

Über die Gametenbildung bei *Bryopsis*.

Von

Hans Freund,

Halle a. S.

Untersuchungen, welche über die Physiologie der Fortpflanzung für Meeresalgen ähnliche Ziele verfolgen, wie sie Klebs in seinem bekannten Werk für einige Pilze und Süßwasser bewohnende Algen erreicht hat, liegen für Meeresalgen fast gar nicht vor. Es mag daher gestattet sein, die nachfolgenden Beobachtungen über die Gametenbildung von *Bryopsis*, trotz der nur bescheidenen Resultate, die sich dabei erzielen ließen, der Öffentlichkeit zu übergeben.

Die Untersuchungen wurden im Frühjahr 1905 an der „Zoologischen Station des Berliner Aquariums“ zu Rovigno angestellt. Ich gestatte mir, der hohen philosophischen Fakultät der Universität Halle für das mir überwiesene Reisestipendium, sowie der Direktion des Berliner Aquariums für die gütige Überlassung eines Arbeitsplatzes hierdurch ergebenst zu danken. —

Herr Dr. Küster lenkte meine Aufmerksamkeit auf die Gametenbildung von *Bryopsis plumula* und *muscosa*, von der sich hatte feststellen lassen, daß sie durch geeignete Kombination der Kulturbedingungen sich schnell und sicher herbeiführen läßt. Meine Bemühungen waren darauf gerichtet, die Bedingungen, welche zur Gametenbildung führen, näher zu ermitteln. Hierüber sowie über einige morphologische Punkte will ich nachfolgend in Kürze Bericht erstatten.

Über die Gametenbildung von *Bryopsis* im allgemeinen verweise ich auf das Algenwerk von Oltmanns, in dem sich der Autor über den uns interessierenden Punkt folgendermaßen äußert¹⁾ „Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung ist bei den Bryopsiden kaum bekannt, umso reichlicher setzt die geschlechtliche — im Mittelmeer gewöhnlich in den Frühlingsmonaten (Februar—April) — ein. Schon Thuret fand die größeren weiblichen, Pringsheim später die kleinen männlichen Gameten. Ihre Kopulation freilich fand zuerst Berthold im Jahre 1880 und ohne von seinen (nicht publizierten) Beobachtungen Kenntnis zu haben, verfolgte ich den Prozeß im Jahre 1896.

¹⁾ Morphologie und Biologie der Algen. Bd. I. S. 304—306.

Die Gameten sind spitz birnförmig, sie besitzen 2 Wimpern; die weiblichen, ca. 3fach so groß als die männlichen, führen am Hinterende ein ziemlich großes Chromatophor mit einem Pyrenoid, während die männlichen nur einen ganz kleinen, gelblichen Chloroplasten besitzen.

In feuchten Kammern, in welche je ein männliches und ein weibliches Exemplar von *Bryopsis plumosa* eingebracht war, beobachtete ich den Austritt der Gameten bei Tagesgrauen (etwa um 5 Uhr). Die Weibchen waren allein mäßig lebhaft,¹⁾ sobald aber auch männliche Schwärmer frei geworden waren, begann eine wilde Bewegung. Diese wurde aber bei vielen Weibchen bald wieder etwas gehemmt, weil ihnen helle Körperchen — die männlichen Gameten — anhafteten. . . . Berthold konnte das Ausschlüpfen der Gameten durch Verdunkelung auf eine spätere Tageszeit verlegen; er sah die Kopulation, wenn er die anfänglich getrennten männlichen und weiblichen Schwärmer mit einer Pinzette in irgend einem Gefäß vereinigte. . . . Die Gameten entstehen bei *Bryopsis* in den als Kurztriebe ausgebildeten Fiederästen. Der Prozeß beginnt an den relativen Hauptästen unten und schreitet gegen die Spitze vor. Es reifen meistens mehrere Fiederpaare gleichzeitig, dann folgt eine Pause von einigen Tagen, worauf wieder eine ähnliche Zahl von Gametangien entleert wird. In dieser Weise werden dann im Laufe des Frühlings fast alle Kurztriebe verbraucht“. In meinen Untersuchungen handelte es sich zunächst darum, festzustellen, ob alle oder wenigstens die untersten Fäden eines *Bryopsis*pflänzchens durch künstliche Bedingungen zur Bildung von Gameten sich bringen lassen. Meine Versuche wurden, wie bereits gesagt, im Frühjahr angestellt — also zu einer Zeit, die ohnedies der Gametenbildung von *Bryopsis* günstig ist.

Nach den Erfahrungen, die Klebs und andere Autoren an Süßwasseralgen gesammelt haben, schien es zunächst vorteilhaft, die Wirkung einer abnormalen Wasseraufnahme seitens der Zellen zu prüfen. Die *Bryopsis*pflänzchen wurden zu diesem Zweck in hypotonische Lösungen gebracht: Meerwasser und süßes Leitungswasser wurden im Verhältnis 2:1, 3:1 usf. bis 8:1 gemischt. Es ergab sich, daß durch diese einfache Versuchsanstellung in der Tat Gametenbildung angeregt werden kann. Nur bei einer Verdünnung von 1:1 ist es nicht mehr möglich, Gametenbildung zu erzielen, da die Pflanze durch diese starke Verdünnung getötet wird.

Zweitens wurde geprüft, wie hypertonische Lösungen auf dieselben Objekte einwirken. Von *Vaucheria* beispielsweise ist bekannt, daß durch Wasserentziehung hinsichtlich der Zoosporenbildung ähnliche Effekte erzielt werden können wie bei der Wasseraufnahme der Zelle. Ähnliches gilt auch für *Bryopsis*. Erhöht man die Konzentration der Kulturflüssigkeit dadurch, daß man wechselnde

¹⁾ Alle hier zitierten Beobachtungen Oltmanns, soweit ich sie nachzuprüfen Gelegenheit hatte, kann ich nur bestätigen. Nur möchte ich bemerken, daß ich bei Untersuchung meines Rovigneser Materials in der Lebhaftigkeit der männlichen und der weiblichen Schwärmer keinen nennenswerten Unterschied beobachten konnte.

Mengen von Chlornatrium in ihr zur Lösung bringt, so tritt ebenfalls Gametenbildung ein. Schon in Meerwasser, das nur $\frac{1}{8}\%$ NaCl. enthielt, besonders aber in Meerwasser mit $\frac{1}{2}\%$ und 1% NaCl. wurde alsbald die Bildung der Gameten beobachtet. Eine allzu starke Konzentration wirkt natürlich nicht mehr Gameten bildend, sondern tötet. Dabei ist es gleichgültig, ob die Erhöhung der Konzentration durch NaCl oder andere Substanzen erzielt wird. Auch in Meerwasser, in dem Chlorkalium, Chlormagnesium oder Zucker gelöst war, trat Gametenbildung ein. Auch der Zusatz von 1% Alkohol erwies sich für die Gametenbildung sehr günstig, während mit Glycerin keine Resultate erzielt wurden.

Die Reaktion auf den die Gametenbildung auslösenden Reiz erfolgte im allgemeinen sehr pünktlich nach 2 Tagen. Wurden die Pflanzen am Abend eingelegt, so waren die Schwärmer am Morgen des übernächsten Tages in lebhafter Bewegung wahrnehmbar. Auch dem Einfluß von Licht und Dunkelheit gegenüber verhält sich *Bryopsis* ähnlich wie *Vaucheria*. Das Versetzen aus Licht in Dunkelheit ist auch für *Bryopsis* ein sehr gutes Mittel zur Auslösung der Gametenbildung. In Kulturen, die Tag und Nacht im Dunkeln gehalten wurden, trat mit großer Sicherheit in derselben Zeit wie bei den oben geschilderten Versuchen Gametenbildung ein, während gleichartige Exemplare vom gleichen Standort, welche unter sonst gleichen Bedingungen am Tageslicht gehalten wurden, steril blieben. Die direkte Einwirkung von Sonnenlicht — $\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden lang — ergab keine Resultate hinsichtlich der Gametenbildung. Das Chlorophyll der *Bryopsis* wird durch Licht außerordentlich leicht zerstört und die Pflanze unter Umständen völlig farblos. ---

Die Versuche mit hypo- und hypertonischen Lösungen dürften insofern einige Beachtung verdienen, als meines Wissens bisher erst bei wenigen Algen es durch so einfache Variationen der Kulturbedingungen in gerade entgegengesetztem Sinne — Herabsetzung und Erhöhung der Konzentration — gelungen ist, gleichartige formative Effekte auszulösen.

Klebs hat hervorgehoben, daß *Vaucheria repens* sowohl bei Herabsetzung wie bei Erhöhung der Konzentrationen Zoosporen bildet und auch bei *V. clavata* ließen sich vergleichbare Resultate erzielen.¹⁾ Für *V. repens* wurde ferner festgestellt, daß die Objekte bei Behandlung mit verschiedenen konzentrierten Nährlösungen andern Faktoren gegenüber sich ungleich verhalten. Bei Verminderung der Konzentration wirkt das Licht der Zoosporenbildung eher entgegen, während es im anderen Falle notwendig ist. Ob auch bei *Bryopsis* ähnliche Verhältnisse vorliegen und die Objekte in hypo- und hypertonischen Lösungen von irgend welchen anderen äußeren Faktoren in ungleichem Sinne beeinflußt werden, wurde leider nicht festgestellt. — Hervorgehoben sei an dieser Stelle, daß bei allen meinen Versuchen durch Variation der äußeren Bedingungen immer nur die untersten „reifsten“ Gametangien sich zur Umwandlung

¹⁾ cf. Klebs, Über Probleme der Entwicklung. (Biol. Centralbl. XXIV. 1904. S. 482.)

bringen ließen, während die oberen, die ebenfalls schon durch eine Querwand vom Hauptast abgetrennt waren, stets unverändert blieben. Die von mir angewandten äußeren Bedingungen sind also nur wirksam, wenn eine bestimmte Kombination der inneren vorliegt.

Noch einige Worte möchte ich sagen über die Erscheinungen, welche der eigentlichen Gametenbildung vorausgehen. Wie es schon Thuret für *Bryopsis* beschreibt und wie es auch für viele andere Algen bekannt ist, geht der eigentlichen Gametenbildung ein vorbereitendes Stadium voraus, bei welchem das Protoplasma sich zu einer eigentümlichen netzförmigen Struktur zusammenzieht. Häufig, doch nicht regelmäßig findet dabei eine rosarote Verfärbung des Zellinhalts statt.

„Die Vakuole der männlichen Gametangien enthält, wenn auch nicht immer, so doch meistens einen roten Farbstoff (Phycoerythrin)“. Diese Angabe Oltmanns¹⁾ kann ich noch dahin ergänzen, daß dieselbe rötliche Verfärbung gelegentlich auch in weiblichen Gametangien auftritt.

Es lag die Frage nahe, ob auch der Übergang von diesen vorbereitenden Stadien zur Gametenbildung durch künstliche Bedingungen sich würde beschleunigen lassen. Diese Annahme erwies sich insofern als falsch, als weder hypo- noch hypertonsche Lösungen solche *Bryopsis*-pflanzen, die bereits mit typisch umgebildeten Seitenfiedern im Meere gefunden wurden, zu einer beschleunigten Gametenbildung veranlassen konnten. Im Gegenteil wirkten in diesem Falle die Lösungen verzögernd auf die Gametenbildung ein.

Bei den hier angeführten physiologischen Untersuchungen lenkte ich meine Aufmerksamkeit auch auf einige morphologische Fragen. Die Gameten bilden sich bekanntlich in den Seitenästen, die als Kurztriebe ihr Längenwachstum früh einstellen und ihr Lumen von dem des Hauptastes durch eine Querwand abtrennen. Erst die Entwicklung, welche die isolierten Seitenäste durchmachen, scheint ihr Plasma zum Zerfall und zur Gametenbildung geeignet zu machen. Gleichwohl scheint es nicht ausgeschlossen, daß auch der Hauptast nach Bildung isolierter Seitenäste zur Produktion von Gameten befähigt sei und diese durch geeignete Kulturbedingungen auch in ihm sich anregen lasse. Die oben angeführten Bedingungskombinationen sind dazu jedenfalls nicht tauglich; immerhin möchte ich erwähnen, daß ich auch einige Male den Fall fand, daß Hauptast und Nebenäste zusammen Gameten gebildet hatten. Allerdings waren dies nicht Hauptäste erster Ordnung, sondern Seitenzweige vom primären Hauptaste, die selbst schon wieder Seitenzweige gebildet hatten.

Daß die Umwandlung der Seitenäste in akropetaler Richtung erfolgt, geht schon aus dem Zitat hervor, das wir dem Oltmannschen Werke entnommen haben. Es sei erwähnt, daß gelegentlich auch Ausnahmen von der Regel vorkommen können, daß die untersten Seitenäste noch vegetativ sein können, während weiter nach der Spitze zu stehende Seitenfiedern bereits Gameten gebildet haben.

¹⁾ aaO. S. 307.

Auch der Fall wurde beobachtet, daß vegetative Seitenfäden mit solchen, die bereits Gameten gebildet hatten, abwechselten.

Was die Umwandlung eines einzelnen Seitenastes betrifft, so ist vor allem zu bemerken, daß nicht in allen seinen Teilen die Gameten gleichzeitig auftreten; vielmehr läßt sich deutlich konstatieren, daß bestimmte Teile der Zelle in der Entwicklung voraus-eilen, andere erst nachfolgen, wie es Klebs schon für *Protosiphon* dargetan hat. In sehr vielen Fällen sah ich an der Spitze des Astes bereits lebhaft bewegliche Schwärmer, während am anderen Ende der Zellinhalt noch in Ruhe verharrte und erst später in Schwärmer zerfiel — und umgekehrt. Leider gelang es nicht, Bedingungen zu finden, unter welchen die Gametenbildung ständig am apikalen oder stets am basalen Pole begonnen hätte. Interessant ist es, daß in dem nämlichen Aste ein Teil des Inhalts zu lebhaft beweglichen Schwärmern sich umbilden kann, während der andere völlig unverändert bleiben kann. So sah ich einmal, daß in einem Faden der eine Teil bereits in Gameten zerfallen war und daß der andere vegetativ blieb und auch später nicht noch zur Gametenbildung kam; nach einiger Zeit schloß sich das Protoplasma des vegetativen Teiles zusammen.¹⁾ Ähnliche Beobachtungen stellte Klebs bei *Protosiphon* an.²⁾ Vermutlich werden sich solche Erscheinungen überall da finden lassen, wo es sich um so große Zellen handelt, wie bei den genannten Algen, sodaß die von Kuckuck für *Valonia* beschriebene Erscheinung, daß ein Teil der Pflanze vegetativ bleibt, nachdem der andere Teil zu Schwärmern zerfallen ist, kaum als Phänomen sui generis aufzufassen sein dürfte.³⁾

Das Austreten der Gameten aus den Gamentangien erfolgte in meinen Kulturen verhältnismäßig selten. Wohl fand ich an manchen Exemplaren eine Reihe entleerter Fäden, aber in den meisten Fällen traten doch die Sporen nicht aus, sondern kamen in den Gamentangien selbst zur Ruhe.

Versuche, die großen Schwärmer zur parthenogenetischen Entwicklung durch Kultur in Lösungen von erhöhter Konzentration zu bringen, ergaben kein positives Resultat. Die Schwärmer kamen zur Ruhe und lebten nur noch wenige Tage (3—4) ohne sich weiter zu verändern.

Einige Zählungen, die ich anstellte, ergaben, daß männliche und weibliche Pflanzen, ungefähr gleich verbreitet zu sein scheinen. Von 94 Pflanzen die in meinen Versuchen zur Schwärmerbildung kamen, enthielten 54 männliche und 40 weibliche Schwärmer.

¹⁾ Es scheint nicht ausgeschlossen, daß auch die vegetativ gebliebenen Reste der Zellen noch zur Zoosporenbildung kommen können. Daß auch Zellenreste noch fähig sind Gameten zu bilden, geht aus zahlreichen Versuchen hervor, bei welchen ich kurze verheilte Zellenstummel ebenso wie unverletzte Seitenäste zur Gametenbildung kommen sah.

²⁾ Bedingungen der Fortpflanzung bei Algen und Pilzen. 1896. S. 196.

³⁾ Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. XX. 1902. S. 355.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [BH_21_1](#)

Autor(en)/Author(s): Freund Hans

Artikel/Article: [Über die Gametenbildung bei Bryopsis 55-59](#)