

ÖSTERREICHISCHE BOTANISCHE ZEITSCHRIFT.

Herausgegeben und redigiert von Dr. Richard R. v. Wettstein,
Professor an der k. k. Universität in Wien.

Verlag von Karl Gerolds Sohn in Wien.

LIX. Jahrgang, N^o. 12.

Wien, Dezember 1909.

Über das selbständige Bewegungsvermögen der Sperma- kerne bei einigen Angiospermen.

Von S. Nawaschin (Kiew).

(Mit Tafel VIII.)

Die vorliegende Publikation enthält einige Ergebnisse einzelner Beobachtungen, die ich bei den Untersuchungen der Befruchtungsvorgänge an verschiedenen Pflanzen gemacht habe. Zunächst stellte ich mir bei diesen Untersuchungen lediglich die Aufgabe, eine Anzahl von in dem Pflanzensystem womöglich voneinander entfernten Familien auf die „Doppelbefruchtung“ hin zu prüfen, was sich einigermaßen leicht an den meisten gehörig fixierten Objekten ausführen läßt, indem man nämlich die Kopulation des Eizellkerns und des Embryosackkerns mit je einem der beiden Spermakerne konstatiert. Die nämlichen Tatsachen findet man auch in den Publikationen, die von mehreren Forschern der Schilderung derselben Vorgänge gewidmet wurden, z. B. in einer Reihe der bekannten Arbeiten Guignards über die Doppelbefruchtung bei den Repräsentanten von verschiedenen Dikotylen- und Monokotylenfamilien¹⁾.

Strasburger war der einzige Forscher, welcher es versuchte, in lebenden Samenanlagen den fraglichen Vorgang zu beobachten, wobei es ihm gelang, bei *Monotropa Hypopitys* nicht nur die erwähnte Kopulation der männlichen und der weiblichen Kerne

¹⁾ L. Guignard. Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes. *Revue générale de Botanique*, 1899, t. XI. L'appareil sexuel et la double fécondation dans les Tulipes. *Ann. des sc. nat., Botanique*, 8. Sér., t. XI. La double fécondation chez les Renonculacées. *Journ. de Botan.*, 1901, t. XV. La double fécondation dans le *Najas major*. *Journ. de Botan.*, 1901, t. XV. La double fécondation chez les Malvacées. *Journ. de Botan.*, 1904, t. XVIII. La double fécondation dans le Maïs. *Journ. de Botan.*, 1901, t. XV. La double fécondation chez les Solanées. *Journ. de Botan.*, 1902, t. XVI. La double fécondation chez les Crucifères. *Ibidem*.

zu konstatieren, sondern auch die Art und Weise zu ermitteln, auf welche die Spermakerne nach den betreffenden weiblichen Kernen zugeführt werden¹⁾.

Nach seinen Angaben wird namentlich einer von den beiden Spermakernen durch die Plasmaströmungen innerhalb des Embryosackes nach dem Kerne des Embryosackes befördert. Diese wert- und autoritätsvolle Beobachtung hat gewissermaßen den Grund jenem Schlusse entzogen, welcher von anderen Seiten aus der eigentümlichen Gestalt der Spermakerne auf ein selbständiges Bewegungsvermögen derselben gezogen wurde. So äußert sich darüber Koernicke wie folgt: „Doch liegen darüber, wie überhaupt über selbständige Bewegung von Kernen, keine besonders eingehenden Beobachtungen vor. Möglich kann es sein, daß die gewundenen Formen der generativen Kerne ebenso wie die ellipsoidischen, bzw. linsenförmigen von *Monotropa Hypopitys*, bei welcher Strasburger die Doppelbefruchtung in lebenden Sameuanlagen beobachten konnte, durch die Plasmaströmungen innerhalb des Embryosacks nach dem Polkern befördert werden.“²⁾

Einerseits gibt es also mehrere Schilderungen der Kopulation, bzw. der fertigen Zygoten der Sexualkerne in der Eizelle und im Embryosacke, andererseits nur die einzelne direkte Angabe Strasburgers in bezug darauf, wie diese Zygoten sich bilden, bzw. wie die Spermakerne die weiblichen Kerne treffen. Dies ist eine kurze Zusammenfassung unserer Kenntnisse über den uns hier interessierenden Gegenstand, welche uns um so mehr unzulänglich erscheinen müssen, wenn wir bedenken, daß die Beobachtungen noch darüber fehlen, wie und wohin eigentlich der Pollenschlauchinhalt sich ergießt und wodurch jene rätselhafte Erscheinung, die man als „Trübung“ der sich „verändernden“ Synergide zu bezeichnen pflegt, zustande kommt. Soll der Pollenschlauchinhalt sich direkt in den Embryosack ergießen, u. zw. in dessen Protoplasmakörper oder in den Zwischenraum hinein, der den Eiapparat von jenem Protoplaste treunt? Oder vielleicht soll eine der beiden Synergiden den Pollenschlauchinhalt zunächst in sich einnehmen, um alsdann denselben nach seinem weiteren Bestimmungsort zu leiten, was zugleich die bekannte „Trübung“ der Synergide verursachen könnte? So weit ich mich erinnern kann, wurden manchmal die beiden Ansichten geäußert, jedoch nur beiläufig und, meiner Meinung nach, ohne hinlängliche Gründe.

Die Ursache der Unzulänglichkeit unserer bisherigen Kenntnisse über die Befruchtungsvorgänge liegt freilich im Wesen der Erscheinungen, die mit der Befruchtung verknüpft sind. Ausgenommen vielleicht die Verschmelzung der kopulierenden Sexual-

¹⁾ E. Strasburger, Einige Bemerkungen zur Frage nach der „doppelten Befruchtung“ bei den Angiospermen. Botan. Zeit., Jahrg. LIX, 1900, Nr. 19/20.

²⁾ M. Koernicke, Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung. Berichte d. D. Botan. Gesellschaft, Jahrg. 1903, Bd. XXI, Generalversammlungsheft 1, p. 130.

kerne müssen alle diesbezüglichen Erscheinungen als sehr schnell vorübergehende gedacht werden, da dieselben in jedem gegebenen Falle nur einmal und in einem äußerst engen Raume stattfinden. Es hängt daher ganz vom Zufall ab, den Augenblick jeglicher von jenen Erscheinungen an einem fixierten Präparate zu treffen, so daß man nur dank einer seltenen Gelegenheit die sämtlichen Sachverhältnisse beobachten und enträtseln könnte.

Indem ich eine definitive Entscheidung der Frage nach der Art der Leitung der Spermakerne innerhalb des Embryosackes keineswegs beanspruchen kann, möchte ich jedoch hier hervorheben, daß ich zu verschiedenen Malen so glücklich war, daß mir gerade ein „seltenes Präparat“ vorlag, an dem ich die Spermakerne noch auf ihrem Wege nach den weiblichen Kernen, bzw. Zellen sah. Solche Fälle eben möchte ich im folgenden auseinandersetzen, indem ich natürlich jedem überlasse, seinen eigenen Schluß daraus zu ziehen; mich aber führten meine Beobachtungen zur Annahme, daß die Spermakerne bei einigen Angiospermenpflanzen selbständiges Bewegungsvermögen besitzen müssen.

Nach diesen wenigen Bemerkungen gehe ich nun zur Auseinandersetzung meiner Beobachtungen über.

Der Embryosack von *Fritillaria tenella* läßt kurz vor der Befruchtung (Taf. VIII, Fig. 1, 2) eine vollkommene Unabhängigkeit, bzw. Isolierung des Eiapparats und der Antipodengruppe vom übrigen protoplasmatischen Inhalte des Embryosackes leicht konstatieren, eine Tatsache, die öfters von anderen Forschern bei manchen Pflanzen wahrgenommen wurde¹⁾.

Durch Einwirkung von Reagentien und Einschlußmitteln (Xylol, Kanadabalsam) zieht sich der Embryosackinhalt einigermaßen zusammen, indem er von der Hülle des Embryosackes stellenweise zurückweicht. Der Protoplast des Embryosackes samt den beiden sich zur Verschmelzung anschickenden Polkernen stellt offenbar eine unabhängige Zelle dar, die nach allem Rechte eine besondere Bezeichnung verdient. Zweckmäßig erscheint mir die Bezeichnung Endospermanlage, deren ich mich ferner bedienen will. Der Körper dieser Zelle erweist sich als ein vollkommen nackter Protoplast. Im Gegensatz dazu zeigen die erwähnten Abbildungen, daß die Zellen des Eiapparates ebenso wie die Antipoden mit äußerst dünnen Häutchen bekleidet, bzw. durch solche voneinander und von der Endospermanlage getrennt sind. Am deutlichsten fällt dies an dem Eiapparat auf (Fig. 1), wo sich ein stellenweise sogar isoliertes Häutchen infolge einer Zusammenziehung der Protoplasten verfolgen läßt.

Dies sind also die Bedingungen für jene künftigen Vorgänge, die nach dem Eintritt der Spermakerne in die Embryosackhöhle

¹⁾ D. M. Mottier, *Fecundation in Plants*, 1904, p. 175, Fig. 73.

sich abspielen müssen; je ein Kern dieses Paares muß nach den zwei betreffenden Zellen, Eizelle und Embryosackanlage, wandern und schließlich in den Leib derselben eindringen. Wir finden aber unter den erwähnten Verhältnissen tatsächlich keine auf die Leitung der Spermakerne abzielenden Einrichtungen, vielmehr ein Hindernis, da das die Eizelle umhüllende Häutchen beim Eindringen des Spermakerns einen gewissen Widerstand wohl leisten muß.

Wenden wir uns nun an jenen kritischen Moment im ganzen Vorgange, den ich unter hunderten von Präparaten befruchteter Samenanlagen des klassischen Untersuchungsobjekts, *Lilium Martagon*, nur ein einziges Mal vorfand. Die Figur 5 stellt den oberen Teil des Embryosackes dieser Pflanze dar, innerhalb welches zwischen der Eizelle und der Endospermanlage (vgl. die Erklärung der Abbildungen) eine trübe, fast ungefärbte, homogene Masse, allem Anschein nach der ergossene Pollenschlauchinhalt, auffällt. Im Innern dieser Masse finden sich Teilchen von einem näher schwer zu bestimmenden, sich mit Safranin heilrot färbenden Stoffe, dessen Körner um die Teile der beiden Spermakerne liegen. Vergleichen wir diese Abbildung mit der Figur 1, so fällt es sofort auf, daß die Masse, welche die beiden Spermakerne enthält, in den Zwischenraum ergossen wurde, der den Eiapparat von der Embryosackanlage trennt. Aus diesem indifferenten Orte her müssen nun die beiden Spermakerne, der eine nach der Eizelle, der andere nach der Endospermanlage passieren. Wollen wir zunächst annehmen, daß sich die Spermakerne dabei passiv verhalten und daß das Protoplasma der weiblichen Zellen es ist, welches dabei aktiv eingreift. Vermutlich würde dabei das Protoplasma der Endospermanlage zuerst selbst in die die Spermakerne einschließende Masse hineindringen, um dieselben von dort herausholen zu können. Wir können ferner nicht umhin, noch eine zweite Voraussetzung zu machen, welche uns erklären muß, weshalb nur die Spermakerne und nicht alle übrigen festen Körper, die denselben beigemischt sind (die rotgefärbten Körner), in den Körper der Endospermanlage gelangen, was uns die von einem auch sehr seltenen Präparate entworfene Abbildung (Fig. 3) zeigt. Die letzterwähnte Abbildung stellt den entsprechenden Teil des Embryosackes von *Fritillaria tenella* dar, wo sich die beiden umeinander gewundenen Spermakerne bereits im Innern der Endospermanlage finden, wie ich es früher schon in einer anderen Publikation geschildert habe¹⁾.

Eine solche Wanderung der Spermakerne aus einem Medium in ein anderes, welche bei *Lilium Martagon* ebenso stattfinden muß, läßt sich kaum anders erklären, als daß die Spermakerne sich dabei aktiv verhalten, höchstens etwa noch dadurch, daß der Pollenschlauchinhalt ein gewissermaßen zähes Medium darstellt,

¹⁾ S. Nawaschin, Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei *Lilium Martagon* und *Fritillaria tenella*. Bull. de l'Académie Imp. des Sc. de St.-Petersbourg, 1898, t. IX, nr. 4.

demzufolge nur die beweglichen Elemente dieses Inhalts sich hinaus losmachen können und dabei von den übrigen Einschlüssen des Pollenschlauchinhalts scheiden, was eben der Fall ist.

Nun wird man aber, welche Erklärung man auch diesem Sachverhalt geben mag, doch genötigt sein, die weitere Beförderung der Spermakerne aus ihrer nunmehrigen Lage, wie dieselbe die Fig. 3 darstellt, wiederum durch aktive Bewegungen der Spermakerne zu erklären. Eine ganz natürliche Frage, welche dabei namentlich entsteht, muß es sein, wie es, vorausgesetzt, daß die Spermakerne Bewegungsvermögen entbehren, zustande kommt, daß dieselben sich zunächst voneinander loswickeln und alsdann in zwei entgegengesetzten Richtungen befördert werden. Die Frage läßt sich freilich durch die Annahme lösen, daß das Spermakernpaar innerhalb des Protoplasmas zwei entgegengesetzte Strömungen, vielleicht eine Art Strudel erzeuge und die Spermakerne wegen der Zentrifugalkraft auseinander getrieben werden. Für eine solche Annahme fehlen aber alle Gründe, um so mehr als dieselbe für die Erklärung der genauen Richtung, welche die beiden Spermakerne nehmen, doch nicht hinreicht, wie auch die letzte Schwierigkeit kaum behebt, den Mechanismus des Eindringens des betreffenden Spermakerns in die Eizelle zu ermitteln. Um in die Eizelle zu gelangen, muß namentlich der Spermakern die Hautschicht derselben, vielleicht sogar das oben erwähnte Häutchen durchbohren, unter der Voraussetzung, daß auch in diesem Stadium das Eiprotoplasma selbst sich nicht aktiv verhält. Der letzteren, ganz unbegründeten Annahme widersprechen aber die zahlreichen Schilderungen der „Doppelbefruchtung“, nach welchen das Protoplasma der Eizelle und dasjenige der Endospermanlage nach diesem Stadium des Vorganges ebenso wie zuvor voneinander ganz isoliert bleiben, was auch meine Abbildung Fig. 4 bei *Fritillaria tenella* zeigt.

Eine einzige Voraussetzung, daß sich die Spermakerne bei der Befruchtung aktiv verhalten, d. h. selbständiges Bewegungsvermögen besitzen, macht also eine ganze Reihe von unbegründeten Annahmen überflüssig, die sonst uns die Beförderung der Spermakerne durch Protoplasmakräfte erklären müßten.

Bei einer früheren Gelegenheit äußerte ich die Absicht, auf die Untersuchung der Befruchtungsvorgänge bei Walnuß, die ich wegen außerordentlicher Schwierigkeit des Objektes einmal aufgeben mußte, nach den Untersuchungen an Liliaceen wieder zurückzukommen¹⁾.

Gegenwärtig habe ich meine Arbeit über die Walnuß abgeschlossen und es wird dieselbe im nächsten Jahre veröffentlicht werden. Einstweilen möchte ich aber hier mit zwei aus dieser Arbeit entnommenen Abbildungen zur oben ventilirten Frage beitragen.

Die eine von diesen Abbildungen (Fig. 6) stellt die Eizelle von *Juglans nigra* dar, die an dem Mikrotomschnitte der Länge

¹⁾ S. Nawaschin, l. c., p. 377.

nach halbiert ist. Die Eizelle enthält wenig von Protoplasma und dem Zellkern, dessen Chromatinsubstanz an der Kernoberfläche gesammelt zu sein scheint. Von der Seite, die vom Beobachter abgewendet ist, erscheint die Eizelle wie mit einer dicken Schicht von einer feinkörnigen, vakuolierten, trüben Masse bedeckt, deren Mächtigkeit gegen die Mitte stark zunimmt, wie man am unteren Rande der Eizelle bemerken kann. Innerhalb dieser trüben Masse findet sich eine ellipsoidische Vakuole von ansehnlicher Größe, die die beiden stark mit Hämatoxin tingierten Spermkerne enthält. Der übrige Inhalt der Vakuole erscheint wasserhell-homogen, bleibt also beständig ungefärbt. Das Spermakernpaar liegt somit wie in einem Fache oder in einem Tropfen von hyalinem Stoffe eingeschlossen. Die Fig. 7 zeigt dieselbe Vakuole bei *Juglans regia* in Seitenansicht: der untere Teil der Vakuole wurde durchgeschnitten, der obere scheint durch die trübe Masse durch. Wir treffen hier Verhältnisse, die von den oben bei den beiden Liliaceen auseinandergesetzten bedeutend abweichen, — Verhältnisse, die von mir später in einer ausführlichen Publikation gedeutet werden sollen. An dieser Stelle will ich nur das hervorheben, daß das an den beiden Figuren dargestellte Stadium, im Gegensatz zum betreffenden Stadium bei den Liliaceen, sehr dauerhaft zu sein scheint, da es an den Präparaten bei den *Juglans*-Arten ziemlich oft vorkommt. Wahrscheinlich gelangen die Spermkerne bei *Juglans* in den Embryosack in einem nicht vollständig ausgebildeten Zustande, indem sie noch innerhalb des Körpers ihrer Mutterzelle eingeschlossen liegen, deren Rest sich als ein hyaliner, beinahe bisquitförmiger Tropfen repräsentiert. Daher erscheinen die Spermkerne zunächst rundlich bis oval (Fig. 6), alsdann aber nehmen sie die Gestalt von länglich-ovoiden, gekrümmten Körperchen an (Fig. 7), in welchem Zustande sie, meiner Meinung nach, sich zu bewegen anfangen, um sich aus der sie einschließenden Vakuole zu befreien und die betreffenden weiblichen Zellen zu suchen. In der Tat erinnern die beiden Spermkerne lebhaft an Zoosporen oder Spermatozoiden von manchen Sporenpflanzen (Fig. 7), mit dem Unterschiede freilich, daß sie die Cilien entbehren. Jedenfalls scheint mir diese Analogie dem tatsächlichen Sachverhalte viel mehr zu entsprechen, als eine andere denkbare Annahme, die das Protoplasma der weiblichen Zellen auch in diesem Falle für allerlei Bequemlichkeiten bei dem Wege der Spermkerne verantwortlich machen müßte.

Nachdem ich meine Arbeit über die Befruchtungsvorgänge bei den Kompositen¹⁾ veröffentlicht hatte, kam ich auf die Untersuchung der Einrichtungen des Eiapparates bei *Helianthus* wiederholt zurück, mit der Absicht, die Teilnahme der Synergiden beim Eindringen des Pollenschlauchinhalts ins Innere des Embryosackes

¹⁾ S. Nawaschin, Über die Befruchtungsvorgänge bei einigen Dikotyledonen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch., 1900, Bd. XVIII, p. 224.

zu ermitteln. Beim Durchmustern einer Anzahl meiner eigenen Präparate, wie auch derjenigen, die von meinen Schülern wegen der Mikrotompraktik hergestellt wurden, sind mir beständig dieselben charakteristischen Bilder entgegengetreten, die an den hier vorliegenden Abbildungen zur Darstellung kommen und meiner Meinung nach in bezug auf die uns hier interessierende Frage Aufmerksamkeit verdienen. Indem ich auf die ausführliche Erklärung der Abbildungen (Fig. 8—10) verweise, will ich hier zunächst ein Detail im Bau der Endospermanlage besonders hervorheben, u. zw. das beständige Vorhandensein einer mehr oder weniger ansehnlichen Vertiefung zwischen der Eizelle und dem sekundären Kerne der Endospermanlage (Fig. 9 und 10c, d). Diese Vertiefung dürfte schwerlich auf eine Zusammenziehung der betreffenden Protoplasten zurückgeführt werden. Da sie, wie es mir eine große Anzahl von Präparaten zeigte, ganz beständig vorhanden ist, möchte ich dieselbe als eine Einrichtung, u. zw. als eine Art Kammer betrachten, durch welche die Spermakerne auf ihrem Wege nach den weiblichen Zellen sehr rasch passieren müssen. In der Tat, gerade an diesem Orte geht das Eindringen eines von den beiden Spermakernen in den Kern der Endospermanlage vor sich, wie es meine Abbildung zum oben zitierten Aufsätze zeigt und was auch die vorliegenden Figuren 12—14 ersehen lassen.

Verfolgen wir aber zunächst die Umwandlungen des Eiapparates, die während der Befruchtung stattfinden.

Die Fig. 15 zeigt uns den Eiapparat vor der Befruchtung im Querschnitte. Ebenso wie an den Längsschnitten sieht man hier die beiden vollkommen symmetrisch ausgebildeten Synergiden, die die Basis der Eizelle zum Teil umschließen. An den aufeinander folgenden Querschnitten durch den Eiapparat nach der vollzogenen Befruchtung (Fig. 11, a—c) erscheint eine der Synergiden *s*₂ beträchtlich zusammengefallen, getrübt und enthält in ihrem Innern einen homogenen Körper (*b*), wahrscheinlich einen Rest ihres Zellkerns, während sich an der Peripherie (*d*) und besonders am Grunde der Synergide (*e*) eine grobkörnige Masse sammelt. Diese Masse glaube ich mit jener freilich minder zahlreiche Körner enthaltenden Masse identifizieren zu müssen, welche bei *Lilium Martagon* an dem betreffenden Teile des Eiapparates auftritt (Fig. 5), und betrachte dieselbe demnach auch hier als den ergossenen Inhalt des Pollenschlauches. Der ganze Vorgang des Eindringens des letzteren in den Embryosack stelle ich mir vor, wie folgt:

Nachdem der Pollenschlauch den Mikropylekanal und den Nucleus der Samenanlage passiert hat und mit seiner Spitze mit dem Embryosack in Berührung gekommen ist, platzt eine der beiden aus dem Embryosacke hinausragenden Synergiden an ihrer Spitze auf und ergießt zum Teil ihren Inhalt in den Mikropylekanal hinein. Somit bleibt an der Stelle der aufgeplatzten Synergide ein halbleerer Schlauch zurück, was eine plötzliche Abnahme des bisher in diesem Raume herrschenden hydrostatischen Drucks zur Folge haben muß.

Dies muß nun seinerseits das Entleeren des Pollenschlauchs bewirken, indem sich die Spitze desselben öffnet und der Pollenschlauchinhalt sich in unmittelbarer Nähe der aufgeplatzten Synergide ins Innere des Embryosackes ergießt. Jetzt fangen die Spermakerne an, sich aktiv zu bewegen, indem sie die obenerwähnte Vertiefung zwischen der Eizelle und Endospermanlage zunächst zu erreichen suchen, um erst von dort aus nach den weiblichen Zellen zu wandern.

Die Gestalt der Spermakerne bei *Helianthus* (vgl. den oben zitierten Aufsatz) läßt sich so viel als möglich zugunsten der Annahme deuten, daß diese Gebilde zu lokomotorischen Bewegungen fähig sind. Sie stellen nämlich korkzieherförmig gedrehte Fäden oder vielmehr spiralig gewundene Bänder dar. Daß die Spermakerne von *Helianthus* vermöge einer drehenden Bewegung in den weiblichen Kern hineinbohren, scheint mir sehr wahrscheinlich zu sein. Als Belege dafür betrachte ich gewissermaßen jene charakteristischen Bilder, die bei der Verschmelzung des Spermakerns mit dem Kerne der Endospermanlage zu beobachten sind. Die Figuren 12—14 stellen diese Verschmelzung dar (vgl. die ausführliche Erläuterung der Abbildungen) und mögen an dieser Stelle in bezug jener merkwürdigen Details berührt werden, welche meiner Meinung nach als Anhaltspunkte für die oben angeführte Ansicht gelten können.

In den sämtlichen diesbezüglichen Abbildungen (Fig. 12—14), außer den Teilen des sich zur Verschmelzung mit dem weiblichen Chromatin anschickenden männlichen Spiralfadens (ausgenommen Fig. 13, wo der letztere nicht zu sehen ist), sieht man seitlich von dem männlichen Kerne einen homogenen, rundlichen, ganz ungefärbt bleibenden Körper, welcher sich leicht von dem Kernnucleolus unterscheiden läßt. Von ihm zieht sich eine zarte, gebogene oder sogar gewundene (Fig. 12) Linie nach dem männlichen Kerne. Diese Linie entspricht nicht etwa einem dünnen Faden, sondern offenbar einer Falte oder einem Runzelchen der Kernmembran, was man leicht konstatiert, indem man bei abwechselnder Einstellung des Mikroskops die entsprechende Verschiebung der Kontur der fraglichen Linie wahrnimmt. Dabei ersieht man auch leicht, daß die betreffende Falte von derselben Natur ist wie diejenigen, welche an der Oberfläche des Embryosackkerns gerade über dem obenerwähnten homogenen Körper ihren Ursprung nehmen und offenbar in die Kontur der Kernmembran unmittelbar übergehen. Ich stelle mir vor, daß die sämtlichen erwähnten Runzeln der Kernmembran beim Einbohren des Spermakerns durch drehende Bewegung des letzteren erzeugt werden, nach der Art der Falten, die man bekommt, wenn man irgendwelchen Körper etwa durch ein Taschentuch mit Hilfe einer rotierenden Bewegung durchzubringen versucht. Freilich kann man an den Mikrotomschnitten nur Partialbilder von einem solchen Einbohren des Spermakerns in die Kernmembran wahrnehmen;

außerdem ist es auch nicht sehr leicht, das naturgetreu wiederzugeben, was noch sichtbar geblieben ist.

Der homogene Körper, welcher bei der vorangehenden Auseinandersetzung noch außer acht gelassen wurde, scheint einen Teil desjenigen wahrscheinlich flüssigen Stoffs zu repräsentieren, welcher gleichzeitig mit den beiden Spermakernen aus dem Pollenschlauchinhalte in die obenerwähnte Vertiefung der Endospermanlage, resp. ihres Kerns (Fig. 10d) eintritt und von da aus von dem betreffenden Spermakerne ins Innere des Embryosackkernes teilweise nachgeschleppt wird.

Homogene Einschlüsse von ähnlicher Natur sind mir außer bei *Helianthus* auch bei manchen anderen darauf geprüften Pflanzen vorgekommen, besonders aber bei *Juglans*-Arten, bei welchen solche Körper eine beinahe konstante Erscheinung bei dem entsprechenden Stadium der Befruchtung darstellen. Unter Umständen kann ein solcher Körper auch den Spermakern selbst vortäuschen, u. zw. an schlecht differenzierten Präparaten, wo der erstere nicht vollkommen entfärbt ist. Wie oben erwähnt, unterscheidet sich dieser Körper vom Kernnucleolus und noch mehr von den chromatischen Teilen eines Kerns dadurch, daß er sich nicht tinktionsfähig erweist.

Indem ich die Bedeutung der oben mitgeteilten Tatsachen keineswegs übertreiben will, sehe ich dieselben auch nicht als bedeutungslos an, sondern als geeignet, um die Aufmerksamkeit der anderen Forscher auf manche jene Einzelheiten der höchst komplizierten Befruchtungsvorgänge zu lenken, die bis jetzt, wie es mir scheint, unberücksichtigt geblieben sind. Außerdem scheint es mir, daß es mehrere, vielleicht viel geeignetere Objekte gibt, wie auch verschiedene Fixierungsmittel außer der freilich verdienstvollen Flemmingschen Lösung, deren ich mich bediente, die uns die gegenwärtigen Kenntnisse von den Befruchtungsvorgängen noch bedeutend zu erweitern helfen müssen. In erster Linie aber hoffe ich, in der vorliegenden Mitteilung doch gezeigt zu haben, daß sich die Befruchtungsvorgänge in ihren einzelnen Details bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden abspielen können.

Erklärung der Tafel VIII.

Sämtliche Bilder wurden nach Mikrotomschnitten mit Hilfe einer Abbéschen Kamera ausgeführt.

Soweit nichts anderes angegeben ist, diente zur Fixierung Chromosmiumsäure, zur Färbung Safranin-Gentianaviolett-Orange (Flemmingsche Dreifärbungsmethode).

Fig. 1. *Fritillaria tenella*. Scheitelpartie des beinahe reifen Embryosackes; oben der Eiapparat, unten der obere Teil der Endospermanlage mit dem Polkerne. Die Zellen des Eiapparats sind fast gleich. Infolge einer Zusammenziehung des Protoplasmas läßt sich ein Häutchen wahrnehmen, das die Protoplaste der Zellen voneinander trennt. Zwischen dem Eiapparate und der Endo-

spermanlage wurde infolge derselben Ursache ein Zwischenraum von einer ansehnlichen Größe gebildet. Vergr. ca. 500 : 1.

Fig. 2. *Fritillaria tulipaeifolia*. Basalpartie des Embryosackes, ungefähr in demselben Entwicklungsstadium, wie an der vorangehenden Figur. Das Protoplasma der Endospermanlage enthält den unteren Polkern und ist von den Antipoden scharf abgesondert. Vergr. ca. 500 : 1.

Fig. 3. *Fritillaria tenella*. Scheitelpartie des Embryosackes gerade vor der Befruchtung. Links ist die Kontur der Eizelle zu sehen; rechts die getriebene Synergide und ein Teil des Pollenschlauchinhalts mit den beiden rottingierten X-Körpern. Im Protoplasma der Endospermanlage liegen die beiden fast umeinander gewundenen Spermkerne. Vergr. ca. 700 : 1.

Fig. 4. *Fritillaria tenella*. Scheitelpartie des Embryosackes beim Anfang der Befruchtung. Die Spermkerne sind auseinandergelassen: der eine hat den Polkern erreicht, der andere ist in die Eizelle eingedrungen. Durch die Eizelle scheint die unveränderte Synergide mit ihrem Zellkerne durch; rechts ist ein Teil der getriebenen Synergide und einer von den beiden X-Körpern zu sehen. Vergr. 700 : 1.

Fig. 5. *Lilium Martagon*. Scheitelpartie des Embryosackes gerade vor der Befruchtung. Rechts sieht man einen Teil der Eizelle und des Kerns derselben; links, entsprechend dem Zwischenraum zwischen dem Eiapparat und der Endospermanlage (vgl. Fig. 1), befindet sich der ergossene Teil des Pollenschlauchinhalts mit darin liegenden einzelnen Teilen der beiden Spermkerne (bei der abwechselnden Einstellung des Mikroskops im ganzen gesehen) und zahlreichen rottingierten Körnern. Rechts unten ist ein Teil des Polkerns zu sehen. Vergr. 700 : 1.

Fig. 6. *Juglans nigra*. (Die Fixierung mit Alkohol-Sublimat-Essigsäure, die Färbung mit Safranin-Hämatoxylin.) Eizelle vor der Befruchtung im Längsschnitte. Die vom Beobachter abgewendete Wandung der Eizelle ist mit einer dicken Schicht von einer trüben, körnigen, vakuolierten Masse — Pollenschlauchinhalt — bedeckt, worin man eine ungefähr bisquitförmige Vakuole, die beiden Spermkerne enthaltend, sieht. Innerhalb der Eizelle ihr Zellkern. Vergr. 1400 : 1.

Fig. 7. *Juglans regia*. (Dieselbe Behandlung wie die des obigen Präparates.) Rechts ein Teil der Eizelle, das Protoplasma und der Zellkern derselben; links eine trübe Masse, an deren Rande die zum Teil aufgeschnittene Vakuole, die beiden Spermkerne enthaltend; unten der Polkern. Vergr. 1400 : 1.

Fig. 8—15. *Helianthus annuus*.

Fig. 8. Scheitelpartie des Embryosackes vor der Befruchtung. Man sieht die beiden symmetrisch ausgebildeten Synergiden und die Eizelle, die deutlich von der Endospermanlage abweicht. Der sekundäre Kern der Endospermanlage wurde nur seitlich getroffen. Vergr. ca. 300 : 1.

Fig. 9. Nach einem ähnlichen Präparat. Zwischen dem Eiapparat und dem Kerne der Endospermanlage findet sich eine Vertiefung, die sich in den erwähnten Kern stark hineinschiebt. Vergr. 300 : 1.

Fig. 10, *a* und *e*, zwei aufeinanderfolgende Längsschnitte durch einen und denselben Embryosack. Die obenerwähnte Vertiefung reicht, wie es die Vergleichung der beiden Figuren zeigt, bis an den Grund eines medianen Grübchens an der Oberfläche des Embryosackkerns; *b* und *d* stellen die stärker vergrößerten Teile der Fig. *a* und *c*, u. zw. *b* die Kerne der beiden Synergiden, *d* die erwähnte Vertiefung dar. Vergr. *a* und *c* 300 : 1, *b* und *d* ca. 1000 : 1.

Fig. 11. Einige aus einer und derselben Serie entnommene Querschnitte durch den Eiapparat nach der erfolgten Befruchtung. Es bedeutet überall *e* Eizelle, *s*₁ unveränderte, *s*₂ getriebene Synergide, *end* Endosperm. Fig. *a* nach dem Schnitte durch die Spitzen der beiden Synergiden; die linke Synergide *s*₂ ist stark zusammengefallen. Fig. *b* nach dem Schnitte durch den kernhaltigen Teil der beiden Synergiden; die linke zusammengefallene Synergide *s*₂ zeigt nur einen Rest ihres Kerns, wahrscheinlich dessen Nucleolus. Fig. *c* nach dem in der Höhe der Ansatzstelle der Eizelle *e* geführten Schnitte. Fig. *d* nach

1.



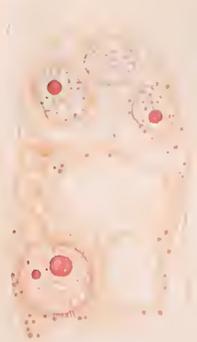
b

6.



12.





dem Schnitte durch den kernhaltigen Teil der Eizelle; die linke, getrübbte Synergide s_2 ist von außen mit einer körnigen Masse umgeben; innerhalb derselben Synergide ist ein hantelförmiges Körperchen zu sehen, möglicherweise die beiden aneinander haftenden X-Körper. Fig. *e* nach dem noch tiefer geführten Schnitte; an der Stelle der linken Synergide s_2 sieht man nur die körnige Masse. Vergr. 500 : 1.

Fig. 12—14. Längsschnitte durch den befruchteten Eiapparat. Die Figuren wurden nach den mit Fuchsin-Jodgrün tingierten Präparaten gezeichnet.

Fig. 12. Rechts die Eizelle, links die unveränderte Synergide, unten der sekundäre Kern der Endospermanlage. Innerhalb des Eizellkerns und des Kerns der Endospermanlage, im ersteren unten, im letzteren oben links, sieht man einige Teile des spiralig gewundenen Spermakerns. Im Kerne der Endospermanlage außerdem noch ein rundliches, homogenes Körperchen, das ganz oberflächlich unter der Kernmembran zu liegen scheint; von ihm zieht sich innerhalb des Kerns eine gewundene Linie nach dem Spermakern. Vergr. 1200 : 1.

Fig. 13 und 14. Die nämlichen Verhältnisse wie in der vorigen Figur. An der Fig. 13 wurden die Teile des Spermakerns nicht abgebildet, da der letztere in dem nächstfolgenden Serienschnitte des Kerns der Endospermanlage lag. Vergr. 1200 : 1.

Fig. 15. Querschnitt durch den Eiapparat vor der Befruchtung in der Höhe der Ansatzstelle der Eizelle. Vergr. 500 : 1.

Über eine neue Art der Gattung *Frullania* aus Mitteleuropa.

Von Viktor Schiffner (Wien).

Als ich vor mehreren Jahren das von mir in Südtirol im Sommer 1899 gesammelte Lebermoosmaterial durcharbeitete, stieß ich auf eine *Frullania*, die von allen anderen europäischen Arten so weit abweicht, daß ich lange glaubte, es könne durch ein Versehen ein Exemplar aus meiner brasilianischen Lebermoosausbeute unter die Tiroler Materialien gekommen sein. Ich zeichnete die Pflanze mit dem Prisma und legte sie vorläufig beiseite, bis ich mich sicher überzeugt hatte, daß eine Verwechslung unmöglich vorgekommen sein kann. Ich gebe also hier Beschreibung und Abbildung dieses höchst interessanten neuen Bürgers der europäischen Flora.

Frullania cleistostoma n. sp.

Autoica! Saxicola. E minoribus, caespitulis planis viridibus vel subfuscis. Planta ramosa, ca. 10 mm longa, cum foliis 0·8—0·9 mm lata. Folia densa, suborbicularia vel late ovata, 0·8×0·6 mm, basi haud cordata, auriculis parvis plerisque subevolūtis conchaeformibus a caule distantibus, raro omnino evolūtis acutis vel omnino galeaeformibus (ut in *Fr. dilatata* esse solet), stylus minimus vel obsoletus. Cellulae parietibus tenuibus, angulis paullum incrassatis, chlorophyllo repletas, marginales subquadratae ca. 20 μ , me-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [059](#)

Autor(en)/Author(s): Nawaschin Sergei Gawrilowitsch

Artikel/Article: [Über das selbständige Bewegungsvermögen der Spermakerne bei einigen Angiospermen. 457-467](#)