

---

[1]) D. 18. Mai 1878, nunmehr auch veröffentlicht in den Sitzungsber. der Wiener Akad. 1878, p. 137.

[2]) Aehnlich gab schon Guillemin, Ann. d. sc. nat. Bot. IVme ser. T. VII, p. 171, 1857, zwei Maxima für die heliotropischen Wirkungen an, das eine in den stärker als das Violett, das andere in den schwächer als das Roth gebrochenen Strahlen.

[3]) Sitzungsber. p. 138 u. 139.

[4]) Ist dieser Gedanke richtig, so würde auch der Unterschied gegen die lichtwärts sich bewegenden Chlorophyllkörner, die auch noch auf rothes Licht schwach reagiren sollen, sich verwischen können. Es ist nämlich in der That bei der letzten Art der Objecte so auch bei den heliotropischen eine Summirung schwacher Lichtwirkungen möglich, die bei den mit verhältnissmässig kräftiger Eigenbewegung begabten Schwärmern wegfällt.

gefundene Thatsache, dass es ein Optimum der Lichtstärke auch für heliotropische Effecte giebt[1]. Vielleicht wäre die von mir bei Schwärmern beobachtete „Aenderung der Lichtstimmung" auch geeignet Anknüpfungspunkte zur Beurtheilung des im Alter möglichen Uebergangs des positiven in den negativen Heliotropismus zu liefern.

IX. Zusammenstellung einiger Resultate.

Die Bewegungsrichtung gewisser Schwärmer wird vom Lichte beeinflusst, ich nenne diese Schwärmer phototaktisch.

Die Wirkung ist nur an das Protoplasma als solches, nicht an das Vorhandensein eines bestimmten Farbstoffes gebunden, denn auch farblose Schwärmer können wie gefärbte reagiren.

Die auf Licht reagirenden Schwärmer bewegen sich in der Richtung des Lichteinfalls und zwar:

entweder constant nur in der Richtung der Lichtquelle, auch wenn die Lichtstärke in dieser Richtung abnimmt: solche Schwärmer sollen aphotometrische heissen;

oder dem Lichtabfalle folgend, in der Richtung steigender oder sinkender Intensität: solche Schwärmer nenne ich photometrische.

In anderer Richtung als derjenigen des Lichteinfalls ist eine Bewegung nicht möglich, auch wenn die Intensität der Beleuchtung in anderer Richtung steigt oder sinkt.

Die blauen indigofarbigen und violetten Strahlen sind allein auf die phototaktischen Schwärmer von Einfluss und liegt das Maximum der Wirkung im Indigo.

Dagegen wird durch die gelben und nächst verwandten Strahlen hinreichender Intensität eine zitternde Bewegung gewisser phototaktischer Schwärmer veranlasst.

Bei plötzlichem Helligkeitswechsel zeigen viele phototaktische Schwärmer Nachwirkungen, indem sie die durch vorausgegangene Helligkeitsgrade inducirte Bewegungsrichtung noch eine kurze Weile beibehalten.

Die grösseren Bryopsis-Schwärmer zeigen Nachwirkungen nur bei plötzlicher Verminderung der Lichtintensität, bei plötzlicher

---

[1]) l. c. p. 137, 138.

Steigerung derselben erfahren sie eine Erschütterung, die sie für eine Weile aus ihren Bahnen bringt.

Botrydium-Schwärmer zeigen weder bei plötzlicher Steigerung noch bei plötzlicher Verminderung der Helligkeit Nachwirkungen, wohl aber werden sie erschüttert bei plötzlicher Abdämpfung des Lichtes.

Die Ulven lassen weder Nachwirkungen noch Erschütterungen an ihren Schwärmern beobachten.

Steigerung der Lichtintensität ruft in den phototaktischen Schwärmern meist eine Neigung zum Festsetzen hervor; besonders wirkt in dieser Weise directes Sonnenlicht; Verminderung der Lichtintensität erhöht deren Beweglichkeit.

Die Schnelligkeit der Bewegung wird durch das Licht nicht beeinflusst, doch bewegen sich die Schwärmer je grösser die Lichtintensität ist, in um so geraderen Bahnen.

Im Allgemeinen bewegen sich ausserdem die kleinern Schwärmer gerader, als die grösseren, die grössten haben sich vermöge der bedeutenden Eigenkraft ihrer Bewegung, in bedeutendem Maasse, oder selbst auch vollständig, von dem richtenden Lichteinflusse emancipirt. Doch giebt es auch kleine Schwärmer, die relativ nur schwach oder die auch gar nicht vom Lichte beeinflusst werden.

Im Dunkeln können sich die phototaktischen Schwärmer nicht zur Ruhe setzen, es sei denn dass sie geschlechtlich differenzirt sind und in der Bildung der Geschlechtsproducte aufgehen. Sonst fahren die Schwärmer fort sich zu bewegen bis sie zu Grunde gehen.

Die Lichtstimmung der Schwärmer wird im Dunkeln nicht verändert, sie bleiben dort auch bis zum Tode lichtempfindlich.

An den aus dem Dunkeln in's Licht gebrachten Schwärmern, die auch sonst Nachwirkungen zeigen, ist eine solche in gleichem Sinne wie sonst bei plötzlicher Steigerung der Helligkeit zu beobachten.

Im Allgemeinen verändern die photometrischen Schwärmer ihre Lichtstimmung im Laufe ihrer Entwicklung, so zwar dass sie in der Jugend auf höhere Intensitäten als im Alter gestimmt erscheinen.

Ausserdem zeigen auch solche Schwärmer fortwährend schwache Oscillationen der Lichtstimmung, manche in auffallenderem, andere in kaum merklichem Maasse.

Abgesehen von der Stimmungsänderung während der Entwicklung, zeigen sich auch unmittelbar ganze Culturen auf relativ höhere oder geringere Lichtmaasse gestimmt. Es scheinen in die-

sem Verhalten Anpassungen an mittlere Helligkeitsmaasse der Ursprungsorte vorzuliegen. In geringem Maasse erfolgt eine solche Anpassung auch an die mittlere Lichtintensität des jedesmaligen Ortes, an dem eine Cultur angelegt worden ist.

Die Wärme übt meist einen Einfluss auf die photometrische Stimmung der Schwärmer.

Durch steigende Temperatur werden sie im Allgemeinen lichtholder, durch sinkende lichtscheuer gemacht.

Auch hier scheint innerhalb gewisser Grenzen eine Anpassung an die mittlere Temperatur des jeweiligen Culturortes möglich zu sein, so dass bei einer gegebenen Helligkeit die an wärmeren Orten gezogenen Schwärmer bei sinkender Temperatur früher negativ werden als die an kälteren Orten gezogenen, umgekehrt bei steigender Temperatur die letzteren früher positiv als die ersteren.

Mangelhafte Durchlüftung der Culturen stimmt die photometrischen Schwärmer auf höhere Lichtintensitäten.

Schlechte Ernährung erschwert den Uebergang der Schwärmer in den Ruhezustand, ohne deren Lichtstimmung zu beeinflussen.

Durch andere als die genannten Mittel gelang es mir bis jetzt nicht die Lichtstimmung der Schwärmer zu ändern.