

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.

TOME XII, N° 3.

DIE BEFRUCHTUNG

BEI

DEN FARRNKRÄUTERN.

VON

Ed. Strasburger,

PRIVATDOCENTEN AN DER HOCHSCHULE ZU WARSCHAU.

(Mit 1 Tafel.)

Présenté le 11 juin 1868.

ST.-PÉTERSBOURG, 1868.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Petersbourg,
MM. Eggers et Cie, H. Schmitzdorff,
et Jacques Issakof;

à Riga,
M. N. Kymmel;

à Leipzig,
M. Léopold Voss.

Prix: 30 Kop. = 10 Ngr.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Juillet 1868.

C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.

(Wass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Es ist kaum ein Gegenstand in der Botanik zum Ausgangspunkte so zahlreicher und gründlicher Untersuchungen geworden, als die Embryobildung höherer Kryptogamen, und doch ist es bei diesen Pflanzen bis jetzt immer noch nicht gelungen, den Vorgang der Befruchtung selbst in seine einzelnen Momente zu zerlegen. Zwar will schon Leszczye-Suminski¹⁾ das Eindringen von Spermatozoiden in das Archegonium beobachtet haben, allein seine Angaben beruhen nachweislich auf einer Täuschung. Das Archegonium soll zunächst geöffnet sein, und erst in Folge der Befruchtung den Halstheil erhalten, was durch spätere Untersuchungen hinlänglich widerlegt wurde. Genauer wurde der Vorgang erst von Hofmeister verfolgt. Hofmeister²⁾ sagt wörtlich: «Die Samenfäden gelangen in den Kanal des Archegoniumhalses, durchlaufen denselben und treten endlich ins Innere des Embryosacks, die erweichte Membran der Scheitelregion desselben durchbohrend. Hier bewegen sie sich noch einige Zeit, das nahe ihrer Eintrittsstelle der Innenwand des Embryosacks angeschmiegte Keimbläschen munter umspielend (T. V, Fig. 4); — allein das Eindringen der Spermatozoiden in den Kanal selbst schien immer noch dem Zufall überlassen. Erst Hanstein³⁾ ist in neuester Zeit auf dasselbe aufmerksam geworden, er will bei Marsilea beobachtet haben, dass Spermatozoiden in die Nähe der Archegoniummündung angekommen, «wenn sie, statt schnurstracks in normaler Weise auf die Empfängnisöffnung los zu schwimmen, etwa rückwärts herankommen, in der Nähe der Mündung plötzlich wie von einem Strudel ergriffen schnell und taumelnd mit der Spitze voran gegen diese heranzufahren, während sie vor dem noch nicht erschlossenen Archegoniummund ganz gleichgültig und ungestört vorbei rudern;» auch sollen beliebige kleine Körper vor der Mündung des Archegoniums nach derselben herbeigezogen werde. «Man sieht sich versucht», sagt Hanstein, «an irgend eine mechanische Ursache dieser Bewegung zu denken, doch ist davon keine Spur zu erblicken.

1) Zur Entwicklungsgeschichte der Farrnkräuter. Berlin, 1848.

2) Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen II. Verhandl. d. k. S. Ges. d. Wiss. V. p. 605. Auch Flora

Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences, VII^{me} Série.

1854, und in der engl. Ausg. seiner vergl. Untersuchungen p. 198.

3) Die Befruchtung und Entwicklung der Gattung Marsilea Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. B. IV, p. 223.

Auch könnte man meinen, dass irgend ein aus dem Archegoniumhalse austretender Stoff im Wasser vor demselben diffundirend eine Strömungserscheinung veranlasste. Doch ist die fragliche Bewegung hierzu viel zu heftig, und ist auch ein solcher Stoff schwer anzunehmen, da jener aus dem Halse ausgeworfene schaumige Schleim geronnen und unverändert und zumal unvermindert meist weit von der Mündung entfernt liegen bleibt, und im Inneren also höchstens noch das Plasma des Keimkörpers disponibel wäre, welches man sich aber auch nicht verringern, sondern vielmehr erhärten und allmählich bräunen sieht.

Somit bleibt diese auf so verschiedene belebte und todte Körper augenscheinlich anziehend wirkende Bewegungsursache an der Archegoniummündung vorläufig noch unaufgeklärt, und die Bewegung der kleinen Körperchen selbst wird unrichtig von denen, die sie nicht vollständig selbst beobachtet haben, mit der sogenannten Molecularbewegung zusammen gethan».

Eine Reihe von Beobachtungen, die ich im Laufe dieses Frühlings an Prothalien von *Pteris serrulata* und *Ceratopteris thalictroides* angestellt hatte, haben mich in manchen Punkten etwas anderes gelehrt, und ich habe Resultate erhalten, die mir wohl geeignet erscheinen, einiges Licht auf den Vorgang und das Wesen der Befruchtung zu verbreiten.

Ehe ich jedoch zu einer Schilderung dieses Vorganges schreite, scheint es mir gerathen, mit einer Entwicklungsgeschichte der Geschlechtsorgane selbst zu beginnen, und zwar um so mehr, als auch hier meine Beobachtungen mit denen früherer Forscher nicht ganz in Uebereinstimmung zu bringen waren.

Die Entwicklungsgeschichte der Antheridien habe ich an jungen Prothalien von *Pteris serrulata* verfolgt. Bekanntlich kommen hier mehrere Formen dieser Organe vor, an jungen Prothalien besonders einzellige, auf älteren dagegen mehrzellige und zwar in mehreren Modificationen. Die Entwicklungsgeschichte ist zunächst dieselbe. Eine unbestimmte Zelle der unteren Fläche des Prothalliums (auch Zellen des Randes an ganz jungen Prothalien) wölbt sich halbkugelig nach aussen: bald wird sie von der ursprünglichen Prothalliumzelle durch eine Querwand geschieden und bildet nun eine selbstständige Zelle. — Diese Zelle wird unmittelbar zur Urmutterzelle der Spermatozoiden, oder es erfolgen zunächst noch eine Anzahl Theilungen, welche das einzellige Organ in ein mehrzelliges verwandeln. Diese Theilungen sind schwer zu verfolgen. Hofmeister giebt zwei abweichende Schilderungen von denselben, von welchen die eine in der deutschen Ausgabe¹⁾ seiner vergleichenden Untersuchungen, die zweite in der englischen Ausgabe²⁾ sich findet. Meinen Beobachtungen zufolge theilt sich die ursprüngliche eine Antheridiumszelle zunächst durch zwei entgegengesetzt geneigte Wände, welche dem Grunde des Antheridiums schief aufgesetzt sind und die Seitenwände desselben etwa in ihrer Höhe schneiden (Fig. 1a). Diesen beiden ersten Scheidewänden folgen alsbald entsprechend zwei andere entgegengesetzte und schneiden dieselben unter 45°. Alle diese vier Scheidewände neigen sich nach dem

1) l. c. p. 79.

2) l. c. p. 186.

Grunde der Antheridie stark zusammen, ohne jedoch dort völlig zusammenzustossen, und es wird auf diese Weise ein mittlerer, viereckiger Raum abgeschieden, der sich trichterförmig nach oben zu erweitert. Der obere Theil der Antheridie ist immer noch einzellig, bald erfolgen aber auch hier eine Anzahl Theilungen. Zunächst entstehen vier obere Seitenzellen ganz in derselben Weise wie die unteren entstanden, sie sind diesen unteren aufgesetzt und neigen zusammen nach dem Scheitel der Antheridie; zwischen diesen oberen Seitenzellen wird schliesslich vom Scheitel der Antheridie eine Deckelzelle abgeschieden, von Gestalt eines Kugelbschnittes. So wird ein Zellkörper gebildet, der aus einer Centralzelle und aus 8 Seitenzellen und einer Deckelzelle besteht. Die Centralzelle ist, von oben gesehen, (Fig. 2) viereckig, in der Mitte ihrer Höhe bauchig aufgetrieben, an ihren Enden, namentlich am unteren, allmählich verjüngt und wird zur Urmutterzelle der Spermatozoiden. Sie führt reichlich Protoplasma, einen deutlichen Zellkern, während die Seitenzellen alsbald nur noch spärliche Chlorophyllkörner enthalten.

Der eben geschilderte Fall ist der gewöhnlichste, andere Formen zusammengesetzter Antheridien sind verhältnissmässig selten, und ich kann sie beiläufig unberücksichtigt lassen ¹⁾).

Die radialen Wände zwischen den Seitenzellen (Fig. 1b) bleiben äusserst dünn, sie können wohl verschwinden und sind dann in älteren Antheridien nicht mehr nachzuweisen. Dann wird die Centralzelle wie es bereits Thuret ²⁾ und Hofmeister (in der engl. Ausg.) ³⁾ aufgefallen, ausser der Deckelzelle von zwei annularen Zellen umgeben (Fig. 8 u. 9) ⁴⁾).

In der weiteren Entwicklung stimmen sowohl einzellige als mehrzellige Antheridien vollkommen überein. Die ganze Antheridie im ersteren, oder die Centralzelle derselben im letzteren Falle wird zur Urmutterzelle der Spermatozoiden. Sie theilt sich zunächst (Fig. 1b u. 2) durch eine mittlere Scheidewand in der Richtung der Achse der Antheridie in zwei gleiche Hälften, jede dieser Hälften theilt sich alsbald in derselben Weise wieder in zwei Hälften (Fig. 3), so dass man bei Ansichten von oben ein Kreuz mitten durch die Zelle bekommt. Bei den zusammengesetzten Antheridien haben diese Scheidewände auch eine ganz bestimmte Richtung zu den Seitenzellen, sie sind denselben unter rechtem Winkel aufgesetzt, alterniren also mit denselben (Fig. 2). Das mittlere Kreuz ist oft nur schwach, in anderen Fällen aber auch sehr scharf markirt. Die mittlere Zelle besteht jetzt aus vier gleichen Zellen; jede derselben theilt sich durch eine Querwand parallel zur Prothalliumfläche in zwei über einander liegende Zellen. In einer jeden dieser Zellen sieht man schliesslich noch, und zwar oft äusserst deutlich, eine Theilung aufs Kreuz und je eine Quertheilung erfolgen, so dass man bei Ansichten von oben nun gleichzeitig in einer Ebene 16 Zellen, und bei Seitenansicht vier Etagen von Zellen zu sehen bekommt, das sind die Spezialmutterzellen der Spermatozoiden. (Fig. 4).

1) Verhältnissmässig häufig ist noch der Fall, wo an Stelle der vier unteren Seitenzellen sich eine einzige Querwand bildet, die Centralzelle dann also nur von vier Seitenzellen und einer Deckelzelle umgeben wird.

2) Ann. d. sc. nat. 3 sér. XI vol. p. 7.

3) l. c. p. 186.

4) Besonders geeignet, um die Entwicklungsgeschichte der Antheridien an ihnen zu verfolgen, zeigten sich nachträglich noch einige Gymnogramme Arten.

Jede Spezialmutterzelle enthält einen deutlichen Zellkern (Fig. 5). Durch gegenseitigen Druck werden diese Zellen alsbald polygonal (Fig. 5). meist fünfeckig, und ihre ursprüngliche Anordnung wird theilweise verwischt. Der Zellkern wird bald unsichtbar, und eine gleichmassige granulöse Masse erfüllt nun die Zelle. Bald zeigt sich mitten in dieser Masse eine rosafarbene Vacuole (Fig. 6). Der protoplasmatische Inhalt wird immer lichtbrechender (wasserärmer) und zieht sich nach der Wand zurück, während sich die mittlere Vacuole entsprechend vergrössert; in der Flüssigkeit derselben zeigen sich alsbald kleine Körnchen suspendirt, der protoplasmatische Wandbeleg spaltet sich aber zu einem Spiralbande, welches an einem Punkte beginnend immer weitere Windungen um die mittlere Vacuole umschreibt. Gleichzeitig runden sich die Spezialmutterzellen immer mehr ab und treten aus dem Verbande (Fig. 7 u. 10), indem ihre Wände langsam in ein lösliches Kohlenhydrat übergehen. Durch den Druck des Inhaltes werden die Seitenzellen meist stark flach gedrückt, ja das Lumen der Deckelzelle wird oft völlig unsichtbar (Fig. 8).

Wird das reife Antheridium nunmehr ins Wasser gebracht, so kann die Deckelzelle dem Drucke des Inhalts nicht mehr das Gleichgewicht halten, sie reisst sternförmig in ihrer Mitte (Fig. 8, 9, 11), und die Spezialmutterzellen der Spermatozoiden treten in dieser Oeffnung nach aussen hervor. Sehr zu statten kommen nunmehr der Antheridie die annularen Seitenzellen. Bei der Entleerung der Spezialmutterzellen nehmen sie sehr oft bedeutend an Lumen zu und drängen dieselben aus der Centralzelle hinaus, ungeachtet der ursprüngliche Druck schon aufgehört hat. Die Zahl der in einem normalen Antheridium enthaltenen Spermatozoiden schwankt zwischen 50—60. In dem verjüngten unteren Ende der Centralzelle kommen einzelne Spezialmutterzellen nicht zur Entwicklung, was die Abweichung der wirklichen Zahl derselben von der durch Rechnung gefundenen ($4 \times 16 = 64$) hinlänglich erklärt; einige abortirte bleiben auch fast jedesmal in, oder vor dem Antheridium liegen.

Der Spermatozoid liegt eine Zeitlang ruhig vor der Oeffnung der Antheridie ¹⁾, so lange etwa als die Spezialmutterzelle braucht, um aufgelöst zu werden. Seine Windungen sind innerhalb der Zelle eng an einander gewickelt und müssen eine gewisse Spannkraft auf die Wand der Zelle üben. Diese Spannkraft überwindet schliesslich die Resistenz der sich auflösenden Membran, das Spiralband schnellt mit einem Rucke auseinander, und eilet davon. Nur in ganz seltenen Fällen bleibt etwas von der Spezialmutterzelle an dem Orte zurück, wo der Spermatozoid gelegen, ihre letzten Spuren werden vollständig gelöst in dem Augenblicke, wo der Spermatozoid davon eilt. Der Spermatozoid ²⁾ dreht sich während der Bewegung schnell um seine Achse; sein Körper beschreibt etwa drei bis vier Windungen, die sich nach hinten immer mehr erweitern; die vorderen, engeren Windungen sind mit langen Cilien besetzt, an der letzten weitesten Windung dagegen, ja oft von den letzten Windungen umfasst, erblickt man ein farbloses Bläschen, das in seinem Innern mehrere kleine Körnchen

1) Drehungen innerhalb der Spezialmutterzellen kommen bei *Pteris serrulata* nur äusserst selten vor.

2) Vergl. Schacht. Die Spermatozoiden, p. 25 u. 26.

enthält (Fig. 19b). Dieses Bläschen ist augenscheinlich nichts anderes als die Vacuole, die wir bereits im Innern der Spezialmutterzelle gesehen. Die Bläschen sind klebrich, und die Spermatozoiden bleiben mit denselben nicht selten an fremden Körpern hängen; dann sieht man sie ziehen und zerren, um von denselben loszukommen, was ihnen denn auch nicht selten gelingt; das hinterste Ende der Spermatozoiden zieht sich dabei oft zu einem langen Faden aus, der schliesslich reisst. Die Bläschen quellen im Wasser sehr bedeutend; hat sich der Spermatozoid seines Bläschens nicht zu entledigen gewusst, dann wird dasselbe immer grösser und beeinträchtigt schliesslich die Bewegung des Spermatozoiden so sehr, dass er nun noch schwer vorwärts kommen kann. Solche Spermatozoiden trifft man besonders zahlreich gegen das Ende der Schwermperiode, und sieht man sie dann langsam zu Boden sinken, wo das Bläschen zunächst, dann nach und nach (oft erst nach 24 Stunden) auch der Spermatozoid aufgelöst werden.

Die Bewegung der Spermatozoiden aus einem und demselben Antheridium dauerte in allen von mir beobachteten Fällen (bei *Pteris serrulata*) nicht mehr als eine halbe Stunde, und nur in ganz seltenen Fällen ging sie über diese Zeit hinaus.

Bei *Ceratopteris thalictroides* dauert sie noch kürzer als bei *Pteris serrulata*, kaum mehr als 20 Minuten.

Die Entwicklungsgeschichte der weiblichen Geschlechtsorgane habe ich sowohl bei *Pteris serrulata*, als auch bei *Ceratopteris thalictroides* verfolgt und in beiden Fällen völlig übereinstimmend gefunden.

Gewisse Zellen der Unterseite älterer Prothalien, dicht hinter dem Einschnitte des Vorderrandes und an der Stelle, wo das Prothallium durch wiederholte Theilung seiner Zellen eine gewisse Dicke erreichte, werden zu Mutterzellen der Archegonien. Sie füllen sich mit körnigem Schleim und zeigen einen deutlichen mittleren Zellkern; bald theilt sich eine solche Zelle durch eine der Aussenfläche des Prothalliums parallele Scheidewand in zwei ungleiche Hälften, eine innere grössere, die zur Centralzelle des Archegonium wird, und eine äussere, etwas kleinere, welche nach wiederholter Theilung den Halstheil des Archegoniums erzeugt. Nach Hofmeister¹⁾ ist diese erste Scheidewand stark gegen die Fläche des Prothalliums geneigt; die äussere der so entstandenen Zellen ist die grössere und wird durch eine der ersten Scheidewand aufgesetzte, entgegengesetzt geneigte auf's neue getheilt. Die so entstandene zweiflächig, nach Art eines Keils, zugespitzte Scheitelzelle des Archegoniums theilt sich nach ihm noch sechs bis zehn Mal, durch wechselnd geneigte Wände, ehe das Längenwachsthum des Organes endet. Die Zellen zweiten Grades sollen sich dann weiter durch zur Längsachse des Archegoniums radiale Wände theilen, und der ganze Hals nunmehr von vier Längsreihen dreiseitiger Zellen und einer Scheitelzelle zusammengesetzt sein. Sämmtliche Zellen einer Zellreihe theilen sich weiter durch zur Achse

1) Vergl. Unters. deutsch. Ausg. p. 91. — Nach der | der Prothalliumfläche erst die folgenden sind gegen die-
englischen Ausgabe erfolgt die erste Theilung parallel | selbe geneigt. On higher Cryptogamia p. 190.

parallele Wände in innere und äussere, oder diese Theilung erfolgt nur in der untersten Zelle einer der vier Zellen. Beide Formen von Archegonien sollen bei *Pteris serrulata* vorkommen. Der Kanal im Halse wird gebildet durch das Auseinanderweichen seiner Zellen in der Mitte, oder, wo ein mittlerer Zellstrang vorhanden ist durch Auflösung, der Querwände desselben; der zusammenfliessende und gerinnende Inhalt der axilen Zellenreihe erscheint dann als wurmförmige Schleimmasse. Doch bevor noch dies alles geschieht, soll sich in der Centralzelle um deren primären Kern eine zarte sphärische Zelle bilden, welche die Mutterzelle der jungen Pflanze ist¹⁾.

Meine Beobachtungen weichen nun von den Hofmeister'schen in manchen Punkten ab, und schliessen sich vielmehr an dasjenige an, was Pringheim bei *Salvinia* gesehen²⁾.

Nachdem die ursprüngliche Mutterzelle sich in eine innere und äussere Zelle getheilt hatte, entwickelt sich zunächst die äussere Zelle weiter (Fig. 12). Sie wölbt sich etwas nach aussen, bald sieht man in ihr eine Theilung erfolgen (Fig. 13), durch eine Scheidewand, welche sie in zwei gleiche Hälften zerlegt und der Prothalliumfläche senkrecht aufgesetzt erscheint. Diese Scheidewand hat auch eine ganz bestimmte Richtung zur Achse des Prothalliums, sie ist derselben parallel, läuft also in der Richtung vom vordereu Einschnitte nach der Basis des Prothalliums. Diese Richtung ist besonders scharf bei *Ceratopteris thalictroides* ausgeprägt, wird aber auch bei *Pteris* eingehalten. Die zweite Scheidewand, die alsbald erscheint, schneidet die erste unter rechtem Winkel, so dass die Halszelle nunmehr aus vier gleichen Zellen besteht (Fig. 15). Diese beiden Theilungen erfolgen bei *Pteris* sehr rasch auf einander, so dass es schwer hält, sie gesondert anzutreffen; bei *Ceratopteris* (Fig. 13) dagegen ist dies weit häufiger der Fall. Von den weiteren Theilungen muss man sich nun auf dem Querschnitte überzeugen (Fig. 14). Gleichzeitig sieht man alsdann auch eine gewisse Aenderung in der Centralzelle vor sich gehen; an ihrem Scheitel, dicht unterhalb der Halszellen, tritt ein Zellkern auf, und alsbald sammelt sich um denselben eine Protoplasmamasse, welche sich durch hellere Färbung etwas von dem übrigen Plasma der Centralzelle unterscheidet. Alsbald wird dieses Plasma durch eine stark convex gebogene Linie von dem übrigen Inhalte der Centralzelle abgeschieden und bildet nun eine selbstständige Zelle (Fig. 14k). Eine cellulose Membran ist hier niemals nachzuweisen, überhaupt ist die Trennung beider Zellen so schwach, dass Hinzufügen von Kali genügt, um sie in einander fliessen zu machen. Diese neue Zelle innerhalb der Centralzelle ist nicht das Keimbläschen, sie entspricht vielmehr der Kanalzelle, die Pringsheim für *Salvinia* beschreibt. Der übrige Inhalt der Centralzelle ist die Befruchtungskugel (Fig. 14bf); mitten in derselben, dicht unterhalb der Kanalzelle, liegt ein grosser Zellkern mit einem deutlichen Zellkörperchen.

1) l. c. p. 81.

2) Zur Morphologie der *Salvinia natans* Jahrb. für wiss. Bot. B. III, p. 519 u. f. Von Hanstein auch für

Marsilea bestätigt. Befruchtung und Entwicklung der Gattung Marsilea. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IV, p. 217.

Die vier Zellen des Halses (Fig. 14h) theilen sich durch geneigte Wände, und die Kanalzelle (ganz wie bei *Salvinia*) drängt sich zwischen dieselben, sie in die Höhe schiebend. Sie selbst bleibt auch nicht lange einzellig, denn wenn auch Theilungswände hier nicht sichtbar werden, so treten doch nach einander eine Anzahl Kerne in ihr auf, die der Zahl nach den äusseren Halszellen gewöhnlich entsprechen (Fig. 16 u. 17). Diese Kerne sind meist grösser als die entsprechenden Kerne in den Halszellen, werden übrigens bald wieder gelöst. Von einer Streifung der Kanalzelle, wie sie Pringsheim für *Salvinia* angiebt, war hier nichts zu sehen.

Nur die obersten Halszellen theilen sich jedes Mal weiter, die unteren werden dem entsprechend zu Dauerzellen, und nur selten erfolgt auch noch eine Theilung in ihnen. Das Wachsthum schreitet nicht gleichmässig vor zu allen Seiten des Halses. Die dem Einschnitte des Prothalliums zugekehrten Zellen wachsen schneller als die entgegengesetzten, dadurch wird der Halstheil an dieser Seite convex gekrümmt und kommt mit seinem Scheitel näher der Prothalliumfläche zu liegen (Fig. 18). Er bleibt an seiner convexen Seite schliesslich meist um eine Zellreihe höher als an der concaven (Fig. 20) und schaut constant mit seinem Scheitel nach der Basis des Prothalliums hin.

Durch diese Krümmung des Halses kommt die zweite senkrecht gegen die Prothalliumfläche gerichtete Scheidewand, welche die ursprüngliche Halszelle übers Kreuz theilte, in eine gegen die Prothalliumfläche geneigte Lage (Fig. 16, 18, 19); dazu kommen noch die ungleichzeitigen Theilungen zu beiden Seiten des Halses, so dass es auf Querschnitten völlig den Anschein gewinnt, als wachse derselbe mit einer Scheitelzelle, durch abwechselnd geneigte Scheidewände.

Eben so folgt aus der obigen Schilderung wohl schon zur genüge, dass es keine einfach vierreihigen Häuse, ohne Kanalzelle giebt. Bilder, die zu einer solchen Annahme verleiten, erhält man nur dann, wenn bei Seitenansichten der Hals des Archegoniums so zu liegen kommt, dass eine seiner radialen Längswände senkrecht zur Beobachtungsfläche steht (Fig. 18). Bei einer solchen Lage des Präparates ist der Kanal oft gar nicht zu sehen; von seiner Anwesenheit kann man sich jedoch durch Drücken oder Wenden des Präparates sehr leicht überzeugen.

Die Zahl der den Hals in die Höhe zusammensetzenden Zellen beträgt auf der convexen Seite meist 5, auf der concaven 4 Lagen (Fig. 21), doch sind die Verhältnisse von 6 und 5 Zellen wohl ebenso häufig (Fig. 19).

Um die Zeit etwa, da die Vollzahl der Halszellen schon angelegt worden ist, erfolgen auch in den inneren Zellen des Prothalliums, welche an die Centralzelle grenzen, eine Anzahl Theilungen, parallel zur Oberfläche derselben (Fig. 18) und umgeben sie allseitig mit kleinen flachen Zellen. Gleichzeitig sieht man nun auch die Zellkerne der Kanalzellen sich langsam in eine Anzahl kleiner Körner lösen und zu einer körnigen Masse vereinigen, welche bald continuirlich den ganzen Kanal durchzieht (Fig. 19). Die untersten Zellen des Halses vergrössern sich etwas, verengern dadurch das Lumen des Kanals an der entsprechenden

Stell; der körnige Inhalt wird theilweise in den oberen Theil des Kanals getrieben (Fig. 18, 19) und sammelt sich hier zu einer keilförmigen Anschwellung. Diese Anschwellung hängt mit der ursprünglichen, innerhalb der Centralzelle liegenden Masse, oft nur noch durch einen dünnen Verbindungsstrang zusammen.

Kommen nun solche reife Archegonien mit Wasser in Berührung, so sieht man den Inhalt des Kanals bedeutend quellen (Fig. 19). Von aussen aus wird er immer lichtbrechender, während in seiner inneren körnigen Masse eine Anzahl Vacuolen sich zeigen. Die Spannung wird grösser, und namentlich an der Spitze, wo der Schleim sich keilförmig angesammelt hatte, muss der Druck sehr bedeutend werden; das Lumen des Kanals wird dadurch bedeutend erweitert; endlich können die obersten Zellen des Halses der Spannung nicht mehr das Gleichgewicht halten; sie weichen an ihren Berührungskanten auseinander, und der Schleim ergiesst sich mit einem plötzlichen Rucke nach aussen (Fig. 20). Die Oeffnung des Halses im Wasser erfolgt früher oder später, verschieden je nach der Reife des Archegoniums; bei einiger Uebung wird es leicht, an dem Inhalte des Kanals sich zu orientiren, und besonders nur solche Archegonien zur anhaltenden Beobachtung zu wählen, wo ein baldiges Oeffnen zu erwarten ist. Im Allgemeinen kann man sagen, dass je lichtbrechender das homogene Wandplasma des Kanals ist, je dicker die Schicht, die es bildet, je eher der Kanal sich auch öffnen wird. Die Oeffnung erfolgt in zwei Tempo mit einer Unterbrechung (Fig. 20). Zunächst ergiesst sich der an der Spitze angesammelte Schleim entweder gleichzeitig, oder doch nur in kleinen Abständen, dann ist ein Augenblick Ruhe, und dann erst folgt die ganze innere Masse, die innerhalb der Centralzelle angesammelt war (Fig. 20). Der Schleim entleert sich anfangs mit einer gewissen Kraft, die ausreichend ist, um fremde Körper, die etwa vor der Oeffnung des Halses sich befinden, aus dem Wege zu bringen und so die Oeffnung zu befreien¹⁾. Der körnige innere Schleim kommt auf diese Weise oft ziemlich weit von der Oeffnung des Archegoniums zu liegen, langsam diffundirend; der stark lichtbrechende äussere Schleim dagegen, der den Wandbeleg des Kanals bildete, ergiesst sich in das umgebende Wasser und verbreitet sich radial von der Oeffnung des Kanals aus in demselben.

Nach dieser Entleerung bleibt in der Centralzelle nur die nackte Befruchtungskugel zurück; sie rundet sich ab, und an ihrem Scheitel dicht über dem Zellkerne lässt sich in den allergünstigsten Fällen, noch eine hellere Stelle unterscheiden (Fig. 22), die ich aus später zu erörternden Gründen, sogleich als Empfängnissfleck bezeichnen will²⁾. Die Befruchtungskugel harret nun der Befruchtung.

Den Vorgang der Befruchtung habe ich sowohl bei *Pteris serrulata*, als auch bei der erwähnten *Ceratopteris* in allen seinen Einzelheiten verfolgen können. *Pteris* lässt sehr schön die Oeffnung des Kanals und den Eintritt der Spermatozoiden sehen, *Ceratopteris*

1) In Fig. 25 lag der fremde Körper *kr* ursprünglich vor dem Scheitel des Archegoniums, und ist erst durch den hervortretenden Schleim fortgeschoben worden.

2) Diese Stelle dürfte der farblosen Stelle am Schei-

tel unbefruchteter Befruchtungskugeln der Algen (*Vaucheria Oedogonium*) entsprechen. Vergl. Pringsheim, Morphologie der Oedogonien, Jahrb. f. wiss. Bot. 1. Bd., p. 47.

dagegen ist wegen der Durchsichtigkeit (Chlorophyllarmuth) seiner Prothalien wohl das geeignetste aller Objecte, um das Verhalten der Spermatozoiden innerhalb der Centralzelle zu verfolgen. Dazu kommt noch, dass die Ränder des Prothalliums bei *Ceratopteris* vorn bei der Einbuchtung meist eingebogen sind, und die Archegonien auf einer geneigten Fläche zu stehen kommen, so dass man sie gleichsam im optischen Querschnitte zu sehen bekommt (Fig. 23). Die Prothalien aller anderen untersuchten Formen zeigten sich weniger günstig und wurden nur beiläufig verglichen; keines zeigte widersprechende Resultate.

Die Prothalien von *Pteris serrulata* wurden der feuchten Wand eines der Treibhäuser des hiesigen botanischen Gartens entnommen, wo sie, wie ja so gewöhnlich in den Treibhäusern, in grosser Zahl vorkommen; die Prothalien von *Ceratopteris thalictroides* entstammten dagegen einer Aussaat, die vor circa 2 Monaten auf Torfstücken ausgeführt worden war.

Die Prothalien wurden erst eine Zeit lang auf einer nicht zu feuchten Unterlage gehalten, um möglichst viel reife Geschlechtsorgane gleichzeitig zu erhalten und das Öffnen derselben zu verhüten. Auch wurden zur Beobachtung besonders mittelgrosse Prothalien gewählt, die bereits weibliche, aber auch noch männliche Organe besitzen, und es also möglich machen, den Vorgang der Befruchtung an demselben Prothallium zu verfolgen. Andererseits habe ich auch hin und wieder versucht, ältere Prothalien mit jüngeren zu befruchten, indem ich sie im Wasser des Objectträgers mit ihren Rändern übereinanderlegte. Auch diese Methode gab zuweilen gute Resultate. Das Prothallium wurde während der Beobachtung möglichst geschont, so weit es ging vor Beschädigung und vor Druck geschützt und nach der Beobachtung, mit einer entsprechenden Bezeichnung versehen, auf seine ursprüngliche Unterlage zurückgebracht. Viele Prothalien erhielten sich auf diese Weise am Leben, und ich konnte dann an denselben die Folgen der Befruchtung sehen.

Wird ein Prothallium mit reifen Geschlechtsorganen in's Wasser gelegt, so öffnen sich zuerst meist die Antheridien, in den günstigsten Fällen alsbald auch die Archegonien. Bei *Pteris serrulata* muss man dessenungeachtet wohl durchschnittlich über eine halbe Stunde warten, bevor diess geschieht; bei *Ceratopteris thalictroides* dagegen meist weniger als 20 Minuten.

Die Spermatozoiden, die zunächst gleichgültig an dem Scheitel des Archegoniumhalses, ganz wie an anderen fremden Körpern vorbeigekommen waren, zeigen, sobald sich dieser geöffnet hat, hier ein eigenthümliches Verhalten. In dem Augenblicke, wo sie in den Schleim vor dem Kanal gerathen, wird ihre Bewegung träger; man sieht, sie werden hier aufgehalten, ihre Bewegung gleichsam durch ein widerstehendes Medium gehemmt; manche bleiben in dem Schleime sitzen, manchen gelingt es wieder loszukommen, sie eilen davon; in dem gewöhnlichen Falle geschieht aber keines von beiden, sondern es wird durch den radial aus dem Kanal ergossenen Schleim, dem Spermatozoiden die Richtung indicirt, so dass er mit seiner Spitze voran auf die Kanalmündung steuert. An einen Diffusionsstrom ist hier nicht zu denken, eben so wenig an einen Strudel, der die Spermatozoiden plötzlich ergreifen sollte und gegen die Oeffnung schleudern, ja selbst ganz kleine Körner

bleiben in völliger Ruhe vor der Oeffnung des Kanals liegen. Die Bewegung des Spermatozoiden innerhalb des Schleimes wird entschieden langsamer, er hört nicht auf, sich um seine Achse zu drehen; der Schleim führt ihn aber in den Kanal, so dass seine Wirkung hier mit der Thätigkeit der Narbenflüssigkeit und der *thela conductrix* sich vergleichen liesse, welche den Pollenschlauch der Phanerogamen nach der Saamenknospe führen.

Sogleich kann man sich hier auch auf das entschiedenste überzeugen, wie wenig berechtigt die Annahme von E. Roze¹⁾ ist, dass es die hintere Blase am Spermatozoiden sei, welche den Befruchtungsstoff enthalte. Die meisten Spermatozoiden haben diese Blase bereits verloren, ehe sie nur an das Archegonium kommen, andere, die sie noch besitzen, verlieren sie jetzt in dem Schleime, keiner nimmt sie aber mit ins Innere des Archegoniums. Ich habe unter anderen einen Fall bei *Ceratopteris* ganz genau verzeichnet, wo 6 Spermatozoiden eben erst aus ihrer Antheridie entschlüpft, in die Centralzelle eingedrungen waren und dem entsprechend auch 6 Blasen in dem Schleime vor der Oeffnung des Halses zu bemerken waren (Fig. 27).

Innerhalb des Kanals angelangt, ziehen sich die Windungen des Spermatozoiden stark auseinander, und wenn sonst keine störenden Verhältnisse ihm in den Weg treten, so gelangt er alsbald ins Innere der Centralzelle, wo die entleerte Kanalzelle einen hinreichend grossen Raum hinterlassen hat. Hier ziehen sich seine Windungen wieder zusammen, seine Bewegungen werden wieder freier. Dieser erste Spermatozoid, der in das Archegonium eindringt, bleibt gewöhnlich nicht der einzige, bald folgen ihm andere; ihre Zahl kann innerhalb der Centralzelle auf 4, ja bis auf 5 steigen, so gross ist der Raum, den hier die Kanalzelle geschaffen (Fig. 23), sie bewegen sich dann munter durcheinander, etwa wie Spermatozoiden, die in einem Antheridium zurückgeblieben sind. Später ankommende Spermatozoiden bleiben in dem Kanale des Halses stecken; ihre Zahl kann bei *Pteris serrulata* ungeheuer steigen, jeder neu ankommende schraubt sich dann zwischen die schon vorhandenen, so lange als seine Bewegungen noch möglich sind, und streckt sich zuletzt fast gerade. So kommt es denn, dass in manchen Fällen der Kanal des Archegoniums wie von langen Fäden gefüllt erscheint; neue Spermatozoiden, die nun ankommen, können in denselben nicht mehr aufgenommen werden; nun habe ich aber einzelne Fälle bei *Pteris* beobachtet, wo sie sich ungeachtet dessen mit ihren vorderen Enden zwischen die früher angekommenen schrauben, und schliesslich so ein grosser Strauss von Spermatozoiden sich bildet, radial aus dem Kanale sich verbreitend (Fig. 24, 25, 26). In diesem Strausse sieht man dann einzelne von ihnen sich noch längere Zeit um ihre Achse drehen, ja manches Mal auch wieder loskommen und davon eilen. Ich habe bei *Pteris serrulata* wiederholt über 100 Spermatozoiden in einem solchen Strausse gezählt, ja eine halbe Stunde nach dem Eindringen des ersten Spermatozoiden bleiben immer noch einzelne in dem Schleime hängen. Solche Anhäufungen gehören

1) Les Anthéroïdes des Cryptogames. Ann. d. sc. nat. 5 sér. T. VIII, p. 87.

immerhin nur zu den Ausnahmen, und die Zahl der in ein Archegonium dringenden Spermatozoiden bleibt meist nur auf wenige beschränkt; auch kommen diese Anhäufungen nur bei *Pteris* vor, bei *Ceratopteris* sind sie nicht möglich; nicht nur weil das Prothalamium hier verhältnissmässig wenig Spermatozoiden entwickelt, sondern auch, weil der aus dem Archegoniumhalse ausgeworfene Schleim weit eher im umgebenden Wasser diffundirt und kurze Zeit nur die vorbei eilenden Spermatozoiden anhält.

Dass dieser Schleim es wirklich ist, der so spezifisch auf die Spermatozoiden wirkt, unterliegt wohl schon nach dem oben Gesagten kaum mehr einem Zweifel; noch bestimmter konnte ich mich jedoch von dieser seiner Wirkung überzeugen, indem ich das Deckgläschen rückte, dadurch den Schleim aus seiner ursprünglichen Lage brachte, oder ihn gar mit der Nadel ganz von Archegonium entfernte. Dann wurden die Spermatozoiden von dem Schleime angehalten da wo er zu liegen kam, wussten sie sich wieder von ihm zu befreien, oder gingen in ihm nach längerem oder kürzerem Schwärmen zu Grunde¹⁾, die Richtung nach der Oeffnung des Archegoniumhalses wurde ihnen aber nicht mehr inducirt.

Doch wollen wir das Verhalten der Spermatozoiden innerhalb der Centralzelle weiter verfolgen. *Pteris* ist, wie bereits erwähnt, zu dieser Beobachtung nicht günstig, so dass ich unter den unzählich beobachteten Fällen nur zwei Mal diesen Vorgang hier sehen konnte. Ein Mal auf einem Querschnitte, der das Archegonium frei legte, ohne es zu beschädigen und Spermatozoiden aus einem benachbarten Antheridium in dasselbe drangen, ein anderes Mal selbst bei Flächenansicht des Prothalamiums, wo aber das Archegonium auf dem Abhange des mittleren Zellkissens des Prothalamiums so befestigt war, dass ich es gleichsam im optischen Querschnitte sehen konnte.

Verhältnissmässig sehr leicht lässt sich nun der ganze Vorgang bei *Ceratopteris thalictroides* verfolgen. Das Prothalamium ist so stark durchscheinend, dass man bei Flächenansichten sehr leicht sowohl die ganze Centralzelle, als auch deren Inhalt zu sehen bekommt (Fig. 23), wobei die geneigte Stellung der Archegonien am eingebogenen Prothalamiumrande noch sehr zu statten kommt. Die Spermatozoiden sind verhältnissmässig grösser als bei *Pteris* und lassen sich also leicht verfolgen²⁾.

Der erste Spermatoroid, der in die Centralzelle dringt, stösst wie gewöhnlich sogleich, oder nach kurzem Schwärmen mit seiner vorderen Spitze an die hellere Stelle (den Empfängnis-fleck), die wir mitten am Scheitel der Befruchtungskugel gesehen, und bleibt sogleich an dieser Stelle hängen; er dreht sich nun schnell um seine Achse und sinkt mit seiner Spitze langsam in die Befruchtungskugel; seine Bewegungen werden langsamer, bald hören sie gänzlich auf, immer mehr schwindet er in der Befruchtungskugel und zergeht auch in dem Masse in derselben, bis nach etwa 3—4 Minuten (in allen Fällen) nichts mehr von ihm zu

1) Sehr schön lässt sich in solchen Fällen wieder der Verlust des hinteren Bläschens im Schleime constatiren. Rändern des Prothalamiums und zeigen einen ganz besonderen Bau. Vergl. auch Hofmeister, l. c. engl. Ausg.

2) Die Antheridien stehen bei *Ceratopteris* an den p. 187 u. Taf. XXIV, Fig. 16—19.

sehen ist. Diesen Vorgang, wie ich ihn beschreibe, glückte es mir, unter den vielen beobachteten Fällen, nur 5 Mal ganz ungestört zu verfolgen, dann nämlich nur, wo nur ein Spermatozoid in die Centralzelle eingedrungen war; dieses geschah namentlich nur dann, wenn durch äussere, störende Einflüsse der Zutritt zum Kanal erschwert war, so z. B., wenn Luftblasen oder andere fremde Körper den Eingang zu demselben versperrten. In den meisten Fällen folgen auf den ersten Spermatozoiden noch mehrere andere, und der erste wird, wenn er nicht mit seiner Spitze bereits auf eine gewisse Tiefe eingedrungen ist, durch diese neu ankommenden aus seiner Lage verdrängt. Die Spermatozoiden bewegen sich nun durch einander, und es wird sehr schwer, den einzelnen zu verfolgen. Oft bleiben nun zwei, ja selbst drei Spermatozoiden gleichzeitig mit ihrer Spitze an der mittleren Empfängnissfleck hängen, sie drehen sich schnell um ihre Achse, sich gegenseitig verdrängend, bis dann einer die Oberhand gewinnt und so weit aufgenommen wird, dass seine hinteren Windungen nun den Empfängnissfleck verdecken. Die übrigen Spermatozoiden werden nun nirgends mehr angehalten und schwärmen noch längere Zeit durch einander. Oft hört ihre Bewegung auf, um nach einigen Augenblicken wieder aufgenommen zu werden; das dauert so etwa 8—10 Minuten, dann geht alles zur Ruhe; jeder einzelne Spermatozoid bleibt an der Stelle liegen, wo er zur Ruhe gekommen ist, und ist hier noch längere Zeit sichtbar. In einem Falle, wo nur 2 Spermatozoiden in die Centralzelle eingedrungen waren, kam der zweite erst an, nachdem der erste bereits $1\frac{1}{2}$ Minuten über der mittleren, empfängnissfähigen Stelle gelegen hatte, und seine engeren Windungen in die Befruchtungskugel bereits aufgenommen waren. Er konnte ihn nicht mehr aus seiner Lage bringen, blieb auch nicht mehr an der mittleren Stelle hängen, nachdem dieser erste Spermatozoid an derselben ganz aufgenommen worden war, sondern blieb nach längerem Schwärmen seitwärts auf der Befruchtungskugel liegen. Von dem ersten Spermatozoiden war nach 4 Minuten nicht die Spur mehr zu sehen; der zweite wurde erst nach 35 Minuten unsichtbar (Fig. 22).

Als erste, unmittelbare Folge der Befruchtung zeigt sich eine Trübung der Befruchtungskugel; dieselbe wird körnig, undurchsichtig, so dass die weiteren Vorgänge in derselben sich nunmehr der Beobachtung entziehen, gleichzeitig erhält sie eine feste Membran. Die Trübung erfolgt innerhalb der ersten 20 bis 30 Minuten nach der Befruchtung. Der Kanal zeigt in seinem unteren Theile die von Hofmeister beschriebene Verengung, und nach 6—8 Stunden beginnt er sich zu bräunen. Die Bräunung beginnt über der Befruchtungskugel innerhalb der Centralzelle und steigt von hier langsam im Innern des Kanals.

Die befruchteten Prothalien wurden bei Seite gelegt und nach wenigen Tagen nochmals untersucht. Bei vielen, die während der Beobachtung nicht zu sehr gelitten hatten, waren nunmehr sichere Zeichen der erfolgten Befruchtung zu bemerken. Die Centralzelle war bedeutend angeschwollen, die Befruchtungskugel hatte sich vergrössert, und es waren in derselben die ersten Theilungen deutlich zu sehen. Dieses Verhalten zeigte unter anderen auch ein Antheridium, an dem ich sicher das Eindringen nur eines Spermatozoiden beobachtet hatte, auch das vorhin erwähnte, wo ausser dem ersten noch ein zweiter Spermato-

zoid später hinzugekommen war. Somit wäre denn auch experimentell der Nachweis geliefert, dass, ungeachtet meist mehrere Spermatozoiden in das Archegonium der Farne dringen, ein einziger hier genügt, um die Befruchtung zu vollbringen.

Zum Schlusse sei es mir noch gestattet, die Vermuthung auszusprechen, dass ähnliche Verhältnisse sich auch bei anderen, mit Hülfe von Spermatozoiden sich befruchtenden Kryptogamen werden wiederfinden lassen; alle Analogien sprechen jetzt dafür, freilich bleibt es weiteren Untersuchungen vorbehalten, diese Analogien erst thatsächlich zu begründen.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

(Die Figuren beziehen sich — wo nicht besonders angegeben — auf *Pteris serrulata*.)

Fig. 1a u. b. Junge Antheridien von *Pteris serrulata* von der Seite gesehen. a. a. Radiale Berührungskanäle der Seitenzellen; b. eine der mittleren Scheidewände, welche die Centralzelle theilen.

Fig. 2. Junges Antheridium von oben gesehen. Die Centralzelle hat sich erst ein Mal getheilt.

Fig. 3. Die Centralzelle hat sich auf's Kreuz getheilt.

Fig. 4. Die Theilung auf's Kreuz der Mutterzellen.

Fig. 5. Die Spezialmutterzellen haben durch gegenseitigen Druck polygonale Gestalten angenommen.

Fig. 6. Isolirte Spezialmutterzellen mit den sich bildenden Vacuolen.

Fig. 7. Reifes Antheridium von oben gesehen.

Fig. 8. Reifes Antheridium in Seitenansicht.

Fig. 9a. Völlig entleertes Antheridium in Seitenansicht.

Fig. 9b. Spermatozoiden.

Fig. 10. Reifes, einzelliges Antheridium in Seitenansicht.

Fig. 11. Entleertes, einzelliges Antheridium von oben.

Fig. 12. Erste Halszelle des Archegoniums von *Ceratopteris thalictroides* von oben gesehen.

Fig. 13. Erste Theilung in dieser Halszelle.

Fig. 14. Etwas älterer Zustand bei *Pteris serrulata* im Querschnitt; h. h. Halszellen; k. Kanalzelle; bf. Befruchtungskugel.

Fig. 15. Halstheil eines sehr jungen Archegoniums von oben gesehen, *a.*, *b.* u. *c.* bei verschiedener Einstellung. Bei *a.* sind nur die Halszellen, bei *b.* u. *c.* auch die Kanalzelle zwischen denselben sichtbar.

Fig. 16. Ein älteres Archegonium im Querschnitt; bei *a.* sind auch die oberen Zellen des Halses angedeutet, bei *b* weggelassen.

Fig. 17. Scheitel des Archegoniumhalses, wegen der sehr deutlichen Kerne innerhalb der Kanalzellen gezeichnet.

Fig. 18. Ein junges Archegonium in Seitenansicht; bei dieser Lage des Halses ist von dem mittleren Kanal kaum etwas zu sehen.

Fig. 19. Ein reifes Archegonium kurz vor dem Öffnen des Halses. Der Schleim im Kanale hat sich bereits gesondert in eine äussere lichtbrechende, homogene und in eine innere körnige Schicht.

Fig. 20. Ein reifes Archegonium im Augenblicke der Schleimentleerung.

Fig. 21. Ein geöffnetes Archegonium der Befruchtung harrend.

Fig. 23. Centralzelle von *Ceratopteris thalictroides* mit einem seitlich auf der Befruchtungskugel zur Ruhe gekommenen Spermatozoiden, während der erste, der in der Mitte lag, bereits vollständig aufgenommen wurde.

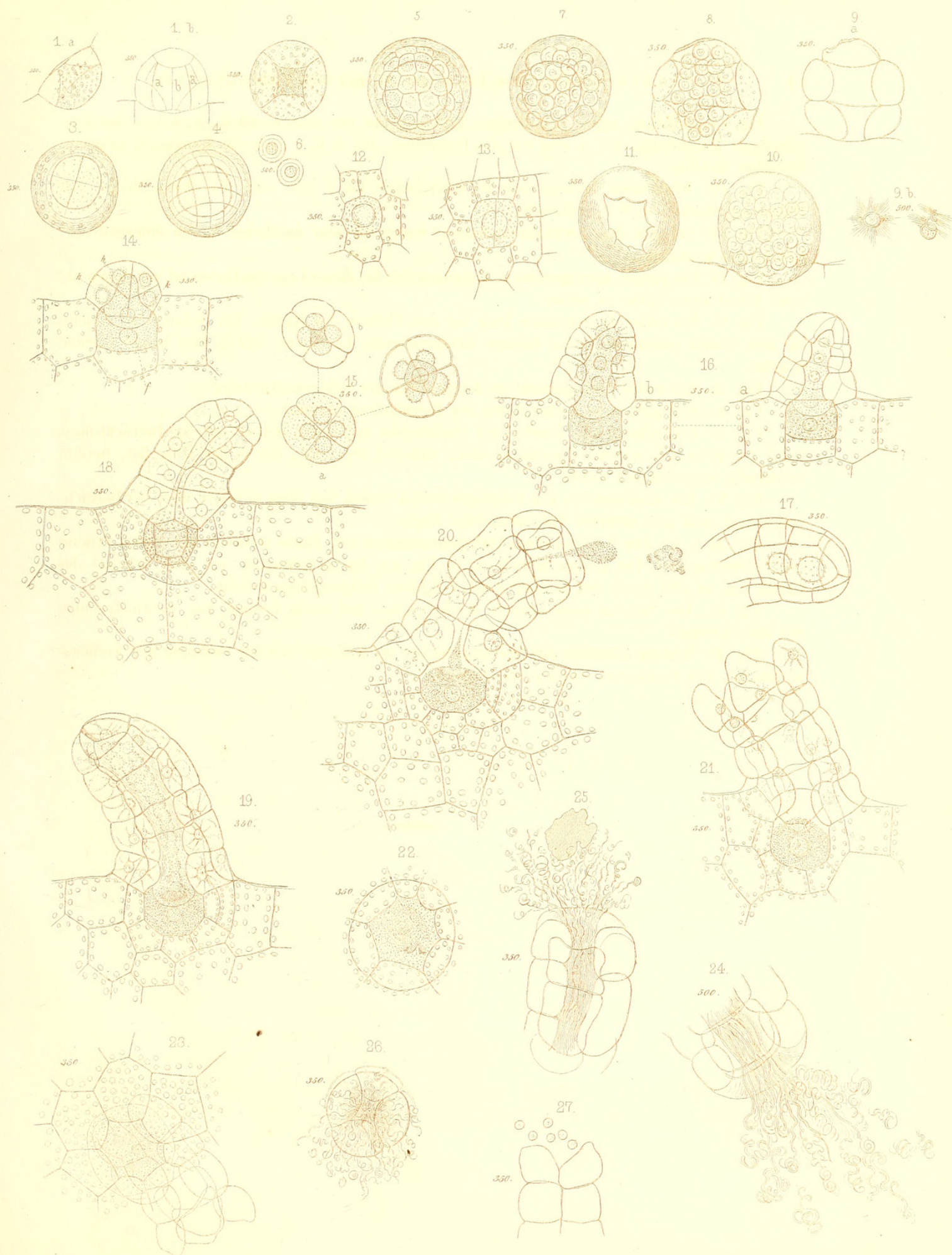
Fig. 23. Ein Archegonium von *Ceratopteris thalictroides* von oben gesehen; über der Befruchtungskugel sieht man mehrere Spermatozoiden liegen.

Fig. 24 u. 25. Der Scheitel eines Archegoniumhalses von *Pteris serrulata* mit einem Strauss von Spermatozoiden. Der fremde Körper *kr* in Fig. 25, lag ursprünglich vor dem Scheitel des Halses und ist erst durch den hervortretenden Schleim fortgeschoben worden.

Fig. 26. Der Scheitel eines anderen Archegoniums mit einem Strauss von Spermatozoiden von oben gesehen.

Fig. 27. Hintere Bläschen der Spermatozoiden, im Schleime vor der Öffnung des Archegoniumhalses von *Ceratopteris thalictroides* liegend.





MÉMOIRES

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, 7^{ME} SÉRIE
Tome XII, N. 4.

UNTERSUCHUNGEN

über die

CONSTITUTION DER ATMOSPHERE

VON

DIE STRAHLENBREMUNG IN DERSELBEN.

(ZWEITE ABHANDLUNG)

VON

Dr. H. GÖTTSCHEW

Petersburg 1868

ST.-PÉTERSBOURG, 1868.

Commissaires de l'Académie Impériale des sciences

M. Léonard Forel

M. N. Kymen

MM. Eggers et Co, H. Schmidtke

et Jacques Jacob

Preis 45 Kopek = 10 Rbl.



Strasburger, Eduard. 1869. "Die Befruchtung bei den Farrnkräutern."
Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St.-Pétersbourg ser.7:t.12
(1869), 1–14.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/179430>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/172128>

Holding Institution

Smithsonian Libraries and Archives

Sponsored by

Biodiversity Heritage Library

Copyright & Reuse

Copyright Status: Not in copyright. The BHL knows of no copyright restrictions on this item.

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.