

Die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phaeosporeen.

Von

Dr. G. Berthold.

Mit Tafel XVII.

Schon in seinen Recherches sur les zoospores des algues et les anthéridies des cryptogames¹ stellte THURET fest, dass die Schwärmer der Phaeosporeen sowohl die aus den unilocularen wie die aus den plurilocularen Sporangien direct keimfähig seien. Man beruhigte sich bei diesem Resultate, bis PRINGSHEIM's so wichtige Entdeckung der Paarung der Schwärmsporen bei *Pandorina Morum* neuen Anstoß zur Durchforschung der Algengruppen nach dieser Richtung hin gab. JANCZEWSKI und ROSTAFIŃSKI² waren es, welche die Phaeosporeen hierauf untersuchten, beide kamen zu dem Resultat, dass eine Copulation der Schwärmer nicht stattfindet.

Von Neuem wurde die Frage wieder aufgenommen durch REINKE. Derselbe entdeckte den Befruchtungsprocess bei den Cutleriaceen³, bei welchen die großen weiblichen Schwärmer unmittelbar nachdem sie

¹ Annal. des Sc. nat., III. Sér., tome XIV.

² Observations sur quelques algues possédant des zoospores dimorphes, Mém. de la Soc. nat. d. Sc. nat. de Cherbourg, t. XVIII, 1874. Ferner: JANCZEWSKI, Observ. sur l'accroiss. du thalle des Phéosp., Extrait des Mém. de la Soc. n. d. Sc. n. de Cherbourg 1875, t. XIV.

³ Das Wachsthum und die Fortpflanzung von *Zanardinia collaris* Cronau; Monatsb. der Berliner Acad. d. Wissenschaften 26. Oct. 1876.

Die Cutleriaceen des Golfes von Neapel; Nova Acta der K. L. C. D. Acad. der Naturf. Band XL. No. 2.

zur Ruhe gekommen durch viel kleinere, aber gleichgebaute männliche befruchtet werden. Bei den eigentlichen Phaeosporeen dagegen konnte REINKE nach Untersuchungen an Phyllitis, Seytosiphon und Asperococcus¹ einen Befruchtungsact nicht constatiren, er glaubte jedoch vermuthen zu dürfen, dass zwischen den zur Ruhe gekommenen Sporen, welche sich gern in Haufen zusammensetzen, ein Stoffaustausch durch die Membran stattfindet, da nur wenige Zellen dieser Haufen sich zu neuen Pflanzen entwickelten. Diese Vermuthung lag damals um so näher, als kurz vorher von ARESCHOUG² ein ähnlicher Vorgang für Dictyosiphon foeniculaceus angegeben war. Bei dieser Pflanze sollten die zur Ruhe gekommenen Sporen seitliche Copulationsfortsätze treiben und durch diese nach Auflösung der Trennungswand der Inhalt der einen Spore in die andere übertreten.

Ihre definitive Lösung schien endlich die vorliegende Frage wenigstens in dem Hauptpunkte durch GOEBEL³ gefunden zu haben, welcher vor Kurzem ausführlich die Copulation der in den plurilocularen Sporangien erzeugten Schwärmer von Ectocarpus pusillus und Giraudia spheacelarioides beschrieb. Nach ihm findet die Copulation sehr reichlich statt, wenn zwei benachbarte Sporangien zu gleicher Zeit aufbrechen; die Schwärmer vereinigen sich entweder schon bevor sie zur lebhaften Bewegung kommen, oder es copuliren schon umherschwärmende mit soeben aus dem Sporangium ausgetretenen aber noch nicht zur Bewegung gelangten Sporen.

Wenn auch die Angaben GOEBEL's bei ihrer Entschiedenheit und bei ihrer Übereinstimmung mit dem, was man nach Analogie mit den grünen Algen hatte vermuthen können, keiner weiteren Bestätigung bedürftig zu sein schienen, so machten doch manche noch unaufgeklärte Punkte eine erneute Untersuchung des Gegenstandes sehr wünschenswerth; als wichtigster mag von denselben hier der hervorgehoben werden, dass GOEBEL's Untersuchungen uns völlig über das weitere Schicksal der Zygoten im Dunkeln ließen.

Dieser Umstand war es hauptsächlich, welcher mich bewog, im verflossenen Winter der Fortpflanzung der Phaeosporeen meine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Als günstiges Object bot sich mir zuerst Ectocarpus siliculosus Lyngb. dar, welche Pflanze in den ersten

¹ Über die Entwicklung von Phyllitis, Seytosiphon und Asperococcus, PRINGSHEIM's Jahrbücher Nr. 11, pag. 262 ff.

² Observationes phycologiae III. pag. 26 ff. Taf. III. figg. 6—13.

³ Zur Kenntniss einiger Meeresalgen. 1) Die geschlechtliche Fortpflanzung der Ectocarpeen. Bot. Zeitg. 1878.

Monaten dieses Jahres leicht in hinreichender Menge zu erhalten war und reichlich fructificirte. An ihr führten meine Bemühungen bald zum Ziel, allerdings in einer ganz anderen Weise, als ich es nach den Angaben von GOEBEL hatte vorausschen können. Später gelang es mir noch für *Scytosiphon lomentarium* J. Ag. den Befruchtungsvorgang nachzuweisen. Dagegen hat es mir trotz vieler Bemühungen noch nicht gelingen wollen GOEBEL's Angaben für *Ectocarpus pusillus* und *Girardia* bestätigen zu können. Da nun auch meine Resultate an den obengenannten beiden Algen in allen wesentlichen Punkten von denen GOEBEL's abweichen, so mag es erlaubt sein, zuerst meine Beobachtungen darzulegen und erst zum Schluss auf GOEBEL's Arbeit näher einzugehen.

Ectocarpus siliculosus ist in unmittelbarer Nähe Neapels im Winter sehr gemein, besonders auf den langen Thallomen von *Scytosiphon lomentarium*. Gegen Ende Februar dieses Jahres fand ich die Exemplare massenhaft mit pluriloculaeren Sporangien besetzt, während mir uniloculaere um diese Zeit nicht mehr aufgestoßen sind. Die sorgfältig ausgesuchten Exemplare wurden in größeren Glas- oder Porcellanschalen hingestellt und entließen mehrere Tage nach einander von ca. 9 Uhr Vormittags bis zu den ersten Nachmittagsstunden die Schwärmer. Da der Bau der Sporangien von *Ectocarpus siliculosus* und die Art der Sporenentleerung¹ in ihren Hauptzügen als bekannt vorausgesetzt werden können, so wende ich mich direct zur Beschreibung der Schwärmer selber. Diese sind in der bekannten Weise mit zwei Cilien versehen, enthalten im hinteren Abschnitt eine braune Farbstoffplatte von eckigen Umrissen und auf derselben aufgelagert einen braunrothen, stark hervortretenden Fleck. In dem hellen Plasma des vorderen Abschnittes fallen in geringer Anzahl vorhandene stark lichtbrechende Kügelchen auf, sie liegen eingebettet in einer ziemlich gleichmäßig feinkörnigen Masse. Nur bei starker Vergrößerung und genauer Einstellung erkennt man im Innern des Plasmas einen kreisförmig umschriebenen vollkommen hyalinen körnchenfreien Raum, welcher den Eindruck einer Vacuole macht. Dies ist der Kern des Schwärmers (vergl. Taf. XVII, Fig. 1, 3 etc.). Man überzeugt sich leicht hiervon, wenn man mit Jod getödtete Schwärmer mit Haematoxylin, oder noch besser mit Picrocarmin (ca. 24—48stündige Einwirkung) färbt. Nach dem Entwässern und Übertragen in ätherisches Öl treten die Kerne als intensiv blaue, resp. rothe Kugeln schön hervor.

¹ Mit den Sporen werden, wie schon vielfach angegeben, zugleich kleine körnige Rückstände entleert.

Die Schwärmer sind von sehr geringer Größe, sie bewegen sich mit großer Schnelligkeit und sammeln sich an dem Fensterrande des Gefäßes. Ein Theil derselben kam rasch zur Ruhe, ein anderer schwärmte dagegen mehrere Stunden lang. Wurde von dem schwärmerhaltigen Wasser mit einer Pipette ein kleiner Tropfen auf die Unterseite des Deckglases der Feuchtkammer gebracht, so fielen bei schwacher Vergrößerung gewöhnlich schon nach kaum einer Minute eigenthümliche Gruppierungen auf, indem sich hauptsächlich am Rande des Tropfens, aber auch an der ganzen Unterseite des Deckglases zerstreut kleine Knäuel lebhaft sich bewegender Schwärmer bildeten. Bei Anwendung stärkerer Linsen zeigte sich, dass alle Schwärmer dieses Knäuels ihre vordere Cilie nach einem Punkt hinrichten und zwar nach einem eben zur Ruhe gekommenen anderen Schwärmer. Das Vorderende der lebhaft schlagenden Cilien streift fortwährend den Körper der unbeweglich daliegenden Spore, fortwährend kommen neue Schwärmer hinzu und drängen sich in den Knäuel ein, während andere sich loswinden und davoneilen. Dieses Spiel kann 1—2 Minuten andauern, bis schließlich entweder einer der Schwärmer aus dem Knäuel mit der ruhenden Plasmamasse verschmilzt oder alle sich nach und nach verlieren, ohne dass es zu einer Verschmelzung gekommen wäre.

Um den Vorgang der Verschmelzung näher verfolgen zu können, ist es nöthig wieder etwas zurückzugreifen und die Vorgänge beim Zurruhekommen des weiblichen Schwärmers¹ eingehender zu schildern (vergl. Fig. 1, *a—f*). Die Beobachtung geschieht am besten am Rande des Tropfens, wo sich zahlreiche Schwärmer mit noch lebhaft schlagender Cilie etwas eingeklemmt haben. An einem solchen kann man dann plötzlich ein Nachlassen in der Geschwindigkeit der Cilienbewegung wahrnehmen, die Schlängelungen der vorderen Cilie werden deutlich und lassen sich einzeln verfolgen, zugleich bemerkt man, dass die Spitze der Cilie den Ort nicht mehr verändert, sie hat sich festgesetzt und zeigt

¹ Die geschlechtlich differenzirten Schwärmer von *Ectocarpus siliculosus* und *Scytosiphon* zeigen zwar durchaus keine Verschiedenheiten in Bezug auf Größe und Organisation, wohl aber in Bezug auf ihr Verhalten beim Schwärmen und bei der Vereinigung. In Folge dessen kann ihnen der Name »Gameten« nicht beigelegt werden, vielmehr ist bei der großen Übereinstimmung des Befruchtungsvorganges der *Phaeosporaeen* mit dem der *Cutleriaceen* der zur Ruhe gekommene weibliche Schwärmer mit »Ei«, der männliche mit »Spermatozoid« zu bezeichnen. Der Mangel eines Größenunterschiedes zwischen beiden kann keinen Grund gegen diese Bezeichnung abgeben. Was die Keimfähigkeit der männlichen Schwärmer anbetrifft, so soll weiter unten gezeigt werden, dass auch in dieser Beziehung große Annäherung an die echten Spermatozoiden stattfindet.

ein kleines Knötchen (Fig. 1 b). Die Schlingelungen dauern nun noch kurze Zeit mit immer abnehmender Geschwindigkeit fort, dann sieht man, wie der untere Abschnitt der Cilie beim Vorbeigehen am Leib der Spore mit diesem verschmilzt (Fig. 1 c). So verkürzt sich die Länge der Cilie sehr rasch, wobei der Plasmaleib des Eies sich mehr und mehr dem Anheftungspunkt an der Spitze der Cilie nähert. Die hintere Cilie ist während dieses ganzen Vorganges sichtbar geblieben, ist aber schließlich die vordere Cilie bis auf einen kurzen, an der Spitze des Eies inserirten Rest eingezogen, so krümmt sie sich plötzlich gegen den Körper des Eies um (Fig. 1 e), legt sich ihrer ganzen Länge nach an denselben an und ist unmittelbar darauf vollständig mit ihm verschmolzen. Das Ei bildet jetzt eine ruhende, nackte Primordialzelle von ungefähr flaschenförmiger Gestalt mit einem kurzen hyalinen Fortsatz am Vorderende. Die etwas angeschwollene Spitze dieses Fortsatzes haftet fest am Deckglase oder an anderen Gegenständen¹.

In diesem Zustande ist nun das Ei empfängnisfähig, es verbleibt in ihm nur wenige Minuten, erfolgt innerhalb derselben keine Befruchtung, so wird der vordere Faden vollständig eingezogen, das Ei rundet sich ab und scheidet eine Cellulosehaut aus. Nach 24—48 Stunden zeigen sich dann die ersten Spuren einer parthenogenetischen Keimung.

Das empfängnisfähige Ei übt auf die im Wasser vertheilten männlichen Schwärmer eine starke Anziehungskraft aus², von allen Seiten eilen dieselben herbei und bald bilden sich die schon vorhin kurz beschriebenen Knäuel. Oft kommen nach und nach Hunderte von Schwärmern herbei, während ein Theil immer wieder davon eilt, ohne dass eine Copulation erfolgt. In anderen Fällen erfolgt die Copulation

¹ Der ganze oben beschriebene Vorgang scheint mir eine hohe biologische Bedeutung zu haben. Nach ausgedehnteren Beobachtungen verhalten sich die zur Ruhe kommenden Schwärmer aller untersuchten Phaeosporoen, sowohl die in den plurilocularen wie die in den unilocularen Sporangien erzeugten, genau so wie es hier für die geschlechtlich differenzirten Schwärmer von *Ect. siliculosus* ausführlich beschrieben ist. Mit Hilfe der an der Spitze sich festsetzenden und sich allmählich verkürzenden Cilie zieht sich der Schwärmer so nahe wie möglich an die Unterlage hinan; die unmittelbar darauf ausgeschiedene Cellulosehaut kann so mit dem Substrat in die innigste Berührung treten und die Keimpflanze so befestigen, dass sie der abwaschenden Bewegung des Wellenschlages erfolgreich widersteht. Für die Wirksamkeit dieser Einrichtung geben die allbekannten äußerst dichten Haufen, in welchen sich die Sporen der Phaeosporoen zusammen zu lagern pflegen, einen sprechenden Beweis.

² Man vergleiche in Bezug hierauf auch FALKENBERG's eingehende Angaben über *Cutleria* (Mittheilungen der zool. Station zu Neapel Bd. I, Hft. 3. pag. 426).

früher oder später, häufig sehr rasch. Dann sieht man plötzlich einen Schwärmer aus dem Knäuel sich dem Ei auffallend nähern, das Vorderende seiner Cilie ist, wie man sich in günstigen Fällen mit vollkommener Sicherheit überzeugen kann, mit dem Leibe des Eies verschmolzen. Die Bewegungen derselben sind nur noch sehr geringfügig, ihre Länge nimmt rasch ab, die Dicke bedeutend zu (Fig. 3 *a*). Das Spermatozoid wird so in wenigen Secunden dem Körper des Eies so nahe gebracht, dass beide sich berühren, worauf die Plasmamassen in Verbindung treten und nun rasch verschmelzen (Fig. 3 *b, c*). Nach Verlauf von ca. einer Minute ist gewöhnlich das Stadium *d* erreicht; nach einigen weiteren Minuten ist der vordere Faden ganz eingezogen und das befruchtete Ei in eine rundliche Masse übergegangen von der doppelten Größe der einzelnen Schwärmer (Fig. 3 *e*). Die Verschmelzung der beiden Plasmakörper erfolgt gewöhnlich so, dass der vordere Theil des Spermatozoids mit dem hinteren Abschnitt des Eies zusammentritt, doch kommen mannigfaltige Abweichungen häufig vor, indem bei der Bewegung des männlichen Schwärmers während der Annäherung die erste Berührung und in Folge dessen auch die Verschmelzung mehr oder weniger seitlich erfolgt. Einen solchen Fall giebt Fig. 3 *f* wieder.

Die hintere Cilie des Spermatozoids bleibt erhalten bis zur ersten Berührung der beiden Plasmakörper, oder auch noch etwas länger. Sie verschwindet in derselben Weise wie es oben für das zur Ruhe kommende Ei beschrieben ist.

In dem Copulationsproduct sind die beiden Farbstoffkörper mit den auflagernden braunen Flecken sehr gut sichtbar. Die Farbstoffkörper verschmelzen nicht mit einander¹. Die beiden Kerne sind in günstigen Fällen getrennt zu sehen, nach wenigen Stunden abgetödtete und gefärbte Keimlinge zeigten nur einen großen Kern. Ein genaueres Studium der Vorgänge im Copulationsproduct ist bei der Kleinheit des Objectes nicht wohl thunlich. Die Ausscheidung einer Cellulosehaut erfolgt sehr bald nach der Copulation.

Die Copulation erfolgte fast immer sehr massenhaft, in günstigen Fällen hatten unzweifelhaft nach Verlauf von 1—1½ Stunden mehrere Hundert Copulationen in einem Feuchtkammerpräparat stattgefunden. Am reichlichsten erfolgte die Copulation, wenn ein großer Überschuss von männlichen Schwärmern vorhanden war. Einige Tage cultivirtes Material lieferte nur noch wenige Copulationen. Eine bis anderthalb

¹ Dies geschieht dagegen nach DE BARY (Conjugaten p. 3) und STRASSBURGER (Befr. u. Zelltheilung, p. 6) bei Spirogyra.

Stunden nach Anfertigung der Feuchtkammerpräparate hörten die Copulationen in denselben auf, die noch zurückbleibenden Schwärmer bewegten sich noch mehrere Stunden lang mit ungeschwächter Energie und ohne an Anzahl merklich abzunehmen, schließlich kamen sie zur Ruhe: ein Theil in der Weise wie die weiblichen Schwärmer, ein anderer Theil sank, nachdem die Energie der Bewegung mehr und mehr abgenommen hatte, zu Boden, ohne die Cilien zu verlieren, welche noch lange Zeit krampfhaft zuckten. Der abgerundete Körper des Schwärmers zeigte in vielen Fällen nach 24 Stunden noch keine Veränderung, in anderen begann er sogleich sich in der Mitte einzuschnüren, oder es traten an mehreren Stellen helle Plasmamassen von verschiedener Größe aus, welche sich allmählich abtrennten. Die so entstandenen zwei oder mehreren Theilstücke erhielten sich meist über 24 Stunden unverändert, schließlich gingen sie jedoch zu Grunde.

Einige Wochen nach der Beobachtung der Copulation der Schwärmer von *Ectocarpus siliculosus*, um die Mitte April, gelang es mir auch nach langen Bemühungen denselben Vorgang bei *Seytosiphon lomentarium* J. Ag. zu constatiren.

Durch die Beobachtungen an *Ectocarpus* auf das verschiedene Verhalten der weiblichen und männlichen Schwärmer aufmerksam geworden, suchte ich lange Zeit vergeblich nach mehrere Stunden lang sich bewegendem Schwärmer, bis mir zuletzt ein einziges Exemplar fast allein solche lieferte. Als am folgenden Morgen die aus diesem Exemplar ausgetretenen Schwärmer vereinigt wurden mit denen einer anderen Pflanze, welche alle sehr rasch zur Ruhe kamen, erfolgte die Copulation in eben so reichem Maße und genau in derselben Weise, wie es für *Ectocarpus siliculosus* oben geschildert wurde. — Die ebenfalls aus plurilocularen Sporangien hervorgehenden Schwärmer von *Seytosiphon* haben fast dieselbe Größe und durchaus dieselbe Organisation wie die *Ectocarpus*-Schwärmer. Sehr schön konnte bei dieser Pflanze die Verschmelzung der vorderen Cilie des Spermatozoids mit dem Plasmaleibe des Eies verfolgt werden. Einige Male fanden sich Copulationsproducte mit drei Farbstoffkörpern und drei rothen Punkten, in einem Falle konnte ich die Verschmelzung zweier Spermatozoiden mit dem Ei direct verfolgen, sie geschah bei beiden genau gleichzeitig. In einem anderen Falle endlich fand ich wieder die vorderen Cilien zweier Spermatozoiden mit dem Ei verschmolzen, das eine hatte jedoch diesmal einen kleinen Vorsprung, und nur dieses gelangte zur Copulation mit dem Ei, während die Cilie des zweiten sich wieder ablöste. Das

letztere blieb unbeweglich neben dem befruchteten Ei liegen und hatte sich nach längerer Zeit noch nicht verändert¹.

Auch bei *Seytosiphon* ist das Copulationsproduct doppelt so groß, als die nicht copulirten Schwärmer, die beiden rothen Punkte treten auch hier scharf hervor.

Wie oben angegeben, lieferte mir die eine Pflanze von *Seytosiphon* fast ausnahmslos männliche Schwärmer, nur in zwei Feuchtkammer-Präparaten fand ich eine höchst geringe Anzahl sehr frühzeitig zur Ruhe gekommenen Schwärmer und ungefähr ein halbes Dutzend Zygoten. Auch bei *Ectocarpus siliculosus* scheinen im Allgemeinen die Geschlechter getrennt zu sein wie mir einige Beobachtungen vom vorigen Frühjahr wahrscheinlich machen. Da jedoch meine Untersuchungen über diesen Punkt noch fortgesetzt werden sollen, so behalte ich mir nähere Angaben darüber vor.²

Nachdem es so gelungen war, den Geschlechtsact bei zwei im System der Phaeosporeen weit entfernt stehenden Formen in allen seinen Einzelheiten zu beobachten und sich eine volle Übereinstimmung bei beiden Pflanzen herausgestellt hatte, blieb noch eine wichtige Aufgabe zu lösen: durch Untersuchung der von GOEBEL behandelten Species die Differenzen zwischen seinen und den hier beschriebenen Beobachtungen aufzuklären.

Giraudia sphecelarioides wurde während der Monate Februar bis Ende Juni zu den verschiedensten Malen untersucht. Bis Mitte April fanden sich fast nur die von DERBES und SOLIER² zuerst beschriebenen und abgebildeten Sporangien, dieselben bedecken dichtgedrängt größere Partien der Oberfläche. Sie sind nicht, wie GOEBEL³ vermuthet, uniloculaer, sondern auffallenderweise auch pluriloculaer (sie besitzen wenige zarte Querwände), vertreten aber, wie es scheint, bei *Giraudia* die Stelle der uniloculaeren Sporangien der übrigen Phaeosporeen. Die nur in geringer Anzahl (gewöhnlich 2—4) in jedem Sporangium gebildeten Sporen sind ziemlich groß, enthalten mehr als einen Farbstoffkörper, der rothe Punkt tritt nur wenig hervor. Bei der Keimung ent-

¹ Es mag noch erwähnt werden, dass mir solche Fälle bei *Ect. siliculosus* bis jetzt nicht vorgekommen sind, obwohl ich bei letzterer Pflanze den Copulationsvorgang viel häufiger verfolgen konnte.

² Mém. sur quelq. points de la phys. des Algues. Taf. 14, Figg. 12—16, pag. 49, 50.

³ A. a. O. pag. 6 des Sep.-Abdruckes.

steht sogleich eine kleine gelappte Scheibe, aus welcher später die aufrechten Thallome hervorsprossen.

Die von GOEBEL allein beobachteten eigentlichen pluriloculaeren Sporangien zeigten sich in größerer Menge erst Ende April. Im Mai und Juni überwiegen sie bei Weitem, doch habe ich während der ganzen Vegetationsperiode auch die von DERBÈS und SOLIER beschriebenen Sporangien gefunden. Nach ihrer Stellung unterscheidet GOEBEL zwei Formen von pluriloculaeren Sporangien, die einen (zuerst durch ZANARDINI¹ bekannt geworden) stehen am oberen Theil der aufrechten Thallome in kleinen Soris, die anderen (von ZANARDINI² und ARESCHOUG³ abgebildet) stehen auf kurzen Zweigen an der Basis der Thallome. In wie weit aus der Verschiedenheit der Stellung dieser beiden Sporangienformen ein verschiedener Werth gefolgert werden muss, soll hier nicht weiter erörtert werden, doch glaube ich diesen Umstand gering anschlagen zu können, da ich ähnliche Vorkommnisse bei einigen Elachisteen und Leathesien, wenn auch seltener, beobachten konnte. Thatsächlich sind zwar die an den oberen Theilen der Thallome stehenden Sporangien im Allgemeinen kleiner als die an der Basis auftretenden, doch zeigen beide nicht selten vollkommen gleiche Größe und Gestalt; GOEBEL's Figg. 27 und 29 zeigen extremere Fälle. An den in den beiderlei Sporangien entwickelten Schwärmen konnte ich keinerlei Unterschiede constatiren, sie haben gleiche Größe, Gestalt und Organisation und verhalten sich beim Schwärmen und Keimen durchaus gleich. (Nach GOEBEL copulirten nur die in den oberen Sporangien gebildeten Schwärmer.) Äußerlich unterscheiden sie sich kaum von den für Ectocarpus und Scytosiphon beschriebenen Schwärmen; wie diese besitzen sie nur einen Farbstoffkörper (die oben erwähnten Schwärmer dagegen immer mehr als einen) und einen eben so auffallenden rothen Punkt.

Es ist mir nicht gelungen, bei *Girandia* die Copulation zu beobachten, obwohl ich viel Zeit und Mühe darauf verwandt und oft den reichlichen Austritt der Sporen gesehen habe. Auch die Vereinigung der Sporangien von verschiedenen Exemplaren und die Vermischung der beiderlei Sporangienformen blieb mir bisher immer erfolglos. In keinem Falle war ich so glücklich, vor, während oder nach dem Schwärmen der Sporen irgend ein Zeichen der Copulation wahrzunehmen.

¹ Iconogr. med. adriat. tab. 98, fig. 5, 6.

² A. a. O. fig. 5.

³ Observat. phyc. III. taf. III, fig. 1 a.

Ectocarpus pusillus Griff., die zweite Pflanze, für welche GOEBEL die Copulation der Sporen angegeben hat, konnte ich im Mai und Juni dieses Jahres in großer Menge untersuchen. Auch hier ist es mir nicht gelungen, die Angaben GOEBEL's bestätigen zu können. Der Austritt der Sporen findet immer reichlich statt, sehr oft fand ich unmittelbar benachbarte Sporangien sich gleichzeitig entleeren, jedoch konnte ich auch hier bisher nie eine Copulation constatiren. Dagegen sind Sporenformen wie die von GOEBEL in den Figg. 1—3, 6—8 als Zygoten abgebildeten sehr häufig, sie waren aber in allen von mir untersuchten Fällen keine Copulationsproducte, sondern in dieser Form unmittelbar aus dem Sporangium ausgetreten. Oft fanden sich in der Hälfte aller sich entleerenden Sporangien derartig gestaltete Schwärmer, welche freilich nicht selten die äußere Form einer Chlorosporeen-Zygote täuschend nachahmten, aber nie mehr als zwei Cilien besaßen. Im Übrigen ist ihre übere Gestalt eine sehr wechselnde, unregelmäßige Hervorragungen können sich am Vorder- und Hinterende, auch an den Seiten finden, der ganze Schwärmer kann eine dreieckige oder herzförmige Gestalt annehmen: ferner kann die helle Plasmapartie mit dem Kern bei ihnen vorn oder ganz seitlich liegen. Es ist nicht schwer, besonders bei schon theilweise entleerten Sporangien, solche Sporen von unregelmäßiger äußerer Form während ihres Austritts zu verfolgen und so lange sie noch vor dem Sporangium liegen, auch an den noch lebenden die Zweizahl der Cilien zu constatiren¹. Während des Schwärmens nehmen sie allmählich symmetrische Gestalt an, bis sie schließlich in normaler Weise zur Ruhe kommen. Die tannelnde Bewegung, welche sie mit den Zygoten der Chlorosporeen gemein haben, ist nur eine mechanische Folge der unregelmäßigen äußeren Gestalt. Die rothen Punkte fallen bei den sehr großen und farbstoffreichen Schwärmern von *Ectocarpus pusillus* nur wenig auf, ich habe mit Sicherheit nie mehr als einen nachweisen können.

Trotzdem also nach GOEBEL die Beobachtung der Copulation der Schwärmer eine sehr leichte sein soll, gelang es nach dem Vorstehenden

¹ GOEBEL wirft auch die Frage auf, ob die von ihm beobachteten Stadien monströse Bildungen seien oder nicht und sagt an der betreffenden Stelle (pag. 4) wörtlich Folgendes: »Bei *Ectocarpus (pusillus)* ist dies jedenfalls nicht der Fall. . . . Nie habe ich bei sorgfältigster Beobachtung aufbrechender Sporangien eine monströse Schwärmspore entdecken können, die einer jungen Zygosporie geglichen hätte. Nur einmal sah ich eine derartige Bildung in einem halb entleerten Sporangium liegen. Hier kann aber auch eine Schwärmspore eines anderen Sporangiums ihren Weg hereingefunden und mit einer anderen sich verbunden haben.«

weder für *Giraudia* noch für *Ectocarpus pusillus* GOEBEL's Angaben zu bestätigen. Für *Ectocarpus* ließ sich aber der Nachweis führen, dass Gebilde, welche durchaus den GOEBEL'schen Zygoten gleichen, häufig vorkommen und Schwärmer von unregelmäßiger Gestalt sind¹. GOEBEL konnte weder das Verhalten der Cilien bei dem Copulationsprocess feststellen, noch konnte er in den Zygoten zwei rothe Punkte nachweisen. Und während ferner nach dem Vorstehenden bei *Ect. siliculosus* und *Seytosiphon* in Übereinstimmung mit den Zygoten der Chlorosporaceen das Copulationsproduct doppelt so groß ist als der einzelne Schwärmer, übertrifft es nach GOEBEL die letzteren kaum an Größe.

Bei beiden Pflanzen findet die Befruchtung erst dann statt, wenn der weibliche Schwärmer zur Ruhe gekommen ist und seine Cilien eingezogen hat, in voller Übereinstimmung mit den von REINKE und FALKENBERG für die Cutleriaceen erhaltenen Resultaten. Nach GOEBEL dagegen erfolgt bei *Ectocarpus pusillus* und *Giraudia* die Copulation noch vor dem Eintritt der lebhaften Bewegung bei beiden oder wenigstens bei einer der Gameten, das Copulationsproduct schwärmt eine Zeitlang lebhaft umher und kommt erst später zur Ruhe. Der Geschlechtsact würde also grundverschieden von dem von mir beobachteten sein. — Eine Aufklärung aller dieser Differenzen bleibt nun einstweilen abzuwarten, da GOEBEL mit Bestimmtheit angiebt, die Copulation in der von ihm beschriebenen Weise direct gesehen zu haben.

Auf die weiteren Schicksale der befruchteten Eier von *Ectocarpus siliculosus* und *Seytosiphon* gehe ich an dieser Stelle nur kurz ein, da die Untersuchungen hierüber ihren vollen Abschluss noch nicht erreicht haben.

Bei *Ectocarpus siliculosus* begannen die Zellen sofort ein sehr kräftiges Wachstum, sie keimten viel rascher als die neben ihnen liegenden unbefruchteten Schwärmer. Fig. 5 zeigt die Umrisse von drei geschlechtlichen und einer Anzahl parthenogenetischer Keimpflanzen, wie sie in einer dreitägigen Cultur sich vorfanden. Im Verlauf von einigen Wochen erhielt ich kriechende, verzweigte Fäden, aus welchen sich in normaler Weise *Ectocarpus*-Fäden erhoben. Dieselben

¹ Es scheint sehr wahrscheinlich, dass diese Missbildungen eine Folge zu frühzeitiger Entleerung der Sporangien sind, wie sie gewöhnlich erfolgt, wenn Algen frisch in Cultur genommen werden.

In unilocularen Sporangien finden sich in solchen Fällen oft zwei bis mehrere nicht vollständig getrennte Schwärmer, mit mehreren Cilienpaaren.

erlangten jedoch nur eine geringe Größe und gingen nach vier Wochen (Anfang April) an reichlich zu fructificiren, und zwar erhielt ich in allen Culturen eine große Menge von unilocularen Sporangien, gemischt mit plurilocularen (vergl. Fig. 7, bei *a* an der Spitze ein pluriloculares Sporangium, am Faden vertheilt mehrere uniloculäre in verschiedenen Entwicklungsstadien). Wenn mir nun auch vorläufig die nöthigen Controllversuche in hinreichender Anzahl für *Ect. siliculosus* noch nicht zu Gebote stehen, so glaube ich doch mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen zu dürfen, dass die Erzeugung uniloculärer Sporangien — oft zugleich neben plurilocularen, wie es auch für eine große Anzahl anderer Phaeosporaceen nachgewiesen worden ist — in diesem Falle eine unmittelbare Folge des vorausgegangenen Befruchtungsactes ist. Bei einer Reihe anderer Phaeosporaceen erhielt ich von parthenogenetisch entwickelten Keimlingen immer nur pluriloculäre Sporangien, nie uniloculäre.

Auch bei *Scytosiphon* entwickelten sich die Zygoten außerordentlich kräftig, sie wuchsen aber nicht zu normalen Pflanzen aus, sondern bildeten im Verlauf von zwei Monaten größere flache Scheiben, welche zuletzt durch horizontale Theilungen mehrschichtig wurden. Später wurde in den Culturen das Wachsthum vorläufig sistirt. Ihre weitere Entwicklung hat sich bisher mit voller Sicherheit noch nicht ermitteln lassen.

Zum Schlusse sei noch mit einigen Worten der männlichen Schwärmer gedacht. Sowohl bei *Ectocarpus* (siehe auch oben) wie bei *Scytosiphon* schwärmten dieselben mehrere Stunden lang, schließlich gelangten sie jedoch zur Ruhe, aber nur ein Theil entwickelte sich langsam zu sehr schwächlichen und empfindlichen Keimpflanzen, ein anderer Theil desorganisirte sich sogleich oder nach Verlauf von ein bis zwei Tagen. Die männlichen Schwärmer der Phaeosporaceen bilden also hier nach ein weiteres interessantes Übergangsstadium zwischen den geschlechtlich differenzirten aber noch keimfähigen Schwärmern, wie z. B. auch bei *Ulothrix*, und den für sich keimungsunfähigen echten Spermatozoiden.

Neapel, im November 1880.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XVII.

- Fig. 1. Die verschiedenen Stadien eines zur Ruhe kommenden weiblichen Schwärmers.
- Fig. 2. Das empfängnisfähige Ei umschwärmt von den männlichen Schwärmern.
- Fig. 3. Verschiedene Stadien des Copulationsvorganges.
- Fig. 4. Befruchtete und unbefruchtete Eier bald nach der Abrundung. (Die Linie bezeichnet den Rand des Wassertropfens.)
- Fig. 5. Drei Tage alte Keimlinge, drei geschlechtliche, die übrigen parthenogenetische.
- Fig. 6. Basis einer vierzehn Tage alten Keimpflanze.
- Fig. 7. Fructificirende Keimpflanze, 5 Wochen alt. Unten uniloculaere, an der Spitze ein pluriloculaeres Sporangium.
- Fig. 8. Die beiderlei Sporangien an einer im Freien gefundenen Pflanze.

1.



2.



3.



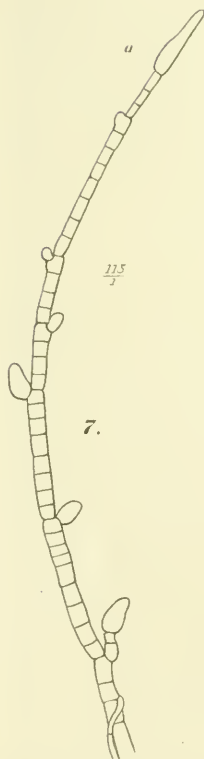
4.



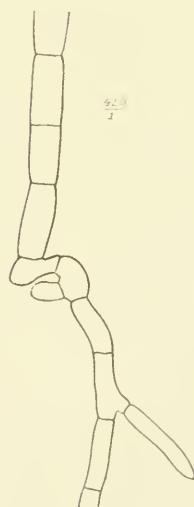
5.



7.



6.



8.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Berthold Gottfried

Artikel/Article: [Die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phaeosporeen. 401-413](#)