

Botanisches Centralblatt.

REFERIRENDES ORGAN

für das Gesamtgebiet der Botanik des In- und Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. G. Kohl**

in Cassel.

in Marburg.

Zugleich Organ

des

Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der botanischen Section des naturwissenschaftlichen Vereins zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau, der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Student-sällskapet i Upsala, der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, des Botanischen Vereins in Lund und der Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors.

Nr. 44.

Abonnement für das halbe Jahr (2 Bände) mit 14 M.
durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

1891.

Wissenschaftliche Original-Mittheilungen.

Beiträge zur Kenntniss der *Ectocarpus*-Arten
der Kieler Föhrde.

Von

Paul Kuckuck.

Mit 6 Figuren.

(Fortsetzung u. Schluss.)

II. Der Formenkreis von *Ectocarpus confervoides* Roth sp.
(nebst verwandten Formen).

1. Zellinhalt.

Die Chromatophoren. Bei *E. siliculosus* Dillw. sp. durchziehen die Chromatophoren in zahlreichen, verzweigten, sehr unregelmässigen oder spiralig verlaufenden Bändern die Zelle, sind verhältnissmässig schmal und in den Hauptachsen meist spärlicher entwickelt. Bei *E. confervoides* Roth sp. sind sie stets kräftig entwickelte, breite und dicke Bänder von dunkel-gelbbrauner Farbe. Bald durchziehen sie fast parallel zur Längsachse stabförmig die

Zelle, bald sind sie mehr unregelmässig, selten spiralg, oft in quer zur Längsachse verlaufenden Bändern angeordnet. In den Zellen der seilartig zusammengedrehten Fäden sind sie meist spärlich, in einzelne kürzere Stäbe zertheilt.

Pyrenoide. Pyrenoide nenne ich den Chromatophoren auf der dem Zelllumen zugekehrten Fläche aufgelagerte Körper von fast kugeliger bis mehr polyedrischer Gestalt, die eine deutliche Schalenstructur aufweisen. Sie finden sich bei allen Zellen, die lange, bandförmige Chromatophoren besitzen, und sind von Schmitz (44. p. 154) als Phäophyceenstärke bezeichnet worden. Die den Kern bildende Kugel färbt sich mit Carminessigsäure rosa-roth und scheint nucleinhaltiger Natur zu sein, die den Kern umschliessende Hohlkugel bleibt dagegen ungefärbt. Das Verhalten gegen Jod studirte ich bei solehen Pyrenoiden, die seitlich an den Chromatophoren hervorragen, da die Braunfärbung der letzteren leicht eine Täuschung hervorrufen kann. Der Kern zeigte eine etwas stärkere Gelbfärbung als die Schale, beide waren aber nur schwach tingirt. Die Pyrenoide lösen sich weder in Alkohol noch in Essigsäure, bleiben beim Eintrocknen erhalten und reduciren Osmiumsäure nicht. Dass sie, wie Schmitz angibt, immer unter dem Einfluss der Chromatophoren entstehen, kann ich bestätigen. Stets sitzen sie der Farbstoffplatte unmittelbar auf, wie sich herausstellt, wenn man auf den optischen Durchschnitt der Chromatophoren einstellt. Ein kurzes Spitzchen, mit welchem sie nach Berthold (7. p. 56 ff.) den Farbkörpern seitlich ansitzen sollen, vermochte ich jedoch nicht zu erkennen (siehe dagegen bei *Ectocarpus litoralis*). Nie fand ich sie, auch nicht bei ausgewachsenen Zellen, frei im Protoplasma eingebettet und muss deshalb wenigstens für *E. confervoides* Roth sp. und verwandte Formen der Schmitz'schen Ansicht, dass sie nachträglich durch die Bewegungen des Plasmas in der ganzen Zelle vertheilt werden, widersprechen. Auch darin finde ich mich in Uebereinstimmung mit Schmitz, dass die Pyrenoide nie im Innern der Chromatophoren entwickelt werden. Sie werden unter Mitwirkung derselben und der des benachbarten Plasmas an der inneren Oberfläche oder seltener am Rande der Farbstoffplatten erzeugt. Auch konnte ich feststellen, dass Plasmafäden von der Kernhülle gerade zu den Stellen des die Chromatophoren enthaltenden Wandplasmas hinziehen, an denen Pyrenoide entwickelt werden. Ueber das Verhalten der Pyrenoide bei der Zoosporenbildung siehe weiter unten.

Schmitz wählte die Bezeichnung Pyrenoide für kugelige Gebilde im Innern der Chromatophoren, die denselben eingebettet wären, wie der Nucleolus dem Kern, sah dabei also ganz ab von ihrer chemischen Beschaffenheit. Da nun aber die hier beschriebenen Körper stets unmittelbar an den Chromatophoren entstehen und ganz ähnliche Reactionen wie die Pyrenoide zeigen, so halte ich die Bezeichnung „Phäophyceenstärke“ für entbehrlich. (Vergl. hierzu auch Schmitz (45.) p. 129 ff.)

Sonstige im Protoplasma suspendirte Körper. Leicht mit den Pyrenoiden zu verwechseln sind tropfenförmige, im Proto-

plasma unregelmässig zerstreute Körper, besonders wenn sie sich den Chromatophoren anlegen. Dieselben lösen sich sofort in Essigsäure und 96% Alkohol auf. Oft umgeben sie, besonders bei nicht mehr völlig frischem Material, den Kern in grossen Ballen, welcher durch Behandlung mit Essigsäurecarmin dann leicht sichtbar gemacht werden kann. Sie färben sich bei Zusatz von Eau de Javelle unter Quellung rothbraun und zerfliessen darauf unter Entfärbung. — Die im Wandbelag des Protoplasmas liegenden kleinen hellglänzenden Tropfen lassen nach der Auflösung durch Essigsäure kleine concentrische Ringe auf der Zellmembran zurück. Anwendung von Jod in Jodkalium und alle anderen Stärkereactionen ergaben stets negative Resultate.

Während der Beobachtung sah ich öfters Veränderungen in der Lage der Plasmafäden, Verschiebungen längs der Aussenwand u. s. w.

2. Sporangien.

Die von Thuret (48.) vorgeschlagene und von Kjellman (23. p. 42) angenommene Bezeichnung der beiden Sporangienformen muss auch jetzt noch als die dem gegenwärtigen Standpunkte unserer Kenntnisse angemessenste betrachtet werden, da sie sich an rein morphologische Merkmale hält und von der Natur und Bedeutung der Zoosporen ganz absieht. Ich nenne daher nach wie vor die aus einer Zelle bestehenden Sporangien uniloculäre Sporangien (*sporangia unilocularia*, einfächerige Sporangien) und die aus Zellstockwerken bestehenden pluriloculäre Sporangien (*sporangia plurilocularia*, mehr- oder vielfächerige Sporangien). Eine Eintheilung in Sporangien und Gametangien, wie sie Kjellman in seinem Handbök i Skandnaviens Hafsalgflora I vornimmt, erscheint nicht räthlich, da sie die nur für zwei Species (*Ectocarpus siliculosus* und *Scytosiphon*) bisher unzweifelhaft nachgewiesene geschlechtliche Natur (s. Berthold 6.) für alle in pluriloculären Sporangien entwickelten Zoosporen antieipirt. (Vergl. auch Falkenberg 12. p. 220). Ich selbst habe, wie ich gleich hier vorweg nehmen will, nie eine Copulation von Zoosporen oder auch nur eine Andeutung zu derselben gefunden, trotzdem Zoosporen aus pluriloculären Sporangien (die hauptsächlich in Betracht kommen) und uniloculären Sporangien zahlreicher Individuen der verschiedensten Formen und Arten zu den verschiedensten Jahres- und Tageszeiten zu meiner Beobachtung gelangten.

Was das Auftreten der beiden Sporangienarten betrifft, so fand ich bei den beobachteten Pflanzen, für welche als Standort nur der Kieler Hafen und seine Mündung in die Kieler Bucht in Betracht kommt, pluriloculäre Sporangien ungleich häufiger als uniloculäre. Bei *E. confervoides* Roth sp. und seinen verschiedenen Formen fand ich zu allen Jahreszeiten überhaupt nur die erste Sporangienart. Bei *E. siliculosus* Dillw. sp. fand ich einfächerige Sporangien nur sehr vereinzelt; dagegen waren sie bei *E. penicillatus* Ag. reichlich entwickelt. Bei dieser letzteren Art gibt es Individuen (im Sommer), welche nur einfächerige Sporangien er-

zeugen, dann solche, bei denen vereinzelt pluriloculäre auftreten, die zuweilen noch als uniloculäre Sporangien angelegt werden, ferner solche, bei denen uniloculäre und pluriloculäre gleich zahlreich sind oder die letzteren schon überwiegen, und endlich Individuen, bei denen sich nur noch pluriloculäre Sporangien finden (im Spätsommer und Herbst). Ob freilich diese Entwicklung an ein und demselben Individuum völlig durchlaufen werden kann, vermag ich nicht zu sagen. Es ist mir wahrscheinlich, dass die aus zu verschiedenen Zeiten entlassenen Sporen nach und nach heranwachsenden Pflänzchen im Sommer uniloculäre, später pluriloculäre Sporangien erzeugen. Ein Wechsel von Generationen mit uniloculären und solchen mit pluriloculären Sporangien ist hierbei möglich, aber nicht nothwendig. Darauf bezügliche Culturversuche misslingen leider, wie denn überhaupt *Ectocarpus*-Arten in der Cultur sich als äusserst empfindlich erweisen.

Die pluriloculären Sporangien stehen zumeist terminal, d. h. ganz allgemein, es folgen an ihrer Spitze keine vegetativen Zellen mehr. Sporangien, deren Stiel Zweige entsendet, nenne ich terminal im engeren Sinne und unterscheide alle übrigen als langgestielte, als kurzgestielte (eine bis wenig Stielzellen) und als sitzende Sporangien. Alle Uebergänge finden sich z. B. sehr häufig bei *E. dasyrarpus* n. sp. (vergl. Fig. 4 nebst Erklärung).

Intercalare Sporangien, die an ihrem Scheitel eine mehr oder weniger lange Reihe vegetativer Zellen tragen, finden sich besonders häufig bei *E. siliculosus* Dillw. sp. (Fig. 1, A) und überbrücken den Uebergang zu dem Formenkreis von *E. litoralis* L. sp.

Entwicklung der pluriloculären Sporangien (vergl. Kjellman (23.) p. 43 ff.). Bei *E. confervoides* Roth sp. treibt eine Thalluszelle unter der oberen Querwand eine Ausstülpung, die sich durch eine etwas schief gestellte Wand von der Mutterzelle abgliedert und sich in diesem Stadium von einer jungen Zweiganlage noch nicht unterscheidet. Die Aussprossung wächst in die Dicke und besonders in die Länge und theilt sich durch eine Querwand. Mit den nächsten Quertheilungen beginnt eine Differenzirung des Zellinhaltes. In den oberen Zellen, in welchen nunmehr die Theilungen lebhafter aufeinander folgen, findet eine Vermehrung des Protoplasmas statt, während die Chromatophoren in einzelne Stücke zerfallen. Pyrenoide, die in den unteren, zu Stielzellen werdenden Zellen noch gebildet werden, werden hier nicht mehr entwickelt oder bleiben doch sehr klein, um bei der weiteren Ausbildung des Sporangiums wahrscheinlich wieder aufgelöst zu werden. Bald treten die ersten Längswände auf und mit der Anlage der einzelnen Wände geht gleichzeitig eine Theilung der Kerne vor sich, wobei derselbe einen immer grösseren Theil des Zell- oder Fachlumens einnimmt. Die Chromatophoren verlassen zum Theil ihre wandständige Lage und rücken in das Zelllumen hinein. Die Augenpunkte sind bei weit vorgeschrittener, aber noch nicht beendeter Fächerung als winzig kleine, rothe, glänzende Punkte in der Fläche oder am Rande der Farbstoffplatten zu erkennen.

Bei *E. penicillatus* Ag., bei dem zuerst uniloculäre Sporangien und späterhin an derselben Pflanze pluriloculäre auftreten, ist die Entwicklung der letzteren etwas anders. Die Pflanze zeigt auch während der Sporangienbildung noch lebhaftes Wachstum und im Zusammenhange damit an den Aesten aller, besonders höherer Ordnungen kurze, dünne Adventivästchen, die ein ziemlich ausgesprochenes trichothallisches Wachstum haben. Die oberen Zellen verlängern sich demgemäss und zu einer bestimmten Zeit liegt der am lebhaftesten wachsende Theil in der Mitte des jungen Astes. Ist derselbe ausgewachsen, so läuft er in ein langes, gleich breites, oben absterbendes Haar aus, das nicht viel dünner ist als die unteren chromatophorenreichen Zellen. Zur Zeit nun, wo die pluriloculären Sporangien erscheinen, unterbleibt die Verlängerung der oberen Zellen, es treten in den oberen zwei Dritteln der bis dahin noch als vegetativ zu bezeichnenden Anlage bis dicht unter die Spitze rasche Theilungen, die von einer Vermehrung des Zellinhaltes, vorzüglich der nicht gefärbten Bestandtheile begleitet sind, ein, ohne dass eine Verdickung dieses Fadentheiles zu bemerken wäre. Dieselbe stellt sich erst mit dem weiteren Vorschreiten der jungen Anlage ein, welche sich von den unteren zu Stielzellen werdenden Zellen nach der Anlage einer Reihe von Längswänden abhebt.

Ich gehe nun zu der Sporangienentwicklung bei *E. siliculosus* Dillw. sp. über, dessen pluriloculäre Sporangien in sehr vielen Fällen Haare tragen. Zu einer Zeit, wo die Pflanze noch lebhaft wächst, findet man dünnere, an Zweigen verschiedener Ordnung stehende, in ein kürzeres oder längeres Haar auslaufende Aeste, welche undeutlich trichothallisch wachsen. Allmählich verschiebt und concentrirt sich die Region lebhaften Wachstums in dem unteren Theile (Fig. 1, A, bei *a*) und es entsteht eine längere Reihe scheibenförmiger Zellen, in denen alsbald Längswände auftreten. Im ausgebildeten Zustande ist das Sporangium unten meist am dicksten, verjüngt sich nach oben gleichmässig und der oberste Theil erscheint dann von den sterilen Zellen abgesetzt oder ist eben so dick wie diese. In anderen weniger häufigen Fällen ist das Sporangium gleichmässig dick. Es kann auch, wenn die lebhaften Theilungen beginnen, eine in der Wachstumsregion liegende Zelle ihr Wachstum einstellen, so dass das reife Sporangium durch eine vegetative Zelle in zwei Theile zersprengt wird. Endlich kann sich die Theilungsfähigkeit auf eine Zelle im vegetativen Ast beschränken, so dass ein intercalares, ovales oder fast kugeliges pluriloculäres Sporangium entsteht.

Die uniloculären Sporangien treten bei *E. penicillatus* Ag. in den Zweigbüscheln auf, sind meist von sehr regelmässiger ellipsoidischer Gestalt, oft auch mehr eiförmig, sitzend oder kurz gestielt, aufrecht und dem vegetativen Faden zuweilen sehr fest angeschmiegt oder abstehend. — Bei *E. siliculosus* Dillw. sp. sind die Sporangien ebenfalls meist sitzend oder kurz gestielt, ellipsoidisch breitgedrückt oder eiförmig und stehen vorzüglich an den Zweigen höherer Ordnung.

Entwicklung der uniloculären Sporangien. Dieselbe ist, von dem Zellinhalte abgesehen, eine sehr einfache. Die vegetative Gliederzelle treibt unter der oberen Querwand vorbei eine Ausstülpung, die sich durch eine in der Fläche der Mutterzellenmembran liegende oder zu ihr etwas schief gestellte Wand zu einer selbständigen Zelle abgliedert, sich durch dichten Inhalt auszeichnet und die Chromatophoren während der Weiterentwicklung entwickelt und vermehrt. In anderen Fällen theilt sich die Ausstülpung, sobald sie sich von der Mutterzelle abgegliedert hat, durch eine Querwand, sodass eine obere hemisphärische Zelle, die zum Sporangium wird, und eine untere oft scharf keilförmige Zelle, die zur Stielzelle wird, entsteht. In dem jungen Sporangium findet dann eine successive Theilung der Zellkerne statt, die aber nicht so weit wie bei den entsprechenden Sporangien von *E. litoralis* zu schreiten pflegt, wie denn auch das fertige Sporangium weniger Zoosporen enthält als dort. Treten keine Zerklüftungen der Zoosporenportionen mehr ein, so platten sich dieselben polygonal ab. Die Wanderung der Chromatophoren nach dem Lumen des Sporangiums findet erst statt, wenn das Sporangium schon eine beträchtliche Grösse erreicht hat, viel später als bei *E. litoralis*. Eine mehrfache Umlagerung derselben, wie sie dort stattfindet, habe ich hier nicht beobachtet. Bei Zusatz von Eau de Javelle wird der ganze Inhalt innerhalb der Sporangienmembran zerstört; feste Septa, die gleichzeitig mit dem Austritt der Sporen gelöst werden, wie bei den vermeintlichen uniloculären Sporangien von *Stictyosiphon tortilis* (40. Taf. 32. Fig. 9—11) werden also nicht gebildet.

Im Wesentlichen stimmen mithin meine Beobachtungen mit denen Kjellman's überein. Jedoch habe ich nie mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln Stärke in den Sporangien nachweisen können. Eine Täuschung, die durch die bei Jodzusatz sich blaugrün färbenden Augenpunkte hervorgerufen werden könnte, kann kaum vorliegen, da der genannte Forscher dieselbe auch in den ganz jungen Sporangienanlagen fand, die sich so „von vegetativen Zweiganlagen ganz wesentlich unterschieden“ (23. p. 42).

Uebergänge von uniloculären zum pluriloculären Sporangium. Es finden sich gewisse Sporangiumbildungen, die man am besten als Uebergangsformen von uniloculären zu pluriloculären Sporangien auffasst. Ich fand sie hauptsächlich bei *E. penicillatus* Ag., und zwar zu der Zeit, wo die mit uniloculären Sporangien bedeckte Pflanze pluriloculäre Sporangien zu bilden anfängt. In einem Falle war ein Sporangium mit vollkommener Fächerung unzweifelhaft als uniloculäres angelegt worden; die beiden Stielzellen waren, wie es für jene Sporangiumart charakteristisch ist, keilförmig und schmiegten sich ebenso wie das gedrungene kegelförmige Sporangium selbst den vegetativen Gliederzellen des Fadens an. Eine weitere Neigung uniloculärer Sporangien, die pluriloculäre Fächerung wenigstens anzustreben, sehe ich darin, dass auf einem Stiel bis fünf Sporangien gebildet wurden, die man als eine Vereinigung uniloculärer Sporangien, aber auch als ein einziges pluri-

loculäres Sporangium ansehen kann, bei welchem eine weitergehende Fächerung unterblieben ist.

Entleerung der Sporangien. Hat das pluriloculäre Sporangium seine volle Reife erreicht, so liegt jede Zoospore in einer von sehr dünnen, aber deutlich erkennbaren Zellwänden umschlossenen Mutterzelle, und die Chromatophoren, welche Anfangs eine mehr hellgelbe Farbe zeigten, sind nun ebenso intensiv gefärbt, wie in den vegetativen Zellen. Auf Thuret's (48.) Ansicht, dass die Sporangien aus einer einzigen Zellreihe bestehen, und dass in jeder scheibenförmigen Zelle der Inhalt sich in zahlreiche neben einander liegende Zoosporen ohne Bildung von Längswänden zerklüftet, geht Kjellmann, dieselbe widerlegend, näher ein und ich kann deshalb auf eine ausführliche Bestätigung der Kjellmann'schen Beobachtungen verzichten. Im normalen Falle öffnet sich das Sporangium an der Spitze (bei *b* in Fig. 3) und es erscheint natürlich, als Ursache einen Druck der Stielzellen auf die unterste Sporangiumschicht, der sich auf die höher liegenden Schichten fortpflanzt, anzunehmen. Dass die Stielzellen in der That das Bestreben haben, sich auszudehnen und zu wachsen, zeigt die sehr oft bald nach der Entleerung beginnende Anlage eines Ersatzsporangiums in der leeren Sporangiumhülse (*a* in Fig. 3). Es ist auch wahrscheinlich, dass die reifen Sporen ihre zartwandigen Fächer und das ganze Sporangium so prall füllen, dass die Auflösung der Zellwand an einer dazu prädestinirten, weicheren Stelle, hier der Spitze, eintreten kann. Mit dem Austritt der ersten Schwärmer werden die dünneren Zellwände zumeist vollständig gelöst, sodass nur die durchgehenden Querwände erhalten bleiben. Dass nicht nur die Randstellen derselben, mit denen sie sich an die Aussenmembran ansetzen, persistiren, sondern dass nur in der Mitte eine Lösung der Membran eintritt, lässt sich bei zweckmässiger Einstellung mittelst der Mikrometerschraube unschwer erkennen. Damit in Zusammenhang steht es nun auch, dass die Schwärmsporen in einem Zuge geordnet das Sporangium verlassen. Schon in diesem kann man bei den losgelösten Sporen deutlich ein farbloses zugespitztes und ein gefärbtes abgerundetes Ende unterscheiden; welches von beiden der Austrittsöffnung zugekehrt ist, unterliegt keinem Gesetze und hängt offenbar von der Lage des Schwärmers im Sporangiumfache ab. Bemerkenswerth ist, dass wenigstens die längere Geissel (oft beide) sich von dem Sporenleibe, schon bevor derselbe die Oeffnung erreicht hat, ablöst, in welcher Weise, kam bei der Feinheit des Objectes nicht zur näheren Beobachtung. Dieselbe schleppte entweder träge nach oder war nach vorn gerichtet und machte bereits schlingelnde Bewegung.

Es kann nun auch, nicht nur bei Sporangien, die in sterile Zellen auslaufen, vorkommen, dass an der Seite eine oder mehrere (bis drei) Oeffnungen entstehen (bei *b* in Fig. 1, B). Dabei tritt zuweilen eine Knickung des Sporangiums an den Oeffnungsstellen ein, durch welche dieselben vergrößert werden. In der Regel sind die Austrittsöffnungen enger als der grösste Querdurchmesser der Spore, welche sich beim Herausschlüpfen einschnürt, einen

Moment eingezwängt ist und dann mit einem Ruck herausgepresst wird. Vor der Oeffnung macht der Schwärmer eine pendelnde Bewegung, um die Cilien zu völlig freiem Gebrauche zu entwickeln, sodann erfolgt ein Zittern oder Schütteln und derselbe eilt davon.

Bei alten Sporangiumhülsen werden auch die durchgehenden Querwände gelöst, sodass man dann von einer früheren Fächerung keine Spur mehr erkennen kann (*a* in Fig. 3). Andererseits kommt es zuweilen vor, dass die Längswände wenigstens als Leisten erhalten bleiben, sodass bei völlig entleertem Sporangium die Fächerung noch vollständig in ihren Resten bewahrt ist. (Vergl. zu diesem Abschnitt auch Pringsheim 38. p. 196 f., Tab. XI, Fig. 11—16, sowie besonders Berthold 6. und Goebel 18.)

Beim Austritt der Zoosporen werden nicht selten Plasmaklümpehen, kleine Körnchen und Tröpfchen ausgestossen, die bei der Schwärmsporenbildung unbenutzt geblieben sind.

Der Austritt der Zoosporen erfolgt zu jeder Tageszeit, am reichlichsten in den Morgen- und Vormittagsstunden.

Entleerung der uniloculären Sporangien. Den Vorgang der Entleerung selbst habe ich in dieser Gruppe zu beobachten nicht Gelegenheit gehabt. Sie erfolgt stets am Scheitel, die leere Sporangiummembran collabirt (bei *b* in Fig. 2) und wird an den oft zeretzten Randpartien zum Theil aufgelöst. Bei *E. penicillatus* Ag. hatte es bei mit Schwefelpikrinsäure fixirtem Material den Anschein, dass die inneren Schichten der ganzen Membran stark gequollen waren und so einen Druck auf den Inhalt ausübten. Sicher ist, dass bei lebenden uniloculären Sporangien der genannten und auch anderer Arten die Sporangiummembran am Scheitel bedeutendere Dicke und eine feine Schichtung zeigt.

Die in pluriloculären und uniloculären Sporangien gebildeten Zoosporen. Die Schwärmer der Phäosporeen sind, wie bekannt, von sehr übereinstimmendem Bau und auch die hier in Betracht kommenden Zoosporen zeigen keinerlei Abweichung von dem Grundtypus. Sie sind in der Regel von birnförmiger Gestalt; das vordere zugespitzte Ende ist farblos, das hintere abgerundete enthält einen Chromatophor mit deutlichen, meist runden Umrissen. Der rothbraun gefärbte sogenannte Augenpunkt zeigt oft einen kreisförmigen Umriss, ist im optischen Durchschnitt concav-convex und stets der Aussenseite des Chromatophors, mit der convexen Seite nach oben gekehrt, aufgelagert, nie isolirt. Auch entspringen die beiden Cilien immer am Augenpunkt, ein Umstand, der auf einen Zusammenhang in den Functionen dieser Organe hindeutet. In dem nackten Protoplastkörper sind meist eine grössere Anzahl kleiner und einige grössere tropfenartige Körper, letztere meist in der Nähe oder unter dem Chromatophor eingelagert. Pyrenoide fehlen der Zoospore.

Was den äusseren Umriss der Schwärmer anbetrifft, so kommen bedeutende Abweichungen in der birnenförmigen Gestalt vor. Die in der Regel etwas abgerundete Spitze kann sich so weit abflachen, dass der Schwärmer eiförmig wird. Oder er kann auch ellipsoidisch oder flaschenförmig sein.

Die Schwärmer aus uniloculären Sporangien von *E. penicillatus* Ag. haben eine bedeutende Grösse und zeigen nicht selten einen zerschlitzten Chromatophor. Hin und wieder fand ich hier und bei anderen Arten auch zwei Chromatophoren, von denen zuweilen jeder seinen eigenen Augenpunkt hatte; oder ein Chromatophor besass zwei Augenpunkte. Doch hat man es dann, worauf schon Berthold (6.) aufmerksam machte, immer nur mit nicht normal ausgebildeten Schwärmern und nicht mit Copulationsproducten zu thun. Der Grössenunterschied von Schwärmern ein und dieselbe Sporangiumart tragender Pflanzen ist oft ein sehr beträchtlicher (bis zum Doppelten des Volumens).

Die Bewegung der Zoosporen ist eine sehr verschiedenartige. Immer sammelten sich dieselben an der Lichtseite des hängenden Tropfens und schwammen derselben in unregelmässig wellenartigen Bewegungen oder auch in gerader Linie zu. Am Rande des Tropfens angelangt fanden sie entweder nach wenigen Minuten eine geeignete Stelle zum Ansetzen oder sie irrten, sich um ihre eigene Achse drehend und in taumelnder Bewegung, eine Zeit lang (bis eine Stunde) umher.

In keinem Falle konnte ich eine Copulation von Schwärmsporen constatiren, wobei ich hauptsächlich auf die in pluriloculären Sporangien producirtcn mein Augenmerk richtete. Es kommt öfters vor, dass zwei schwärmende Sporen besonders bei massenhaftem Austritt sich mit ihren Cilien verwirren und dann eine Zeit lang zusammenschwärmen, aber ich fand immer, dass sie sich entweder wieder trennen oder auch gleichzeitig zur Ruhe kommen, ohne zu verschmelzen. Häufig bleibt auch eine noch schwärmende Zoospore an einer bereits zur Ruhe gekommenen hängen und schmiegt sich derselben beim Festsetzen dicht an.

Festsetzen und Keimen der Zoosporen. In einem Falle, bei Schwärmern aus uniloculären Sporangien von *E. penicillatus* Ag., stimmte die Art des Festsetzens völlig mit der Beschreibung überein, welche Berthold für die pluriloculären Sporangien von *E. siliculosus* Dillw. sp. entstammenden Schwärmern des Golfes von Neapel gegeben hat. Der Schwärmer zwingt sich in den keilförmigen Rand des hängenden Wassertropfens ein und macht, selbst hin und her pendelnd, mit der vorderen langen Cilie unruhig schlängelnde und schlagende, mit der hinteren kurzen und mehr starren schlagende Bewegungen. Dann zeigt plötzlich die vordere Cilie eine gleichmässige, wellenförmige Bewegung nach Art eines an beiden Enden festgehaltenen und abwechselnd gezogenen Taues: Die Cilie hat sich an der Spitze mit einer saugscheibenartigen Verdickung festgesetzt. Fast in demselben Momente verschmilzt sie vom Augenpunkte bis zur Spitze mit dem Protoplasma-körper und zugleich legt sich auch die hintere Cilie der ganzen Länge nach an das gefärbte hintere Ende an und verschmilzt mit demselben. Nunmehr macht die Zoospore, die sich während dieser Vorgänge ruhig verhalten hat, verschiedene Formveränderungen nach Art einer Amöbe durch und fliesst auf dem freien Ende der vorderen Cilie bis an den Befestigungspunkt heran, rundet sich

endlich ab und umgibt sich innerhalb der nächsten 24 Stunden mit einer zarten, kaum als Doppelleontur zu erkennenden Membran. Während der amöboiden Bewegung findet eine Verschiebung der im Plasma eingebetteten Körper statt, die besonders deutlich an den körnigen Bestandtheilen verfolgt werden kann.

In sehr zahlreichen Fällen beobachtete ich das Festsetzen von pluriloculären Schwärmern, wie ich sie kurz bezeichnen will, ohne dass ich über das Verhalten der hinteren Geissel in's Klare kommen konnte. Es tritt nicht immer ein Verschmelzen des unteren Theiles der vorderen Geissel mit dem Zoosporenkörper ein. Zuweilen war, wenn die Schwärmspore längst zur Ruhe gekommen war, diese Geissel noch in ihrer ganzen Länge vorhanden und starb allmählich ab, ohne dem Protoplasma einverleibt zu werden.

Erfolgt reichlicher Austritt der Zoosporen, so platten sich dieselben, wenn sie sich am Tropfenrande zusammendrängen, gegenseitig ab; steht ihnen ein grösserer Raum zur Verfügung, so sammeln sie sich besonders bei büschelig wachsenden Ectocarpen in oft kreisrunden Flecken an, die mehrschichtig sein können. Aber auch dann tritt keine Verschmelzung der Zoosporen ein.

Die Keimung von uniloculären Zoosporen habe ich nie zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Nach 24 bis 48 Stunden hatten sich die Zoosporen mit einer Membran umgeben; der Augenpunkt war gewöhnlich noch deutlich zu erkennen, aber meist in der Rückbildung begriffen. Die Spore wird erst eiförmig, dann keulenförmig, die Ausstülpung wächst zum Schlauch heran und gliedert sich durch eine Querwand ab, während sich die Chromatophoren gleichzeitig strecken und theilen. Noch bei solchen zweizelligen Stadien kann der Augenpunkt erhalten sein. Die durch eine Zellwand abgetheilte Aussprossung theilt sich alsbald und wächst allmählich zu einem Wurzelfaden mit ausgebuchteten Wänden heran, während das andere, der Schwärmspore entsprechende Ende eine Zeit lang ungetheilt bleibt, aber den Chromatophoreninhalt reich entwickelt. Erst wenn durch einen mehrzelligen Wurzelfaden die Befestigung am Substrat (hier dem Objectträger) hergestellt ist, beginnt auch das andere Ende zu wachsen, sich durch eine Querwand abzuschnüren und zum verticalen Spross auszuwachsen. (S. unter Wachsthum).

Nach ca. drei Wochen waren aus Hauten von pluriloculären Schwärmern ca. 2 mm hohe Büschel entwickelt worden, deren kräftige Ausbildung keinen Zweifel darüber liess, dass wir es mit völlig entwicklungsfähigen Zoosporen zu thun haben.

Danach komme ich zu dem Schluss, dass alle pluriloculären Sporangien, die zu meiner Beobachtung gelangten, Organe der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind. Das Vorkommen von Geschlechtspflanzen auch hier in der Kieler Bucht wäre damit noch nicht ausgeschlossen, aber es kommt hinzu, dass die Angaben so zuverlässiger Autoren wie Thuret den ungeschlechtlichen Charakter von vornherein wahrscheinlich machten. Leider gibt Berthold nicht an, ob die von ihm bei Neapel beobachteten Geschlechtspflanzen sich schon äusserlich, etwa durch die Grösse

oder die Verzweigung von in anderen Meerestheilen gefundenen Exemplaren des *E. siliculosus* Dillw. sp. unterschieden.

B. Wachstum und Verzweigung.

I. Der Formenkreis von *Ectocarpus confervoides* Roth sp. (nebst verwandten Formen).

Die Entwicklung war bis zur Anlage des verticalen Sprosses an dem jungen Keimling von *E. confervoides* Roth sp. verfolgt worden. Zählt der Verticalspross etwa 3—5 gleich grosse Zellen, so beginnt die oberste oder die oberen Zellen sich in die Länge zu strecken und im Verhältniss zum unteren Theil sich zu verdünnen. Das Volumen der Zellen wird dadurch grösser, in der Entwicklung der Chromatophoren tritt jedoch ein Stillstand ein. In diesem „haarartigen“ Theile treten intercalare Theilungen nur in längeren Pausen ein und seine Verlängerung geschieht hauptsächlich auf Kosten des Volumens der Zelle durch Dehnung der Zellwand und ausserdem durch Zellenzuwachs an der Basis. Im unteren, dickeren und chromatophorenführenden Theile des Sprosses werden dagegen ganz normal in jeder Zelle neue Querwände gebildet und zugleich verbreitert sich der Durchmesser der Zellen, so dass die Dicke der ursprünglichen Spore, welche Anfangs noch als Ausbuchtung zu erkennen war, bald erreicht wird. Das Wachstum ist also ein gleichmässig intercalares und es findet keine Bevorzugung irgend einer Region statt. Unterdessen hat auch der horizontale, dem Substrate angeschmiegte Wurzelfaden einen Zuwachs erfahren und sich zu verzweigen begonnen. An dem verticalen Spross werden, und zwar in akropetaler Folge Seitensprosse erst angelegt, wenn derselbe eine beträchtliche Höhe erreicht hat.

Janczewsky gibt (22. p. 8 ff.) für *Ectocarpus simpliciusculus* an, dass ein deutlich localisirter, aus ca. 10 Zellen bestehender Vegetationspunkt vorhanden sei, der nach oben Haarzellen, nach unten chromatophorenhaltige Thalluszellen bildet. Er nennt diesen Wachstumsmodus trichothallisch und constatirt denselben auch für *E. simplex*, *firmus*, *Hincksiae*, *siliculosus*, *secundus* u. s. w., „obgleich bei diesen Arten spätere Theilungen in den Thalluszellen die charakteristische Erscheinung des Vegetationspunktes verdeckten“. Nach meinen Beobachtungen treten aber intercalare Theilungen im ganzen Verlaufe des Thallus von *E. siliculosus*, *confervoides* und *dasyrarpus* so häufig auf, dass es mir richtiger erscheint, das Wachstum dieser Pflanzen als vorwiegend intercalare und nur sehr undeutlich trichothallisch zu bezeichnen. Nur die Theilungsfähigkeit derjenigen Zellen, welche Seitenzweige entsenden, ist eine beschränkte und oft mit diesem Acte bereits erschöpft. Bei *E. penicillatus*, derjenigen Art, bei der die Haare am besten entwickelt sind, hält sich intercalares und trichothallisches Wachstum ungefähr das Gleichgewicht und man zählt nicht selten über der jüngsten Ast- oder Sporangienanlage acht junge Zellenlagen (bei *v* in Fig. 5 B).

Typische Phäosporoenhaare mit scharf localisirtem, basalem Wachstum und farblosen Zellen habe ich bei diesen Algen nie gefunden.

Die Verzweigung ist in der Regel zerstreut, nie opponirt. Die Zweige stehen besonders in den oberen Theilen des Thallus oft einseitig gereiht oder regelmässig alternirend und liegen in verschiedenen Ebenen, doch so, dass immer eine Ebene von einer Reihe auf einander folgender Zweige bevorzugt wird. Dadurch, dass ein Seitenzweig zur Dicke des Hauptfadens heranwächst und diesen zur Seite biegt, entsteht oft eine Gabelung, für die ich nach Kjellman's Vorschlag die Bezeichnung Pseudodichotomie (im erweiterten Sinne) acceptirt habe. Adventiväste sind sehr häufig, besonders an den stark wachsenden Regionen des Thallus.

II. Der Formenkreis von *Ectocarpus litoralis* L. sp.

Die Entwicklung des Keimlings und das Wachstum des Thallus verläuft in derselben Weise, wie bei *E. confervoides*. Vorzugsweise sind es die mittleren Zellen des Internodiums (des zwischen zwei Wirteln liegenden Thallusabschnittes), welche eine Reihe von intercalaren Theilungen einzugehen befähigt sind. Das trichothallische Wachstum ist schwach entwickelt. Die Verzweigung ist entweder zerstreut oder nicht selten sehr regelmässig opponirt. Doch erfolgt die Anlage der opponirten Zweige in den allermeisten Fällen nicht genau zu derselben Zeit. Nicht selten sind zwei zweigliederige Wirtel benachbarten Zellen inserirt und liegen dann in derselben Ebene oder der eine Wirtel erscheint um 90° gedreht. Die Wände, welche die jungen Zweiganlagen von der Mutterzelle abgliedern, stehen stets schief zur Längsachse der letzteren und können sich im extremen Falle berühren. Das Wachstum ist auch während der Sporangien-Entwicklung noch sehr lebhaft intercalar, in den Internodien und über und unter den Sporangienketten am intensivsten. Selbst nach der Entleerung können die über den Sporangien liegenden vegetativen Zellen, z. B. bei *E. litoralis* *α. oppositus*, zu Haaren auswachsen. Oder es bildet sich unter dem Sporangium ein Vegetationspunkt, der dasselbe in die Höhe schiebt.

In einzelnen Fällen beobachtete ich, dass die leeren Sporangienketten abgeworfen wurden, und es erscheint mir nicht ausgeschlossen, dass der Thallus sich vegetativ üppig weiter entwickelt und zum zweiten Male, wenn auch spärlicher, fructificirt.

Alphabetisches Verzeichniss der benutzten Litteratur.

1. Agardh, C. A., Species Algarum. Vol. II. 1828.
2. — —, Systema Algarum. 1824.
3. Agardh, J. G., Species, genera et ordines Algarum. Vol. I. 1848.
4. Areschoug, Phyceae Scandinaviae marinae. 1850.
5. Askenasy, Beiträge zur Kenntniss der Gattung *Ectocarpus*. (Botanische Zeitung. 1869.)
6. Berthold, Die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phäosporeen. 1881. (Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. Bd. II.)
7. — —, Studien über Protoplasmamechanik. 1886.
8. Crouan, H. M. et P. L., Algues marines du Finistère. 1852. (Algae exsiccatae.)
9. — —, Florule du Finistère. 1867.
10. Dillwyn, British Confervae. 1809.

11. English Botany or coloured figures of british plants with their essential characters etc. by J. E. Smith and J. Sowerbay. 1790—1814.
12. Falkenberg, Die Algen im weitesten Sinne. 1882. (In Schenk, Handbuch der Botanik. Bd. II.)
13. Farlow, The marine Algae of new England. 1880.
14. Foslie, Nye havsalger. 1887.
15. Flora Danica. Icones plantarum etc. 1761—1874.
16. Gobi, Die Brauntange des Finnischen Meerbusens. 1874. (Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de St. Petersburg. Sér. VII. T. XXI. No. 9.)
17. —, Die Algenflora des weissen Meeres und der demselben zunächst liegenden Theile des nördlichen Eismeer. 1878. (I. c. Tome XXVI. No. 1.)
18. Goebel, Zur Kenntniss einiger Meeresalgen. (Botanische Zeitung. 1878.)
19. Harvey, Phycologia Britannica. 1871.
20. —, Nereis Boreali-Americana. P. I. *Melanospermeae*. 1852.
21. Hauck, Die Meeresalgen Deutschlands und Oesterreichs. 1885.
22. Janczewsky, Observations sur l'accroissement du thalle des Phaeosporées. 1875. (Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles de Cherbourg. T. XIX.)
23. Kjellman, Bidrag till kannedomen om Scandinaviens Ectocarpeer och Tilopterider. 1872. (Akademisk afhandling.)
24. —, Ueber die Algenvegetation des Murmanschen Meeres an der Westküste von Novaja Semlja und Wajgatsch. 1877. (Nova acta regiae Societatis scientiarum Upsaliensis. Ser. III. Volumen extra ordinem editum.)
25. —, The Algae of the Arctic Sea. 1883. (Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. XX. No. 5.)
26. —, Handbok i Skandinavien Hafsalgflora. I. *Fucoideae*. 1890.
27. Kützing, Phycologia generalis. 1843.
28. —, Phycologia germanica. 1845.
29. —, Tabulae phycologicae. 1845—71.
30. —, Species Algarum. 1849.
31. Le Jolis, Liste des Algues marines de Cherbourg. 1863.
32. —, Algues marines de Cherbourg. (Algae exsiccatae.)
33. Lyngbye, Tentamen Hydrophytologiae Danicae. 1819.
34. Magnus, Botanische Untersuchungen der Pommerania-Expedition 1871. (Aus dem Bericht über die Expedition zur physikal.-chem. und biolog. Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer Pommerania.)
35. Nägeli, Die neueren Algensysteme. 1847.
36. Poulsen, Botanische Mikrochemie (deutsch von C. Müller. 1881).
37. Pringsheim, Beiträge zur Morphologie der Meeresalgen. 1862. (Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1861.)
38. —, Ueber den Gang der morphologischen Differenzirung in der Sphaerarien-Reihe. 1873. (I. c. 1873.)
39. Reinke, Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. 1889. (Bericht der Commission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. 6.)
40. —, Atlas deutscher Meeresalgen. Heft. I. Taf. 1—25 und Heft II. Taf. 26—35. 1889 und 1890.
41. —, Lehrbuch der allgemeinen Botanik. 1880.
42. —, Ueber die Gestalt der Chromatophoren bei einigen Phäosporoen. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Jahrg. 1888. Bd. VI. Heft 6.)
43. Roth, Catalecta Botanica. 1797—1806.
44. Schmitz, Die Chromatophoren der Algen. 1882.
45. —, Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren. 1884. (Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. XV. Heft 1.)
46. Strassburger, Botanisches Practicum. 2. Auflage. 1887.
47. Thuret, Recherches sur les zoospores des algues et les anthéridies des Cryptogames. I. P. Zoospores des Algues. 1850. (Annales des sciences naturelles. T. XIV.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [48](#)

Autor(en)/Author(s): Kuckuck Paul

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntniss der Ectocarpus-Arten der Kieler Förhrde. \(Fortsetzung u. Schluss.\) 129-141](#)