



## 14. October. Gesamtsitzung der Akademie.

Hr. Pringsheim las über Paarung von Schwärmsporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche.

Die Untersuchungen, deren Resultat ich in dieser vorläufigen Mittheilung kurz zusammenfasse, bilden eine Fortsetzung und Erweiterung meiner ersten Arbeiten über das Geschlecht der Algen.

In einer Reihe von Beobachtungen an einigen Gattungen aus der grossen Abtheilung der Zoosporeen konnte ich damals<sup>1)</sup>, wie bekannt, den Beweis führen, daß diejenigen ihrer Fortpflanzungszellen, welche man früher als ruhende Sporen bezeichnete, die weiblichen Geschlechtsproducte dieser Pflanzen darstellen. Die befruchtenden, männlichen Elemente fand ich bei einigen Gattungen unter der Form kleinerer, von den Schwärmsporen mehr oder weniger abweichenden Bildungen; bei anderen Gattungen dagegen fand ich sie in ihrer Gestalt so sehr mit den Schwärmsporen derselben Gattungen übereinstimmen, daß sie nur noch als eine kleinere Form dieser Schwärmsporen erschienen.

Die hieraus für die Vermehrung und Zeugung dieser Gewächse gewonnenen Vorstellungen ließen sich dann ohne Schwierigkeit auf alle diejenigen Zoosporeen ausdehnen, bei welchen neben ruhenden Sporen noch zweierlei Schwärmsporenformen, grössere und kleinere, bekannt waren, oder bei denen doch mindestens die Existenz ruhender Sporen erwiesen oder zu vermuthen war.

Allein bei der Mehrzahl der Algengattungen, welche Schwärmsporen besitzen, hat man bisher trotz der eifrigsten Nachforschungen neben den Schwärmsporen ruhende Sporen nicht auffinden können und unter diesen giebt es überdies Gattungen, bei welchen zwar schon zweierlei Schwärmsporenformen bekannt sind, von welchen jedoch angegeben wird, daß beide

---

<sup>1)</sup> Monatsberichte d. Berl. Acad. 1855, 56, 57 und Jahrbücher für wiss. Bot. I. u. II.

gleichwerthig sind und dafs die einen, wie die anderen ohne Zwischentreten des Geschlechtsactes in gleicher Weise unmittelbar keimen. Endlich habe ich selbst noch von einigen anderen Gattungen mit zweierlei Schwärmsporenformen, bei welchen ruhende Sporen ebenfalls unbekannt waren, nachgewiesen<sup>1)</sup>, dafs bei ihnen die kleinen Schwärmer in einen Dauerzustand übergehend selbst zu ruhenden Sporen werden und dafs es diese aus den sogenannten Microgonidien entstandenen Ruhesporen sind, welche bei ihrer späteren Entwicklung die Mutterpflanze wieder erzeugen.

Diese verschiedenen Angaben, welche zum Theil wenigstens scheinbar auseinandergehen, deren Richtigkeit jedoch nichtsdestoweniger unangefochten und unzweifelhaft ist, verlangten offenbar eine ausgleichende Erklärung, wenn man nicht etwa geneigt war sehr wesentliche Differenzen in der Vermehrungs- und Fortpflanzungsweise dieser unter sich so nahe verwandten Pflanzen anzuerkennen. Wollte man nun nicht annehmen, dafs alle diese Pflanzen ohne ruhende Sporen geschlechtslos sind — ein Ausweg, der allerdings den bequemsten aber zugleich sicher den unfruchtbarsten Abschluss brachte — so mußte man entweder voraussetzen, dafs bei ihnen die ruhenden Sporen noch gefunden werden würden — was bei der sorgsamsten Durchforschung des Gebietes in den letzten Jahrzehnten für eine große Anzahl von Gattungen kaum glaublich erschien — oder man war zu der Annahme genöthigt, dafs auch noch innerhalb der Abtheilung der Zoosporeen und zwar an den bereits bekannten Organen derselben der Sexualact in einer besonderen, bisher noch nicht unterschiedenen Modification auftreten möchte, durch deren directe Beobachtung die mangelnde Übereinstimmung in dem Entwicklungsgange der Zoosporeen mit ruhenden Sporen und derjenigen ohne ruhende Sporen sich herstellen würde.

Wo dieser unbekante Sexualact zu suchen sei, dafür schien mir, wie ich bereits in früheren algologischen Aufsätzen aussprach, in der nachgewiesenen Existenz von zweierlei Schwärmsporenformen an derselben Pflanze schon eine genügende An-

---

<sup>1)</sup> Monatsberichte d. Berliner Acad. d. Wiss. 1860.

deutung zu liegen und ich habe deshalb auf die genauere Erforschung der Umstände, unter welchen die Microgonidien entstehen und keimen, meine Untersuchungen wiederholt hingelenkt, auch den Gegenstand bei jeder sich mir darbietenden Gelegenheit stets von Neuem wieder aufgenommen.

So gelang es mir endlich zunächst bei einer Pflanze aus der Familie der Volvocineen den Befruchtungsact in einer Form wiederzufinden, welche einen neuen Ausgangspunkt für die Aufsuchung des Sexualactes bei den nur mit Schwärmosporen versehenen Zoosporeen darbietet und welche zugleich nicht nur als eine neue Modification des Befruchtungsactes von Interesse ist, sondern noch vielmehr deshalb, weil sie eine Zwischenstufe zwischen den bekannten Formen der Zeugungsvorgänge darstellt und die verschiedenen Geschlechtsproducte als eine Reihe in einander übergehender Abweichungen derselben Form erscheinen läßt.

Diese besondere Modification der Zeugung der Zoosporeen ist ein Vorgang, den ich als Paarung von Schwärmosporen bezeichne und dessen wesentlichste Differenz von anderen Zeugungsvorgängen in dem Auftreten schwärmender Oosporen oder vielmehr beweglicher Befruchtungskugeln liegt, die in ihrer äußeren Gestalt mit Schwärmosporen völlig übereinstimmen.

Die Pflanze, auf welche sich diejenigen meiner Untersuchungen, die ich hier zunächst veröffentlichen will, beziehen, ist eine der verbreitetsten Volvocineen, allein sie ist vielfach in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien mit einer zweiten, ihr nächst verwandten Volvocinee verwechselt worden. Zudem sind die einzelnen Entwicklungsstufen beider Pflanzen unter unhaltbaren und incorrecten Diagnosen als verschiedene Gattungen unter den Namen *Pandorina*, *Eudorina*, *Botryocystis*, *Spondylomorom* und *Synaphia* beschrieben und von den Beobachtern überdies noch in nicht übereinstimmender Weise bald hier, bald dorthin gezogen worden. Hieraus entstand eine fast unlösbare Verwirrung in der Nomenclatur der hierher gehörigen Formen und man geräth, wenn man die Confusion nicht noch durch neue Namen vermehren will, in Verlegenheit, welchem der vorhandenen man den Vorzug geben soll. Ohne an dieser

Stelle dies weiter auszuführen, will ich hier nur bemerken, daß ich von den beiden mir bekannten Pflanzen für die eine den Namen *Pandorina Morum* für die andere den Namen *Eudorina elegans* festhalten werde.

Von *Pandorina* liegt mir der Entwicklungskreis in seinen wesentlichsten Momenten vollständig vor. Für *Eudorina* kann ich den älteren Beobachtungen einige neue Erfahrungen über die Keimung ihrer Oosporen, die hier in etwas anderer Weise als bei den übrigen Volvocineen stattfindet, hinzufügen; so daß es auch bei *Eudorina* möglich wird den Entwicklungskreis zu schliessen, wodurch dann die bestehenden Zweifel über die gegenseitige Abgrenzung beider Formen sich heben.

In einem besonderen Aufsätze über die Entwicklung von *Pandorina Morum* in einem der nächsten Hefte meiner Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, beabsichtige ich die Ergebnisse dieser meiner Untersuchungen an *Pandorina* und *Eudorina* mit der Ausführlichkeit, die sie verlangen, mitzutheilen. Dort werde ich auch die Nomenclatur beider Pflanzen zu berichtigen suchen und ihre spezifischen Differenzen, die erst im ganzen Verlaufe der Entwicklung am schärfsten hervortreten, eingehender nachweisen. Hier dagegen, wo es mir darauf ankömmt, die Vorgänge die bei dem Sexualacte der *Pandorina* eintreten, genauer zu schildern und ihre Beziehungen zu den anderen Zeugungsphaenomenen der Pflanzen vergleichend hervorzuheben, wird es zur Orientirung über die Form, die ich *Pandorina Morum* nenne, und zu ihrer besseren Unterscheidung von *Eudorina elegans* genügen mit einigen Worten auf den verschiedenen Bau beider Pflanzen im erwachsenen Zustande aufmerksam zu machen.

Bis zum Eintritt der Erscheinungen in ihnen, welche die Vermehrung einleiten, sind beide Pflanzen schon durch die Form und die Anordnung ihrer grünen Zellen leicht zu unterscheiden.

*Pandorina* (Fig. 1.) hat etwa keilförmige Zellen, die mit der Basis des Keiles nach Aussen gerichtet in engem, gewebeartigem Anschlusse an einander den eiförmigen Raum, den die Gesamthülle der Pflanze umschliesst, völlig ausfüllen. *Eudorina* (Fig. 8.) dagegen hat kugelrunde Zellen, welche in regelmässigen, ungefähr gleichen Abständen von einander an der Peripherie

der Gesammthülle in einer einschichtigen Lage angeordnet sind. Der eigentliche Bau der Zelle ist bei beiden Pflanzen völlig gleich und dem aller übrigen Volvocineen conform.

*Pandorina* besteht ferner typisch aus 16 Zellen. Mehr als 16zellige *Pandorinen* sind mir nie vorgekommen; dagegen können auch hier, wie bei allen Pflanzen, die in Coenobien oder Familien vereinigt sind, durch Unterbrechung der Theilungen auf früheren Entwicklungsstufen regelmäßige oder unregelmäßige Formen von geringerer Zellenanzahl entstehen.

Bei *Eudorina* wiederum scheint die Zahl 32 die gesetzmäßige für die Anzahl der vereinigten Zellen zu sein. Neben den 32zelligen kommen jedoch vielleicht kaum minder häufig 16zellige vor und unter den ersten aus der Keimung der Oosporen unmittelbar hervorgehenden Exemplaren scheinen die 16zähligen sogar zu überwiegen. Solche von geringerer Anzahl entstehen wie bei *Pandorina Morum*. Mehr als 32zellige sah ich nicht.

Die geschlechtslose Vermehrung von *Pandorina* erfolgt nach Art der mehrzelligen Volvocineen und Hydrodictyeen — wie dies in seinen Hauptzügen auch schon für *Pandorina* bekannt ist — durch Bildung einer vollständigen jungen Pflanze in jeder Zelle der Mutter. In einer 16zelligen *Pandorina* entstehen daher bei der Vermehrung, wenn der Vorgang ganz regelmäßig und in allen Zellen der Mutter gleichartig geschieht, 16 junge *Pandorinen*, die mit Ausnahme der Gröfse in allen Stücken der Mutter völlig gleichen. Durch die allmälige, schon während der Bildung der Jungen eintretende, gallertartige Aufquellung und Verflüssigung der Gesammthülle der Mutter und der besonderen Membranen der Mutterzellen der entstehenden jungen Pflanzen werden diese endlich frei und entschlüpfen. Auch über die Einzelstadien dieses Vorganges, die noch mancherlei bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten darbieten, muß ich das Nähere dem besonderen Aufsätze über die Entwicklung der *Pandorina* vorbehalten.

Die sexuelle Vermehrung der *Pandorina* endlich geschieht unter den folgenden Erscheinungen.

Wie bei der geschlechtslosen Vermehrung werden aus den Zellen der Mutterpflanze 16 junge Pflanzen unter Aufquellung

der Membranen der alten Pflanze gebildet (Fig. 2.). Die entstehenden jungen Pflanzen sind jedoch mindestens zum Theil nicht sächliche, sondern geschlechtliche und zwar entweder männliche oder weibliche. Ob hierbei die Mutterpflanze monoecisch oder diöcisch ist, läßt sich deshalb schwer bestimmen, weil männliche und weibliche Pflanzen äusserlich gleichgebaut sind und kaum während der Zeugung mit Sicherheit unterschieden werden können. Auch von den ungeschlechtlichen Pflanzen zeigen die geschlechtlichen im Bau keine auffallenden Verschiedenheiten; nur sieht man bei der Entstehung der Geschlechtspflanzen häufiger weniger als 16 zellige, namentlich oft 8zellige Pflanzen auftreten. Ein fernerer, scheinbar nur geringer Unterschied, der aber in seinen Folgen wichtig wird, macht sich darin geltend, daß die Auflösungsphaenome der Membranen der Mutterpflanze bei der Bildung der Geschlechtspflanzen langsamer vorschreiten, als dies bei der Bildung der sächlichen Pflanzen der Fall ist. Es nehmen deshalb während der langsameren Aufquellung der Membranen der Mutterpflanze und während ihrer gallertartigen Umbildung in eine schleimig-flüssige Substanz die jungen Geschlechtspflanzen in sehr verschiedenem Mafse an Gröfse zu und da ferner die schleimige Substanz, in der sie in Folge jener Auflösungserscheinungen eingebettet sind, ihrer Zerstreung in hohem Grade hinderlich ist; so bleiben sie noch lange nach ihrer Entstehung in Gruppen vereinigt, die von mehr oder weniger Pflänzchen gebildet werden, je nach dem es in dem besonderen Falle einer gröfseren oder geringeren Anzahl gelungen ist sich zu befreien.

Da die einzelnen Pflänzchen dieser Gruppen bei ihrer Entstehung zuerst noch bewegungslos sind und da auch ihre Mutterpflanze während der Umbildung ihrer Zellen in junge Pflanzen unter Verlust ihrer Cilien ihre eigene Bewegungsfähigkeit verliert, so liegt die ganze Gruppe in den ersten Stadien ihrer Entstehung völlig regungslos und ruhig da.

Allein später entwickeln die jungen Geschlechtspflänzchen ganz so, wie die neutralen, an jeder ihrer Zellen 2 schwingende Cilien und diese beginnen, sobald nur die Consistenz des umgebenden Schleimes es gestattet ihre Bewegungen. Zuerst an einzelnen Cilien und Pflänzchen sichtbar (Fig. 2) ergreift die

Bewegung, während die einzelnen Geschlechtspflanzen schon an Gröfse zunehmen, in gleichem Schritt mit der vorschreitenden Auflösung des Mutterzellmembranen nach und nach alle Pflänzchen der Gruppe und so geräth endlich die ganze, noch zusammenhängende Gruppe in eine gemeinsame und lebhaftere Ortsbewegung und Rotation. Unter günstigen Umständen kann man derartige in continuirlicher, lebhafter und gemeinsamer Bewegung begriffene Gruppen (Fig. 3; 4.) von wenigen oder zahlreicheren Geschlechtspflanzen gebildet und in eine dünnschleimige Masse eingebettet in großer Anzahl zugleich nebeneinander unter dem Gesichtsfelde beobachten. Nicht immer jedoch werden diese Gruppen ausschliesslich von Schwesterpflanzen gebildet, denn man sieht häufig einzelne Geschlechtspflanzen, die sich von irgend einer Gruppe losgerissen haben, an andere Gruppen herantreten (*a* Fig. 4). Diese bleiben dann meist an der Gruppe, auf die sie gestossen sind, haften und bewegen sich mit ihr gemeinsam weiter.

Während dieser oft stundenlangen Bewegungen der Gruppen wiederholt sich nun an den Membranen der Geschlechtspflanzen derselbe Aufquellungs- und Verflüssigungs-Vorgang, durch welchen bei deren eigenen Entstehung die Membranen ihrer gemeinsamen Mutterpflanze zerstört wurden (Fig. 3*m*); allein der Inhalt ihrer Zellen geht hierbei nicht so, wie dort, vorher eine Theilung ein, sondern gestaltet sich in jeder Zelle sämmtlicher Geschlechtspflanzen zu einer einzigen Schwärmspore, die durch die soeben erwähnte, hier aber sich rascher vollziehende Verflüssigung der Membranen frei wird. Indem dieser Vorgang nach und nach alle Pflänzchen der Gruppe ergreift und so aus jedem einzelnen Geschlechtspflänzchen je nach der Anzahl seiner Zellen 16 oder 8 Schwärmsporen frei werden, sammeln sich diese um und zwischen den noch nicht aufgelösten Pflänzchen der Gruppe in grosser Anzahl an (Fig. 3.) und bewegen sich, da sie an ihrer Zerstreung gleichfalls durch den mehr und mehr sich anhäufenden Umbildungsschleim der Membranen gehindert werden, gemeinsam mit der ganzen Gruppe weiter.

In ihrem allgemeinen Bau zeigen die so entstandenen Schwärmer keinen Unterschied von anderen Schwärmsporen. An ihrer farblosen Spitze, die wie bei anderen Schwärmsporen gestaltet und

namentlich weder länger ausgezogen noch contractiler ist, als dies bei den gewöhnlichen, keimenden Schwärmsporen der Fall ist, besitzen sie — wie andere Schwärmsporen auch — ein seitlich gelegenes rothes Körperchen und 2 lange, schwingende Cilien, mit denen sie sich gleichfalls in der gewöhnlichen Weise der Schwärmsporen bewegen können (Fig. 3 und Fig. 4 s).

Auch wenn man die einzelnen *Pandorina*-Schwärmer unter einander vergleicht, so zeigen sie aufser Dimensions-Unterschieden sonst keine in die Augen springenden Verschiedenheiten. Namentlich nicht solche, durch welche etwa zweierlei verschiedene Formenreihen unter ihnen kenntlich würden, und dies gilt, wie ich ausdrücklich bemerke, auch bezüglich ihrer Gröfse; denn man sieht zwar kleinere und gröfsere unter ihnen, allein durchaus nicht blofs solche von zweierlei verschiedenen Gröfsen. Vielmehr können, wie die Fig. 3 und 4 zeigen, sowohl die Schwärmer als auch die Geschlechtspflanzen, aus denen sie hervorgehen, sehr verschiedene, zwischen zwei ziemlich weiten Grenzen schwankende Dimensionen erreichen.

Unter diesen in der Gruppe befindlichen, isolirten Schwärmsporen von verschiedener Gröfse sieht man nun endlich fortwährend solche, die gleichsam sich suchend sich paarweise einander nähern (Fig. 3. 4.). Diese berühren sich, wenn sie sich treffen, ganz vorn an ihrer hellen Spitze (Fig. 3 a; a und andere), verschmelzen hier (Fig. 3 an verschiedenen Stellen. Fig. 4 b. Fig. 5 a. b.) mit einander und nehmen in ihrer Verbindung sogleich eine biscuitartige Gestalt an. Die vorhandene Kerbung (z. B. Fig. 3. c. c. c.), die noch ihre frühere Trennung verräth, schwindet nach und nach ganz und die gepaarten Schwärmer bilden schliesslich nur eine einzige, grofse, grüne Kugel (z. B. Fig. 3 d und Fig. 5 i), an deren Umrifs man ihre Entstehung aus zwei ursprünglich getrennten Schwärmern nicht mehr erkennen kann. Wohl aber noch daran, dafs die entstandene Kugel (Fig. 5 c—h) gröfser ist, als die einzelnen in der Nähe befindlichen Schwärmer, dafs sie ferner eine auffallend vergrößerte farblose Mundstelle hat, an welcher rechts und links zwei rothe Körperchen befindlich sind, und dafs sie endlich vier noch schwingende Cilien besitzt, die paarweise in der Nähe der beiden rothen Körperchen entspringen. Jedoch schon

kurze Zeit nach der Annahme der Kugelgestalt werden auch die 4 Cilien starr und verschwinden später endlich ebenso, wie die beiden rothen Körperchen völlig (Fig. 5i).

Dieser ganze Paarungsact der Schwärmosporen dauert in jedem einzelnen Falle von der Berührung der beiden Schwärmosporen mit ihren Spitzen an bis zur schließlichen Annahme der Kugelgestalt mehrere — bis 5 — Minuten, und läßt daher seine Einzelstadien mit der größten Genauigkeit verfolgen.

Die aus der Paarung hervorgegangene, grüne Kugel wird zur Oospore, welche, wie ich noch zeigen werde, unter nur geringem Wachstume und unter Röthung ihres Inhalts nach längerer Ruhe keimt und eine neue *Pandorina* hervorbringt.

Der zunächst auffallende Umstand bei diesem Paarungsacte ist offenbar der schon hervorgehobene Mangel einer erkennbaren Differenz der sich paarenden Schwärmer. — Nur ihre Gröfse giebt einen geringen Anhaltspunkt für die Beurtheilung ihres geschlechtlichen Werthes, aber auch diese läßt den Beobachter in vielen Fällen im Stich. Allerdings sieht man überwiegend häufig einen kleinen Schwärmer sich mit einem größeren paaren, aber oft genug vereinigen sich zwei gleich grofse und zwar sowohl zwei gleich grofse der kleineren als der größeren Formen. Aus diesem Verhalten, welches die Deutung der Erscheinung auf Abwege zu verirren geeignet ist, scheint mir nothwendig zu folgen, dafs hier sowohl die weiblichen, als die männlichen Geschlechtsproducte in sehr verschiedenen Gröfsen auftreten können. Da nun in einzelnen Fällen die Paarung zwischen einem relativ sehr kleinen und einem sehr grofsen Schwärmer eintritt und da ferner, wenn die sich paarenden Schwärmer gleich sind, beide immer entweder zu den kleineren und mittleren gehören, niemals aber, soweit meine sehr zahlreichen, directen Beobachtungen des Paarungsactes reichen, zwei der größten sich mit einander paaren, so folgere ich hieraus weiter, dafs die Gröfsschwankungen der einen Art — der Analogie nach der weiblichen — Schwärmer bedeutender sind, als die der anderen Art — der männlichen.

Dasselbe gilt nun auch für die ganzen männlichen und weiblichen Pflanzen, aus denen die sich paarenden Schwärmer hervortreten. Bei der Beurtheilung des geschlechtlichen Werthes

dieser Formen kann man daher von den kleinen und mittelgroßen Geschlechtspflanzen und Schwärmern nie mit Bestimmtheit sagen, ob sie weiblich oder männlich sind; dagegen möchten die größten Geschlechtspflänzchen, sowie die größten Schwärmer wohl unbedenklich als weiblich gelten dürfen.

Die Keimung der aus der Paarung hervorgegangenen Oospore, die ich, bevor ich weitere Schlüsse ziehe, noch beschreiben muß, gleicht der der anderen Volvocineen. In ihren ersten Anfängen zeigt sie aber auffallender Weise sogar noch eine grössere Ähnlichkeit mit der Keimung der ruhenden Sporen, welche aus den Microgonidien des Wassernetzes entstehen.

Werden die eingetrockneten Oosporen, die sich am Rande der Tümpel, in denen die *Pandorina* lebt, als kleine Haufen rother Kugeln ansammeln, unter Wasser gebracht, so beginnt ihr Keimung schon nach 24 Stunden (Fig. 6—7). Die Oospore bricht, wie beim Wassernetze unter Bildung eines Bruchsackes (6*b*) auf und entläßt (6*c, d*) normal eine einzige grosse Schwärmspore — in seltneren Fällen durch unregelmässige Theilung dieser einen 2 bis 3. —

Ebenso wie der Inhalt jeder einzelnen *Pandorina*-Zelle — die sg. Primordialzelle, die selbst nur als eine Schwärmspore zu betrachten ist, — sich bei der Vermehrung verhält, so zerfallen auch diese nackten und grossen Schwärmer, nachdem sie aus der Oospore hervorgetreten sind, durch succedane Theilung in 16 Zellen, die sich nach Art der *Pandorina*-Pflänzchen anordnen, Cilien erhalten und an ihrer Peripherie eine Gesamthülle bilden, kurz zu jungen *Pandorina*-Pflänzchen werden (Fig. 7*a, b, c, d*)

Werfen wir nun einen vergleichenden Blick auf die analogen Entwicklungsphaenomene der anderen Pflanzen; so bieten diejenigen Gattungen der Volvocineen, deren Sexualact schon als bekannt gilt, die nächsten Vergleichungsmomente dar. Hier aber tritt uns sogleich als ein wichtiger Unterschied der Umstand entgegen, daß Cohn für *Volvox*, Carter für *Volvox* und *Eudorina* die Saamenkörper in ihrer Form von den Schwärmsporen sehr abweichend darstellen und daß sie namentlich die Befruchtungskugeln entsprechend den damals bekannten Erscheinungen an *Vaucheria* und *Oedogonium* als kugelige, ruhende Zellen beschreiben.

Diese Differenzen würden sich jedoch zum Theil heben, wenn man voraussetzen dürfte, daß die Zellen, welche bei *Volvox* und *Eudorina* für ruhende Befruchtungskugeln gehalten wurden, nicht ruhende Zellen, sondern große aus ihrer Mutterzelle nicht ausschöpfende Schwärmsporen sind. Die Möglichkeit dieser Annahme ist offen, da beide Beobachter den Befruchtungsact dort nicht gesehen haben, ihn also nicht nach directer Beobachtung der Vereinigung der Geschlechtsproducte beschreiben, sondern die vorhandenen Organe nur nach den bei *Vaucheria* und *Oedogonium* bekannten Erscheinungen deuten. Für diese Vermuthung spricht auch eine beiläufige Bemerkung von Carter, in welcher dieser Beobachter bei *Eudorina* nach ausführlicher Beschreibung des *Volvox*-artigen Zeugungsvorganges dieser Pflanze schliesslich noch kurz von einem Vorgange spricht, der vielleicht dem Prozesse ähnlich ist, den ich bei *Pandorina* auffand, dem Carter dort aber eine sonderbare Deutung giebt, indem er ihn für eine nebensächliche und abnorme Vereinigung einer zweiten Form von Spematozoiden mit vegetativen Zellen erklärt. Es ist freilich möglich, daß hier die Verwechslung mit einer zweiten Pflanze vom anatomischen Bau der *Eudorina* vorliegt; es wäre aber auch denkbar, daß auch bei *Volvox* und *Eudorina* die Befruchtungskugeln unter der Form von Schwärmsporen auftreten, die bald in bald aufserhalb ihrer Mutterzelle befruchtet werden. Dieser Auffassung würden gleichfalls die früher unbeachteten und mir erst jetzt verständlich gewordenen Beobachtungen von Carter an *Cryptoglena lenticularis* und *orbicularis* entsprechen. Ob diese Organismen, die ich aus eigener Anschauung nicht kenne, hierhergezogen werden dürfen, ist allerdings fraglich. Die eigenthümliche Einkerbung ihres Vorderendes scheint auf eine Verwandtschaft mit *Euglenen* hinzuweisen.

Andrerseits könnte aber freilich der Unterschied von beweglichen und unbeweglichen Befruchtungskugeln eben so gut schon innerhalb der Gruppe der Volvocineen auftreten. Jedenfalls müssen neuere Untersuchungen an *Volvox* und *Eudorina* dies erst ins wahre Licht setzen.

Suchen wir nun weiter die Beziehungen dieser Befruchtungsform bei *Pandorina Morum* zu den Zeugungsvorgängen

der anderen Pflanzen auf; so eröffnet die Kenntnifs der Einzelstadien des Vorganges, die ich im Vorhergehenden beschrieben habe, ferner die Auffassung desselben als einer besonderen Modification des Zeugungsvorganges der Zoosporeen und als der eigentlichen, formellen Grundlage der Zeugungsvorgänge überhaupt, sowie endlich die Unterscheidung zwischen beweglichen und unbeweglichen Befruchtungskugeln, wie mir scheint, eine volle Einsicht in die schrittweisen Abänderungen der Geschlechtsproducte und des Geschlechtsactes der Pflanzen. —

Hierüber möchte ich meinen Beobachtungen noch die folgenden, kurzen Andeutungen hinzufügen.

Bisher erschien die Copulation der Zygosporeen als ein Vorgang, der sich nicht unmittelbar an den Zeugungsproceß der anderen Algen anreihen liefs und die ganze Abtheilung der Zygosporeen erschien hiedurch als eine in sich abgeschlossene, namentlich gegen die Zoosporeen scharf abgegrenzte Gruppe.

Gegenüber der überall sonst sichtbaren und so scharf ausgeprägten Differenz der Geschlechtsproducte in Form und Gröfse mußten natürlich die von den anderen Zeugungsphaenomenen so abweichenden Erscheinungen bei der Copulation nicht nur auffallen, sondern haben — wie dies ja bis in die neueste Zeit geschah — zu berechtigten Zweifeln an der Bedeutung der Copulation überhaupt Veranlassung gegeben. Die Paarung der Schwärmsporen, wie sie bei *Pandorina* mit kaum beginnender Differenzirung der Geschlechtsproducte auftritt, erscheint nun als eine Wiederholung des Copulationsactes bei den Pflanzen mit beweglichen Geschlechtsproducten und bildet daher eine Brücke zwischen Zygosporeen und Zoosporeen; und wenn meine Vermuthungen über die Verbreitung des Paarungsactes unter den Zoosporeen mich nicht trügen, so wird man bei genauerer Kenntnifs der Umbildungsvorgänge der Microgonidien in ruhende Sporen in den *Chaetophoreen* und namentlich in *Draparnaldia* das eigentliche Verbindungsglied zwischen diesen beiden Abtheilungen der Algen erkennen. Die Correlation zwischen reproductiven und vegetativen Phaenomenen und die mir bekannten Erscheinungen bei der Entstehung jener ruhenden Sporen aus denjenigen Microgonidien, die ich früher Dauerschwärmer

genannt habe, weisen wenigstens bereits mit Entschiedenheit hierauf hin. —

Während so die Paarung der Schwärmsporen einerseits an die Copulation der Zygosporeen anknüpft, schließt sie sich anderseits noch enger an die bekannten Befruchtungsvorgänge bei den Zoosporeen an. —

Vergleichen wir den Paarungsact von *Pandorina* mit dem Zeugungsact von *Oedogonium* (Fig. 9) und fassen wir die Gestalt und die Beschaffenheit der Schwärmspore, der Befruchtungskugel und des Spermatozoids von *Oedogonium*, welches letztere ja gleichfalls unter der Form einer kleineren Schwärmspore auftritt, näher ins Auge; so lehrt die directe Beobachtung, daß die vordere, farblose Protoplasmamasse der Befruchtungskugel von *Oedogonium*, an welcher ganz vorn wie bei *Pandorina*, die Vermischung mit dem Spermatozoid stattfindet, ganz identisch ist mit der sogenannten Mundstelle der einen der beiden Schwärmsporen, die bei *Pandorina* die Paarung eingehen und ebenso mit der sogenannten Mundstelle der unmittelbar keimenden Schwärmspore von *Oedogonium* selbst. Hierdurch erhält nun der Bau der ruhenden Befruchtungskugeln und die Beschaffenheit ihrer farblosen Vorderstelle die einfachste Erklärung und man erkennt unlegbar, daß die ruhenden Befruchtungskugeln von *Oedogonium* ferner von *Vaucheria* (Fig. 10. 11) und *Coleochaete*, an welche sich alsdann die der andern Algen mit minder ausgesprochenem oder kaum angedeutetem Befruchtungs- oder Keimfleck unmittelbar anschließen nur cilienlose und ruhende Modificationen der Schwärmsporen sind.

Allein die Analogie des Baues der Befruchtungskugel und der Schwärmspore läßt sich, wie mir scheint, noch weit über die Algen hinaus verfolgen.

Wenn man die vorhergehenden Schlüsse, die den beobachteten Erscheinungen unmittelbar entsprechen, zuläßt, so wird man sich kaum den weiteren Folgerungen entziehen können, daß auch diejenige Bildung am Embryobläschen der Phanerogamen, welche Schacht unter dem Namen des Fadenapparates unterschied, ein Analogon der farblosen Befruchtungsstelle an den Befruchtungskugeln der Algen ist und somit auch das analoge Organ der sogenannten Mundstelle oder des

Keimfleckes der Schwärmsporen ihre natürlichste Auffassung findet. Dieser Bildung entspricht aber wieder bei den höheren Cryptogamen das Gebilde, welches ich in meinen Untersuchungen über Embryobildung der Gefäßscryptogamen in der Centralzelle des Archegonium von *Salvinia* auffand und als Canalzelle unterschieden habe<sup>1)</sup>. Schon dort<sup>2)</sup> habe ich wiederholt auf die Ähnlichkeit dieser Bildung mit dem Fadenapparate der Keimbläschen der Phanerogamen aufmerksam gemacht. Da nun auch meine damaligen Andeutungen über das allgemeinere Vorkommen dieser Canalzelle bei Moosen und Farren durch spätere Untersuchungen ihre Bestätigung erhalten haben, so kann über das constante Vorkommen derselben wohl kein Zweifel mehr stattfinden. Die durchgreifende Analogie der weiblichen Geschlechtsprodukte der Pflanzen würde sich demnach schon äußerlich durch die ähnliche Erscheinung der Stelle, wo an ihnen der eigentliche Befruchtungsact ausgeübt wird, zu erkennen geben. Für diese Stelle schlage ich unter Berücksichtigung der morphologisch gleichwerthigen Stelle der keimenden Schwärmsporen als allgemeine Bezeichnung den Ausdruck „Keimfleck“ vor. Sie entspricht der sogenannten Mundstelle der Schwärmsporen, der farblosen Protoplasmasse an dem Vorderende der Befruchtungskugeln, der Canalzelle der höheren Cryptogamen und dem Fadenapparate an den Keimbläschen der Phanerogamen. Bei den Einen in die Bildung der Embryonalanlage mit eingehend, bleibt sie bei den Anderen von ihr ausgeschlossen und von den Fällen bei den Algen, wo, wie bei *Oedogonium* und *Pandorina*, die gesammte Masse der Befruchtungskugel mit Einschluss des ganzen Keimflecks zum Aufbau des Embryo verwendet wird, führt die Zeugung von *Vaucheria* (Fig. 10. 11), wo ein Theil des Keimflecks vor der Befruchtung abgestossen und ausgeworfen wird, durch die analogen Bildungsvorgänge bei *Coleochaete*<sup>3)</sup> unmittelbar zu der Erscheinung der Canalzelle und des Fadenapparates hinüber, welche gleichfalls

---

1) Monatsberichte d. Berliner Academie 1863 p. 175 und Zur Morphologie der *Salvinia natans*, Jahrb. f. wiss. Bot. III. S. 520 u. 521.

2) Jahrbücher f. wiss. Bot. III. S. 521 u. 536 unter IV. 5.

3) Jahrb. f. wiss. Bot. II. p. 15 u. f.

nur Ablösungsproducte des Keimfleckes der Befruchtungskugeln darstellen. So erscheint die Schwärmspore als die Grundform der Embryonalanlagen im Pflanzenreiche und bei der Bildung dieser wiederholen sich zugleich unter dem vorher angedeuteten Gesichtspuncte in wahrhaft überraschender Analogie die Erscheinungen, die bei der Embryobildung der Thiere als totale und partielle Furchung unterschieden werden. Auch mag noch Erwähnung verdienen, daß die Richtung der Wurzel des Embryo bei den Pflanzen, bei welchen als Product der Zeugung ein Embryo auftritt, bei dieser Parallelisirung der Embryobläschen und der Schwärmspore schon durch die Lage der Befruchtungskugel vor der Befruchtung erklärt wird, indem ja der Keimfleck, welcher von *Oedogonium* bis zu den *Phanerogamen* ohne Ausnahme der Geschlechtsöffnung zugekehrt ist, wie die Schwärmsporen zeigen, dem Keimfusse entspricht.

Da aber endlich auch die Formenunterschiede, die man früher zwischen Samenkörper und Schwärmspore festhalten wollte — wie dies die Samenkörper von *Oedogonium* und *Pandorina* zeigen — nur relativen Werth als Modificationen derselben Grundform haben, so wird man die Form der Schwärmspore, in welcher schon die ältesten Beobachter eine Anknüpfung des Pflanzenreichs an das Thierreich erblickten, als die allgemeine Grundlage sämmtlicher Reproductionskörper der Pflanzen, die unter bestimmten Formen auftreten, anerkennen dürfen und so liefse sich schon jetzt eine embryologische Einheit innerhalb des Gewächsreiches nachweisen, wenn nicht Florideen und Pilze eine schon mehr abweichende Form der Copulation zu bilden schienen, über welche noch spätere Untersuchungen eine Aufklärung bringen müssen.

Kehren wir nun von diesen morphologischenn Betrachtungen, die sich ja leicht noch weiter ausspinnen und ausführen lassen, wieder zu den Erscheinungen des Paarungsactes selbst zurück, so ist es nicht gar schwer schon jetzt die Gattungen vermuthungsweise zu bezeichnen, bei welchen ein gleicher oder doch ähnlicher Befruchtungsact vorausgesetzt werden darf. Vielerlei Andeutungen, deren Ausführung an dieser Stelle mich jedoch zu weit führen würde, liegen mir hierfür theils in eigenen, älteren Beobachtungen, theils in litterarischen Angaben vor. Eine

Reihe früher unverständlicher Erscheinungen und unaufgeklärter Widersprüche in den Angaben zuverlässiger Beobachter über die Form und Farbe der Microgonidien, über die Zahl ihrer Cilien, über ihr Verhalten nach dem Aufhören ihres Bewegungsstadiums und endlich wohl auch über Doppelsporen — die allerdings in den meisten, vielleicht aber nicht in allen beobachteten Fällen, wie man sie bisher allein aufgefaßt hat, unvollendete Entwicklungsstufen d. h. unvollständige Trennungen sein möchten — finden so durch die jetzt begründete Annahme einer Paarung ihre vollständige Aufklärung.

Ich habe bereits im Vorhergehenden meine Vermuthungen nach dieser Richtung in Betreff derjenigen Gattungen angedeutet, deren Microgonidien ich früher als „Dauerschwärmer“ bezeichnet habe und ich füge dem hier nur noch hinzu, daß ich unter diesen Microgonidien schon damals zweierlei durch Farbe und Grösse und auch durch ihr Verhalten zum Licht verschiedene Reihen unterscheiden konnte, allein nicht im Stande war die Bedeutung dieser Verschiedenheiten aufzuklären.

Meine Vermuthungen für die verschiedenen Gattungen im Einzelnen auszuführen kann ich füglich unterlassen; um so eher als es Jedem, der sich mit der Entwicklung der Algen beschäftigt, jetzt nahe gelegt ist den Paarungsact oder doch schwärmende Befruchtungskugeln bei allen denjenigen Zoosporeen zu suchen, bei welchen man bisher nur Schwärmsporen hat auffinden können. Außerdem sollen ja auch die obigen Angaben nur Andeutungen für weitere Untersuchungen bilden, die ich selbst vorzunehmen die Absicht habe, sobald sich mir die Gelegenheit dazu darbieten wird und wenn andere Beobachter mir die Zeit dazu lassen sollten. —

Die allgemeineren Resultate der vorliegenden Untersuchung fasse ich schließlichsch noch in folgenden Sätzen kurz zusammen.

- 1) Es giebt in der Abtheilung der Zoosporeen bewegliche Befruchtungskugeln, d. h. Eianlagen, die als Schwärmsporen auftreten.
- 2) Die ruhenden Eianlagen (Befruchtungskugeln) sind cilienlose, nähere oder entferntere Formenabweichungen der Schwärmspore.

- 3) Das farblose Vorderende der Befruchtungskugeln der Algen, die Canalzelle der höheren Cryptogamen und der Fadenapparat der Phanerogamen sind Bildungen, welche morphologisch der s. g. Mundstelle d. h. dem Keimfleck oder, was dasselbe ist, dem Fufse der Schwärmerspore gleichwerthig sind.
- 4) In Analogie der Erscheinungen totaler und partieller Furchung der thierischen Eier wird auch bei den Pflanzen bald die ganze Masse der Befruchtungskugel zur Embryobildung verwendet, bald nur ein Theil derselben; in letzterem Falle unter gänzlicher? oder theilweiser Abstofsung des farblosen Fufses der Befruchtungskugel, die jedoch hier bald vor (*Vaucheria*, *Coleochaete*, *Salvinia*) bald nach? der Befruchtung (*Phanerogamen*) stattfindet.
- 5) Die bedeutsame Erscheinung, dafs die Schwärmerspore die morphologische Grundlage der Fortpflanzungskörper bildet, spricht für die embryologische Einheit des Pflanzenreiches und bildet neben dem anerkannten, histologischen einen neuen, morphologischen Anknüpfungspunct desselben an das Thierreich.

### Erklärung der Abbildungen Tafel I.

(Sämmtliche Original-Figuren von *Pandorina* und *Eudorina* sind bei gleicher, 480facher Vergrößerung gezeichnet.)

- Fig. 1. *Pandorina Morum* im erwachsenen Zustande.
- „ 2. Dieselbe nach Umbildung der Zellen in Geschlechtspflänzchen, während der Aufquellung der Membranen der Mutterpflanze.
  - „ 3. Gruppe von Geschlechtspflanzen mit zahlreichen, bereits freien männlichen und weiblichen Schwärmersporen vor, während und nach der Paarung.
  - „ 4. Eine sehr grofse, weibliche Geschlechtspflanze in Auflösung ihrer Membranen begriffen. Unter den sich befreienden, grofsen, weiblichen Schwärmern 2 in der Paarung mit ganz kleinen begriffen; daneben andere frei bewegliche, kleine, männliche Schwärmer.
  - „ 5. Bilder des Paarungsactes. *a. b.* Schwärmer unmittelbar und kurz nach der Berührung. *c. d. e. f.* aus der Paarung entstandene Oosporen mit noch beweglichen Cilien; *g. h.* desgleichen mit bereits starren Cilien; *i.* desgl. nach Verlust der Cilien.

- Fig. 6. Oosporen nach der Vegetationspause und ihre Keimung. —  
 a. ausgetrocknete und ins Wasser gebrachte Oosporen, von denen  
 2 bereits angeschwollen sind; b. Bildung des Bruchsackes und Um-  
 bildung des Inhalts in eine Schwärmspore. — c. Schwärmsporen  
 während des Austrittes aus der Spore in den Bruchsack; d. ent-  
 leerte Spore und Bruchsack mit der ausgeschlüpften Schwärm-  
 spore.
- „ 7. a. b. c. einige Theilungszustände der ausgeschlüpften Schwärm-  
 spore; d. die junge *Pandorina*-Pflanze.
- „ 8. *Eudorina elegans* im erwachsenen Zustande zur Vergleichung mit  
*Pandorina Morum*.
- „ 9 — 10. Einige Figuren zur Vergleichung des Paarungsacts und der  
 Geschlechtsphaenomene bei anderen Pflanzen.
9. Befruchtung von *Oedogonium*.
- 10 und 11. Ablösung einer Partie des Keimflecks bei  
*Vaucheria sessilis*.
- 12 u. 13. Befruchtungskugel und Canalzelle von *Salvinia*  
 (Jahrbücher f. wiss. Bot. III. Taf. XXVI).
14. 15. 16. Embryobläschen mit Fadenapparat von *Santa-  
 talum* nach Schacht (Jahrbücher f. w. Bot.  
 IV. Taf. II). — In den Figuren 15 und  
 16 sind die Embryobläschen aus dem Em-  
 bryosack frei gelegt gezeichnet.

Hr. Braun theilte Bemerkungen mit über eine Mißbil-  
 dung von *Podocarpus Chinensis*, von welcher ein frisches  
 Exemplar vorgelegt wurde. Von den zahlreichen Arten der  
 Gattung *Podocarpus*, welche im hiesigen Garten cultivirt wer-  
 den, haben bis jetzt erst zwei Arten Blüten getragen, *P. sali-  
 cifolia* Kl. et Karst. und *P. Chinensis* Wall., letztere Art so-  
 wohl an männlichen als weiblichen Exemplaren. Die männ-  
 lichen Blüten haben die Form verlängert-walzenförmiger, straff  
 aufrechter Kätzchen, an welchen die mit deutlicher Connectiv-  
 spitze versehenen zweifächerigen Staubblätter 8 genau senk-  
 rechte, durch  $\frac{3}{8}$  St. bedingte Zeilen bilden. Unterhalb der  
 Staubblätter befinden sich an dem etwas verlängerten Stiel der  
 Blüthe mehrere zerstreute linienförmige Hochblättchen, von de-  
 nen die 2 untersten grundständigen je eine Seitenblüthe aus  
 ihrer Achsel hervorgehen lassen, so dafs je 3 sogenannte