

Der Fadenapparat in den Synergiden der Angiospermen.

Von

Alfred Habermann

Hoheneggelsen bei Hildesheim.

Mit Tafel XIII.

Im Jahre 1856 veröffentlichte Schacht eine Arbeit¹⁾ über den „Vorgang der Befruchtung bei *Gladiolus segetum*“. Er beschreibt darin die Synergiden, nach seiner Benennung: die Keimkörperchen, als zwei keilförmige Gebilde, die mit ihrer Spitze frei über die Membran des Embryosackes hervorragen. „Der obere Teil der Keimkörperchen erscheint scharf umgrenzt, mit einer zarten Längsstreifung versehen und bricht das Licht im hohen Grade. Mit einer Nadel zerrissen zeigt sich der obere gestreifte Teil aus einer Menge zarter Fäden zusammengesetzt“. Spricht Schacht diesen Fäden schon jetzt eine wesentliche Bedeutung für den Befruchtungsakt zu, — er nennt sie deshalb vorläufig Befruchtungsfäden, — so wird er in dieser Ansicht durch die Beobachtungen, die er in den nächsten Jahren an *Crocus*, *Watsonia*, *Phormium*, *Yucca*, *Zea Mais*, *Sechium* und *Torenia* macht, noch bestärkt. Jenem Bündel von Fäden, das er mit Hilfe einer Nadel hat isolieren können, gibt er den Namen: Fadenapparat.²⁾ Mit Chlorzinkjodlösung färbte sich der Fadenapparat blau. Schacht folgert, daß der Fadenapparat aus einer Zellstoffabscheidung im oberen Teile der Keimkörperchen besteht.

Hofmeister bestreitet in seinen „Neuen Beiträgen zur Erkenntnis der Embryobildung der Phanerogamen“³⁾ aufs entschiedenste das Vorhandensein eines Fadenapparates, wie ihn Schacht für die Keimkörperchen der oben genannten Pflanzen beschreibt. Zwar hat Hofmeister bei *Ixia* auch in den oberen Teilen der „Keimbläschen“ Verlängerungen glashelle Fäden wahrgenommen, die von der Längsachse in die Mikropyle aufwärts und auswärts strahlen. Aber bei keiner anderen Pflanze hat er eine ähnliche Anordnung des Inhaltes der „Keimbläschen“ gesehen. Hofmeister nimmt an, daß Schacht diese Anordnung des Inhaltes bei *Watsonia* bemerkt und

¹⁾ Schacht: Vorgang der Befruchtung bei *Gladiolus segetum*. (Auszug aus dem Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1856.)

²⁾ Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Teil II. 1859. S. 385.

³⁾ Hofmeister: Neue Beiträge zur Kenntnis der Embryobildung der Phanerogamen. II. Monocotyledonen. S. 680/81.

später dann zwei wesentlich ganz verschiedene Dinge vermengt hat, wenn er jene Anordnung mit dem Gebilde zusammenstellte, das er bei *Gladiolus*, *Crocus* und anderen Pflanzen mit dem Namen „Fadenapparat“ belegte. Als Längsstreifung der „Keimkörperchen“, behauptet Hofmeister, habe Schacht das angesehen, was in Wirklichkeit Verdickungen der Embryosackmembran seien. Hofmeister will diese Verdickungen bei *Sorghum*, *Crocus*, *Gladiolus*, *Tritonia* und *Ixia* deutlich beobachtet haben. Er sagt:¹⁾ „Die Anordnung der Längsstreifen ist stets eine gegen den höchsten Punkt des Embryosackscheitels konvergierende. Hat dieser, wie bei *Crocus* und *Gladiolus* nicht selten, zwei gipfelständige Hervorragungen, deren jede vom oberen Teile eines Keimbläschens ausgefüllt wird, so trägt jede dieser Hervorragungen ein System von Streifen. Gegen Reagentien und polarisiertes Licht verhält sich die streifenförmige, Leisten tragende Membran wie eine Cuticula. In Chlorzinkjodlösung färbt sie sich entschieden braungelb. Jod und Schwefelsäure greifen die gestreifte Schicht, auch bei bedeutender Konzentration, kaum an. Sie ist also als Cuticula des Embryosackes zu betrachten“.

Aus Schachts späteren Untersuchungen an *Santalum*, wie auch aus den nachfolgenden Untersuchungen anderer Forscher geht hervor, daß von einer Verwechslung des Fadenapparates mit der von Hofmeister angenommenen Leisten tragenden Membran des Embryosackes gar nicht die Rede sein kann.

Längere Zeit verging nach den Erörterungen des Fadenapparates durch Schacht und Hofmeister, bis im Jahre 1877 Strasburger in seinem Buche „Über Befruchtung und Zellteilung“ dieser interessanten Frage des Fadenapparates wieder näher trat. Wenn Strasburger hier zum großen Teile die Beobachtungen Schachts bestätigt, so kann er sich doch nicht dazu entschließen, die Schacht'sche Bezeichnung „Fadenapparat“ zu gebrauchen.²⁾ Er hat nämlich an den Synergiden der meisten untersuchten Pflanzen eine besondere Streifung nicht erkennen können. Dagegen ist ihm eine farblose, homogene, das Licht stärker brechende Substanz am vorderen Teile der Synergiden häufiger aufgefallen. Für *Crocus* und *Gladiolus* beschreibt Strasburger, wie Schacht, eine longitudinale Streifung der vorderen verjüngten Hälften der Gehilfinnen. Da diese Spitze sich mit Chlorzinkjodlösung blau färbte, hält Strasburger sie für eine zelluloseartige Substanz. Die Streifen färbten sich, wie auch das Plasma, braun.³⁾ Traten mehr oder weniger schwache Streifungen bei einer Anzahl anderer Gewächse auf, so wurde wieder eine sehr deutliche Längsstreifung bei *Nothoscordium* und *Scabiosa* gefunden.⁴⁾ Weiterhin wird eine homogene, stark lichtbrechende Kappe am Scheitel der Synergiden von *Torenia asiatica* erwähnt, die gegen den hinteren körnigen Teil scharf abgegrenzt ist.⁵⁾

Zum Schlusse spricht Strasburger noch von der deutlichen Streifung der Synergiden von *Santalum album*:⁶⁾ „Die Streifen sitzen

¹⁾ S. 679.

²⁾ Strasburger: Über Befruchtung und Zellteilung. 1877. S. 33.

³⁾ S. 39.

⁴⁾ S. 41, 42.

⁵⁾ S. 45.

⁶⁾ S. 47.

an den hinteren, körnigen Inhaltsmassen und konvergieren im bogenförmigen Verlaufe nach dem vorderen und inneren Rande jeder Gehilfin, ohne diesen Rand jedoch zu erreichen; vielmehr erscheint die Substanz an jener Stelle ganz strukturlos. Diese strukturlosen Stellen sind es, die mit Chlorzinkjod die schönste blaue Färbung annehmen, die sich nach hinten zu allmählich verliert“. Für *Torenia* sowie für *Santalum* beschreibt Strasburger eine völlige Resorption der Embryosackwand über dem Scheitel der Synergiden.

Im Laufe der nächsten Jahre nimmt auch Strasburger für die von Schacht zuerst beobachtete Differenzierung der vorderen Synergidenhälften die Bezeichnung „Fadenapparat“ an. — 1878 berichtet Strasburger von einem deutlichen Fadenapparat bei *Polygonum divaricatum*.¹⁾ — In seiner Schrift „Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute (1882)“ erklärt Strasburger, daß er jetzt die Streifen des Fadenapparates für feine Poren halte, die mit Protoplasma erfüllt seien.

Noch mancherlei Angaben über den Fadenapparat erfahren wir durch Strasburger in den folgenden Jahren. Wir werden nachher mehr davon hören.

In neuerer Zeit haben eine Anzahl Forscher bei den verschiedensten Familien der *Monocotylen* und *Dicotylen* den Fadenapparat beobachtet. Eine eingehende Untersuchung ist allerdings niemals vorgenommen, weil ein anderer Zweck die Arbeiten leitete. Betreffs der Form und der Funktion des Fadenapparates stimmt man meist der Ansicht zu, die Strasburger schon im Anfange der achtziger Jahre ausgesprochen hat.

Coulter und Chamberlain geben in ihrem Lehrbuche ein Verzeichnis der Pflanzen, bei denen der Fadenapparat gefunden ist.²⁾ Der Fadenapparat ist gesehen bei: *Sorghum*, *Zea*, *Silene*, *Capsella*, *Campanula*, *Jasminium*, *Salvia* (von Guignard); *Eichhornia* (von Smith); *Romulea* (von Ferraris); *Gymnadenia* (von Marschall-Ward); *Salix* (von C. J. Chamberlain); *Quercus* (von A. H. Conrad); *Hepatica* (von Mottier); *Thalictrum purpurascens* (von J. B. Overton); *Euphorbia corollata* (von Miss Florence Lyon); *Cucurbita* (von Longo); *Paris* und *Trillium* (von Ernst). —

Es schien nun wünschenswert zu sein, mit den modernen Hilfsmitteln der mikroskopischen Technik der Frage des Fadenapparates nochmals näher zu treten. Vor allem galt es auch, die Entwicklungsgeschichte und das Wesen des Fadenapparates zu studieren.

Untersucht habe ich: *Gladiolus*, *Yucca*, *Allium*, *Funkia*, *Ornithogalum*, *Leucojum*, *Ixia*, *Watsonia*, *Clivia*, *Ranunculus*, *Aconitum*, *Thalictrum*, *Torenia*, *Santalum*, *Salvia*, *Campanula*. Fixiert wurden die Objekte mit absolutem Alkohol, mit Alkohol-Eisessig (3 Teile Alkohol und 1 Teil Eisessig), mit dem Flemming'schen Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemische, mit der Guignard'schen Lösung (Chromsäure-Eisen-

¹⁾ Strasburger: Die *Angiospermen* und die *Gymnospermen* (1897) S. 7.

²⁾ Coulter and Chamberlain: *Morphology of Angiosperms* (1903) S. 94.

chlorid-Eisessig-Wasser), mit der Juel'schen Mischung (Zinkchlorid-Eisessig-Alkohol) und zum geringen Teile auch mit einprozentiger Chromsäure. Mit allen diesen Fixierungsmitteln habe ich gute Resultate erzielt.

Eingebettet wurde das Material, nach Behandlung mit Chloroform oder Zedernholzöl, in Paraffin. Dann wurden Mikrotomschnitte, 2, 5 und 7,5 Tausendstel Millimeter dick, angefertigt.

Die Schnitte wurden nach der im Bonner Institut gebräuchlichen Dreifarben-Methode, mit Safranin-Gentianaviolett-Orange gefärbt. Richtige Färbung gab dem Fadenapparate violette, dem Plasma rotes Aussehen. Bei Schnitten, die von Alkohol-Material stammten, empfahl sich eine vorhergehende Beizung mit einprozentiger Chromsäure.

Bei der ersten Ansicht der Schnitte wird klar, daß der Fadenapparat nicht, wie es Schacht als wahrscheinlich hinstellt,¹⁾ einer Kappe vergleichbar, die Spitze der Synergiden nur äußerlich bedeckt, sondern daß er den ganzen oberen Teil der Synergiden durchsetzt.

In den meisten Fällen wurde der Fadenapparat, wie schon aus meinen obigen Angaben hervorgeht, als ein System von Fäden dargestellt, die getrennt in ihrem Verlaufe vom Scheitel der Synergiden sich in das Plasma vorstrecken. Oder auch es wurde eine Kappe mit einer Längsstreifung beschrieben. Longo bildete den Fadenapparat von *Cucurbita* federartig verzweigt ab. Auch Overton will in ähnlicher Weise eine Verzweigung der Fäden wahrgenommen haben. In der Tat stellte sich bei meinen Untersuchungen heraus, daß wir es nicht mit freien Fäden zu tun haben, obschon allerdings das Aussehen des Fadenapparates wesentlich anders ist, als es die Bilder Longos zeigen. Sehr natürlich ist es aber, daß man früher den Bau des Fadenapparates niemals richtig erkennen konnte. Nur das Mikrotom ermöglicht es, Schnitte zu erhalten, die eine Ansicht der wirklichen Struktur dieses interessanten Gebildes gestatten. Tatsache ist, daß selbst Schnitte von 5 Tausendstel Millimeter Dicke noch nicht sehr deutlich den Bau des Fadenapparates erkennen lassen. Man ist mehr geneigt, bei der Ansicht der Schnitte eine streifige Differenzierung dem Synergidenscheitel zuzuschreiben. Einige Figuren, die ich nach diesen Schnitten anfertigte, sollen dies zeigen. — Eine genauere Betrachtung läßt aber zuweilen schon hier als zweifelhaft erscheinen, daß freie Fäden den oberen Teil der Synergiden durchsetzen, indem nämlich eine netzartige Verschlingung der Fäden sichtbar wird. Noch dünnere Schnitte verschaffen erst rechte Aufklärung über das Aussehen und gleichzeitig dann über die Bildung des Fadenapparates. Längsschnitte von 2 Tausendstel Millimeter Dicke machen klar, daß nicht eine streifenförmige, sondern eine netzartige Struktur vorliegt. Wie nachher noch näher besprochen werden soll, erscheint das Netzwerk in den meisten Fällen langgestreckt, so daß ein streifiges Aussehen allerdings zu-

¹⁾ Schacht: Die Blüte und die Befruchtung von *Santalum album*. S. 9.

stande kommt. Querschnitte zeigen den Fadenapparat ebenfalls in Netzform. Figur 9 ist nach einem Schnitte gezeichnet, der den Fadenapparat im unteren Teile, dicht über den Kernen der Synergiden, trifft. Seitlich erscheint das wabenartige Plasma. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Fadenapparat aus diesem hervorgeht, wie ich des näheren noch auseinandersetzen werde. Der Fadenapparat ist demnach ein gekammertes Gefüge, das meist in der Längsachse der Synergide gestreckt worden ist.

Am Scheitel der Synergide bekommt der Fadenapparat häufig kappenartiges Aussehen. Unter dieser Kappe verstehe ich aber nicht einen scharf abgegrenzten Teil des Fadenapparates, sondern ein homogen erscheinendes Gebilde, das nach unten zu, mehr oder weniger tief, die netzartige Struktur wieder hervortreten läßt und dadurch ein gezacktes Ansehen bekommt. Einige Figuren mögen eine Vorstellung davon geben (Fig. 3, 7, 17). Im Querschnitt ist dieser Teil ebenfalls von homogenem Aussehen.

Strasburger hat häufig eine homogene, lichtbrechende, gegen das Plasma scharf abgesetzte Kappe am oberen Ende der Synergiden gesehen, der jede Streifung fehlte.¹⁾ An ungefärbten Schnitten und bei frischem Material hat der Fadenapparat meistens dieses Aussehen. Sobald aber die Schnitte von fixiertem Material mit den drei Farben gefärbt sind, ist die netzartige Struktur deutlich erkennbar. Wenn Strasburger oberhalb der Streifung noch eine Kappe bemerkt hat,²⁾ so ist diese eben jenes kappenartige Gebilde, das von dem oberen Teile des Fadenapparates gefügt wird. — Über der Spitze des entwickelten Fadenapparates ist die Membran des Embryosackes resorbiert, wie es auch von Schacht und Strasburger verschiedentlich beobachtet worden ist. Besonders deutlich wird dies bei *Gladiolus*, wo der sehr lange Fadenapparat weit über die resorbierte Embryosackmembran in die Mikropyle ragt (Fig. 10). So auch sieht man bei *Watsonia* und einer großen Anzahl Spielarten von *Ixia* die Synergiden in lange Schläuche auslaufen, die in Windungen weit aus der Mikropyle hervorragen. Im oberen Teile dieser Schläuche befindet sich der Fadenapparat.

Santalum besitzt einen sehr deutlichen Fadenapparat. Die Membran des Embryosackes ist über dem Scheitel der Synergiden resorbiert; an der Außenseite des Eiapparates ist sie stark kutinisiert (Fig. 7). Eine genaue Schilderung hiervon, wie von der Form des Fadenapparates gibt Strasburger³⁾: „Die Synergidenkappen (Fadenapparate) sind stark gegen die Hauptkörper der Synergiden abgesetzt und eine Leiste springt von der Embryosackwandung aus zwischen dieselben vor. Die Fadenapparate krümmen sich bogenförmig in ihrem Verlaufe, ihr oberes Ende derjenigen Fläche zukehrend, mit

¹⁾ Strasburger: Über Befruchtung und Zellteilung (1877) S. 33, 36, 38, 41, 42, 45.

²⁾ Strasburger: Neuere Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den *Phanerogamen*. (1884) S. 59, 60.

³⁾ Strasburger: Zu *Santalum* und *Daphne* (Separatabdruck aus den Berichten der Deutschen Botan. Gesellschaft. Jahrgang 1885).

der sich beide Synergidenkappen berühren. Die Streifen erscheinen bei starker Vergrößerung punktiert; sie verdanken ihre Existenz feinen Porenkanälen, die mit plasmatischer Inhaltsmasse erfüllt sind.“ Bei *Santalum* sowohl, wie bei anderen von mir untersuchten Pflanzen erhielt das sich entwickelnde Netzwerk häufig ein punktiertes Aussehen, das durch kleine Körnchen hervorgerufen wurde, die den Strängen seitlich angelagert waren. Die Bedeutung dieser Körperchen wird später noch angegeben werden.

Es würde zu weit führen, wenn ich von dem Fadenapparate jeder von mir untersuchten Pflanze eine Beschreibung geben würde. Sein Bau ist in den meisten Fällen ein sehr ähnlicher. Natürlich sind, entsprechend der Größe der Synergiden, die Fadenapparate mehr oder weniger stark ausgebildet. Ein Unterschied ist zuweilen durch eine größere oder geringere Streckung des Maschenwerkes gegeben.

Wie Fig. 8 zeigt, ist bei *Ornithogalum* ein ziemlich weitlumiges Wabenwerk vorhanden. Bei *Santalum*, *Torenia* und *Gladiolus* dagegen sehen wir ein langgestrecktes Netzwerk, das, selbst bei diesen feinen Schnitten; bei oberflächlicher Betrachtung kaum als solches erkannt wird. Zuweilen erscheint der Fadenapparat in älteren Stadien mehr oder weniger scharf gegen das Plasma im unteren Teile der Synergide abgesetzt.

Eine merkwürdige Erscheinung bietet oft der Fadenapparat bei *Thalictrum purpurascens*. Nach der Färbung mit den bekannten drei Farben erscheint nicht die charakteristische Netzstruktur. Es sind dagegen stark violett gefärbte, große Kappen sichtbar, die auch teilweise wabig, aber stark verquollen erscheinen (Fig. 15). Das Plasma setzt sich gegen diese Kappen sehr scharf ab. Vergleichende Untersuchungen, die ich an anderen Arten von *Thalictrum* vornahm, ließen mich niemals ähnliche Ausgestaltung finden. Es zeigte sich immer bis zur Befruchtung der gewöhnliche Bau des Fadenapparates (Fig. 17). Nach der Befruchtung trat auch hier Verquellung ein, die aber ganz anderes Aussehen hatte als das vorerwähnte bei *Thal. purp.* Niemals zeigten sich wabige Verquellungsbilder, sondern der Fadenapparat schien plötzlich in eine formlose Masse von homogenem Aussehen umgebildet. Eine scharfe Abgrenzung gegen das Plasma, wie Fig. 17 zeigt, war außerdem dann nicht gegeben.

Es galt nun, Objekte zu untersuchen, bei denen sich ähnliche Bilder wie die von *Thalictrum purpurascens* erwarten ließen. Als geeignet erschien *Torenia*. Schacht¹⁾ beschreibt den Fadenapparat von *Torenia* als eine fettglänzende Masse, die nur am Rande eine faserige Beschaffenheit erkennen läßt. Strasburger sagt²⁾: „Am Scheitel jeder Synergide fällt uns eine homogene, stark lichtbrechende Kappe auf, die gegen den hinteren, feinkörnigen Teil

¹⁾ Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Teil II. 1859. S. 386.

²⁾ Strasburger: Das Botanische Practicum. 1902. S. 558.

scharf abgesetzt ist; es ist das der Fadenapparat.“ Meine Beobachtungen an gefärbten Schnitten ergaben, das bei *Torenia* bis zur Befruchtung ein deutlicher, netzartiger Fadenapparat vorhanden ist (Fig. 5 und 16). Erst nach der Befruchtung verquellen die Fäden und bilden eine homogene Masse, die im Anfange allerdings noch seitlich und am unteren Teile sich faserig zeigt. — Bei anderen Pflanzen fand ich nie ähnliche Verquellungsbilder des Fadenapparates, wie sie die Synergiden von *Thalictrum purpurascens* häufig aufweisen. Es ist wahrscheinlich, daß hier eine besondere Veranlassung jene außergewöhnliche Verquellung bedingt.

Thalictrum purpurascens besitzt zum Teil die Fähigkeit, sich durch Apogamie fortpflanzen zu können, wie von J. B. Overton¹⁾ nachgewiesen ist. Aus dieser Eigenschaft kann man sich das Aussehen des Fadenapparates in verschiedeuer Weise erklären. Die einfachste Erklärung wäre: Das Ei wartet auf Befruchtung, die aber ausbleibt. Darauf beginnt der Fadenapparat sich aufzulösen, wobei die wabenartige Verquellung entsteht. Eine andere Erklärung kann man sich schaffen, wenn man an die hier vorliegende ungewöhnliche Weiterentwicklung des Eies denkt. Es möchte wahrscheinlich werden, daß mit der Befähigung des Eies, ohne Befruchtung einen Embryo zu bilden, auch eine frühzeitige Verquellung des Fadenapparates stattfindet. — Die großen Wabenbilder in dem verquollenen Fadenapparate halte ich nicht für veranlaßt durch die ursprüngliche Struktur, die bei *Thalictrum* ziemlich engmaschig ist.

Sichere Beweise für obige Annahme der Verquellung könnte die Entwicklungsgeschichte des Fadenapparates liefern. Nun war aber das Material, das mir Herr Dr. Overton gütigst zur Verfügung stellte, nur zum Teil apogamisches. Deshalb wußte ich nicht, ob ich apogamisches Material vor mir hatte oder nicht, wenn mir junges Material immer deutliche Netzstruktur zeigte. Immerhin ist ja möglich, daß die erste Entwicklung des Fadenapparates normal verläuft, und erst bei gewisser Größe die Umbildung erfolgt.

Im Gegensatze sah ich an nicht apogamischem Material von *Thalictrum purpurascens*, bei reifen, oder soeben befruchteten Eiapparaten einen Fadenapparat mit charakteristischem Bau, der erst nach der Befruchtung verquillt (Fig. 4). Die Verquellungsbilder sind aber immer andere als die bei *Thalictrum purpurascens*. Gerade die große Verschiedenheit in den Verquellungsbildern, auch bei anderen Pflanzen, gegenüber dem apogamischen Material von *Thal. purp.* spricht für eine Verquellung, die im letztangegebenen Sinne vor sich geht.

Unter den mir durch die Güte des Herrn Geheimrat Strasburger gegebenen Präparaten von *Alchemilla* konnte ich leider keines finden, das den Fadenapparat oder seine Verquellung gut zeigte und dadurch eine vergleichende Untersuchung mit *Thalictrum purpurascens* möglich gemacht hätte. —

¹⁾ Overton, J. B. Über *Parthenogenesis* bei *Thalictrum purpurascens*. (Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Bot. Gesellschaft. Band XXII. Jahrgang 1904. Heft 5.)

Auf *Thalictrum purpurascens* wurde ich von Herrn Dr. Overton aufmerksam gemacht, der gelegentlich seiner Studien über Apogamie den Fadenapparat bemerkt hatte. Overton glaubte, den Fadenapparat bis an die Vakuolen der Synergiden reichend beobachtet zu haben. Aus Gründen, die ich nachher verständlich machen will, habe ich nach einer unmittelbaren Verbindung des Fadenapparates mit der Vakuole gesucht. Die Beobachtungen an *Thalictrum* zeigten, daß der Fadenapparat die Vakuole nie erreicht. Zwar kommt er ihr in älteren Stadien sehr nahe, es bleibt aber noch immer eine dünne trennende Plasmaschicht. Ein Präparat von *Gladiolus segetum*, das den Fadenapparat und die Vakuole einer Synergide sehr schön erkennen ließ und gleichzeitig eine volle Ausbildung des Fadenapparates sicherte, da am Scheitel des Fadenapparates der Pollenschlauch sich zeigte, machte bei der ersten Betrachtung die Möglichkeit einer direkten Verbindung wahrscheinlich. Stärkere Vergrößerung jedoch und nähere Untersuchung lehrten, daß auch hier eine trennende Plasmaschicht vorhanden war (Fig. 10). Alle meine weiteren Untersuchungen schließen den Fall einer direkten Verbindung des Fadenapparates mit der Vakuole aus. —

Über die Entwicklungsgeschichte des Fadenapparates war bisher noch nichts bekannt, so daß ich nur von dem Ergebnis meiner Beobachtungen berichten kann. Strasburger macht allerdings schon im Jahre 1877 Angaben über die Bildung der Kappen von *Torenia*.¹⁾ Er hat trotz der völligen Ausbildung des Eiapparates noch nichts von den Kappen gesehen. „Plötzlich bildet sich dann der stark lichtbrechende, linsenförmige Körper. Die Vergrößerung schreitet fort, greift bald über die vordere Fläche der Gehilfinnen und wird endlich perfekt. Gleichzeitig mit der Ausbildung sieht man die Embryosackwand über denselben immer dünner werden und endlich verschwinden, so daß die Kappen direkt nach außen stehen.“ — Die Beobachtung an gefärbten Mikrotomschnitten zeigten das Entstehen und das Wachsen des Fadenapparates in folgender Weise: Nach der Ausbildung des jungen Embryosackes und nach den verschiedenen Teilungen seines Kernes nehmen bekanntlich drei Zellen den Scheitel des Embryosackes ein, von denen zwei birnenförmige Gestalt erhalten. Diese beiden Zellen sind die Synergiden, während die dritte Zelle das Ei ist. Das Plasma der Synergidenzellen ist zuerst körnig (Fig. 11), nimmt aber bald einen wabenartigen Bau an (Fig. 12). Mit dem Wachstum der Synergiden erfolgt gleichzeitig eine starke Streckung des Plasmas, so daß schließlich langgezogene Waben von Plasma die beiden Zellen erfüllen. Mittlerweile beginnt die Anlage des Fadenapparates am Scheitel der Synergiden. Einzelne Stränge des wabigen Plasmas nehmen ein homogenes Aussehen an. Die Farbe dieser homogenen Stränge bei der Dreifärbung ist zunächst von einem helleren, leuchtenderen Rot als die des Plasmas. Die Anzahl der umgewandelten Plasmastränge vergrößert sich mehr und mehr. Der obere Teil des wabigen Plasmas ist bald ganz umgebildet

¹⁾ Strasburger: Über Befruchtung und Zellteilung. 1877. S. 45.

und wird nun violett tingiert. Während der Umwandlung sieht man oft an den Strängen jene schon vorhin erwähnten Körnchen, die sehr bald mit den Strängen verschmelzen. Bei Behandlung mit Javellescher Lauge bleiben sie an den umgebildeten Strängen meist erhalten. Falls sie verschwinden, kann man sie als noch nicht umgebildete Plasmakörnchen auffassen. Im anderen Falle aber sind sie umgebildetes Plasma, das den Strängen angefügt wird und mit ihnen verschmilzt. Man kann hier, wie es Tischler für die Zellulosebalken in den Embryosackauswüchsen von *Pedicularis* beschreibt, ein Appositionswachstum in analoger Weise annehmen.

Zweifelhaft ist mir die Bedeutung von größeren Körnern geblieben, die ich oft im Fadenapparat und an seinem Rande bei *Gladiolus segetum* sah und die sich bei der Dreifärbung tief violett bis schwarz färbten. Sie scheinen im unteren Plasmateile der Synergiden zu entstehen und dann nach dem oberen Teile befördert zu werden. Vielleicht stellen sie ein gebildetes Kohlehydrat dar, das auch bei der Verstärkung des Fadenapparates Verwendung findet. —

Im Querschnitt (Fig. 9) war das Maschenwerk des Fadenapparates von einem dunkler tingierten Streifen umgrenzt. Jedenfalls stellt er in Umbildung begriffene Plasmastreifen dar, was auf eine ziemlich regelmäßige, allmähliche Umwandlung nach allen Seiten schließen läßt.

Es ist eine Folge der Längsstreckung des Wabenplasmas, daß der Fadenapparat, der aus diesem gestreckten Kammergefüge hervorgeht, im optischen Bilde meist ganz den Eindruck einer Streifung macht, die dann wieder die Existenz von freien Fäden vermuten läßt. Nur selten beobachtet man, wie bei *Ornithogalum*, ein deutliches, weitmaschiges Netzwerk. —

Von jeher hat man angenommen, daß der Fadenapparat ein System von Kanälen darstellt. Schacht¹⁾ deutet dies an, wenn er sagt, daß die Fäden vielleicht keine freien Fasern, sondern nur die Scheidewände zwischen zahlreichen, sehr feinen Kanälen seien. Auch Strasburger war der Ansicht, daß die Streifung Kanäle andeutet, die am Scheitel in feinen Poren ausmünden, oder daß, wo eine Kappe den Fadenapparat bildet, Kanäle in ihr ausgespart sind.

Da es jetzt feststeht, daß der Fadenapparat aus dem Wabenplasma hervorgeht, also einen gekammerten Bau besitzt, so ist es nicht so leicht verständlich, daß Kanäle ausgespart sind. Zumal sind die oberen Teile des Fadenapparates, wie ich schon früher erwähnt habe, durch frühzeitige Verquellung zu kappenartigen, homogenen Gebilden geworden. Die Ansicht der Querschnitte dieser Kappen läßt kaum die Annahme von Öffnungen zu. Versuche, an Querschnitten des unteren Teiles in Olivenöl durch Luftbläschen leere Räume des Fadenapparates nachzuweisen, blieben erfolglos. Dennoch mögen diese aber vorhanden sein, da der Versuch

¹⁾ Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. II. Teil. 1859. S. 386.

mit Schwierigkeiten verknüpft ist, die kaum ein positives Resultat in Aussicht stellen. —

Vom Plasma der Synergide bleibt in vielen Fällen nur ein schmales Band übrig, das den Kern und die Vakuole umfaßt und diese von der Zellwand und dem Fadenapparate trennt. Der Kern befindet sich zwischen Vakuole und Fadenapparat. Ob das Plasma sich gegen den völlig entwickelten Fadenapparat vielleicht mit einer Vakuolenwand abgrenzt, konnten meine Untersuchungen nicht ermitteln. Jedenfalls kann man oft beobachten, daß sich der Fadenapparat im fertigen Zustande ziemlich scharf gegen das Plasma absetzt (Fig. 7).

Wenn der Fadenapparat schon eine ziemliche Größe erreicht hat, wird die Embryosackmembran über dem Scheitel des Fadenapparates immer dünner und schwindet schließlich ganz.

Kurz nach der Befruchtung beginnt der Fadenapparat zu verquellen. Im Falle einer Nichtbefruchtung tritt dieselbe Verquellung zu einer homogenen, formlosen Masse ein. Die Synergiden gehen zu Grunde, die verquollene Substanz des Fadenapparates bleibt am Scheitel des Embryosackes und in der Mikropyle zurück. Diese Masse ist noch vorhanden, wenn sich der Embryo schon vielmals durch Zellteilung vergrößert hat (Fig. 14).

Es fragt sich nun, welches die Substanz des Fadenapparates ist. Schacht hält den Fadenapparat für eine Zellstoffausscheidung.¹⁾ Er folgert dies, als sich der Fadenapparat durch Chlorzinkjodlösung violett färbte, durch Kupferoxydammoniak verschwand, durch Anwendung von Kalilösung aufquoll. Strasburger hat meist nur am oberen Teile des Fadenapparates mit Chlorzinkjod violette Färbung erhalten. Er sagt²⁾: „Die Poren des Fadenapparates sind mit Protoplasma erfüllt, und dieses färbt sich bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung gelbbraun, während der Körper des Fadenapparates, wenigstens am Scheitel, violette Färbung annimmt. Bei *Crocus* und *Gladiolus* ist der Fadenapparat nicht scharf gegen den Inhalt der Synergiden abgegrenzt, vielmehr greift er im optischen Durchschnitt streifenförmig in denselben ein. Diese unteren Teile lassen sich nicht violett färben, nehmen vielmehr einen bräunlichen Ton an“. Auch bei *Santalum* hat Strasburger nur an dem oberen Teile der Fadenapparate mit Chlorzinkjodlösung reine Zellulosereaktion erhalten, die sich nach unten zu allmählich verlor.³⁾ Longo hat im ganzen Verlaufe der Fäden bei *Cucurbita* Zellulosereaktion erhalten.⁴⁾ — Die violette Tinktion des Fadenapparates bei der Dreifärbung läßt schon wahrscheinlich werden, daß sie durch Zellulose veranlaßt

¹⁾ Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse Teil II. 1859. S. 386, und Schacht: Die Blüte und Befruchtung von *Santalum album*. S. 9.

²⁾ Strasburger: Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. 1882. S. 75.

³⁾ Strasburger: Zu *Santalum* und *Daphne*. 1882. S. 75.

⁴⁾ Biagio Longo: Ricerche sulle Cucurbitaceae e il significato de percorso intercellulare del tubetto pollinico. (Reale Accademia Dei Lincei. 1903. S. 8.)

wird. Auch die Zellmembranen werden violett gefärbt. Ist auch mit Chlorzinkjodlösung der beste Nachweis von Zellulose zu erhalten, so habe ich dennoch verschiedene Reagentien auf Zellulose angewandt, um ganz sichere Beweise von der Zellulosesubstanz des Fadenapparates bringen zu können.

Mit Chlorzinkjod färbt sich der Fadenapparat schön violett. In der Tat tritt am oberen Teile eine intensivere Färbung ein, da ja dort die Umwandlung des Plasmas beginnt, also auch zuerst vollkommen geworden ist. Außerdem sind ja dort, wie schon verschiedentlich angeführt ist, kappenartige Verquellungen entstanden, die natürlich stärkere Färbung annehmen. Der untere Teil des Fadenapparates ist eben im Entstehen begriffen, bedarf zum mindesten noch der Verstärkung. Läßt man die Lösung auf ältere Stadien einwirken, so wird die violette Färbung auch am untersten Ende des Fadenapparates deutlich. Reaktionen, die mit einem Gemische von Jod und Schwefelsäure oder von Jod und Phosphorsäure hervorgerufen wurden, ergaben Zellulose. Es erfolgte in beiden Fällen eine schöne Blaufärbung des Fadenapparates. Endlich führte ich noch eine Färbung mit Eisenhämatoxylin und Kongorot aus. Das Plasma der Synergiden färbte sich grauschwarz, der Fadenapparat rot, wie es für Zellulose bei Tinktion mit Kongorot charakteristisch ist.

Einlagerung anderer Stoffe in den Fadenapparat haben nicht stattgefunden, wie einige Reaktionen klar erwiesen. Tischler fand, daß in die Zellulosestränge in den Embryosackauswüchsen bei *Pedicularis* sich sehr bald Pectin einlagerte.¹⁾ Ferner führt er Buscalioni an, der bei seinen Zellhautstudien überall ähnliches gefunden habe. Stets sei nur in den allerjüngsten Stadien mit Chlorzinkjod Zellulosefärbung aufgetreten; später habe sich übereinstimmend ein „Pigment“ eingelagert, das die Zellulosefärbung verhinderte.

Einige der Färbungen, die Tischler angibt, habe ich ausgeführt, ohne aber ein Resultat zu erhalten, das auf die Anwesenheit eines anderen Stoffes hindeutete.

Auch Pectin ist nicht vorhanden. Ich behandelte die Schnitte mit Methylenblau, ohne die für Pectin charakteristische himmelblaue Färbung eintreten zu sehen. Ebenso wenig erhielt ich Pectinreaktion mit Safranin. Der Fadenapparat besteht demnach, wenigstens bis zur Befruchtung, aus reiner Zellulose. Bei Behandlung mit Kupferoxydammoniak verschwindet er vollständig, während Javellesche Lauge keine Veränderung hervorbringt. Zusammenfassend komme ich zu dem Ergebnisse, daß der Fadenapparat aus Zellulose besteht, daß diese durch Umwandlung des wabigen Plasmas entsteht, daß das Wachstum durch Apposition von Zellulosekörnern stattfindet, die als Spaltungsprodukte im Plasma auftreten. Eine chemische Erklärung für die Zersetzungserscheinungen des Plasmas

¹⁾ Tischler: Über die Verwandlung der Plasmastränge in Zellulose im Embryosack bei *Pedicularis*. (Sonderabdruck aus den Berichten der Königsberger „Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft“.) Inaugural-Dissertation. Bonn 1899. S. 10.

zu geben, ist heute noch nicht möglich. — Plasmaumwandlungen, wie sie bei der Bildung des Fadenapparates stattfinden, scheinen gar nicht seltene Erscheinungen im Pflanzenreiche zu sein. Eine ganze Reihe analoger Fälle, die natürlich immer bestimmte Unterschiede aufweisen, können angeführt werden.

Ich erwähnte schon die Umwandlung der Plasmastränge im Embryosackauswuchs von *Pedicularis*. Es tritt hier allerdings, wie Tischler fand und auch schon erwähnt worden ist, eine baldige Einlagerung von Pectin ein.

In Strasburgers: „Die pflanzlichen Zellhäute“ finden wir weitere Analoga angegeben:

Buscalioni beschreibt, daß im Embryosack von *Phaseolus multiflorus*¹⁾ aus dem Cytoplasma fadenförmige Strukturen hervorgehen, die ganz in Zellulose umgebildet werden.

Nach Buscalioni füllt in der Epidermis und einer anderen Schicht der Samenschale von *Corydalis*²⁾ ein aus dem Cytoplasma entstandenes Netzwerk von Zellulosesträngen die ganze Zelle aus.

Ferner beschreibt Buscalioni ein aus Cytoplasma hervorgegangenes Zellulosenetzwerk im Mikropylarende des Embryosackes von *Veronica hederæfolia*,³⁾ ferner in den beiden Zellschichten der Samenschale von *Verbascum*.⁴⁾ Auch das Netzwerk in den Ausstülpungen des Embryosackes von *Plantago lanceolata*⁵⁾ geht nach Buscalioni aus Plasmafäden hervor. Es findet hier ebenso ein Appositionswachstum statt, wie ich es für den Fadenapparat angab.

Endlich führe ich noch zwei interessante Bildungsvorgänge von Zellulose aus Cytoplasma an. J. M. Janses und später Strasburgers Untersuchungen an *Caulerpa* ergaben, daß in den Protoplasmasträngen der *Rhizoide* Zellstoffbalken als feine Fäden angelegt werden.⁶⁾ Diese Anlage erfolgt an beliebigen Stellen des Plasmastranges. Die Substanz der angelegten feinen Fädchen, die durch Anlagerung neuer Teilchen verstärkt werden, ist noch unbekannt. Ein typischer Fall der Plasmaumwandlung liegt bei der von Strasburger beschriebenen *Azolla filiculoides* vor.⁷⁾ Die einschichtigen Tapetenzellen des Mikrosporangiums wandern nach der Trennung der jungen Sporen zwischen diese ein und bilden durch Verschmelzung ein zusammenhängendes Plasmodium. Dieses Plasmodium scheidet um die einzelnen Sporen eine glashelle, nicht tingierbare Flüssigkeit aus. Die entstandenen Blasen vergrößern sich, ver-

¹⁾ Buscalioni: Contribuzione allo studio della membrana cellulare. (Malpighia. Bd. VI. 1892. S. 3.)

²⁾ Contribuzione allo studio della membrana cellulare. II. *Corydalis cava*. (Malpighia. Bd. VI. 1892. S. 217.)

³⁾ Sulla struttura e sullo sviluppo del seme della *Veronica hederæfolia* L. (Mem. della R. Acad. della sc. di Torino. Ser. II. T. XLIII. 1893.)

⁴⁾ Contribuzione allo studio della membrana cellulare III. (Malpighia. Bd. VII. 1893. S. 105.)

⁵⁾ Contribuzione allo studio della membrana cellulare IV. *Plantago lanceolata*. (Malpighia. Bd. VIII. 1894. S. 1.)

⁶⁾ Straßburger: Die pflanzlichen Zellhäute. 1898. S. 536—538.

⁷⁾ Die pflanzlichen Zellhäute. 1898. S. 543—549.

schmelzen in Mehrzahl und verdrängen das Plasmodium an die Mikrosporangienwand. Das verdrängte plasmodiale Cytoplasma wandert aber später in die Gallertblasen ein, die schließlich ganz von Cytoplasmakammern erfüllt sind. Die Wände dieser Cytoplasmakammern werden vollständig in Zellulose umgewandelt. — Ganz kurz darf ich noch auf die Angaben über „Wandverdickung durch Plasmaumwandlung in Spiralfäßen“ hinweisen, die Tischler¹⁾ aus den Untersuchungen einiger Forscher zusammenstellt. Es handelt sich hier im wesentlichen darum, daß durch Umwandlung des plasmatischen Wandbeleges Verdickungen der Zellwand auftreten.

Die Anführung dieser Analoga mag genügen, um zu zeigen, wie verbreitet die Umwandlung des Cytoplasmas in Zellhautstoff ist. —

Es erübrigt noch, Betrachtungen über die Funktion des Fadenapparates anzustellen.

Nachdem Schacht in seiner Abhandlung über die Befruchtung bei *Gladiolus* auf die innige Verbindung des Pollenschlauches mit der Spitze der Keimkörperchen hingewiesen hat, fährt er fort²⁾: „Ganz entschieden haben jene Fäden, welche schon vor der Befruchtung die Spitze der Keimkörperchen bilden, hier eine wesentliche Bedeutung, denn sie fehlen niemals und bewirken augenscheinlich die direkte Berührung und den innigen Zusammenhang des Pollenschlauches mit genannten Körperchen. In welcher Weise sie aber den Übergang des Pollenschlauch-Inhaltes in die Plasma-masse der Keimkörperchen vermitteln, kann ich so wenig angeben, als ich ihren direkten Anteil an den weiteren Vorgängen im Innern dieser Masse zu entscheiden vermag. Eine Bewegung der Fäden habe ich niemals gesehen, und doch müssen selbige, wenn überhaupt bei den *Phanerogamen* sogenannte Spermatozoen gefunden werden sollen, deren Analoga sein, denn im Pollenschlauche selbst sind solche, zum wenigsten bei *Gladiolus segetum* zur Zeit der Befruchtung sicher nicht vorhanden. Wunderbar wäre es alsdann, daß diese Fäden im entschieden weiblichen Teile, im Keimkörperchen selbst vorkommen“. Die zuletzt genannten Vermutungen läßt Schacht sehr bald fallen. Die Ansicht aber erhält er aufrecht, daß der Pollenschlauch-Inhalt durch die erweichte, aufgequollene Membran des Pollenschlauches und zwischen den Räumen des Fadenapparates, die wahrscheinlich durch Haarröhrchen Anziehung bewirkten, stattfinden müsse.³⁾ Die unmittelbare und innige Berührung von Pollenschlauch und Fadenapparat würde schon durch das Hervorragen der Fadenapparate aus der Membran des Embryosackes vermittelt. Jedenfalls sei die Membran durch die Einwirkung des Fadenapparates resorbiert worden.⁴⁾

1) Tischler: Über die Verwandlung der Plasmastränge in Zellulose im Embryosack bei *Pedicularis*. S. 15.

2) Schacht: Der Vorgang der Befruchtung bei *Gladiolus segetum*. S. 6.

3) Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. S. 392.

4) Schacht: Die Blüte und Befruchtung von *Santalum album*. S. 17. 18.

Auch Strasburger ist der Ansicht, daß die Lösung oder Quellung der Embryosackmembran durch die Gehilfinnen veranlaßt wird.¹⁾ In seiner „Theorie der Zeugung“ schreibt Strasburger²⁾: „Es läßt sich kaum bezweifeln, daß es die, das mikropylare Ende des Embryosackes ganz ausfüllenden Synergiden sind, die die Substanz ausscheiden, welche Einfluß auf die Wachstumsrichtung der Pollenschläuche übt. Die Änderung in der Wachstumsrichtung dieser Pollenschläuche fällt tatsächlich mit dem Augenblick zusammen, in welchem die Streifung in den Synergidenkappen auftritt. Diese Streifung deutet wohl die Bahnen an, welche die auszuscheidende Substanz innerhalb der Synergidenkörper einschlägt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die im unteren Körperteile der Synergiden befindlichen Vakuolen die auszuscheidende Substanz enthalten“. Dieser Meinung über die Funktion des Fadenapparates haben sich, wie schon erwähnt worden ist, die meisten der Forscher angeschlossen, die in neuerer Zeit den Fadenapparat beobachtet haben. — Der Bau des Fadenapparates, der ja jetzt als gekammert bekannt ist, gibt der Annahme von der Ausscheidung eines chemotaktischen Stoffes wohl kaum eine große Berechtigung. Doch ist ja leicht einzusehen, daß, auch wenn Kanäle nicht ausgespart sind, die Wände für die chemotaktische Substanz sicherlich sehr durchlässig sein können.

Andererseits wird durch die Entwicklung der Vakuolen sehr wahrscheinlich, daß diese einen Stoff enthalten, der zur Zeit der Befruchtung ausgeschieden wird. Die Vakuolen entstehen fast zu derselben Zeit oder wenig später, wenn die Bildung des Fadenapparates ihren Anfang nimmt. Ihr Wachstum schreitet mit dem der Fadenapparate fort, bis sie kurz vor der Befruchtung ihr endgültiges Aussehen erlangt haben. Sie erreichen häufig eine beträchtliche Größe. Ist die Befruchtung vollzogen, so sind die Vakuolen plötzlich verschwunden; sie haben ihren Zweck erfüllt. Die Synergiden und die Fadenapparate haben in diesem Augenblicke noch nicht mit der Desorganisation begonnen.

Ich habe versucht, mit einigen Reagentien den Inhalt der Vakuolen zu prüfen. Die großen Schwierigkeiten aber, die dieser Untersuchung entgegentreten, verhinderten, daß ich günstige Resultate erzielte.

Behandlung der Schnitte von frischem Material mit der Fehling'schen Lösung, mit Zuckerlösung und Schwefelsäure, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul (Millon'sches Reagens) ergaben eine Rotfärbung des Vakuoleninhaltes, sodaß man die Anwesenheit von Glukose und Eiweiß annehmen darf. Alle anderen Reaktionen gaben keinerlei Aufschluß über die fragliche Substanz in den Vakuolen. Besonders auffällig war es, daß bei älteren Stadien mit Fehling'scher Lösung ein starker Niederschlag von rotem Kupferoxydul in der Mikropyle entstand, Glukose dort also vorhanden war.

¹⁾ Strasburger: Befruchtung und Zellteilung. S. 47.

²⁾ Strasburger: Neuere Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den *Phanerogamen*. 1884. S. 60.

Es ist wahrscheinlich, daß in diesen Stadien ein Glukose-haltiger, chemotaktischer Stoff schon ausgesondert ist und die Mikropyle erfüllt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen betreffs Entwicklung und Inhalt der Synergiden mit ihren Vakuolen lassen die große Wahrscheinlichkeit bestehen, daß ein chemotaktischer Stoff in den Vakuolen enthalten ist, daß er durch den Fadenapparat nach der Spitze der Synergiden befördert und dort ausgeschieden wird.

Eine unmittelbare Verbindung der Vakuole mit dem Fadenapparat besteht nicht, sodaß das Sekret also nicht direkt in den Fadenapparat gelangen kann. Dadurch ist aber eine große Schwierigkeit gar nicht gegeben, denn es ist leicht verständlich, daß die trennende Plasmaschicht das Sekret in den Fadenapparat überzuführen vermag. Man muß sich denken, daß das Plasma den auszuscheidenden Stoff aus der Vakuole in den Fadenapparat gleichsam hineindrückt. Nachdem das Sekret ausgeschieden ist, und dieses den Pollenschlauch bis an den Eiapparat gelockt hat und ihm den Weg durch Auflösen der Embryosackmembran erleichtert hat, gehen die Synergiden zu Grunde. Ihre Aufgabe haben sie erfüllt, und gerade die Lösung dieser Aufgabe verleiht dem Namen „Synergiden oder Gehülfinnen“ große Berechtigung.

Es ist wohl als sicher anzunehmen, daß der Fadenapparat eben wegen seiner Funktion allen angiospermen Gewächsen zu eigen ist.

Sicherlich ist es von großem Interesse zu sehen, in welcher Weise die Natur hier einen Apparat entstehen läßt, der bei der wichtigsten Aufgabe der Pflanze, bei der Fortpflanzung, seine Dienste verrichtet.

Ergebnisse.

Die Synergiden der Angiospermen besitzen einen entsprechend ihrer Größe mehr oder weniger stark ausgebildeten, aber im Bau immer ähnlichen Fadenapparat, der als Wabengefüge den oberen Teil der Synergiden durchsetzt.

Eine eigenartige Verquellung erfährt der Fadenapparat bei den Pflanzen von *Thalictrum purpurascens*, welche die Fähigkeit besitzen, ihre Fortpflanzung apogamisch zu vollziehen.

Der Fadenapparat entsteht durch Umwandlung des wabigen Plasmas. Das Wachstum geschieht durch Apposition. Eine scharfe Abgrenzung gegen das Plasma scheint den Abschluß der möglichen Bildung des Fadenapparates anzuzeigen.

Der obere Teil verquillt häufig schon vor der Befruchtung zu kappenartigen Gebilden.

Über dem Scheitel des Fadenapparates wird die Embryosackmembran resorbiert. Häufig ragen dann die Fadenapparate aus der resorbierten Membran hervor.

Gleichzeitig mit der Entwicklung des Fadenapparates schreitet die Bildung der Vakuolen im unteren Teile der Synergiden fort. Die Vakuolen werden immer durch eine, wenn auch mitunter sehr schmale Plasmaschicht von dem Fadenapparat getrennt.

Nach der Befruchtung geht der Fadenapparat mit den Synergiden zu Grunde. Er bleibt als formlose Masse noch längere Zeit am mikropylaren Ende des Embryosackes erhalten.

Die Substanz des Fadenapparates ist Zellulose, die aus dem Plasma als Spaltungsprodukt entsteht.

Einlagerung anderer Stoffe findet vor der Befruchtung nicht statt.

Die Funktion des Fadenapparates ist sehr wahrscheinlich die, bei der Ausscheidung eines chemotaktischen, Glukose-haltigen Stoffes den Weg zu bilden.

Die Entwicklungsgeschichte der Vakuolen verlangt die Annahme, daß in ihnen der auszuscheidende Stoff zu suchen ist.

Literatur.

- Biagio Longo: Ricerche sulle Cucurbitaceae e il significato de percorso intercellulare del tubetto pollinico. (Reale Accademia Dei Lincei 1903.)
- Buscalioni, Contribuzione allo studio della membrana cellulare. (Malpighia. Bd. VI. 1892.)
- , Contribuzione allo studio della membrana cellulare II. *Corydalis cava*. (Malpighia. Bd. VI. 1892.)
- , Sulla struttura e sullo sviluppo del seme della *Veronica hederaefolia*. (Mem. della R. Accad. delle sc. di Torino. Ser. II. T. XLIII. 1893.)
- , Contribuzione allo studio della membrana cellulare. III. (Malpighia. Bd. VII. 1893.)
- , Contribuzione allo studio della membrana cellulare IV. *Plantago lanceolata*. (Malpighia. Bd. VIII. 1884.)
- Coulter and Chamberlain, Morphology of Angiosperms. 1903.
- Hofmeister, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. II. Monocotyledonen.
- Schacht, Vorgang der Befruchtung bei *Gladiolus segetum*. (Auszug aus dem Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1856.)
- , Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. II. Teil. 1859.
- , Die Blüte und die Befruchtung von *Santalum album*.
- Strasburger, Über Befruchtung und Zellteilung. 1877.
- , Die Angiospermen und die Gymnospermen. 1879.
- , Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen. 1884.
- , Zu *Santalum* und *Daphne*. (Separatabdruck aus den Berichten der Deutschen Botan. Gesellschaft.) Jahrgang 1885.
- , Das Botanische Practicum. 1902.
- , Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. 1882.
- , Die pflanzlichen Zellhäute. 1898.
- Tischler, Über die Verwandlung der Plasmastränge in Zellulose im Embryosack bei *Pedicularis*. (Sonderabdruck aus den Berichten der Königsberger „Physikalisch-Oekonomischen Gesellschaft“) Inaugural-Dissertation Bonn 1899.

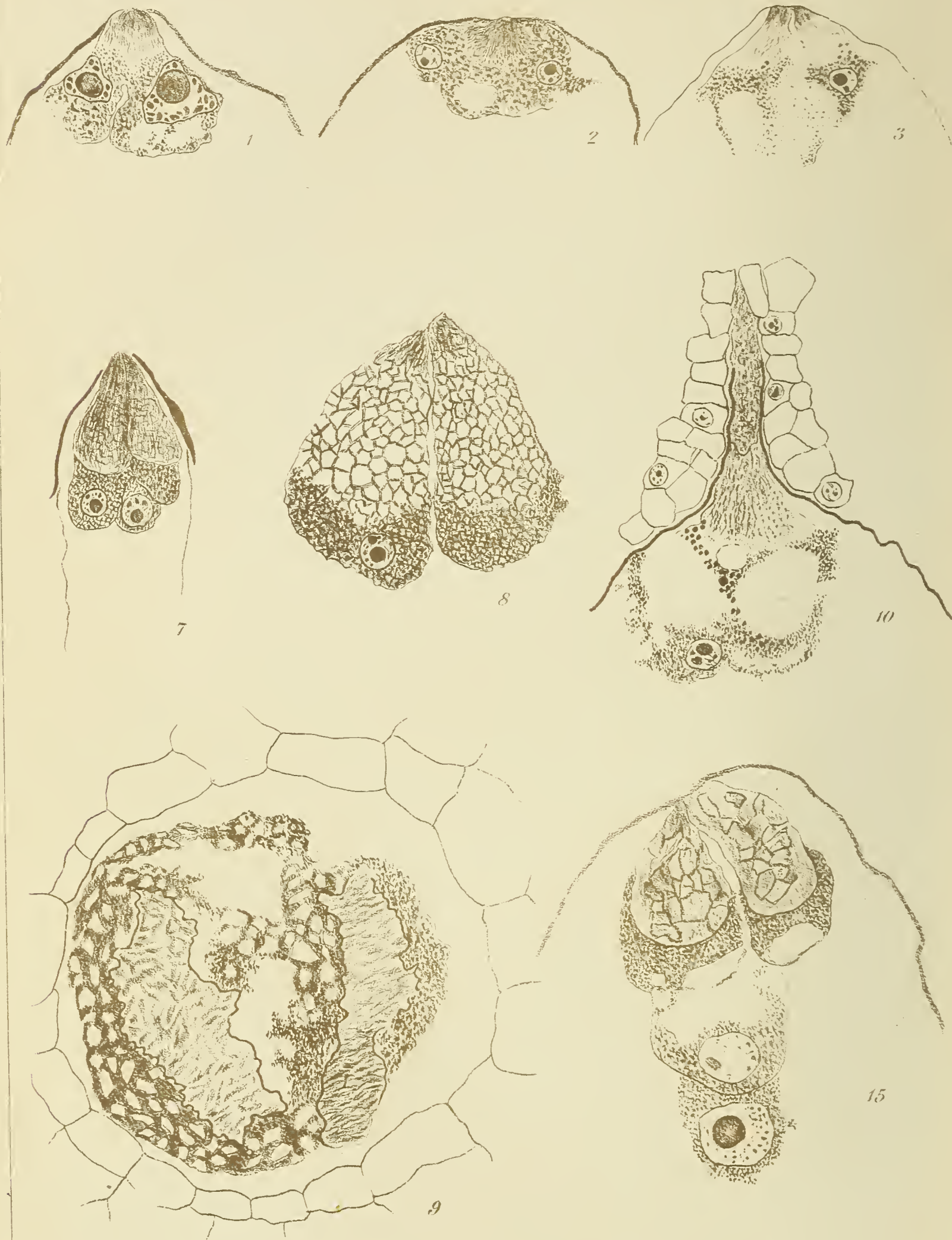
Erklärung der Figuren zu Tafel XIII.

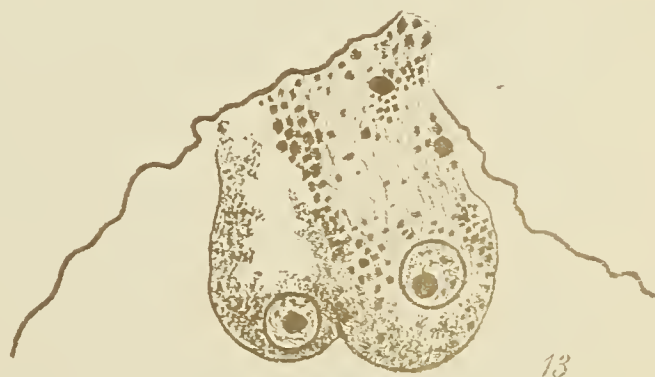
(Die Angaben der Oculare und Objektive beziehen sich auf das Mikroskop von Leitz oder Seibert; außerdem ist die Dicke der Schnitte, nach denen gezeichnet ist, angeführt.)

- Fig. 1. *Allium Moly*: Synergiden $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
- Fig. 2. *Clivia*: Synergiden $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
- Fig. 3. *Ranunculus aconitifolius* $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.
- Fig. 4. *Thalictrum purpurascens* Ei (soeben befruchtet), Synergiden $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.
- Fig. 5. *Torenia asiatica*. Synergiden (schiefer Schnitt). Am Scheitel des Fadenapparates der Pollenschlauch. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.

- Fig. 6. *Gladiolus segetum*. Synergiden $\frac{2}{1000}$ mm. Leitz: Oc. 3; Obj. 7.
 Fig. 7. *Santalum album*. Synergiden und Ei $\frac{2}{1000}$ mm. Leitz: Oc. 3; Obj. 7.
 Fig. 8. *Ornithogalum nutans*. Synergiden $\frac{2}{1000}$ mm. Leitz: Oc. 3; Obj. 7.
 Fig. 9. *Gladiolus segetum*. Synergiden im Querschnitt. $\frac{3}{1000}$ mm. Leitz: Oc. 3; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.
 Fig. 10. *Gladiolus segetum*. Ei und Synergide. Am Scheitel der Pollenschlauch. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
 Fig. 11. *Gladiolus segetum*. Synergiden, sehr jung. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
 Fig. 12. *Gladiolus segetum*. Synergiden. Beginn der Umwandlung. $\frac{2}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
 Fig. 13. *Gladiolus segetum*. Ei und Synergide. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
 Fig. 14. *Gladiolus segetum*. Embryo, darüber der verquollene Fadenapparat. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. 7.
 Fig. 15. *Thalictrum purpurascens*. Synergiden, Ei und Endospermkern. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.
 Fig. 16. *Torenia asiatica*. Synergiden. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.
 Fig. 17. *Thalictrum majus*. Synergiden. $\frac{5}{1000}$ mm. Seibert: Oc. 1; Obj. $\frac{1}{16}$ Oel-Immersion.

Beihefte zum Botanischen Centralblatt Bd. XX, Abt. I.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [BH_20_1](#)

Autor(en)/Author(s): Habermann Alfred

Artikel/Article: [Der Fadenapparat in den Synergiden der Angiospermen. 300-317](#)