Festschrift

dem

Geheimen Medicinalrath Prof. Dr. Göppert

zu

seinem fünfzigjährigen Doctorjubiläum

am 11. Januar 1875

gewidmet

von der philosophischen Facultät

der

Königl. Universität zu Breslau.

Die Entwickelungsgeschichte der Gattung Volvox

von

Prof. Dr. Ferdinand Cohn.

Mit einer Tafel.

Digitized by Google

Die Entwickelungsgeschichte der Gattung Volvox.

Die erste Kenntniss der Gattung Volvox verdanken wir dem Entdecker der mikroskopischen Organismen, Antoni van Leeuwenhoek, dessen epochemachende Bedeutung eben so sehr in der bewunderungswürdigen Reichhaltigkeit und Genauigkeit seiner Beobachtungen, als darin zu suchen ist, dass er sein Mikroskop als ein neues Werkzeug zur Lösung allgemeiner naturwissenschaftlicher Probleme, nicht blos zur Sammlung curioser Thatsachen und zu vergnüglicher Augenbelustigung verwerthete. [1]) Insbesondere bekämpfte Leeuwenhoek während seiner langen wissenschaftlichen Laufbahn unablässig die Aristotelische Annahme, als könnten lebende Wesen aus der Verwesung von Thieren oder Pflanzen von selbst entstehen; Leeuwenhoek bemühte sich nachzuweisen, dass selbst die kleinsten Thiere aus Eiern oder Keimen hervorgehen, welche von einem Thiere gleicher Art erzeugt seien.

Im Sommer 1698 trug sich Leeuwenhoek mit dem Gedanken, ob nicht die Leberegel, welche in regenreichen Sommern sich so häufig in der Leber der Schafe finden, und jährlich viele Tausende dieser Thiere hinwegraffen, dadurch entstünden, dass diese Eingeweidewürmer zugleich mit dem Wasser, von welchem die Schafe trinken, eingeschluckt würden?

Um nun die Würmer wo möglich im Wasser selbst nachzuweisen, liess Leeuwenhoek sich Wasser aus den Gräben bringen, welche in der Umgebung seiner Vaterstadt Delft nach Holländischer Sitte die einzelnen Wiesenstücke trennen, auf denen die von der Leberfäule heimgesuchten Schafe weideten.

Digitized by Google

In solchem Wasser entdeckte Leeuwenhoek am 30. August 1698, damals in seinem sechs und sechzigsten Lebensjahre, eine grosse Menge runder Körperchen, etwa in der Grösse von Sandkörnchen, welche sich im Wasser zu bewegen schienen. Unter dem Mikroskop erkannte er, dass es kleine Kugeln seien, von einer Membran umgeben, die mit sehr zahlreichen hervorragenden Körnchen dicht besetzt war; diese Körnchen, anscheinend von dreieckiger Gestalt, die Spitze nach aussen gerichtet, waren in gleichen Abständen regelmässig angeordnet, und da in der Peripherie einer Kugel etwa 80 gezählt wurden, so konnte die Gesammtzahl der Körnchen an der Oberfläche einer Kugel auf nicht weniger als 2000 geschätzt werden.

In einem Briefe an Dr. Johannes Sloane zu London vom 1. Januar 1700[2]) schildert Leeuwenhoek das reizende Schauspiel, wie diese kleinen Kugeln nie still lagen, sondern unablässig unter steten Umdrehungen sich durch einander bewegten; je kleiner die Kugeln, desto lebhafter grün erschienen sie; bei den grösseren, welche einem starken Sandkorn gleich kamen, liess sich keine Farbe an den äussern Theilen wahrnehmen.

Jede Kugel enthielt in ihrem Innern 5, 6, 7, einige sogar bis 12 kleinere Kügelchen, vom nämlichen Bau wie die Mutterkugel, doch tiefer grün gefärbt. Merkwürdig erschien, dass dieselben ihren gegenseitigen Abstand nicht veränderten, so lange sie in der gemeinschaftlichen Kugel eingeschlossen waren. Endlich bemerkte Leeuwenhoek, dass am Rande einer grösseren Kugel, die er längere Zeit unterm Mikroskop beobachtet, sich eine Oeffnung bildete, durch welche eines der eingeschlossenen Kügelchen hervortrat und sich nun selbstständig im Wasser umherwälzte; bald darauf brach ein zweites, dann ein drittes aus, schliesslich waren alle Kügelchen ausgetreten, und hatten jedes eine eigene Bewegung erlangt. Nach einiger Zeit war die gemeinschaftliche Mutterkugel verschwunden, anscheinend im Wasser aufgelöst.

Um diese merkwürdigen Vorgänge genauer verfolgen zu können, richtete sich Leeuwenhoek eine Art feuchter Kammer ein: in ein etwa 8 Zoll langes Glasröhrchen von der Stärke einer Hühnerfeder wurde ein Wassertropfen eingeführt, in welchem drei der grünen Kugeln schwammen, doch so, dass zu beiden Seiten des Wassers innerhalb der Glasröhre

Digitized by Google

sich Luft befand; hierauf wurde das eine Ende des Glasrohres mit einem Kork verschlossen, damit das Wasser nicht ausfliessen könne, und der Apparat täglich unter dem Mikroskop durchsucht. Von den drei grünen Kugeln enthielten zwei je fünf kleinere Kügelchen; letztere waren nach 4 Tagen ausgetreten und bewegten sich selbstständig im Wassertropfen; in der dritten Kugel waren 7 sehr kleine Kügelchen eingeschlossen, welche nach 5 Tagen bedeutend gewachsen waren, und nun in ihrem Innern noch weit kleinere Kügelchen erkennen liessen; nach 10 Tagen waren dieselben aus der gemeinschaftlichen Kugel hervorgetreten, welche gleichwohl noch mehrere Tage nach ihrer Entleerung ihre Bewegung fortsetzte, bis sie schliesslich verschwand; die 7 selbstständig gewordenen kleinen Kugeln vergrösserten sich allmälig und die in ihnen beobachteten Kügelchen schlüpften zuletzt ebenfalls aus; doch blieben die letzteren 4mal kleiner, als die übrigen; offenbar waren sie nicht ausgewachsen, vermuthlich weil sie nicht genug Nahrung fanden.

Leeuwenhoek liess eine der Kugeln mit sieben eingeschlossenen Kügelchen getreu abbilden[3]); doch verfehlt er nicht hinzuzufügen, dass gerade bei dieser die Kügelchen nicht in gleichem Abstande geordnet gewesen, und dass die unregelmässige Lagerung das Gleichgewicht der Kugel gestört, und ihre Bewegung sichtlich gehindert habe. Offenbar hätten die Kugeln nahezu das nämliche specifische Gewicht wie Wasser, und seien daher sehr leicht beweglich.

Beim ersten Anblick hätte Leeuwenhoek, wie er berichtet, darauf schwören mögen, dass die grünen Kugeln Thiere seien, besonders wenn er ihre Bewegung beobachtete, wie sie im Wasser herumrollten und bald hierhin bald dorthin sich begaben. Bald aber kam er von dieser Meinung zurück; denn die im Innern der grösseren sich entwickelnden kleineren Kügelchen verhielten sich ganz wie die Samen der Pflanzen, in denen, seien sie auch noch so klein, die junge Pflanze bereits enthalten ist; dass die grünen Kugeln nicht von selbst entstehen, dass sie vielmehr sich nicht anders fortpflanzen können, als durch den in ihnen erzeugten Samen, davon erklärte er sich auf das Festeste überzeugt.

Leeuwenhoek's Beobachtungen waren so genau, dass weit über 100 Jahre lang nichts wesentlich Neues zugefügt werden konnte; erhebt

Digitized by Google

doch schon Leibnitz in seiner Protogaea darüber Klage, dass man es verabsäume das Mikroskop zu Untersuchungen zu verwenden, durch welches der scharfsichtige Philosoph von Delft so Grosses geleistet; „ich selbst, fügt er hinzu, bin oft entrüstet über die menschliche Trägheit, welche die Augen zu öffnen, und den bereiten Besitz der Wissenschaft anzutreten verschmäht; wenn wir verständig wären, wie viele Nachahmer hätte Leeuwenhoek schon haben müssen.“

Henry Baker[4]) war der erste, der 47 Jahre nach Leeuwenhoek im Juli 1745 die völlig vergessenen grünen Kugeln in England wieder auffand; er bezeichnete sie ohne Bedenken als Kugelthiere; der völlig kuglige Körper sei ohne Kopf und Schwanz, an der Oberfläche mit kurzen beweglichen Borsten oder Härchen besetzt, durch deren Schwingung vermuthlich das Thier, wie um eine Achse sich drehend, schnell oder langsam bewegt werde; die inneren Kugeln bezeichnete er als Eier.

Linné, dessen phantasiereicher Geist trotz seines Widerwillens gegen mikroskopische Untersuchungen für die Tragweite der Entdeckung einer „unsichtbaren Welt“ nicht unzugänglich blieb,[5]) war der Erste, welcher das Kugelthier förmlich in das Thierreich, und zwar an den Schluss der Würmer aufnahm, und, gleich allen andern in seinem Natursystem eingeordneten Wesen, mit einem doppelten Namen (Nomen genericum et specificum) versah. In der 10. Auflage des Systema naturae 1758 hatte Linné die sämmtlichen Infusorien in eine einzige Species unter dem Namen Volvox Chaos zusammengeworfen, nur das Kugelthier hatte er in Folge des mächtigen Eindrucks, den die Beschreibung desselben, namentlich die des Nürnberger Maler Roesel[6]) auf ihn gemacht, mit dem Range einer selbstständigen zweiten Species der nämlichen Gattung, als Volvox Globator abgetrennt.

Erst O. F. Müller[7]) erhob die Infusorien zu einer, an sorgfältig untersuchten und getreu abgebildeten Gattungen und (379) Arten reichen Thierklasse; unsere Kenntniss des Volvox Globator erweiterte er jedoch nicht wesentlich; dagegen war für die philosophische Naturauffassung seiner Zeit nicht ohne Einfluss seine und Roesel's Deutung der Fortpflanzung; beide erblickten im Volvox Globator ein wunderbares Beispiel, wo die Mutter gleichzeitig trächtig erschien von ihren Töchtern, ihren Enkeln

Digitized by Google

und ihren Urenkeln. Die Theorie von der Einschachtelung der Keime aller späteren Generationen in dem erstgeschaffenen Individuum, welche lange Zeit in der Wissenschaft eine Rolle spielte, glaubte im Volvox eine Demonstratio ad oculos zu finden, bis sie durch die von Caspar Friedrich Wolff und seinen Nachfolgern ausgehende Bewegung beseitigt wurde.

Erst durch den grossen Mikroskopiker von Berlin, durch Ehrenberg wurde seit 1833 eine neue Auffassung des Volvox gewonnen: die Volvoxkugel sei durchaus nicht ein einfaches Thierchen, das sich durch grosse Eier fortpflanze, sondern ein hohler Monadenstock von vielen hunderten, ja tausenden sehr kleiner Thierchen.

Jene kleinen grünlichen Wärzchen, die schon Leeuwenhoek als dreieckige Erhabenheiten geschildert, seien die wahren Einzelthierchen, Monaden gleich, mit 2 fadenförmigen Rüsseln, an deren Grunde die durch eine hellere Stelle bezeichnete Mundhöhle liege; als Ernährungsorgan gelten kleine hellgrünliche Magenbläschen; als Fortpflanzungsorgane werden 1—2 Samendrüsen und eine contractile helle Samenblase, daneben grünliche Körnchen erkannt, welche Eier zu sein scheinen; die Empfindungsorgane seien durch eine rothe Pigmentstelle nahe am Munde, aller Analogie nach ein Auge, vertreten; nur von Gefässen sei keine deutliche Erkenntniss zu erlangen. Jedes Einzelthierchen stecke in einem gallertartigen vorn offenen Panzer, den es erwachsen verlassen könne, und hänge durch 3—6 fadenartige Röhren mit den benachbarten Einzelthierchen zusammen.

In den inneren Kugeln erblickt Ehrenberg keineswegs Samen oder Eier, sondern ebenfalls Monadenstöcke; an bestimmten Stellen vergrössern sich sehr früh gewisse Einzelthierchen und erreichen bedeutende Grösse; durch wiederholte innere Selbsttheilung gehen aus ihnen tausende von Einzelthierchen hervor, welche zu einem Stock vereinigt, als Schwesterkugeln aus der zerplatzenden Mutterkugel hervortreten und durch Aufsaugen von Wasser und Auseinandertreten der schon völlig ausgebildeten Einzelthierchen zu grossen selbstständig rollenden Monadenstöcken werden. Da die kleinen Kugeln stets in der hinteren Hälfte der Mutterkugel liegen, während die vordere stets leer ist, so ist an der Volvoxkugel Vorn und Hinten unterschieden.

Digitized by Google

Man mag es Ehrenbergs enthusiastischer Naturanschauung zu Gute halten, wenn derselbe nicht abgeneigt ist, im Volvox eine Art ζῶον πολιτικὸν zu erblicken; er findet in der Vereinigung so vieler Einzelthierchen die Wirkung eines Gesellschaftstriebes, welcher aus Kraft und Nachgiebigkeit für gemeinsame Zwecke besteht, ein Zustand, der eine geistige Thätigkeit verlange, die allzu gering zu schätzen wir nicht berechtigt, nur verführt sein können; man dürfe auch nicht vergessen, dass alle Einzelthierchen Empfindungsorgane besitzen, die den Augen vergleichbar seien, und dass sie mithin nicht blind im Wasser sich drehen, sondern als Bürger einer unserm Urtheil fern liegenden Welt den Genuss einer empfindungsreichen Existenz, so stolz wir uns auch gebehrden, mit uns selber theilen.[8])

Indem Ehrenberg die allgemeinen Charaktere des Kugelthiers bei mehreren andern mikroskopischen Organismen wiederfand, vereinigte er dieselben zu einer natürlichen Familie unter dem Namen Volvocina (l. c. p. 49), welche in der Infusorienklasse der Polygastrica zwischen den Cryptomonadinen und Vibrionien ihren Platz findet.

Eine neue Auffassung vom Volvox und den ihm verwandten Gattungen wurde durch die Entdeckung des Major v. Flotow vorbereitet, welcher bei einer botanischen Excursion mit Prof. Körber am 6. Sept. 1841 auf einer ausgehöhlten Granitplatte bei Hirschberg in Schlesien einen röthlichen Ueberzug entdeckte; dieser bestand aus bewegungslosen mikroskopischen Kügelchen, aus denen alsbald bewegliche Körperchen hervorgingen, sobald die Steinhöhlung sich mit Regenwasser füllte. Indem v. Flotow diese Körperchen sehr ausführlich beobachtete, und unter dem Namen Haematococcus pluvialis beschrieb, fand er, dass dieselben zwar mit gewissen Volvocinen vielfache Uebereinstimmung zeigen, gleichwohl sah er sich veranlasst, dieselben nicht für Infusorien, sondern für Pflanzen zu erklären.[9]) Diese Auffassung fand gewichtige Unterstützung durch Alexander Braun, welcher die Flotow'schen Beobachtungen über Haematococcus (Chlamydococcus A. Braun) pluvialis wiederholte, und theils vervollständigte, theils berichtigte, denselben aber unbedenklich mit mehreren Volvocinen unter die Algen aufnahm.[10]) Schon früher waren von Seiten der Zoologen und zwar zuerst von Dujardin[11]) die Ehrenberg'schen Anschauungen über die complicirte Organisation der Volvocinen, wie

Digitized by Google

überhaupt der Infusorien, bekämpft und widerlegt worden; C. Th. von Siebold hatte in mehreren epochemachenden Abhandlungen[12]) die Contractilität als das unterscheidende Merkmal der Thiere aufgestellt und aus diesem Grunde einen Theil der Volvocinen aus dem Thierreich entfernt und den Pflanzen zugewiesen.

Ich selbst hatte seit dem Jahre 1850, in welchem ich Nachträge zur Naturgeschichte des v. Flotow'schen Protococcus (Haematococcus, Chlamydococcus) pluvialis veröffentlichte, mehrere Gattungen aus der Familie der Volvocineen monographisch studirt[13]) und dadurch die Ueberzeugung gewonnen, dass nicht blos die übrigen Gattungen, sondern auch das typische Genus dieser Familie, Volvox Globator ins Pflanzenreich gehöre, wie das schon der erste Entdecker Leeuwenhoek für wahrscheinlich gehalten hatte; auch Busk und Williamson[14]) waren neuerdings in Folge ihrer sorgfältigen Untersuchung der Organisation zu dem nämlichen Resultat gekommen. Allerdings wurde der Ehrenberg'sche Gedanke bestätigt, dass Volvox nicht ein einfaches Wesen, sondern eine Vereinigung sehr zahlreicher Einzelwesen sei; diese aber zeigen nicht die Organisation von Thieren, sondern bieten nur solche Structur, wie wir sie bei Pflanzenzellen, und zwar insbesondere in den beweglichen Fortpflanzungszellen (Schwärmzellen, Zoosporen) der Algen wiederfinden; es ist daher Volvox nicht als ein Monadenstock, sondern vielmehr als eine Colonie (Coenobium A. Br.) oder Familie pflanzlicher Schwärmzellen aufzufassen.

Im Jahre 1856 gelang es mir, die Entwickelungsgeschichte von Volvox durch Entdeckung der geschlechtlichen Fortpflanzung zu vervollständigen.[15]) Bis dahin kannte man allein die schon von Leeuwenhoek beobachtete Vermehrung durch die im Innern der Mutterkugeln aus einzelnen Zellen sich entwickelnden, beweglichen Tochterkugeln, welche Art der Fortpflanzung sich nunmehr als eine ungeschlechtliche herausstellte.[16]) Das Vorhandensein einer zweiten Art unbeweglicher Fortpflanzungskörper war allerdings schon seit O. F. Müller bei Volvox wahrgenommen, jedoch in seiner Bedeutung nicht richtig verstanden worden.

Es war meine Absicht, die von mir im Laufe der letzten 25 Jahre gesammelten Beobachtungen über Volvox und die verwandten Gattungen

Digitized by Google

zu einer Monographie der Volvocineen zu verwerthen; anderweitige Untersuchungen und die bisher noch nicht ausgefüllten Lücken in der Entwickelungsgeschichte einzelner Arten haben diese Absicht jedoch noch immer in den Hintergrund gedrängt. Wenn ich der von hiesiger philosophischen Facultät an mich gelangten ehrenvollen Aufforderung zur Abfassung einer Festschrift für das Jubiläum meines hochverehrten Lehrers und Freundes Göppert mit Freuden nachkommend, die Entwickelungsgeschichte der Gattung Volvox zum Gegenstand erwählt, und eine von mir schon vor Jahren entworfene Tafel im Anschluss daran jetzt der Oeffentlichkeit übergeben habe, so bestimmt mich dazu nicht blos der Wunsch, merkwürdige wegen der mangelnden Abbildung bisher vielleicht nicht genug gewürdigte Thatsachen in ein helleres Licht zu setzen, sondern insbesondere auch das erhöhte Interesse, welches diesen Fragen durch gewisse erst in neuester Zeit hervorgetretene Untersuchungen zugewendet ist.

Volvox unterscheidet sich von allen Gattungen, die zur nämlichen Familie gestellt werden (Gonium, Stephanophaera, Pandorina, Eudorina) dadurch, dass nicht sämmtliche, zu einem Coenobium oder einer Familie verbundene Zellen in Bezug auf die Fortpflanzung sich gleich verhalten, sondern dass die bei weitem grösste Zahl der Zellen steril, d. h. in ausgewachsenem Zustande zur Fortpflanzung unfähig sind, und dass nur eine kleine Zahl, welche an bestimmten Stellen des Coenobium sich entwickeln, allein die Fortpflanzung vermitteln. Hierdurch tritt bei Volvox ein Unterschied zwischen sterilen oder vegetativen Zellen, und reproductiven oder Fortpflanzungs-Zellen hervor, der uns in den Coenobien einzelliger Algen nicht wieder begegnet, sondern gewöhnlich als ein Charakter vollkommener differenzirter Organismen angesehen wird. Die Fortpflanzungszellen selbst aber sind von dreierlei Art, geschlechtslose, männliche und weibliche; dieselben finden sich niemals gleichzeitig in der nämlichen Familie zusammen, sondern entweder in drei getrennten Coenobien, oder männliche und weibliche vereinigt, aber von den geschlechtslosen getrennt.

Die Organisation der sterilen oder vegetativen Zellen ist einfach, dem Bau der Schwärmzellen von Chamydococcus, Gloeocystis,

Digitized by Google

Pleurococcus Cienk. analog. Ein kleiner Plasmakörper (Primordialzelle) ist vom Chlorophyll mehr oder minder tief grün gefärbt, und von einer dicken Gallerthülle membranartig eingeschlossen (Fig. 7 a). Der Plasmakörper, welcher 2—3 μ im Durchmesser erreicht, schliesst meist nur ein winziges Stärkekörnchen ein, offenbar das Product seiner Assimilationsthätigkeit; in der Regel, doch nicht immer, ist an einer Stelle desselben ein nach aussen vorspringendes rothes Körnchen sichtbar, dem rothen Pigmentfleck (Augenfleck) der Schwärmsporen und Flagellaten entsprechend. Endlich finden wir im Innern des Plasmakörpers zwei Vacuolen, die periodisch verschwinden und an derselben Stelle sich wieder erzeugen; sie sind bereits von Ehrenberg angedeutet, von Busk genauer studirt worden, und entsprechen den pulsirenden Räumen, die auch bei einigen andern Volvocineen (Chlamydomonas, Gonium, Eudorina, nicht aber bei Chlamydococcus, Stephanosphaera, Pandorina) beobachtet, von Fresenius zuerst bei zweifellosen Algen (Apiocystis) entdeckt [7]) und von Cienkowski [8]) als ein charakteristisches Merkmal der echten Palmellaceen (Gloeocystis, Pleurococcus, Tetraspora, Hydrurus, Palmella) nachgewiesen worden sind. Mitunter schliesst der Plasmakörper auch eine centrale nicht pulsirende Vacuole (Saftraum) ein, um die das grüne Plasma peripherisch herumgelagert ist.

Die Gestalt der Plasmakörper zeigt grosse Verschiedenheit, die auf eine fast amoeboide Contractilität ihrer Substanz hinweist. In jüngeren Coenobien bei dicht gedrängter Lage lang und schmal spindelförmig, (Fig. 7 c), sind dieselben in ausgewachsenen Zellen kugelig (Fig. 7 a), oder in der Mediane zusammengedrückt, linsenförmig, mit einem nach aussen gerichteten, mehr oder minder verlängerten, schnabelförmigen, wasserhellen Fortsatz, an dessen Spitze die beiden langen Flimmergeisseln (Flagella) entspringen; der optische Längsschnitt erscheint daher fast dreieckig (Fig. 7 b), wie schon Leeuwenhoek bemerkte.

Die Gallerthülle, welche den Plasmakörper rings umschliesst, ist im Wasser zwar nicht löslich aber stark quellbar, an ihrer äusseren Oberfläche gegen das Wasser scharf abgegrenzt und membranartig, nach innen weich, fast flüssig.

Digitized by Google

Die Seitenwände der Gallerthülle sind von einer Anzahl (5—6) Tüpfelkanälen durchbohrt, welche nahezu in einer Ebene liegen; zarte fadenartige Fortsätze des grünen Plasmakörpers füllen die Tüpfelkanäle aus; daher dieser, von oben gesehen, sternförmig in grüne oder farblose Strahlen auszugehen scheint. Da die Tüpfelkanäle in benachbarten Zellen correspondiren, so ensteht der Anschein eines Netzes feiner Fäden, welche die Plasmakörper untereinander verbinden; doch scheinen die Tüpfel in jeder Zelle geschlossen; dass keine directe Communication derselben stattfindet, erkennt man, wenn in späterem Zustande die feinen Fäden eingezogen, und die grünen Plasmakörper abgerundet und völlig von einander isolirt sind.

Ausserdem ist in jeder Zelle die nach aussen gerichtete Wand der Gallerthülle von zwei durchgehenden Tüpfelkanälen durchbohrt, um den beiden an der Spitze des Schnäbelchens entspringenden Flimmergeisseln, die ebenfalls fädige Fortsätze des Plasmakörpers sind, den Durchtritt nach aussen zu gestatten. (Fig. 1, 7.)

Die sterilen Zellen von Volvox sind zu einer einfachen Schicht aneinandergereiht, und begrenzen dadurch die Peripherie einer mit Wasser gefüllten, 0,5 mm im Durchmesser erreichenden Kugel, nach Art einer „Scheinmembran", wie das bei vielen Chroococcaceen (Clathrocystis, Coelosphaerium, Coccochloris) ebenfalls stattfindet. Die durch die Volvoxzellen gebildete Kugelfläche würde ausgebreitet der membranartigen Zellfläche von Tetraspora entsprechen; sie ist nach aussen scharf nach Art einer zusammenhängenden Cuticula, nach innen minder scharf begrenzt; in lebendigen Coenobien straff ausgespannt wird sie durch Druck deutlich gefaltet, bei stärkerem Druck leicht zerrissen. Die Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen sind, wie in allen Gallertmembranen, meist nur schwierig, oder mit Hilfe von Reagentien (Jod) zu unterscheiden, manchmal sind dieselben als ein deutliches Netz mit sechseckigen Maschen erkennbar. Die Dicke der je zwei benachbarte Plasmazellen trennenden, als Scheidewand auftretenden Zwischensubstanz ist sehr verschieden je nach dem Alter der Familie; bei jungen Volvoxkugeln unmessbar, erreicht sie später den einfachen oder selbst den doppelten Durchmesser der grünen Körperchen (5—8 μ).

Digitized by Google

Auf den ersten Blick erscheint die Anwesenheit von beweglichen Geisseln in den rein vegetativen Volvoxzellen eine Anomalie, da wir gewöhnt sind, die beweglichen Schwärmzellen bei den Algen nur als einen vorübergehenden Zustand der Fortpflanzung, als Schwärmsporen oder Zoosporen anzutreffen.

Man darf jedoch nicht vergessen, dass bei vielen echten Palmellaceen die in der Gallert eingebetteten Primordialzellen bereits im unbewegten Zustande mit Geisseln versehen sind, wie Thuret zuerst bei Tetraspora beobachtete und abbildete[19]), A. Braun bei Gloeococcus hervorhob, und Cienkowski auch bei Apiocystis erkannte. Allerdings sind die Geisseln der ruhenden Palmellaceen selbstverständlich unbewegt; gleichwohl macht diese Thatsache evident, dass zwischen Schwärmzellen und ruhenden oder vegetativen Zellen bei den Palmellaceen, wie bei den Volvocineen kein wesentlicher Unterschied besteht, da beide Zustände mit Geisseln versehen sein können.

Die geschlechtslose Fortpflanzung von Volvox beruht, wie seit Ehrenberg bekannt, auf der vielfach wiederholten Theilung einer gewissen Zahl von Fortpflanzungs-Zellen, welche sich gleichzeitig ausserordentlich vergrössern, und jede eine kugelförmige Zellfamilie oder Tochterkugel aus sich hervorgehen lassen. Da ich hier keine erläuternden Zeichnungen beizufügen vermag, so beschränke ich mich, darauf aufmerksam zu machen, dass der Entwickelung der geschlechtslosen Fortpflanzungszellen, wie bei allen Volvocineen und Palmellaceen, eine sehr oft wiederholte Zweitheilung zu Grunde liegt.

Schon in den jungen Zellfamilien, welche noch in den Mutterkugeln eingeschlossen sind, unterscheiden sich die geschlechtslosen Fortpflanzungszellen (Parthenogonidia) von den sterilen, denen sie gleich gebaut sind, durch ihre bedeutendere, meist doppelte Grösse (6 μ). Bald nach der Geburt der jungen Volvoxkugeln beginnt in den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen der Theilungsprocess, und zwar durch drei grösste, unter 90° sich schneidende Kreise; daher zerfallen dieselben nach einander in 2 Halbkugeln, 4 Kugelquadranten und 8 Kugeloctanten; sie gleichen in diesem und den nächst folgenden Theilungszuständen den jungen Coenobien von Pandorina Morum. Jedes Segment

Digitized by Google

umschliesst ein grösseres centrales stärkehaltiges Chlorophyllbläschen, welches die Stelle eines Zellkerns einnimmt und zahlreiche kleinere Stärkekörnchen.

In dem weiteren Verlauf erleiden die 8 Segmente, welche jetzt keilförmige Gestalt besitzen, noch vielfache Zweitheilung; doch sind die Theilungsebenen fortan nur in 2 auf einander senkrechten Richtungen geführt, so dass, ähnlich wie bei der Theilung des Dermatogen, eine flächenartige Anordnung der Segmente daraus hervorgeht. Beim Beginn der Theilung vermehrt sich die Masse des grünen Protoplasma sehr rasch, daher die Segmente anfänglich bei weitem grösser sind, als die späteren Dauerzellen; im weiteren Verlauf aber nimmt die Masse des grünen Plasma nicht im Verhältniss zur wachsenden Zahl der Segmente zu; diese werden daher um so kleiner, je grösser die Zahl der Theilungen, und nehmen allmälig eine schmal cylindrische, spindel- oder kegelförmige Gestalt an (Fig. 7 c). Indem aber mit der Zahl der Segmente gleichzeitig das Volumen der von ihnen begrenzten Kugel wächst, so bildet sich im Innern dieser ein fortdauernd sich vergrössernder Hohlraum, welcher anscheinend mit reinem Wasser sich füllt, während die spindelförmigen Segmente, hart aneinander gedrängt, die Peripherie der Kugel bedecken. Anfänglich besteht durchaus kein organischer Zusammenhang zwischen den einzelnen Segmenten, und man kann noch in fast fertig ausgebildeten Familien durch geschickten Druck die einzelnen Körperchen isoliren; erst kurz vor der Geburt und nach völlig beendeter Theilung beginnt die Ausscheidung von Gallert zwischen den Segmenten; indem diese membranartig erstarrt, treten die anfänglich lose an einander gelagerten Körperchen in eine organische Verbindung und bilden ein membranartiges „Scheingewebe“, ähnlich wie das bei Pediastrum, Hydrodictyon u. s. w. bekannt ist. Weit früher, als die Zwischenmembranen kann man eine die junge Familie nach Art einer Cuticula einhüllende gemeinschaftliche Gallertschicht wahrnehmen; gleichzeitig vergrössert sich auch unter beständiger Quellung die Gallertmembran der Mutterzelle und umhüllt, anfangs dicht anliegend, später weiter abstehend, die junge Zellenfamilie, die aus ihrem Plasma hervorgegangen ist; schliesslich stellt sie eine grosse, von der Peripherie in die Centralhöhle der Mutterkugel frei hineinhängende,

Digitized by Google

wasserhelle Blase dar, in deren Innern die junge Volvoxfamilie zu rotiren beginnt, sobald die Geisseln der einzelnen Segmente zur Entwickelung und Bewegung gekommen sind; endlich gelangen, unter Durchreissung der sich verflüssigenden Mutterblase, die Tochterfamilien in die Centralhöhle der Mutterkugel, und nach Sprengung der letzteren in's Wasser hinaus.

Die Normalzahl der geschlechtslosen Fortpflanzungszellen, welche sich in einer Volvoxkugel zu Tochterfamilien ausbilden, ist 8; sie entspricht daher der Zahl der Kugeloctanten, in welche bei der dritten Theilung die geschlechtslose Fortpflanzungszelle zerfällt, deren primaere Grenzlinien auch in den späteren Theilungen sich noch lange verfolgen lassen. Der regelmässige Abstand der Tochterfamilien, den schon Leeuwenhoek und Ehrenberg hervorheben, spricht dafür, dass jeder Octant in all seinen späteren Theilungen immer nur eine einzige Parthenogonidie, alle übrigen als sterile Zellen hervorbringt; doch vermochte ich nicht zu ermitteln, welche von den secundären Generationen des Octanten zur Fortpflanzungszelle wird, obwohl anscheinend eine ganz bestimmte, schon früh ausgezeichnete Zelle zur Parthenogonidie prädestinirt wird.

Allerdings schreitet die Theilung nicht immer so regelmässig in Potenzen von 2 fort, wie das in obiger Darstellung vorausgesetzt wird; schon frühere Beobachter heben hervor, dass mitunter von zwei Schwesterzellen die eine zur Dauerzelle wird, während die andere noch wiederholte Theilungen erleidet; auch tritt in verschiedenen Volvoxfamilien der Uebergang zur Dauergeneration bald nach einer grösseren, bald schon nach einer kleineren Zahl von Theilungen ein; daher ist auch die Zahl der zu einem Coenobium vereinigten Schwesterzellen verschieden, die allerdings nur annähernd aus der Zahl der im optischen Durchschnitt wahrnehmbaren Zellen sich berechnen lässt; Leeuwenhoek schätzte ihre Zahl auf 2000, Ehrenberg auf 9800; ich selbst glaube bis zu 12,000 annehmen zu müssen; ich gelangte zu dieser Summe, indem ich die auf einem abgemessenen Raum der Kugelfläche (100 μ^2) vorhandenen Zellen abzählte, und die Summe mit der durch Rechnung aus dem Radius bestimmten Kugelfläche multiplicirte. [20])

Digitized by Google

Ueberraschend ist die Massenzunahme des grünen Protoplasmas in den ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen, während ihrer Entwickelung zu Tochterfamilien. Haben dieselben schon vor Beginn der Theilung den doppelten Durchmesser der vegetativen Zellen besessen, so vergrössert sich der Durchmesser der 8theiligen Familie auf 12 μ, der 16theiligen auf 16 μ, der 32theiligen auf 22—26 μ, und wenn die junge Tochterkugel nach Abschluss der Theilungen im Begriff steht die Mutterfamilie zu verlassen, erreicht ihr Durchmesser 80—100 μ. Solche Zunahme ist um so merkwürdiger, als aus den Leeuwenhoek'schen Beobachtungen, bis jetzt den einzigen ihrer Art, hervorgeht, dass wenige Tage zur Ausbildung der Tochterfamilien hinreichen. Allerdings besitzen die Parthenogonidien Chlorophyll und sind demnach im Stande, selbst zu assimiliren und den Stoff für ihre Brut durch eigene Thätigkeit zu erzeugen; dennoch erscheint eine so ausserordentliche Production dieser 8 Zellen um so auffallender, als die ungeheure Mehrzahl der übrigen grünen Zellen während ihres ganzen Lebens an Masse nicht merklich zunimmt, und auch mit Ausnahme eines winzigen Stärkekörnchens, kein durch ihre chemische Thätigkeit erzeugter Stoff zur Wahrnehmung kommt. Es liegt daher der Gedanke nahe, ob nicht die von der Gesammtzahl der vegetativen Zellen während ihres Lebens producirten Bildungsstoffe (Kohlenhydrate, Protoplasma, Chlorophyll) durch Stoffwanderung den 8 Fortpflanzungszellen zu Gute kommen, so dass die jungen Familien nicht ausschliesslich durch ihre Mutterzellen, sondern durch die vereinigte Arbeit der gesammten Zellenfamilie ernährt werden.

Auf eine solche Arbeitstheilung scheinen die Tüpfel hinzudeuten, welche die Gallertmembran zwischen den einzelnen Zellen durchbohren, gewissermassen eine Verbindung der sämmtlichen Plasmakörper vermitteln, und eine Wanderung der in ihnen erzeugten Bildungsstoffe nach den Geburtsstätten der jungen Familien zu erleichtern scheinen. (Fig. 7 b.)

Auch bei der Gattung Gonium stehen die tafelförmig angeordneten 16 Zellen durch Tüpfel, welche die gemeinschaftliche Gallerthülle durchbrechen, in netzartiger Verbindung, wenn gleich ebenso wie bei Volvox die Tüpfel in jeder Zelle verschlossen sind.

Digitized by Google

Was nun endlich die geschlechtliche Fortpflanzung von Volvox betrifft, so beruht diese darauf, dass in einem Coenobium unter den vielen Tausenden steriler Zellen eine kleine Zahl theils zu weiblichen, theils zu männlichen Fortpflanzungszellen (Gynogonidia und Androgonidia) sich entwickelt. Während die geschlechtslose Fortpflanzung durch Parthenogonidien im ganzen Jahre stattfindet, scheint die geschlechtliche in der Regel erst im Herbst aufzutreten. Da demnach geschlechtliche und geschlechtslose Fortpflanzung der Regel nach nicht gleichzeitig in der nämlichen, sondern in verschiedenen Coenobien eintritt, so ist der Wechsel der beiden Fortpflanzungsweisen als Generationswechsel aufzufassen; die geschlechtliche Generation bildet den Abschluss einer grösseren oder geringeren Zahl geschlechtsloser Generationen.

Männliche und weibliche Fortpflanzungszellen finden sich entweder in der nämlichen Zellenfamilie; solche Volvoxkugeln sind daher monoecisch; oder es kommen neben rein männlichen auch rein weibliche Familien vor, und dann sind die geschlechtlichen Volvoxkugeln dioecisch.

Wir betrachten zuerst dies erstere, von uns häufiger beobachtete Verhältniss. (Fig. 1.)

Die weiblichen Zellen, Gynogonidien (Fig. 1 b) unterscheiden sich anfänglich von den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen gar nicht; sie sind schon bei der Geburt der geschlechtlichen Familien dadurch erkennbar, dass sie gleich ersteren etwa die doppelte Grösse der sterilen Zellen besitzen; ihre Plasmakörper vergrössern sich rasch beträchtlich und da sich besonders die Menge des Chlorophylls vermehrt, werden sie tief dunkelgrün; anfangs durch Vacuolenbildung schaumig (Fig. 1 b[2]) sind sie später anscheinend dicht mit Plasma angefüllt; ihre Gallerthülle dehnt sich blasenförmig in der Richtung der Centralhöhle der Volvoxkugel; in älterem Zustande erscheinen sie flaschenförmig, indem ihr Hals in der Peripherie befestigt ist, während der kugelig aufgetriebene Bauch frei in die Centralhöhle des Coenobium hineinhängt. (Fig. 1 b.) Sobald die weiblichen Zellen eine Grösse von etwa 15—20 μ erreicht haben, lassen sie sich von den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen nicht blos durch ihre weit grössere Anzahl (über 8) sondern insbesondere auch dadurch leicht unterscheiden, dass in ihnen keine Theilung eintritt; auch überschreitet ihr

Digitized by Google

Wachsthum niemals die Grösse der Pandorinaähnlichen Zellfamilien (höchstens 50 μ). Erst wenn die weibliche Zelle ausgewachsen, ist sie befruchtungsfähig; ihr grüner Plasmakörper, der anfänglich mit einem farblosen Schnabel an der Peripherie des Volvoxcoenobium anhängt, rundet sich schliesslich zur Kugel, und verhält sich nun als Befruchtungskugel (Oosphaere, Eizelle); die Gallertmembran, von welcher sie umgeben ist, kann als Oogonie aufgefasst werden. (Fig. 2.)

Die männlichen Zellen, Androgonidien (Fig. 1 a) gleichen anfangs den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen noch in höherem Grade, da sie, sobald sie etwa den dreifachen Durchmesser der sterilen Zellen erreicht und sich blasenartig in der Richtung der Centralhöhle des Coenobium ausgedehnt haben, sich zu segmentiren beginnen; doch vermehrt sich in ihnen das Chlorophyll nicht in solchem Masse, und sie zeichnen sich daher durch ihre lichtere Färbung aus. Da ferner die Segmente in den männlichen Zellen nicht, wie bei der Bildung der jungen Zellfamilien, in eine Kugelfläche, sondern in eine ebene Scheibe geordnet sind, so ist anzunehmen, dass die männlichen Zellen von Anfang an nur in zwei sich kreuzende Richtungen getheilt werden, und daher bei der dritten Theilung nicht in 8 Kugeloctanten zerfallen, sondern dass die vier Quadranten der zweiten Theilung durch Ebenen, welche denen der ersten parallel sind, sich segmentiren, und dass alle folgenden Theilungsrichtungen abwechselnd der ersten oder zweiten Scheidefläche parallel liegen. So entsteht schliesslich ein Bündel cylindrischer, oder spindelförmiger Stäbchen, welche ihrer Form nach an die in der Kugelfläche aneinander gedrängten Segmente sehr junger Zellfamilien erinnern. (Fig 1 a^2, a^3, vgl. Fig. 8 c.)

In der That sind die Bündel als männliche Zellfamilien aufzufassen, die wie gewöhnlich bei niederen Organismen zwergig sind; die einzelnen Stäbchen dagegen sind als nackte Plasmakörper oder Primordialzellen zu betrachten.

Der Durchmesser eines Bündels, welches ich mit den Täfelchen von Gonium, oder noch bezeichnender mit den bekannten Zündholzbündeln verglichen habe, beträgt 35—44 μ, die Zahl der zum Bündel

Digitized by Google

vereinigten Segmente mag 64—128 betragen, die Länge der einzelnen Stäbchen 5—6 μ erreichen. (Fig. 4.)

Während der Plasmakörper der männlichen Zellen in das Stäbchenbündel zerfällt, verändert sich das Chlorophyll in ein röthlich gelbes Pigment, und vertheilt sich in den einzelnen Stäbchen so, dass nur die eine abgerundete Hälfte gelb gefärbt, die andere schnabelförmig verjüngte dagegen farblos wird. An den Schnäbeln der Stäbchen entwickeln sich je zwei sehr lange Flimmergeisseln, welche anfangs undeutlich durcheinander gewirrt von der Oberseite des Stäbchenbündels ausgehen; so liegt das Bündel im Innern einer kugligen Blase eingeschlossen, welche nichts weiter als die ausgeweitete und sich allmälig verflüssigende Gallerthülle der männlichen Zelle ist; dieselbe kann nunmehr als Antheridie, die in ihr eingeschlossenen Körperchen als Spermatozoidenbündel aufgefasst werden.

Die Zahl der in einer Volvoxkugel auftretenden geschlechtlichen Zellen ist sehr verschieden; ich habe in einzelnen Coenobien 5 und mehr männliche und gleichzeitig ca. 40 weibliche Zellen angetroffen; obwohl ich selbst keine Regel erkennen konnte, so macht doch die gleichmässige Vertheilung der Geschlechtszellen es nicht unwahrscheinlich, dass bestimmte Segmente der in Theilung begriffenen Zellfamilie Geschlechtscharakter annehmen.

Um die nämliche Zeit, wo die ausgewachsenen Gynogonidien zu Oogonien, ihre Plasmakörper zu Oosphaeren oder Eizellen entwickelt sind, beginnen in den aus den Androgonidien hervorgegangenen Antheridien die noch in der Mutterzelle eingeschlossenen Spermatozoidenbündel ihre Flimmergeisseln in Thätigkeit zu setzen, welche erst langsam, dann rascher innerhalb der gemeinschaftlichen Hülle unduliren; in Folge dessen gerathen die Bündel selbst in Bewegung, oscilliren schwerfällig von einer Seite zur andern, bald rotiren sie mit beschleunigter Geschwindigkeit um ihre eigene Achse (Fig. 1 a, a[2]). Mit einem Male hört die gemeinschaftliche Bewegung des Bündels auf, dieses zerfällt in die stäbchenförmigen Körperchen, aus denen es zusammengesetzt ist; die letzteren bewegen sich, nachdem sie sich völlig von einander getrennt haben, frei in der Höhlung der allmälig sich auflösenden und ausweitenden Gallerthülle, von Minute zu Minute in

Digitized by Google

rascherer Lebendigkeit; überaus anziehend ist der Anblick der in ihrer Mutterblase durcheinander wimmelnden Körperchen. (Fig. 1 a[3].) Bald darauf sieht man die Körperchen aus der Blase, in welcher sie bis dahin eingeschlossen waren, herausdringen und alsbald sich nach allen Richtungen in der Centralhöhle der Volvoxkugel zerstreuen. (Fig. 1 a[4].)

Diese Körperchen sind die Spermatozoiden von Volvox; sie erscheinen in freiem Zustande verlängert und schmal, das eine blassgelb gefärbte Ende ist dicker, spindelförmig, das entgegengesetzte Ende, an dessen Grunde ein röthliches Körnchen (Augenfleck) aufsitzt, läuft in ein farbloses, langes Schnäbelchen aus, das einem Schwanenhals ähnlich, wie dieser zierlich gebogen, und mit einer überraschenden Retractilität und Flexilität begabt ist; es dreht sich, wie umhertastend, dehnt sich aus und zieht sich wieder ein, biegt und schlängelt sich wie ein Peitschenfaden (Fig. 5); an der Stelle, wo der Hals in das dickere spindelförmige Ende übergeht, entspringen zwei lange, nach hinten gerichtete, sehr agile Flimmergeisseln, welche in den durch Jod getödteten Körperchen besonders deutlich sind (Fig. 6). Carter hat diese Spermatozoiden wegen ihres beweglichen Halses treffend mit den Infusorien der Gattung Trachelius (besser mit Trachelocerca) verglichen. Unter den im Pflanzenreich beobachteten Spermatozoiden sind die von Volvox durch ihre Form und Contractilität höchst auffallend; die meiste Aehnlichkeit scheinen sie mit den Spermatozoiden von Fucus zu besitzen; gleich diesen sind sie Spermatogonidien im Sinne Alexander Braun's.

Nachdem die Spermatozoiden ihre Mutterblase verlassen und in die Centralhöhle des Volvoxcoenobium gelangt sind, sammeln sie sich um die Oogonien und heften sich zunächst an die Aussenseite ihrer blasenförmigen, in verflüssigender Quellung begriffenen Gallerthüllen; hier angelangt, schwanken sie hin und her, drehen sich dabei in seltsamer Krümmung, und scheinen sich mit Hilfe des Halses und der Geisseln einzubohren; ihre Bewegungen gleichen ganz auffallend denen eines sogenannten Centrumbohrers. (Fig. 1 b[3].) Schliesslich gelingt es einzelnen Spermatozoiden, die erweichte Gallertmembran der Oogonien zu durchbrechen; nach kurzer Zeit trifft man eine grössere oder kleinere Zahl derselben innerhalb der Membran. Sie bewegen sich zuerst in dem Zwischenraum

Digitized by Google

zwischen der Befruchtungskugel oder Eizelle und ihrer durch Quellung weit abstehenden Gallerthülle; alsdann sieht man sie der Länge nach an die Oberfläche der Befruchtungskugel sich anlegen, wobei sie fortfahren sich zu krümmen oder zusammenzuziehen (Fig. 2); während der spindelförmige Körper auf dem Ei anklebt, zuckt der freie Hals beständig gleichsam hämmernd in wellenartiger Schlängelung. (Fig. 2***.) Es ist wohl nicht zu bezweifeln, wenn auch direct nicht zu constatiren, dass ein oder mehrere Spermatozoiden mit der Oosphaere oder Eizelle zusammenschmelzen, da ja beide nichts weiter als nackte Plasmakörper, Primordialzellen sind.

Das befruchtete Ei wird nunmehr zur Eispore (Oospore). Um die nackte Befruchtungskugel bildet sich eine neue Membran; anfangs glatt, erhebt dieselbe sich später an ihrer ganzen Oberfläche in spitzen kegelförmigen Höckern, welche den optischen Querschnitt der Eispore sternförmig erscheinen lassen. Im Aequator der Spore zählt man meist 12—14 solcher Kegelhöcker; die nächste darüber und darunter befindliche Reihe wechselt mit der äquatorialen. (Fig. 3.) Das grüne Protoplasma erstreckt sich ursprünglich in die kegelförmigen Erhebungen der Membran hinein; bald aber zieht sich dasselbe, indem es sich mehr und mehr verdichtet, in eine Kugel zurück; nun bildet sich unmittelbar um die grüne Sporenkugel eine zweite völlig glatte Gallerthaut, welche sich bedeutend verdickt, so dass die sternförmige Sporenhaut, das Epispor, durch einen breiten Saum (Endospor) vom Inhalt abgetrennt erscheint. Dieser selbst zeigt anfänglich durch Vacuolenbildung ein schaumiges Ansehen, er verdichtet sich, zahlreiche Stärkekörnchen treten in ihm auf, das Chlorophyll verschwindet allmählich und ein orangerother in Oel gelöster Farbstoff tritt an seine Stelle. Die reife Oospore ist ziegelroth und erinnert ganz an die sternförmigen Eisporen von Sphaeroplea; schon mit blossem Auge erscheinen die geschlechtlichen Familien von Volvox nunmehr röthlich, da in einer Kugel bis zu 40 solcher rothen Sporen sich befinden. Ehrenberg hatte schon 1831 die Volvox-Coenobien mit sternförmigen Kugeln als eine besondere Species (Volvox stellatus) beschrieben; doch sah er dieselben nur unreif und schilderte sie daher als grün.

Digitized by Google

Nach der Reife der Eisporen gehen die Mutterfamilien bald zu Grunde, wobei mitunter auch einzelne Zellen sich aus dem Verbande lösen und isolirt im Wasser umherschwärmen; ihr Schicksal ist nicht bekannt; dass sie zu neuen Familien auswachsen, wie Ehrenberg vermuthet, ist nicht wahrscheinlich. Aus den zerstörten Volvoxkugeln fallen die Eisporen heraus und sinken auf den Grund des Wassers, um dort zu überwintern. Meine Versuche, dieselben zum Keimen zu bringen, sind bisher alle verunglückt; es ist mir jetzt wahrscheinlich, dass ein vorheriges Austrocknen, wie bei so vielen Eisporen, die Keimfähigkeit begünstigen möchte; ich habe jedoch noch nicht Gelegenheit gehabt, die Richtigkeit dieser Vermuthung zu prüfen. Jedenfalls sind es die Eisporen, durch welche die Species im austrocknenden Sumpfe sich erhält, und vermuthlich auch mit dem Staube in neu gebildete Tümpel gebracht wird, da die beweglichen Coenobien das Austrocknen nicht vertragen. Die einzigen Beobachtungen über Keimung der Eisporen von Volvox hat Cienkowski in einer im Jahre 1856 erschienenen russischen Schrift über Infusorien und niedere Algen beschrieben, in welcher er die ersten Keimungszustände abbildet (Tab. VI, Fig. 8—11). Hiernach scheint sich der Inhalt der Spore in 8 später ausschwärmende Kugeln zu theilen.

So viel über die Entwickelung des monöcischen Volvox; bereits in meiner ersten Notiz hatte ich denselben mit dem von Alters her berühmten Volvox Globator L. identificirt. Stein hatte im Jahre 1854 ausgesprochen, dass Volvox Globator, den er für ein Infusionsthierchen hält, Ruhezustände besitzt, indem einzelne Individuen des Volvoxstockes sich vergrössern und in eine feste sternförmige Cystenwand einkapseln; solche Stöcke mit sternförmigen Cysten seien es, welche Ehrenberg als Volvox stellatus abgetrennt habe; Ehrenberg bilde allerdings bei seinem Volvox stellatus nur 12 Cysten ab, er selbst habe nie weniger als 30—40 gefunden.[21]) Schon 1847 hatte Focke den Ausspruch gethan, dass Volvox stellatus bei genauerer Verfolgung der Uebergänge wohl nur als Varietät des Volvox Globator erkannt werden dürfte.[22])

Nachdem ich festgestellt, dass die sternförmigen Kugeln des Volvox stellatus Ehr. nicht encystirte Individuen, sondern geschlechtlich erzeugte Oosporen des Volvox Globator seien, konnte ich noch eine zweite von

Digitized by Google

Ehrenberg's scharfsichtigem Auge zuerst unterschiedene, jedoch als selbstständige Gattung und Art abgetrennte Form in den Entwickelungskreis des Volvox Globator ziehen; es ist dies Sphaerosira Volvox Ehr., welche nach der Abbildung sich nunmehr mit Sicherheit als eine geschlechtliche Volvoxkugel mit zahlreichen Antheridien und Oogonien deuten liess. Allerdings giebt Ehrenberg an, dass die einzelnen Zellen seiner Sphaerosira nur eine Geissel, nicht 2 besitzen, wie Volvox; und Perty stimmt ihm hierin bei, während Dujardin bei Volvox Globator nur eine Geissel findet; ich zweifle jedoch nicht daran, dass diesen Angaben nur leicht verzeihliche Beobachtungsfehler zu Grunde liegen, da alle Volvocineen zwei Geisseln führen.

Als Charakter des Volvox Globator L. stellen sich nunmehr folgende Merkmale heraus:

dass die kugelförmige Zellfamilie entweder 8 geschlechtslose Fortpflanzungszellen (Parthenogonidien) enthält, aus denen durch wiederholte Zweitheilung eben so viel Tochterkugeln hervorgehen;

oder dass in der Zellfamilie gleichzeitig zahlreiche männliche und weibliche Zellen (Andro- und Gynogonidien) auftreten, von denen die ersteren sich zu Antheridien mit je einem eingeschlossenen, später sich trennenden Spermatozoenbündel, die letzteren sich zu Oogonien mit je einer Befruchtungskugel (Oosphaere, Ei) entwickeln (Sphaerosira Volvox Ehr);

dass die Befruchtung, in Folge des Ausschwärmens der Spermatozoen durch die sich verflüssigende Antheridienwand und Eindringen derselben in die ebenfalls aufquellende Oogonienwand bis zu den Befruchtungskugeln, innerhalb der nämlichen Zellfamilie stattfindet (monöcische Zellfamilien);

dass die reifen Eisporen mit einem dicken gallertartigen Endospor und einem sternförmigen Epispor umhüllt sind (Volvox stellatus Ehr.).

Neben dem monöcischen Volvox finden sich, und zwar meist in denselben Tümpeln wie jener, auch diöcische Coenobien, die, wie ich schon in meiner ersten Mittheilung von 1856 hervorhob, entweder einer Varietät oder vielleicht einer besonderen Species angehören. Hier entwickeln sich die weiblichen Zellen, aus denen Eisporen werden,

Digitized by Google

und die männlichen, aus denen Spermatozoidenbündel hervorgehen, nicht in denselben, sondern in verschiedenen Coenobien, und die Sporen dieser Form sind nicht sternförmig, sondern glatt, ferner die kugeligen Zellfamilien kleiner.[23])

Stein hatte in seinem oben citirten Aufsatze schon 1854 einen kleineren Volvox zuerst als selbstständige Art unter dem Namen Volvox minor unterschieden. Als Charakter desselben führt er auf, dass die Zahl der Tochterfamilien nicht wie bei Volvox Globator constant 8, sondern unbeständig (1—9), am häufigsten aber 4 sei; ferner sei die Zahl der „encystirten" Individuen geringer (meist 4, selten 1, 3, 5, 6, 8). Die Cysten selbst seien von einer inneren dicken, gallertartigen, den Inhalt dicht umschliessenden, und von einer äusseren, abstehenden, elastischen, ebenfalls ganz glatten Wand eingeschlossen. Ehrenberg hatte 1831 Volvoxstöcke mit glatten Cysten als eine selbstständige Species, Volvox aureus Ehr., abgetrennt, jedoch die übrigen Charaktere des Stein'schen Volvox minor nicht berücksichtigt, so dass die Identität des V. aureus Ehr. und V. minor Stein nicht ganz zweifellos ist. Focke hatte 1847 Volvox aureus als Varietät von Volvox Globator aufgefasst, Laurent 1848 die rothen glatten Kugeln als Sporen des Volvox Globator bezeichnet.[24])

Wenn die geringere Grösse der Familien, die kleinere Zahl der sterilen und Fortflanzungszellen, die glatte Contur des Epispor, die etwas abweichende Gestalt der Familien und Gonidien es zweifelhaft lassen, ob Volvox minor Stein, den ich auch bei Breslau mehrfach neben dem grösseren Volvox Globator beobachtet habe, als eine Varietät des letzteren oder als eine besondere Species anzusehen sei, so tritt nunmehr als wesentliches Merkmal der von mir zuerst beobachtete Charakter der Diöcie hinzu. Diese lässt sich um so leichter constatiren, als ja schon an den in einer Volvoxkugel eingeschlossenen Tochterfamilien die Geschlechtszellen unterscheidbar sind. In der Regel besitzen auch sämmtliche in einem Coenobium entwickelte Tochterkugeln das nämliche Geschlecht; doch habe ich einmal in einer Kugel des Volvox minor drei Tochterkugeln mit Oogonien und eine mit jungen Antheridien gleichzeitig eingeschlossen gefunden. Einmal fand ich eine Kugel des Volvox

Digitized by Google

minor, in welcher sich ausser 4 geschlechtslos erzeugten Tochterfamilien auch ein Paar Spermatozoidenbündel entwickelt hatten. Dies ist eine Ausnahme des sonst bei Volvox allgemein herrschenden Gesetzes des Generationswechsels, wonach eine Familie mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung keine geschlechtlichen Zellen hervorbringt, sondern geschlechtliche und geschlechtslose Fortpflanzung verschiedenen Generationen eigen sind.

In welcher Weise die Befruchtung bei Volvox minor stattfindet, habe ich nicht direct beobachten können. Ohne Zweifel müssen die Spermatozoiden aus den männlichen Coenobien ausschwärmen und in die weiblichen Kugeln eindringen, um die Oosporen in den letzteren zu befruchten. Einmal beobachtete ich eine im Wasser frei schwimmende Blase, in deren Innerem sich ein Spermatozoid lebhaft bewegte; es schien, als sei eine männliche Zelle (Antheridium) als geschlossene Cyste aus der Mutterkugel ausgetreten und erst im Wasser von den Spermatozoiden verlassen worden. Charakteristisch schien mir auch, dass die Spermatozoidenbündel des Volvox minor aus einer kleineren Zahl von Körperchen (ich zählte einmal nur 32) zusammengesetzt sind, als die von V. Globator; Oosporen fand ich meist 8, doch auch 6—10.

Ausführliche Beobachtungen über die geschlechtliche Fortpflanzung von Volvox verdanken wir dem um die Erforschung der mikroskopischen Organismen von Bombay hoch verdienten Carter. Dieser hatte, nachdem er schon im Jahre 1858 die geschlechtliche Fortpflanzung einer anderen Volvocinee (Eudorina elegans) im Zusammenhange festgestellt,[25]) bald darauf auch meine Beobachtungen über die geschlechtliche Fortpflanzung von Volvox in ihrem ganzen Verlauf wiederholt und durch eine zwar nur skizzirte, aber charakteristische Abbildung erläutert.[26]) Da jedoch Carter nur einen unvollständigen Auszug meiner Beobachtungen aus dem Jahre 1856 vor sich hatte, so nahm er irrthümlich ein Zusammenwerfen des monöcischen und diöcischen Volvox von meiner Seite an und entwickelte deshalb, in der Absicht mich zu berichtigen, deren Unterschiede in einer solchen Weise, dass gerade die unabhängige Bestätigung meiner Untersuchungen aus einem anderen Welttheile für die Richtigkeit derselben Gewähr leistet.

Digitized by Google

Carter unterscheidet die monöcische Art mit sternförmigen Sporen, welcher er den Ehrenberg'schen Namen des Volvox stellatus giebt, durch die Entwickelung von 80—100 Geschlechtszellen in einer Familie, von denen 4 und mehr zu Spermatozoenbündeln, die übrigen zu Oosporen mit sternförmiger Membran sich gestalten.

Von der zweiten diöcischen Art giebt Carter an, dass die weiblichen Familien 30 bis 50 Befruchtungskugeln einschliessen, welche eine dicke Kapselmembran mit schwach welligem Umriss erhalten und dadurch zu Sporen werden, während in den männlichen Familien gegen 100 Spermatozoenbündel sich entwickeln; da Carter dieselben niemals frei beobachtete, weder in der Volvoxkugel selbst, noch ausserhalb derselben, so nahm er an, dass die geschlechtsreifen Spermatozoiden aus ihrer Blase zunächst in die Centralhöhle ihrer Mutterkugel ausschwärmen, von hier nach aussen ins Wasser dringen, endlich in die Höhle einer weiblichen Volvoxfamilie und ins Innere der Oogonien sich Eingang verschaffen. Die männlichen Familien fand Carter nur halb so gross als die weiblichen.

Carter bezeichnete den diöcischen Volvox als V. Globator Ehr., was nur zur Verwirrung führen kann; ich würde diese Art jedoch mit dem von Stein und mir beobachteten Volvox minor unbedenklich identificiren, mit dem sie in wesentlichen Charakteren (Diöcie, glatte Oosporen) übereinstimmt, wenn nicht Carter die Zahl der Geschlechtszellen so gross angäbe, wie wir sie bei V. minor nie gefunden haben. Ein drittes Merkmal jedoch, welches Carter für den diöcischen Volvox anführt, erregt in mir Bedenken, ob hier nicht eine Verwechselung seinerseits zu Grunde liegt; Carter giebt nämlich an, dass während die 8 geschlechtslosen Fortpflanzungszellen der monöcischen Art sich zu theilen beginnen, sobald sie zwei- bis dreimal grösser als die sterilen Zellen ($\frac{1}{2700}$ Zoll = 9 μ) geworden, dieselben bei der diöcischen Art sich mit Stärkekügelchen und Chlorophyll füllen und eine neunmal bedeutendere Grösse ($\frac{1}{300}$ Zoll = 85 μ) erreichen, bevor sie sich theilen, bis dann plötzlich eine Umordnung des Inhalts in ihnen eintreten, und dieser sich in eine Kugel mit peripherischen bewimperten Zellen umbilden soll. Ein solcher Vorgang steht aber im Widerspruch mit Allem, was wir über die Theilungsvorgänge bei Volvox

Digitized by Google

und den verwandten Gattungen wissen; ich erkläre mir Carter's Angaben dadurch, dass derselbe die niemals segmentirten Oosphären des Volvox minor wegen ihrer geringen Zahl (8 nach der Abbildung) fälschlich als Mutterzellen geschlechtslos erzeugter Tochterfamilien gedeutet, im Uebrigen aber beide Species von einander nicht scharf unterschieden hat. Hiernach möchte ich Carter's Volvox stellatus für unseren Volvox Globator, dagegen Volvox Globator Carter für Volvox minor Stein erklären.

Rabenhorst in seiner Flora europaea Algarum aquae dulcis et submarinae (Sectio III. 1868) trennt zwar unter Zugrundelegung meiner Beobachtungen Volvox Globator L. und minor Stein, verwechselt aber die unterscheidenden Charaktere insofern, als er Volvox Globator irrthümlich als diöcisch, V. minor als monöcisch aufführt, während das Gegentheil richtig ist.

Da nun einmal in der Nomenclatur eine nicht immer lösbare Verwirrung eingetreten ist, so möchte es sich empfehlen, die alten Namen ganz fallen zu lassen, und nach dem charakteristischen Merkmale

a) Volvox monoicus (V. Globator Ehr. 1831, Cohn 1856; V. stellatus Ehr. 1831, Carter 1858),

b) Volvox dioicus (V. minor Stein 1854, Cohn 1856; V. aureus Ehr. 1831; V. Globator Carter 1858)

zu unterscheiden. Vielleicht kann man, da zur Sicherstellung der beiden meist gleichzeitig unter einander vorkommenden Formen als specifisch getrennter Arten noch weitere Beobachtung erforderlich scheint, beide für jetzt als zwei Subspecies des alten Linné'schen Volvox Globator auffassen.

Wenden wir uns schliesslich noch zur Untersuchung der Frage, inwieweit die hier entwickelten Verhältnisse auch für andere Gattungen aus der Familie der Volvocineen Geltung haben, so tritt uns zunächst die zierliche Eudorina elegans entgegen, bei welcher ich schon im Jahre 1856 das Vorkommen von Spermatozoenbündeln angezeigt habe;[25]) aber erst Carter gab 1858 deren vollständige Entwickelungsgeschichte, indem er ihre Entstehung aus den 4 vorderen Zellen (Androgonidien) eines ovalen, 32zelligen, monöcischen Coenobiums nachwies, welche demzufolge zu Antheridien sich entwickeln; die 28 übrigen Zellen sind Gynogonidien und werden zu Oogonien.[26]) Die 4, aus je 64 Segmenten bestehenden

Digitized by Google

Bündel lösen sich bei der Geschlechtsreife in die einzelnen Spermatozoiden auf, welche einen ausserordentlich plastischen, euglenaartig contractilen, bald verlängert-spindelförmigen, bald verkürzt-birnförmigen, hellgrünen Plasmakörper mit farblosem Schnäbelchen, rothem Pigmentfleck und zwei Flimmergeisseln besitzen. Nachdem die von einer Zellmembran eingeschlossenen, kugeligen Oosphären durch die im nämlichen Coenobium frei umherschwärmenden Spermatozoiden befruchtet sind, werden sie, wie ich selbst beobachtet, zu rothen Oosporen mit glattem Epispor.

In auffallender Weise abweichend verhält sich dagegen eine mit Eudorina elegans nahe verwandte, und mit dieser oft verwechselte Volvocineengattung, Pandorina Morum, deren sexuelle Fortpflanzung erst 1869 durch Pringsheim[27]) festgestellt worden ist. Die 16zelligen Coenobien dieser Pflanze sind entweder geschlechtslos, indem sämmtliche Zellen sich als Parthenogonidien verhalten und Tochterfamilien gleicher Art aus sich hervorgehen lassen. Oder die Coenobien sind geschlechtlich; letztere entstehen in geschlechtslosen Zellfamilien, indem die 16 Zellen sich in der Regel jede nur in 8 Segmente theilen und dadurch jungen Tochterfamilien den Ursprung geben, welche entweder männliches oder weibliches Geschlecht besitzen. Die geschlechtlichen Familien lösen sich in ihre einzelnen Zellen auf, welche als Schwärmsporen sich selbstständig bewegen; je zwei Schwärmsporen, aus Familien verschiedenen Geschlechts abstammend, nähern sich, berühren sich an der farblosen Stelle (Schnäbelchen, Keimfleck) und verschmelzen nach mehreren Minuten zu einer einzigen grünen Kugel, welche unter Röthung ihres Inhalts sich als Oospore verhält und erst nach längerer Ruhe bei der Keimung neue Pandorinen hervorbringt. Dieser Vorgang, von Pringsheim als Paarung von Schwärmsporen bezeichnet, weicht von der bei Volvox und Eudorina stattfindenden Befruchtung durch den Mangel einer erkennbaren Differenzirung der sich paarenden Schwärmer ab, da diese weder von den gewöhnlichen Schwärmzellen sich unterscheiden, noch unter einander irgend welche Unterschiede, nicht einmal constante Grössenverschiedenheiten zeigen.

Schon Pringsheim knüpfte die Paarung der Schwärmsporen zunächst an die Copulation der Zygnemeen an; Sachs in der neuesten Auf-

Digitized by Google

lage seines Lehrbuches der Botanik[28]) hat aus diesem Grunde die Familie der Volvocineen in die Klasse der Zygosporeen gestellt, in welcher sie neben den Myxomyceten, Mucoraceen, Zygnemaceen und Diatomaceen als eine „durch Paarung beweglicher grüner Zellen" charakterisirte Gruppe angereiht werden. Diese Stellung scheint mir widernatürlich. Es ist ein in der Systematik anerkannter Satz, dass der Platz, welchen eine Pflanzenfamilie im natürlichen System einnimmt, nicht nach den unvollkommeneren, sondern nach den Gattungen mit vollkommenster Entwickelung zu beurtheilen ist.[29]) Nun ist aber in den Gattungen Volvox und Eudorina der sexuelle Charakter ganz in der nämlichen Weise ausgeprägt, wie bei denjenigen Algen, welche wir in die Klasse der Oosporeen vereinigt haben; es lässt sich kein grösserer Geschlechtsunterschied denken, als zwischen den Oogonien von Volvox mit ihren ungetheilten, kugeligen, durch bedeutende Grösse sich auszeichnenden Eizellen — und den Antheridien, in denen in Folge oft wiederholter Segmentation die kleinen, lebhaft beweglichen, plastisch contractilen Spermatozoiden sich entwickeln; während die Eizellen am Orte ihrer Bildung verharren und hier zu Oosporen ausreifen, schwärmen die Spermatozoiden aus der Stätte ihrer Entstehung aus und dringen, durch eine, wie bei allen Spermatozoiden völlig räthselhafte Kraft getrieben und dirigirt, zu den Eizellen vor, obwohl diese, selbst im nämlichen Coenobium durch Membranen abgeschlossen, in anderen Fällen sogar in getrennten Coenobien erzeugt sind.

Die Uebereinstimmung aller sexuellen Verhältnisse bei Volvox und Eudorina mit Sphaeroplea auf der einen und mit Fucus auf der anderen Seite ist so einleuchtend, dass eine Vertheilung dieser Algen in zwei verschiedene Klassen als unnatürlich erscheinen muss und die Stellung aller dieser Gattungen in der nämlichen Abtheilung der Oosporeen wohl nicht bezweifelt werden kann.

Es ist allerdings noch verfrüht, aus den Vorgängen bei Volvox durch Generalisiren allgemeine Schlüsse über den Familiencharakter der Volvocineen überhaupt zu ziehen, so lange die Vorgänge bei Chlamydococcus, Stephanosphaera und Gonium nicht durch neue Untersuchungen vollständig ins Klare gestellt sind. Dennoch meine ich, dass auch die sexuelle Fortpflanzung bei Pandorina sich ohne Zwang, nicht sowohl als Bildung

Digitized by Google

von Zygosporen, sondern vielmehr von Oosporen auffassen lässt, hervorgegangen aus der Verschmelzung einer Oosphaere und eines Spermatozoids, welche allerdings bei dieser Gattung unter einander bei weitem geringere Verschiedenheiten zeigen, als dies in den vollkommeneren Gattungen der Fall ist. Pringsheim selbst spricht stets von männlichen und weiblichen Zellfamilien und Schwärmern, von denen die letzteren in der Regel durch ihre bedeutendere Grösse von den ersteren unterschieden sind.[27])

Es ist ja nicht zu bezweifeln, dass alle geschlechtliche Befruchtung im Reiche der Kryptogamen auf der Paarung von — wenn auch nicht Schwärmzellen — so doch von nackten Primordialzellen beruht, und dass insbesondere im Reiche der Thallophyten von den an Masse, Gestaltung und Inhalt völlig gleichartigen Plasmakörpern copulirter Zygnemeen und Desmidiaceen bis zu den durchaus verschieden entwickelten Oosphaeren und Spermatozoiden alle möglichen Zwischenstufen sich nachweisen lassen. Ich möchte hieraus den Schluss ziehen, dass Zygosporeen und Oosporeen nicht, wie ich selbst früher angenommen habe,[30]) als zwei getrennte Hauptklassen der Thallophyten, sondern nur als zwei Unterabtheilungen der nämlichen Klasse (Gamosporeae) gelten dürfen, deren wesentlicher Charakter auf der Erzeugung geschlechtlich befruchteter Sporen beruht, während in dem Grade der sexuellen Differenzirung ein stufenweiser Fortschritt in mannigfaltigen Uebergängen sich verfolgen lässt.[31])

Pringsheim legt allerdings ein besonderes Gewicht darauf, dass bei Pandorina die Befruchtungskugeln nicht, wie gewöhnlich, unbewegte, sondern bewegliche Primordialzellen sind, und es soll die Bedeutung dieser schönen Entdeckung, welche viele früher dunkle Vorgänge in ein helles Licht setzt, nicht verkannt werden. Ob aber gerade in der Familie der Volvocineen, wo selbst die vegetativen Zellen sich wie Schwärmsporen verhalten, in der Beweglichkeit der Oosphaeren ein die Fortpflanzung wesentlich modificirendes Moment zu erkennen ist, würde sich erst dann beurtheilen lassen, wenn wir über die ursächlichen Verhältnisse, welche in gewissen nackten Primordialzellen spontane Bewegungen erregen, klarere Kenntniss besässen.

Digitized by Google

Anmerkungen.

[1]) Leeuwenhoek (1632—1723) ist in der Geschichte der Naturwissenschaft eine hervorragende Erscheinung auch darum, weil ihm Arbeitskraft, Forschungslust und Klarheit des Auges wie des Geistes bis ins höchste Alter ungeschwächt blieben; der letzte Brief, den er in seinem 91. Jahre an die Royal Society von London richtete, enthält noch mikroskopische Entdeckungen über Blutkörperchen, Weinhefe und Fortpflanzung der Thiere, die nämlichen Gegenstände, mit denen er 50 Jahre vorher die glänzende Reihe seiner Forschungen begonnen hatte. Wohlverdient ist daher die nationale Huldigung, welche in diesem Jahre zum Andenken an die Mitte September 1675 von Leeuwenhoek gemachte Entdeckung der Infusionsthierchen in Holland vorbereitet wird; ohne Zweifel wird die gesammte wissenschaftliche Welt dieser Säcularfeier ihre Sympathie zuwenden. Es sei mir vergönnt, aus der von J. G. Kerckhedere zu Ehren seines Zeitgenossen Leeuwenhoek gedichteten lateinischen Ode, welche der Leydener Ausgabe seiner Opera omnia von 1722 vorgedruckt ist, eine Stelle in der Uebersetzung hier aufzunehmen, die den Entdecker der mikroskopischen Welt in gleicher Linie mit anderen Weltentdeckern nicht unpoetisch verherrlicht und auch auf den Gegenstand dieser Abhandlung Bezug zu nehmen scheint:

Folgend Colombo's Spur, enthüllt Amerigo's Fernblick
Welten, welche vordem nimmer ein Auge geschaut;
Denn die magnetische Nadel, indem sie zum eisigen Pol weist,
Führet den Kühnen zum Ziel durch das unendliche Meer.
Doch der jüngere Huyghens entdeckt verborgene Welten,
Welche der Kiel nicht erreicht, durch die dädalische Kunst;
Denn mit gebrechlichem Glas durchmisst er entlegene Räume,
Die durch des Fittigs Flug Dädalus nimmer berührt;
Zu den Gestirnen bricht er sich Bahn; vier Kugeln erschaut er;
Deiner Trabanten Gefolg, mächtiger Jupiter ist's.
Auch nicht deine Begleiter, Saturn, und der riesige Zirkel
Bleiben des Teleskops kräftigem Spiegel verhüllt;
Unsichtbarer Welten unzählige Schaaren erscheinen
Vor der Neuzeit Blick unter der Gläser Gewalt. —
Leeuwenhoek, Du bist es allein, der durch ähnliche Künste
Neue Welten auch jetzt noch zu entdecken versteht.
Fruchtbar ist die Natur, sie hat nichts Geringes geschaffen,
Was für das Kleinste du hältst, rufet noch Wirbel hervor;
Ein Elephant ist die Mücke, sie birgt noch kleinere Mücken.
Denn ein Erdenball scheinet das winzige Thier.

Digitized by Google

Unsichtbare Schwärme entgehn dem nackenden Auge —
Leeuwenhoek nun hilf! Schnell mit den Gläsern herbei!
Komme den Adamiden zu Hilf' mit krystallener Kugel!
Zeige wie Meeressand zu Apeninnen sich hebt!
Bringe dein Mikroskop, das selbstgeschliffne, zum Zeugen!
Breite der Mutter Natur heimliche Schätze uns aus.
Klein ist das Arbeitsfeld, doch gross die Ehre der Arbeit.
Hier auch Honigseim sammelt ihr Bienen vom Feld!...

[2]) Antonii a Leeuwenhoek S. R. A. M. Epistolae ad Societatem regiam anglicam seu continuatio mirandorum Arcanorum Naturae detectorum Lugduni Batavorum J. A. Langerak 1719. Epistola 122 pag. 147 seq.

[3]) l. c. p. 151 Fig. 1.

[4]) Henry Baker Employment for the Microscope 1752, Deutsch: Beiträge zum nützlichen und vergnüglichen Gebrauch und Verbesserung des Mikroskops, Augsburg 1754.

[5]) Linné Diss. de mundo invisibili in Amoenitates academicae. VII. 1767-

[6]) Roesel, Insectenbelustigungen. tom III. p. 1. 1755.

[7]) O. F. Müller, Historia vermium 1773; animalcula infusoria fluviatilia et marina 1786.

[8]) Ehrenberg, Abh. d. Berlin. Akad. 1831; die Infusionsthierchen 1838. p. 60 seq.

[9]) v. Flotow, Ueber Haematococcus pluvialis Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. cur. vol. XX. P. II.

[10]) A. Braun, Ueber Verjüngung in der Natur. Freiburg 1849—50; Leipzig 1851.

[11]) Dujardin, Histoire des Zoophytes infusoires. Paris 1841. p. 312.

[12]) v. Siebold, de finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis. Erlangen 1844. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, 1. Lief. 1845. Ueber einzellige Pflanzen und Thiere. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie 1849.

[13]) Ferdinand Cohn, Nachträge zur Naturgeschichte des Protococcus pluvialis Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. cur. vol. XXII. P. II. 1850; Beiträge zur Entwickelungsgeschichte mikroskopischer Algen und Pilze Nova Acta vol. XXIV. P. I. 1853; Ueber eine neue Gattung aus der Familie der Volvocinen, Zeitschrift für wissenschafl. Zoologie, Bd. IV. 1852; Ueber Stephanosphaera pluvialis Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. cur. XXVI. I. 1856.

[14]) Busk, Quaterly Journal microsc. soc. 1852 p. 35, 1853 p. 31—35. Williamson ib. p. 45.

[15]) Tageblatt der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Wien vom 18. September 1856 p. 53, Comptes rendus de l'Academie des sciences de Paris, séance du 1. Dec. 1856. tom. XLIII. p. 1054—56; Annales des sciences naturelles Bot. 1857 p. 323; übersetzt mit einigen Abänderungen im Jahresbericht der Schles. Gesellschaft für 1856, Botanische Section p. 77.

[16]) Ehrenberg giebt allerdings an, dass Volvoxkugeln auch aus Einzelthieren hervorgehen können, welche sich aus der Gemeinschaft der übrigen befreien und den Stock verlassen, so wie aus kleinen Eiern, welche im Körper der Einzelthierchen vermuthet werden; doch stützen sich diese Angaben auf keine directen Beobachtungen.

Digitized by Google

[17]) Fresenius, Abhandlungen der Senkenberg'schen Gesellschaft, Bd. 2 p. 237.

[18]) Cienkowski, Ueber einige chlorophyllhaltige Gloeocapsen, Botan. Zeitung 1865 p. 20, id. über Palmellaceen und einige Flagellaten; M. Schultze, Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. 7 p. 421.

[19]) Thuret, Recherches sur les zoospores des Algues. Paris 1851 pl. 21 Fig. 7 p. 40. Thuret selbst betrachtet Tetraspora und die Volvocineen als Infusionsthierchen.

[20]) In einer jungen Volvoxkugel zählte ich auf 100 μ^2 144 dichtgedrängte Zellen; der Radius der Kugel war 25 μ, die ganze Kugelfläche also enthält 11,282, rund 12,000 Zellen; denkt man sich einen gleichmässigen Verlauf der Zweitheilung, so würden aus einer geschlechtslosen Fortpflanzungszelle nach 13 Theilungen 8192, nach 14 dagegen 16,384 Zellen hervorgehen.

[21]) Stein, die Infusorien auf ihre Entwickelungsgeschichte untersucht, Leipzig 1854 p. 46. Stein meint, die reifen Cysten (Oosporen) verlieren ihre ziegelrothe Farbe, werden blass und schliesslich farblos; er hat hierbei anscheinend abgestorbene Sporen vor Augen gehabt.

[22]) Focke, Physiologische Studien, Heft I. 1847 p. 32.

[23]) Jahresbericht der Schles. Gesellschaft für vaterl. Cultur für 1856 p. 83.

[24]) Laurent, l'Institut 1848 no. 754 (nach Perty citirt).

[25]) Carter, on the fecundation in Eudorina elegans and Cryptoglena, Annals of natural history 3. ser. 2. 1858 Octob. p. 237. Pl. VIII.

[26]) Carter, on the two Volvoces and their specific differences. Annals of natural history 3. ser. 3. 1859 Jan. p. 1. Pl. I.

[27]) Pringsheim, Ueber Paarung von Schwärmsporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche. Berlin 1869.

[28]) Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. 1874 p. 258.

[29]) Aus diesem Grunde wird z. B. Fraxinus excelsior unter die Monopetalae, Ranunculus unter die Polypetalae eingereiht.

[30]) Cohn, Conspectus Familiarum cryptogamicarum secundum methodum, naturalem dispositarum Hedwigia 1872 p. 18; ausführlicher im Jahresbericht der Schlesischen Gesellchaft für 1871. Bot. Sect. p. 25.

[31]) Auch die von Sachs in eine besondere Klasse (Protophyta) eingeschobenen Palmellaceen dürfen mit dem grössten Theil der bisher noch bei den Infusorien belassenen Flagellaten meines Erachtens nicht aus der Nähe der Volvocineen getrennt werden, mit denen sie unverkennbare Verwandtschaftsbeziehungen zeigen.

Digitized by Google

Erklärung der Tafel.

Vergrösserung von Fig. 1 = 250, von 2, 3 = 400, von 4, 5, 6, 7 = 800.

Fig. 1. Eine kugelförmige Zellfamilie von Volvox Globator L. (monoicus) geschlechtliches Coenobium: a, a^2, a^3, a^4 männliche Zellen (Androgonidien), zu Antheridien mit Spermatozoidenbündeln entwickelt, a von oben, a^2 von der Seite gesehen, a^3 die Bündel in die einzelnen Spermatozoiden aufgelöst; a^4 ein Antheridium, fast ganz entleert, nur wenige Spermatozoiden sind in der Mutterblase zurückgeblieben; b, b, b... weibliche Zellen (Gynogonidien), zu Oogonien entwickelt; b^2 mit Vacuolen im Innern; bei b^3 haben sich die Spermatozoiden aussen an die Gallerthülle des Oogoniums angesetzt; einzelne Spermatozoiden bewegen sich in der Centralhöhle des Coenobiums.

Fig. 2. Befruchtung einer Oogonie, die Oosphaere (Befruchtungskugel) von Spermatozoiden umschwärmt, welche die Gallertmembran durchbohrt haben; bei *** haben sich drei Spermatozoiden mit ihrem Körper an die Oosphaere angelegt, ihr Hals macht wurmförmige Bewegungen.

Fig. 3. Unreife Oospore; das sternförmige Epispor ist schon ausgebildet, das gallertartige Endospor beginnt erst sich zu bilden.

Fig. 4. Spermatozoidenbündel, noch ungetrennt, im Innern der Antheridie rotirend.

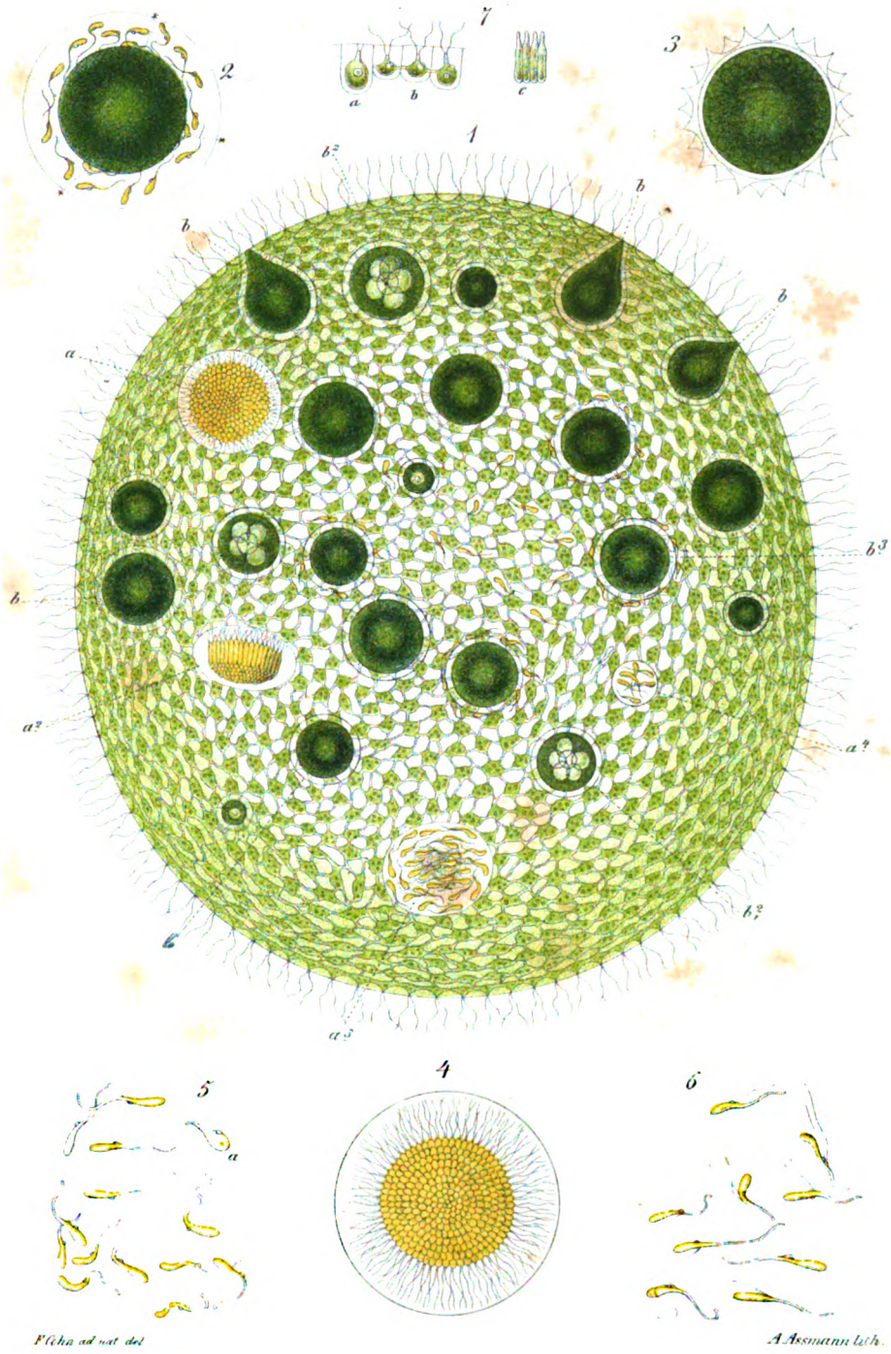
Fig. 5. Spermatozoiden, isolirt und lebhaft bewegt, mit contractilem und flexilem Hals; a ein im Wasser hydropisch angeschwollenes Spermatozoid.

Fig. 6. Spermatozoiden durch Jod getödtet, zeigen die Anheftung der Geisseln deutlich.

Fig. 7. Ein Segment aus der Peripherie einer Volvoxkugel; a eine Fortpflanzungszelle; b drei sterile (vegetative) Zellen; c stäbchenförmige Segmente aus der Peripherie einer sehr jungen Zellfamilie (halbschematisch).

Druck von Grass, Barth u. Comp. (W. Friedrich) in Breslau.

Digitized by Google



Digitized by Google