Ueber die Entwickelung der Sexualorgane bei Vaucheria.

Von

Friedrich Oltmanns.

Hierzu Tafel VI—X.

Seitdem durch die grundlegenden Untersuchungen Pringsheim's[1]) die Entstehung der Geschlechtsorgane und die Befruchtungsvorgänge an Vaucheria sessilis klar gelegt und durch de Bary kurze Zeit darauf an Vaucheria aversa bestätigt[2]) wurden, sind wir zwar durch die Arbeiten von Walz, Woronin u. A. über die Formen dieser Gattung, durch Schmitz, Strasburger etc. über den Bau der Fäden und der Schwärmsporen unterrichtet worden, aber unsere Kenntnisse über die Entwickelung der Oogonien und Antheridien sind etwas dürftig, besonders soweit es die inneren Vorgänge — das Verhalten der Zellkerne — betrifft. Und doch ist die Kenntniss der fraglichen Processe bei den Vaucherien sowohl als auch bei allen anderen nichtcellulären Pflanzen sicher von Bedeutung für die Erkenntniss der Befruchtungsvorgänge überhaupt, denn es erhebt sich immer die Frage, ob auch hier ein Eikern durch einen Spermakern befruchtet werde und nach Bejahung dieser die weitere, wie die Bildung des einen Eikerns zu Stande komme.

Da die vorliegenden Angaben, wie gesagt, für die Beurtheilung unserer Fragen nicht ausreichen — sie sind meistens auch gar nicht ad hoc angestellt —, habe ich die Vaucherien von dieser Seite her einmal gründlich in Angriff zu nehmen versucht. Ich sah bald, dass das bisher übliche Verfahren, die Pflanzen in toto zu färben, nicht zu brauchbaren Resultaten führt. Schläuche und Oogonien sind viel zu dick, um, auch nach Anwendung der üblichen Aufhellungsmittel, tadellose Bilder zu geben und ausserdem sind die Zellmembranen nicht selten gerade für die besten Farbstoffe und Farbgemische mehr oder weniger undurchlässig, so dass die Untersuchung an mangelhafter Färbung scheitert. Die Anwendung des Mikrotoms dagegen führt leicht und glatt zum Ziel. Die Pflanzen wurden in 1 % Chromsäure oder 1 % Chromessigsäure fixirt und dann nach bekanntem Recept in Paraffin eingebettet. Um richtige Längsschnitte durch die Oogonien

1) Pringsheim, Ueber die Befruchtung der Algen. Sitzungsber. d. Acad. d. W. zu Berlin, 1855, p. 133.

2) de Bary, Ueber d. geschlechtl. Zeugungsprocess b. d. Algen. Berichte d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br. I, 1856.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0392-4

zu bekommen, muss man natürlich über die Lage derselben orientirt sein. Das ist in folgender Weise zu erreichen. In guten Culturen der Vaucheria hat man zahlreiche vertical neben einander stehende Fäden, welche meist sehr reichlich fruchten. Man fasst mit einer Pincette ein Büschel solcher Fäden, legt dasselbe auf ein mit der Fixirungsflüssigkeit getränktes Stück Fliesspapier und knickt das lange Büschel mehrfach so, dass auf einen Raum von etwa 5 mm Länge und 2 mm Breite eine grosse Anzahl von Fäden parallel neben und auf einander zu liegen kommen. Hierbei legt sich die weitaus grösste Mehrzahl der Oogonien und Antheridien parallel der Papierfläche auf die Seite; die Fäden etc. bleiben, bei vorsichtiger Weiterbehandlung, in ihrer einmal angenommenen Lage. Wenn man dann später entsprechend schneidet, erhält man sehr reichliche Oogonien-Längsschnitte und kann bis zu 10 Schnitten durch ein Oogon herstellen. Durch Färbung mit Gentianaviolett-Eosin erzielt man ausgezeichnete Bilder.

Zur Cultur wurde Material verwendet, welches ich theils in den Wässern Freiburgs, theils bei Basel unter gütiger Führung des Herrn Prof. Klebs gesammelt hatte. Es wurden einfach Stücke dichter Vaucheria-Rasen in Glashäfen gebracht und die aus denselben aufschiessenden Fäden oder auch die aus Schwärmern erwachsenen Pflänzchen verwandt. Auf „Reinculturen" wurde verzichtet, da hinreichend kleine Rasenstücke meistens nur eine Species enthalten und ausserdem die einzelnen Arten recht leicht unterscheidbar sind.

Wie der nachfolgende Bericht ergeben wird, haben natürlich auch lebende Objecte, welche in der feuchten Kammer unter dem Mikroskop beobachtet wurden, Berücksichtigung gefunden. Es zeigte sich sehr bald, dass normale Culturen die Befruchtung und den wichtigsten Theil ihrer Entwickelung bei Nacht vollziehen, doch kann man — nach bekanntem Verfahren — die Pflanzen zeitweilig in Eis setzen und dann auch am Tage alles beobachten. Je nach der Dauer der Eisbehandlung lassen sich jüngere oder ältere Stufen für die Vor- oder Nachmittagsstunden zur Beobachtung „einstellen". Im Hängetropfen wachsen die Vaucherien gut, besonders im Herbst, weniger im Hochsommer, weil wohl die Wärmegrade zu hoch sind. Freilich ist es mir kaum gelungen, die Entwickelung der Geschlechtsorgane von der ersten Anlage bis zur völligen Reife zu verfolgen, indess genügt auch in unserem Fall eine 6—8 Stunden fortgesetzte Beobachtung grösserer Abschnitte aus der Entwickelung und im Weiteren die Combinirung solcher Stücke. Da ich anfänglich über die Unschädlichkeit der Eisbehandlung

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0393-0

nicht ganz im Reinen war, habe ich das zu conservirende Material Normalculturen entnommen, indem ich alle 2 Stunden bei Tage und bei Nacht genügende Quantitäten in Chromsäure etc. einlegte.

Was die früheren Angaben über das Verhalten der Zellkerne u. s. w. in jungen und alten Oogonien von Vaucheria betrifft, so theilt Schmitz[1]) mit, dass die Oogon-Anlagen viele Zellkerne enthalten; in der später ausgeschiedenen Plasmamasse (Richtungskörper nach Schmitz) liegen zahlreiche kleine Kernfragmente[2]), die von den Zellkernen der jungen Oogonien abgegliedert werden. In der Oospore macht er einen Kern wahrscheinlich und vermuthet, dass dieser durch Verschmelzung des Spermakerns mit dem ursprünglich vorhandenen entsteht. Später behandelt Strasburger[3]) den Fall in seinen Zellbüchern im Anschluss an die Zoosporenbildung, ohne erheblich Neues über die Oogonien zu bringen. Berthold[4]) bespricht ebenfalls in erster Linie die Entwickelung der Zoosporen und vergleicht damit die bei der Oogonbildung sich abspielenden Umlagerungen im Plasma. Ueber die Kerne äussert er sich sehr vorsichtig.

Sodann nimmt J. Behrens die Frage wieder auf.[5]) Er bestätigt die Angaben Berthold's bezüglich der plasmatischen Umlagerungen, findet nach der Abtrennung des Oogons durch eine Querwand in einigen Fällen Kerne im Schnabel des letzteren, sowie einen grossen Zellkern in der Mitte des Eies, der „ohne Zweifel" durch Verschmelzung der früher vorhandenen zahlreichen Kerne entstanden ist. Klebahn[6]) erklärt dann schliesslich Schmitz' und Behrens' Auffassungen für unbewiesen und beobachtet selbst zahlreiche Kerne noch in der Oospore. Ein erfreuliches Bild bieten diese Angaben nicht, es sind fast alles nebenbei gemachte Beobachtnngen und so ist fast in allen Richtiges und Unrichtiges vermengt. Desswegen darf ich auch wohl darauf verzichten, alles noch im Einzelnen zu seciren. Ich ziehe es vor, die Entwickelung der Geschlechtsorgane im Zusammenhang zu schildern; aus dieser Darstellung wird sich dann von selbst ergeben, was nach meinen Untersuchungen an den

---

1) Zellkerne der Thallophyten. Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellschaft f. Natur- und Heilkunde zu Bonn 1879, p. 349.

2) Unters. über die Befruchtung der Florideen. Sitzungsber. d. Acad. d. Wiss. zu Berlin 1883, p. 225 Anmerk.

3) Zellbildung u. Zelltheilung III. Aufl. p. 90.

4) Protoplasmamechanik p. 291 ff.

5) Berichte d. deutschen bot. Gesellsch. 1890, p. 314.

6) Studien über Zygoten. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. XXIV, p. 237.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0394-6

früheren Beobachtungen ungenau ist und was andererseits den Thatsachen entsprechen dürfte.

I. Vaucheria clavata und fluitans.

Zur Untersuchung gelangten zunächst Formen der Vaucheria sessilis und zwar diejenigen, welche nach einer freundlichen Mittheilung des Herrn Prof. Klebs als V. clavata einerseits, als V. fluitans andererseits zu bezeichnen sind. Die V. clavata besitzt relativ dicke Fäden, die Oogonien sind schlank mit geradem, mässig geneigtem Schnabel, diejenigen der V. fluitans sind dünner, die Oogonien ziemlich bauchig, der Schnabel ist kürzer als bei V. clavata und stark geneigt, er bildet gegen das Oogonium oft einen Winkel von 90°. In ihrer Entwickelung verhalten sich beide Formen so gleich, dass selbst eine Vermengung nichts schaden würde. Ich habe sie aus einander gehalten und es beziehen sich die unten zu gebenden Zeichnungen grösstentheils auf V. fluitans soweit es die Wiedergabe lebender Objecte betrifft, auf V. clavata soweit Schnitte in Frage kommen. Von V. clavata stand mir reichlicheres Material zur Verfügung, für die bunten Abbildungen wählte ich trotzdem die V. fluitans, weil bei dieser Art eine Anzahl von Vorgängen in den Färbungen etwas deutlicher hervortreten.

a) Oogonien.

Die Entstehung von Geschlechtsorganen an den Fäden der Vaucheria wird schon frühzeitig dadurch angekündigt, dass sich an einzelnen Stellen derselben dunkle, mehr bläulichgrün erscheinende Zonen bilden, hervorgerufen durch reichliche Ansammlung von Protoplasma mit Chlorophyllkörpern und noch massenhafteres Auftreten grau schimmernder Oeltropfen. Zunächst erscheinen dann bekanntlich die Antheridien als Seitenzweiglein von normalem Bau; nur wandert in diese Aeste mehr Oel hinein, als das bei vegetativen Aesten der Fall zu sein pflegt. Dies Oel tritt später, wenn das junge Antheridium schon eine stark hornförmige Krümmung zeigt und sich eine stärkere Plasma-Ansammlung in der Spitze bemerkbar macht, grösstentheils wieder in den Faden zurück (Fig. 1 Taf. VI u. VII). Schon vorher sind die ersten Anfänge der Oogonien in Form kleiner, pyramidaler Höckerchen bemerkbar geworden, die nun an Grösse zunehmen. Wie bei der Anlage vegetativer Aeste, sieht man auch hier an der Kuppe eine ziemlich dicke Schicht mehr weniger körnigen Plasmas, das relativ geringe Mengen von Chlorophyllkörpern enthält, dann folgen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0395-2

nach unten reichlichere Chlorophyllmassen, während Oel noch nicht sichtbar ist. Wie Fig. 1 Taf. VIII u. IX ausweist, treten schon in den jüngsten Anlagen Kerne auf und vermehren sich mit dem Wachsthum derselben (Fig. 5 Taf. X). Sie liegen besonders reichlich in den Theilen, welche auch vom Chlorophyll eingenommen werden, während die äusserste Spitze des Kegels ebenfalls von den Kernen gemieden wird — genau wie an der Spitze gut wachsender vegetativer Fäden, die ebenfalls kernfrei sind. Die Bilder stimmen auch im Wesentlichen mit dem überein, was Berthold (Protoplasmamechanik p. 267 ff.) über den Scheitel von Bryopsis etc. angibt.

Schon die oben genannten dunkleren Zonen, welche der Entstehung von Sexualorganen voraufgehen, enthalten sehr reichliche Kernmassen, weitaus mehr, als die übrigen Theile der Fäden, und es ist mir nach Allem, was ich gesehen habe, in hohem Maasse wahrscheinlich, dass die Plasmamasse, welche die jungen Oogonien ausfüllt, zunächst wenigstens, aus dem Tragfaden stammt, aus welchem sie mit Chloroplasten und Kernen einwanderte. Dass daneben auch eine Vermehrung dieser Gebilde, namentlich auf späteren Stufen der Entwickelung, eintrete, wird kaum zu bestreiten sein. Freilich habe ich gerade hier Bilder, die auf Kerntheilung hindeuteten, kaum erhalten, das würde aber nicht viel beweisen, da bei der unglaublichen Kleinheit der fraglichen Gebilde sehr schwer in dieser Richtung etwas Positives zu erzielen ist.

Die kegelförmige Vorstülpung wandelt sich nun ziemlich rasch in einen kugel- oder umgekehrt eiförmigen Körper um und damit beginnt auch das Oel des Tragfadens in denselben einzuwandern (Fig. 2 Taf. VI u. VII). Am Scheitel findet sich zunächst noch eine dicke Plasmakappe mit reichlichen Kernen (Fig. 2 Taf. VIII u. IX), welche aber auch jetzt noch eine, wenn auch kleinere, Zone farblosen Protoplasmas oben frei lassen.

Durch weiteres Wachsthum des fraglichen Organs schwindet die Plasmakappe, es entsteht ein gleichmässiger und ziemlich dicker Wandbeleg (Fig. 3 Taf. VI u. VII, Fig. 3 Taf. VIII u. IX), welcher aussen immer noch helles Plasma führt und besonders dadurch auffällt, dass die Kerne ganz nach innen zu liegen, gedeckt nach aussen durch eine dichte Lage von Chloroplasten. Der ganze Hohlraum wird von Oeltropfen ausgefüllt.

Aeusserlich macht sich weiterhin am lebenden Object kaum eine Veränderung bemerkbar, nur sieht man, dass im ganzen Oogonium die Plasmaschicht mit Chlorophyllkörpern etwas dicker wird und dass

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0396-8

die Chloroplasten oft scharf an die Wand heranrücken, bis nach kurzer Zeit (Fig. 4 Taf. VI u. VII) die erste Andeutung einer Schnabelanlage hervortritt, indem sich seitlich unter Vorwölbung der Membran an jener Stelle helles Plasma (ohne Chlorophyll) ansammelt. Fig. 4 Taf. VIII zeigt einen Schnitt durch ein solches Oogonium, das dem eben geschilderten, lebenden entspricht. Es fällt die ungemein dicke Plasmaschicht sofort in die Augen, sowie die Lage der Kerne, die nicht mehr an die grosse Vacuole angrenzen, sondern mitten im Plasma liegen, überall umgeben von Chlorophyllkörnern, welche letzteren sehr nahe an die Wand herantreten und kaum einen farblosen Saum übrig lassen. Auch im Plasma ist die Schnabelbildung angedeutet, es hat bereits eine Wanderung der Kerne in der Richtung des Schnabels stattgefunden; das Chlorophyll tritt mehr zurück und man sieht hier eine schwach strahlige Anordnung desselben, wie es scheint verknüpft mit einer eigenartigen Vacuolenbildung. Dem gezeichneten Stadium geht ein anderes voraus, welches zwar den dicken Plasmabelag, nicht aber die Anfänge der Schnabelbildung zeigt und natürlich sind alle Uebergänge zu dem vorigen nachweisbar.

Unsere Fig. 4 Taf. VIII u. IX und alle Präparate dieser Stufe fallen weiter noch auf durch die dicken Plasmamassen, welche sich auch im Tragfaden vorfinden, und die Beobachtung lebenden wie auch todten Materials macht den Eindruck — Sicheres habe ich nicht ermittelt —, als ob es sich auch hier nicht allein um eine Vermehrung des im Oogon enthaltenen Materials durch Theilung, sondern auch wesentlich um eine Zuwanderung aus dem Faden handelte, denn auf späteren Stufen (Fig. 5, 6 Taf. VIII) sind die Plasmamassen aus den Fäden verschwunden und nichts spricht dafür, dass sie seitwärts im vegetativen Faden fortgerückt seien.

Die Weiterentwickelung führt dann zu Gestalten, wie sie Fig. 5 Taf. VI u. VII liefert, das junge Oogonium wird grösser und etwas schlanker, der Schnabel tritt scharf als helle Papille hervor, der Plasmawandbelag ist dünner geworden, das Oel wird reichlicher in das Oogonium hineintransportirt und nimmt demgemäss im Tragfaden ab. Die Schnitte Fig. 5 u. 6 Taf. VIII zeigen die inneren Veränderungen. Auch sie ergeben eine „Verdünnung" der Plasmamassen (bes. auffallend die Stadien der Fig. 6) und zeigen markant die Ausbildung des Schnabels. Die Kerne liegen zunächst noch mitten im Plasma, durch eine Chlorophyllschicht von der Wand getrennt (Fig. 5), später rücken sie aber weiter nach aussen und kommen, wenigstens zum Theil, ausserhalb der Chloroplasten, nahe der Wandung zu liegen (Fig. 6). In dem sich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0397-3

entwickelnden Schnabel fällt die Form der Zellkerne auf. Während dieselben in den unteren Regionen gerundet sind, erscheinen sie hier stark zugespitzt, spindelförmig; statt des einen centralen, stark gefärbten Körperchen treten zwei solcher auf, bald gleich, bald stark ungleich. Eines scheint oft an der Spitze der Spindel zu liegen. Alle Spindeln zeigen nach der Spitze des Schnabels, und so glaube ich kaum fehlzugehen, wenn ich annehme, dass hier Theilungen der Kerne vorliegen, um so mehr, da man gerade hier zwei Kerne nicht selten dicht neben einander findet. Genaueres war bei der Kleinheit der Objecte nicht zu ermitteln.

Stadien vom Alter der Fig. 6 Taf. VIII zeigen am Schnabel fast genau den Bau, wie ihn auch wachsende vegetative Sprosse der Vaucheria an ihrer Spitze aufweisen, und es findet denn gerade hier auch ein nicht unerhebliches Wachsthum statt, das zu Fig. 7 Taf. VIII hinüber führt. Die Kerne haben sich im Schnabel stark vermehrt, und zwar sprechen alle Anzeichen dafür, dass dies durch Theilung, nicht durch Zuwanderung, erfolgt sei. Jetzt ist die Vermehrung beendet, alle Kerne haben rundliche, oder doch nur schwach spindelförmige Umrisse und einen centralen stark gefärbten Körper. Chlorophyllkörner liegen jetzt im ganzen Schnabel überall zerstreut, besonders bei der Vaucheria clavata, weniger bei V. fluitans. Der Protoplasma-Wandbeleg ist wieder etwas dicker geworden, die Kerne treten meist noch weit nach aussen vor, einzelne Plasmastränge durchziehen mehr oder weniger dick die grosse centrale Vacuole. In diese ist alles Oel aus dem Tragfaden eingewandert, nur wenn sehr reichlicher Vorrath vorhanden war, bleiben einzelne Oelkörper im letzteren zurück. Die dunklere Färbung des Fadens unter den Sexualorganen ist geschwunden, weil nunmehr die Anordnung der Chlorophyllmassen und der Kerne von derjenigen an anderen Stellen der vegetativen Fäden nicht wesentlich abweicht.

Mit der in Fig. 7 Taf. VIII gezeichneten Stufe ist das junge Oogonium bis auf den Schnabel ausgewachsen, und es tritt nunmehr in der Entwickelung des Ganzen ein Wendepunkt ein. Wir verfolgen die weiteren Processe zunächst an den Schnitten und greifen später auf die lebenden Objecte zurück. Fig. 8 Taf. VIII ist ein Stadium, welches kaum 2—3 Stunden nach dem in Fig. 7 wiedergegebenen zur Beobachtung kommt. Wir sehen zunächst den Schnabel etwas heller und von Chlorophyll häufig ganz frei. Die Menge des Plasmas hat namentlich in den

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0398-9

oberen Partien erheblich zugenommen. Was aber am meisten auffällt, ist die Vertheilung der Kerne. Einer derselben nimmt eine markante Lage im Schnabel ein, und zwar gewöhnlich dort, wo das farblose Protoplasma an die chlorophyllführenden Theile grenzt. Die übrigen Kerne haben sich von der Spitze zurückgezogen und liegen massenhaft im weiten, bauchigen Theil des Oogons. Der Tragfaden enthält relativ wenig Kerne und Chlorophyllkörper. Es tritt das an dem hier gezeichneten Schnitt besonders deutlich hervor, weil der letztere, im Gegensatz zu dem Oogonium selber, nicht genau median, sondern etwas tangential getroffen worden ist. Zwischen der vorigen Stufe (Fig. 7 Taf. VIII) und der vorliegenden lassen sich alle Uebergänge reichlich auffinden und man kann verfolgen, wie die Kerne langsam vom Schnabel zurückwandern. Diese Wanderung wird wohl meistens gemeinsam von allen Kernen angetreten, fast in jedem Präparat findet man aber auch, wie in Fig. 8 Taf. VIII, einige Nachzügler. Die Kerne setzen weiterhin ihre Bewegung fort. Wie das im Einzelnen vor sich geht, darüber belehren uns die Fig. 9—12 auf Taf. VIII. Man sieht, wie zunächst die Bauchseite des Oogoniums von Kernen völlig frei wird, wie sich diese zunächst im unteren, verengten Theil des Oogoniums massenhaft ansammeln (Fig. 9) und weiterhin in den Faden hineinrücken, wo sich Chlorophyll mit Kernen gemengt an der oberen Wand des Fadens (diesen horizontal gedacht) massenhaft aufhäuft. Gleiches geschieht späterhin an der Rückenseite; Fig. 9 und ähnliche Präparate zeigen besonders gut, wie die Chlorophyllmasse mit den Kernen theils noch im Oogon liegt, theils schon im Tragfaden aufgehäuft ist. Schliesslich wird das ganze Oogon sauber ausgekehrt, auch aus dem engen halsähnlichen Theil weicht alles, was an Kernen noch vorhanden war, zurück. Ein Vergleich von Fig. 9 u. 11, sowie von Fig. 10 u. 12 ergibt das ohne Weiteres. Fig. 11 u. 12 sind Schnitte derselben Serie, sie zeigen, wie die Kerne sich in einer kragenförmigen Zone im Tragfaden anordnen, und damit ist gleichsam der Hals freigelegt zwecks Abtrennung vom letzteren, die nunmehr bald beginnt. Ehe wir darauf eingehen, mag noch betont werden, dass die grosse Vacuole, welche in den Stadien der Fig. 8 Taf. VIII noch deutlich war, später zum mindesten in einige grössere und viele kleinere zerfällt und dass das Protoplasma scheinbar massenhafter vorhanden ist, was theils auf einer wirklichen Vermehrung, theils auf reichlicher Bildung kleiner Vacuolen beruhen dürfte. Leicht ersichtlich ist auch, dass sich Plasma mit einigen Chlorophyllkörpern im Schnabel angehäuft hat.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0399-7

Der Umstand, dass sich mit den ausgeschiedenen Kernen reichlich Chlorophyll an der Basis der Oogonien ansammelt, lässt schliessen, dass auch dieser Körper auswandert, resp. dass beide, Kerne und Chloroplasten, durch bewegliches Protoplasma mitgenommen werden. Beobachtung lebender Pflanzen belehrt uns denn auch noch des Näheren darüber. Wir halten uns an Fig. 6 auf Taf. VI, es ist das ein Oogonium, welches wenig älter ist, als das durch Fig. 6 Taf. VIII wiedergegebene, und doch ist bereits ein Unterschied bemerkbar, indem zunächst einmal das Oel eine andere Anordnung zeigt; dasselbe war vorher gleichmässig im ganzen Organ vertheilt, jetzt hat es sich mehr von der Wand zurückgezogen, und die grüne Schicht erscheint dicker. Das Zusammenziehen des Oels nach der Mitte soll aber offenbar nur Platz schaffen für die Auswanderung der Kerne und Chlorophyllkörper, die bereits begonnen hat. Unsere Figur repräsentirt eine Stufe, etwas älter als Fig. 8 auf Taf. VIII. Die Wanderungen machen sich dadurch bemerkbar, dass unter der Basis des Oogoniums der Tragfaden wieder etwas dunklere Färbung annimmt, man sieht das Chlorophyll gleichsam von der Anheftungsstelle des Oogoniums ausstrahlen. Nun rückt immer mehr Plasma mit Chlorophyll aus dem Oogonium abwärts; man kann das erschliessen aus der Thatsache, dass zunächst am oberen Ende der Wandbelag dünner wird und dass die Oeltropfen jetzt ganz nahe an die Aussenwand heranrücken. In Verbindung damit wird das ganze Oogonium heller. Fig. 7 Taf. VI zeigt dann ein Stadium, das ohne Weiteres mit Fig. 10 Taf. VIII vergleichbar ist. Das Bild bezieht sich auf V. clavata und zeigt die Situation besonders klar. Das Oel ist weit oben der Wand dicht angedrückt, unten dagegen sieht man zwei mit Chlorophyllkörpern und Kernen beladene Plasmaströme aus dem Oogon sich ergiessen; man kann in der feuchten Kammer verfolgen, wie diese Massen sich in den Faden hinein bewegen. Sollte noch Jemand an den beschriebenen Bewegungen zweifeln, so mag hervorgehoben sein, dass dieselben besonders leicht sichtbar werden, wenn dem Protoplasma noch braune Körnchen eingelagert sind, wie das bisweilen vorkommt. Was die Körper zu bedeuten haben, weiss ich nicht, sie dienen aber als gute Indicatoren und markiren direct den Weg, welchen das Plasma nimmt.

Werden durch die beschriebenen Wanderungen schon grosse Umwälzungen im Körper des jungen Oogons hervorgerufen, so ergibt sich aus dem Hin- und Herwandern der Chlorophyllkörper, dem Vortreiben und Zurückziehen der Oeltropfen im Schnabel, welches während der geschilderten Processe statt hat, dass der ganze Oogoniums-Inhalt

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0400-4

in mehr oder weniger energischer Bewegung ist, und dass die Plasmatheile stark durch einander gerührt werden müssen. Nur der eine Zellkern, welcher im Oogonium zurückblieb, wird, nach den Schnitten zu schliessen, nicht mit in den allgemeinen Umsturz hineingezogen, er wandert nur etwas abwärts und bleibt dann in der Mitte des Ganzen liegen, indem er sich gleichzeitig etwas vergrössert.

In dem eben geschilderten Stadium ist das Oogon kurz vor der Abgliederung durch die Querwand. Man kann am lebenden Object zunächst noch sehen, wie die aus dem Oogonium ausgewanderten Massen sich etwas gleichmässiger im Faden vertheilen, dann gewahrt man ein Dünner- und Hellerwerden des Plasma- und Chlorophyllbelages und schliesslich reisst derselbe an der Basis des Oogoniums aus einander, indem sich erst einzelne helle Stellen und Lücken bilden, die kurz darauf vereinigt erscheinen (Fig. 8 Taf. VI). Das Bild kann im Einzelnen wechseln, es resultirt aber immer ein breit klaffender Riss; das Protoplasma zieht sich weit nach der dem Oogonium gegenüber liegenden Seite des Fadens zurück. Unter mancherlei Zuckungen der Ränder tritt dann rückläufige Bewegung gegen die Oogoniumsbasis ein, es resultiren Bilder wie Fig. 10 Taf. VI, in welchen der obere Rand des Fadenplasmas ziemlich scharf begrenzt erscheint. Aeusserlich tritt jetzt Ruhe oder doch nur ein ganz langsames Vorrücken ein, man kann aber sehen, wie an den Rändern der „Wunde" das Plasma durch einander läuft, es bildet sich ein Wulst, der namentlich an gehärteten Objecten (Fig. 13 Taf. VIII) deutlich hervortritt. Hat sich in den Wulsten genügend Protoplasma, das wohl Chlorophyllkörper, aber keine Kerne enthält, angesammelt, so fliessen unter leichtem Vorrücken des Randes die Wülste zu einem Plasmaklumpen zusammen, der aus den Fig. 9 Taf. VI und 14 Taf. VIII u. IX genügend deutlich ist. Fig. 9 ergibt auch, dass eine feinkörnige, helle Plasmaschicht jetzt die Grenze gegen den scheinbar leeren Raum bildet. Im Oogonium, besonders an dessen Basis, spielen sich analoge Veränderungen ab, auch hier erfolgt unter Hin- und Herfliessen des Plasmas ein Abschluss, nur ist die begrenzende Plasmalamelle oft recht dünn. Einen Moment stehen sich, wie in Fig. 9 Taf. VI, beide Seiten noch ruhig gegenüber, dann erfolgen Zuckungen oben wie unten und plötzlich stürzt die untere Partie gegen die Basis des Oogoniums vor, fast möchte man glauben, es solle wieder eine Verschmelzung stattfinden, aber eine ganz schmale, helle Trennungslinie ist immer sichtbar und nach wenigen Minuten ist eine Membran zu erkennen. Unter der neu entstandenen Wand vertheilt sich das Proto-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0401-9

plasma gleichmässig (vgl. Fig. 11 Taf. VI) und noch ehe diese gebildet ist (Fig. 15 Taf. VIII) sieht man schon von den Seiten her Kerne in die Theile einwandern, welche vorher davon frei waren, bis eine völlige Durchsetzung erzielt ist (Fig. 16 Taf. VIII).

Die Vorgänge, welche zur Bildung der Membran führen, spielen sich meistens sehr rasch ab, in guten Culturen vergehen meist nur 10—15 Minuten von der ersten Andeutung der Rissbildung bis zum Auftreten der Trennungslinie. Besonders im Hochsommer aber dauerte der Process oft 30—45 Minuten, schon desswegen, weil hier nicht selten ein wiederholtes Rück- und Vorwärtswandern des Plasmas an der fraglichen Stelle zu verzeichnen war. Die Wanderungen scheinen zunächst die Trennung der betheiligten Plasmamassen zu bezwecken, und durch die Bewegungen werden Oogon und Tragfaden bis auf die feinsten Fäden sauber von einander gesondert. Bei ungünstiger Temperatur im Sommer gelingt das nicht immer sofort, und desswegen scheinen dann mehrere Anläufe erforderlich zu sein; man beobachtet bisweilen ein Hin- und Herwandern, das an nervöse Zappelei grenzt. Der Moment, in welchem eine feste Membran auftritt, ist natürlich nicht genau anzugeben, da dieselbe in ihren ersten Stufen nicht von einer hyalinen Plasmaschicht unterscheidbar ist. Des weiteren ist auch schwer zu sagen, ob die Zellwand von dem Faden oder von dem Oogon aus gebildet wird, oder ob sich beide Plasmamassen daran betheiligen. Häufig schien es mir, als wenn die Membranbildung nur von dem Tragfaden ausgehe, doch liess sich darüber volle Gewissheit nicht erlangen.

Die Membranbildung einschliesslich der ganzen Umlagerungsprocesse und Rissbildungen entsprechen im Wesentlichen den Erscheinungen, welche Thuret[1]) schon im Jahre 1847 an den Zoosporen der Vaucheria beschrieb und welche dann Strasburger und Berthold[2]) nicht bloss an diesen, sondern auch an den Oogonien bestätigten. Ich habe meine eigenen Beobachtungen hier wiederholt, nicht bloss um Früheres zu bestätigen, sondern auch um eine zusammenhängende Darstellung des ganzen Entwickelungsganges der Oogonien zu bringen und die Betheiligung der Zellkerne an den Vorgängen zu illustriren, die, wie leicht ersichtlich, bezüglich der Membranbildung gleich Null ist. Aehnliches dürfte auch — wenn man überhaupt aus der einfachen Lage der Kerne etwas schliessen will — die Untersuchung wachsender vegetativer Fäden oder der Antheridienzweige

1) Annales des sc. nat. Bot. 2. série T. XIX.

2) Vgl. die p. 10 citirten Schriften.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0402-5

(Fig. 4 Taf. X) ergeben, in welchen sich immer die Kerne in einiger Entfernung von der Spitze halten, obwohl gerade hier die ausgiebigste Membranbildung statt hat.

Auch während der Rissbildung treten Umlagerungen im Oogonium ein, indem z. B. die Chlorophyllkörper und Oeltropfen im Schnabel sich ziemlich lebhaft verschieben, wie das aus dem Vergleich von Fig. 8 u. 9 Taf. VI hervorgeht, welche dasselbe Oogonium darstellen; Fig. 9 ist etwa 15 Minuten später aufgenommen als Fig. 8. Die Plasmawanderungen werden natürlich auch nach Bildung der Scheidewand fortgesetzt, und man beobachtet, wie die Oeltropfen in das hintere untere End des Oogoniums geschoben und so dicht zusammengepresst werden, dass sie kantig erscheinen. Nur von einem sehr dünnen Plasma nach aussen hin überdeckt, liegen sie der Membran scheinbar direct an. Chlorophyllkörper sind hier sehr wenig vorhanden, man findet sie relativ vereinzelt dort, wo die Oeltropfen sich berühren (Fig. 11—13). Die weitaus grösste Mehrzahl der Chloroplasten sammelt sich am Schnabelende des Oogons an. Zunächst sind sie auch im Schnabel selbst noch sichtbar, ziehen sich aber bald zurück, indem sie zunächst eine eigenartig strahlige Gruppirung zeigen (Fig. 11 Taf. VI). Diese aber geht rasch verloren, die Chlorophyllkörner werden auf die Oelmassen gleichsam heraufgepresst (Fig. 12 Taf. VI), und damit ist die ganze vordere Hälfte des Oogoniums frei von allen Einlagerungen, nur gefüllt mit einer fast glashellen, feingekörnten Protoplasmamasse. Der hintere, Oel und Chlorophyll führende Theil rundet sich dann noch ein wenig ab und zieht sich etwas von der Vorderwand zurück, damit ist aber auch das Oogonium reif zum Oeffnen (Fig. 13 Taf. VI). Besonders bei Vaucheria fluitans ist die skizzirte Anordnung eine höchst auffallende, so dass man schon mit ganz schwachen Vergrösserungen Oogonien herausfinden kann, welche in diesem Sinne reif sind; die graugrün schimmernden Oelmassen, die dichte Chlorophylldecke darüber und der völlig helle Schnabel treten markant hervor. Bei Vauch. clavata ist die Anordnung und auch die vorhergehende Wanderung ganz ähnlich, nur tritt die Sonderung von Oel und Chlorophyll nicht so scharf hervor, weil hier die Oeltropfen meist etwas kleiner sind.

Die Oeffnungserscheinungen sind hinreichend bekannt; seit Pringsheim weiss man, dass der grösste Theil des farblosen Schnabelplasmas in Form einer Kugel heraustritt, und dass damit das Oogonium geöffnet erscheint, während das Ei sich abrundet und nun befruchtungs-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0403-1

fähig ist (Fig. 14 Taf. VI). Die Angaben über das Oeffnen differiren insofern etwas, als die einen ein Verquellen, die anderen mehr ein Aufreissen der Membran am Scheitel des Schnabels finden. Jedenfalls ist die Membran an der fraglichen Stelle dünner als die übrigen Theile (Fig. 17 Taf. VIII). Nach dem Oeffnen (Fig. 18 Tafel VIII) ist von dieser nichts mehr sichtbar, keine Spuren zerrissener Fetzen oder dergleichen, und auch die Beobachtung am lebenden Object spricht meines Erachtens für ein recht rasches Aufquellen, das aber einer völligen momentanen Lösung fast gleichkommen muss, denn von einer Hemmung, welche die jetzt eindringenden Spermatozoiden durch etwa vorhandenen Schleim erführen, habe ich niemals etwas wahrnehmen können. Man weiss, dass an normalen Pflanzen Antheridien und Oogonien sich fast gleichzeitig öffnen und dass dann die Befruchtung sehr rasch erfolgt. Schon wenige Minuten nach der Berührung der Spermatozoiden mit dem Ei sieht man eine Membran oder doch wenigstens eine scharf hervortretende Hautschicht ausgebildet. Das Ei besitzt im Moment der Befruchtung einen typisch polaren Bau, der bis zu einem gewissen Grade mit dem thierischer Eier verglichen werden kann, welche grosse Dottermassen führen. Aber bald nach der Befruchtung wird die polare Anordnug verwischt indem neue Wanderungen einsetzen. Fig. 15 Taf. VI ist etwa 15 Minuten nach dem Eintritt der Spermatozoiden gezeichnet. Die Chlorophyllkörper sind auf dem Marsche nach den rückwärts gelegenen Theilen des Eies begriffen und überziehen schliesslich die ganze nunmehr gebildete Oospore, während die Oelkörper zurücktreten, so dass jetzt die ganze Spore tief grün erscheint. Später wandern bekanntlich die Choroplasten mehr nach der Mitte, verlieren ihre Farbe und erscheinen in dem reifen Oogon als braune, braunrothe oder gar farblose Körper. Die Veränderungen in der reifenden Spore sind in den oben citirten Arbeiten mehrfach richtig beschrieben worden, ich verzichte desshalb auf eine weitere Erörterung.

In guten Culturen trifft, wie ich bereits andeutete, die Oeffnung der Oogonien und Antheridien zusammen, in mässigen dagegen verspäten sich die Antheridien bisweilen. Dann tritt der farblose Theil der Eizelle in den Hals vor, kommt schliesslich draussen zum Vorschein und, wenn die Befruchtung ausbleibt, kann noch zum zweiten Male ein Plasmaklumpen, welcher häufig auch Chlorophyllkörper enthält, abgegliedert werden. Danach scheint aber das zurückbleibende Ei nicht mehr entwickelungsfähig zu sein. Trifft dagegen ein Spermatozoid auf das aus der Oeffnung vorschauende Ei, so kann noch

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0404-7

Befruchtung stattfinden. Das Ganze umgibt sich dann mit Membran, ohne dass ein Rücktritt des Plasmas zu verzeichnen wäre, und so resultiren Sporen, welche an einem Ende mehr oder weniger stark eingeschnürt erscheinen.

Nachdem wir damit die am lebenden Object sichtbaren Entwickelungsprocesse kennen gelernt haben, greifen wir zurück auf Fig. 17 Taf. VIII, um uns über das zu orientiren, was Härtung und Färbung lehrt. Die Figur entspricht der Fig. 12 oder 13 auf Taf. VI. Die Situation ist nach dem oben Gesagten klar und ein Vergleich mit Fig. 12 Taf. VIII lehrt, ebenso wie die directe Beobachtung, dass noch mannigfache Umlagerungen stattgefunden haben müssen. Besonders klar ersichtlich ist, dass viel Plasma in den Schnabel ein- und alles Chlorophyll aus demselben ausgewandert sein muss. Der Kern hat, wie schon vorher, trotz aller Verschiebungen des Plasmas, seine Lage annähernd beibehalten. Wenn auch im Einzelnen die Bilder vielfach wechselten, besonders bezüglich der den grossen Hohlraum durchziehenden Plasmastränge, so blieb doch eins immer gleich: die Aufhängung des Zellkernes in einem dicken, von oben nach unten verlaufenden Plasmastrang, der meistens gegen die Bauchseite etwas vorgerückt erscheint. Im Schnabel treten bisweilen Körnchen auf, die sich etwas intensiver färben als die Umgebung; möglich, dass diese Schmitz u. A. veranlasst haben, dort Kerne oder Kernfragmente anzunehmen. Aus der ganzen Entwickelung aber geht hervor, dass davon nicht wohl die Rede sein kann.

Auch nach der Oeffnung des Oogoniums verändert der Kern seine Lage nicht (Fig. 18 Taf. VIII) und demonstrirt des weiteren ad oculos, dass die ausgeschiedene Plasmamasse einen Kern nicht enthalten könne; auch von Kerntheilungen, die sich inzwischen vielleicht könnten abgespielt haben, ist keine Spur sichtbar, und damit scheinen mir frühere Angaben, welche dem „Richtungskörper" Kerne vindicirten, endgiltig widerlegt.

Die Befruchtung verläuft im Wesentlichen nach bekanntem Muster. Fig. 18 zeigt die Spermatozoiden vor dem Ei, Fig. 19 und 19a Taf. VIII eines derselben eingedrungen, Fig. 20 demonstrirt das Vorrücken im Ei (der Eikern lag im Nebenschnitt), ebenso wie Fig. 21 Taf. VIII.

Sofort mit dem Eintritt des Spermatozoides müssen an der äussersten Hyaloplasmaschicht Veränderungen vor sich gehen, denn im Stadium der Fig. 19 ist bereits eine deutliche Umgrenzung sichtbar, die einer Membran zum mindesten gleicht, in Fig. 20 ist eine solche

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0405-2

sicher vorhanden, und dieses ist doch eine Stufe, die der Fig. 15 Tafel VI sicher gleichkommt, also recht kurze Zeit nach der Befruchtung fixirt wurde. Die Membran wird auch nicht, wie Berthold glaubte, nur vorn, gegen die Oeffnung hin gebildet, sondern um die ganze junge Oospore, man erkennt das leicht unten und oben nach der geringen Contraction, welche durch die Fixirungsmittel hervorgerufen wird. An den Seiten pflegt die junge Haut der älteren so dicht anzuliegen, dass man sie nicht immer zu Gesicht bekommt. Aus den Figuren ist des Weiteren deutlich, wie die apicale Plasmamasse langsam verschwindet und wie ausserdem eine gleichmässigere Vertheilung der Chlorophyllkörper eintritt. Besonders richtet sich die Wanderung von Plasma und Chlorophyll gegen die Mitte des Ganzen gegen den Eikern, hierher wird auch der Spermakern mitgeführt und in dem so entstehenden dicken, centralen Plasmaklumpen (Fig. 21 Taf. VIII) spielt sich dann auch die Copulation der beiden Kerne ab.

Während an den Spermatozoiden nur eine scharf gezeichnete Membran und ein mittlerer, stark gefärbter Körper sichtbar ist, zu der Zeit, in welcher sie in das Ei eintreten, wird später genau wie beim männlichen Kern phanerogamer Pflanzen, schon auf dem Wege nach der Mitte hin das Gefüge gelockert, und wenn der Spermakern den Eikern berührt, hat er an Umfang zugenommen, er lässt viele verschieden grosse, stark tingirbare Körnchen erkennen (Fig. 22 Taf. VIII). Auch der Eikern ist gewachsen, erscheint ebenfalls körniger, hat aber noch den grossen, durch Färbung stark vortretenden centralen Körper behalten.

Fig. 23 u. 24 zeigen dann, wie beide Kerne sich aneinander legen; Fig. 25 demonstrirt einen solchen, an dem die Verschmelzung eben vollzogen ist. Im Einzelnen habe ich den Process nicht verfolgt, es ist aber wohl nicht zweifelhaft, dass nach Auflösung einer Kernmembran das Zusammenfliessen statt hat. In der reifenden Spore unterliegt der Kern noch manchen Veränderungen, er erscheint zunächst (Fig. 26) wie von einem feinen, lockeren Gerüst durchsetzt, in welchem zahlreiche gleich grosse Chromosomen liegen, später wird der Kern kleiner und damit dichter, auch erscheint er dichter punktirt (Fig. 27), schliesslich tritt in ihm wieder ein Nucleolus-ähnlicher grösserer Körper auf und dazu bemerkt man an der Peripherie eine dichtere Schicht, wie eine Membran (Fig. 28). Auf Stufen, wie Fig. 26, war eine solche nicht sichtbar, überhaupt ist der Kern dort recht schwer zu erkennen, weil sich häufig dichte Plasmamassen, die sich eventuell mit färben, über denselben legen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0406-8

Nachdem Plasma und Chlorophyllkörper nach dem Inneren gerückt waren (Fig. 21 Taf. VIII), ist der Wandbelag der Oospore ein relativ dünner und im weiteren Verlauf der Entwickelung bleibt es zunächst dabei. Auch im Innern nimmt scheinbar das Protoplasma ab, die einzelnen Stränge sind — vermuthlich durch die vorhandenen Oelmassen — comprimirt, die Chlorophyllkörper treten zurück, nur vereinzelte, zum Theil offenbar gequetschte, sind noch erkennbar (Fig. 26 Taf. VIII).

Das in der genannten Figur gezeichnete Stadium liegt nach meiner Schätzung etwa 24—36 Stunden nach der Befruchtung. Untersucht man aber Oosporen, welche mehrere Wochen alt sind, so bieten sie Bilder wie Fig. 27 und Fig. 28 Taf. VIII. In diesen hat die schleimige (ausschliesslich protoplasmatische?) Substanz wieder erheblich zugenommen, sie durchzieht, von einem mittleren Klumpen ausgehend, den Hohlraum der Oospore in dicken Strängen, welche sich an dem ebenfalls dicken Wandbelag ansetzen. Schon Schmitz hat (l. c.) darauf aufmerksam gemacht. Jetzt endlich scheint auch bisweilen der Kern, der bis dahin so fest stand, zu wanken, man findet durchaus nicht selten Schnitte, in welchen der Kern seitlich neben dem centralen Schleimklumpen liegt, und zwar häufig, wie in Fig. 28 Taf. VIII völlig an die Wand geschoben.

Die von mir angewandten Fixirungs- und Färbungsmethoden gestatten auf diesen Stufen ein Erkennen der Chromatophoren nicht mehr. Dass sie vorhanden und nöthigenfalls nachweisbar sein werden, bezweifle ich nicht. Ich habe hier auf genauere Untersuchung schon desswegen verzichtet, weil es von einer gewissen Stufe an recht schwierig ist, das Alter der Oosporen zu erkennen; 2—3 Tage nach der Befruchtung hat man dafür kaum noch Anhaltspunkte.

Schon Fig. 26 Taf. VIII zeigt zwei Membranschichten für die Oospore an, in Fig. 27 und 28 sehen wir, dass noch eine dritte hinzugekommen ist. Ihre chemische Beschaffenheit habe ich nicht untersucht.

b) Antheridien.

Die ersten Anfänge der Antheridienbildung sind schon oben (p. 15) besprochen worden. Dass thatsächlich diese Organe den Bau vegetativer Seitenzweige im Anfang zu erkennen geben, demonstrirt die Fig. 4 auf Taf. X. In der Spitze liegt — wie in den jüngsten Oogonanlagen — vielkerniges Plasma mit Chlorophyllkörpern; aber auch hier ist die äusserste Kuppe frei von Kernen. Während diese oben die übliche rundliche, kaum zugespitzte Form zeigen und einzeln

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0407-4

liegen, fand ich mehrfach in den unteren Regionen kleinere Kerne paarweise beisammen und auch scheinbar durch eine Brücke verbunden (Fig. 4 Taf. X). Die Bilder, welche u. a. D. G. Fairchild für die Kerntheilung von Valonia gegeben hat,[1]) würden verkleinert genau so aussehen, wie das, was ich hier bei Vaucheria sah; und wenn natürlich auch wegen der Kleinheit der Objecte Genaueres schwer zu ermitteln ist, glaube ich doch, in diesen Bildern Kerntheilungen vor mir gehabt zu haben.

Das junge Antheridium wächst dann weiter zu jenem bekannten hornförmigen Körpern aus, welcher in Fig. 1 u. 2 Taf. VI abgebildet ist, indem sich, wie bereits betont, das Oel aus dem ganzen Organ mehr oder weniger zurückzieht. Das Antheridium ist bald mehr bald weniger stark gewunden, die Spitze schiebt sich meistens seitlich neben die älteren Theile, so z. B. in Fig. 2 Taf. VI. Der Präparation bietet das insofern einige Schwierigkeiten, als man Schnitte, welche das ganze Antheridium übersichtlich demonstriren, nur selten bekommt und eigentlich nur dann auf solche zu rechnen hat, wenn Schneckenwindungen unterblieben sind. Glücklicherweise ist das nicht so ganz selten, und so konnte ich manche Antheridien in dieser Form wiedergeben, musste mich aber auch mehrfach mit Fragmenten oder mit Combinationen successiver Schnitte begnügen.

Fig. 5 Taf. X entspricht im Wesentlichen, soweit es das Antheridium betrifft, dem Bilde auf Taf. VI Fig. 2. Es hat sich an der Spitze eine reichliche Plasmamasse, durchsetzt mit Chlorophyllkörpern und Kernen, angesammelt; die äusserste Kuppe aber ist immer noch frei von beiden. Lebende Objecte erscheinen relativ hell und führen offenbar nicht besonders reichlich Chlorophyll. Bisweilen schien es mir, als ob letzteres theilweise zurückwandere, wie beim Oogonium, doch konnte ich keinerlei bestimmte Anhaltspunkte dafür gewinnen. Das Antheridium wächst meistens noch weiter und während auf Stufen wie Fig. 5 in der Spitze Vacuolen in grösserem Maasse fehlen, treten solche späterhin noch reichlicher wieder auf; es scheint zeitweilig eine Ansammlung von Protoplasma stattzufinden; dann erfolgt wohl Streckung, verbunden mit Vacuolenbildung und darauf erneute Plasma-Ansammlung. Letztere dürfte durch Vermehrung am Ort unter Kerntheilung erfolgen, da von Einwanderung nichts wahrnehmbar ist. Schliesslich ist der Antheridienzweig ausgewachsen und an seiner Spitze dicht mit Protoplasma gefüllt, das viele Kerne enthält. Diese

1) Ber. d. d. bot. Ges. 1894, p. 331. Beitrag z. Kenntniss d. Kerntheilung bei Valonia.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0408-0

müssen sich noch vermehrt haben, denn in Fig. 6 Taf. X finden wir im Vergleich zu Fig. 5 eine grosse Anzahl von Kernen in ein dicht schaumiges Protoplasma eingelagert. Die Kerne, welche auf früheren Stufen eine derbe Membran und ein grosses tingirbares Korn in der Mitte enthielten, zeigen jetzt mehrere kleinere Punkte und eine relativ zarte Umgrenzung.

Die bis dahin recht kleinen Vacuolen wachsen jetzt, resp. fliessen zu grösseren zusammen, die Kernvermehrung ist beendet. Diese Organe liegen (Fig. 7 Taf. X) reihenweise in den oft recht dünnen Lamellen und Strängen, welche die einzelnen Vacuolen trennen und durchsetzen. Meistens finden sich, mehr oder weniger deutlich, zwei Reihen von Hohlräumen nebeneinander. In diesem Stadium beginnt dann auch sehr bald die Membranbildung, die im Wesentlichen verläuft, wie bei den Oogonien. Zunächst werden die meisten Chlorophyllkörper von der Basis des Antheridiums fortgeschafft, der Wandbelag erscheint dünn (Fig. 6 Taf. X), dann tritt unter den üblichen Formalitäten der breite Riss auf. Das Plasma wandert auch hier rückwärts, steht dann kurze Zeit relativ ruhig, während die trennenden Plasmamembranen sich quer durch das Innere spannen, dann schiesst das Stielplasma bis zur Berührung mit dem Plasma des Antheridiums vor, bald darauf wird die Membran sichtbar. Der Process spielt sich in kaum einer halben Stunde ab.

Auffallend ist, dass sowohl in den Oogonien als auch in den Antheridien kurz vor der Bildung der Querwand eine relativ gleichmässige Vertheilung schaumigen Plasmas zu verzeichnen ist, wie leicht aus den entsprechenden Figuren ersichtlich (Fig. 12 Taf. VIII, Fig. 7 Taf. X).

Kurz nach der Bildung der Querwand bleibt die Anordnung im Antheridium noch gewahrt, bald aber gehen die kleinen Vacuolen verloren und es treten einige grössere auf, indem einfach das Protoplasma in den mittleren Regionen auseinander reisst und gegen die Membran hinwandert. Die grossen Vacuolen zeigen sich zuerst an der Basis, wie leicht aus Fig. 8 Taf. X zu ersehen ist, einem Bilde, das übrigens die äusserste, gekrümmte Spitze nicht wiedergibt.

Fig. 10 auf der gleichen Tafel zeigt dann die Anordnung von Plasma, Kernen und Vacuolen für einen Fall; andere Exemplare geben etwas andere Bilder (vgl. Fig. 10 u. 12), aber alle stimmen darin überein, dass jetzt nur relativ wenige grosse Vacuolen sich finden. Zwei etwas kleinere scheinen mit Vorliebe an der Spitze zu liegen (Fig. 9 u. 10). Die Kerne liegen dicht beisammen im Wand-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0409-8

belag und in den Brücken zwischen den Vacuolen. Ihre Wandung ist jetzt kaum erkennbar, sie erscheinen häufig als einfache Punkte. Bald aber werden sie wieder grösser, erhalten wieder eine deutlichere Membran und fangen an, sich in die Länge zu strecken. Während sie früher mitten im Protoplasma des Wandbelages etc. zu finden waren, rücken sie jetzt gegen die Vacuolen vor, und, indem sie sich spindelförmig verlängern, gewinnt man den Eindruck, als ob sie in die Hohlräume hineinwüchsen oder in diese, mit einem spitzen Ende voran, geschoben würden. Absolut Sicheres ist aus naheliegenden Gründen nicht festzustellen. Bestimmt fand ich häufiger die Kerne mit dem Vorderende in die Vacuolen hineinragen, mit dem Hinterende aber noch im Protoplasma stecken. Schliesslich aber kommen sie ganz in die Vacuole hinein und haben hier eine auffallend strahlige Anordnung (Fig. 11 u. 12 Taf. X). Sie stehen mit dem umliegenden Plasma überhaupt nicht mehr in Verbindung, ja es wird sogar ein membranartiges Gebilde entwickelt, welches die Vacuole scharf von der Umgebung trennt. Diese Membran tritt erst kurz vor der Reife des Antheridiums auf, ist aber dann stets mit Deutlichkeit nachweisbar, weil sie sich meistens etwas intensiver färbt, als die Umgebung. Sie für eine derbe Hyaloplasmaschicht zu halten, liegt nahe. Die spindelförmigen Kerne, von welchen ich soeben gesprochen habe, sind natürlich die Spermatozoiden von Vaucheria, die auf diesem Wege von allem überflüssigen Plasma und von Chlorophyll befreit werden. Meine Meinung ist selbstverständlich nicht, dass sie ausschliesslich aus Kernsubstanz bestehen müssten, nur ist unzweifelhaft, dass diese weitaus vorwiegt; sie tritt auch besonders deutlich in Gestalt von meist zwei grösseren Chromatinkörnern hervor. Wahrscheinlich ist dann noch ein Hof von Plasma vorhanden, allein deutlich sehen kann ich denselben nicht oder doch in einzelnen Fällen nur andeutungsweise. Als Cilien fasse ich sehr feine Fädchen auf, welche auf dem Stadium der Fig. 11 und 12, also kurz vor der Reife der Antheridiums, stets im Innenraum sichtbar sind. Mehrfach glaubte ich auch, deren Zusammenhang mit den Spermatozoiden wahrnehmen zu können.

Am lebenden Object sieht man schliesslich wimmelnde Bewegung der Spermatozoiden beginnen, wodurch die radiäre Anordnung natürlich aufhört, und bald öffnet sich die Spitze; die Samenzellen schiessen hervor. Da der Process sich sehr rasch abspielt, kann man nicht erkennen, wie die Oeffnung in der Membran entsteht.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0410-9

Das periphere Plasma bleibt, wie bekannt, theils im Antheridium zurück, theils tritt es mit hervor, um draussen unbeweglich liegen zu bleiben. Natürlich muss die Blase, welche die Spermatozoiden enthielt, platzen, um diese frei zu machen; nicht selten bleiben einige Spermatozoiden in ihr eingeschlossen.

Wie oben bereits hervorgehoben, spielt sich ein wesentlicher Theil der beschriebenen Entwickelungsprocesse über Nacht ab. Untersucht man gut wachsende, junge Culturen am Morgen, etwa um 8 Uhr, so findet man das Antheridium recht weit entwickelt, dasselbe wurde schon am Abend zuvor angelegt; die ersten Stufen der Oogonien zeigen sich in der Nacht oder in den frühen Morgenstunden. Im Lauf des Tages wachsen dann beide Organe, anfangs langsam, weiter. Während des Nachmittags (etwa von 3—6 Uhr) wird die Papille am Oogonium bemerkbar, in den Abendstunden (8—11 Uhr) wird das Antheridium durch eine Wand abgetrennt, während das Oogon etwa die in Fig. 6 u. 7 Taf. VIII wiedergegebene Entwickelung erreicht hat. Die Auswanderung der Kerne beginnt jetzt und dauert bis gegen 12 Uhr, dann tritt der Riss auf und so etwa von 1—2 Uhr wird die Wand fertig gestellt. Die Oogonien platzen zwischen 2 und 4 Uhr früh. Besonders um 3 Uhr fand ich in meinen Culturen alle Stufen kurz vor und bald nach dem Eindringen der Spermatozoiden. Die Copulation der Kerne erfolgt dann am Vormittag, etwa zwischen 8 und 10 Uhr.

Natürlich sind nicht unerhebliche individuelle Schwankungen zu verzeichnen und auch in verschiedenen Jahreszeiten verschiebt sich das Ganze ein wenig. Die obigen Zahlen beziehen sich auf Juni und Juli, im October spielte sich der Process etwas rascher ab, und es ist auch wohl klar, dass äussere Factoren hier eingreifen müssen, wie das aber im einzelnen erfolgt, kann ich nicht angeben.

2. Vaucheria aversa.

Die Entwickelung der Vauch. aversa, jener derben, mit grossen, stark geschnäbelten Oogonien versehenen Form, stimmt zwar in allen Hauptzügen mit derjenigen von V. clavata und fluitans überein, verdient aber doch wegen mancher Einzelheiten eine Besprechung. Vieles ist von de Bary in der p. 388 erwähnten Mittheilung richtig angegeben worden, da aber jetzt manches hinzukommt, werde ich die Entwickelung im Zusammenhang kurz darstellen.

Die Anlage des Oogoniums beginnt, wie bei V. clavata, mit der Bildung einer Papille, welche späterhin unter Oeleinwanderung halb-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0411-5

kuglig anschwillt. Ein Unterschied besteht insofern, als die Papille anfänglich fast nur aus farblosem Protoplasma mit relativ sehr wenigen Chloroplasten etc. zusammengesetzt ist.

Noch ehe alles Oel in das Oogonium einwanderte, beginnt die Bildung eines Schnabels, in welchem zunächst noch Oel und Chlorophyllkörner gemengt erscheinen. Bald aber tritt ersteres zum Theil heraus und der Schnabel erscheint somit durchsichtiger. Gleichzeitig wandert auch das letzte Oel in das Oogonium, der Faden ist dann frei von diesem Körper und mit Chlorophyll annähernd gleichmässig angefüllt (Fig. 16 Taf. VI). Doch bemerkt man nach kurzer Zeit, dass der Faden unter dem Oogon heller wird, und dass das Chlorophyll sich in einiger Entfernung zu beiden Seiten des Oogons staut, wodurch hier dunklere, oft recht auffallende Zonen entstehen. Ob nicht auch von weiterher in diese Zonen seitlich Chlorophyllkörper einwandern, mag dahingestellt sein.

Das Oel liegt auf dieser Stufe im Oogonium mehr nach der Mitte zu, umgeben von einem recht dicken Plasma, das viele Chlorophyllkörner und natürlich, wie die Färbung ergibt, auch viele Kerne in gleichmässiger Vertheilung enthält. Die zugehörige Fig. 16 Taf. VI zeigt die Situation deutlich, es fällt an derselben aber auch eine scheinbare Kleinigkeit auf. An der Stelle, wo der Schnabel mit einer scharfen Biegung an das Oogonium ansetzt, wird ein kleiner röthlich-brauner Fleck sichtbar und beginnt ganz langsam gegen die Basis des Oogoniums zu gleiten, indem er etwas an Grösse zunimmt. Aus dem Schnabel wandert alles Oel zurück, derselbe wird fast hell, nur einige Chloroplasten bleiben zurück (Fig. 17 Taf. VI). Auf der Rückenseite des Oogoniums hat sich ebenfalls ein hell röthlich-brauner Klumpen gebildet, welcher auch unter ständiger Vergrösserung seinen Weg gegen die Basis des Oogoniums nimmt (Fig. 17). Fig. 18 bezeichnet den weiteren Fortschritt. Die auf der Bauchseite sichtbare Masse hat schon fast den Tragfaden erreicht, auf dem Rücken ist das Wanderplasma, wie das Ding einmal kurz genannt werden mag, ebenfalls fortgeschritten. Das Chlorophyll schiebt sich zum Theil vor den Massen her, und wir erhalten in dieser Beziehung Bilder (in Fig. 17 u. 18), welche dem in Fig. 6 Taf. VI für V. fluitans gegebenen sehr ähneln.

Die Wanderung des Chlorophylls springt besonders in die Augen, wenn man Fig. 18 berücksichtigt; hier sieht man auf der Oberseite des Fadens einen dichten Sattel von Chlorophyllkörpern, während die Unterseite wesentlich heller erscheint, ja es kam bei anderen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0412-1

Exemplaren vor, dass die Unterseite infolge lebhafter Auswanderung der Chloroplasten nach der Seite fast weiss wurde.

In dem Maasse, als das Wanderplasma vorschreitet, vergrössert sich dasselbe (Fig. 19) durch Zusammenfliessen mit den unteren Partien und erscheint häufig in so bedeutender Masse, wie in der oben citirten Figur. Nicht immer freilich nimmt es diesen Raum ein, sondern hält sich nicht selten in etwas bescheideneren Grenzen. Von nun an kann man das Herausrutschen der grossen Masse direct sehen, es folgen rasch Bilder wie Fig. 20, bald darauf liegt ein dicker Klumpen von Protoplasma mit darin eingebetteten Chlorophyllkörpern im Tragfaden und beginnt sich hier etwas zu verbreitern, ohne sich indess ganz zu vertheilen.

Dass mit dem Fortgleiten des Wanderplasmas ständig ein Transport von Chlorophyllkörpern nach den seitlich liegenden Zonen Hand in Hand geht, ergibt sich ohne Weiteres, wenn man die Figuren 17, 18, 19, 20 vergleicht. Dieser Transport scheint schubweise zu erfolgen, man sieht nicht selten unter der Basis des Oogoniums ganz nackte Stellen, die dann durch Zuwanderung neuer Chloroplasten aus dem Oogonium wieder bedeckt werden. Und auch die oben erwähnte Sattelbildung (Fig. 18) ist nicht durch ein Stehenbleiben der Chlorophyllkörner, sondern wohl sicher dadurch zu erklären, dass in dem Maasse ein Ersatz aus dem Oogon statt hat, als die unteren seitlich fortwandern.

Schliesslich, wenn alles im Oogon entbehrliche Chlorophyll ausgewandert ist, erscheint der Tragfaden ganz hell, oft führt er unter der Basis des Oogoniums kaum einige Chlorophyllkörper, und statt des dunklen Sattels der Fig. 18 Taf. VI tritt meist ein heller auf, indem sich jetzt einige Chloroplasten auf der Unterseite des Tragfadens ansammeln. Um so auffallender heben sich dann die rechts und links im Tragfaden liegenden dicken Chlorophyllhaufen ab.

Jetzt steht die Bildung der Querwand bevor; der Riss wird in der üblichen Weise gebildet und späterhin wieder geschlossen. Besonders deutlich lässt sich bei V. aversa verfolgen, wie die Hohlräume des Oogoniums kurz nach der Entstehung des Risses noch mit dem des Fadens in directer Verbindung stehen, wie sich dann aber später unterhalb der Oeltropfen ziemlich reichlich Plasma mit Chlorophyll ansammelt, welches das Oogon gegen unten hin abschliesst. Dass in dem Moment, in welchem das Fadenplasma an die Basis des Oogoniums heranschiesst, schon eine hinreichend feste Trennungsschicht in irgend einer Form gegeben sein müsse, geht

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0413-7

daraus hervor, dass in dem unteren Protoplasma, noch ehe eine feste Membran sichtbar ist, häufig ein Hin- und Herrutschen bemerkt wird, ohne dass der Inhalt des Oogoniums dadurch beeinflusst würde.

Das Protoplasma des Fadens, welches sich an der Wandbildung zunächst betheiligt, pflegt von Chlorophyll fast absolut frei zu sein; erst nachdem zum mindesten eine scharfe Trennungslinie vorhanden ist, wandern mehr Chlorophyllkörper hinzu; ihnen folgt rasch, oft in ziemlich dicken Klumpen, das Wanderplasma, das sich, wie wir sahen, zeitweilig seitlich im Faden zurückgehalten hatte, und somit ist nach ganz kurzer Zeit oft ein dicker protoplasmatischer Wandbelag vorhanden, der aber immer noch relativ farblos ist. Dabei bleibt es aber auch nicht lange, die seitlich aufgestapelten Chlorophyllreserven werden mobil gemacht, sie marschiren gegen die Basis des Oogoniums und oft schon $^1/_2$ Stunde nach der Entstehung der Trennungswand ist der ganze Faden wieder gleichmässig grün (Fig. 21 Taf. VI), er unterscheidet sich von den übrigen vegetativen Theilen nicht weiter, hat mit den späteren Vorgängen im Oogon nichts mehr zu schaffen und bildet nur noch den Träger desselben.

Das Verhalten der Oeltropfen im Oogonium während der eben besprochenen Vorgänge war etwas vernachlässigt. Vor dem Auftreten des Wanderplasmas lag dasselbe mehr nach innen; in dem Maasse, als das letztere aber sich verschiebt, rückt das Oel scharf an die Wand heran, während das übrig bleibende Chlorophyll weiter nach innen tritt (Fig. 18, 19, 20 Taf. VI), und insofern herrscht wieder völlige Uebereinstimmung mit V. clavata und fluitans (vgl. Fig. 7 Taf. VI). Das Oogonium erhält infolge des Vortretens der Oelmassen und natürlich auch zum Theil wegen der Auswanderung von grünen Körnern, von oben her beginnend eine hellere, grauliche Färbung, wie das in den Figuren gut zur Anschauung kommt.

Während das Oel zeitweilig gegen den Schnabel vorgeschoben wurde (Fig. 19), rückt es dann später, kurz vor der Rissbildung, wieder gegen die Basis, der Schnabel wird völlig hell und enthält nur noch wenige Chloroplasten.

Nachdem die Membran fertig gestellt ist, zieht sich alles Oel und Chlorophyll von vorn nach hinten zurück, so dass schliesslich Bilder zu stande kommen, wie Fig. 21 Taf. VI; alles Oel wird hier dem Hinterende und Rücken des Oogons so stark angepresst, dass, ähnlich wie bei V. fluitans die einzelnen Tropfen kantig abgeflacht erscheinen. Das Ganze bildet eine nach vorn offene, hohle Halbkugel mit mehr weniger unregelmässig begrenzten Rändern. An-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0414-2

fänglich liegt noch im Schnabel reichlich schaumiges Protoplasma, aber auch dieses wandert rückwärts mit sammt einzelnen Chlorophyllkörnern, die sich eventuell noch dort vorn verstreut vorfanden. So erhält man dann ein fast glashell durchsichtiges Vordertheil und ein von den Oeltropfen grauweiss schimmerndes Hinterende. Das Plasma und seine sämmtlichen Einschlüsse umgeben eine riesige Vacuole, welche die Hauptmasse des Ganzen ausmacht (vgl. Fig. 2 Taf. X). Fig. 21 ist etwa eine halbe Stunde vor der Oeffnung gezeichnet; auf dieser Stufe sieht man noch einen mässigen Wandbelag von körnigem Plasma im Schnabel, aber auch dieses wandert noch aus und nur Spuren desselben bleiben zurück. Nunmehr ist das Oogonium reif. Plötzlich zieht das Protoplasma in demselben sich zusammen (vgl. auch de Bary a. a. O.) und binnen einer Minute liegt im Oogon ein kugelförmiges Ei, wie Fig. 22 zeigt. Den Prozess im Einzelnen zu verfolgen ist kaum möglich, man sieht nur, wie die Ränder der Halbkugel etwas nach innen einkrempeln und dann zusammenschlagen. Das Ei ist ziemlich dunkelgrün gefärbt und man sieht leicht an der Figur, dass jetzt aussen ein dicker Plasmarand mit vielen Chlorophyllkörpern liegt, welcher nur vorn, nach der Mündung des Oogoniums hin, heller erscheint, weil dort weniger Chlorophyll vorhanden ist. Also auch hier ein, freilich schwach entwickelter „Empfängnissfleck"! Wie die Oeffnung des Oogoniums zustande kommt, lässt sich bei der grossen Geschwindigkeit, mit welcher alles vor sich geht, nicht sagen. Sicher ist, dass in dem Augenblick, in welchem das Ei sich ballt, eine Oeffnung vorliegt, die derjenigen bei V. clavata durchaus ähnelt und wohl wie diese durch rasches Verquellen der betreffenden Theile entsteht. Eine grosse Menge des ursprünglichen Inhaltes muss aus dem Oogonium ausgestossen werden; man wird nicht fehl gehen in der Annahme, dass einfach die riesige Vacuole, welche vor der Oeffnung den Mittelraum ausmacht, entleert werde, dass wesentliche Protoplasmamengen aber nicht fortgehen. Der Vacuoleninhalt mag zum Theil dazu dienen, den Hohlraum zwischen Ei und Oogonienwand auszufüllen.

Die Spermatozoiden werden aus dem Antheridium entlassen, sowie das Oogonium geöffnet ist, dringen in dieses ein und bewegen sich im ganzen Innenraum umher, ohne dass man von einer Hemmung durch Schleim etc. etwas wahrnehmen könnte. Die Befruchtung erfolgt prompt; die Entwickelung der Oospore bietet nichts Besonderes.

Ueber die durch Färbung zu erzielenden Resultate kann ich mich kurz fassen. Schon oben habe ich betont, dass die jungen Oogonien

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0415-8

viele Kerne enthalten, genau wie V. clavata. Bezüglich der späteren Processe genügt ein Hinweis auf Fig. 1 Taf. X. Man sieht sofort, dass das Wanderplasma alle oder die Mehrzahl der ausgeschiedenen Kerne enthält und damit werden die auf Taf. VI gegebenen Bilder verständlich.

Mehrfache Vergleiche haben mir gezeigt, wie auch schon oben erwähnt, dass die betr. Masse nicht immer den gleichen Umfang annimmt; besonders rücken die innere und die äussere Chlorophyllkörperschicht oft dadurch mehr zusammen, dass die mittlere, Kerne führende Substanz wesentlich dünner ist. Die Zellkerne liegen dann zuweilen direct zwischen den Chloroplasten und in Berührung mit diesen; damit tritt die Aehnlichkeit zwischen V. clavata und aversa wieder besonders deutlich hervor.

Der Eikern liegt stets oben am Anfang des Schnabels, wie es Fig. 1 Taf. X zeigt, und behält auch die Lage bei, trotz aller Umwälzungen. Fig. 2 Taf. X zeigt das deutlich; sie entspricht einem erst vor Kurzem durch eine Wand abgegliederten Oogon und lässt den centralen Saftraum sowie, an den kleineren Hohlräumen, die Lage der Oeltropfen und Chlorophyllkörner besonders deutlich erkennen. Fig. 3 Taf. X demonstrirt ein befruchtungsreifes Ei. Der Kern liegt nahe der Vorderseite, in der Nähe des schon oben erwähnten Empfängnissfleckes. Wie aus der Figur ersichtlich, ist dieser längst nicht so scharf wie bei der V. clavata, immerhin lässt sich eine bevorzugte Anhäufung von Chlorophyll am Hinterende nicht verkennen.

Ueber die Befruchtung habe ich Näheres nicht ermittelt, die für V. clavata gefundenen Thatsachen schienen mir ausreichend zu sein.

Die Antheridien sind ebenfalls nicht näher untersucht worden, ihre Entwickelung weicht nicht wesentlich von derjenigen bei V. clavata ab.

Was die Zeit betrifft, welche für die ganze Entwickelung in Anspruch genommen wird, so pflegt im Sommer (Juni, Juli) die Anlage der Antheridien im Laufe der Nacht zu erfolgen, die Oogonien treten wie bei V. clavata in den ersten Morgenstunden in die Erscheinung, im Laufe des Tages entwickelt sich das Oogonium zu normaler Grösse. In den Nachmittagsstunden, etwa um 3—5 Uhr, werden die Antheridien abgetrennt und es beginnt die Auswanderung des Plasmas, zwischen 7 und 8 Uhr Abends pflegt die Trennungswand gebildet zu werden und zwischen 9 und 10 Uhr platzt das Oogon.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0416-4

Doch kommen natürlich merkliche Verzögerungen vor, so dass das Oogonium sich unter Umständen erst zwischen 12 und 1 Uhr Nachts öffnet. Immerhin aber pflegt sich die Entwickelung der V. aversa etwas rascher abzuspielen als diejenige bei V. clavata. Alte Culturen gerathen bisweilen ganz in Unordnung, insofern sie alle Stadien der Entwickelung neben einander enthalten, was bei jungen, kräftig wachsenden Pflanzen nicht der Fall ist.

Um weiterhin einige Anhaltspunkte zu geben, theile ich noch die folgende kleine Tabelle nach Beobachtungen mit, welche an Nachts durch Eis gekühltem Material gemacht wurden.

	A.	B.
Stadium der Fig. 16 Taf. VI	Vm. 10 h	
„ 17	10 h 30	
„ 18		11 h
„ 19	12 h 15	
„ 20	12 h 45	11 h 30
Rissbildung	2 h	12 h 30
Ringbildung	2 h 15	12 h 40
Membran	2 h 25	12 h 50
Fig. 21	3 h	1 h
„ 22	3 h 55	3 h

Allgemeines.

Wie sind jetzt die an Vaucheria gemachten Beobachtungen zu verstehen?

Bei den „niederen" Verwandten unserer Pflanze, bei Botrydium, Acetabularia u. a. sind die Gameten bekanntlich gleich, bei Codium und Bryopsis dagegen tritt bereits eine Grössendifferenz auf und ich wüsste keinen wesentlichen Grund gegen die mehrfach gemachte Annahme, dass die Vaucherien durch weitere Differenzirung sich von diesem abgezweigt hätten. Ist dem so, dann darf man Antheridien und Oogonien unserer Pflanze ebenso wie bei anderen Algen[1]) als homologe Organe betrachten, genau so wie niemand darüber in Zweifel sein wird, dass die grosse und kleine Gameten führenden Behälter bei Codium und Bryopsis äquivalente Gebilde darstellen. Solche Gleichwerthigkeit müsste sich dann in der Entwickelung zu erkennen geben, und ich glaube eine Anzahl von Aehnlichkeiten hervorheben zu können. Un-

1) Vergl. dazu Goebel, Vergl. Entwickelungsgesch. p. 413 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0417-0

verkennbar ist der periodisch wechselnde Gehalt an Protoplasma, welcher vermuthlich auf einem stossweisen Wachsthum beruht; besonders fiel uns auf, wie vor der Abschnürung sowohl in den Antheridien als auch in den Oogonien eine relativ gleichmässige Vertheilung des Plasmas statt hat. Das Auffallendste aber sind natürlich die massenhaften Zellkerne, welche beide Organe bis zu einem bestimmten Punkte der Entwickelung führen. Wenn auch Wachsthum und Ausbildung des Oogoniums möglicher Weise von der Anwesenheit der Kerne abhängig ist, so scheint mir damit um so weniger ein ausreichender Grund für das zahlreiche Einwandern gefunden zu sein, als gleich nachher doch wieder eine Auswanderung erfolgt. Die Sache wird aber leicht verständlich, wenn wir die Kerneinwanderung und eventuelle Vermehrung im jungen Oogonium als Zeichen dafür ansehen, dass dies Organ einst dazu bestimmt war, einer grossen Anzahl von Gameten den Ursprung zu geben. Jetzt sind alle Kerne bis auf einen überflüssig geworden und werden entfernt. Solche Processe, bei welchen während der Eibildung überflüssige Kerne hinaus befördert werden, sind ja auch sonst bekannt, ich erinnere nur an das Verhalten mancher Fucaceen, bei welchen ebenfalls dem Eikern ursprünglich gleichwerthige Kerne bei Seite geschoben werden. Dass die letzteren zu Grunde gehen, während bei Vaucheria Plasma und Kern erhalten bleibt, ja ganz unzweideutig wieder in den Aufbau des vegetativen Körpers eingeht, dürfte zunächst für die Beurtheilung unserer Fragen von secundärer Bedeutung sein. Denn diese Processe hängen wohl einzig und allein mit dem nicht cellulären Bau unserer Pflanze zusammen, der eben Wanderungen ermöglicht, welche bei cellulären Pflanzen ausgeschlossen sind. Damit ist freilich nicht gesagt, dass die sämmtlichen Siphoneen und Phycomyceten sich immer ihrer überzähligen Kerne auf diesem recht einfachen Wege erledigen müssten, denn nach den Angaben Wager's[1]) findet die Formung des Eis bei Peronospora parasitica erst statt, nachdem die Querwand das Oogonium von dem übrigen Schlauchinhalt getrennt hat. Dann aber wandern alle die zahlreichen Kerne an die Peripherie, d. h. in das Periplasma, während der mittlere Raum, resp. das in ihm enthaltene Protoplasma völlig von Kernen entblösst wird. Später schieben sich 2 oder 3 Kerne wieder nach dem Centrum vor, um hier zu verschmelzen und damit das befruchtungsreife Ei zu bilden. In dem einen Hauptpunkt (Entfernung der Kerne durch Auswandung aus dem späteren Ei

1) Annals of Botany Vol. IV., 1891—92, p. 128.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0418-5

herrscht also Uebereinstimmung mit Vaucheria. Freilich weicht Peronospara ab bezüglich der Verschmelzung von wenigstens 2 Kernen innerhalb des Eis, die recht auffallend ist.

Mit den oben vorgetragenen Funden ist, wie mir scheint, die Frage nach der Bedeutung der bei V. clavata u. a. ausgeschiedenen Schleimmassen um so mehr erledigt, als bei V. aversa von Plasmaausscheidung kaum etwas zu sehen ist. Die Vorgänge bezwecken sicher weiter nichts, als die feste Cellulosemembran an irgend einer Stelle zu öffnen, allenfalls auch überflüssige Stoffe hinauszubefördern; aber das Ueberflüssige kann auch Vacuoleninhalt sein. Sicher wird bei Vaucheria so dasselbe erreicht wie bei Oedogonium, wo ebenfalls eine Schleimausscheidung statt hat, die aber nach Klebahn[1]) in dem untersuchten Falle nur durch Verquellen der Zellwand gebildet wird. Sehr richtig hat dieser Beobachter auch darauf hingewiesen, dass der Process ausschliesslich auf Oeffnung der Zellwand abziele.

Die „Richtungskörper" der Vaucheria wären event. in dem Wanderplasma zu suchen; denn hier haben wir die Ausscheidung von Kernen und Protoplasma aus dem Ei vor dessen Reife und diese Vorgänge stimmen, wie bereits betont, mit Fucaceen etc. überein. Sind überall die Richtungskörper, wie jetzt wohl allgemein angenommen wird, reducirte Eizellen, dann haben wir es auch bei Vaucheria mit Richtungskörpern in diesem Sinne zu thun, und selbstverständlich kommt es dann auf deren Zahl nicht an.

Von besonderem Interesse dürfte die Thatsache sein, dass im Oogonium von Vaucheria keinerlei Kernverschmelzung stattfindet; ein Resultat, das mir desswegen wichtig zu sein scheint, weil damit auch hier auf die Aequivalenz von Spermakern und Eikern hingewiesen wird. Strasburger hat kürzlich[2]) alles was über diese Frage bekannt ist, einheitlich behandelt; er kommt auf Grund der vorliegenden Daten zu dem Schluss, dass zwar bei den höheren Pflanzen immer die gleiche Chromosomenzahl im Sexualakt verschmelze, dass aber ein solcher Process bei einer Anzahl niederer Pflanzen nicht nachweisbar sei. Als Belege führt er Vaucheria, Saprolegnia u. a. auf. Nachdem ich zeigte, dass bei Vaucheria von einer Kernverschmelzung vor der Eireife nichts wahrnehmbar ist, bin ich zweifelhaft geworden, ob überhaupt irgendwo ein solcher Process sich abspielt. Für Saprolegnien wird

1) Klebahn, Studien über Zygoten II. Die Befruchtung von Oedogonium Boscii. Pringsh. Jahrb. Bd. XXIV Heft 2.

2) Ueber periodische Reduction der Chromosomenzahl im Entwickelungsgang der Organismen. Biolog. Centralbl. Bd. XIV p. 817 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0419-4

von verschiedenen Autoren die Verschmelzung der Kerne behauptet, aber trotz aller vorhandenen Angaben scheint der Kern der einzelnen Eier nicht aus mehreren hervorzugehen. Wenigstens hat Herr A. H. Trow, welcher im letzten Sommer die Saprolegnien in meinem Institut einer erneuten Untersuchung unterwarf, keinerlei bestimmte Anhaltspunkte hiefür gewinnen können. Da die Beobachtungen in kurzer Zeit publicationsfähig sind, verzichte ich auf eine Discussion dieser Frage.

Für Sphaeroplea annulina machte Rauwenhoff[1]) die Kernverschmelzung bei der Bildung des Eis wahrscheinlich, und es lässt sich nicht leugnen, dass seine Argumente manches für sich haben. Direct gesehen aber wurde der Vorgang auch hier nicht. Erneute Untersuchung dürfte desshalb immerhin empfehlenswerth sein.

Die Angaben von Rosen, Wagner, Dangeard[2]) bezüglich der Verschmelzung von Kernen in den Basidien der Hymenomyceten u. s. w. gehören nicht hierher, da es sich bei diesen Vorgängen nicht um Bildung von Sexualorganen handelt; mir kam es natürlich nur auf solche an, und bezüglich dieser scheinen mir, wie gesagt, die meisten Nachweise noch auf recht schwachen Füssen zu stehen.

Man wird eventuell geneigt sein, auf die Entwickelung der Oogonien von Vaucheria einen Einwand gegen die von Sachs[3]) vertretene Lehre von den Energiden zu begründen, und ich kann nicht leugnen, dass die ganzen, sehr erheblichen Umwälzungen, welche sich vor der Eireife und bei der Auswanderung der Kerne (mit dem zugehörigen Plasma) vollziehen, sich scheinbar nicht ganz glatt in diese Auffasssung einfügen wollen. Etwas Entscheidendes wird sich aber auf Grund der Beobachtung an diesem einen Object um so weniger anführen lassen, als ja immerhin denkbar ist, dass von den vielen in das Oogonium einwandernden resp. durch Theilung entstehenden Energiden eine erhebliche wächst, während die übrigen ihre ursprüngliche Grösse etc. beibehalten. Wäre dies der Fall, dann hätten wir vollkommen die gleichen Vorgänge wie bei anderen Algen auch, z. B. bei Volvox, Oedogonium, Coleochade etc. Ueberall werden einzelne Energiden durch erhebliches Wachsthum ihrer Portoplasmasubstanz des „Trophoplasma“ nach Strasburger, zum Ei, und der einzige Unterschied wäre der für Siphoneen und andere Fadenalgen typische

---

1) Rauwenhoff, Recherches sur le Sphaeroplea annulina. Archives néerlandaises des sc. exact. et nat. T. 22, 1888, p. 91.

2) Vgl. darüber Strasburger, l. c. p. 864.

3) Physiolog. Notizen II. Flora 1892, p. 57 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0420-5

feste Membranen im einen, Fehlen der Letzteren im anderen Falle und damit die Möglichkeit, für die Energiden nicht cellulärer Pflanzen durcheinander zu spazieren und so die Erkenntniss des wahren Sachverhaltes zu erschweren.

Die Sache ist zu hypothetisch, um weiter ausgesponnen zu werden, und ebenso lässt sich kein Urtheil darüber gewinnen, ob etwa bereits im vegetativen Faden generative Energiden vorhanden sind, wie das die Anhänger der Lehre von den Keimbahnen fordern müssen, welche generativen Energiden dann die Bildung der Oogonien bedingen und in diese einwandern würden. Sichtbar ist von solchen Dingen — etwa von besonders geformten Kernen etc. nichts.

Die Entwickelung der Schwärmer, mögen das nun Zoosporen oder Gameten sein, verläuft bei vielen Algen und eventuell auch bei Pilzen (Saprolegnien) in der Weise, dass die genannten Gebilde in der einen oder anderen Form aus dem Protoplasmawandbelag herausdifferenzirt werden [1]), während die Wandung der Vacuole und wohl auch die äusserste Hyaloplasmaschicht, letztere als sog. Periplasma, keine Verwendung finden. Bryopsis, Botrydium etc. folgen offenbar diesem Schema. Die Bildung der Spermatozoiden bei Vaucheria ähnelt bis zu einem gewissen Grade einer solchen Schwärmerbildung, weicht aber dadurch nicht unwesentlich ab, dass hier die Spermatozoiden in die centrale Blase (Vacuole) gelangen, während der grösste Theil des Protoplasmas zwischen innerer und äusserer Hautschicht zurückbleibt. Die Vorgänge demonstriren sehr hübsch, wie die Plasmaschicht, welche Vacuole und Cytoplasma trennt, leicht relativ grosse Körper durchlässt, wenn solches erfordert wird, und wie sich dieselbe dann späterhin als ziemlich derbe Membran abheben kann.

Soll man nun die an der Peripherie zurückbleibende Plasmamasse als Periplasma bezeichnen? Berthold und Strasburger sprechen von Periplasma in den oben genannten Fällen der Schwärmerbildung, in welchen die äussere Hautschicht, wie es scheint, keine Verwendung findet; dort würde es sich nur um Hyaloplasma handeln, immerhin aber könnte man vielleicht auch in den Antheridien von Vaucheria und bei der Sporenbildung der Ascomyceten von Periplasma reden, um ganz allgemein damit Protoplasma zu bezeichnen, welches bei der

1) Vgl. u. a. Strasburger, Schwärmsporen, Gameten, pflanzl. Spermatozoiden und das Wesen der Befruchtung, Jena 1892; Berthold, Protoplasmamechanik p. 287 ff.; Klebs, Bildung der Fortpflanzungszellen bei Hydrodictyon, Bot. Zeit. 1891; Rothert, Entw. d. Sporangien bei Saprolegnia, in Cohn, Beitr. z. Biolog. d. Pfl. Bd. 5.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0421-1

Bildung von Fortpflanzungszellen keine Verwendung findet. Dann aber wird es nützlich sein, die Masse, welche das Ei und die Oospore bei den Peronosporen etc. umgibt, nicht mehr als Periplasma zu benennen, denn in dem einen Fall handelt es sich um Protoplasma ohne Kerne, im anderen um eine Anzahl von Energiden im Sinne von Sachs. Eine Klärung der Begriffe und der sich daraus ergebenden Nomenklatur wäre erwünscht, lässt sich aber kaum auf Grund einer Einzeluntersuchung aufstellen.

Die Bildung der Spermatozoiden erfolgt in den verschiedenen Gruppen in sehr verschiedener Weise. Im Allgemeinen gilt der Satz: je höher entwickelt eine Gruppe um so stärker tritt der Zellkern im Spermatozoid hervor, während das Protoplasma einen relativ kleinen Raum einnimmt, ohne dass damit die physiologische Bedeutung müsste in Frage gestellt werden. Strasburger hat[1]) darauf aufmerksam gemacht, dass die Spermatozoiden von Volvox (auf Grund der Untersuchungen Overtons) sich in ihrem Bau denjenigen der Moose und Farne relativ weit nähern, weil der Kern prävalirt, Plasma und Farbstoff zurücktreten. Das Gleiche gilt für die Vaucheriaspermatozoiden fast noch in höherem Masse, denn bei diesen tritt sicher das Protoplasma stark zurück und Chloroplasten oder überhaupt Farbkörper sind nicht vorhanden. Während nun bei Volvox und auch bei manchen Oedogonien der ursprüngliche grüne Farbstoff in den Spermatozoiden modificirt wird, gehen bei anderen Formen die Chromatophoren überhaupt nicht in den Aufbau der Spermatozoiden und Spermatozoid-Mutterzellen ein — ich erinnere an Coleochaete (wahrscheinlich), Chora, Florideen. Bei Vaucheria wird gleiches auf relativ einfachem Wege erreicht. Die Chlorophyllkörper werden einfach im Periplasma zurückgelassen. Das ist einer von den vielen Modis, deren sich die Pflanzen bedienen, um sich der Chromatophoren zu entledigen, die im Befruchtungsprocess eine wesentliche Rolle nicht spielen; das geht aus allen Erfahrungen, besonders wie mir scheint aus Chimielevsky's Angaben hervor[2]), nach welchen die Chloroplasten geradezu vernichtet werden — auch das bezeichnet nur einen Modus der Verwerfung männlicher Farbkörper.

Die Entwickelung der Schwärmsporen von Vaucheria ist so häufig untersucht worden, dass ich auf eine Nachprüfung verzichtet habe.

---

1) Schwärmsporen etc. p. 103.

2) Verhalten der Chlorophyllbänder in den Zygoten der Spirogyra-Arten. Bot. Z. 1890.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0422-6

Die Einwanderung des Protoplasmas in die keulig anschwellenden Spitzen, die gleichmässige Vertheilung desselben kurz vor der Membranbildung und dieser Process selber gehen im Wesentlichen parallel, worauf auch namentlich Berthold bereits hingewiesen hat. Auch die Umlagerungen im Protoplasma, welche dieser Autor fand; die zu verschiedenen Zeiten verschiedene Schichtung des Plasmaleibes der Zelle, sind überall nachweisbar und bei Sporangien, Antheridien und Oogonien ähnlich. Dass sie nicht genau übereinstimmen können, ist natürlich, und klar bedingt durch die verschiedenen Ziele auf welche die Entwickelung jedes der genannten Organe hinsteuert. Nicht überflüssig ist es vielleicht, noch einmal zu betonen, dass die Umwälzungen, welche sich in der Entwickelung besonders der Oogonien abspielen, sehr bedeutende sind, und dass grosse Theile des Tragfadens hierbei in Mitleidenschaft gezogen werden. Interessant wäre es zu wissen, ob auch bei cellulären Pflanzen die Entwickelung der Sexualorgane dermaassen die Nachbarzellen, eventuell die ganzen Tragsprosse correlativ beeinflusst. Manche Anzeichen sprechen dafür.

Resultate.

Die jungen Oogonien von Vaucheria enthalten eine grosse Anzahl von Zellkernen in annähernd gleicher Vertheilung (nur im Schnabel liegen sie dichter). Späterhin wandert ein Theil des Protoplasmas mit Chlorophyllkörpern und fast allen Kernen in den Tragfaden zurück. Nur ein Kern, der zukünftige Eikern, bleibt im Oogonium, welches erst durch eine Wand vom vegetativen Faden abgeschnitten wird, wenn alle übrigen Kerne etc. ausgewandert sind. Die beim Oeffnen des Oogons ausgeschiedene Plasmamasse enthält keine Kerne, ist also nur ein Mittel zur Oeffnung der Zelle, nicht ein „Richtungskörper". Die Befruchtung findet in bekannter Weise durch Eindringen eines Spermatozoids und darauffolgende Verschmelzung der beiden Kerne statt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0423-2

Figuren-Erklärung.

Tafel VI u. VII.

Fig. 1—6. V. fluitans
„ 7. V. clavata
„ 8, 9. V. fluitans
„ 10. V. clavata
„ 11—15. V. fluitans
} Zeiss. E. Ocul. 2.
„ 16—22. V. aversa (Zeiss. D. Ocul. 2).

Die Figuren sind von Herrn R. Schilling nach meinen Culturen und unter meiner Aufsicht gezeichnet.

Tafel VIII u. IV.

Die meisten Figuren sind gezeichnet mit Hilfe von Zeiss. Apochrom. $\frac{1,30}{2,00}$ Ocul. 4 und Abbe's Zeichenapparat.

Auf der lithograph. Tafel ist die Mehrzahl auf $^2/_3$ oder $^3/_4$ verkleinert.

Fig. 22—25 nach Zeiss. Apochr. $\frac{1,30}{2,00}$ Ocul. 8.

Alles Längsschnitte durch gehärtetes Material von Vaucheria clavata.

Die Fixirung der wiedergegebenen Präparate erfolgte zu folgenden Zeiten:

1. 3 Uhr Nachts im Juni.
2. 3. $2^1/_2$ Uhr Nachmitt. im October.
4.—6. 5 „ „ „ „
7. $7^1/_2$ „ Abends „ „
8. 10 „ „ „ Juni.
9—16. $12^1/_2$ „ Nachts.
17—20. 3 „ „
21—25. 9 „ Vormittags.
26. ist wahrscheinlich 24 Stunden älter als die vorhergehenden.
27. 28. mehrere Wochen alt.

Tafel X.

Zeiss. Apochr. $\frac{1,30}{2,00}$ Ocul. 4. 1—3 um die Hälfte verkleinert.

1—3. Vauch. aversa. 4—9. Antheridien von Vauch. clavata.

4. 10 Uhr Abends im Juni.
5. $2^1/_2$ „ Nachm. „ October.
6. 5 „ „ „ „
7. $7^1/_2$ „ Abends „ „
8.—10. $12^1/_2$ „ Nachts „ Juni.
11, 12. 3 „ „ „ „

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0424-8

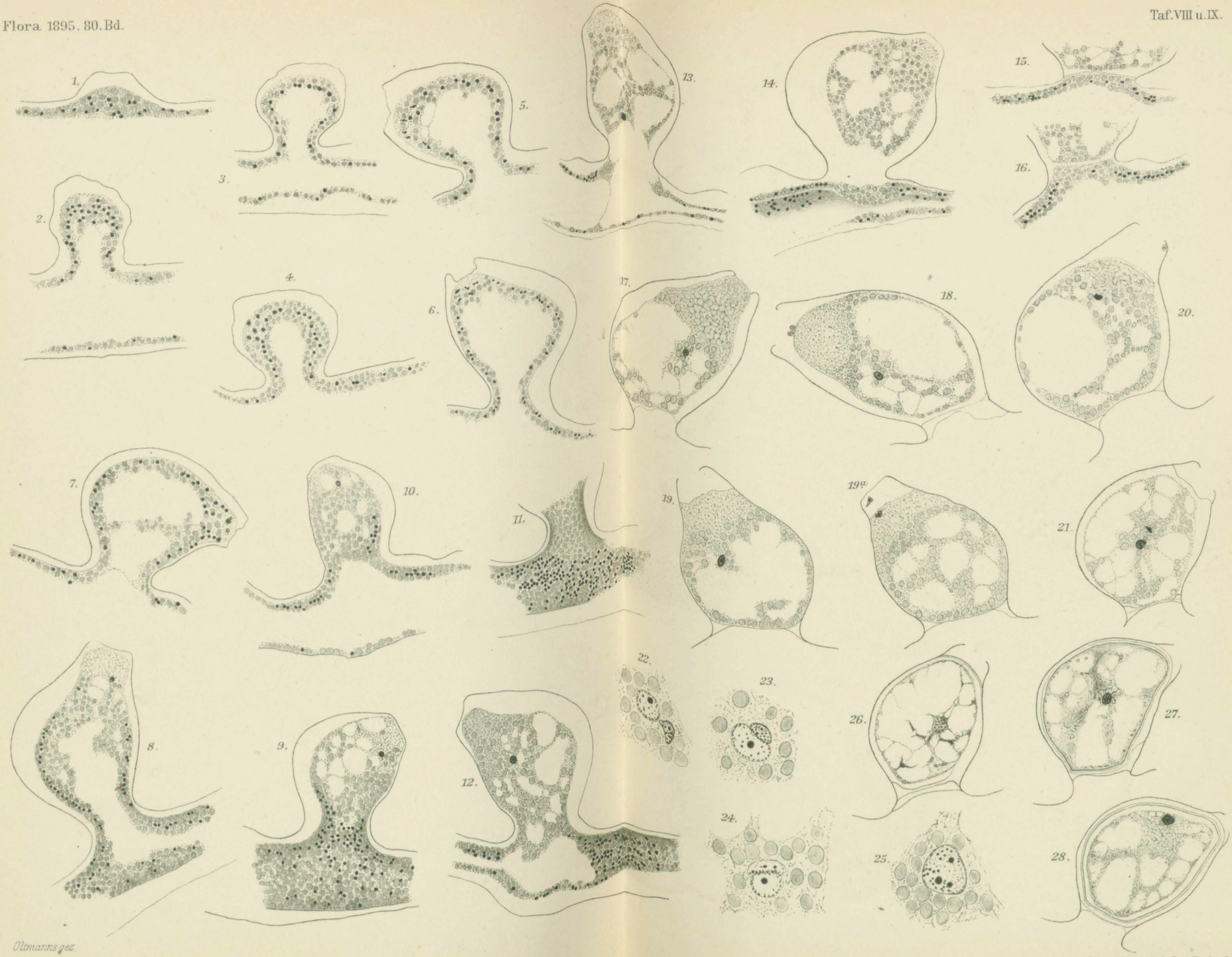


Ottmanns u. Schilling gez.

W.A. Meyn, Lith. Inst. Berlin S.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0501-5

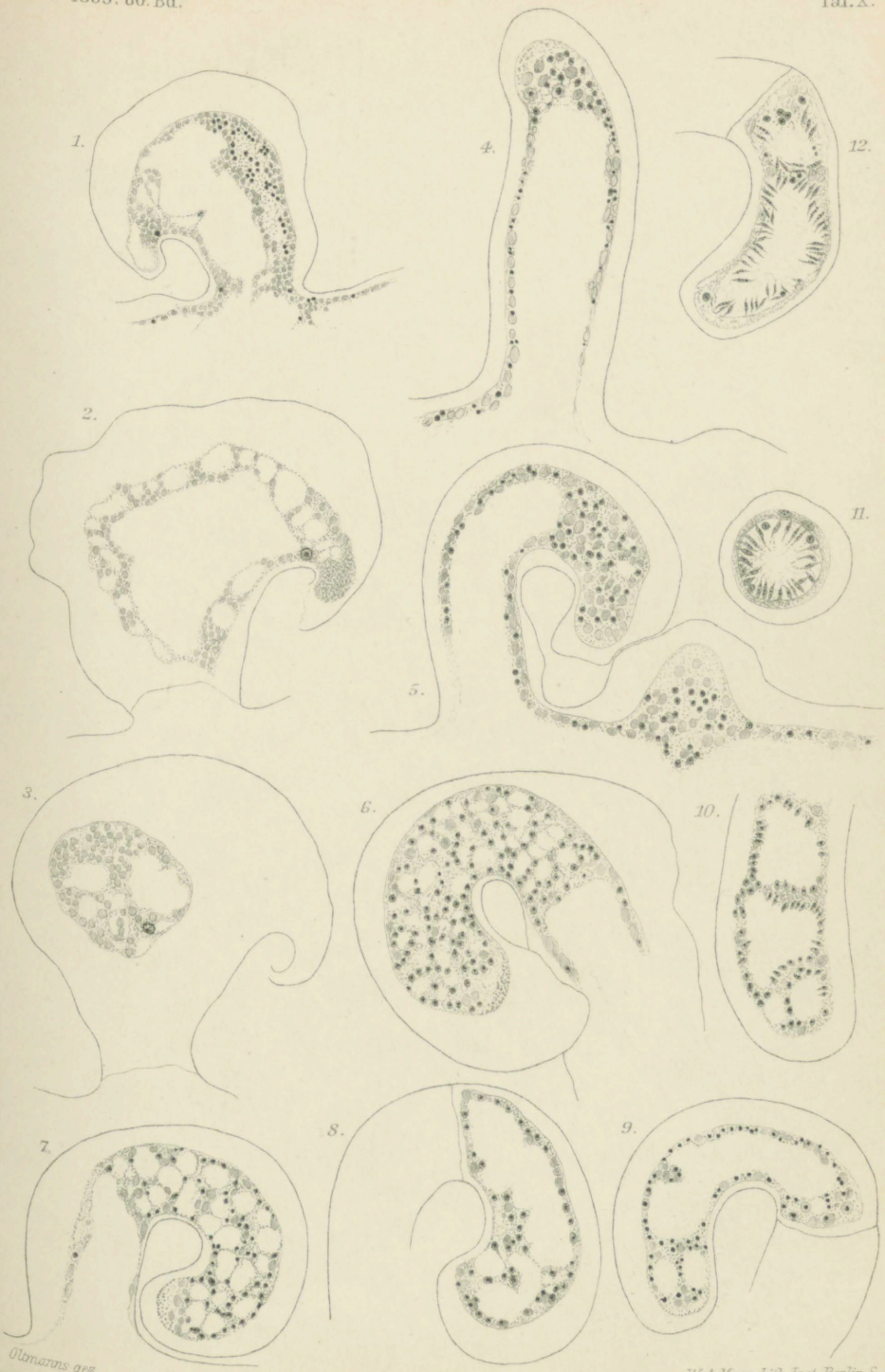


Ottmanns gez.

W.A. Meyn, Lith. Inst. Berlin S.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0502-1



Ulmanns gez. W. A. Meyn, Lith. Inst. Berlin S.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0503-6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 80

Autor(en)/Author(s): Oltmanns Friedrich

Artikel/Article: Ueber die Entwickelung der Sexualorgane bei Vaucheria. 388-420