

Wenn eine sorgfältige Vergleichung der mannigfachen Vegetationsweisen der Pflanze, wie sie sich unter normalen Verhältnissen abspielen, lehrt, „dass keine der Erscheinungen unvermittelt neben der anderen steht, sondern dass sich hier Uebergangsstufen der verschiedensten Art und des verschiedensten Grades finden“, lässt der umgestaltende Einfluss des verflorbenen milden Herbstes uns einen Einblick in das Werden dieser Mannigfaltigkeit der Lebensdauer und der Vegetationsweise der Pflanzen thun. Wir sehen in ihnen die Wirkung äußerer, vor allem thermischer Einflüsse, deren Abänderung zur Umformung selbst scheinbar festgefügter Lebensverhältnisse führt. [30]

## Die neuesten Untersuchungen über Antherozoidien und den Befruchtungsprozess bei Blütenpflanzen.

Von **M. Möbius** in Frankfurt a. M.

Der erste, der mit Sicherheit nachgewiesen hat, dass die Staubgefäße die männlichen Geschlechtsorgane der Blütenpflanzen sind und dass die Uebertragung des Pollenstaubes auf die Narbe des Griffels zum Befruchtungsprozess gehört, ist R. J. Camerarius gewesen<sup>1)</sup>. „Es erscheint also billig“, sagt er, „diesen Staubbeutel einen edleren Namen und die Funktion der männlichen Geschlechtsteile beizulegen“. An einer anderen Stelle sagt er auch: „es wäre doch sehr zu wünschen, dass wir von denen, die durch ihre optischen Instrumente mehr als Luhsaugen haben, erführen, was die Körnchen der Staubbeutel enthalten, wieweit sie in den weiblichen Apparat eindringen, ob sie unversehrt bis zu dem Ort kommen, wo der Samen empfangen wird, und was, wenn sie platzen, aus ihnen austritt“. Als später diese von Camerarius gewünschten Beobachtungen angestellt wurden, kam man zunächst zu dem Resultat, dass „der Pollen auf der Narbe zerspringe, die darin enthaltenen Körnchen aber durch den Griffel hinab zu den Samenknospen drängen, um dort entweder selbst zu Embryonen ausgebrütet zu werden, oder doch zu dem Erzeugungsgeschäfte behilflich zu sein“<sup>2)</sup>. Die Bildung eines Pollenschlauches aus dem platzen- den oder, besser gesagt, keimenden Pollenkorn hat zuerst Amici beobachtet, der dann weiterhin auch feststellte, dass die „Pollelröhren“ sich bis in das Ovarium verlängern und dass je eine in ein Ei (Samenknospe) eindringe und auf diese Weise zum Kerne desselben gelange<sup>3)</sup>. Es wurde auch genau die Entstehung des Eies in diesem Kerne der Samenknospe untersucht, wie aber die Befruchtung des Eies durch den Pollenschlauch geschehe, das blieb noch bis zum Anfang der

1) Ueber das Geschlecht der Pflanzen. Tübingen 1694. Neue Ausgabe in Ostwald's Klassikern, 1899, conf. S. 25 und 30.

2) Sachs, Geschichte der Botanik, S. 466.

3) G. Amici, Nekrolog von Mohl in der botanischen Zeitg., 1863, Nr. 34, Beilage S. 7.

achtziger Jahre dunkel, denn trotzdem man wohl vermutete, dass ein organisiertes Gebilde aus dem letzteren in das Ei überträte, um die Befruchtung zu vollziehen, wie bei den Farnen und Moosen das Antherozoid mit dem Ei verschmilzt, konnte man in der Membran des Pollenschlauches keine Oeffnung entdecken und musste man hier Diffusionsvorgänge und eine flüssige befruchtende Substanz annehmen. Den unermüdlischen Forschungen Strasburger's<sup>1)</sup> ist dann in erster Linie der Nachweis zu verdanken, dass wirklich Protoplasma und Zellkern aus dem verquellenden Ende des Pollenschlauches in das weibliche Organ übertritt. Dieser Autor beschreibt auch bereits, wie bei den Gymnospermen (besonders Coniferen) sowie Angiospermen der Spermakern mit dem Eikern verschmilzt. Dieses durch andere Arbeiten (Guignard u. a.) bestätigte Resultat brachte die gewünschte Uebereinstimmung für den Vorgang der Befruchtung sowohl in den verschiedenen Abteilungen des Pflanzenreiches untereinander als auch zwischen Pflanzen- und Tierreich, dass derselbe nämlich auf einer Verschmelzung zweier Kerne, deren einer dem männlichen, der andere dem weiblichen Gameten angehört, beruht, wie dies in einer früher vom Ref. in dieser Zeitschrift gegebenen Uebersicht dargelegt wurde (Bd. 16, 1896, S. 129). Bei vielen Algen, bei allen Moosen und Farnen tritt der männliche Gamet in Gestalt einer selbständig beweglichen Zelle, eines Antherozoids auf, für die Phanerogamen galt aber bis in die neueste Zeit die Regel, dass der männliche Gamet selbst unbeweglich sei und durch das Wachstum des Pollenschlauches dem zu befruchtenden Ei genähert werde: die danach gebildete Benennung zoidiogame (Moose und Farne) und siphonogame Embryophyten (Phanerogamen) hat sich allerdings glücklicherweise noch nicht eingebürgert. Und nun haben uns die letzten Jahre Entdeckungen gebracht, nach denen auch bei den „Siphonogamen“ Vertreter der Zoidiogamie gefunden werden. Diese Entdeckungen sind so unerwartet und merkwürdig, dass es wohl gerechtfertigt ist, über sie noch etwas ausführlicher zu referieren, als es in dem äußerst interessanten Aufsätze von Belajeff in dieser Zeitschrift (Bd. 18, 1898, S. 209) schon geschehen ist. Bereits Hofmeister<sup>2)</sup> hatte übrigens schon vermutet, dass die generative Zelle im Pollenschlauch der Coniferen „Samenfäden erzeugen möge“; doch war es ihm nicht gelungen, „Thatsachen aufzufinden, welche diese Mutmaßung näher begründen könnten“. „Die für Spermatozoidien gehaltenen Inhaltkörper des Pollens haben sich später zum Teile als unschuldige Stärkekörnchen und Oeltropfen zu erkennen gegeben“, sagt Sachs in seiner schon citierten Geschichte der Botanik (S. 471). Zu erwarten war es ja eigentlich nicht, dass da, wo ein

1) Vergl. besonders: Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen. Jena 1884.

2) Vergleichende Untersuchungen etc. Leipzig 1851. S. 132.

Pollenschlauch durch sein Wachstum dafür sorgt, dass der Kern des männlichen Gameten in unmittelbare Nähe des Eies gelangt, dieser männliche Gamet auch noch mit Eigenbewegung ausgestattet sei; wenn dies doch der Fall ist, so haben wir darin weniger eine biologische Eigentümlichkeit, als vielmehr eine höchst interessante phylogenetische Bedeutung zu sehen. Es sind nun auch wirklich diejenigen Phanerogamen, von denen man schon lange angenommen hat, dass sie den höheren Kryptogamen, den Pteridophyten oder Farnpflanzen am nächsten stehen, nämlich die Farnpalmen oder Cycadeen, bei denen noch echte Antherozoidien aus dem Pollenschlauch austreten; ebenso ist es bei *Ginkgo*, einer Gattung, welche die Coniferen mit den Cycadeen verbindet. Zuerst haben zwei japanische Botaniker Antherozoidien bei *Cycas* und *Ginkgo* nachgewiesen, durch sie angeregt hat Webber, ein amerikanischer Botaniker, dies bei *Zamia* gethan. Ich gehe zunächst auf Webber's<sup>1)</sup> Arbeiten ein, weil sie bereits 1897 ausführlicher erschienen sind, während die Japaner ihre genaueren Beschreibungen erst 1898 publiziert haben.

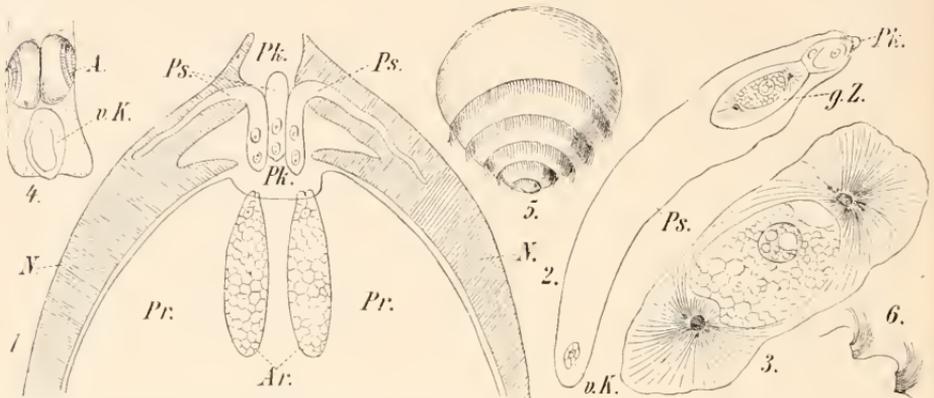
*Zamia integrifolia* ist, wie alle Cycadeen und *Ginkgo*, diöcisch, ihre weibliche Blüte erinnert in der Gestalt an eine Fruchtlähre des Schachtelhalms, ist aber ca. 7 cm lang; an der Unterseite einer jeden der gestielten Schuppen sitzen zwei Samenknospen. Dieselben bestehen aus dem Knospkern und einem großen, diesen umwallenden Integument, das an der, der Anheftungsstelle gegenüber liegenden Seite die Mundöffnung (Mikropyle) frei lässt. Unter der Mikropyle bildet der Knospkern an seinem Scheitel durch Auflösung des Gewebes eine als Pollenkammer bezeichnete Höhlung und darunter liegen die Archegonien mit den Eiern, nicht frei im Gewebe des Knospkerns, sondern in einer besonderen Zelle, dem Embryosack eingeschlossen, die sich außerordentlich vergrößert und dann mit einem Gewebe gefüllt hat, das dem Prothallium der Farne und nächst höheren Kryptogamen entspricht. Dies musste wohl zum besseren Verständnis vorausgeschickt werden und gilt dann im Wesentlichen, hinsichtlich des Baues der Samenknospe, auch für *Cycas* und *Ginkgo*.

Die männlichen Blüten von *Zamia integrifolia* sehen den weiblichen ähnlich, sind aber schlanker, bei ihnen finden sich auf der Unterseite der Schilder die Pollensäcke. Aus ihnen gelangt der Pollen beim Verstäuben zwischen die klaffenden Schilder der weiblichen Blüte hindurch auf die Mikropylen der Samenknospen. Hier ist ein Flüssigkeitstropfen ausgeschieden worden, bei dessen Verdunstung die Pollen-

1) 1. Peculiar structures occurring in the pollen tube of *Zamia* (Botanical Gazette, vol. XXIII, Nr. 6, 1897). 2. The development of the antherozoids of *Zamia* (l. c. vol. XXIV, Nr. 4, 1897). 3. Notes on the fecundation of *Zamia* and the pollen tube apparatus of *Ginkgo* (l. c. Nr. 4, 1897).

körner durch den Mikropylkanal hindurch in die Pollenkammer gesaugt werden. Von da aus treiben sie nun ihre Schläuche in das Gewebe des Knospenkorns und befestigen sich dadurch so, dass der hintere Teil des Pollenkorns über den Archegonien liegt, wie dies Fig. 1, 1 zeigt, bei der das Integument der Samenknope nicht mit

Fig. 1.

Fig. 1. *Zamia integrifolia* nach Webber.

1. Längsschnitt durch das obere Ende des Knospengeruchs mit 3 Pollenschläuchen (*Ps*) und 2 Archegonien im Prothallium (*Pr*). Das Knospengeruchgewebe (*N*) bildet oben die Pollenkammer (*Pk*).
2. Pollenschlauch mit vegetativem Kern (*v.K*) und generativer oder Antherozoidenmutterzelle (*g.Z*).
3. Die generative Zelle mit dem Kern und den beiden Centrosomen.
4. Das hintere Ende des Pollenschlauches, in dem sich über dem rudimentären Prothallium (*Pr*) 2 Antherozoiden (*A*) gebildet haben.
5. Ein freies Antherozoid von außen gesehen.
6. Durchschnitt durch den vorderen Teil des Antherozoids mit 2 Spiralwindungen, aus denen die Cilien hervorragen.

gezeichnet ist. In dem ursprünglich einzelligen Pollenkern erfolgen Teilungen, durch die zwei kleinere übereinander liegende Zellen von der großen, den übrigen Teil des Pollenkorns erfüllenden Zelle abgeschnitten werden, welche letztere den Schlauch mit dem vegetativen Kern bildet (Fig. 1, 2 *v.K*). Die hintere kleinere Zelle ist als das rudimentäre männliche Prothallium aufzufassen, in welchem noch eine weitere Teilung erfolgt, während die mittlere Zelle eigentlich dem Antheridium oder der generativen Zelle der Coniferen entspricht (Fig. 1, 2). Sie besitzt einen großen Kern und an dessen Polen je ein centrosomähnliches Gebilde mit auffallend großer Strahlensonne (Fig. 1, 3). Durch eine äquatoriale Teilung entstehen nun 2 neue Zellen, die aber durch eine Drehung der generativen Zelle nebeneinander zu liegen kommen (Fig. 1, 4), nicht übereinander, wie man aus Fig. 1, 2 erwarten sollte. Sie werden durch Auflösung ihrer Membranen zu den beiden Antherozoiden, deren Körper größtenteils aus dem Kern und einer verhältnis-

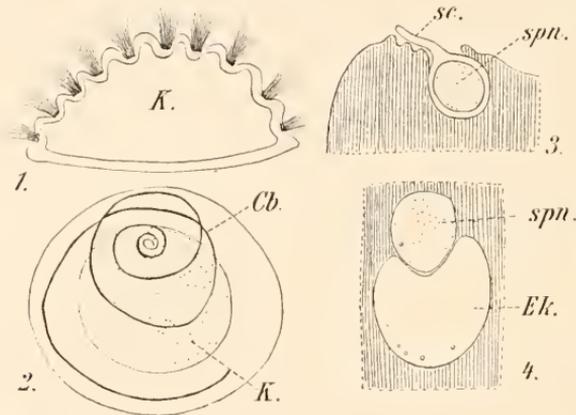
mäßig dünnen Schicht von Cytoplasma um denselben besteht. Nach der Reife stellt jedes Antherozoid einen rundlichen Körper dar mit einem etwas spitzeren Ende, an welchem er von einer spiraligen, ca. 5 Windungen bildenden Furche umzogen wird, aus der die kurzen dicht beisammen stehenden Cilien hervorragen. Ein Antherozoid von *Zamia integrifolia* ist so groß, dass man es mit bloßem Auge sehen kann, denn es ist 258—332  $\mu$  lang und 258—306  $\mu$  breit, hat also einen Durchmesser von ca.  $\frac{1}{3}$  Millimeter. Die Antherozoiden gelangen durch Platzen des Pollenschlauches in die noch in der Pollenkammer enthaltene Flüssigkeit, wo sie, wie es Webber wirklich beobachtet hat, herumschwimmen, und dann dringen sie in den Hals des Archegoniums ein. Wenn ein Antherozoid in das Ei selbst eingedrungen ist, so befreit sich sein Kern von dem Cytoplasmamantel und dem Cilienkörper und gelangt, unter Zurücklassung dieser Gebilde in der großen Cytoplasmamasse des Eies, zu dessen Kern, mit dem er verschmilzt. Es ist nur noch ein Wort über die Entstehung des Cilienkörpers zu sagen. Offenbar nimmt er seinen Ursprung aus dem centrosomartigen Körper, der deswegen auch von Webber später als Blepharoblast bezeichnet worden ist, und zwar in der Weise, dass sich das Korn nach der Zellteilung und dem Verschwinden der Strahlensonne streckt, dann an die Peripherie des Antherozoidienkörpers gelangt, sich hier zu einer Spirale ausdehnt und die Cilien aussprossen lässt; dabei wölbt sich das Cytoplasma zwischen den Gängen der Spirale vor, sodass die Cilien aus einer Rinne hervorragen, wie es Fig. I, 6 im Querschnitt zeigt.

Ganz ähnlich wie bei *Zamia integrifolia* verhält sich die Sache bei *Cycas revoluta* nach den Untersuchungen des japanischen Botanikers Jkeno<sup>1)</sup>, der sein Material aus dem südlichen Japan holen musste, weil bei Tokyo die genannte Cycadee wohl vorkommt aber nicht fruktifiziert. Es ist die Pflanze, deren Blätter als die bekannten sog. Palmwedel bei Begräbnissen verwendet werden. Ihre weiblichen Blüten bilden einen Schopf dieker, bräunlicher, gefiederter, ca. 15 cm langer Blätter, die unterhalb der schmalen Fiedern zwei Reihen von Samenknospen tragen: man findet solche wohl in jedem botanischen Museum. Die männlichen Blüten dagegen sind zapfenförmig und tragen an der Unterseite der Zapfenschuppen die Pollensäcke. Die Bestäubung erfolgt im Anfang des Juli und der Pollen gelangt auf ähnliche Weise wie bei *Zamia* in die Pollenkammer, von wo er einen Schlauch in das Gewebe des Knospenkerns treibt. Die Teilungen im Pollenkorn

1) Untersuchungen über die Entwicklung der Geschlechtsorgane und den Vorgang der Befruchtung bei *Cycas revoluta*. (The Journal of the College of Science, Imp. University of Tokyo, vol. XII, Part III, p. 151—214, T. X—XVII.) Dieselbe Arbeit ist abgedruckt in Pringsh. Jahrb., 1898, Bd. 32, S. 557—602, T. VIII—X.

sind auch ganz ähnlich wie bei *Zamia*. Nachdem die große generative Zelle sich etwa Mitte August gebildet hat, erfolgen bis Ende September weiter keine Aenderungen. Dann kommen alle Kerne in dem hinteren Ende des Pollens zusammen und bis auf einen werden desorganisiert, sodass die generative Zelle mit ihrem großen Kern und den beiden Centrosomen allein zurückbleibt. Aus ihr entstehen, wie bei *Zamia*, die zwei Antherozoidien, die Verf., da er nur fixiertes Material zur Untersuchung hatte, allerdings nicht sich bewegen gesehen hat, die aber ohne Zweifel beweglich sind. Sie sind kleiner als bei *Zamia* (160  $\mu$  lang, 70  $\mu$  breit) und haben eine etwas andere Gestalt; außerdem sind sie mit einem ca. 80  $\mu$  langen, aus Cytoplasma bestehenden Schwanze versehen, der dem cilientragenden Ende gegenübersteht: eine für das Pflanzenreich ganz abnorme Form (Fig. II, 1—3).

Fig. II.

Fig. II. *Cycas revoluta* nach Ikeno.

1. Junges Antherozoid im Durchschnitt, mit den Cilien. *K* = Kern.
2. Antherozoid schräg von oben gesehen, mit dem Spiralband, ohne Cilien.
3. Eindringen des Antherozoids in das Plasma des Eies. *spn* = Kern, *sc* = Schwanz des Antherozoids.
4. Eindringen des männlichen Kerns (*spn*) in den weiblichen (*Ek*).

Auf die Verhältnisse der Samenknospe sind wir nicht weiter eingegangen, da sie denen von *Zamia* ziemlich entsprechen. Auch für *Cycas* ist das Eindringen des Antherozoids in das Ei beobachtet worden und zwar mit sehr merkwürdigen Umständen: „Kurz vor dem Eindringen der Spermatozoiden in die Eizelle, oder bald nachher, produziert der Eikern eine kraterförmige Vertiefung, Empfängnishöhle, an seiner Spitze. Sofort nach seinem Eindringen entledigt sich das Spermatozoid seines Cytoplasmamantels, welcher sich bald innerhalb der Eizelle desorganisiert, während gleichzeitig der Spermakern sich nach dem Eikern hinbewegt. Der Spermakern vereinigt sich mit dem Eikerne an der Empfängnishöhle und dringt in den Eikern immer

tiefer hinein, um dort aufgelöst zu werden. Diese Kopulation stellt vielleicht einen besonderen bisher unbekanntem Typus des pflanzlichen Befruchtungsmodus dar“ (Fig. II, 4).

Fig. III. *Ginkgo biloba*. 1. nach Webber, 2–4 nach Hirasé.

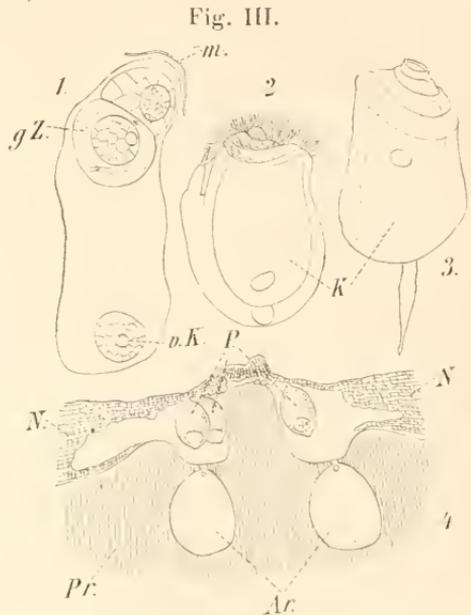
1. Keimendes Pollenkorn. *m* = dessen Membran, *g.Z.* = generative Zelle, *v.K.* = vegetativer Kern des Pollenschlauchs.

2. Antherozoid vor dem Ausschlüpfen (mit Cilien), *K* = Kern.

3. Antherozoid nach dem Ausschlüpfen (ohne Cilien), *K* = Kern.

4. Längsschnitt durch den oberen Teil des Knospenkerns.

*N* = Gewebe des Knospenkerns,  
*Pr* = Prothallium,  
*Ar* = Archegonien,  
*P* = Pollenkörner.



Gleichzeitig mit Ikeno hat ein anderer japanischer Botaniker, S. Hirasé, im Pollenschlauch von *Ginkgo biloba* Antherozoidien entdeckt<sup>1)</sup>. Bei diesem merkwürdigen, auch bei uns vielfach angepflanzten Baume, der ebenfalls diöcisch ist, bilden die männlichen Blüten kleine Kätzchen, während die weiblichen auf einem einige em langen Stiele einige wenige Samenknochen tragen. Beiderlei Organe erscheinen bei uns im Mai zwischen den sich entfaltenden Blättern. In Japan findet nach Hirasé die Bestäubung Ende April statt; zwei Wochen später beginnt der Pollenschlauch zu wachsen und bildet in dem Gewebe des Knospenkerns ein wurzelähnliches Haftorgan. Durch die Teilungen im Pollenkorn ist auch hier ein rudimentäres, einzelliges Prothallium und ein Antheridium gebildet worden, während die schlauchbildende Zelle mit ihrem sogenannten vegetativen Kern als Antheridiumwandung aufgefasst werden kann (Fig. III, 1). Die Entwicklung ist so langsam, dass erst im September aus dem Antheridium die zwei beweglichen Antherozoidien gebildet sind, deren Entstehung wir nicht näher beschreiben wollen: es sei nur erwähnt, dass wiederum zwei „Centrosomen“ auftreten, deren Strahlensonne aber lange nicht so groß und auffallend wie bei *Zamia* ist. Der Körper des Antherozoids ist annähernd oval und besitzt am vorderen Ende 3 Spiralwindungen,

1) Études sur la Fécondation et l'Embryogénie du *Ginkgo biloba* (II. Mémoire). (Journal of the College of Science, Imp. University of Tokyo, vol. XII, Pt. II, p. 103–149, Pl. VII–IX).

aus denen sich ein dichter Cilienkranz erhebt, und am anderen Ende einen schwanzartigen Fortsatz; die Länge beträgt  $82 \mu$ , die Breite  $49 \mu$ . Die Bewegung der Antherozoidien konnte hier am lebenden Material beobachtet werden; sie erfolgt in dem Saft, der zwischen dem Knospenkerngewebe, das am Scheitel der Samenknospe zu einer papierdünnen Schicht geworden ist, und der Spitze des Embryosackes vom weiblichen Organe ausgeschieden worden ist. Die Befruchtung erfolgt wenige Tage nach der Entstehung der Antherozoidien im Pollenschlauch, sodass also zwischen der Bestäubung und Befruchtung in Japan ein Zeitraum von  $3\frac{1}{2}$  Monaten liegt. Die Kopulation des männlichen mit dem weiblichen Kern ist noch nicht beobachtet worden. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Cycadeen und *Ginkgo* einerseits und den übrigen Blütenpflanzen andererseits liegt darin, dass bei den ersteren das austreibende Ende des Pollenschlauchs nicht nach dem Ei hinwächst, sondern in das Gewebe des Knospenkerns, und dass das hintere Ende des Pollenschlauchs in die Nähe des Eies zu liegen kommt, sich auch bei *Zamia* nach diesem zu noch verlängert, wobei die generativen Zellen in diesem Ende liegen bleiben, während bei den letzteren der Pollenschlauch mit seinem vorderen Ende nach dem Ei hinwächst und die generativen Zellen deshalb in dieses hineinwandern müssen.

Bei echten Nadelhölzern ist eine Entstehung von Antherozoidien noch nicht nachgewiesen, merkwürdigerweise aber haben fast gleichzeitig Nawaschin und Guignard<sup>1)</sup> bei Angiospermen und zwar zunächst nur bei *Lilium Martagon* (dem Türkenbund, nach Nawaschin auch bei einer Art Kaiserkrone) beobachtet, dass die aus dem Pollenschlauch austretenden beiden männlichen Kerne eine wurmförmige Gestalt besitzen und derart gedreht sind, dass das Vorhandensein von Bewegung gemutmasst werden kann, und sie, obwohl sie keine Cilien besitzen, doch nicht weniger als die männlichen Gameten der Farne und Cycadeen den Namen von Antherozoidien verdienen. Was aber hierbei noch merkwürdiger ist, das betrifft das verschiedene Verhalten dieser beiden Kerne und die doppelte Kopulation, die im Embryosack der Samenknospe bei der genannten Pflanze beobachtet worden ist.

1) S. Nawaschin, Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei *Lilium Martagon* und *Fritillaria tenella* (Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, T. IX, 1898, Nr. 4).

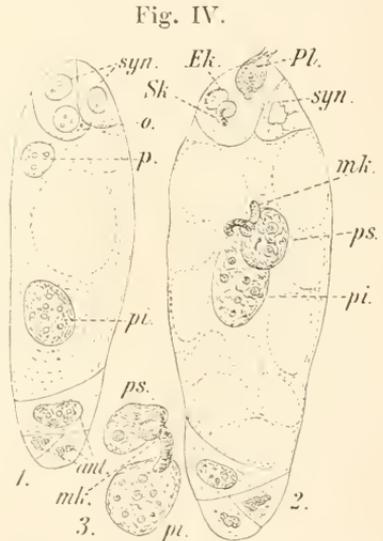
L. Guignard, Sur les antherozoides et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes (Revue générale de Botanique, T. XI, p. 129—135, Pl. IV, 1899).

Ich lege der obigen Darstellung die mir vorliegende letztere Arbeit zu Grunde, da ich die erstere nur aus dem Referat im botanischen Centralblatt kenne, wonach ihre Angaben ganz mit jenen übereinstimmen.

Bei *Zamia* dringen nach den Angaben Webber's mehrere Antherozoidien in ein Archegonium ein, aber nur eines verschmilzt mit dem Eikern, die übrigen bleiben zwischen dem Protoplasma und der Wand des Archegoniums liegen und werden daselbst allmählich desorganisiert. Auch sonst geht bei den Cycadeen und Coniferen, soweit wir wissen, immer nur ein männlicher Kern des Pollenschlauches eine Kopulation ein; bei den Cupressineen, wo ein Pollenschlauch sich über mehrere Archegonien legt, soll sich sein Kern so oft teilen, dass für jedes Archegonium ein Kern vorhanden ist. Bei den Angiospermen ist die Ausbildung des weiblichen Apparates eine ganz andere als bei den Gymnospermen: bei den typischen Formen entsteht bekanntlich in jeder Samenknoepe ein Embryosack und in diesem entstehen 8 freie Kerne, aus ihnen aber werden wiederum: ein Ei mit zwei Synergiden, drei Antipodenzellen und es bleiben zwei freie Kerne übrig, ein oberer und ein unterer (Fig. IV, 1). Bisher wusste man von diesen Kernen,

Fig. IV. *Lilium Martagon* nach Guignard.

1. Embryosack vor der Befruchtung.
- O = Ei,  
 syn = Synergiden,  
 ant = Antipoden,  
 ps = oberer,  
 pi = unterer Embryosackkern.
2. Embryosack während der Befruchtung.
- Pl = Pollenschlauch,  
 Ek = Eikern,  
 Sk = Spermakern,  
 mk = männlicher Kern, der mit den Embryosackkernen verschmilzt.
3. Ein männlicher Kern zwischen den beiden Embryosackkernen.



dass sie sich nach der Befruchtung des Eies vereinigen und durch sofort eintretende Teilungen das Endosperm produzieren. Nach Guignard und Nawaschin verhält sich aber die Sache bei *Lilium* — und wahrscheinlich ist es bei vielen anderen Angiospermen ebenso — folgendermaßen. Sobald der Pollenschlauch in den Embryosack eingedrungen ist, schlüpfen die beiden männlichen Zellen, die sich an seinem Ende eingeschlossen befanden, sehr schnell, eine nach der anderen, aus: jede besteht wesentlich aus einem von einer dünnen Cytoplasmasschicht umgebenen Zellkern, der seine plasmatische Hülle bald verliert. Der eine dieser Kerne begibt sich zu dem Kern des Eies. Die Hüllmembran desselben und die der Synergiden sind dann schon ganz oder teilweise zerstört, um dem männlichen Kerne freien

Zutritt zu lassen; die Kerne der Synergiden gehen auch mehr oder weniger rasch zu Grunde. Der Spermakern nimmt nun die eigenartige, oben schon erwähnte und in Fig. IV, 2, *mk* dargestellte Gestalt an und verschmilzt mit dem Eikern. Der andere männliche Kern aber geht nicht zu Grunde, sondern begiebt sich zu dem oberen, seltener zu dem unteren Embryosackkern, worauf der andere Embryosackkern dem zuerst erreichten sich anlegt (Fig. IV, 2); liegen jene beiden Kerne schon anfangs dicht bei einander, so erreicht sie der männliche Kern gleichzeitig und tritt mit beiden in Verbindung (Fig. IV, 3). Es findet darauf eine Verschmelzung der drei Kerne statt, die sogleich in eine neue Kernteilung übergeht, nämlich zur Bildung der Kerne, aus denen in bekannter Weise das Endosperm entsteht. Der männliche Kern, der sich mit dem Eikern vereinigt, ist immer dünner und kürzer als jener, der mit den beiden Embryosackkernen verschmilzt; er legt sich seitlich dem Eikern an und umfasst ihn mehr oder weniger, bis beide Massen verschmelzen. Wir haben hier also wirklich eine doppelte Kopulation, aber verschieden in ihrer Art und in ihrem Erfolge: durch die normale Verschmelzung des einen männlichen Kerns mit dem Eikern entsteht der Embryo, durch die Verschmelzung des anderen männlichen Kerns mit den zwei Kernen des Embryosackes entsteht das Endosperm oder Nährgewebe des Embryos. Dass diese letztere Entstehung auf einem Kopulationsvorgang beruhe, davon hatte man keine Ahnung gehabt. Zur Erklärung dieser Verhältnisse können vielleicht diejenigen herangezogen werden, welche ganz neuerdings J. Lotsy für *Gnetum Gnemon* beschrieben hat<sup>1)</sup>, also für eine Angehörige jener Familie der Gnetaceen, die mit den Cycadeen und Coniferen die phylogenetisch ältere Gruppe der Gymnospermen bildet. Wir wollen aus den sehr komplizierten und schwierig darzustellenden Verhältnissen nur erwähnen, dass in der Samenknospe mehrere Embryosäcke gebildet werden, die sich in ihrem unteren Teile mit einem Gewebe, dem rudimentären weiblichen Prothallium, füllen, im oberen Teile zahlreiche freie Zellkerne enthalten. Zu jedem Embryosack wachsen mehrere Pollenschläuche heran oder nur einer, und aus jedem Pollenschlauche dringen in dem Embryosack zwei generative männliche Kerne ein, deren jeder mit einem der freien Kerne kopuliert, sodass auch hier auf jeden Pollenschlauch zwei Kopulationsprodukte kommen, die Lotsy Zygoten nennt. Dieselben werden zu langen Schläuchen, an deren Spitze je ein Embryo angelegt wird. Die Kopulationsprodukte (Zygoten) aus einem der eingedrungenen männlichen Kerne mit einem der weiblichen Kerne im Embryosack sind also hier noch gleichwertig, bei *Lilium* scheinen nur die männlichen Kerne gleichwertig zu sein, nicht aber die weiblichen Komponenten und noch weniger die Kopulationsprodukte.

1) Contributions to the life-history of the Genus *Gnetum* (Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg, vol. XVI, p. 46–144, Pl. II–XI, 1899.)

Inwieweit der soeben gezogene Vergleich zu Gunsten der Annahme spricht, dass die Angiospermen von den Gnetaceen abzuleiten seien, soll hier nicht erörtert werden, doch hat auch Lotsy bei Vergleichung der übrigen Verhältnisse des weiblichen Apparates bei Angiospermen und *Gnetum Guemon* die Analogien aufgefunden. Vor allen Dingen müssen wir noch weitere Untersuchungen über andere Angiospermen und über die Coniferen abwarten. Ueber den näheren Anschluss der Cycadeen an die Gefäßkryptogamen und von *Ginkgo* an erstere, wie er sich aus der Beobachtung der beweglichen und bewimperten Antherozoiden bei denselben ergibt, sind oben bereits einige Worte gesagt worden. Zum Schluss verweise ich noch auf Fig. V, die im Umriss

Fig. V.

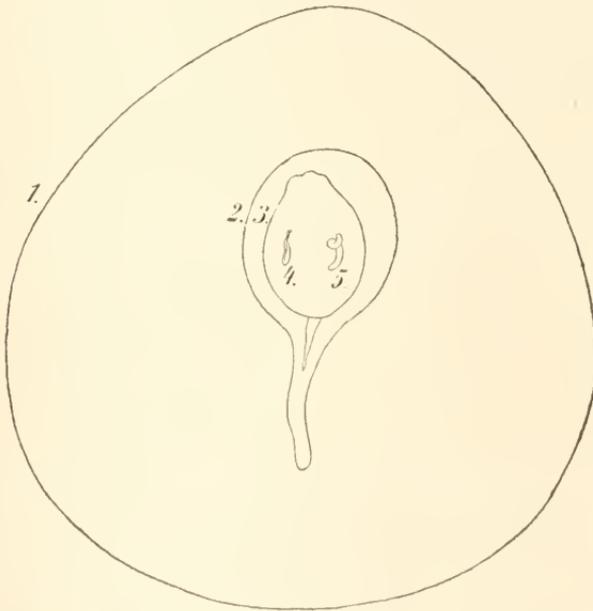


Fig. V. Die Größenverhältnisse der Antherozoiden von 1. *Zamia integrifolia*, 2. *Cycas revoluta*, 3. *Ginkgo biloba*. 4. *Equisetum Telmateja*, 5. *Lilium Martagon*.

die Größenverhältnisse dieser neu beobachteten Antherozoiden von *Zamia* (1), *Cycas* (2), *Ginkgo* (3) zu einander und zu einem der größeren Antherozoiden von Gefäßkryptogamen [*Equisetum* (4)] und zu dem männlichen Kern von *Lilium* (5), in dem wir mit Guignard auch ein Antherozoid sehen können, wiedergibt: die der Cycadeen (*Ginkgo* eingeschlossen) erscheinen im Vergleich zu den anderen sehr groß, die von *Zamia* geradezu riesig. Diese Größe und besonders diese enorme Masse wird aber auch von keinem anderen männlichen Befruchtungskörper unter den Kryptogamen erreicht, für die ich eine Zusammenstellung bei gleicher Vergrößerung von 25 verschiedenen

Formen in meinen Beiträgen zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse (Jena, 1897, S. 187) gegeben habe. Man muss aber die Größe betrachten in Hinsicht auf die der weiblichen Organe, welche bei den Cycadeen auch eine außerordentliche ist (conf. Fig. 1, 1), mit den Eiern der Cycadeen können sich die der Kryptogamen überhaupt nicht messen, denn die großen Eier von *Fucus* bleiben noch weit hinter den Antherozoidien von *Zamia* zurück. Freilich werden die großen Eier von *Fucus* von verhältnismäßig winzigen Antherozoidien befruchtet<sup>1)</sup>, aber nach der neuen Darstellung von Strasburger<sup>2)</sup> sind der männliche und weibliche Kern, wenn sie in dem Ei zusammentreffen, doch nicht so ungleich. Bei *Lilium* haben wir dann wieder entsprechend dem nicht auffallend großen Eikern kleine männliche Kerne, deren Aussehen merkwürdigerweise vielmehr an das der Antherozoidien bei den Gefäßkryptogamen, z. B. *Equisetum*, erinnert, abgesehen von den Cilien, vielmehr als dies bei den Cycadeen, die jenen doch näher stehen, der Fall ist. [71]

## Kleine Mitteilungen über *Polytoma uella* Ehb. g.

Von **Hans Zumstein** in Basel.

*Polytoma uella* ist schon sehr oft untersucht, der anatomische Bau, die Art der Fortpflanzung, die Stellung im System der Algen wiederholt diskutiert worden. Das Folgende möchte einige kleine und lückenhafte, aber vielleicht doch der Veröffentlichung werthe Ergänzungen bieten. Dieselben sind das Resultat zahlreicher Kulturversuche, die ich vor längerer Zeit mit der Alge anstellte. Das ursprünglich gesteckte Ziel, die Bedingungen der Zygotenbildung, der Achteilung und die Art der saprophytischen Lebensweise genauer festzustellen, wurde leider nicht erreicht und als ich in *Euglena gracilis* Klebs (über die bald eine größere Arbeit erscheinen wird) ein viel lohnenderes Objekt für die experimentelle Untersuchung auffand, beschäftigte ich mich nicht länger mit *Polytoma*.

Die Versuche stützen sich ausnahmslos auf Reinkulturen des Organismus; man kann solche leicht durch Isolierung einzelner *Polytoma*-Exemplare gewinnen.

### 1. Zur Achteilung.

Nach Krassiltschik (Zoolog. Anzeiger, 1882, Bd. V, S. 426/29) kommt 8-Teilung nur bei den Polytomen der „ersten Generation“ vor; d. h. bei den eben aus dem Dauerzustand angeschlüpften, sich zum ersten Mal teilenden, Individuen.

1) Vergl. Biolog. Centralblatt, Bd. 16, S. 138—139.

2) Vergl. Pringsheim's Jahrb., Bd. 30, 1897, S. 351, Taf. XVII—XVIII.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Möbius (Moebius) Martin

Artikel/Article: [Die neuesten Untersuchungen u<sup>l</sup>ber Antherozoidien und den Befruchtungsprozess bei Blu<sup>l</sup>tenpflanzen. 473-484](#)