

- Fig. 9—12. Desgl. Intercellularräume aus dem ausgewachsenen Blatt mit Stäbchen und Fäden, welche sich zu zarten Balkensystemen mit einander verbinden. 590/1.
- „ 13. Desgl. Optischer Flächenschnitt durch einen flachen Intercellularraum eines ausgewachsenen Blattes, mit zahlreichen freien und verbundenen Fäden. 475/1.
- „ 14. *Marattia Kaulfussi*. Schwammparenchym mit kleinen rundlichen Höckerchen aus einem ausgewachsenen Blatt. 590/1.

## 14. Johannes Behrens: Beitrag zur Kenntniss der Befruchtungsvorgänge bei *Fucus vesiculosus*.

Eingegangen am 15. März 1886.

Die Sexualität der Algen wurde bekanntlich in den 50er Jahren von Thuret<sup>1)</sup> zuerst bei *Fucus*arten entdeckt. Trotzdem also die sexuellen Verhältnisse hier am längsten von allen Algengattungen bekannt sind, trotz der genauen Beobachtungen Thuret's ist doch vielleicht bei keiner der näher untersuchten Algenfamilien der Befruchtungsvorgang so unklar, wie bei den Fucaceen. Thuret nimmt eine Befruchtung durch Diffusion an; dagegen giebt Pringsheim<sup>2)</sup> an, dass die Spermatozoiden und zwar in Vielzahl in das Ei eindringen. Die folgenden Untersuchungen, deren voller Abschluss leider durch die Ungunst der diesjährigen Witterung vereitelt wurde, wurden in der Absicht unternommen, diese Frage der endgültigen Lösung näher zu führen.

Die Arbeit wurde im botanischen Institut der Kieler Universität auf den Rath und unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. Reinke angefertigt, dem ich hier meinen besten Dank für die mir gewährte Unterstützung darbringen möchte.

### I. Zur Entwicklung der Spermatozoiden.

In den Conceptakeln der männlichen Pflanzen entstehen die Antheridien, die Mutterzellen der Spermatozoiden bekanntlich als Endzellen

1) Ann. d. sc. nat. bot. 4. Sér. tom. II. 1855 und Mém. de la société des sc. nat. de Cherbourg 1853 und 1857 t. I und V, wiederholt in Thuret et Bornet, Études algologiques 1878.

2) Ueber Befruchtung und Keimung der Algen. Monatsber. der Kgl. Acad. d. Wiss. Berlin 1855. Sep.-Abdruck p. 12—16.

verzweigter, aus einer Zellreihe bestehender Fäden. Die vegetativen Zellen derselben sind ziemlich gross, cylindrisch, der Fadenaxe parallel gestreckt. Sie enthalten einen plasmatischen Wandbeleg, und von diesem aus durchziehen Plasmastränge, ähnlich wie in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia*, die centrale grosse Vacuole. Ein einziger Zellkern, mit einem kleinen Nucleolus und einem deutlichen Chromatingerüst versehen, liegt im Wandbeleg. Im lebenden und ungefärbten Zustande ist derselbe, da er ein gleiches Lichtbrechungsvermögen besitzt, wie das übrige Protoplasma, nicht zu erkennen. Seine Anwesenheit lässt sich nur daraus erschliessen, dass an einer Stelle des Plasmaschlauches, eben dort wo der Kern sich befindet, eine knotige Verdickung liegt, in der nur in seltenen, besonders günstigen Fällen, eine fädige Struktur, wie sie dem Kern eignet, deutlich ist. Erst an fixirtem und gefärbtem Material tritt der Kern scharf hervor. Als Fixirungsmittel wurden Osmium- und Pikrin-Schwefelsäure, sowie Bromdämpfe und Jodwasser angewandt. Die Färbung wurde mit Schneider's Essig-Carmin erzielt und unter dem Deckglas vorgenommen. Wählt man den Zeitpunkt der Einwirkung richtig, so gelingt es durch Auswaschen, die Färbung aus allen Organen zu entfernen bis auf den Kern, in dem Fadengerüst und Nucleolus jetzt besonders scharf hervortreten. Im Protoplasma, sowohl im Wandbeleg wie in den Strängen, finden sich zerstreut kleine, runde, scheibenförmige Chromatophoren, wie Schmitz<sup>1)</sup> schon beschreibt.

---

1) Die Chromatophoren der Algen 1882, p. 107—108.

Im Anschluss hieran seien einige gelegentliche Beobachtungen über den Zellinhalt der übrigen vegetativen Zellen des *Fucusthallus* mitgetheilt.

Derselbe besteht bekanntlich aus einem intercellularlosen Gewebe, das eine Sonderung in Hautgewebe, Rinde und Mark zulässt.

Das Hautgewebe ist der Träger der Assimilation, als deren erstes sichtbares Product ein ölartiger Stoff auftritt. Die Zellen desselben enthalten einen wandständigen Plasmaschlauch mit grosser centraler Vacuole. Der Zellkern, mit Fadengerüst und Kernkörperchen, liegt, wie es scheint, immer der Innenwand an. Hier und an der hinteren Hälfte der Seitenwände häufen sich auch die bräunlichen, meist ovalen Chromatophoren. Der vordere Plasmatheil der Epidermiszellen zeigt eine etwas körnige Structur und dient vielleicht als Schutzmittel gegen allzu intensives Licht, wie Berthold es für andere Phaeophyceen nachwies (Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen, Pringsheims Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XIII.).

In den dicht unter der Epidermis liegenden und von dieser abstammenden Zellen der Rinde findet sich ebenfalls ein wandständiger Plasmaschlauch, aber mit bald central, bald im Wandbeleg liegenden Zellkern und reich an überall zerstreuten Chromatophoren.

Nicht so reich an letzteren ist das Plasma der hyphenartig verzweigten Markzellen, welches einen Wandbeleg und in der Mitte der centralen grossen Vacuole eine Kerntasche mit dem Nucleus bildet. Letzterer sind auch die wenig gefärbten, etwas stabförmig gestreckten Chromatophoren eingelagert. Die Querwände sind siebartig durchbrochen.

Die Antheridiummutterzelle unterscheidet sich von den vegetativen Paraphysenzellen höchstens durch reichlicheres Protoplasma, in dem Vacuolen fast völlig fehlen. Auch hier sind kleine, scheibenförmige Chromatophoren im Plasma zerstreut und vermehren sich durch Theilung bis zur Reife des Antheridiums. Der Kern an Gestalt und Struktur dem der vegetativen Zellen gleich, nur grösser, liegt in der Mitte der Zelle. Beim Heranreifen des Antheridiums erfährt er eine Zweitheilung unter Auftreten der gewöhnlichen karyokinetischen Figur. Der Process selbst konnte, da Theilungsstadien in dem sehr reichlichen Material doch sehr selten waren, vielleicht weil sie sehr rasch durchlaufen werden, nicht eingehender verfolgt werden. Ausserdem ist auch die Carminfärbung keine für das Studium der feineren Vorgänge besonders günstige, da gerade in Zellen, welche eine Kerntheilung aufweisen, sich das Protoplasma stark mitfärbt.

Die beiden so entstandenen Tochterkerne vermehren sich nun weiter durch Theilung, bis 64 Kerne, allerdings alle kleiner als der Mutterkern, im Antheridium vorhanden sind, das jetzt zur vollen Grösse herangewachsen ist. In diesem Stadium gelingt es noch leicht, mit Essig-Carmin in den Kernen eine fädige Struktur nachzuweisen. Sie füllen den Raum der Mutterzelle beinahe aus und sind nur durch schmale Bänder von Protoplasma getrennt. Die Chromatophoren, die jetzt, wie schon Schmitz angiebt<sup>1)</sup>, sich ungefähr bis auf die Zahl der vorhandenen Kerne vermehrt haben, liegen den Plasmasträngen so eingebettet, dass jedem Kern ein oder seltener zwei der nur schwach gefärbten Chromatophoren entsprechen. An in diesem Stadium befindlichen Antheridien gelang es einigemal, die Bildung der Spermatozoiden unter dem Deckglas zu verfolgen. Zu diesem Zwecke wurden die Conceptacula, welche jederzeit Antheridien von den allerverschiedensten Altersstufen enthalten, auf dem Objektträger in Seewasser zerzupft, bis nur die einzelnen verzweigten Zellfäden vorlagen. Diese Präparation scheint das Leben und den Entwicklungsgang der Fadenzellen wenigstens momentan nicht zu beeinflussen. Wenn man dann solche Stadien, wie sie eben beschrieben sind, unter dem Mikroskope einstellt, so gelingt es im einen oder anderen Falle, den Verlauf der Spermatozoiden-Entwicklung zu beobachten. Man sieht die Plasmastränge plötzlich verschwinden, die Chromatophoren, deren Farbe eine gelbliche geworden ist, den Kernen dichter sich auflagern und zwischen den Kernen eine hyaline Substanz (wässrige Flüssigkeit?) auftreten. Aus dieser Beobachtung folgt für die Zusammensetzung der Spermatozoiden Folgendes:

Jedes Spermatozoid enthält einen an Chromatinsubstanz reichen Kern, der seine Hauptmasse bildet. Färbungsmittel tingiren den Kern

---

1) a. a. O. p. 122—123.

tiefer und lassen um ihn einen weniger gefärbten Mantel, aus Plasma bestehend, erkennen. Der gelbe Fleck, der an den Spermatozoiden von *Fucus* auftritt, entspricht einem verfärbten Chromatophor, wie Schmitz schon vermuthet<sup>1)</sup>. Nur in seltenen Fällen sind zwei Chromatophoren vorhanden. Das gelbe Korn, welches übrigens bei weitem nicht so scharf begrenzt ist als sonst die von Phaeophyll gefärbten Chromatophoren, ist dem Protoplasmamantel des Spermatozoids eingebettet. Die Cilien, welche die Spermatozoiden im Schwärmstadium besitzen, sind, so lange sie im Antheridium eingeschlossen sind, noch nicht zu sehen. Sie gehen unzweifelhaft aus dem Plasmamantel hervor. Das Spermatozoid der Fucaceen ist somit einer vollständigen, nackten Zelle gleichwerthig.

Gleichzeitig mit dem Auftreten dieser Differenzirungen im plasmatischen Inhalt der Antheridien wird auch eine Differenzirung ihrer Zellhaut in eine Exine und eine Intine sichtbar. Zwischen beiden scheinen, wie das folgende lehrt, sehr energische Spannungsdifferenzen zu herrschen. Die Exine quillt an der Spitze auf und verschleimt. Nun durchbricht die Intine die vergallerte Membran und schießt eine Strecke weit im Wasser vorwärts. Zusatz von Osmium-, Pikrin-, Schwefel- oder Essigsäure führen diese Erscheinung eher herbei; daher kann man sie leicht unter dem Deckglas an grösseren Conceptakelstücken bei Zusatz dieser Säuren verfolgen. Diese mechanische Einrichtung hat den Erfolg, die Spermatozoiden, in die Intine eingeschlossen, aus dem Conceptaculum ins Wasser hinaus zu stossen. Die Intine verschleimt nun an einem oder an beiden Enden. Der Schleim zerfliesst im Wasser. Dann treten die noch unbeweglichen Spermatozoiden aus, wahrscheinlich durch Quellung der sie trennenden hyalinen Masse herausgetrieben. Allmählich stellt sich dann, besonders bei hellem Himmel, auch die Eigenbewegung bei den frei gewordenen Spermatozoiden ein.

Die Gestalt der letzteren ist die aus Thuret's Untersuchungen bekannte. Sie sind birnförmig, mit dem spitzen Pol nach vorn gewendet, bilateral und dorsiventral, mit einem ventralen gelben Körper oder deren zweien versehen und mit zwei Cilien ausgestattet, von denen die vordere sehr schnell schwingt, während die hintere (scheinbar) unbeweglich nachgeschleppt wird. Ueber die Art und Weise der Cilienbewegung konnte ich nicht ins Klare kommen. Im Innern der Spermatozoiden war zu dieser Zeit weder mit Fixirungs- noch mit Tinctionsmitteln eine Struktur, wie sie für den Kern charakteristisch ist, nachzuweisen.

## II. Die weiblichen Organe.

Die Wände der weiblichen Conceptacula sind bekleidet von unverzweigten, aus einer Zellreihe bestehenden Haaren, deren Zellen einen

1) a. a. O.

ähnlichen Bau und Inhalt aufweisen wie die der Paraphysen in männlichen Conceptakeln.

Als erste Anlage des Oogons erhebt sich eine Wandzelle als dicht mit körnigem Protoplasma angefüllte Vorwölbung. Letztere grenzt sich durch eine Querwand von der Mutterzelle ab und wird dann durch eine zweite Querwand in eine Stiel- und eine Oogonmutterzelle zerlegt. Letztere vergrössert ihr Volumen bald ganz bedeutend und bildet eine kugelige Anschwellung auf der Stielzelle. Diese besitzt einen centralen Zellkern und einen wandständigen Plasmaschlauch<sup>1)</sup>. Von letzterem laufen Plasmastränge zum Kern, der die gewöhnliche fadenförmige Struktur und daneben ein oder mehrere Nucleolen zeigt. Dagegen weist der eine Kern der Oogonmutterzelle auffallende Struktureigenheiten auf. Er ist ziemlich gross, und beim ersten Anblick schon fällt der einzige Nucleolus in ihm durch seine Grösse auf. Derselbe färbt sich mit Essig-Carmin, Safranin sowie Gentianaviolett und zeigt in seinem Innern oft noch rundliche, punktförmige Gebilde, von denen unentschieden bleiben mag, ob es Vacuolen oder Anhäufungen dichter Substanz sind. Eine weitere Struktur wird im Kern erst bei stärkerer Vergrösserung sichtbar. Dann zeigt seine Grundmasse eine deutliche Körnelung, was auf das Vorhandensein eines Chromatingerüstes hindeutet. Doch ist dasselbe jedenfalls sehr spärlich entwickelt. Die Körnelung ist mit der der Spermatozoidkerne an Reichlichkeit und Stärke gar nicht zu vergleichen. Schon hier zeigt sich ein besonders starkes Färbungsvermögen der Kernperipherie, was wohl auf eine periphere Lagerung der Chromatinsubstanz hindeutet, wie sie im Kern des reifen Eies uns noch deutlicher und klarer begegnen wird.

Das Plasma der Oogonmutterzelle enthält viele kleine, rundliche bis ovale Chromatophoren, welche neben der grobkörnigen Plasmastruktur selbst den lästigen Umstand zur Folge haben, dass die Vorgänge im Innern der weiblichen Zellen sich an lebendem, unaufgehelltem Material vollkommen der Beobachtung entziehen. Alle Vorgänge im Innern des Oogons wie des Eies müssen daher an fixirtem Material studirt werden. Als Fixierungsmittel dienen die schon oben erwähnten Pikrin-Schwefelsäure, Bromdämpfe und Jodwasser, ferner siedendes Wasser, Chrom-Osmium-Essigsäure, in seltenen Fällen auch absoluter Alkohol und 1 pCt. Essigsäure. Letztere beiden wirken nicht so günstig wie die übrigen. Fixation durch Bromdampf oder siedendes Wasser ist wohl die bequemste Methode, da sie ein nachträgliches Auswaschen des Präparats unnöthig machen. Nach der Färbung kamen die Objekte zuerst in wasserhaltigen, später in absoluten Alkohol, die beide das Phaeophyll ausziehen. Nachdem das Objekt vollständig ent-

---

1) Vergl. Thuret's Abbildungen von *Fucus serratus* in: Études algologiques. Pl. XII, Fig. 12 und 13, Pl. XIII, Fig. 14 und 16.

wässert war, wurde es durch Nelken- oder Terpentinöl mehr oder weniger lange aufgehellt und aus diesem in Canadabalsam oder Dammarlack übertragen.

Die Zellsubstanz des Oogons enthält keine Vacuolen. Dagegen finden sich im Plasma zuerst spärlich, mit der Nähe der Reifezeit an Grösse und Zahl zunehmend, Tropfen einer ölartigen Substanz, die sich in absolutem Alkohol, leichter in Aether lösen und mit Osmiumsäure sich intensiv schwärzen. Von concentrirter Schwefelsäure und Kalilauge wird die Substanz in Gestalt eines oder mehrerer grosser Tropfen aus der Grundmasse ausgetrieben, aber anscheinend nicht verseift.

Während des Heranwachsens der Oogonmutterzelle theilt sich der Kern derselben successive in 8 Tochterkerne. Da man bei der ziemlich complicirten und Zeit raubenden Art der Präparation nur auf günstigen Zufall angewiesen ist, so kann es nicht auffallen, dass die Art und Weise der Kerntheilung nicht näher verfolgt werden konnte. Doch war soviel zu konstatiren, dass die Kerntheilung unter den vielbeschriebenen karyokinetischen Vorgängen sich abspielt. Der Chromatinschleifen scheinen indess nur sehr wenige zu sein. Der Nucleolus färbt sich bei beginnender Theilung immer weniger stark mit Essig-Carmin und Saffranin und verliert seinen scharfen Umriss. Dafür färbt sich die vorher unfärbbare Grundsubstanz des Kernes mehr, und es scheint somit, als wenn die Substanz des Nucleolus sich, wie auch Zacharias annimmt<sup>1)</sup>, bei der Theilung im Kernsaft löste. Vom Austritt eines Paranucleolus ist nichts zu sehen. Nur in seltenen Fällen wurden zwischen den Tochterkernen noch Spindelfasern wahrgenommen.

Nachdem sich die 8 Tochterkerne gebildet haben, rücken sie aus einander, und das Plasma des Oogons theilt sich in 8 den Kernen entsprechende Portionen, die in der Mitte der Mutterzelle zusammenstossen. Durch den gegenseitigen Druck sind sie abgeplattet. Zwischen ihnen ist keine Cellulosemembran vorhanden, und die Theilungsfurchen verlaufen, wie schon Thuret beschrieben<sup>2)</sup>, nicht streng gesetzmässig. Der Zwischenraum zwischen den 8 Eiern wird von wässriger Flüssigkeit eingenommen. Körnige oder überhaupt feste bestimmte Elemente wurden in keinem Fall in ihr wahrgenommen.

Die Membran des Oogons besteht nach Thuret aus zwei Schichten, einer Exine und einer Intine. Durch die zwischen beiden bestehenden Spannungsverhältnisse, verbunden mit einer Quellung der Exine an der Spitze, werden die 8 Eier, in die Intine eingeschlossen, aus dem Oogon ausgestossen. Frei im Wasser liegend, erweist sich die Intine noch als aus zwei Schichten bestehend, die aber optisch nicht unter-

1) Zacharias, Ueber den Nucleolus.

2) Études algologiques 1878, p. 30.

scheidbar sind. Die äussere zerreisst an der Spitze, und dann treten die sich jetzt abrundenden Eier, noch in die äusserst feine innerste Membran gehüllt, aus. Letztere sitzt mit ihrem Fussstück noch an der Aussenschicht fest, wie Thuret es abbildet<sup>1)</sup>. Schliesslich zerplatzt auch sie, und die Eier treten als ziemlich grosse, bräunliche Kugeln aus. In wenigen Fällen gelang es, an den sonst ruhenden und auch bei der gewöhnlichen Ausstossung nur passiv bewegten Eizellen eine amoeboider Eigenbewegung zu beobachten. Dies geschah bei Oogonien, die noch in die ganze Intine gehüllt, ausgestossen, bei denen dieselbe aber zufällig an einer Stelle verletzt war, ein Fall, der allerdings nur ganz vereinzelt beobachtet wurde. In diesem Fall traten ebenfalls alle Eier direkt durch das ziemlich enge Loch der Intine aus. Durch eine etwaige Quellung der sie umgebenden hyalinen Masse wäre doch nur das Austreten einiger dem Loch nahe liegender zu erklären. Die Eier sandten einen ziemlich dicken, nach vorn verschmälerten Fortsatz gegen die Rissstelle hin aus, in diesen wurde allmählich ihr Körper unter Weitersenden des Fortsatzes eingezogen, und so bewegten sie sich kriechend nach aussen.

Die ausgetretenen Eier runden sich vollständig ab. Sie erscheinen als bräunliche undurchsichtige Kugeln, an denen nur in besonders günstigen Fällen eine Differenzirung zu sehen ist. In ihrer Mitte oder dem Rande etwas genähert, sieht man dann, aber nur bei schwächerer Vergrösserung, einen rundlichen hellen Fleck, in dem man äusserst selten und nur wenn der Fleck dem Rande stark genähert liegt, ein kleines rundes Körperchen bemerkt. Das Gebilde erweist sich als der Kern der Eizelle, als welchen es auch Dodel-Port aufgefasst wissen will<sup>2)</sup>, der es bei *Fucus virsoides* beobachtete. Einen weiteren Einblick in den Bau der Eizelle gestattet nur die beschriebene Methode der Aufhellung mit Nelkenöl.

Man erkennt dann deutlich im Innern des Eies einen meist rundlichen, oft aber auch stumpfkantigen Zellkern, dessen Durchmesser ungefähr ein Dritteltheil des Eisdurchmessers erreicht. Der Kern besteht aus einer ziemlich dicken, einer Kernmembran sehr ähnlichen peripherischen Schicht, dem Kernsaft und einem grossen rundlichen Nucleolus, der im Kernsaft meist etwas excentrisch gelagert ist. Auffallend ist der gänzliche oder doch fast gänzliche Mangel einer dem Chromatinfaden entsprechenden Differenzirung und die sehr dicke Kernmembran. Im Nucleolus finden sich häufig in Ein-, seltener in Mehrzahl Punkte anderen Lichtbrechungsvermögens. Die angewandten Färbungsmittel tingiren allein oder besonders stark den stets in Einzahl vorhandenen

1) l. c. Pl. XIII, f. 17.

2) Biologische Fragmente, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen. Cassel u. Berlin 1885. I. *Cystosira barbata*, ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Fuaceen. p. 19.

Nucleolus und die Kernmembran. Letztere hält Saffraninfärbung besonders stark. Ich vermuthe daher, dass die membranähnliche Differenzierung im Kern durch weiter nichts als durch eine auffallend periphere Lagerung des Chromatins zu Stande kommt. Die Constanz im Vorkommen eines grossen Nucleolus, im Kern des *Fucuseies* spricht wohl für die Richtigkeit der Ansichten Flemming's und Zacharias', dass der Nucleolus nicht, wie Strasburger und Brass wollen, eine Reservesubstanz, sondern ein nothwendiges Organ des Zellkerns darstellt.

Sehr klar tritt nach dem Vorhergehenden ein Gegensatz zwischen den Kernen der männlichen und denen der weiblichen Sexualzellen hervor. Erstere sind reich an Chromatin, arm an Nucleolensubstanz, letztere umgekehrt reich an Nucleolensubstanz, arm an Chromatin.<sup>1)</sup>

Das übrige Plasma des Eies zeigt eine Differenzierung in eine allerdings nur sehr dünne und daher von mir nur in sehr wenigen, besonders günstigen Fällen wahrgenommene, helle und homogene Hautschicht und ein körniges Innenplasma. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Hautschicht immer vorhanden ist. Das Innenplasma zeigt eine deutlich fädige Struktur. Die Fäden sind zu einem Netzwerk angeordnet, in dessen Maschen sich homogenes Plasma befindet. Es ist das derselbe Bau, wie Schmitz ihn für das Protoplasma überhaupt beschreibt<sup>2)</sup>. Den Fäden sind die kleinen, rundlichen oder ovalen Chromatophoren angelagert, welche mit den Kernfärbemitteln sich auch ziemlich stark färben. Besonders tingirt sie Haematoxylin und ist daher zu Kerntinctionen nicht anwendbar. Die Zahl der Chromatophoren, die besonders in der Umgebung des Kerns sich lagern, gegen die Peripherie hin aber spärlicher werden, hat die völlige Undurchsichtigkeit des Eies zur Folge. Die Interfilarmasse ist, wie es scheint, eine homogene Flüssigkeit. Ihr werden auch wahrscheinlich die fraglichen Oeltröpfchen, welche im Ei besonders reichlich vorhanden sind und daher jedenfalls eine Reservesubstanz vorstellen, eingebettet sein. Da die Entwässerung mit Alkohol, die Aufhellung mit Terpentin- und Nelkenöl natürlich eine Lösung des Oels zur Folge hatte, Aufhellen der Eier mit Chloralhydrat aber das Fett in grosse Tropfen zusammenzieht und aus der Grundsubstanz austreibt, konnte dies nicht direkt festgestellt werden.

Ein Versuch wurde noch gemacht, um die chemische Zusammensetzung des Eiplasmas, speciell seinen Eiweissgehalt, zu erforschen. Die eben ausgetretenen Eier wurden frisch in essigsäure Ferrocyankaliumlösung geworfen, wodurch sie zugleich sehr gut fixirt werden.

1) Vergl. damit: Zacharias, Ueber Eier und Samenfäden. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch. Jahrg. III. Generalversammlung zu Strassburg im Elsass.

2) Sitzber. der niederrhein. Gesellschaft f. Natur- und Heilkunde. Bonn 1880. Untersuchungen über die Struktur und das Protoplasma der Pflanzenzellen.



Nach einiger Zeit wurde nach der von Zacharias<sup>1)</sup> gegebenen Anweisung mit wässerigem Alkohol bis zum Verschwinden der sauren Reaction ausgewaschen, dann Eisenchlorid zugesetzt und dessen Einwirkung beobachtet. Das Ferrocyankalium hält sich bei dieser Methode bekanntlich nur im Eiweissmolecül, mit dem es eine chemische Verbindung bildet, und lässt sich in diesem durch Bildung von Berliner Blau nachweisen. Es erweisen sich nun als aus Eiweiss bestehend, resp. wohl besser als reich an Eiweiss, die Chromatophoren und besonders der Nucleolus. In allen übrigen Plasmaorganen war kein Eiweiss nachzuweisen. Beides stimmt mit den von Zacharias für andere Zellen erhaltenen Resultaten überein.

Noch ein anderer Erfolg war mit der Anwendung der Blutlaugensalz-Ferrichlorid-Methode verbunden. Die Eizellen erwiesen sich als umgeben von einer ziemlich weiten Sphäre einer Eiweisslösung, die jedenfalls zur Attraction der Spermatozoiden dient. Ob das Eiweiss direkt auf die Spermatozoiden reizend einwirkt, ob in der Eiweisslösung noch eine die Spermatozoiden der Fucaceen specifisch reizende Substanz gelöst ist, und das Eiweiss nur die Diffusion der letzteren verzögern soll, war nicht festzustellen, da die Ungunst des Wetters leider seit Weihnachten ein reichliches Material an schwärmenden Spermatozoiden nicht mehr zur Verfügung kommen liess.

### III. Die Befruchtung.

Der vollständigen Erforschung des Befruchtungsvorganges stellte sich, wie schon eben erwähnt, der in der letzten Hälfte des Wintersemesters herrschende strenge Frost entgegen, der das Erlangen frischen Materials aus dem zugefrorenen Kieler Hafen unmöglich machte.

Dodel-Port beschreibt in seiner schon oben erwähnten Arbeit<sup>2)</sup> das Austreten von Richtungskörperchen aus dem Ei von *Cystosira* kurz vor dem Eintritt der Befruchtung. Er hat den dieser Ausstossung vorausgehenden Kerntheilungsvorgang allerdings nicht selbst wahrgenommen, hält ihn aber nach seinen Beobachtungen für sehr wahrscheinlich. In seinem zugleich mit dem vorigen erschienenen Aufsatz: „Die Excretion der sexuellen Protoplasmamassen vor und während der Befruchtung im Thier- und Pflanzenreich<sup>3)</sup>“, durchgeht dann der Verfasser, an der Hand der genauesten Beobachter, die gesammten bekannten Sexualvorgänge im Pflanzenreiche, und sucht es wahrscheinlich zu machen, dass ein Austreten von Richtungskörperchen, wie es im Thierreich ja allerdings überall bekannt ist, so auch bei den Pflanzen zu den verbreitetsten Erscheinungen gehöre. Als Richtungskörperchen

1) Ueber Eiweiss, Nuklein und Plastin. Bot. Zeit. 1883.

2) Biologische Fragmente. I. *Cystosira barbata*, ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Fucaceen. p. 21 u. 22.

3) Biologische Fragmente 1885. II. Fell.

bezeichnen indess die Zoologen nur Theilungsprodukte des Zellkerns, die aus dem Ei ausgestossen werden<sup>1)</sup>). Dodel vermengt damit auch das Auftreten eines Epiplasmas, und allein bei *Cystosira* würde er das Auftreten von Richtungskörperchen nachgewiesen haben. Aber auch hier hat er den Kerntheilungsprozess sowie das Ausstossen nicht direkt beobachtet, sondern nur wahrscheinlich gemacht.

Ich gab mir nun alle Mühe, einen derartigen Prozess im Ei von *Fucus vesiculosus* zu beobachten, weil mir allerdings bei der weitgehenden Analogie im Pflanzen- und Thierreiche ein solcher nicht gerade unwahrscheinlich erschien, wenn auch die Vereinzeltheit des Vorkommens auffällig wäre, da so viele und genaue Beobachter in allen übrigen Fällen nichts derartiges sahen. Es ist indess trotz der grossen Menge von Eiern, die in allen möglichen Stadien, aufgehellt wie frisch, mir zu Gesichte kamen, mir keine Erscheinung begegnet, die auf das Austreten eines Richtungskörperchens hingedeutet hätte. Für *Fucus vesiculosus* ist daher dieser Prozess mindestens äusserst unwahrscheinlich. Ein so auffälliger Vorgang wäre der Beobachtung gewiss nicht entgangen. Einzelne Eier wurden von ihrem Austritt bis nach ihrer Befruchtung unter dem Mikroskope beobachtet, und auch hier wurde nichts wahrgenommen.

Bringt man reife Eier und schwärmende Spermatozoiden unter einem auf zwei Deckglasbruchstücken schwebenden Deckglas oder in einem hängenden Tropfen zusammen, so sieht man alsbald das von Thuret<sup>2)</sup> beschriebene Schauspiel sich entfalten. Die Spermatozoiden eilen zu den Eiern hin und bewegen sich mit ihrer vorderen Cilie tastend, mehr oder weniger lange an ihnen herum. Dabei versetzen sie, wenn in genügender Anzahl vorhanden und an einem Ei adhärierend, dasselbe in eine rollende Bewegung. Doch ist diese Rotation natürlich nur eine secundäre Erscheinung, wie Thuret schon bewiesen hat.

Die Art und Weise des Befruchtungsvorganges selbst ist bekanntlich Gegenstand der Controverse. Thuret<sup>3)</sup>, der erste Beobachter, konnte in keinem Falle ein Eindringen von Spermatozoiden in das Ei wahrnehmen. Ihm bleibt daher nur übrig, eine Befruchtung durch osmotische Vorgänge zwischen Spermatozoid und Ei anzunehmen. Pringsheim<sup>4)</sup> dagegen giebt an, dass die Spermatozoiden ins Ei eindringen. Dieselbe Ansicht verfiicht auch Dodel in seiner Arbeit über *Cystosira*<sup>5)</sup>, er hat indessen das Eindringen nicht beobachtet.

Nach den neueren Beobachtungen und Theorien über die Sexualität der Organismen ist nun allerdings eine Befruchtung durch Diffusion

1) Vgl. Flemming, Zellsubstanz, Zellkern und Zelltheilung 1882.

2) Études algologiques. p. 31 und 35.

3) Études algologiques. p. 38.

4) l. c. Abh. d. Acad. d. Wiss. 1855. Sep.-Abdr. p. 12—16.

5) Biolog. Fragmente. I. p. 25.

undenkbar<sup>1)</sup>. In allen bisher von Strasburger und anderen genau verfolgten Fällen der sexuellen Fortpflanzung ist es gelungen, die Vereinigung der Plasmamassen resp. wenigstens der Kerne zweier verschiedener Zellen als den wesentlichen Vorgang bei der sexuellen Fortpflanzung zu eruieren.

Daher ist es auch wohl von vorn herein ungemein wahrscheinlich, dass auch die Fortpflanzung der Fucaceen keine Ausnahme von dem allgemein gültigen Schema bilden wird, eine Annahme, die durch das Folgende wohl zur vollen Gewissheit erhoben wird.

Nachdem Versuche, das Eindringen der Spermatozoen an lebendem Material zu sehen, wegen der Undurchsichtigkeit der Eier sämtlich fehlgeschlagen waren, bediente ich mich mit mehr Glück der folgenden Methode. Frische Eier wurden auf einem hohl geschliffenen Objektträger in grosser Zahl mit beweglichen Spermatozoiden vermischt. Nach Verlauf einiger Minuten wurden dann die Eier und zwar meist durch Jodlösung getödtet, gefärbt und aufgeheilt. Meist genügten 5 bis 10 Minuten, um dann folgendes Bild der Eizellen zu geben.

Nur ein geringer Theil derselben war unverändert und unbefruchtet (jedenfalls nur zufällig). Von den übrigen zeigten die jüngsten Stadien zwei Zellkerne in ihrem Protoplasma, von denen der eine etwas grössere und mit grösserem Kernkörperchen versehene, der ursprüngliche Kern der Eizelle ist, der andere, meist etwas kleinere und mit kleinerem Nucleolus versehene aber als der des eingedrungenen Spermatozoids aufgefasst werden muss. Ihn als ein Theilungsprodukt des ursprünglichen Eikerns aufzufassen, geht aus dem Grunde nicht an, weil die Kerntheilung, so oft und wo ich dieselbe beobachtete, mit caryokinetischen Vorgängen verbunden ist. Hier liessen sich aber in keinem Falle Spindelfasern und dergl. nachweisen. Die Stadien, welche zur Beobachtung gelangten, zeigten beide Kerne der Mitte sehr genähert, nur einmal den einen, wahrscheinlich den männlichen, nahe am Rande. Das Spermatozoid scheint also, nach diesem Mangel an Zwischenstadien zu urtheilen, sehr schnell einzudringen.

Bei einem dritten Theil der Eizellen haben sich die beiden Kerne endlich zu einem einzigen vereinigt, der anfänglich neben einem Fadennetz noch zwei Nucleolen von verschiedener Grösse zeigt. Weiter entwickelte Stadien lassen nur noch einen Nucleolus erkennen. Der andere ist vielleicht in kleinere Stücke zertheilt, die im Fadennetz nicht mehr unterscheidbar sind. Wie die Aneinanderlagerung der Kernbestandtheile vor sich geht, war nicht zu beobachten. Die Eizelle hatte in diesem Stadium durch Vacuolenbildung in ihren peripherischen Partien ihr Volumen auf das Doppelte der unbefruchteten Eizelle ver-

---

1) Vergl. besonders Hensen, die Grundlagen der Vererbung nach dem gegenwärtigen Wissenskreis. Landw. Jahrb. 1885.

grössert. Ausserdem ist an der Aussengrenze eine Membran ausgeschieden, von der das Plasma sich bei der Tödtung häufig zurückzieht, und die dann deutlich zeigt, dass sie aus kleinen Mikrosomen zusammengesetzt ist. Sie verdickt sich im Laufe der folgenden Embryonalentwicklung sehr schnell. Der Zellkern schreitet dann zur Theilung, die nach dem gewöhnlichen indirekten Modus unter Auftreten karyokinetischer Figuren erfolgt. Zwischen den beiden so entstandenen Zellhälften tritt eine Zellwand auf. In der oberen Zelle geht die Theilung der Kerne und daran sich schliessend die Theilung der Zelle dann weiter, wie es schon von Thuret und anderen<sup>1)</sup> geschildert ist.

Die Gründe, welche es wenigstens für mich unzweifelhaft machen, dass der eine Nucleus der zweikernigen Eizelle dem Kern eines eingedrungenen Spermatozoids entspricht, sind folgende:

1. Zwei Kerne treten nur in solchen Eizellen auf, die mit schwärmenden Spermatozoiden zusammen waren.

2. Es finden sich alle möglichen Uebergangsformen von zweikernigen Eizellen bis zu solchen, an denen die Folgen der Befruchtung sich schon in Wachsthumsvorgängen (Volumvergrösserung, Ausscheiden einer Membran) geltend machen.

3. Als ein Theilungsprodukt des ursprünglichen Eikerns kann der zweite Kern darum nicht aufgefasst werden, weil die Kerntheilung, wo immer sie bei *Fucus vesiculosus* gefunden wurde, speziell auch in den weiblichen Organen, immer mit karyokinetischen Vorgängen verbunden, hier aber nichts von solchen zu sehen ist.

Demnach bleibt blos über, den zweiten Zellkern als den eines eingedrungenen Spermatozoids anzusehen, dessen Eindringen selbst zu beobachten mir allerdings nicht gelungen ist.

Botan. Institut in Kiel.

---

1) Rostafinski, Beiträge zur Kenntniss der Tange. I. Leipzig 1876.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Behrens Johannes

Artikel/Article: [Beitrag zur Kenntniss der Befruchtungsvorgänge bei Fucus vesiculosus. 92-103](#)