

Die Befruchtung und der Generationswechsel von *Cutleria*.

Von

P. Falkenberg.

Hierzu Tafel XIII.

Seitdem THURET¹⁾ in seiner Abhandlung über die Zoosporen der Algen auf die eigenthümliche Zweigestaltigkeit der Zoosporen von *Cutleria multifida* aufmerksam gemacht und dadurch das Interesse für die Cutlerien geweckt hatte, ist diese Algengruppe mehrfach ein Gegenstand genauerer Untersuchung geworden. Die Brüder CROUAN²⁾ lehrten die Fructificationsorgane einer zweiten — und zwar einer monöischen — Form kennen, die sie zum Typus der neuen Gattung *Zanardinia* erhoben. ZANARDINI³⁾ wies die Uebereinstimmung beider Algen im Bau ihres Thallus nach, während dessen Entwicklungsgeschichte erst später durch JANCZEWSKI⁴⁾ und REINKE⁵⁾ ermittelt wurde. Der letztere wies an *Zanardinia* die Bildung einer dritten Form von Zoosporangien nach sowie den Befruchtungsprocess, der hier in so eigenartiger Gestalt auftritt, dass er nicht nur die Entfernung der Cutlerieen aus dem Kreise der Phacosporeen, denen sie bisher zugezählt wurden, rechtfertigte, sondern dass er auch eine weitergehende Bedeutung gewann für die einheitliche Auffassungsweise der gesamten Be-

1) THURET, Recherches sur les zoospores des algues et les anthéridies des cryptogames. Ann. des Sc. natur. ser. 3. tome XIV. pag. 32; tome XVI. pag. 12.

2) CROUAN, Observ. microscop. sur l'organisation etc. de plusieurs genres d'algues appartenant à la famille des Dietyotées. Bull. de la Soc. Bot. de France. 1857. pag 24—25.

3) ZANARDINI, Iconographia phycologica adriatico-mediterranea. Text zu Taf. 5S. (Mem. del Real. Istit. Venet. Vol. XIII. 1867. pag. 408.)

4) JANCZEWSKI, Observations sur l'accroissement du thalle des Phéosporées (Mem. d. l. Soc. des Sc. nat. de Cherbourg. tome XIX. 1875. pag. 108.

5) REINKE, Ueber das Wachsthum und die Fortpflanzung von *Zanardinia collaris* CROUAN. (Monatsber. d. Berl. Akad. 1876. October. pag. 567.)

fruchtungserscheinungen insofern, als der Befruchtungsmodus der *Cutleriaceen* ein Bindeglied darstellt zwischen der von PRINGSHEIM zuerst nachgewiesenen Copulation gleichartiger Schwärmsporen und dem Befruchtungsact bewegungsloser Eier durch Spermatozoidien. In den Hauptzügen hat REINKE¹⁾ später die Befruchtung von *Cutleria* als übereinstimmend mit der von *Zanardinia* beschrieben und den *Cutleriaceen* noch die Gattung *Aglaozonia* eingereiht wegen ihrer Uebereinstimmung in Form und Entwicklung der allein bekannten geschlechtslosen Zoosporangien mit den gleichen Organen von *Zanardinia*.

Unbeantwortet blieb die Frage nach dem Auftreten geschlechtsloser Zoosporen bei *Cutleria*. Da die sonstigen Analogieen zwischen *Cutleria* und *Zanardinia* geschlechtslose Fortpflanzungszellen auch für *Cutleria* zu fordern schienen, so wurde vermuthungsweise angenommen, dass dieselben ersetzt würden durch parthenogenetisch keimende Eier von *Cutleria*, eine Hypothese, die sich auf bestimmte Angaben THURET's über die Möglichkeit dieses Vorganges stützt. Wenn ich nach REINKE's ausführlichen Mittheilungen über die *Cutleriaceen* noch einmal auf das Genus *Cutleria* zurückkomme, ohne dass es mir möglich wäre, die noch schwebenden Fragen in Betreff ihrer ungeschlechtlichen Vermehrung definitiv zu beantworten, so geschieht es weil ich hoffe, dass die Beobachtung einer zweiten Generation von *Cutleria* ein weiterer Schritt sein möchte, um endlich, wenn auch nur viribus unitis den Kreislauf der Entwicklung von *Cutleria* abschliessend klarzulegen. Ausserdem führten eigene Beobachtungen über den Befruchtungsprocess zu Resultaten, die in manchen Details von denjenigen abwichen, welche der Entdecker der *Cutleriaceen*-Befruchtung darüber mitgetheilt hat. Unter diesen Umständen schien es wünschenswerth, die Darstellung der Entwicklung der geschlechtlich erzeugten Generation von *Cutleria* ab ovo zu beginnen.

Die parthenogenetische Keimung²⁾ der grossen Schwärmsporen, die THURET beschrieben und durch Abbildungen erläutert hatte, konnte nicht constatirt werden trotz vielfacher in dieser Richtung an-

1) REINKE, Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über die *Cutleriaceen* des Golfs von Neapel. (Nova acta vol. XL. pag. 67.)

2) Die Keimung der grossen Schwärmsporen von *Cutleria* ohne vorhergehende Befruchtung wie sie von THURET, DERBÈS und SOLIER, sowie den Brüdern CROUAN besprochen wird, will ich der Einfachheit halber mit REINKE als parthenogenetische Keimung bezeichnen, obwohl diese Benennung z. B. der Auffassungsweise JANCZEWSKI's und ROSTAFINSKI's gegenüber unzutreffend ist, da diese beiden Autoren die unbefruchtet keimenden grossen *Cutleria*-Schwärmer einfach als ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen betrachten. (Observ. sur quelques algues possédant des zoospores dimorphes: Mém. de Cherbourg 1874. Tome XIX.)

gestellter Versuche. Männliche und weibliche Pflanzen von *Cutleria*, die im Golf von Neapel ziemlich gleich häufig sind, wurden gesondert in Gefässen mit filtrirtem Seewasser aufgestellt und die Gefässe mit weiblichen Exemplaren verschiedenen äusseren Bedingungen ausgesetzt. In dem einen Falle wurde ein schwacher Strom filtrirten Seewassers hindurchgeleitet. In anderen Fällen schien es angezeigt, den gewöhnlich angewendeten Wasserstrom, welcher die Schwärmsporen mit sich fortreissen kann, durch einen schwachen durch das Wasser geleiteten Luftstrom zu ersetzen. So wird gleichzeitig ein Entschlüpfen der aus den Sporangien austretenden Schwärmsporen verhindert und dem verderblichen Einfluss vorgebeugt, den stagnirendes Seewasser bei längerer Einwirkung auf die Algen ausübte. In noch anderen Fällen blieben endlich die Gefässe mit weiblichen Pflanzen ohne Durchlüftung oder Wasserwechsel. So in verschiedener Weise behandelt, lieferte dasselbe Material gewöhnlich fünf bis sechs Tage hintereinander in den frühesten Morgenstunden frisch ausgetretene Schwärmsporen, und indem man die weiblichen Pflanzen jeden Tag in ein neues Gefäss mit filtrirtem Seewasser setzte, konnte man die Gewissheit haben, dass man nach dem zweiten Tage jedenfalls nur mit weiblichen Schwärmsporen operirte, die mit Spermatozoiden noch nicht in Berührung gekommen waren. Denn nach dieser Zeit war es unmöglich, dass die Spermatozoiden, welche etwa mit den weiblichen Pflanzen aus dem Meer in die Culturegefässe gerathen waren, noch befruchtungsfähig waren. Vierundzwanzig Stunden nach dem Ausschwärmen pflegten die letzten Spermatozoiden bewegungslos und damit zur Ausübung der Befruchtung unfähig geworden zu sein.

Von den so unter verschiedenen äusseren Bedingungen gewonnenen Schwärmsporen sonderten sich nur die in ruhig stehendem Wasser ausgeschwärmten in zwei deutlich gesonderte Gruppen, von denen die grössere dem Lichte zustrebte, während eine geringere Anzahl von Schwärmern sich an der diametral gegenüberliegenden Seite des Gefässes ansammelte. Eine derartige Sonderung kam nicht zu Stande wenn das Wasser, in dem sich die Schwärmsporen befanden, durch einen Strom von Wasser oder von Luftblasen in beständiger Bewegung erhalten wurde. Dass dieses verschiedene Verhalten der Schwärmsporen in Bezug auf die Richtung des einfallenden Lichtes allein auf dem verschiedenen specifischen Gewicht derselben beruht, wie es SACHS¹⁾ annimmt, wäre leicht möglich. Denn in Bezug auf die Be-

1) SACHS, über Emulsionsfiguren und Gruppierung der Schwärmsporen im Wasser. Flora 1876. pag. 241 u. ff.

fruchtung und den Beginn der Keimung wenigstens verhielten sich die das Licht scheinbar fliehenden Schwärmsporen wie alle übrigen; nur erwiesen sich im weiteren Verlauf der Entwicklung die aus ihnen hervorgehenden Keimlinge durch langsames und kümmerliches Wachstum als besonders schwächlich.

Von den grossen Zoosporen, die an aufeinanderfolgenden Tagen von denselben Mutterpflanzen erzeugt worden waren, wurde jedesmal, sobald dieselben zur Ruhe gelangt waren, ein Theil herausgenommen, mit Spermatozoiden in Berührung gebracht und nachher unter denselben Bedingungen weiter cultivirt, wie diejenigen Schwärmsporen, denen die Möglichkeit einer Befruchtung nicht geboten worden war. Das Resultat war stets dasselbe: von den befruchteten Eiern keimten nahezu alle im Lauf der auf den Zusatz der Spermatozoiden folgenden 36 Stunden. Von denjenigen Eiern aber, welche ohne mit Spermatozoiden in Berührung gebracht worden zu sein, weiter cultivirt wurden, war spätestens am fünften Tage auch das letzte abgestorben, nachdem eine Anzahl derselben eine Art schwacher Membran erzeugt hatte. Die übrigen, und zwar der überwiegend grössere Theil, gingen zu Grunde ohne zur Membranbildung geschritten zu sein.

Unter welchen Verhältnissen demnach nach REINKE'S und meinen Versuchen, — die nicht etwa vereinzelt angestellt, sondern vielfach wiederholt stets zu denselben übereinstimmenden Resultaten führten — die Keimung der unbefruchteten grossen Schwärmsporen von *Cutleria* möglich wird, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Wenn aber überhaupt bei der *Cutleria multifida* des Mittelmeeres eine parthenogenetische Keimung möglich ist, so muss diese — hier wenigstens — jedenfalls als eine abnorme und nur ausnahmsweise auftretende Erscheinung betrachtet werden. Denn die regelmässige Vermehrung der *Cutleria* findet hier augenscheinlich nur statt durch das Keimen der grossen zur Ruhe gekommenen Schwärmsporen nach erfolgtem Befruchtungsprocess.

Der Befruchtungsprocess findet erst statt — wie REINKE nachgewiesen hat — nachdem die grossen Schwärmsporen zur Ruhe gekommen sind, und zwar in der gleichen Weise bei solchen, welche in stehendem Wasser an festen Gegenständen sich angesetzt hatten, als auch an solchen, die in bewegtem Wasser cultivirt zum grössten Theile an der Oberfläche desselben schwammen. Die letzteren sind besonders geeignet zur Beobachtung der Befruchtung, da sie die Möglichkeit gewähren, einige wenige zur Ruhe gekommene Eier ohne jede Verletzung auf den Objectträger zu übertragen, während die sonst zu

grösseren Haufen auf den Objectträgern vereinigten Eier der Beobachtung schwer zugänglich sind und bei der Isolirung derselben die Möglichkeit einer Verletzung niemals mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Ausserdem entspricht gewiss das Verhalten der in bewegtem Wasser cultivirten Sporen am meisten den natürlichen Bedingungen, unter denen die Mutterpflanzen im Meere leben. — Die kleinen männlichen Schwärmsporen¹⁾ oder Spermatozoidien, welche sich dem zu befruchtenden Ei nähern, setzen sich an der ersten besten Stelle auf demselben fest, vermögen aber nur an dem von Phycochrom freien Theil des Eies, dem Empfängnissfleck, einzudringen. Ein allmähliches Hinauftasten an der Oberfläche des Eies bis in die Gegend des Empfängnissfleckes habe ich an den von mir beobachteten zahlreichen Spermatozoidien niemals bemerken können. Im Gegentheil rissen sich die nicht am Empfängnissfleck anhaftenden Spermatozoidien fast stets mit ziemlicher Energie wieder los um ihren Angriff an einer andern Stelle zu wiederholen.

Gelangte dagegen ein Spermatozoid auf den Empfängnissfleck eines unbefruchteten Eies (Fig. 1), so währte es nur kurze Zeit bis dasselbe in das Ei eindrang. Diese Beobachtung steht im Widerspruch mit REINKE'S Angabe²⁾ für *Cutleria*, da derselbe ein Verschmelzen von männlichen und weiblichen Schwärmsporen nicht hat nachweisen können und eine Befruchtung auf dem Wege der Diffusion bei *Cutleria* annimmt. Durch den Nachweis eines Verschmelzens männlicher und weiblicher Schwärmer erscheint nun der Befruchtungsprocess bei *Cutleria* und *Zanardinia* in allen wesentlichen Punkten übereinstimmend. Nur in einzelnen Details scheinen Differenzen vorhanden zu sein. So wollte es mir nie gelingen, das Spermatozoid nach dem Eindringen in das Ei noch als selbständige Masse zu unterscheiden. Im Gegentheil schien es mir stets als ob das Spermatozoid in dem Augenblicke, wo es durch bohrende Bewegung den Widerstand überwunden hat, welchen die eigene Hautschicht und die des Eies der Vereinigung ihrer beiden Protoplasmamassen anfangs entgegensetzt, das Ende seiner Activität erreicht hätte. Seine bis dahin etwas drehende Bewegung hört auf, und die Vereinigung der männlichen mit der weiblichen Protoplasma-

1) Der Grössenunterschied zwischen den männlichen und weiblichen Schwärmsporen ist ein recht bedeutender, da die Radien der Kugeln, zu denen sie sich abrunden, nachdem die Schwärmer zur Ruhe gekommen sind, sich ungefähr verhalten wie 1:6. Vgl. GOEBEL z. Kenntn. einig. Meeres-Algen. Bot. Zeit. 1878. pag. 184.

2) Cutleriaceen pag. 67.

substanz erfolgt nicht anders als ob das Spermatozoid unter Verlust seiner bisherigen Gestalt und Selbständigkeit von der grösseren Masse des weiblichen Plasmas angezogen und gewissermassen aufgesaugt würde.

Wie REINKE es bei *Zanardinia* beobachtete, sah auch ich bei *Cutleria* niemals mehrere Spermatozoidien in das Ei eindringen und ich glaube auch dass dieses überhaupt unmöglich ist, — den einzigen Fall ausgenommen, dass etwa mehrere Spermatozoidien genau gleichzeitig eindringen. Es gelang mir nämlich mehrfach durch unmittelbar nach der Befruchtung zugesetztes Jod und Glycerin bereits eine äusserst zarte Membran von dem contrahirten Plasma sich abhebend zur Wahrnehmung zu bringen. Aber auch in den Fällen, wo dieses nicht möglich war, glaube ich doch, dass die Membranbildung unmittelbar nach der Vereinigung des Spermatozoids und des Eies beginnt, und dass somit auch die nur wenig später dem Ei sich nähernden Spermatozoiden auf ein unüberwindliches mechanisches Hinderniss stossen, welches eine wiederholte Befruchtung desselben Eies unmöglich machen dürfte. Nicht ausgeschlossen wird dadurch die Möglichkeit, dass einzelne Spermatozoiden nicht auch dem von Membran bereits umhüllten Ei anhaften könnten, ein Fall, den ich in der von REINKE zur Darstellung der Befruchtung von *Cutleria* ¹⁾ gegebenen Abbildung dargestellt zu sehen glaube.

Vollständig negative Resultate ergab der Versuch einer Wechselbefruchtung zwischen der nahe verwandten *Cutleria*-Species *C. adspersa* und *C. multifida*, die — abgesehen von der Verschiedenheit ihrer Standorte — sich äusserlich nur durch geringe habituelle Differenzen unterscheiden. Empfängnisfähigen zur Ruhe gekommenen Eiern der einen Species wurden lebhaft schwärmende Spermatozoidien der anderen Art zugesetzt. In solchen Fällen sah man die Spermatozoiden unter dem Mikroskop ziellos umherirren und endlich absterben ohne an den Eiern der verwandten Algenspecies den Befruchtungsact vollzogen zu haben. Freilich blieben einzelne Spermatozoiden, welche zufällig auf die ruhenden Eier stiessen, momentan an diesen hängen, aber nur um sich ebensoschnell wieder von ihnen loszureissen. Ganz anders wurde aber das Bild unter dem Mikroskop, sobald man auf derartigen Präparaten den Spermatozoiden auch nur ein einziges befruchtungsfähiges Ei der gleichen Species hinzusetzte. Wenige Augenblicke genühten, um sämmtliche Spermatozoiden von allen Seiten her um

1) REINKE, Cutleriaceen Tab. VIII, Fig. 15 b.

dies eine Ei zu versammeln, selbst wenn dasselbe mehrere Centimeter von der Hauptmasse der Spermatozoiden entfernt lag. Es entsprach nunmehr das Bild ganz den von THURET¹⁾ für *Fucus* gegebenen Abbildungen und ebenso wurde auch das an sich längst bewegungslos gewordene Ei nunmehr durch die vereinten Kräfte der zahlreichen Spermatozoidien hin und her gedreht²⁾. Das negative Resultat des Versuches über etwaige wechselseitige Befruchtung war auch nach mehrfacher Wiederholung des Experimentes nicht zu modificiren, so dass man nicht etwa die Gleichgiltigkeit der Spermatozoiden der einen gegen die Eier der anderen Species als auf momentaner Indisposition beruhend auffassen kann. So oft das gleichzeitige Vorhandensein des entsprechenden Materiales die Wiederholung des Versuches gestattete, endigte derselbe auch mit dem gleichen negativen Resultat.

Aus diesen Versuchen geht einmal hervor, dass die Anziehungskraft zwischen den Eiern von *Cutleria* und den Spermatozoidien sich auf verhältnissmässig bedeutende Distancen geltend macht, dass auf der anderen Seite aber diese Anziehungskraft nur zwischen den Geschlechtszellen derselben Species existirt. Ausserdem zeigen die mitgetheilten Erscheinungen, dass die Bewegungen der Spermatozoidien von *Cutleria*, die allerdings in Abwesenheit weiblicher Geschlechtszellen vorzugsweise in einer dem einfallenden Lichte entgegengesetzten Richtung stattfinden, unter dem Einfluss der Anziehungskraft der Eier energisch genug sind, um jene Kraft, welche sie sonst dem einfallenden Licht entgegenführt, zu überwinden und sie selbst dazu befähigt die entgegengesetzte Richtung einzuschlagen. Mag die Kraft, welche die Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen von *Cutleria* anstrebt und die Bewegungsrichtung der männlichen Schwärmer regulirt, in der männlichen oder in der weiblichen Zelle oder in beiden ihren Sitz haben — soviel ist sicher dass die Kraft, welche bei *Cutleria* die Spermatozoide den Eiern zuführt, ihren Sitz in dem Organismus selbst haben muss und unabhängig vom Zufall und von Strömungen wirkt, welche etwa im Wasser stattfinden mögen.

Die Empfängnissfähigkeit der zur Ruhe gekommenen Eier von *Cutleria* war — in der Cultur — eine verhältnissmässig kurze. Mehr-

1. THURET, Rech. s. la fécondation des Fucacées; Ann. des Sc. nat. ser. 4. tome II, pag. 203, pl. 12, Fig. 4.

2) Aus diesen Gründen ist es nothwendig, wenn man den Befruchtungsact beobachten will, zu mehreren Eiern nur ein Minimum von Spermatozoidien hinzuzulassen, da sonst durch das allgemeine Gedränge der Spermatozoidien um das Ei der Befruchtungsvorgang selbst der Beobachtung entzogen wird.

fach angestellte Versuche zeigten, dass am dritten Tage nach eingetretener Ruhe noch nahezu alle Eier, am vierten Tage noch etwa die Hälfte derselben befruchtungsfähig waren. Nach dem vierten Tage hatten dagegen alle Eier ihre Empfängnisfähigkeit eingebüsst, und wenn man ihnen auch jetzt noch Spermatozoiden zusetzte, so begannen sie doch nunmehr unter denselben Erscheinungen wie die vom Zutritt der befruchtenden Zellen gänzlich abgeschnitten gebliebenen Eier abzusterben.

Die Keimung der befruchteten *Cutleria*-Sporen (Fig. 2—3) tritt sofort ein, ohne dass, wie es bei anderen Algen vorkommt, ein Ruhezustand ihr vorausgegangen wäre. Die ersten Zelltheilungen gehen so schnell vor sich, dass 24 Stunden nach erfolgter Befruchtung der junge Keimling gewöhnlich schon einen vierzelligen Faden darstellt. Die Pigmentkörner im Ei verschieben sich meist derart nach der Befruchtung, dass sie auch in den ursprünglich farblosen Empfängnisfleck eindringen und die Constaturirung der Lage desselben später häufig unmöglich machen. Bisweilen aber tritt die Längsstreckung schon ein, bevor noch die Verschiebung der Pigmentkörner vollendet ist und in diesem Falle lässt sich constatiren, dass die Orientirung des jungen Keimlings so ist, dass sein Wurzelende derjenigen Seite des unbefruchteten Eies entspricht, auf welcher der Empfängnisfleck lag. — Die erste Theilung im jungen Keimling (Fig. 4) sondert in demselben eine obere pigmentreiche Zelle von einer unteren pigmentarmen Zelle. Diese letztere ist die Mutterzelle des Wurzelsystems des Keimlings, das sich in verschiedener Weise ausbildet, je nachdem das befruchtete Ei beim Beginn der Keimung an einem im Wasser untergetauchten Gegenstand anhaftete oder aber noch an der Oberfläche schwimmend suspendirt war. Im ersteren Falle blieb die Wurzelzelle sehr kurz und breitete sich scheibenförmig auf dem Substrat aus (Fig. 6). Von den sich hierbei bildenden seitlichen Ausbuchtungen werden einzelne besonders hervortretende Theile später durch Membranbildung als selbständige Zellen abgegliedert und diese können auch ihrerseits sich noch weiter verzweigen und mehrzellig werden. Bei schwimmend keimenden Eiern dagegen wuchs die wenig gefärbte Basalzelle des Keimlings lang aus (Fig. 7), theilt sich mehrfach und bildet langgestreckte Seitenäste. Der Unterschied zwischen der Bildung einer Haftscheibe und einem Wurzelsystem mit gestreckten Zellen ist kein absoluter, und die beiden extremen Formen der Haftorgane von *Cutleria* sind durch Zwischenformen verbunden, die sich mehr oder weniger dem einen oder dem anderen Extrem nähern, je nachdem die bis dahin schwimmenden Eier resp.

Embryonen früher oder später untersinken und an einen festen Körper sich ansetzen¹⁾. Für die Pflanze selbst ist dieser Unterschied auch von geringer Bedeutung, da die Keimlinge in ihrer übrigen Entwicklung die gleichen Erscheinungen zeigen, gleichviel ob sie aus schwimmenden oder aus festen Gegenständen anhaftenden Eiern entstanden sind.

Die pigmentreiche obere Zelle eines Keimlings, wie er in Fig. 4 dargestellt ist, wächst gleichfalls in die Länge und nimmt dabei auch an Breite zu. Aus ihr entwickelt sich zunächst ein Zellfaden, der schliesslich aus 8—15 übereinanderliegenden Zellen besteht. Oft ist dieser pigmentreiche Theil des Keimlings keulenförmig gestaltet (Fig. 5), in anderen Fällen (Fig. 7) verjüngt er sich gegen die Spitze hin und nimmt Spindelform an²⁾. Die Zelltheilungen, die bis zur Erreichung dieses Stadiums im Keimling vor sich gehen, folgen keinem bestimmten Gesetze; nur so viel ist sicher, dass der Keimling keine Scheitelzelle besitzt, sondern ein intercalares Wachstum hat. Wie die Gipfelzelle früh aufhört, sich noch weiter querzuth teilen, so beginnen häufig auch in ihr die Längstheilungen, welche im oberen Theil des Keimlings stattfinden und den ursprünglichen Zellfaden in einen Gewebekörper verwandeln³⁾. Meist finden diese Längstheilungen in den einzelnen Gliedern des bisher fadenförmigen Keimlings erst statt, wenn die Quertheilungen in ihm vollendet sind; bisweilen tritt sie aber auch schon ein, während noch Quertheilungen im Keimling stattfinden (Fig. 7). Die Längstheilungen treten in jedem Glied des Keimlings nur in beschränkter Zahl auf und zerlegen dasselbe in zwei, drei oder vier Zellen. Häufig wird eine Zelle des fadenförmigen Keimlings nur durch eine Längswand halbirt; in anderen Fällen kann die eine dieser Tochterzellen oder auch beide noch einmal halbirt werden durch Längswände, welche auf der ersten Längswand senkrecht stehen. Ausgeschlossen von diesen Längstheilungen sind gewöhnlich die basalen Zellen des Keimlings, und auch im oberen Theile desselben kommt es häufig vor, dass einzelne Glieder desselben ungetheilt bleiben (Fig. 10, 12, 13)⁴⁾. Endlich können die durch Längstheilungen des Gliedes entstandenen Zellen noch einmal durch eine zur Längsachse des Keimlings senkrechte Querwand getheilt werden (Fig. 9 c u. d).

1) Das Wachstum schwimmender Keimlinge und ihr späteres Untersinken hat bei *Acetabularia mediterranea* DE BARY beobachtet. — Bot. Zeit. 1877. p. 726.

2) Man vergleiche hierzu auch die Abbildungen REINKE's (Cutleriaceen Taf. VIII. Fig. 21—26) und THURET's (Ann. Sc. nat. ser. 3, tome XIV, pl. 31. Fig. 4 mit Ausnahme des grössten Keimlings).

3) Vergl. REINKE l. c. Tab. VIII, Fig. 27—30.

4) Vergl. REINKE, Cutleriaceen Tab. IX, Fig. 1—5.

Bis die Keimlinge in der Cultur — nach der schnell beginnenden Keimung — dieses Stadium mit immer geringer werdender Wachstumsintensität erreicht hatten, vergingen durchschnittlich 4—6 Wochen. Wenn auch zur Bildung des kleinen Gewebekörpers, welchen der Keimling von *Cutleria* nach Verlauf dieser Zeit darstellt, eine verhältnissmässig lange Zeit nöthig gewesen war, so war doch ein eigentlicher Ruhezustand während derselben nicht wahrzunehmen gewesen. Obwohl nun die Pflanze in diesem Entwicklungsstadium, wie sie aus der geschlechtlichen Befruchtung von *Cutleria* resultirte, augenscheinlich denjenigen Entwicklungszuständen von *Zanardinia* entspricht, welche REINKE¹⁾ als »Dauerlarven« bezeichnet hat, so ziehe ich doch vor, im Hinblick auf die weitere Entwicklung des Keimlings, diesen cylindrischen Gewebekörper als den »Fuss des Keimlings« zu bezeichnen.

Während dieses ganzen ersten Abschnittes in der Entwicklung der *Cutleria*-Keimlinge hatte ich vergebens auf das Auftreten seitlicher Auszweigungen gewartet, auf das man rechnen durfte, da das bisherige Wachsthum der Keimlinge zu zeigen schien, dass eine terminale Weiterentwicklung nicht in Aussicht stand. Freilich hatte sich vereinzelt an etwa acht Tage alten Keimlingen ein seitliches Auswachsen einzelner Zellen gezeigt (Fig. 24 u. 25): aber das Auftreten dieser blasigen Anschwellungen, die in ihren jugendlichsten Entwicklungsstadien den Schein beginnender Astbildung erweckten, war weit davon entfernt den Eintritt einer seitlichen Fortentwicklung zu bezeichnen, sondern stellte vielmehr sich bald als ein lediglich pathologischer Process heraus, der das Absterben der betreffenden Zelle anzeigte. Es wurde nämlich gegen den vorderen Theil der Aussackung hin die Membran dünner und dünner und der ganze protoplasmatische Inhalt der Zelle trat unter dem Druck der Nachbarzellen an dem vordern Ende der Vorwölbung heraus, um bald zu Grunde zu gehen. Es schien mir beinahe, als sei dieser Vorgang nur eine etwas modificirte Form desjenigen, welchen REINKE²⁾ bei *Zanardinia* als Secundärsporenbildung bezeichnet hat und der gleichfalls eher wie ein krankhafter oder Absterbe-Zustand aussieht, als wie ein normaler, für den Entwicklungsgang der Species notwendiger Zustand.

In ein neues Stadium trat die Entwicklung der *Cutleria*-Keime durch die an 6—8 Wochen alten Exemplaren stattfindende Bildung entwicklungsfähiger Seitenäste, die sich zu flachen oder wenig gewölbten

1) REINKE, Monatsberichte d. Berl. Akad. 1876. pag. 575.

2) Cutleriaceen pag. 75.

Gewebeplatten ausbildeten. Diese Aeste wuchsen horizontal oder wenig abwärts geneigt aus den Seiten des oberen Theiles der Keimlinge hervor, und zwar meistens einzeln, seltener zu zweien oder mehreren an demselben Keimling. Wo die Keimlinge auf den Objectträgern sehr gedrängt wuchsen, entsprangen die Seitensprosse dem obersten Theil des Keimlings (Fig. 15), wo sie dagegen in grösseren Abständen wuchsen, entwickelten sie sich an tiefer gelegenen Theilen, und zwar vorzugsweise unmittelbar über dem Wurzelsystem der Keimlinge aus einem der untersten durch Längstheilung mehrzellig gewordenen Glieder des Keimfusses (Fig. 13, 14, 21).

Die Entstehung der Seitensprosse erfolgt in der Weise, dass ein jeder derselben immer nur einem einzigen Gliede des Keimfusses seinen Ursprung verdankt. Doch kommt es wohl auch vor, dass an der ersten Anlage eines Seitensprosses mehrere Zellen desselben Gliedes participiren können, oder dass aus mehreren Zellen eines Gliedes mehr als ein Seitenspross sich entwickeln kann, wie es in Fig. 12 dargestellt ist. Hier entsprechen die Zellen *a* den Scheiteln zweier Seitensprosse, oder, wenn man will, den Scheiteln eines zweigetheilten Sprosses. Ein sehr häufig sich wiederholender Fall der ersten Anlage von Flachsprossen findet sich in Fig. 9—11 dargestellt. In Fig. 9 sieht man ein mittleres Glied des Keimfusses sich ein wenig vorwölben; die in der Figur links sichtbare Zelle des betreffenden Gliedes hatte sich durch eine Horizontalwand bereits wieder in die Tochterzellen *a* und *b* getheilt. Auf dem in Fig. 10 dargestellten Keimling sind zwei analoge Zellen zu erkennen, von denen die eine, mit *a* bezeichnete sich besonders stark vorwölbt: sie wird zur Scheitelzelle des neuen Sprosses, auf deren fernere Theilungen alle Zellen des erwachsenen Seitensprosses sich werden zurückführen lassen. In Fig. 11 ist die Scheitelzelle *a* nach dem Auftreten zweier weiterer Zellwände dargestellt, deren Richtung indessen erst deutlich wird aus der Betrachtung älterer Entwicklungsstadien.

Das Wachstum der Seitensprosse in Richtung der Fläche findet nur am Rande statt unter gleichzeitiger Zellvermehrung in den Marginalzellen, welche als ebensoviel Scheitelzellen betrachtet werden können. Sieht man von dem Dickenwachsthum zunächst gänzlich ab, so ist leicht zu beobachten, dass die mit dem Flächenwachsthum Hand in Hand gehenden Zelltheilungen in zwei stets wiederkehrenden Richtungen auftreten, welche senkrecht aufeinander stehen. Der Theilungsprocess, wie er an jungen Sprossen in den Marginalscheitelzellen vor sich geht, ist schematisch in Fig. 23 dargestellt. Die Linie *ab* ent-

spricht dem Rande eines Flachsprosses, an welchem die drei Marginalscheitelzellen m_1 , m_2 und m_3 liegen, in denen die in den Scheitelzellen zeitlich aufeinanderfolgenden Theilungsstadien räumlich nebeneinandergelegt dargestellt sind. m_1 hat bereits durch die dem Thallusrand parallel liegende Wand s eine schmale Segmentzelle abgeschnitten, während der dem Rande zugekehrte Rest der Zelle als Scheitelzelle weiter functionirt. In m_2 ist diese Randscheitelzelle zweiten Grades durch eine radiale Wand in zwei gleich grosse Tochtterrandzellen getheilt. In m_3 endlich sehen wir, dass die beiden neuen Randzellen ihrerseits wieder in derselben Weise durch Bildung eines nach rückwärts gelegenen Segmentes als Scheitelzelle fungiren, wie es in m_1 dargestellt ist. Die Kenntniss dieses Theilungsmodus der Randzellen ermöglicht nun das Verständniss des Uebergangs von dem in Fig. 10 dargestellten Entwicklungsstadium zu dem Stadium des in Fig. 11 abgebildeten Seitensprosses. Die Scheitelzelle a der Fig. 10 hat sich in Fig. 11 zunächst durch eine Radialwand r in die beiden Schwesterzellen α und β getheilt und von diesen ist β wiederum schon durch die Wand s in ein Segment und eine Scheitelzelle zweiten Grades geschieden.

Das in Figur 23 gegebene Schema mag zugleich die Thatsache veranschaulichen, dass die in zwei benachbarten Scheitelzellen gebildeten Tangentialwände fast ausnahmslos so auftreten, dass die Tangentialwand in der einen Scheitelzelle als die directe Fortsetzung der ungefähr gleichalterigen Tangentialwand der Nachbarscheitelzelle erscheint. Diese regelmässige Anordnung der am Rande des Thallus von den Scheitelzellen abgeschiedenen Segmente bleibt auch nach Beendigung des Zelltheilungsprocesses in ihnen — von bestimmten Ausnahmen abgesehen — für die ganze Lebenszeit des Thallus deutlich erhalten. Denn da in den Segmenten auch in den ältesten Entwicklungsstadien von Flachsprossen, die mir für meine Untersuchung zu Gebote standen — wenn man von der Bildung der Berindungsschicht absieht — keine anderen Zelltheilungen stattfanden als solche, die dem Dickenwachsthum der Sprosse entsprechend in der Richtung parallel zur Fläche der Sprosse auftraten, so fanden auch nur unmerkliche Verschiebungen der Zellwände statt. Und so erscheinen denn auch auf älteren Flachsprossen die radialen und tangentialen Wände, die in den Marginalscheitelzellen gebildet wurden, leicht kenntlich und gestatten sichere Rückschlüsse auf die gesammte Wachsthumsgeschichte der Flachsprosse. Derartige ältere Sprosse sind in den Figuren 17, 18 und 20 dargestellt, und zwar zeigt Fig. 17 und 18 Bilder von Flachsprossen, in denen die Wände derjenigen Zellen, welche den ursprünglichen

Segmentzellen entsprechen, in schematisirender Weise ungebrochen gezeichnet sind, unter gleichzeitiger Hinweglassung der Rindenzellen. Dass eine derartige Schematisirung nach den thatsächlichen Verhältnissen vollkommen erlaubt ist, ergibt sich aus der Vergleichung der Fig. 17 und Fig. 18 mit Fig. 20, in der die Wände der ursprünglichen Scheitelzellsegmente durch stärkere Linien¹⁾ bezeichnet mit allen im Präparat vorhandenen Brechungen und Verschiebungen wiedergegeben wurden, in der aber nichts destoweniger die zu einer radialen Wand gehörigen Theile sofort ersichtlich sind und auch die senkrecht dazu verlaufenden Querzonen so deutlich hervortreten, wie es bei der noch nicht überall erfolgten Streckung der Querreihen von Segmentzellen überhaupt möglich ist. Die ursprünglichen Radialwände der Randscheitelzellen erscheinen als Curven, welche auf dem Rand des Thallus senkrecht stehend und durch den Ansatz der tangentialen Wände mehr oder weniger gebrochen, doch als zusammengehöriges Ganze kenntlich, sich rückwärts in die ältern Theile des Thallus hinein verfolgen lassen, bis sie auf der Mitte einer senkrecht dazu stehenden Tangentialwand endigen. Fast deutlicher noch treten die von den tangentialen Wänden gebildeten Querlinien hervor, die, obwohl sie in einer Reihe nebeneinanderliegender Marginalzellen als ebensoviel selbständige Wände entstanden sind, doch namentlich im mittleren Theil des Thallus für das Auge einheitliche Curven bilden, welche die Radialwände rechtwinklig schneiden. Die zwischen zwei derartigen Curven liegende Zone von Zellen besteht aus einer Anzahl von nahezu gleichaltrigen Zellen, die ungefähr gleichzeitig von den Randscheitelzellen als Segmentzellen gebildet wurden und die nach Zahl und Lage genau der Zahl und Lage der Marginalscheitelzellen in einem gewissen früheren Entwicklungsstadium des Sprosses entsprechen. Mit Hülfe dieser beiden rechtwinklig sich schneidender Liniensysteme kann man, nachdem der Modus der Zelltheilung in den Randscheitelzellen erkannt ist, auch am ausgebildeten Flachspross die ganze Wachsthumsgeschichte reconstruiren.

Durch das Alterniren der beiden Theilungsrichtungen in den Randzellen wird dem Zuwachs Rechnung getragen, welcher an dem Rande der fächerförmig sich entwickelnden Flachspresse gleichzeitig in radialer und in tangentialer Richtung erfolgt. Indem das Längenwachsthum des Thallus, dem das Auftreten der tangentialen Wände entspricht, in einer auf den Rand des Thallus senkrecht stehenden oder radialen Richtung stattfindet, nimmt auch der Umfang des Thallus an

1) Ueber die durch punktirte Linien angegebenen Rindenzellen siehe weiter unten pag. 437.

Grösse zu und dementsprechend vermehrt sich die Zahl der Randzellen im erforderlichen Fall durch das Auftreten von Radialwänden in denselben. Das regelmässig alternirende Auftreten von tangentialen und radialen Wänden in den Scheitelzellen würde einem regelmässig fächerförmigen Wachstum des Thallus entsprechen, wie es aber immer nur auf kurze Strecken hin stattfindet. Einzelne Randscheitelzellen zeigen bisweilen eine früher erlöschende Zelltheilungsfähigkeit oder ein gesteigertes Wachstum im Vergleich zu ihren Nachbarzellen, und so kommt es, dass die endliche Gestalt der Flachsprosse eine sehr unregelmässige sein kann, wie es Fig. 22 zeigt, welche das grösste der in der Cultur gewonnenen Exemplare von *Cutleria*-Embryonen (bei etwa 60facher Vergrösserung) darstellt. Nach zwei Richtungen hin kann dabei das Princip der alternirenden Längs- und Quertheilung der Randzellen modificirt werden, indem einmal eine Reihe von tangentialen Wänden aufeinander folgen kann, ohne dass die Randscheitelzelle, in der sie entstanden sind, inzwischen eine Theilung in radialer Richtung erfahren hätte, und umgekehrt wäre es möglich, dass in gewissen Fällen die radialen Theilungen den tangentialen gegenüber an Zahl überwiegen. Der letztere Fall ist direct nicht beobachtet worden¹⁾, doch unterstützen manche Präparate von ganz jungen Sprossanlagen die Annahme der Möglichkeit des Vorkommens einer solchen Theilungsweise an der Basis der Flachsprosse.

Der erstere Fall dagegen, dass nämlich die Randzellen mehrfach hintereinander Segmente bilden, ohne dass die Zahl der Randzellen sich vermehrt, ist vielfach beobachtet worden; und zwar tritt dieser Modus der Zelltheilung um so häufiger ein, je weiter der wachsende Rand des Sprosses von seiner Basis oder bei regelmässig fächerförmiger Entwicklung von seinem idealen Mittelpunkt entfernt ist. Je älter der Flachspross wird, um so seltener theilt sich eine Randscheitelzelle in zwei Schwesterscheitelzellen. So zeigen Fig. 17 u. 21 bei *a* das unmittelbare Aufeinanderfolgen mehrerer Segmentzellen, ohne dass die sie erzeugenden Randzellen sich inzwischen in je zwei randständige Schwesterzellen getheilt hätten.

Einer regelmässig fächerförmigen Entwicklung der Flachsprosse

1) Ganz junge Sprossanlagen für die Ansicht von oben oder von unten zu präpariren stösst auf grosse Schwierigkeiten, da dieselben stets senkrecht zu dem Fuss der Keimpflanze gerichtet sind. Ausserdem treten sehr bald gerade an der Basis der Flachsprosse, an der Stelle ihrer Verbindung mit dem Keimfuss solche Verschiebungen ein, dass es unmöglich wird später mit Sicherheit aus dem fertigen Zustande auf die Zelltheilungsfolge gerade in dieser Region des Sprosses zurückzuschliessen.

wirkt auch der Umstand entgegen, dass die Wachstumsintensität in den beiden Schwesterscheitelzellen, welche durch eine Radialwand aus einer einzigen Randzelle entstanden sind, nicht immer die gleiche zu sein pflegt. obwohl Grössenunterschiede an ihnen anfangs durchaus nicht wahrnehmbar sind und der Zelltheilungsprocess in beiden in der ersten Zeit nach ihrer Bildung noch mit grosser Uebereinstimmung gleichzeitig und gleichartig stattzufinden pflegt. Allmählich aber hört diese Uebereinstimmung auf, so dass z. B. das aus der Thätigkeit der einen Scheitelzelle hervorgegangene Thallusstück früher das Ende seines Wachstums erreicht als der von der Schwesterscheitelzelle erzeugte Abschnitt, der vielleicht unbegrenzt weiter zu wachsen vermag. So ist in dem in Fig. 18 dargestellten Spross der ganze vordere Theil des Thallus, soweit er durch die bei r_1 und r_2 den Thallusrand erreichenden Curven begrenzt wird, aus den Producten einer Scheitelzelle entstanden, welche die Stelle der mit m bezeichneten Zelle einnahm. Diese Randscheitelzelle wurde dann durch die radiale Wand r_3 in zwei Schwesterscheitelzellen getheilt, von denen die linksgelegene nur dasjenige Thallusstück erzeugte, welches nun dem zwischen r_2 und r_3 gelegenen Abschnitt des Thallusrandes entspricht, während aus den Zelltheilungen der rechtsgelegenen Schwesterscheitelzelle dasjenige Stück des Thallus hervorging, das durch die Curven r_1 und r_3 begrenzt wird.

Eine bestimmte Gesetzmässigkeit in der Lage der im Wachstum zurückbleibenden Randscheitelzellen existirt nicht, doch kommt der Fall, dass die eine der beiden Schwesterscheitelzellen früher ihr Wachstum beendet, namentlich häufig an der Basis der Sprosse vor. Allmählich wird diese Ungleichheit seltener und indem je zwei Schwesterscheitelzellen sich gleich kräftig fortentwickeln, ohne dass jedesmal die eine derselben gewissermassen zur Seite geschoben wird, und indem so die Zahl der gleichmässig weiterwachsenden Randscheitelzellen am vorderen Rande des Thallus wächst, nimmt auch der ganze Thallus nach vorn an Breite zu (vergl. Fig. 17).

Bisweilen liegen die Randscheitelzellen mit geringerer Wachstumsfähigkeit ziemlich regelmässig alternirend rechts und links von einer gedachten Mittellinie, welche der Richtung des stärksten Längengewachstums des Thallus entsprechen würde. So ist es z. B. der Fall in dem der Fig. 18 zu Grunde liegenden Spross, in dem die Reihe der durch Kreuze bezeichneten Zellen der idealen Mittellinie entsprechen würde, die stärker gezeichneten Curven r_3 , r_4 u. s. w. bis r_{12} dagegen zehn successive in der Scheitelzelle m und in ihren Tochtterscheitelzellen angelegte Radialwände bezeichnen sollen. Verfolgt man die auf-

einanderfolgenden Radialwände, so sieht man, dass von den beiden durch sie gebildeten Scheitelzellhälften die im Wachsthum zurückbleibenden Hälften bald rechts, bald links von der Mittellinie des Thallus liegen. Zur leichteren Orientirung diene dabei Fig. 19, welche diese Verhältnisse in Form eines Schemas zur Anschauung bringt. Die Bezeichnung ist dieselbe wie in Fig. 18, nur sind der Uebersichtlichkeit halber die Zelltheilungen weggelassen, welche in den schwächer sich entwickelnden zur Seite geschobenen Hälften der Marginalscheitelzellen stattfinden. — In anderen Fällen liegen die schwächer sich entwickelnden Scheitelzellhälften auf längere oder kürzere Strecken hin auf derselben Seite der mit stärkstem Wachsthum begabten Scheitelzellen. So sieht man, wenn man in Fig. 17 die Curven r_1 bis r_7 betrachtet, dass die durch r_2 , r_3 , r_4 und r_5 abgeschnittenen Randscheitelzellen-Hälften, welche sich zu kürzeren Thallusabschnitten entwickelten, sämmtlich auf derselben Seite der Linie stärksten Wachsthums liegen.

Solange die flachen Sprosse noch schmal sind und bei jeder Zweitheilung der Scheitelzelle die beiden Hälften in Bezug auf die Intensität ihres Wachsthums verschieden sich verhalten, könnte man sich vorstellen, dass das Wachsthum der Flachsprosse mit Hilfe einer einzigen Scheitelzelle vor sich gehe, die durch die radiale Zellwand so getheilt wird, dass die eine der neugebildeten Zellen als Scheitelzelle weiter fungire, die andere Hälfte dagegen die Rolle eines Segmentes übernimmt, welches, mit einer eigenen Scheitelzelle versehen, kürzere oder längere Zeit sich ähnlich der Hauptscheitelzelle weiter entwickelte. Und in der That wird eine derartige Auffassungsweise durch junge Sprosse, wie der in Fig. 18 abgebildete, unterstützt. Aber abgesehen von dem späteren Entwicklungsgang der Sprosse vermittelt völlig gleichwerthiger Randzellen würde einer solchen Betrachtungsweise die unregelmässige Lage der als Scheitelzellen der seitlichen Aeste fungirenden Randzellen und die unregelmässige Succession der tangentialen und radialen Wände am wachsenden Thallusrand widersprechen. Das spätere Wachsthum der Sprosse vermittelt gleichwerthiger Randzellen lässt sich viel leichter ableiten aus der beständigen Dichotomirung der bei der ersten Anlage der Sprosse vorhandenen einen Scheitelzelle, deren Tochterzellen ungleich kräftig sich fortentwickeln, als wenn man, gestützt auf junge Entwicklungsstadien der Sprosse, die noch eine einzige bevorzugte Wachstumsrichtung zeigen, annehmen wollte, dass jedes durch eine radiale Wand von der Scheitelzelle seitlich abgeschiedene Segment sich vollständig conform der Mutterscheitelzelle weiter entwickele.

Wenn das Wachstum in einem Theil des Thallus erlischt, so documentirt sich das auch äusserlich dadurch, dass die bisherigen Scheitelzellen an solchen Theilen, anstatt ferner Segmente zu bilden, zu Dauerzellen auswachsen und dabei ihren radialen Durchmesser verlängern; an dieser Streckung betheiligen sich gewöhnlich auch die zuletzt von ihnen gebildeten Segmente. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, dass an solchen Partieen der Flachsprosse in denen der Zellbildungsprocess erloschen ist und dessen dem Rande zunächst gelegenen Partieen ja eben aus den Producten von Scheitelzellen, deren Wachstum früh erloschen ist, gebildet werden, — dass an diesen Theilen der Flachsprosse die dem ursprünglichen Thallusrand parallel verlaufenden Querzonen von gleichalterigen Segmentzellen nur noch in dem mittleren Theile der Sprosse deutlich wahrnehmbar sind, während sie am Rande durch das selbständigere Auswachsen der dort gelegenen Zellen zu Dauerzellen meistens ganz undentlich werden (vgl. Fig. 21).

Das Dickenwachsthum der Flachsprosse ist oben gänzlich unbeachtet geblieben und die Flachsprosse betrachtet worden, als beständen sie nur aus einer einzigen Zellschicht. Thatsächlich findet aber in den Segmenten, welche von den Marginalscheitelzellen gebildet wurden, sehr frühe schon ein Dickenwachsthum statt und dem entsprechend treten Zelltheilungen parallel zur Fläche der Sprosse auf. Die erste Zellwand in dieser Richtung, durch die der Thallus zweischichtig wird, theilt die Segmente in zwei etwa gleich grosse Zellen, und zwar findet sich diese erste zur Ausbreitungsebene des Thallus parallele Wand schon häufig in dem zuletzt abgeschiedenen Segment, so dass das bereits zweischichtig gewordene Segment unmittelbar an die Marginalscheitelzelle angrenzt. Auf Querschnitten diese erste Zellwand in dem Segmente zur Ansicht zu bringen hat seine grossen Schwierigkeiten wegen der Kleinheit des Objectes. Indessen gelingt es häufig sie an Sprossen, welche man umgedreht hat, so dass die Unterseite dem Beschauer zugewendet ist, zur Ansicht zu bringen. Denn da die Sprosse nicht vollständig eben sind, sondern der wachsende Thallusrand mehr oder weniger nach abwärts gegen das Substrat zu gekrümmt ist, so kann man bei der Umdrehung des Thallus den wachsenden Rand desselben genau in der Vorderansicht beobachten und constatiren, dass die erste Theilung, die unmittelbar unterhalb der Scheitelzelle stattfindet, ein Zweischichtigwerden des Segmentes zur Folge hat. In dem Segment, das nunmehr zweischichtig ist, kann in der oberen der beiden Zellen eine zur ersten Horizontalwand parallele Zelltheilung vor sich gehen. Von diesen beiden zuletzt

entstehenden Zellen bleibt die innere immer ungetheilt, während die äussere durch Längs- und Quertheilungen, die senkrecht zur Sprossenebene stattfinden, zu einer kleinzelligen Rinde sich entwickelt. In welcher Weise dieses vor sich geht zeigt Fig. 20: während die Schicht der inneren Zellen, welche der Form und Lage nach den ursprünglich von den Randscheitelzellen gebildeten Segmenten entsprechen, durch stärkere Linien gekennzeichnet werden, sind die kleineren Zellen der oberflächlichen Rindenschicht — soweit ihre Wände nicht in ihrer Lage mit denen der darunter befindlichen Zellen zusammenfallen, durch unterbrochene Linien bezeichnet. Einer jeden der grösseren inneren Zellen entsprechen 2—4 kleinere darüber gelegene Rindenzellen, deren Entstehungsfolge eine sehr verschiedene sein kann. Wo die innere Zelle eine deutlich ausgesprochene keilförmige Gestalt hat, pflegen derselben gewöhnlich drei Rindenzellen zu entsprechen, die so entstehen, dass zuerst die Mutterzelle der Berindungsschicht durch eine in Bezug auf den Rand des Thallus tangentiale Wand in eine vordere und eine hintere Zelle getheilt wird, von denen die erstere, dem breiteren Ende der Mutterzelle entsprechende, später durch eine radial gerichtete Wand halbirt wird. Wenn der Thallus an älteren Sprossen dagegen schon eine gewisse Breite erreicht hat, und die inneren Zellen des Thallus sich mehr der quadratischen Form nähern, so pflegen die ihnen entsprechenden Abschnitte der Rinde aus vier Zellen zu bestehen. Ueberhaupt scheint die Zahl der Berindungszellen eines jeden Segmentes im innigsten Zusammenhang mit der Grösse des letzteren zu stehen.

Während von den aus der ersten Flächentheilung eines Segmentes hervorgehenden beiden Zellen die obere wiederum zweischichtig wird, bleibt die untere, dem Substrat zugewendete, meist ungetheilt. Einzelne dieser Zellen wachsen direct zu mehrzelligen Wurzelhaaren aus; in anderen Fällen gehen die Wurzelfäden erst aus einer Tochterzelle der ventralen Zelle hervor, nachdem diese durch eine zur Ebene des Flachsprosses senkrechte Wand halbirt worden ist. — Der Umstand, dass die ventrale Seite der kriechenden Sprosse nicht berindet ist, erleichtert die nachherige Constatirung der Wachsthumsgeschichte bedeutend, zumal die Rindenzellen sehr pigmentreich sind und durch sie bei der Betrachtung der Sprosse von oben die Wände der inneren pigmentarmen Zellen in störender Weise verdeckt werden. So sind auch die schematisirten Figuren 17 und 18 aus der ventralen Ansicht von Flachsprossen unter Hinweglassung der wenigen Wurzelfäden gewonnen worden. Wo letztere sehr zahlreich auftreten, beeinträchtigen freilich auch sie das deutliche Hervortreten der betreffenden Zellen im mikroskopischen Bilde.

Während solche Keimlinge, welche auf den Objectträgern hinreichenden Platz hatten sich auszubreiten, nur einen oder höchstens zwei seitliche Flachsprosse aus dem Keimfuss entwickelten, diese Flachsprosse aber sich dafür um so kräftiger entwickelten, blieben die Seitensprosse gedrängt stehender Keimlinge auf einem frühen Entwicklungsstadium stehen. Oben wurde schon erwähnt, dass an gedrängt stehenden Keimlingen die ersten Seitensprosse an der Spitze des Keimfusses auftraten; später finden sich aber solche Sprossanlagen auch weiter abwärts am Keimfuss, aber stets nur aus wenigen Zellen bestehend. Die ersten Wurzelhaare wachsen schon sehr frühe auf der Unterseite der Flachsprosse (vergl. *w* in Fig. 14 und Fig. 15) als einfache Zellfäden hervor. Wenn diese das Substrat, auf dem die Keimlinge wachsen, wegen der gedrängten Stellung der letztern nicht zu erreichen vermögen, so können an ihnen Adventivsprosse sich entwickeln. Eine oder die andere Zelle des bisher einfachen Zellfadens theilt sich durch eine Längswand, und es wiederholt sich dann an dem so modificirten Glied des Wurzelhaares vollständig der analoge Process der Sprossanlegung, wie sie an einem Gliede des Keimfusses stattfindet.

Diese Art des Entstehens von Adventivsprossen aus Wurzelhaaren möchte ich indess als nur durch die in der Cultur den Keimlingen gebotenen abnormen Vegetationsbedingungen verursacht betrachten. In der Natur wird die Vereinigung so zahlreicher dicht gedrängter *Cutleria*-Keimlinge, wie es in der Cultur bei der Beschränktheit des Raumes durch die Ansammlung der zur Ruhe kommenden Schwärmer an bestimmten Stellen gewöhnlich geschieht, kaum je vorkommen, indem die continuirliche Bewegung des Wassers vielfach auch auf die Vertheilung der schon gekeimten Eier von Einfluss sein wird.

Denn die Keimlinge haften dem Substrat nur sehr schwach an und ein keineswegs starker Wasserstrom genügte, um dieselben vom Substrat abzulösen. Dieser Umstand wurde verwerthet, um *Cutleria*-Keimlinge, welche bereits Seitensprosse zu entwickeln begannen, von den Objectträgern zu entfernen und isolirt auf Tuffstücke oder noch besser auf die dünnen weissen Wände von Cirrhipedien-Gehäusen zu übertragen, wo sie bei schwachem Wasserstrom wieder bald anwuchsen. Die grössten Keimlinge, welche ich überhaupt erzielte — auch den in Fig. 22 abgebildeten — gewann ich auf diese Weise durch Cultur, nicht auf gläsernen Objectträgern, sondern auf einem Substrat, wie es den Pflanzen im Meere reichlich zur Verfügung steht. Trotz aller Vorsichtsmassregeln begann gegen den Eintritt des Herbstes das überhaupt sehr lang-

same Wachsthum der Flachspresse stillzustehen, nachdem bereits vorher einzelne Keimlinge angefangen hatten, vom Keimfusse beginnend allmählich abzusterben. Wenngleich auch selbst derartige Flachspresse, an denen der Keimfuss bereits zu Grunde gegangen war — bei unverletzt erhaltenem Vorderrande — mit Hilfe der auf ihrer Unterseite entwickelten Wurzelhaare zwar eine selbständige Existenz weiter zu führen vermochten, so theilten doch auch sie schliesslich das Schicksal der übrigen Keimlinge, wuchsen langsamer und langsamer und begannen endlich abzusterben.

In keinem Falle trat an den *Cutleria*-Keimlingen eine weitere Entwicklung ein, welche — sei es durch Sporenbildung, sei es durch die Bildung heteromorpher Sprosse — die Rückkehr zu der Form des Geschlechtsorgane tragenden *Cutleria*-Thallus angedeutet hätte. Es ist somit offenbar, dass diese Art des Abschlusses, welchen die Entwicklung der *Cutleria*-Keimlinge fand, eine vorzeitige war, die nur durch die abnormen Bedingungen, welche die Cultur den Meeresalgen doch nur stets wird zu bieten vermögen, veranlasst worden war. Andererseits ist es zweifellos, dass in der Natur die flachen Seitensprosse der *Cutleria*-Keimlinge ihrerseits den Ausgangspunkt bilden müssen für die Entwicklung der Geschlechtsorgane tragenden Generation von *Cutleria*. Denn trotz der unterbrochenen Fortentwicklung der cultivirten *Cutleria*-Embryonen steht fest, dass aus den befruchteten weiblichen Schwärmosporen von *Cutleria* sich nicht wieder direct der *Cutleria*-Thallus entwickelt, sondern eine zweite Generation gebildet wird, bestehend aus kriechenden Flachsprossen, die sich aus einem primären Keimfuss als Seitenäste entwickeln und die durch die Richtung ihres Wachsthums sowie durch die Lage des Vegetationspunktes wesentlich sich von der bekannten Form des *Cutleria*-Thallus unterscheiden.

Diese aus den befruchteten Eiern von *Cutleria* entwickelten Keimpflanzen sind nicht als durch die Cultur bedingte abnorme Bildungen anzusehen, sondern stellen normale Entwicklungszustände vor, die wesentlich sind für die Existenz der *Cutleria*. Dafür spricht einmal der sich stets wiederholende gleichmässige Entwicklungsgang an tausenden von Keimlingen: auf die Schnelligkeit ihres Wachsthums und auf dessen Dauer vermag wohl die Ungunst künstlicher Zucht einzuwirken, aber diese kann eben auch nur von Einfluss sein auf die Quantität des Wachsthums, nicht aber auf seine Qualität. Für die Auffassung der gezüchteten Keimpflanzen als normaler Entwicklungsstadien von *Cutleria*

spricht ferner das — allerdings selten constatirte Vorkommen wildwachsender Pflänzchen, die in allen wesentlichen Punkten mit den in der Cultur erzeugten Pflanzen übereinstimmen. So stellt Fig. 16 ein solches auf den Klippen am Castell dell'Uovo gefundenes Pflänzchen dar, welches ich als *Cutleria*-Keimling anzusprechen kein Bedenken trage. Dasselbe zeigt freilich in sehr ausgesprochener Weise eine Zuspitzung des Keimfusses, aber eine solche kam auch an den gezüchteten Exemplaren nicht selten vor, wenngleich solche auf der beigegebenen Tafel sich nicht abgebildet finden.

Endlich sei noch zu grösserer Vollständigkeit erwähnt, dass ich in den Culturgefässen niemals *Desmotrichum*-Exemplare¹⁾, noch auch sonst irgendwelche andere Pflanze ausser Diatomeen gefunden habe.

Nachdem constatirt worden ist, dass bei *Cutleria* ein Generationswechsel in solcher Weise stattfindet, dass diejenige Generation, welche als das Product geschlechtlicher Befruchtung entsteht, in der Form ihres Thallus wesentlich unterschieden ist von den männlichen und weiblichen Geschlechts-Pflanzen, liegt die Frage nahe, ob nicht etwa diese zweite Generation bereits bekannt und anderweitig als selbständige Species beschrieben worden ist. Freilich sind die oben mitgetheilten Thatsachen über die geschlechtlich erzeugte Generation von *Cutleria* noch sehr unvollständig und die Beobachtungen ermangeln eines befriedigenden Abschlusses insofern, als noch nicht an ihnen die Bildung von Fortpflanzungsorganen hat ermittelt werden können, aus denen sich wieder der *Cutleria*-Thallus entwickeln könnte. Ausser der Wachsthumsgeschichte der in Rede stehenden Sprosse, die oben mitgetheilt wurde, wissen wir aber auch ferner, dass wir an dieser zweiten Generation von *Cutleria* auf die Entwicklung von Geschlechtsorganen nicht rechnen dürfen. Denn dass bei *Cutleria* die Einwirkung der kleinen Schwärmer auf die grossen Schwärmersporen als ein Sexualact aufgefasst werden muss, kann gar keinem Zweifel unterliegen und für die An-

1) Vergl. REINKE, Cutleriaceen. pag. 69 u. pag. 78. Die l. e. ausgesprochene Ansicht, dass die beiden beobachteten *Desmotrichum*-Formen in den Entwicklungskreis von *Cutleria* resp. von *Zanardinia* gehörten, hat REINKE nach Kenntnissnahme der oben mitgetheilten Beobachtungen über die weitere Entwicklung der *Cutleria*-Keimlinge fallen lassen und betrachtet die beiden *Desmotrichum* vielmehr als selbständige Algenformen — was ich hier mittheilen zu dürfen vom Autor ermächtigt worden bin.

nahme zweier verschiedener Sexualacte, die an zwei verschiedenen Entwicklungszuständen derselben Species stattfinden. wie es im Thierreich bei *Ascaris nigro-venosa* als Heterogonie¹⁾ bekannt ist. lässt sich bisher unter den Pflanzen eine analoge Erscheinung nicht anführen.

Für die Art und Weise, wie der *Cutleria*-Thallus aus den flachen Sprossen wieder reproducirt zu werden vermag, hat — wenn man aus ähnlichen Entwicklungszyklen schliessen darf — die Annahme, dass die Entwicklung der *Cutleria*-Generation aus geschlechtslosen Sporen stattfindet, den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit für sich²⁾.

In der That kennen wir seit geraumer Zeit eine Alge, welche in den Principien des Wachstums mit den Flachsprossen der *Cutleria*-Keimlinge vollständig übereinstimmt, — eine Alge, die ungeschlechtliche Sporen erzeugt, von deren weiterer Entwicklung nur die ersten Anfänge bekannt sind und die auch in dem Mangel von Geschlechtsorganen den Anforderungen entspricht, welche man an eine geschlechtlich erzeugte zweite Generation von *Cutleria* nach unsern bisherigen Kenntnissen stellen muss, — nämlich *Aglaozonia reptans*.

Aglaozonia war von THURER³⁾ ohne nähere Verwandtschaftsbeziehungen als isolirte Gattung den Phaeosporeen eingereiht worden, nachdem derselbe Autor die Familie der Dictyotaceen, zu der man *Aglaozonia parvula* vorher gerechnet hatte, auf den Umfang beschränkt hatte, den sie noch heute hat. Dass unter den mit dem Namen *Aglaozonia parvula* bezeichneten Algenformen verschiedene Algen zusammen-

1) Vgl. CLAUS, Grundzüge der Zoologie. 4. Aufl. p. 62.

2) Die Entwicklung des *Cutleria*-Thallus aus den flachen Sprossen nach Art der Becherbildung von *Zanardinia* (REINKE, *Zanardinia* pag. 570 und *Cutleriaceen* pag. 70) durch Aussprossen einer Gruppe von oberflächlichen Rindenzellen würde die Annahme eines dreifachen »Sprosswechsels« oder »vegetativen Generationswechsels« (PRINGSHEIM, Der Generationswechsel der Thallophyten, Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. XI, pag. 6) nothwendig machen, wenn man von der Bildung der Geschlechtsorgane an besonderen Seitensprossen ganz absieht; nämlich die Succession von 1. Keimfuss mit nicht localisirtem Wachstum; 2. kriechende Flachspresse mit Randwachsthum; 3. aufrechte *Cutleria*-Spresse mit localisirtem, trichothallischen Wachstum. Für diesen Modus, wenn er auch wenig wahrscheinlich ist, würden sich Anhaltspunkte in bekannten Thatsachen anführen lassen, wogegen ein directer Uebergang des Vegetationspunktes der Flachspresse mit Marginalscheitelzellen in einen *Cutleria*-Spross mit trichothallischem Wachstum bei gleichzeitiger Aufrichtung des Thallus und allseitig gleicher Ausbildung einer Rindenschicht wohl unmöglich ist.

3) LE JOLIS, Liste des algues marines de Cherbourg. Mem. de la Soc. des Sc. nat. de Cherbourg, vol. X. 1863. pag. 14).

gefasst worden sind, hatten die Gebrüder CROUAN schon erkannt, aber erst REINKE wies nach, dass die bisherige Gattung *Aglaozonia* zwei im Habitus völlig übereinstimmende Algenspecies enthielt, die durch die Art ihrer Fortpflanzungsorgane wesentlich unterschieden, auch in ihren vegetativen Charakteren bedeutende Differenzen zeigten. Die eine dieser Algen, bei welcher die Vermehrung der Zahl der Randscheitelzellen durch schräg gegen den Thallusrand gerichtete Zellwände sich vollzieht und welche Tetrasporen erzeugt, wurde als *Zonaria parvula* zu den Dictyotaceen¹⁾ gestellt. Die andere, *Aglaozonia reptans*, wurde wegen der Form ihrer ungeschlechtlichen Zoosporangien zu den Cutleriaceen gestellt. Diese Alge, von der REINKE sagt²⁾, »später habe ich auch wohl daran gedacht, es möge die neutrale Form einer *Cutleria* sein«, stimmt, soweit eine Vergleichung mit der immerhin nur kümmerlich vegetirenden, geschlechtlich erzeugten Generation von *Cutleria* möglich ist, in hohem Grade überein mit den *Cutleria*-Embryonen, trotz kleiner Differenzen, die sich zwischen dem Wachsthum dieser Keimlinge und der von REINKE für *Aglaozonia* gegebenen Wachsthumsgeschichte vorfinden.

Die eine Abweichung bezieht sich auf die Zahl der horizontalen Schichten, zu denen die Zellen auf Querschnitten durch den Thallus angeordnet sind. Während REINKE angiebt, dass *Aglaozonia reptans* aus 5—9 Zellschichten besteht, fand ich an den *Aglaozonia*-artigen Sprossen der *Cutleria*-Keimlinge höchstens drei Schichten. Da jüngste Stadien der *Aglaozonia* —, die ihrem Alter nach den cultivirten Keimlingen von *Cutleria* entsprechen, nicht bekannt sind, so steht vorläufig nichts der Annahme im Wege, dass unter normalen Verhältnissen mit zunehmendem Alter die Zahl der Zellschichten in den *Aglaozonia*-artigen Flachsprossen der *Cutleria*-Keimlinge zunehmen könnte, wie ja auch im *Aglaozonia*-Thallus ein Schwanken in der Zahl der Zellschichten, zwischen 5 und 9 Schichten, zu beobachten ist³⁾.

Eine zweite Abweichung scheint nach REINKE's Darstellung zu bestehen zwischen den Zelltheilungsvorgängen innerhalb der von den Randscheitelzellen gebildeten Segmente. Nach REINKE⁴⁾ gliedern die randständigen Initialen von *Aglaozonia* eine nur schmale Segmentzelle ab, »welche sich ein wenig streckt und dann durch eine Längswand

1) REINKE, Entwgesch. Untersuch. üb. die Dictyotaceen des Golfes v. Neapel (Nova acta Leop. Carol. Bd. XL, pag. 34).

2) REINKE, Cutleriaceen pag. 83.

3) REINKE, Cutleriaceen pag. 81.

4) Cutleriaceen pag. 81.

spaltet, worauf in der Oberflächenschicht weitere Quer- und Längstheilungen folgen«. Wenn man davon absieht, dass REINKE nicht angiebt, ob die Längswand früher in dem Segmente auftritt oder die horizontale Wand, durch deren Vorhandensein doch erst die Möglichkeit geboten wird, von einer »Oberflächenschicht« des Thallus zu sprechen, so scheint doch aus REINKE'S Angabe hervorzugehen, dass bei *Aglaozonia* die von den Randscheitelzellen gebildeten Segmente durch eine Längswand, d. h. eine senkrecht zur Thallusfläche stehende Wand getheilt werden, eine Thatsache, die ich an den *Aglaozonia*-artigen Embryonen der *Cutleria* niemals habe beobachten können; im Gegentheil traten die Zelltheilungen in den Segmenten, soweit sie nicht zur Bildung der Berindungsschicht in Beziehung standen, nur parallel der Thallusfläche auf. — In der That kommen in den Segmenten von *Aglaozonia* radiale Wände senkrecht zur Ausbreitungsebene des Thallus als erste Wände vor, aber keineswegs allgemein. In den meisten Fällen sind nämlich die radialen Wände, welche auf Flächenansichten innerhalb der Segmente sichtbar sind, nicht durchgehende Wände, sondern gehören nur der Berindungsschicht an. Dagegen treten Radialwände, durch die das ganze Segment in zwei tangential nebeneinanderliegende Schwesterzellen getheilt wird, nur in solchen Segmenten auf, welche von einer Scheitelzelle gebildet worden sind, die binnen kurzer Zeit gleichfalls durch eine Radialwand in zwei randständige Schwestercheitelzellen zerlegt werden soll. Wo eine solche Radialtheilung eintreten soll, lässt sich ausserdem leicht constatiren dadurch, dass die Vorderkante derartiger Scheitelzellen, resp. der tangentialen Durchmesser derselben stets durch eine Länge ausgezeichnet ist, welche derjenigen zweier anderer Scheitelzellen sehr nahe kommt. Das Auftreten radialer Wände in den Segmenten noch nicht dichotomirter Randscheitelzellen ist insofern von Interesse, als es zeigt, dass die Radialtheilung der Scheitelzelle unter dem Einfluss des Gesamtwachsthums des Thallus steht und noch ehe die Radialtheilung der Scheitelzelle eingetreten ist, durch gleichsinnige Zelltheilungen innerhalb der Segmente bereits auf die künftige Dichotomirung der Scheitelzelle hingewiesen wird.

Dass endlich die Radialtheilungen im *Aglaozonia*-Thallus an Zahl gegen die tangentialen Theilungen bedeutend zurückstehen und ein regelmässiges Alterniren zwischen radialen und tangentialen Wänden nicht mehr stattfindet, beweist nichts gegen die Identität der *Aglaozonia* mit den *Aglaozonia*-artigen Sprossen der *Cutleria*-Keimlinge, zumal auch an den letzteren ein allmähliches Ueberwiegen der tangentialen Theilungen constatirt wurde.

Am grössten ist aber die Uebereinstimmung mit den *Aglaozonia*-artigen Sprossen der *Cutleria*-Keimlinge bei gewissen jungen Sprossanlagen von *Aglaozonia*, welche einigermassen, wenn auch nur in beschränktem Grade, im Stande sind, für die Betrachtung der ersten Entstehung des *Aglaozonia*-Thallus die jüngsten Keimpflanzen dieser Alge zu ersetzen. Denn es ist anzunehmen, dass diese Sprosse — aus einer oder wenigen Zellen hervorgehend, im Wesentlichen den Entwicklungsgang jüngster Thallusanfänge wiederholen werden — selbstverständlich mit Ausnahme von Bildungen, die wie der Keimfuss nur einmal im Leben des Individuums auftreten. Hierfür in Betracht kommende jüngste Sprossanlagen lassen sich an alten *Aglaozonien* in zwei Formen nachweisen. Die einen derselben kommen dadurch zu Stande, dass durch mechanische Eingriffe häufig die Zellen des Randes beschädigt und zu weiterem Wachstum unfähig gemacht werden; zwischen diesen zerstörten Randzellen bleiben bisweilen einzelne Randzellen oder kleine Gruppen von Randzellen unverletzt erhalten, und diese wachsen dann allein weiter. In solchen Fällen stimmen die so entstehenden Thallusabschnitte äusserlich vollständig überein mit den *Aglaozonia*-artigen Flachsprossen der *Cutleria*-Embryonen. Und dasselbe ist der Fall bei Anlage von adventiven Sprossen auf *Aglaozonia*. An verletzten Stellen der Thallusoberfläche vermögen einzelne der die Wunde begrenzenden Rindenzellen die Rolle einer neuen Scheitelzelle zu übernehmen und die aus diesen hervorgehenden adventiven Sprossungen wiederholen in ihrem Wachstum genau diejenigen Erscheinungen, unter denen am Keimfuss der *Cutleria*-Embryonen die Seitensprosse sich bildeten.

Endlich scheint mir auch ein wesentliches Moment, das zu Gunsten der Zusammengehörigkeit von *Cutleria* und *Aglaozonia* spricht, darin zu liegen, dass es im Golf von Neapel entsprechend den beiden *Cutleria*-Species zwei *Aglaozonien* giebt. Die eine, *A. reptans*, entspricht der von REINKE untersuchten Alge: sie ist membranös, sehr unregelmässig gelappt und eingeschnitten und zeigt bei makroskopischer Betrachtung meist Formen, wie sie der in Fig. 22 in starker Vergrösserung dargestellte, in der Cultur erzeugene *Cutleria*-Embryo aufweist. Die andere *Aglaozonia*-Form, die ich provisorisch als *A. chilosa*¹⁾ bezeichnet habe, ist lederartig fleischig, von bandförmiger Gestalt, nur selten gabelig getheilt, und findet sich niemals anders als in einer Tiefe von 20 bis 40 Meter. In dieser letzteren Hinsicht stimmt *A. chilosa* mit *Cutleria adspersa* überein, deren geschlechtlich erzeugte Generation sie

1) Die Algen des Golfes von Neapel. Mitth. aus der Zool. Station, Bd. I pag. 244.

wohl repräsentiren möchte, wogegen *A. reptans* ihre nur wenige Meter unter den Meeresspiegel hinabreichenden Standorte mit *Cutleria multifida* theilt.

Sollte, wie ich nicht bezweifle, durch eine gelungene Cultivirung der Schwärmsporen von *Aglaozonia* die Vermuthung bestätigt werden, dass die geschlechtlich erzeugte *Aglaozonia*-artige Generation von *Cutleria*, aus der wahrscheinlich auf dem Wege ungeschlechtlicher Schwärmsporenbildung die Geschlechtsorgane bildende *Cutleria*-Generation entsteht, mit *Aglaozonia* identisch ist, so würden wir im Wesentlichen folgendes Bild von dem Lebenslauf der *Cutleria* erhalten.

Im December tritt die *Cutleria*-Generation auf, charakterisirt durch aufrechten Wuchs und trichothallisches Wachsthum: sie entwickelt Antheridien und Oogonien gesondert auf verschiedenen Individuen und stirbt im April ab. Die Oogonien erzeugen grosse Schwärmsporen (Eier), die, nachdem sie zur Ruhe gekommen sind, befruchtet werden durch die in den Antheridien erzeugten kleinen Schwärmsporen (Spermatozoidien), welche in Einzahl an dem Empfängnissfleck der zur Ruhe gekommenen Eier eindringen und diese befruchten. Das befruchtete Ei umgiebt sich unmittelbar darauf mit einer Membran und es beginnt sofort die Keimung, die zur Bildung eines kleinen keulenförmigen oder spindelförmigen Gewebekörpers führt, zur Bildung des Keimfusses (Dauerlarve REINKE'S). An diesem entstehen in Form seitlicher Aussprossungen in Ein- oder Mehrzahl breite, flache, kriechende Aeste, die auf der Unterseite Wurzelhaare bilden und mit Randwachsthum begabt, selbständig weiter zu wachsen vermögen, wenn auch die primäre Achse der geschlechtlich erzeugten Generation, der Keimfuss, abstirbt (*Aglaozonia*). Die *Aglaozonia*-Generation ist perennirend und erzeugt im erwachsenen Zustande geschlechtslose Sporen. Ungewiss bleibt dabei, ob dieser Sporenbildungsprocess sich an demselben weiterwachsenden Individuum mehrfach wiederholen kann, oder ob dasselbe nach eingetretener Sporenbildung abstirbt: doch möchte ich glauben, dass das letztere der Fall ist. Wenigstens vermögen andere perennirende Meeres-Algen, z. B. unter den Phaeosporeen *Cladostephus* und *Stypocaulon*, unter den grünen Algen *Dasycladus* und *Halimeda* nicht mehrere Male Schwärmsporen zu bilden, sondern der Process der Schwärmsporenbildung leitet den Absterbeprocess der ganzen Pflanze ein.

Das Schicksal der *Aglaozonia*-Sporen, deren erste Keimungsstadien REINKE¹⁾ beobachtet hat, habe ich leider nicht verfolgen können

1) Cutleriaceen pag. 52 u. ff.; Tab. IX. Fig. 19—27.

und muss daher — am Ende meines Aufenthaltes in Neapel angelangt — die zweite und abschliessende Hälfte des Beweises für die Zusammengehörigkeit von *Aglaozonia* und *Cutleria* einem anderen Forscher überlassen. Aber auch für den Fall, dass *Aglaozonia* sich als verschieden von der *Aglaozonia*-artigen Generation von *Cutleria* erweisen sollte, dürfte die Kenntniss der zweiten Generation von *Cutleria*, wie sie oben dargestellt wurde, nicht alles Interesse verlieren. Denn nachdem die Entwicklung heteromorpher Aeste an dem bisher allein bekannten Keimfuss der *Cutleria*-Embryonen constatirt werden konnte, wird es nöthig werden, die analogen Verhältnisse bei *Zanardinia* einer erneuerten Untersuchung zu unterziehen. Denn nun muss es sich darum handeln, die Keimung der befruchteten *Zanardinia*-Eier weiter zu verfolgen, um festzustellen, ob im Kreislauf des Entwicklungsganges von *Zanardinia* eine ähnliche *Aglaozonia*-artige Generation sich entwickelt, oder ob an ihrer Stelle als entsprechende Generation bei *Zanardinia* die durch REINKE entdeckte Thallusform mit ungeschlechtlichen Sporen auftritt und ein einfaches Alterniren geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Generationen von äusserlich gleicher Gestalt stattfindet. Sollte das letztere sich bestätigen, so würde für die Gattungen *Cutleria* und *Zanardinia* ein wesentlicher Unterschied sich daraus ergeben, dass bei *Cutleria* mit dem Dimorphismus geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzungszellen auch ein Dimorphismus der vegetativen Verhältnisse beider Generationen Hand in Hand geht, wogegen die äussere Form des Thallus von *Zanardinia* durch den Di-, resp. Trimorphismus der Fortpflanzungsorgane nicht berührt wird.

Was endlich die Keimung der grossen Schwärmosporen von *Cutleria* ohne vorhergehende Befruchtung betrifft, so stehen die in Neapel erzielten Resultate in absolutem Widerspruch mit den Angaben aller Autoren vor REINKE. Jetzt, wo man die Befruchtung von *Cutleria* kennt, würden diese älteren Angaben wohl verdienen, auf ihre Richtigkeit endlich einmal in Antibes und Cherbourg geprüft zu werden, da dort die Beobachtungen, auf welche sich jene Mittheilungen stützen, gemacht worden sind. Ich möchte fast vermuthen, dass nunmehr unternommene Controllversuche dort zu ähnlichen Resultaten führen möchten, wie die in Neapel über diesen Punkt angestellten Experimente. Denn dass z. B. in Antibes bei Anwesenheit von Spermatozoiden die grossen Schwärmosporen auch nach Eintritt des Ruhestadiums sämtlich befruchtungsfähig sein sollten, scheint noch nicht über allen Zweifel erhaben: denn möglicherweise haben die älteren Beobachter das Aufhören der Schwärm-Bewegung der grossen Schwärm-

sporen als das erste Zeichen der beginnenden Keimung betrachtet und demgemäss ihre Beobachtungen in dem entscheidenden Augenblicke abgebrochen. Sollte sich übrigens die ältere Angabe bestätigen und der von THURET erzielte und in den *Annales des Sciences* (ser. 3, Tome XIV, pl. 31) abgebildete grösste Keimling in der That als in den Entwicklungsgang der *Cutleria* gehörig und nicht etwa als ein junger *Ectocarpus* sich erweisen, so würde man sich allenfalls vorstellen können, dass dieser parthenogenetisch entstandene Keimling direct zu der *Cutleria*-Form des Thallus sich entwickelt, dass es dagegen einer geschlechtlichen Befruchtung bedarf, um die *Aglaozonia*-Generation zu erzeugen.

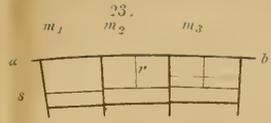
Neapel, den 18. November 1878.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIII.

Die Figuren 1—18, 20—22 und 24—26 sind mit Hilfe des Zeichenprismas entworfen.

- Fig. 1. Zur Ruhe gekommenes Ei von *Cutleria multifida*, an dessen Empfängnisflecke ein Spermatozoid sich angesetzt hat. $500/1$.
- Fig. 2. Dasselbe nach Befruchtung von Membran umhüllt. $500/1$.
- Fig. 3—8. Keimung der befruchteten Eier in verschiedenen Altersstadien. $500/1$.
- Fig. 9. Keimling mit fertig ausgebildetem Keimfuss. $250/1$.
- Fig. 10—15. Entwicklung flacher Seitensprosse aus dem Keimfuss cultivirter Exemplare. *w*, Wurzelhaare der Seitensprosse. $250/1$.
- Fig. 16. Ein im Freien erwachsener Keimling. $250/1$.
- Fig. 17 u. 18. Aeltere Flachsprosse cultivirter *Cutleria*-Keimlinge von unten gesehen, zum Theil schemat. dargestellt, mit Hinweglassung der Wurzelhaare. $250/1$.
- Fig. 19. Schema zu Fig. 18.
- Fig. 20. Nicht schemat. Darstellung eines Flachsprosses von oben gesehen. Die punktirten Linien bezeichnen die Zellen der Rinde, soweit deren Wände bei der Ansicht von oben nicht mit den Wänden der darunterliegenden Zellen zusammenfallen. $250/1$.
- Fig. 21. Keimling etwa 8 Monat alt. $250/1$.
- Fig. 22. Desgl., die grösste der in der Cultur erzielten Pflanzen. $50/1$.
- Fig. 23. Schema der Zelltheilungsfolge in den Randscheitelzellen der Flachsprosse.
- Fig. 24—25. Keimlinge mit beginnender scheinbarer Astbildung. $250/1$.
- Fig. 26. Beginnende Flachsprossbildung an Wurzelhaaren. $250/1$.



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: 1879

Band/Volume: [1](#)

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

Artikel/Article: [Die Befruchtung und der Generationswechsel von Cutleria. 420-447](#)