

Volvox minor. Stein.

Als wir im Juni 1878 die nach Ferdinand Cohn's vortrefflicher Arbeit gefertigte Tafel mit der Darstellung der geschlechtlichen Fortpflanzung von *Volvox Globator* (v. die Tafel dieses Namens) herausgaben, waren wir noch nicht im Fall, über das Schicksal der Oospore von *Volvocineen* Sichereres mittheilen zu können. Es sollte jedoch nicht lange dauern, bis auch diese namhafte Lücke zum Theil auszufüllen möglich war, indem es seither gelang, die Keimung der reifen Oospore von *Volvox minor* (Stein) in allen wünschenswerthen Stadien zu verfolgen und zwar bis zu der Entwicklungsstufe, da eine oosporenbürtige *Volvox*-Kugel, ein *Coenobium* in schönster vegetativer Ausstattung, vor uns liegt. Die diesbezügliche verdienstvolle Untersuchung von Dr. Oscar Kirchner erschien vor wenigen Monaten und veranlasste uns, zu jener Tafel mit *Volvox Globator* als Pendant und Ergänzung eine Tafel mit den Hauptmomenten aus der Keimungsgeschichte der Oospore von *Volvox minor* anzufertigen. Die vorliegende Darstellung lehnt sich ausschliesslich an die Kirchner'sche Arbeit: „Zur Entwicklungsgeschichte von *Volvox minor* (Stein)“ — erschienen in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, III. Bd., 1. Heft 1879 — an. Wir erfüllen eine angenehme Pflicht, indem wir Herrn Dr. Kirchner für die bereitwillige Ueberlassung seiner Arbeit und einiger nicht publicirter Originalzeichnungen für den genannten Zweck unsern herzlichsten Dank aussprechen.

Am 9. Septbr. 1878 fand Dr. O. Kirchner in einem nahe beim Hohenheimer Schloss befindlichen künstlich angelegten Teiche den *Volvox minor* in grosser Menge, den er an jener Stelle bis Mitte October fortgesetzt bemerkte, ohne dass sich unter den vielen Tausenden von gesammelten Exemplaren ein einziges von *Volvox Globator* gefunden hätte.

Die Grösse der *Coenobien*-Kugeln von *Volvox minor* ist im Allgemeinen geringer, als die bei *Volvox Globator*; die meisten zeigten einen Durchmesser von etwa 200—300 Micromillimeter (während die Kugeln von *Volvox Globator* einen Durchmesser von 500 Mmm. erreichen können). Auch die Anzahl der in jeder einzelnen *Coenobium*-Kugel von *V. minor* enthaltenen Zellen ist bedeutend kleiner, als bei *V. Globator*.

Volvox minor ist zwar monöisch, indem sich männliche und weibliche Fortpflanzungs-Organe, Antheridien und Oogonien, in demselben *Coenobium* bilden; aber in der Regel geschieht dies ungleichzeitig, so dass jedes *Coenobium* erst einen rein weiblichen, später einen männlichen Zustand durchmacht. Es zeigte sich nämlich, dass an solchen *Coenobien*, welche Oogonien trugen, nach der Befruchtung der letztern sich regelmässig Antheridien bildeten, deren Spermatozoiden später die Oogonien anderer, etwas jüngerer Familien aufsuchten. Man könnte dies als eine Art *Protogynie* bezeichnen, wie sie sich auch bei manchen Farn-Prothallien zeigt.

Die Oogonien von *Volvox minor* sind kugelig, haben einen Durchmesser von 50—60 Mmm. und zeigen auch beim Eintritt der Geschlechtsreife keinen nach

Aussen gerichteten halsförmigen Fortsatz, stimmen also mit den gleichwerthigen Oogonien bei *V. Globator* überein.

Die Antheridien sind kleiner als diejenigen von *V. Globator* und haben einen Durchmesser von 15—17,5 Mmm.; auch enthalten sie viel weniger Spermatozoiden. Dr. Kirchner zählte deren in mehreren Fällen 16 in einem Antheridium. Sie sind bündelförmig an einander gedrängt, jedes einzelne ist ein langgezogenes, birnförmiges Körperchen, hellgrün gefärbt (vergl. Fig. 1, s s), mit hyalinem, dünn ausgezogenem, vorderem Ende und mit zwei Geisseln ausgerüstet. Dort wo das hyaline Schnäbelchen (das verhältnissmässig kürzer ist als bei *Volvox Globator*) an den grün gefärbten Theil grenzt, sitzt ein rother erhabener Augenfleck; im grünen Inhalt befinden sich zwei ungleich grosse Vacuolen. Die Länge der Spermatozoiden beträgt 10—13 Mmm., ihre Dicke 3,3 Mmm.

Die Spermatozoiden bleiben in der blasenförmigen Antheridium-Zelle eingeschlossen und neben einander gedrängt, bis diese sich aus dem Familienverband der *Coenobien*-Kugel lostrennt. Dann löst sich das Bündel in die einzelnen Samenkörperchen auf, die sich nun mit lebhafter Bewegung in der Hohlkugel des *Coenobiums* herumtreiben, nachdem sie schon vorher die Cilien in peitschender Bewegung erhalten haben. Mit dem Zerfliessen der Antheridium-Blase werden sie einzeln oder alle zugleich frei und sammeln sich in grösserer Menge an denjenigen Stellen der Oogonien, wo dieselben die Aussenfläche der Hohlkugel berühren. An dieser Stelle nun machen die Spermatozoiden jene mehrfach beschriebenen centrumböhrer-ähnlichen Bewegungen, indem sie sich mit dem hyalinen Schnäbel an die Oberfläche des Oogoniums festsetzen und das hintere Ende schnell im Kreise herumführen (Fig. 1). Diese Bewegungen wurden von Dr. Kirchner stundenlang beobachtet, ohne dass es ihm gelang, ein Eindringen der Spermatozoiden in die Oogonien zu sehen.

Nach erfolgter Befruchtung bekleidet sich die Oospaere mit einer Membran; diese spaltet sich in zwei Häute, von denen die innere dem sich bedeutend contrahirenden plasmatischen Inhalte eng anschliesst, während die äussere weit bleibt. Der Inhalt der Oosporen färbt sich noch innerhalb der rotirenden *Coenobien*-Kugeln braunroth (Fig. 2); er ist fast undurchsichtig und enthält zahlreiche kleine Stärkekörner. Die äussere Haut — das Exosporium, wie die innere — das Endosporium, verdicken sich, bleiben aber beide völlig glatt (abweichend von den Oosporen bei *Volvox Globator* (v. die diesbez. Tafel, Fig. 3). Das Exosporium ist farblos, das Endosporium nimmt einen gelblichen Farbenton an, ist ziemlich dick und sehr quellungsfähig. Es zeigt an seiner Innenschicht unregelmässig vertheilt einige (1—5) linsenförmige Wärzchen, welche etwas in den Sporen-Inhalt hineinragen (Fig. 2).

Der Durchmesser des Sporenhaltendes beträgt 31 bis 40 Micromillimeter, der Durchmesser des Endospors 37—45, der Durchmesser des Exospors 48—63, die Dicke der Wand beim Endospor 2,5—3, die Dicke der

Wand beim Exospor 2,5—3 Micromillimeter. Den Eintritt der braunrothen Färbung der Oosporen kann man mit unbewaffnetem Auge daran erkennen, dass die befruchteten rotirenden Coenobien-Kugeln eine goldgelbe, später eine röthliche Farbe annehmen. Nach einigen Tagen hatten sich Oosporen in grosser Menge als rother, flockiger Absatz auf dem Boden des Culturegefässes niedergelassen und 3 Wochen nach dem Einsammeln der Alge waren keine rotirenden Familien mehr aufzufinden.

Das die Oosporen enthaltende Gefäss wurde eine Zeit lang noch in freier Luft aufgestellt; erst als Fröste eintraten, brachte man es in ein ungeheiztes Zimmer, in welchem es nie dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt war. Bei einmal eintretender sehr niedriger Temperatur gefror die Oberfläche des Wassers etwa $\frac{1}{2}$ ctm. tief. Während des Dezembers und Januars blieben die Sporen unverändert; in der Mitte des Februars bemerkte Dr. Kirchner mit blossen Auge ein leichtes Erbleichen und Verfärben der Oosporen-Haufen. Dies war das erste Anzeichen ihrer weitem Entwicklung, die, einmal begonnen, mit Schnelligkeit, aber bei verschiedenen Sporen zu verschiedenen Zeitpunkten vor sich ging.

Die erste Vorbereitung zu der beginnenden Veränderung, die wir als den Eintritt der Keimung der Oospore bezeichnen wollen, besteht in einem Anschwellen des rothbraunen körnigen Inhaltes. Das elastische und quellbare Endosporium verliert seinen gelblichen Schein und quillt entweder überall gleichmässig oder an einem Punkt am stärksten auf (Fig. 2); auch die Warzen des Endospors schwellen zu farblosen Halbkugeln an; das Exospor (die äussere Sporenhaut) ist nicht quellbar, daher geht die Wasseraufnahme der innern Partien nur so lange im Exospor vor sich, bis das Endospor die innere Fläche des ersteren erreicht hat. Dann reisst das Exospor mit einem langen Spalt von der Form eines grössten Kugelstreifens derart auf, dass die zwei halben Hohlkugeln nur noch mit einer schmalen Stelle miteinander in Zusammenhang bleiben (Fig. 3 & 6). Der gesammte Inhalt tritt in Kugelform aus dem Riss heraus unter schnellem Aufquellen des Endospors, welches nun als weite farblose Blase das bedeutend weniger voluminöse Protoplasma umgibt (Fig. 3). Der Raum zwischen der Membran dieser Blase und dem Protoplasma ist mit farbloser Gallerte, den aufgequollenen inneren Schichten des Endospors, angefüllt, welche bei Jodzusatze an ihrer gelben Färbung zu erkennen ist.

An der eingeschlossenen Plasmakugel bemerkt man zunächst eine Differenzirung in der Art, dass an der Oberfläche der Kugel eine hyaline Stelle sich ausbildet, in welcher alle körnigen Theile fehlen (Fig. 3, der abwärts gerichtete Theil der Plasmakugel). Diese Stelle mag der vordere, die diametral entgegengesetzte der hintere Pol der Plasmamasse genannt werden. Die Kugel plattet sich an diesen beiden Polen etwas ab und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden nach dem Auftreten des hyalinen Fleckens zeigen sich die Anfänge der ersten Theilung. Zuerst am vorderen, hyalinen, später auch am hintern Pole bemerkt man eine Einschnürung, und nach etwa einer Stunde ist die Theilung in der Art vollendet, dass jede der beiden nahezu halbkugeligen Tochterzellen am vordern Pol wieder eine hyaline

Stelle besitzt (Fig. 4). Beide Tochterzellen sind von einer gemeinsamen, dünnen Gallerthülle umgeben, die sich im Innern der zur Gallerte aufgequollenen Endosporschichten durch eine zarte Linie abgrenzt und auch bei den spätern Theilungen erhalten bleibt (Fig. 4, 5, 6). Wir haben in unserer Tafel diese innere Gallerthülle durch einen grauen Farbenton hervorgehoben.

Nach weitem 2 Stunden hat sich jede der beiden Tochterzellen aufs Neue getheilt und zwar durch eine Ebene, welche senkrecht auf der ersten Theilungs-Ebene steht und gleichfalls den vordern und den hintern Pol trifft (Fig. 5). Die so entstehenden 4 Zellen zeigen bald nach der Theilung noch jede ein hyalines Ende, weichen an demselben wiederum (ähnlich wie die 2 Tochterzellen erster Generation) auseinander und verkürzen sich in der Richtung ihrer Längsaxe. Der hyaline Fleck wird allmählig undeutlich und ist verschwunden, wenn die drittmalige Theilung eintritt.

Aus den 4 Tochterzellen zweiter Generation entstehen durch abermalige Zweitheilung zunächst 8 Zellen dritter Generation, von denen 4 dem einen Pol der ursprünglichen Sporenkugel anlagern, während die 4 andern um den entgegengesetzten Pol situirt sind. (Diese drittmalige Theilung ist in der angeführten Arbeit von Dr. Kirchner genauer beschrieben).

Von dem Zeitpunkt an, wo das junge Coenobium eine Familie aus 8 Zellen darstellt, gehen die Theilungen der Zellen nur noch in zwei sich kreuzenden Richtungen vor sich, ohne dass dabei eine Massenzunahme des gesammten Protoplasma's eintritt (Fig. 6). Die einzelnen Zellen jeder spätern Generation werden vielmehr immer kleiner und dünner; sie zeigen eine polygonale Gestalt und erscheinen um eine centrale Höhlung gelagert, die sich mehr und mehr erweitert, während die Zellen an ihrer Oberfläche eine Schicht bilden, die mehr und mehr an Dicke abnimmt, je mehr die Zelltheilungen die Zahl der Zellen vergrössern.

Etwa 9 Serien von Theilungen scheinen in der Regel aufeinander zu folgen, bis dieselben aufhören, und eine junge, zum Schwärmen bereite, hohlkugelige Familie, ein neues Coenobium aus dem Eisporen-Inhalt entstanden ist; wenigstens berechnete Dr. Kirchner in zwei Fällen die Anzahl der Zellen solcher fertiger Cönobien auf einige über 500 (vergl. Fig. 7).

Bis zum Aufhören der Theilungen sind die Zellen (mit Ausnahme derer am vordern Pol, wo sie anfänglich aus einander klaffen), dicht an einander gedrängt; alle besitzen den braunroth gefärbten körnigen Inhalt, der die Oospore charakterisirte. Nach Beendigung der Theilungen tritt eine allmählige Umfärbung in grün ein, während zugleich die Körner im Plasma zum Theil verschwinden. In einem Zustand, wo die Umfärbung noch nicht völlig durchgeführt ist und die jungen Cönobien olivenfarbig aussehen, entwickeln die einzelnen Zellen ihre Cilien. Dieselben wachsen von dem nach Aussen gerichteten, kugelförmigen Scheitel jeder Zelle allmählig in die Länge und beginnen alsbald ihre Schwingungen.

Die ausgesprochene Grünfärbung der einzelnen Zellen geht noch innerhalb des erweiterten Endospors vor sich. Zum freien Umherschwärmen ist

das Coenobium bereit, wenn sich im Inhalt der Zellen nur noch einige wenige Körnchen vorfinden, im Plasma ein rother Augenfleck sich gebildet hat und die Zellen selbst ihre Ecken abgerundet haben. — Die Form der ganzen Familie ist nicht immer kugelförmig, sondern häufig eiförmig.

Der Austritt des Coenobiums aus dem dasselbe umschliessenden Endospor wird dadurch zuwege gebracht, dass das letztere unter fortgesetztem Aufquellen seiner innern Schichten sich endlich ganz auflöst. Dann eilt das bewegliche Coenobium in rollendem Lauf der Lichtquelle entgegen, um nun selbständig seinen weitem Entwicklungs- und Vermehrungs-Kreislauf zu vollenden.

Fig. 1. Oosphaere mit daran haftenden Spermatozoiden *ss* (Befruchtung).

Fig. 2. Reife Oospore. Die Quellung des Endospors beginnt.

Fig. 3. Zerreißung des Exospors, Aufquellen des Endospors. Der Sporenhalt ist noch ungetheilt; am vordern, in dieser Figur abwärts gerichteten Pol ist die hyaline (körnerlose) Stelle bemerkbar.

Fig. 4. Die erstmalige Theilung des Sporenhaltes; das getheilte Protoplasma ist bereits von einer Gallerthülle umgeben.

Fig. 5. Der Sporenhalt nach der zweimaligen Theilung zur Bildung von 4 Tochterzellen.

Fig. 6. Eine keimende Spore mit 16-zelligem jungem Coenobium; das Exospor *ex* haftet noch am Endospor *en*.

Fig. 7. Jugendliches, bereits grün gefärbtes Coenobium, innerhalb des Endospors bereits beweglich.

Alle Figuren sind 2660 mal vergrößert.

Literatur: Hr. Oscar Kirchner. Zur Entwicklungsgeschichte von *Volvox minor* (Stein), in Ferd. Cohn's Beitr. z. Biolog. der Pflanzen, III. Bd. 1. Heft 1879.