Zur

Kenntniss der Embryosackentwicklung einiger Angiospermen.

von

Dr. Alfred Fischer.

Hierzu Tafel II—V.

Durch die zahlreichen Arbeiten Hofmeisters über den Embryosack war eine Fülle eigenthümlicher Vorgänge aufgedeckt worden, und wenn es ihm auch nicht gelang, den wahren Sachverhalt zu erkennen, so hat er wenigstens das grosse Verdienst, die Wissenschaft auf diese interessanten Erscheinungen aufmerksam gemacht zu haben. Trotzdem nun die Hofmeister'schen Untersuchungen vor beinah drei Decennien erschienen waren, hatte bis vor zwei Jahren es Niemand versucht, die Vorgänge im Embryosack erneuter Prüfung zu unterwerfen.

Vor allen Dingen war die Untersuchung frischen Materiales nicht dazu geeignet, diese schwierigen Fragen genügend zu lösen. An wenigzelligen Eichen, wie denen von Orchis, Monotropa, ja selbst von Campanula, gelingt es ohne vorherige Praeparation die einzelnen Stadien der Entwicklung an den intacten Eichen zu verfolgen.

Die grosse Mehrzahl der Ovula muss auf Schnitten untersucht werden, und da es bei den fraglichen Studien wesentlich auf die Erkenntniss der Zelltheilungen und Kernbildungen ankommt, so ist natürlich bei frischem Material der Einfluss der Untersuchungsflüssigkeit zu gross, um ungetrübte Bilder erwarten zu dürfen.

Sollten also diese wichtigen Fragen ihrer Lösung näher geführt werden, so musste eine Verbesserung der Untersuchungsmethode unabweislich erscheinen. Dies gelang nun Strasburger

auf das glücklichste, indem er eine Erhärtung des Materials durch absoluten Alcohol vornahm. Durch zahlreiche Controluntersuchungen an frischen Objecten hat Strasburger dargethan, dass durch den Alcohol durchaus nicht andere Bilder entstehen, als wie sie der jeweilige Zustand des Protoplasmas auch im Leben würde geliefert haben. Das so fixirte Plasma wird von Glycerin nicht im geringsten verändert, so dass mit dieser Untersuchungsflüssigkeit das erhärtete Material die schönsten Resultate liefert. Legt man dasselbe vor der Präparation noch 24 Stunden lang in ein Gemisch von absolutem Alcohol und Glycerin, so schneidet sich jedes Object in vorzüglicher Weise, so dass auch die Schwierigkeiten der Präparation zum Theil hinwegfallen.

Viele andere Vortheile dieser Methode lernt man erst durch längeren Gebrauch kennen, so dass nicht nur für den speciellen Fall der vorliegenden Untersuchung dieses Verfahren mit viel Glück angewendet werden kann, sondern auch für jedes andere mikroskopische Studium der Pflanzen, bei dem es sich nicht um directe Beobachtung der Lebenserscheinungen handelt, zu empfehlen ist.

Mit dieser vortrefflichen Methode gelang es Strasburger, die Entwicklungsgeschichte des Embryosackes in allen Stadien festzustellen.

Bereits in seinem Buche über „Befruchtung und Zelltheilung" hatte Strasburger die Bildung des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen auf Theilungen des Embryosackkernes zurückgeführt und die bis dahin geläufige Annahme einer freien Kern- und Zellbildung im Embryosack zurückgewiesen. Die Embryosackzelle wurde bereits hier als eine sich vergrössernde Tochterzelle der Embryosackmutterzelle bezeichnet, sowie auch das Schicksal der übrigen Tochterzellen seine Aufklärung fand.

Alle diese Vorgänge beschrieb Strasburger für Orchis pallens und Monotropa Hypopitys und lieferte viele bestätigende Bilder für das fertige Stadium bei anderen Pflanzen. Für den befruchtungsfähigen Keimsack stellte Strasburger die Dreizahl der Zellen im Eiapparat und in dem Chalazaende als Regel auf und machte zuerst auf die eigenthümliche Entstehung des Embryosackkernes aus der Vereinigung zweier Kerne aufmerksam.

Unterdessen war die Anatomie des Ovulums, vorwiegend seiner jüngsten Zustände, in einer längeren Abhandlung von Warming[1]),

[1]) „De l'ovule." Annales des sciences naturelles. IV. Serie. V. Bd.

besprochen worden. Der Nachweis einer fertilen, subepidermoidalen Zellschicht an den jungen Ovularhöckern wurde für eine grosse Anzahl Pflanzen erbracht. Ferner zeigte Warming, dass meist die mittlere Zelle dieser Schicht zur „Urmutterzelle" (Strasburgers „Mutterzelle") des Embryosackes wird; auch erkannte er zuerst die Bildung der Tapetenzellen. Dieselben sind kleine Zellen, welche durch quere Theilung der subepidermoidalen Zellen entstehen und von denjenigen dieser Schicht gebildet werden, welche später als Embryosackmutterzellen thätig sind. Den Zerfall derselben in mehrere, über einander liegende Zellen wies Warming für eine grosse Anzahl Angiospermen nach und machte auf die bedeutende Quellbarkeit der hierbei auftretenden Scheidewände zuerst aufmerksam. Weiter verfolgte Warming die Entwicklung des Embryosackes nicht.

Den Nachweis, dass die schon früher [1]) beschriebene Verdrängungserscheinung im Angiospermenreich eine weite Verbreitung besitzt, sowie die Bestätigung seiner Angaben über die Theilungen des Embryosackkernes liefert Strasburger in seinem neuen Werke: „Die Angiospermen und die Gymnospermen." Auch für die Embryosackentwicklung der Coniferen und Gnetaceen werden besonders für die jüngeren Stadien Resultate mitgetheilt, deren Uebereinstimmung mit den Vorgängen bei den Angiospermen viel interessante Anknüpfungspunkte für beide Gruppen gewährt.

Noch vor dem Erscheinen der eben besprochenen Arbeit lieferte Vesque Beiträge zur Kenntniss der Embryosackbildung [2]). Seine Resultate über die Bildung der Zellgruppen in den Enden des Keimsackes sind den von Strasburger vertretenen Ansichten so entgegengesetzt, dass nur in aller Kürze die wesentlichsten Streitpunkte hervorgehoben seien mögen.

Die Anlage der Mutterzelle und ihr Theilungsvermögen wird von Vesque kurz abgehandelt und nach dem Vorgange Warmings gedeutet. Vesque beschreibt für einige Pflanzen den Zerfall der Mutterzelle in 3, 4, auch noch mehr Zellen, was für die meisten Fälle bereits von andrer Seite Bestätigung gefunden hat.

Während nun nach Strasburger diese Zellen bis auf eine der Verschleimung anheimfallen und nur diese eine Zelle zum Embryosack heranwächst, sollen nach Vesque alle (meist 4) Zellen an der Bildung des Keimsackes sich betheiligen, so dass nach

---

[1]) Vergl. Strasburger, Befrucht. u. Zellth. p. 26 etc.

[2]) „Développement du sac embryonaire des Phanérogames angiospermes." Annales d. sciences nat. VI. Serie. VI. Bd.

dieser Ansicht der Embryosack als eine „durch Fusion mehrerer Zellen entstandene Höhle“ [1]) betrachtet werden kann.

Ferner liefert nach Strasburger der Embryosackkern durch wiederholte Zweitheilungen die Gegenfüsslerinnen, den Eiapparat und die beiden verschmelzenden Kerne; Vesque dagegen lässt den Eiapparat aus der obersten (seiner ersten) Tochterzelle durch Tetradenbildung hervorgehen. Die zweite Zelle, deren Scheidewand gegen die Zelle „Eins“ vollständig resorbirt wird, ohne dass ein Zusammenfliessen des Protoplasmas eintreten soll, liefert das Lumen des Embryosackes. Die Zellen „Drei“ und „Vier“ theilen sich nicht und werden zu Anticlinen, oder es findet in ihnen die Bildung von Tochterzellen statt, für welche Vesque den Namen Antipoden reservirt wissen will.

Die Zelle „Zwei“ theilt sich entweder nicht, so dass ihr Kern direct zum Embryosackkern wird, oder auch sie bildet Tetraden, so dass schon in ihr Antipodenzellen entstehen.

In dem letzteren Falle nun, sagt Vesque, sei die Strasburger'sche Deutung mit seinen Beobachtungen vereinbar. Die Verschmelzung zweier Kerne zum Embryosackkerne giebt Vesque für einige Fälle, besonders der letzteren Kategorie, zu.

Auch durch die neuerlich in die botanische Zeitung aufgenommene Notiz von Vesque [2]) über neue Beobachtungen, deren Resultate jetzt Anspruch auf Vollständigkeit haben sollen, sind die Streitfragen nicht gelöst. So lange Vesque die Verdrängungserscheinung nicht beobachten kann, so lange werden die Differenzen beider Anschauungsweisen so grosse sein, dass an eine ausführliche Berücksichtigung der Vesqueschen Resultate nicht zu denken ist.

Durch die reichhaltigen Mittheilungen über unseren Gegenstand in Strasburgers neuestem Werke [3]) sind die Vesqueschen Ausführungen mehr als zweifelhaft geworden, die früheren Angaben Strasburgers dagegen haben erneute Bestätigung gefunden. Eine ansehnliche Anzahl Pflanzen hat in ihrer Embryosackentwicklung die grössten Uebereinstimmungen kund gegeben, so dass es jetzt nur noch darauf ankam, die gewonnenen Gesichtspunkte zu befestigen, die Folgerungen durch neue Beweise zu sichern.

In diesem Sinne machte mich Herr Hofrath Strasburger, unter dessen fördernder Leitung zu arbeiten mir vergönnt war,

---

[1]) Warming, bot. Zeit. 1878. No. 47.

[2]) Bot. Zeit. 1879. No. 32.

[3]) „Die Angiospermen und die Gymnospermen.“ Jena 1879.

auf dieses interessante Thema aufmerksam. Die Untersuchung wurde im botanischen Institute zu Jena gemacht, und sage ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrath Strasburger, für die freundliche Unterstützung, welche er mir im Verlaufe der Arbeit an Rath und Belehrung zu Theil werden liess, an dieser Stelle meinen besten Dank.

Vor der speciellen Betrachtung der einzelnen Entwicklungsgeschichten mag es erlaubt sein, einige Bezeichnungen festzustellen, welche lediglich in der Absicht gewählt wurden, in vorliegender Arbeit weitläufige Umschreibungen mit einem Worte decken zu können.

Diejenige Zelle der subepidermoidalen Schicht, welche als Initiale für die Embryosackentwicklung anzusehen ist, nenne ich nach dem Vorgange Strasburgers[1]) die Mutterzelle des Embryosackes. Die Bildung von Tapetenzellen gehört noch nicht zur Thätigkeit der Mutterzelle, so dass in Fällen, wo solche gebildet werden, erst nach beendeter Abgabe derselben durch die Zellen der subepidermoidalen Schicht die Mutterzellen des Embryosackes constituirt werden.

Die beiden Zellen, welche bei der ersten Theilung der Mutterzelle entstehen und durch eine besonders stark quellbare Wand getrennt sind, möchte ich primäre Tochterzellen nennen. Oben bezeichnet stets die Richtung nach der Mikropyle hin, unten die entgegengesetzte nach der Chalaza hin, so dass Bezeichnungen, wie: die obere, primäre Tochterzelle dem Verständniss keine Schwierigkeiten bereiten. Die Theilungsproducte der primären Tochterzellen werde ich secundäre Tochterzellen nennen.

Diejenige Zelle nun, welche den Embryosack bildet und allein von den sämmtlichen Tochterzellen der Embryosackmutterzelle zu weiterer Entwicklung bestimmt ist, bezeichne ich, wie Strasburger bereits vorgeschlagen, als Embryosackzelle.

Ihrem Kerne möchte ich den Namen „Embryosackkern" beilegen. Die aus seiner Theilung hervorgehenden Kerne im oberen und unteren Ende des Embryosackes werde ich seine primären Tochterkerne nennen. Ihre Theilungsproducte seien als secundäre Tochterkerne bezeichnet. Da mit der nochmaligen Theilung derselben ein wesentlicher Unterschied des je vierten Kernes gegenüber den 3 andern Kernen bedingt ist, möchte ich für diesen Kern einen besonderen Namen vorschlagen.

Die drei Kerne im Chalazaende, um welche die Gegenfüss-

[1]) Angiospermen und Gymnospermen p. 5.

lerinnen sich später ausbilden, nenne ich die „Gegenfüsslerkerne“, den vierten Kern den „unteren Polkern“. Im oberen Ende des Keimsackes mögen die beiden Schwesterkerne, welche in die Synergiden aufgenommen werden, den Namen „Synergidenkerne“ führen; die beiden anderen unterscheide ich als „Eikern“ und „oberen Polkern“, je nachdem sie später das Ei bilden oder mit dem unteren Polkern sich vereinigen. Dieses Verschmelzungsproduct sei als „Centralkern“ des Embryosackes bezeichnet.

Ausgehend von den Vorkommnissen, welche uns alle gekrümmten Ovula darbieten, ist es einleuchtend, dass zur Vergleichung der Insertionsverhältnisse im Eiapparat der verschiedenen Eichen nur diejenigen Schnitte geeignet sind, welche die hier einzige Symmetrieebene in sich aufnehmen. In den meisten Fällen bieten sich auf solchen Schnitten die beiden Synergiden neben einander im Scheitel, das Ei etwas tiefer inserirt, scheinbar ihnen angehängt, dar. Es ist klar, dass wenn nur Schnitte durch die Symmetrieebene zur Vergleichung herangezogen werden, es ein Leichtes sein wird, andere Insertionsverhältnisse, als die verbreiteten, aufzufinden und verständlich zu beschreiben. Anders bei den orthotropen Ovulis mit ringförmigem Integument. Um hier die Lagerungsverhältnisse im Embryosack mit den Vorkommnissen bei gekrümmten Eichen vergleichen zu können, giebt es nur einen Ausweg, welcher auch keine durchaus sichere Orientirung gestattet. Es seien von orthotropen Eichen nur solche Schnitte zur Vergleichung herangezogen, in denen sich beide Synergiden neben einander, nicht sich deckend zeigen, da man wohl annehmen kann, dass in den meisten Fällen diese Schnittebene der einzigen Symmetrieebene der gekrümmten Eichen entspricht. Diese Betrachtung sei dem speciellen Theile mit der Bemerkung vorausgeschickt, dass die Vergleichung der Insertionsverhältnisse in den verschiedenen Embryosäcken von den gewonnenen Gesichtspunkten aus ermöglicht wurde.

Der Ausschluss der gamopetalen Dicotylen kam anfangs nur zufällig zu Stande und erst später wurden absichtlich nur Monocotylen und Dialypetalen untersucht, da die Gamopetalen durch Herrn Jönsson, welcher gleichzeitig im botanischen Institut in Jena den vorliegenden Gegenstand in Angriff genommen hatte, bearbeitet worden sind.

Specieller Theil.

I. Monocotylen.

Bei Elodea canadensis stehen in dem Fruchtknoten drei orthotrope, mit zwei Integumenten versehene Ovula. Fig. 1, Taf. I zeigt die Mutterzelle des Embryosackes in dem mächtig entwickelten Nucellus. Ihr Kern beginnt sich zu theilen, die eine der beiden neben einander liegenden Tapetenzellen hat eine Etagentheilung erlitten.

Als Regel kann dieses Verhalten nicht aufgestellt werden, da eben so oft Bilder zur Beobachtung gelangen, in denen beide Tapetenzellen ungetheilt sind (Fig. 2). Die Mutterzelle lässt sich leicht bis zur subepidermoidalen Schicht zurückverfolgen.

Die beiden primären Tochterzellen theilen sich und es entstehen somit vier über einander liegende Schwesterzellen, deren untere, sich zum Embryosack vergrössernd, die drei anderen verdrängt (Fig. 2). In Fig. 3, Taf. I sind Eiapparat und Gegenfüsslerinnen wohl entwickelt. Der obere Polkern befindet sich noch am Ort seiner Entstehung, während der untere, von Plasma umgeben, seine Wanderung nach dem oberen Theile des Keimsackes bereits angetreten hat. In Fig. 4 hat der untere Polkern den oberen, der ihm nur um Weniges entgegengekommen ist, erreicht.

In Fig. 3, Taf. 1 ist der Fadenapparat der Synergiden einigermaassen entwickelt. Die Synergiden selbst führen in ihrem hinteren Ende eine wohl umschriebene Vacuole, in ihrem vorderen Theile den Kern. Sie schliessen sich somit dem typischen Bau dieser Gebilde, wie ihn zuerst Strasburger[1]) festgestellt hat, an.

Das Ei ist tiefer inserirt und wird zum Theil von den Gehülfinnen überdeckt. Die Kleinheit der Gegenfüsslerinnen hängt mit ihrer baldigen Resorption zusammen.

Die Lagerung der Zellen im Eiapparat der Figur 4 ist abnorm. Solche Bilder erhält man oft, dagegen bedarf es langen Suchens nach Präparaten, wie in Fig. 3, Taf. I.

Alisma Plantago hat in jedem der zahlreichen Fächer des Fruchtknotens ein amphitropes Ovulum. Die Abstammung der Mutterzelle aus der subepidermoidalen Schicht ist aus Fig. 5a,

---

[1]) Befruchtung und Zelltheilung p. 31.

Taf. II leicht ersichtlich. Diese Zelle theilt sich und giebt nach oben eine kleinere ab, deren Bildung in Fig. 5b vorliegt. Die vielmal grössere untere Zelle verdrängt die obere und wird zur Embryosackzelle. Ihr Kern hat in Fig. 6 bereits die primären Tochterkerne gebildet, welche durch zweimalige Zweitheilung in gewohnter Weise den Eiapparat und die Gegenfüsslerinnen erzeugen.

Fig. 7, Taf. II zeigt die Bildung der secundären Tochterkerne; die Kerne sind schon fertig und durch Kernfäden verbunden. In Fig. 8 haben die Zellgruppen in den Enden des Embryosackes ihre Ausbildung erreicht, während die Polkerne noch nicht gegen einander gewandert sind.

Die Synergiden führen vorn ihren Kern, hinten eine Vacuole und verdecken theilweise das tiefer inserirte Ei. Die Gegenfüsslerinnen sind äusserst klein und werden sehr bald aufgelöst, so dass es mir zweifelhaft erscheint, ob es bei ihnen immer zu Wandbildungen kommt. In Fig. 8 ist dies nicht der Fall, doch sind mir zahlreiche Präparate erinnerlich, bei denen die Scheidewände zu beobachten waren.

Die Vereinigung der Polkerne geschieht erst nach der Befruchtung, wie dies Fig. 9 erkennen lässt. Die Eizelle hat bereits bedeutend an Grösse zugenommen, die Synergiden sind in Auflösung begriffen und die Verschmelzung der beiden Kerne findet in der Mitte des unterdessen sehr verlängerten Embryosackes statt. Hier legt auch der obere Polkern einen längeren Weg zurück, um sich mit dem unteren zu vereinigen, welcher gleichfalls an der Bewegung Theil nimmt.

Allium fistulosum, dessen Kenntniss wir Strasburger verdanken[1]), stimmt mit Alisma sowohl in der spät eintretenden Verschmelzung der Polkerne, als auch in der nur einmaligen Theilung der Mutterzelle überein. Der Eiapparat von Alisma bietet dagegen nicht die Abweichungen der Insertion dar, welche für Allium characteristisch sind.

Bemerkenswerth ist an den Eichen von Alisma die einseitige Ausbildung zweier Integumente. Dieselben sind nur an der convex gekrümmten Seite entwickelt, dagegen zeichnet sich die entgegengesetzte durch den Mangel des äusseren Integumentes aus. In Fig. 5a, Taf. I beginnt eben das letztere sichtbar zu werden. Fig. 5 stellt das Eichen ohne Funiculus dar mit zwei Integumenten an der convexen Seite.

---

[1]) Angiospermen und Gymnospermen p. 19.

Bei Triglochin palustre ist die Herkunft der Mutterzelle aus der unter der Epidermis gelegenen Schicht leicht zu ermitteln. In Fig. 10, Taf. II bezeichnet die Bildung einer Tapetenzelle dasjenige Glied der subepidermoidalen Zellreihe, welches als Initiale der Embryosackentwicklung thätig sein wird. Die Tapetenzelle kann sich in zwei neben einander liegende Theile spalten (Fig. 11) oder es tritt eine Wand auf, welche dieselbe in zwei über einander liegende Hälften zerlegt (Fig. 13). Die Mutterzelle zerfällt zunächst in zwei Zellen, deren jede abermals einer Zweitheilung unterliegt, so dass in Fig. 13 drei Zellen über der nunmehr sich vergrössernden Embryosackzelle liegen. Zugleich belehrt uns diese Figur über die Verschleimung der Schwesterzellen des Embryosackes. Der Embryosackkern theilt sich und liefert die primären Tochterkerne. Eiapparat und Gegenfüsslerinnen gehen aus ihnen durch zweimalige Verdoppelung hervor; desgleichen die beiden Polkerne, welche in der Mitte des Keimsackes zum Centralkern verschmelzen (Fig. 14, Taf. II). Die Synergiden führen hier keine Vacuolen im hinteren Ende, wohl aber liegt der Kern im vorderen. Das Ei ist sehr tief inserirt und besitzt vorn eine Vacuole hinten dagegen den grössten Theil des Protoplasma mit dem Kern. Die Antipoden sind in Dreizahl vorhanden und bieten keine Besonderheiten dar.

Fig. 15 zeigt ausnahmsweise zwei Embryosäcke in einem Ovulum. Die Polkerne liegen noch in den Enden der Keimsäcke. In dem linksgelegenen Embryosack ist die Scheidewandbildung sowohl an der Gegenfüsslergruppe als am Eiapparat vollendet, dagegen vermissen wir jede Andeutung einer trennenden Wand im Mikropyltheile des rechten Embryosackes.

Das Auftreten zweier vollkommen entwickelter Keimsäcke in einem Eichen ist eine seltene Erscheinung. Bis zum Verdrängungsstadium werden wir noch oft eine gleichmässige Entwicklung zweier, ja selbst mehrerer Mutterzellen in einem Ovulum antreffen, wie besonders die Rosaceen uns hierfür treffliche Beispiele liefern werden. Das Sonderbare unseres Präparates wird noch dadurch erhöht, dass die beiden Embryosäcke nicht direct einander berühren, sondern durch eine Reihe langgestreckter Zellen getrennt werden. Es liegt somit die Annahme von ursprünglich drei Mutterzellen nahe, von denen die mittelste in ihrer weiteren Entwicklung nach wenigen Theilungen unterdrückt wurde. Ihre Tochterzellen scheiden jetzt die beiden Embryosäcke, welche durch

ihr Wachsthum die einzelnen Glieder der mittleren Tochterzellreihe zu bedeutender Längsstreckung veranlasst haben.

Auch bei Triglochin ist, wie bei Alisma, die Ausbildung des äusseren Integumentes auf die convex gekrümmte Seite des anatropen Ovulums beschränkt.

Mit dieser einseitigen Förderung der Integumentbildung, welche hier noch ausgeprägter auftritt als wie bei Alisma, steht die eigenthümliche Entwicklung des Eichens in engstem Zusammenhang. Die Figuren 10—12 Taf. II mögen zur Illustration dieses Vorganges dienen. Es sei zunächst bemerkt, dass Fig. 11 und 12 gleich orientirt sind, dass dagegen von Fig. 10 das Spiegelbild zu denken ist, um dieselbe Orientirung zu erlangen.

Ferner wird es nicht überflüssig sein zu erwähnen, dass die Ovula mit dem Funiculus gezeichnet sind, und dass die Richtung des Pfeiles an der Chalazaseite die Ausdehnung der Placenta von oben nach unten andeutet.

Das Eigenthümliche der Entwicklung ist nun darin zu suchen, dass die Krümmung des Eichens im Anfang ausschliesslich durch die mächtige Entwicklung der beiden Integumente an der convexen Seite bedingt ist. Erst später betheiligt sich der Nucellus und vor allen Dingen der Funiculus selbst an der Hervorbringung der Apotropie. Bei den meisten gekrümmten Eichen wird von früh herein die Krümmung durch das Wachsthum des Nucellus, zum mindesten des Funiculus besorgt. Es erschien deshalb der Mühe werth, auf die eigenthümliche Ursache der beginnenden Apotropie der Triglochineichen aufmerksam zu machen.

Die Eichen bekommen dadurch eine Gestalt, welche den Nucellus seitlich zum Funiculus erscheinen lässt, wie besonders Fig. 11 dieser Annahme günstig sein würde. Zieht man jedoch Fig. 10 zu Rathe, so wird man leicht sich überzeugen können, dass der hier nur angedeutete Funiculus und der Nucellus in einer Richtung liegen und dass erst die schon hier beginnende Integumentwucherung die scheinbar seitliche Stellung hervorbringt.

Carex praecox ordnet sich durchaus dem verbreiteten Typus der Embryosackentwicklung unter. Der Ausgangspunkt derselben ist hier in einer tiefer gelegenen Schicht des Nucellus zu suchen, wie Fig. 16 Taf. II wahrscheinlich macht. Leider steht mir jüngeres Material nach der Blüthezeit der Caricineen nicht mehr zur Verfügung, um diese interessante Frage zweifellos zu entscheiden.

Die Mutterzelle zerfällt in 4 secundäre Tochterzellen, deren

untere zum Keimsack auswächst. Die übrigen werden verdrängt, wie Fig. 17 zeigt. Eiapparat und Gegenfüsslerinnen werden in gewohnter Weise angelegt, desgleichen verschmelzen die je vierten Kerne (Fig. 18) später zum Centralkern (Fig. 19).

In Fig. 18 deckt die Synergide links den Eikern, so dass es scheinen möchte, als ob dieselbe zwei Kerne besässe; ebenso fallen die Vacuolen des Eies und der rechten Gehülfin über einander. In Fig. 19 liegen die Insertionsverhältnisse des Eiapparates klar vor.

Die Gegenfüsslerinnen sind in beiden Figuren deutlich und wie gewöhnlich in Dreizahl vorhanden. Sie zeichnen sich durch ihre Kleinheit und ihre kurze Existenz aus.

Von Gramineen wurden ausführlich untersucht: Alopecurus pratensis, Ehrharta panicea, Sesleria coerulea und Melica nutans.

Die drei erst genannten stimmen in ihrer Embryosackentwicklung überein, während Melica ein abweichendes Verhalten zeigt, auf welches nach gemeinsamer Besprechung der drei andern Gramineen zurückzukommen sein wird. Da das Theilungsvermögen der Mutterzelle am eingehendsten bei Alopecurus pratensis studirt wurde, mag zunächst diese Pflanze besprochen werden, für Ehrharta und Sesleria sollen die betreffenden Thatsachen nachträglich Erwähnung finden. Auf der anderen Seite wurde die Bildung des Eiapparates, sowie die ausgiebige Vermehrung der Gegenfüsslerinnen ausführlicher bei Ehrharta panicea verfolgt. Es mag daher gerechtfertigt erscheinen, die Vorgänge im Embryosack dieser Pflanze genauer zu beschreiben, und die diesbezüglichen Bilder für Alopecurus und Sesleria mit einer kurzen Erläuterung folgen zu lassen.

Die Embryosackmutterzelle liegt bei Alopecurus direct unter der Epidermis (Taf. III, Fig. 30). Die primären Tochterzellen mit stark gequollener Scheidewand sind in Fig. 31 abgebildet. Der Kern der unteren ist in Theilung begriffen; es wurde eine Kernspindel fixirt. Beide primäre Tochterzellen theilen sich nochmals, so dass wir auch hier vier Zellen aus der Mutterzelle hervorgehen sehen (Fig. 32, Taf. III). In allen diesen Präparaten konnte man zwischen der Epidermis und der obersten Zelle eine starke Quellung bemerken (Fig. 32), welche sogar bis zur völligen Auflösung dieser Zelle führen kann (Fig. 33).

In Fig. 32 hat sich die unterste Tochterzelle zur Embryosackzelle verlängert, die übrigen lassen bereits Spuren ihrer be-

ginnenden Desorganisation erkennen. Die Bildung der primären Tochterkerne liegt in Fig. 33 vor. Die weitere Entwicklung dieser Theilungsproducte wollen wir, wie schon erwähnt, an Ehrharta verfolgen.

Zunächst seien aber für diese Pflanze und für Sesleria diejenigen Zeichnungen erklärt, welche das Verhalten der Mutterzelle betreffen.

Bei Sesleria zerfällt die Mutterzelle in vier Zellen (Fig. 37, Taf. III), deren untere zum Embryosack auswachsend ihre drei Schwesterzellen verdrängt (Fig. 38). Auch bei Sesleria tritt zwischen der Epidermis, welche am Scheitel des Ovulums stets eine Verdopplung erfährt, und der obersten Tochterzelle eine starke Quellung der Wände ein, welche uns in ihrer Function sofort verständlich wird, wenn wir Fig. 38 zu Rathe ziehen. Während der Verdrängung nehmen die Nucelluszellen bedeutend an Umfang zu und pressen die verschleimende Masse nach der Stelle hin, an welcher schon früher eine Lockerung des Gewebes durch die beschriebene Quellung hervorgerufen wurde (Fig. 38).

Die Mutterzelle von Ehrharta ist in Fig. 20, Taf. II abgebildet. Auch hier werden vier secundäre Tochterzellen gebildet, von denen die untere zum Embryosack auswächst, während die anderen der Desorganisation verfallen (Fig. 21, Taf. II).

In Fig. 22, Taf. III hat sich die Embryosackzelle verlängert, ihr Kern verdoppelt. Seine primären Tochterkerne nehmen je ein Ende des Keimsackes ein. Im unteren Theile desselben hat sich eine Vacuole zwischen der Wand und der Protoplasmaansammlung um den unteren Kern gebildet, welche wir als eine constante Erscheinung für Ehrharta noch oft antreffen werden. Dieselbe Vacuolenbildung im Chalazaende des Embryosackes beschreibt Strasburger für Senecio vulgaris[1]); wir werden sehen, dass unsere Vacuole auch in ihrem weiteren Verhalten mit dem für Senecio geschilderten Gebilde übereinstimmt.

Fig. 23, Taf. III zeigt die secundären Tochterkerne noch in ihrer Abstammung von den primären, indem protoplasmatische Fäden zwischen den Schwesterkernen den vorausgegangenen Theilungsact erkennen lassen. Die abermalige Theilung dieser Kerne liegt in Fig. 24 vor. In beiden Figuren ist die kleine Vacuole im unteren Ende des Keimsackes deutlich wahrzunehmen. Die Theilungsfigur der Synergidenkerne kommt nicht vollständig zur Be-

---

[1]) Angiospermen u. Gymnospermen p. 10.

obachtung, da die Theilungsebene gegen die Schnittebene schief geneigt ist. Die letztbesprochene Figur 24 wurde noch dadurch wichtig, dass mit ihrer Hülfe die etwas abweichende Insertion des Eies auf ihre erste Ursache konnte zurückgeführt werden. Aus Fig. 25 folgt mit Gewissheit, dass das Ei links an der Seitenwand angeheftet ist; Fig. 27 um 90° gegen Fig. 25 gedreht, hebt alle Zweifel über die Insertion des Eies. Zugleich lieferte Fig. 24 einen neuen Beweis für die Schwesterkernnatur des oberen Polkernes und des Eikernes.

Dieselbe seitliche Anheftung des Eies findet sich bei Allium fistulosum und wurde von Strasburger ausführlich beschrieben [1]). Die Synergiden theilen sich dagegen bei Ehrharta, wie gewöhnlich, in den Scheitel des Embryosackes, so dass hierin diese Pflanze weniger abweichende Verhältnisse als Allium darbietet.

In Fig. 25 ist die Ausscheidung einer Wand um die Zellen des Eiapparates und der Gegenfüsslergruppe erfolgt. Die beiden Polkerne liegen noch an ihren entsprechenden Entstehungsorten. Die unterste Gegenfüsslerin hat, wie bei Senecio [2]), die kleine Vacuole in sich aufgenommen und zwar in ihren hintersten Theil. Auch die beiden oberen Antipoden führen vorn Vacuolen. Fig. 26 zeigt den unteren Polkern auf seiner Wanderung nach dem Mikropyltheile begriffen. Der obere bleibt bei Ehrharta ruhig liegen, so dass der untere den ganzen Embryosack der Länge nach zu durchwandern hat, um sich mit dem oberen zum Centralkern zu vereinigen.

Zugleich belehrt uns dieselbe Figur über die Vermehrung der Gegenfüsslerinnen, deren zahlreiche Entwicklung im Keimsack der Triticeen bereits von Hofmeister [3]) beschrieben wurde. Der Kern jeder Antipode hat sich getheilt, so dass je 2 Kerne einer Zelle zukommen. Meistens treten bei diesem Vorgange Scheidewände auf, so dass die Zahl der Gegenfüsslerinnen verdoppelt wird.

Die links gelegene obere Gegenfüsslerin zeigt dieses Verhalten und es ist möglich, dass die Scheidewände der beiden anderen Zellen parallel der Schnittebene liegen, so dass sie nicht zu sehen sind. In der untersten derselben findet sich die Vacuole

---

[1]) Angiospermen u. Gymnospermen p. 19.

[2]) Angiospermen u. Gymnospermen p. 19.

[3]) Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. II. p. 677, in Abhandl. der königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. VII. Bd.

immer noch vor. In Fig. 27 war der erste Theilungsschritt der Antipoden in sämmtlichen drei Zellen von Wandbildung begleitet gewesen, so dass sechs Gegenfüsslerinnen entstehen mussten. Ihre Kerne unterliegen abermals einer Zweitheilung mit ausbleibender Scheidewandbildung, so dass im günstigsten Falle sechs Gegenfüsslerinnen mit je 2 Kernen zur Beobachtung kommen. In unserer Figur unterblieb die Kerntheilung in den beiden untersten Antipoden und der nächst oberen links, so dass hier nur die drei übrigen Zellen je zwei Kerne aufzuweisen haben. Die Vacuole in der untersten Gegenfüsslerin ist jetzt verschwunden.

Die Bildung des Centralkernes ist unterdessen erfolgt (Fig. 27); derselbe enthält die beiden getrennten Kernkörperchen der Polkerne.

Zunächst seien die Figuren für Alopecurus und Sesleria erklärt, den Gegenfüsslerinnen werden wir später nochmals unsere Aufmerksamkeit schenken.

Fig. 33, Taf. III zeigt, wie schon erwähnt, die Theilung des Embryosackkernes bei Alopecurus. Der Mikropyltheil des Embryosackes mit dem Eiapparat und dem Centralkern liegt in Fig. 36 vor. Die Zellwand am Scheitel ist stark gequollen. Die Insertion der Gehülfinnen an demselben bietet nichts Auffallendes dar, dagegen wird die Auffindung des Eies durch seine eigenthümliche Anheftung erschwert. Dasselbe ist in unserer Figur am Scheitel etwas seitlich inserirt und wird von den Synergiden bedeckt. Es unterscheidet sich leicht von denselben durch den Mangel einer hinteren Vacuole, welche jeder Gehülfin zukommt. In seinem Mikropyltheil führt das Ei ebenfalls eine Vacuole, welche aber im vorliegenden Falle durch das Protoplasma der Synergide bedeckt wird; ein kleiner Kreis soll ihre Lage andeuten. Der Centralkern führt noch die beiden unvereinigten Kernkörperchen der Polkerne. Seine Lage spricht dafür, dass auch bei Alopecurus der obere Kern ruhig liegen bleibt und der untere Polkern den langen Weg durch den ganzen Binnenraum des Embryosackes zurückzulegen hat, um mit dem oberen verschmelzen zu können.

Fig. 39, Taf. III endlich soll die Insertion des Eiapparates und die Bildung des Centralkernes bei Sesleria coerulea veranschaulichen. Der Scheitel des Keimsackes zeichnet sich durch starke Quellung aus. Das Ei ist hier seitlich an der Embryosackwand (in unserer Figur rechts) inserirt und wird von den viel kräftiger entwickelten Gehülfinnen an Grösse übertroffen. Von denselben sitzt die in unserer Figur links gelegene theils der Sei-

tenwand, theils dem Scheitel an und zwar mit der breiteren Seite an ersterer. Die andere Synergide ist der Mitte des Scheitels angeheftet, so dass ein kleiner Abschnitt desselben unbenutzt gelassen wird. Die Gehülfinnen führen hinten grosse Vacuolen, im Ei konnte das Vorkommen eines solchen Gebildes nicht ermittelt werden.

Der untere Polkern muss auch hier den ganzen Keimsack durchwandern, um den oberen Kern zu erreichen, welcher selbst an der Bewegung nicht theilnimmt.

Die Gegenfüsslerinnen von Alopecurus und Sesleria unterscheiden sich in ihrem späteren Verhalten von denen bei Ehrharta. Fig. 34 und 40, Taf. III zeigen diese Zellgruppen bei Alopecurus und Sesleria. Die Verdoppelung der Kerne ist bereits vollendet, ohne dass auch nur in einer Antipode eine Wandbildung stattgehabt hätte. Die somit zweikernigen Gegenfüsslerinnen erleiden meist eine nochmalige Kerntheilung, welche wiederum ohne Scheidewand auftritt, so dass in jeder der bedeutend heranwachsenden drei Antipoden vier Kerne anzutreffen sind. Zuweilen mögen wohl einige Kerntheilungen zu wirklichen Zelltheilungen führen; ebenso oft wird auch das Ausbleiben dieser oder jener Verdoppelung die Zwölfzahl der Kerne vermindern. Einige wenige Bilder sind mir zur Beobachtung gekommen, in denen ich zwölf Kerne zählen konnte. Gewöhnlich wird diese Zahl nicht erreicht, ebenso wie Vorkommnisse mit weniger als sechs Kernen zu den Seltenheiten gehören.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den beschriebenen Bildungen und denen bei Ehrharta findet seine Begründung in dem Ausbleiben der Scheidewandbildung schon bei der ersten Kerntheilung. Hierdurch wird auch die Beibehaltung der Gestalt der ursprünglichen drei Gegenfüsslerinnen, wenn auch unter bedeutender Volumenzunahme, erklärlich.

Fig. 35, Taf. III stellt die fertigen Gegenfüsslerinnen bei Alopecurus dar. Das Bild ist einem Embryosack entnommen, dessen Eiapparat befruchtungsfähig war und dessen Polkerne eben im Begriffe standen sich zum Centralkern zu vereinigen. Die beiden oberen, ursprünglichen Gegenfüsslerinnen vergrössern ihr Volumen am bedeutendsten (auch bei Sesleria), dagegen fällt die Grössendifferenz der untern Antipode im gegenwärtigen Stadium und im Anfang nur wenig in die Augen. Nur die obere, linke Gegenfüsslerin enthält vier Kerne, in den beiden anderen Zellen ist ein

Theilungsschritt unterblieben, so dass sie nur je drei Kerne aufzuweisen haben.

Dieselben liegen stets (auch bei Sesleria) dicht beisammen, meist dem hinteren Ende der Zelle genähert. Sie sind von einem äusserst feinkörnigen, dichten Protoplasma umgeben, welches nur zarte, vielfach anastomosirende Fäden nach dem Wandbeleg aussendet. Meist ist die Plasmaansammlung um die Kerne scharf contourirt und tritt bei schwacher Vergrösserung als dunkler Ballen hervor.

Die beschriebene Vermehrung der Gegenfüsslerinnen bei den genannten Gramineen rief die Frage hervor: wie verhalten sich diese Zellen bei der Endospermbildung? Es lag die Vermuthung nahe, dass ihnen bei der Erfüllung des Embryosackes mit Endosperm eine wichtige Mitwirkung zukam.

Obgleich es nun nicht in dem Bereiche meiner Untersuchungen lag, die Veränderungen des befruchteten Embryosackes zu studiren, hielt ich es dennoch für die Deutung der Gegenfüsslerinnen überhaupt für wichtig, ihr ferneres Schicksal in diesem Falle zu verfolgen. Ich wählte Ehrharta panicea, welche Pflanze sich meinen Untersuchungen überhaupt sehr günstig erwiesen hat.

Das Endosperm verdankt auch hier der Theilung des Centralkernes seinen Ursprung. Es entsteht nicht durch freie Zellbildung, sondern auf dieselbe Weise, welche Strasburger neuerdings für Myosurus beschrieben hat[1]). Fig. 28 zeigt im Mikropylende des Embryosackes das befruchtete Ei und dicht unter ihm die beiden ersten Kerne des Endosperms, hervorgegangen aus der Theilung des Centralkernes. Ihre Herkunft ist aus ihrer gegenseitigen Lage leicht ersichtlich. Das Ei, bei Ehrharta seitlich inserirt, wohl aber etwas mit der einen Synergide verbunden (Fig. 25—27, Taf. III), muss natürlich durch deren Resorption in den Scheitel des Keimsackes rücken, so dass die abgebildete Anheftung des befruchteten Eies mit den jüngeren Stadien nicht im Widerspruch steht. Nach der Befruchtung erweitert sich das untere Ende des Embryosackes, vorwiegend nach einer Seite hin, so dass die Gegenfüsslerinnen, welche früher im Chalarzaende lagen, eine seitliche Stellung, wie in Fig. 28 erhalten. Sie sind hier noch wohl erhalten, ihre Kerne zeigen grosse, stark lichtbrechende Kernkörperchen, welche oft zu mehreren fast den ganzen Kern erfüllen. Fig. 29 stellt ein späteres Stadium dar; die Gegenfüss-

---

[1]) Bot. Zeit. 1879 p. 265 etc.

lerinnen haben ein Aussehen angenommen, welches auf ihre baldige, weitere Auflösung schliessen lässt. Die Kerne der späteren Endospermzellen sind in Theilung begriffen und zwar alle gleichzeitig [1]). Die Gegenfüsslerinnen werden schliesslich weiter desorganisirt, so dass man in reifen Samenkörnern kaum noch einzelne verschleimte Reste vorfindet. Die Antipoden bilden also keine Ausgangspunkte für die Endospermentwicklung; sie gehen vielmehr, wenn auch später und langsamer als bei andern Angiospermen, zu Grunde.

Wir können, ausgehend von dem gleichen Verhalten der drei besprochenen Gramineen, den Zerfall der Embryosackmutterzelle in vier, über einander liegende Tochterzellen und die Vermehrung der Gegenfüsslerinnen, oder wenigstens ihrer Kerne, als besonders characteristisch für die Mehrzahl der Gräser in Anspruch nehmen. Bei Koeleria cristata, Sorghum halepense, Briza media, Elymus arenarius und Secale cereale konnten keine Abweichungen von diesem Schema gefunden werden.

Die Gattung Melica (ich untersuchte M. nutans und M. altissima) bietet eigentlich keine typischen Verschiedenheiten dar. Der Vorgang der Embryosackentwicklung erscheint in seinen ersten Stadien verkürzt, auch die Zahl der Gegenfüsslerinnen und ihrer Kerne bleibt auf drei beschränkt.

Die Initiale der Entwicklung liegt auch hier direct unter der Epidermis, deren Zellen sehr bald durch peridine Wände sich verdoppeln (Fig. 41, Taf. II). Die Mutterzelle theilt sich in 2 Zellen (Fig. 42), in denen wir die primären Tochterzellen erkennen. Die nun folgende Verdoppelung der Kerne mit ausbleibender Scheidewandbildung führt zu einem Stadium, in dem zwei über einander liegende Zellen sich durch den Gehalt von je zwei Kernen auszeichnen. Die untere Zelle ist um das Doppelte grösser, als die über ihr liegende. Fig. 43 und 47 mögen zur Illustration dieser Verhältnisse bei M. nutans und altissima dienen.

Durch das Auftreten einer Vacuole in der Mitte der unteren, zweikernigen Zelle werden die beiden Kerne aus einander gebracht und kommen je in ein Ende der sich nunmehr als Embryosack kundgebenden Zelle zu liegen (Fig. 43). Gleichzeitig wird die obere, kleinere, zweikernige Zelle resorbirt und durch den sich vergrössernden Embryosack verdrängt. Hierbei sind die beiden Kerne in der verschleimenden Masse lange Zeit sichtbar, so dass

---

[1]) Vergl. Strasburger in bot. Zeit. 1879.

die Feststellung der geschilderten Verhältnisse mit wenig Schwierigkeiten verknüpft ist. (Fig. 44 für M. nutans, Fig. 48 für M. altissima.) Die beiden Kerne der unteren, grösseren Zelle verdoppeln sich (Fig. 45) und so geht in gewohnter Weise durch nochmalige Theilung der Eiapparat und die Gegenfüsslergruppe hervor. Fig. 46 zeigt für M. nutans diese Bildungen, sowie die in Verschmelzung begriffenen Polkerne. Das Ei stimmt in Bezug auf seine seitliche Insertion mit dem der oben beschriebenen Gramineen überein. Die eine Synergide wird von der anderen verdeckt, jedoch ist ihr Kern deutlich sichtbar. Die Gegenfüsslerinnen treten stets nur in Dreizahl auf und gehen zeitig zu Grunde, so dass Melica auch hierin einen bedeutenden Unterschied, der Mehrzahl der Gräser gegenüber, aufzuweisen hat. Die Deutung der ersten Entwicklungsstadien liegt auf der Hand: die beiden zweikernigen Zellen sind die primären Tochterzellen, in denen es wohl zu einer secundären Kerntheilung kommt, ohne dass aber die Ausbildung der Scheidewände erfolgte.

Das Interesse an diesem Vorgang wird dadurch erhöht, dass die beiden Kerne der unteren primären Tochterzelle die Function der primären Tochterkerne des Embryosackkernes übernehmen. Auf diese Weise geht das Stadium der „Embryosackzelle mit dem Embryosackkern" vollständig verloren und aus der primären Tochterzelle wird sofort der Embryosack mit den primären Tochterkernen.

Man könnte auch die beiden Tochterzellen der Embryosackmutterzelle als Embryosackzellen betrachten, die Theilung ihrer Kerne als ersten Schritt zur Ausbildung des Eiapparates etc. in beiden Zellen. Diese Deutung würde für Melica constant zwei Embryosackzellen annehmen, wie wir oft bei den Rosaceen mehrere, nebeneinander liegende jugendliche Embryosäcke antreffen werden. In unserem Falle würden dieselben über einander liegen und ein und derselben Mutterzelle entstammen. Auch derartige Vorkommnisse sind durch die Untersuchungen Strasburger's [1]) für die Rosaceen (Rosa livida) bekannt worden, so dass diese Annahme einige Berechtigung besässe. Gegen eine solche Gleichwerthigkeit der beiden Zellen spricht die constante Ausbildung der unteren zum Embryosack. Niemals wurde Förderung der oberen und Verdrängung der unteren Zelle beobachtet. Ja selbst in den zahlreich untersuchten Eichen fand sich niemals eine gleichmässige

---

[1]) Angiospermen u. Gymnospermen p. 14.

Weiterentwicklung beider Zellen zu Embryosäcken. Man ist daher wohl berechtigt, die erste Deutung gelten zu lassen und eine verkürzte Entwicklung anzunehmen. Für diese Ansicht, welche für die Vorgänge bei Melica eine Rückbildung in Anspruch nehmen würde, spricht auch die kurze Existenz der nur wenig entwickelten Gegenfüsslerinnen. Jedenfalls liefert Melica ein interessantes Beispiel, wie auf diesem Wege es leicht zum constanten Auftreten zweier Embryosäcke in einem Eichen kommen kann. Auf alle Fälle kann das Ausbleiben der secundären Scheidewände zu abnormen Vorkommnissen Veranlassung geben, wie beispielsweise zur Ausbildung zweier Embryosäcke aus einer Mutterzelle.

Melica nächstverwandte Genera, wie Koelerica, Briza und Molinia verhalten sich wie die übrigen, untersuchten Gramineen, so dass Melica einstweilen vereinzelt dasteht. Der Anschluss an die übrigen Gräser kann aber, wie gezeigt wurde, leicht geschehen.

Bei Luzula pilosa bildet die subepidermoidale Zelle, welche später zur Mutterzelle des Embryosackes wird, sehr bald eine Tapetenzelle, die einer anticlinen Theilung unterliegt (Fig. 49, Taf. III). Die beiden neben einander liegenden Theilzellen zerfallen noch durch eine pericline Wand in je zwei Zellen, so dass im Ganzen vier Tapetenzellen in zwei Reihen zu je zwei Gliedern vorhanden sind (Fig. 50). Dieselbe Figur führt uns die primären Tochterzellen vor. Fig. 51 stellt ein weiter vorgerücktes Stadium dar, dem die Bildung der secundären Tochterzellen vorausgeht. Die unterste derselben wird zur Embryosackzelle und verdrängt ihre drei Schwesterzellen (Fig. 51). Diejenigen Vorgänge, welche durch mehrmalige Theilung des Embryosackkernes die Entstehung des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen veranlassen, sind oft genug beschrieben worden, so dass ich auf ihre ausführliche Darlegung diesmal verzichten kann. Ich begnüge mich also damit, in Fig. 52 das Bild eines reifen Embryosackes zu geben.

Die beiden Synergiden nehmen den Scheitel desselben ein und führen, von der Regel abweichend, die Vacuole in ihrem vorderen, den Kern von Plasma umgeben in dem hinteren Theile. Das Ei ist unterhalb der Synergiden inserirt und bietet keine Besonderheiten dar. Die Gegenfüsslerinnen sind äusserst klein und, wie gewöhnlich, in Dreizahl vorhanden. Der Centralkern führt ein sehr grosses Kernkörperchen und lässt keine Spur seiner Zusammensetzung aus den beiden Polkernen erkennen.

Ueberblicken wir kurz die für Monocotylen gewonnenen Resultate, so ergeben sich zunächst für die Ausbildung der Zellgruppen in den Enden des Embryosackes und die Entstehung seines Centralkernes die grössten Uebereinstimmungen. Die Zellen des Eiapparates treten stets in Dreizahl auf und erleiden nie eine Vermehrung, ja selbst ein Ausbleiben eines Theilungsschnittes wurde bis jetzt nur ausnahmsweise bei Ornithogalum beobachtet [1]). Somit treten immer zwei Synergiden auf, deren Kerne in demselben Verhältnisse als Schwesterkerne zu einander stehen, wie der Eikern zum oberen Polkern. Für die beiden Gehülfinnen lässt sich die Insertion am Scheitel als Regel aufstellen, von welcher für Sesleria und Allium fistulosum Abweichungen zu verzeichnen sind. Die Anheftung des Eies ist bereits grösseren Schwankungen unterworfen. So treffen wir dasselbe unterhalb der Synergiden, scheinbar an dieselben angehängt, an der Embryosackwand inserirt, bei Luzula, Triglochin, Carex, Alisma und Elodea, ferner bei Nothoscordum [2]). Mit den Synergiden theilt das Ei die gemeinschaftliche Befestigung am Scheitel des Keimsackes, so dass, je nach der zur Beobachtung kommenden Seite, es von denselben bedeckt wird oder auf ihnen zu liegen scheint, bei: Alopecurus und Melica, ebenso bei Orchis [3]), Gymnadenia [4]), Ornithogalum [5]), Gladiolus [6]), Crocus vernus [7]) und Funkia [8]). Besonderes Interesse gewähren die übereinstimmenden Lagerungsverhältnisse im Eiapparat von Sesleria und Allium fistulosum [9]), denen sich in einigen Beziehungen Ehrharta anschliesst. Während bei Ehrharta die beiden Synergiden noch den Scheitel des Embryosackes einnehmen, finden wir das Ei von seiner halbapicalen Insertion neben denselben, wie sie uns etwa bei Alopecurus auffiel, an die Seitenwand des Embryosackes gerückt (Fig. 26, Taf. III). Bei Sesleria und Allium verliert auch die eine Synergide ihre apicale Befestigung, so dass hier nur eine Gehülfin die Mitte des Scheitels einnimmt. Die andere Synergide und das Ei finden unterhalb des Embryosackscheitels an je einer Seitenwand ihren Platz [10]).

---

[1]) Vergl. Strasburger: Befr. u. Zellth. p. 38.
[2]) ibid. Taf. VI, Fig. 33.
[3]) ibid. Taf. II, Fig. 85.
[4]) ibid. Taf. III, Fig. 99.
[5]) ibid. Taf. V, Fig. 1.
[6]) ibid. Taf. V, Fig. 13.
[7]) ibid. Taf. V, Fig. 23.
[8]) ibid. Taf. VI, Fig. 25.
[9]) Vergl. Strasburger: Angiospermen u. Gymnospermen p. 19.
[10]) Für Sesleria vergl. Fig. 51. Für Allium fistulosum: Strasburger l. c. Taf. VI, Fig. 83—85.

Die Gegenfüsslerinnen werden stets in Dreizahl angelegt. Vorübergehend ist ihre Existenz bei Alisma, Triglochin, Orchis und bei der Mehrzahl der untersuchten Monocotylen. Dagegen zeichnen sich die Gegenfüsslerinnen der Gramineen durch ihr bedeutendes Theilungsvermögen und ihre verhältnissmässig spät eintretende Resorption aus. Eine ähnliche Vermehrung der Antipoden beschreibt Strasburger für Ornithogalum [1]) als Ausnahmefall.

Die Vereinigung der beiden Polkerne wird in doppelter Weise erreicht. Einmal bewegen sich beide Kerne gegen einander und ihre Verschmelzung findet in der Mitte des Embryosackes statt, das andere Mal dagegen nimmt der obere Polkern an der Bewegung nicht Theil und der untere muss den ganzen Embryosack durchwandern, um seine Vereinigung mit dem oberen Polkern zu ermöglichen. Das erstere Verhalten zeigen: Luzula, Alisma, Carex, Triglochin, ferner Orchis. Ornithogalum und Nothoscordum [2]). Die zweite Art der Annäherung der betreffenden Kerne wurde mit Sicherheit festgestellt für Elodea und die untersuchten Gramineen. Nach den Zeichnungen Strasburger's würde Allium fistulosum sich den genannten Pflanzen anschliessen. Die Verschmelzung der beiden Polkerne findet in den meisten Fällen vor der Befruchtung statt. Bei Alisma und Allium fistulosum [3]) dagegen tritt dieser Vorgang erst während des Anlegens der Pollenschläuche oder gar erst nach vollzogener Befruchtung ein.

Die Bildung von Tapetenzellen wurde nur bei Triglochin und Luzula beobachtet. Nach Strasburger findet sich dieselbe bei Tritonia [4]), Anthericum, Tradescantia, ausnahmsweise auch bei Hemerocallis. Die Mutterzelle geht aus der subepidermoidalen Schicht hervor bei Eloda, Alisma, Triglochin, den Gramineen und Luzula, während ihr Ursprung bei Carex in einer tiefer gelegenen Schicht des Nucellus zu suchen ist. Mit der Bildung von primären Tochterzellen erschöpft sich bei Alisma und Allium fistulosum [5]) die Thätigkeit der Mutterzelle. Durch nochmalige Theilung der unteren dieser Tochterzellen werden drei Zellen gebildet bei Orchis, Gymnodenia [6]) und Anthericum. Vier secundäre Tochterzellen endlich gehen bei den Gramineen, bei Elodea,

---

[1]) Befruchtung und Zelltheilung. Taf. V, Fig. 7.

[2]) Die letzten drei nach den Strasburger'schen Zeichnungen in „Befruchtung und Zelltheilung" beurtheilt.

[3]) Strasburger: Angiospermen u. Gymnospermen p. 21.

[4]) l. c. [5]) l. c. p. 19. [6]) l. c. p. 24.

Triglochin, Carex, Luzula und nach Strasburger[1]) bei Tritonia, Sisyrinchium und Hemerocallis aus der Mutterzelle hervor.

Die Wände, welche die einzelnen Tochterzellen trennen, zeichnen sich durch ihre starke Quellung aus, besonders ist die zuerst entstehende Wand stärker gequollen als die späteren, so dass man sich leicht über die Entstehungsfolge der einzelnen Zellen orientiren kann. In allen Fällen zeigt die unterste Tochterzelle frühzeitig bedeutende Grössenzunahme. Sie entwickelt sich stets und ausschliesslich zum Embryosack. Zwei Keimsäcke in einem Eichen wurden ein einziges Mal und zwar bei Triglochin beobachtet.

II. Dialypetale Dicotylen.

Bei Chenopodium foetidum wird bald eine Tapetenzelle abgegeben, welche sich fast regelmässig in zwei nebeneinander liegende Hälften spaltet (Fig. 1, Taf. III). Sie betheiligen sich durch pericline Vermehrung an dem Aufbaue des Nucellus und drängen die auch hier der subepidermoidalen Schicht entstammende Mutterzelle tiefer in das Gewebe des jugendlichen Eichens zurück. Die Abkömmlinge der beiden fraglichen Zellen ordnen sich in Längsreihen, welche oft ziemlich genau in die Verlängerung der Mutterzelle zu liegen kommen, die Klarlegung ihres Verhaltens erschwerend. In Fig. 4, Taf. IV wurde die Tapetenzelle nicht in zwei nebeneinander liegende Zellen getheilt, so dass nur eine Längsreihe ihren Abkömmlingen entspricht. Fig. 5, Taf. IV eignet sich sehr gut dazu, das Verhalten der Tapetenzellen zu demonstriren und deren Nachkommen von den Tochterzellen der Embryosackmutterzelle zu unterscheiden. Am Scheitel des Ovulums erleidet die Epidermis frühzeitig eine pericline Verdopplung ihrer Elemente. Die Mutterzelle theilt sich hier nur einmal (Fig. 2, Taf. III), ausnahmsweise kann ihre untere Hälfte noch eine Theilung erfahren (Fig. 3, Taf. III). Fig. 4 und 5 (Taf. IV) zeigen die Verdrängung der einzigen Schwesterzelle der sich jetzt weiter entwickelnden Embryosackzelle. In Fig. 4 ist ihr Kern in Theilung begriffen; er liefert die primären Tochterkerne (Fig. 5). Schliesslich geht der Eiapparat und die Gegenfüsslergruppe aus dem oberen resp. unteren Kerne hervor. Fig. 6 stellt einen befruchtungsfähigen Keimsack dar nach vollendeter Verschmelzung der beiden

---

[1]) Strasburger: Angiospermen u. Gymnospermen p. 17, 18.

Polkerne zum Centralkern. Die Gegenfüsslerinnen werden von den Zellen des Eiapparates mehrfach an Grösse übertroffen.

Gomphrena decumbens bietet der Untersuchung durch den sehr langen, gekrümmten Funiculus einige Schwierigkeiten dar, welche besonders bei der Aufsuchung älterer Stadien sich steigern. Fig. 7, Taf. IV zeigt uns die subepidermoidale Abstammung der Mutterzelle. In unserem Falle scheinen abnormer Weise zwei solche Ausgangspunkte der Embryosackentwicklung angelegt zu werden.

Eine Tapetenzelle wird abgegeben, welche, wie bei Chenopodium, sich der Länge nach spaltet, damit aber ihre weitere Entwicklungsfähigkeit beschliesst (Fig. 8). In derselben Figur, welche beide Integumente zur Anschauung bringt, hat sich die Epidermis am Scheitel des Ovulums bereits verdoppelt. Die untere primäre Tochterzelle erleidet eine nochmalige Theilung, so dass in Fig. 9, Taf. IV zwei desorganisirte Schwesterzellen über der heranwachsenden Embryosackzelle liegen. Die primären Theilhälften des Embryosackkernes verdoppeln sich und bringen durch nochmalige Theilung je vier Kerne in den Enden des Keimsackes hervor (Fig. 10). Die Gegenfüsslerinnen lassen ihre Scheidewände deutlich erkennen, dagegen war es unmöglich, zwischen den dicht beisammen liegenden Kernen im Scheitel eine trennende Wand aufzufinden. Die Polkerne haben ihre Wanderung noch nicht angetreten. In Fig. 11 nehmen die beiden Synergiden den oberen Pol des Embryosackes ein, während das Ei etwas tiefer inserirt ist und mit ihnen in Zusammenhang steht. Die Verschmelzung der beiden Polkerne tritt erst später ein. Aus ihrer Lage folgt, dass hier, wie bei mehreren Monocotylen der untere Polkern allein beweglich ist und somit durch den ganzen Embryosack schwimmen muss, um seine Vereinigung mit dem oberen zu bewerkstelligen.

Fig. 12, Taf. IV stellt ein Präparat dar, dessen Tauglichkeit durch den Schnitt leider herabgesetzt worden ist, dessen Besprechung ich aber umsomehr nicht versäumen möchte, als es zur Lösung principieller Fragen beitragen kann. Die beiden Synergiden nehmen ihren gewöhnlichen Platz ein, die beiden Polkerne in beginnender Verschmelzung lassen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig. Neben ihnen liegen, durch das Messer aus ihrem Zusammenhang mit den Gehülfinnen gerissen, zwei Zellen, deren Deutung als unbefruchtete Eier zweifellos sicher steht. Sie besitzen den so oft für diese Gebilde beschriebenen Bau: im vorderen Theile eine Vacuole, an die sich nach hinten das Proto-

plasma mit dem Eikern anschliesst. Das Wichtige des Bildes finde ich nun darin, dass trotz dem Vorhandensein zweier Eizellen eine Verschmelzung der Polkerne stattfindet. Es muss also hier eine nochmalige Theilung des Eikernes, also des Schwesterkernes vom oberen Polkerne vorliegen, wie Strasburger für die normal zweieiigen Embryosäcke von Santalum album bereits früher angenommen hat [1]). Die Schwierigkeit der Präparation und die jedenfalls nur zufällige Vermehrung der Zellen des Eiapparates verhinderten mich, an Gomphrena eingehendere Untersuchungen über die angeregte Frage vorzunehmen.

Allionia nyctaginea schliesst sich insofern an Gomphrena an, als auch hier die Mutterzelle nur in drei Zellen zerfällt. Eine Tapetenzelle wird gleichfalls abgegeben. Sie spaltet sich in zwei nebeneinanderliegende Zellen, welche sich wieder quer theilen können (Fig. 13. 14, Taf. IV). Die Theilungsfolge der Tapetenzelle ist wohl hier dieselbe wie bei Chenopodium. Die einfache Zelle zerfällt erst in zwei nebeneinanderliegende Hälften, welche dann durch eine pericline Wand sich verdoppeln, so dass vier Tapetenzellen entstehen (Fig. 13, 15).

In Fig. 14 waren die primären Tochterzellen vorhanden, deren obere ausnahmsweise der Länge nach sich halbirt hat. Die bedeutend gequollenen Wände, sowie spätere Stadien sprechen für die Abnormität dieses Theilungsschrittes. Ebenso abweichend finden wir drei nebeneinanderliegende Tapetenzellen, in deren zweien die gewöhnlichen Etagentheilungen stattgefunden haben.

Die untere Tochterzelle halbirt sich, so dass in Fig. 15, Taf. IV drei Zellen über einander liegen, von denen die unterste zum Embryosack auswächst und die anderen verdrängt. Durch wiederholte Zweitheilung erzeugt der Embryosackkern in gewohnter Weise die Zellgruppen in den Enden des Keimsackes.

In Fig. 16, Taf. IV haben Eiapparat und Gegenfüsslerinnen bereits Scheidewände gebildet, während die ihnen zugehörigen Polkerne von Plasma umgeben noch an ihren Entstehungsorten verweilen. Erst später wandert der untere Polkern nach dem Mikropylende, um dort mit dem oberen zum Centralkern des Embryosackes zu verschmelzen (Fig. 17).

Fig. 19 zeigt die Anordnung der Zellen im Eiapparat, die beiden Synergiden im Scheitel des Keimsackes, das Ei etwas tiefer inserirt. Die eine Gegenfüsslerin wird von den beiden andern ver-

---

[1]) Vergl. Befrucht. u. Zellth. p. 48 u. Ang. u. Gymn. p. 25.

deckt. Mit Zuhülfenahme der Fig. 18, welche einen Schnitt darstellt, dessen Ebene senkrecht zu der des vorigen steht, kann man sich leicht über das Vorhandensein von drei Antipoden Aufklärung verschaffen.

Bei Sabulina longifolia entstammt die Mutterzelle der subepidermoidalen Schicht, welche hier zum ersten Male besonders scharf hervortritt (Fig. 20, Taf. IV). Der jugendliche Nucellus besteht im Ganzen aus sechs Zellschichten, von denen zwei auf die Epidermis kommen, zwei als subepidermoidale Schicht für uns besondere Wichtigkeit erlangen, während die innersten der beiden Reihen gleichsam in gemeinsamer Initiale endigen und dem Aufbaue des Ovularhöckers dienen. In unserer Figur haben die beiden mittleren Zellen der oft genannten Schicht je eine Tapetenzelle abgegeben. Anschliessend an das Verhalten derselben bei den bisher besprochenen Centrospermen, theilt sich die Tapetenzelle bei unserer Caryophyllee durch eine anticline Wand in zwei Hälften (Fig. 22), in denen zuweilen eine Etagentheilung zur Beobachtung kommt (Fig. 21). Gewöhnlich wird nur eine Mutterzelle gebildet, welche, bedeutend verlängert, sich zur Hervorbringung der primären Tochterzellen anschickt. In Fig. 21 wurde eine Theilung ihres Kernes fixirt. Die zellenbildende Thätigkeit beschränkt sich auf diese erste Theilung. Die untere primäre Tochterzelle wird zur Embryosackzelle und verdrängt die obere, welche bald der Auflösung anheimfällt.

In Fig. 23 liegt die Bildung der primären Tochterkerne vor, welche in Fig. 22 noch ohne trennende Vacuole die Pole des Embryosackes einnehmen. In der oberen verschleimenden Zelle tritt der Kern noch deutlich hervor. In Fig. 24 sind die Gegenfüsslerinnen bereits in Auflösung begriffen. Die Synergiden nehmen den Scheitel des Keimsackes ein, dagegen schwankt die Insertion des Eies zwischen gleichfalls apicaler wie in Fig. 24 und lateraler wie in Fig. 25. In ersterer Figur wird das Ei von den Synergiden bedeckt, ebenso der obere Polkern, welcher unter der rechten Gehülfin liegt. Der Bau dieser Gebilde gehört dem verbreiteten Typus an: eine Vacuole im hinteren, den Kern im vorderen Theile. In derselben Figur war der untere Polkern auf seinem Wege in den Mikropyltheil des Keimsackes begriffen, woselbst er sich mit dem unbeweglichen oberen Polkern vereinigt (Fig. 25, Taf. IV).

Wenn wir die von Strasburger untersuchte Polygonee, Polygonum divaricatum[1]), zum Vergleich heranziehen, so stellt

[1]) Angiospermen und Gymnospermen p. 5.

sich für die Centrospermen überhaupt eine weitgehende Uebereinstimmung in der Bildung von Tapetenzellen heraus. Besonders Allionia, Polygonum, Sabulina und Gomphrena gewähren durch eine constant auftretende Längswand und eine oft folgende Etagenwand viel gemeinschaftliche Berührungspunkte. Bei Chenopodium gestaltet sich die Theilungsfähigkeit der Tapetenzelle viel ausgiebiger, wie oben beschrieben wurde. Dagegen bestehen zwischen den einzelnen Repräsentanten der untersuchten Centrospermen grosse Differenzen in Bezug auf das Verhalten der Mutterzelle. Nur bei Polygonum zerfällt sie in vier Zellen. Bei Allionia und Gomphrena unterbleibt die Theilung der oberen der primären Tochterzellen, auf deren Bildung sich die Thätigkeit der Mutterzelle bei Sabulina und Chenopodium beschränkt.

Die constante Erscheinung der Tapetenzellen und die wechselnde Theilungsfähigkeit der Mutterzelle in der nicht zu grossen Classe der Centrospermen beweist uns, dass die Vorgänge der Embryosackentwicklung nur mit äusserster Vorsicht systematische Verwerthung finden können. Strasburger liefert für die Liliaceen [1]) gleichfalls den Beweis, wie mannigfaltig sich die fraglichen Verhältnisse selbst in einer Familie gestalten können.

Von Delphinium wurden D. tridactylon und D. villosum untersucht. Die erstere Species lieferte Figur 26 und 27, Taf. IV, die übrigen Zeichnungen sind Präparaten von D. villosum entnommen. Eine Tapetenzelle wird nicht gebildet, dagegen treten frühzeitig in der Epidermis pericline Theilungen ein (Fig. 26a, Taf. IV), welche den Nucellus an seiner Spitze aufbauen. Die Zellen ordnen sich dort in Längsreihen an, welche nach dem Embryosack convergiren (Fig. 26—28). Die Mutterzelle, auch hier der subepidermoidalen Schicht entstammend, zerfällt zunächst in zwei Zellen, deren obere in Fig. 26b eine weitere Theilung erfährt. Zuweilen werden zwei Mutterzellen angelegt (Fig. 26a), welche sich bis zur Verdrängung der übrigen Tochterzellen durch die untere gleichmässig entwickeln können (Fig. 28). Die untere der beiden primären Tochterzellen theilt sich ebenfalls noch einmal (Fig. 27). In dieser Figur liegt die Ausbildung der Scheidewand vor, welche die obere primäre Tochterzelle halbirt. Die unterste, secundäre entwickelt sich zum Embryosack und verdrängt ihre drei Schwesterzellen (Fig. 28). Ihr Kern bringt die primären Tochterkerne hervor, welche die Enden des Embryosackes einnehmen und

[1]) Angiospermen und Gymnospermen p. 19.

hier sich verdoppeln. Durch nochmalige Theilung liefern sie die Kerne, um welche sich im oberen Ende der Eiapparat, im unteren die Gegenfüsslergruppe sondert. In Fig. 29 verschmelzen die beiden Polkerne, die Gegenfüsslerinnen sind ausnahmsweise nur in Zweizahl vorhanden. Der Eiapparat bietet keine Besonderheiten dar, ausgenommen seiner dürftigen Entwicklung im Vergleich mit den sehr grossen Gegenfüsslerinnen, welche für gewöhnlich in Dreizahl vorhanden sind. Einige Figuren über das fertige Stadium bei Delphinium villosum bitte ich bei Strasburger[1]) nachzusehen.

Bei Myosurus minimus, welche Pflanze von Strasburger studirt wurde[2]), zerfällt die Mutterzelle nur in drei Zellen, so dass wir auch hier, in der Familie der Ranunculaceen, Verschiedenheiten in dem Verhalten dieser Zelle vorfinden.

Helianthemum Rhodax erzeugt die Embryosackmutterzellen ebenfalls in der subepidermoidalen Schicht des Ovularhöckers (Fig. 30, Taf. IV). Oft werden zwei, selbst drei Mutterzellen angelegt, welche sich bis zum Verdrängungsstadium gleichmässig neben einander entwickeln können. Zunächst wird eine Tapetenzelle gebildet, welche sich nochmals quertheilt und meistens darauf einer Längsspaltung unterliegt. In Fig. 31 hat sich die Mutterzelle in gewohnter Weise in drei Zellen zerlegt, von denen die obere wiederum eine Theilung einleitet. Fig. 32 zeigt drei derartig veränderte Mutterzellen neben einander. Die mittlere ist in sechs Zellen zerfallen, diejenige links neben ihr hat vier Tochterzellen gebildet und endlich beginnt die rechts gelegene, nachdem sie drei Zellen abgegeben, sich aufzulösen. Alle diese Tochterzellen der verschiedenen Mutterzellen erleiden das gleiche Schicksal und nur die unterste der mittleren Mutterzelle bleibt lebendig und wird zum Embryosack. Ihr Kern theilt sich und bringt in gewohnter Weise den Eiapparat und die Gegenfüsslerinnen hervor. Dieselben sind spärlich entwickelt und bieten sich nur kurze Zeit in dem engen Chalazaende des Keimsackes dar (Fig. 33).

Dieselbe Figur belehrt uns über die Verschmelzung der Polkerne. Der obere ist hier bewegungslos, so dass der untere den ganzen Embryosack durchwandern muss. Im oberen Theile sind nur die beiden Synergiden sichtbar, da das Ei durch den Schnitt entfernt wurde. Fig. 34 zeigt bei stärkerer Vergrösserung einen vollständigen Eiapparat. Die Synergiden nehmen den Scheitel des

---

[1]) Befruchtung u. Zelltheilung p. 39 u.
[2]) Angiosp. u. Gymnosp. p. 12 etc.

Keimsackes ein, das Ei ist etwas tiefer inserirt und an ihnen befestigt.

Helianthemum lieferte uns zum ersten Male dafür ein Beispiel, dass regelmässig mehrere Mutterzellen angelegt werden und sich eine Zeit lang gleichmässig entwickeln. Aehnliches giebt Strasburger für Rosa an[1]), nur dass dort die gleichmässige Förderung sich auch auf die Embryosackzellen erstreckt. Den Rosaceen wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Bei ihrer Besprechung werden wir uns an Helianthemum erinnern.

Der jugendliche Nucellus von Ribes aureum lässt desgleichen eine besondere, unter der Epidermis gelegene Schicht erkennen, welche die Initialen der Embryosackentwicklung, zuweilen in Mehrzahl liefert (Fig. 35, Taf. IV). Es werden zwei Tapetenzellen gebildet (Fig. 36), welche im weiteren Verlauf der Entfaltung durch eine anticline Wand sich spalten können (Fig. 38). Jede dieser vier Zellen wird zuweilen durch eine pericline Wand verdoppelt, so dass im besten Falle zwei Reihen von je vier übereinanderliegenden Gliedern den Embryosack bedecken (Fig. 39, Taf. IV). Zuweilen unterbleibt einer oder der andere Theilungsschritt, so dass es unmöglich ist, Regeln aufzustellen, welche die mannigfachen Variationen umfassen.

Die Mutterzelle erzeugt zunächst die primären Tochterzellen (Fig. 37, Taf. IV), welche durch eine stark quellende Wand von einander getrennt sind. Fig. 38 zeigt dies in auffälliger Weise. In derselben Figur beginnt die untere Zelle sich zu theilen. Ihr folgt die andere primäre Tochterzelle bald nach, so dass in Fig. 39, Taf. IV vier übereinanderliegende Zellen die Abkömmlinge der Mutterzelle repräsentiren. Die unterste derselben verdrängt die anderen und wird zum Embryosack (Fig. 39). Die Entstehung der Gegenfüsslerinnen und des Eiapparates ist bekannt, so dass es genügt, die fertigen Stadien zu erklären. In Fig. 40, Taf. V sind die drei Gegenfüsslerinnen deutlich zu sehen, das Ei liegt links im Scheitel. Rechts dagegen befindet sich die eine Synergide, welche die andere deckt und nur ihren Kern durchscheinen lässt. Der Eiapparat in Fig. 41, Taf. V führt uns die natürliche Lagerung vor, indem der Schnitt durch die Symmetriebene geführt wurde. Derjenige, dem Fig. 40 entnommen ist, steht auf derselben senkrecht.

Hippuris vulgaris schliesst sich ganz und gar den gamopetalen Eichen an[2]), sowohl in der mächtigen Entwicklung des

[1]) Angiospermen und Gymnospermen p. 15.
[2]) Vergl. Warming: De l'ovule p. 236.

einzigen Integumentes, als auch in der Anlage der Mutterzelle. Dieselbe entsteht auch hier direct unter der Epidermis; sie bildet aber allein die subepidermoidale Schicht und daher mit der sie überziehenden Oberhaut den Nucellus. Fig. 42, Taf. V stellt das jugendliche Eichen und die Mutterzelle dar, deren Theilung fixirt wurde. Aus ihr gehen die beiden primären Tochterzellen hervor, welche durch eine stark gequollene Scheidewand getrennt sind. Die untere dieser Zellen sowohl, als auch die obere theilen sich, so dass im Ganzen vier secundäre Tochterzellen entstehen (Fig. 44). Unter gleichzeitiger Theilung des Embryosackkernes führt uns Fig. 43 die Verdrängung der übrigen drei Tochterzellen vor. Zuweilen tritt diese Erscheinung verhältnissmässig spät ein, wie aus Fig. 45 ersichtlich. Der untere primäre Tochterkern beginnt bereits sich zu verdoppeln, und trotzdem liegen die Schwesterzellen des Keimsackes noch unversehrt über demselben. Die Epidermis, welche den jugendlichen Nucellus überzieht, besteht aus wenigen, grossen Zellen, von denen uns besonders diejenige interessirt, welche direct über der Mutterzelle des Embryosackes liegt. Die Figuren 42 und 45, Taf. V veranschaulichen diese Verhältnisse. Die fragliche Zelle theilt sich nun stets durch eine Längswand in zwei nebeneinanderliegende Hälften (Fig. 45). Das Auftreten dieser Wand erfolgt nicht immer auf demselben Entwicklungsstadium, jedenfalls aber noch vor beendeter Verdrängung der Schwesterzellen des Keimsackes. Die beiden Epidermiszellen, welche nunmehr den Scheitel des Nucellus einnehmen, erfahren gleichmässig zwei bis drei Quertheilungen (Fig. 43). In einer der beiden so entstehenden Reihen unterbleibt schliesslich eine solche Wandbildung, so dass wiederum eine einzige Zelle in die Spitze des Nucellus zu liegen kommt (Fig. 43, Taf. V). Auf einem älteren Stadium tritt nun stets noch eine Längswand in einer der beiden Epidermiszellreihen ein. Sie beginnt erst in der dritten Schicht, vom Scheitel des Nucellus aus gerechnet, so dass derselbe schliesslich folgenden Bau zeigt. Eine Zelle im Scheitel, hierauf folgt rechts und links je eine Epidermiszelle; endlich kommen zwei Schichten mit je drei Zellen, zwei Epidermiszellen und einer inneren. Zuweilen treten in ersteren noch Querwände auf, so dass àuf eine der inneren Zellen, welche nie in Vermehrung angetroffen wurden, zwei Epidermiszellen zu rechnen sind. Hiermit ist die Entwicklungsfähigkeit des Nucellus beschlossen; die Figuren 46 und 47 werden in dieser Beziehung ohne weitere Erklärung verständlich sein.

Fig. 47 führt uns einen befruchtungsfähigen Eiapparat mit

seinen Gegenfüsslerinnen und dem Centralkern vor. Die beiden Synergiden sind hier neben einander an dem breiten Scheitel des Embryosackes, den die unterste dreizellige Schicht des Nucellus begrenzt, inserirt. Sie führen ihre Kerne im Mikropyltheil, die Vacuolen am entgegengesetzten Ende. Das Ei finden wir rechts an der Seitenwand des Embryosackes um Vieles tiefer als die Gehülfinnen befestigt. Es enthält in demjenigen Theile, welchen es dem Innenraum des Keimsackes zukehrt, den Eikern, seiner Anheftungsstelle nahe die Vacuole. Die Gegenfüsslerinnen zeichnen sich durch ihre Kleinheit aus und entziehen sich bald der Beobachtung, da sie frühzeitig zu Grunde gehen. Unmittelbar neben dem Ei liegt der Centralkern, dessen Bildung in Fig. 48 dargestellt ist. Der untere Polkern muss hier den ganzen Embryosack durchschwimmen, um seine Vereinigung mit dem bewegungslosen oberen zu erreichen.

In Fig. 47 musste uns noch der Kranz von eigenthümlich gestalteten Zellen auffallen, welcher den Embryosack umgiebt. Die einzelnen Zellen sind senkrecht zum Längsdurchmesser desselben gestreckt. Die Entstehung dieses Kranzes aus dem inneren Rande des Integumentes erwähnt bereits Strasburger bei Besprechung von Senecio vulgaris [1]). Trotzdem mag es, unter Hinweisung auf Fig. 46 u. 47, Taf. V erlaubt sein, diesem Vorgange einige Worte zu widmen. Der kleine Nucellus, epidermoidalen Ursprunges, gewinnt bei der Streckung des Embryosackes einige functionelle Bedeutung, indem er, abgesehen von seiner schützenden Deckung des nackten Embryosackscheitels, gleichsam auch andererseits die Dienste einer Wurzelhaube verrichtet und das Eindringen des Embryosackes in die Mikropyle durch Erweiterung derselben erleichtert. Die innere Epidermis des Integumentes lässt schon in Fig. 46 eine Streckung ihrer Zellen senkrecht zur Mikropyle erkennen und ihre spätere Verwendung errathen. Zugleich klärt uns Fig. 46 über die oben besprochene Leistung des Nucellus, als Erweiterer der Mikropyle auf. Ungefähr bis dahin, wo in Fig. 46 die Integumentränder wieder enger zusammenschliessen, verlängert sich der Embryosack, so dass in Fig. 47 die eigenthümlich gestalteten Zellen des inneren Integumentrandes zu jenem Kranz geworden sind, welcher den fertigen Embryosack umsäumt.

Bei Pterocephalus palestinus und Scabiosa atropurpurea, deren Embryosack gleichfalls von einem Zellkranz umgeben wird [2]), konnte

[1]) Angiospermen und Gymnospermen p. 11.

[2]) Vergl. Strasburger: Befr. u. Zellth. Taf. IX, Fig. 5.

ich die Abstammung desselben vom Integument desgleichen beobachten. Ueberhaupt scheint, soweit mir meine Kenntnisse der gamopetalen Ovula ein Urtheil erlauben, die Ausbildung eines solchen Zellkranzes aus dem Integument heraus bei den Gamopetalen häufig einzutreten. Hiermit steht denn auch eine Nucellusentwicklung, ähnlich der für Hippuris beschriebenen, in engstem Zusammenhang.

Die Rosaceen[1]), bei denen Strasburger so interessante Vorkommnisse uns kennen gelehrt hatte, schienen die Aufdeckung mannigfaltiger Eigenthümlichkeiten in der Embryosackentwicklung der einzelnen Arten zu versprechen. Besonderes Interesse gewährt bei dieser Familie die Anlage der Mutterzellen und deren weitere Ausbildung bis zur Verdrängung. Die Anlage des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen erfolgt in gewohnter Weise, so dass das Studium dieser Vorgänge vor demjenigen der jüngeren, viel mannigfaltigeren Stadien zurücktreten musste. Es konnte natürlich keine erschöpfende Berücksichtigung der verschiedensten Species beabsichtigt sein, vielmehr begnügte ich mich, folgende Rosaceen zu untersuchen: Cydonia japonica, Geum strictum, Sanguisorba pratensis, Rubus caesius und Agrimonia Eupatoria. — Für Rosa livida beschreibt uns Strasburger zwei interessante und bisher nirgend wieder beobachtete Vorkommnisse[2]): einmal das Auswachsen der obersten secundären Tochterzelle zum Embryosack, zweitens die Entwicklung mehrerer Schwesterzellen derselben Reihe zu Keimsäcken. Die untersuchten Rosaceen schliessen sich durchaus an Fragaria an, welche ebenfalls von Strasburger[3]) studirt wurde, so dass Rosa livida als Ausnahmefall gelten muss und jedenfalls ein sehr interessantes Object bleiben wird.

Für Cydonia japonica stellt Fig. 49, Taf. V den Ursprung der Embryosackmutterzelle aus der subepidermoidalen Schicht dar. Für unsere Pflanze sind zwei Tapetenzellen characteristisch, welche meistens durch eine Querwand in je zwei Zellen zerfallen. Für das Vorhandensein von drei übereinanderliegenden Tapetenzellen liefert uns Fig. 51 ein Beispiel. Die oberste derselben theilt sich zuweilen durch eine Längswand, welcher in der rechten der so entstandenen nebeneinanderliegenden Hälften eine Querwand folgen kann (Fig. 51). Fig. 50 zeigt uns die Mutterzelle in zwei Hälften

---

[1]) Im Sinne Eichlers: Blüthendiagramme II. p. 495.
[2]) Angiospermen u. Gymnospermen p. 15. 16.
[3]) ibid. p. 16.

zerfallen, deren untere sich nochmals theilt. Hierauf beschränkt sich die Entwicklungsfähigkeit der Mutterzelle, so dass nunmehr die unterste Tochterzelle zum Embryosack auswächst und ihre beiden Schwesterzellen verdrängt (Fig. 51). Fig. 52 stellt die secundären Tochterkerne dar und lässt ihre Abstammung erkennen, indem die Protoplasmafäden die stattgehabte Theilung bestätigen. In Fig. 53 finden wir im Mikropylende des Keimsackes dicht neben einander die beiden Synergiden, links unter ihnen das Ei. Im unteren Ende liegen die drei Gegenfüsslerinnen. Die beiden Polkerne haben sich in der Mitte des Embryosackes getroffen und stehen eben im Begriff, sich zu vereinigen. — Wenn auch bei Cydonia ursprünglich mehrere Zellen in der subepidermoidalen Schicht den Anschein haben, sich zu Mutterzellen auszubilden, so trifft man doch ziemlich selten Präparate, in denen eine gleichmässige Förderung mehrerer solcher Zellen bis zu älteren Stadien sich darböte. Die Zellen rechts und links neben der Mutterzelle theilen sich wohl wie dieselbe, bis zu einer functionellen Gleichwerthigkeit kommt es dagegen selten.

Fig. 51, Taf. V soll uns noch die ausgiebigen Theilungen darstellen, welche in der Epidermis am Scheitel des Eichens stattfinden und somit ein Verhalten einleiten, welches allen untersuchten Rosaceen zukommt. Absichtlich wurde die Grenze der Epidermis gegen das übrige Nucellusgewebe durch dickere Contouren hervorgehoben. In der That bietet die Erscheinung dieser Epidermiskappe viel Aehnlichkeit mit einer Wurzelhaube dar, wie bereits von Strasburger betont worden ist[1]).

Für Geum strictum stellt uns Fig. 54, Taf. V die Anlage mehrerer Embryosackmutterzellen dar, nachdem zuvor von den Zellen der subepidermoidalen Schicht Tapetenzellen abgegeben worden sind. Gewöhnlich kommen über jede Mutterzelle zwei derartige Gebilde zu liegen (Fig. 55). Diese selbst zerfällt, wie bei Cydonia, in drei Zellen, von denen die unterste die Bildung des Keimsackes besorgt und ihre beiden Schwesterzellen verdrängt (Fig. 55). Zugleich fürt uns diese Figur in die Eigenthümlichkeit aller untersuchten Rosaceen ein, welche darin zu suchen ist, dass mehrere, meist drei Zellen der subepidermoidalen Schicht sich als Mutterzellen differenziren und dementsprechende Theilungen erfahren. Erst wenn die Verdrängung der oberen Tochterzellen beginnt, fängt eine der Embryosackzellen an, die ihr gleichwerthigen

---

[1]) Angiosp. u. Gymnosp. p. 14.

Zellen zu überwuchern, so dass es schliesslich zur Ausbildung nur eines einzigen Keimsackes kommt.

In unserer Figur hat sich die Mutterzelle links in drei Zellen getheilt, von denen die beiden oberen bereits anfangen zu verschleimen. Die mittelste Embryosackzelle hat ihre Schwesterzellen bereits verdrängt und enthält schon die primären Tochterkerne. Die rechts gelegene Mutterzelle endlich hat bis jetzt nur primäre Tochterzellen gebildet. Die mittlere Zelle würde jedenfalls in diesem Concurrenzstreit den Sieg davongetragen haben und wäre zum Embryosack ausgewachsen, in dessen Inneren die folgenden Vorgänge sich in gewohnter Weise abspielen: Bildung der secundären Tochterkerne, Theilung derselben und Zellbildung um je drei dieser Theilungsproducte an den beiden Enden des Keimsackes nebst Verschmelzung der beiden, in die Mitte desselben gewanderten Polkerne (Fig. 56).

Cydonia und Geum stimmten also in der Bildung von nur drei Tochterzellen überein, von demselben Gesichtspunkte aus gehören Rubus, Sanguisorba und Agrimonia zusammen, indem bei ihnen vier Zellen aus der Mutterzelle hervorgehen. In Bezug auf den fertigen Embryosack schliesst sich Rubus an Geum an, dagegen finden sich in diesem Sinne zwischen Sanguisorba und Agrimonia die grössten Uebereinstimmungen.

Bei Rubus caesius geben die drei mittelsten Zellen der fertilen, subepidermoidalen Schicht Tapetenzellen ab und zwar meist je zwei (Fig. 57, 58, Taf. V). Die mittelste Mutterzelle gewinnt bereits nach der Bildung der primären Tochterzellen die Oberhand und verdrängt die anderen, welche selten bis zur Abgabe der secundären Tochterzellen kommen (Fig. 58). Die Epidermis hat sich bereits verdoppelt und vermehrt ihre Schichten noch (Fig. 59), wenn auch ihre Theilungen, ebenso wie bei Geum nicht die Ausgiebigkeit erreichen, wie sie uns bei Cydonia auffiel. In letztgenannter Figur war die mittlere Mutterzelle in vier Theile zerfallen, von denen der untere zum Embryosack wird und die übrigen verdrängt. Auch die hier ausnahmsweise einzige Tapetenzelle beginnt sich aufzulösen. Die beiden seitlichen Mutterzellen haben nur primäre Tochterzellen erzeugt, deren schmächtige Entwicklung auf ihre kurze Existenz hinweist. Die späteren Stadien schliessen sich durchaus an Geum an; ich hielt es daher für überflüssig Zeichnungen davon zu entwerfen.

Bei Sanguisorba officinalis werden die Tapetenzellen ziemlich spät abgegeben, so dass wir in Fig. 60, Taf. V die grossen

mittleren Zellen der subepidermoidalen Schicht für Ausgangspunkte der Embryosackentwicklung halten müssen. Meistens werden vier, wohl auch fünf Mutterzellen angelegt. Die Zahl der Tapetenzellen beschränkt sich auf eins, höchstens zwei. Die Bildung der primären Tochterzellen erfolgt in allen Mutterzellen gleichmässig (Fig. 61). Die links gelegenen beiden und die rechts aussen gelegene Mutterzelle haben nur eine Tapetenzelle abgegeben, während die noch übrig bleibende eine Theilung derselben aufzuweisen hat. Die äusserst links gelegene untere primäre Tochterzelle trägt bereits Spuren beginnender Auflösung an sich. In den meisten Fällen, mir sind wenigstens andere Vorkommnisse nicht begegnet, beginnt diejenige Tochterzellreihe, deren Tapetenzelle eine Verdoppelung erfahren hatte, kräftiger sich zu entwickeln. Nach erfolgter Bildung der secundären Tochterzellen wird die unterste derselben zum Keimsack und verdrängt durch ihr Wachsthum sowohl ihre verschleimenden Schwesterzellen, als auch alle Abkömmlinge der übrigen Mutterzellen. Fig. 62 zeigt in derselben bereits die beiden primären Tochterkerne. Die Reste der desorganisirten Schwesterzellen und der untersten Tapetenzelle der mittleren Embryosackzelle verrathen noch die ursprüngliche Anordnung dieser Gebilde. Die obere Tapetenzelle schwillt bedeutend an, geht jedoch später ebenfalls zu Grunde. Dieselbe Erscheinung zeigen die Tapetenzellen der übrigen Tochterzellreihen, welche nur primäre Nachkommen der Mutterzelle enthalten. Die unterste Tochterzelle wird meist zuerst desorganisirt und durch das Wachsthum des benachbarten Embryosackes verdrängt (Fig. 62). Die Epidermis betheiligt sich durch ausgiebige Theilungen an dem Aufbau des Nucellus, welcher derselben seine mächtige Entfaltung verdankt (Fig. 62). Fig. 63 führt uns die keulenförmige Gestalt des Embryosackes vor, in dessen beiden Enden die secundären Tochterkerne liegen. Das Chalazaende ist eng und schmal, das Mikropylende erweitert und angeschwollen. Die Gegenfüsslerinnen werden bald aufgelöst und bieten keine abweichenden Verhältnisse dar. Dagegen treffen wir auf eine eigenthümliche Ausbildung des oberen Embryosackendes. Dasselbe durchdringt den mehrschichtigen Nucellus und schiebt sich über den Scheitel desselben hervor. Hierbei ragt dasselbe mit verdickter Wand in die Mikropyle hinein (Fig. 64). Die beiden Synergiden sind im Scheitel des Keimsackes inserirt, von ihnen etwas verdeckt besitzt das Ei eine halbapicale Anheftung und entzieht sich zum Theil der Beobachtung, sein Kern ist gut sichtbar. Der Centralkern liegt dicht daneben und weist auf seinen

Ursprung aus den beiden Polkernen hin, indem die Kernkörperchen noch getrennt sind und eine feine Linie die noch unvereinigten Kernmassen kennzeichnet. Der obere Polkern zeigt die schon mehrfach beobachtete Unbeweglichkeit, so dass dem unteren die Durchwanderung des ganzen Embryosackes zukommt.

Agrimonia Eupatoria verhält sich in allen wesentlichen Beziehungen wie Sanguisorba, so dass ich es nicht für nöthig hielt, besondere Zeichnungen davon anzufertigen.

Wie schon oben bemerkt, soll die kleine Anzahl der untersuchten Rosaceen durchaus nicht genügen, um die Eigenthümlichkeiten dieser Familie zu erschöpfen, vielmehr glaube ich, dass es der Zukunft vorbehalten ist, ein vergleichendes Studium der Embryosackentwicklung der Rosaceen an einer viel reicheren Auswahl ins Werk zu setzen. Ich enthalte mich daher auch aller eingehender Vergleichungen und möchte nur einige wenige Gesichtspunkte hervorheben, deren Fixirung die geringe Anzahl von Beispielen gestattete. Die Anlage mehrerer Mutterzellen kommt allen Formen zu, ebenso die Abgabe einer Tapetenzelle, deren weitere Ausbildung mehrfachem Wechsel unterworfen ist. Die Mehrzahl der Mutterzellen unterliegt gleichmässig der ersten Theilung, während die späteren Theilungsschritte nur von der mittleren Mutterzelle vollzogen werden, welche bald die Oberhand über die anderen gewinnt. Drei Tochterzellen werden bei Cydonia und Geum, vier bei Sanguisorba, Rubus und Agrimonia gebildet. Immer, exclusive Rosa livida, ist es die unterste Tochterzelle der mittleren Reihe, welche zum Embryosack auswächst. Die Zellen in demselben entstehen in gewohnter Weise. Nur der fertige Zustand lässt zwei Typen unterscheiden. Einen Fall vertritt Rubus, Geum und Cydonia, einem anderen gehören Agrimonia und Sanguisorba an. Im ersten Falle bleibt der Embryosack in das Nucellusgewebe eingesenkt und durchbricht nicht die ihm aufsitzende Epidermiskappe, im letzteren dagegen dringt der wachsende Embryosack bis in die Mikropyle vor, den epidermoidalen Nucellus zersprengend. — Helianthemum Rhodax schliesst sich eng an die Rosaceen an, sowohl in der Anlage und gleichmässigen Theilung mehrerer Mutterzellen, als auch in der endlichen Förderung der untersten Tochterzelle der mittleren Mutterzelle zum Embryosack.

Fassen wir die für die einzelnen Dialypetalen gewonnenen Resultate zusammen und ziehen die von Strasburger gelieferten Entwicklungsgeschichten zum Vergleich heran, so muss uns, wie

bei den Monocotylen, die Art und Weise, wie die Zellen im Embryosack entstehen, als äusserst constant erscheinen. Die Insertion der beiden Synergiden im Scheitel desselben erleidet bei allen untersuchten Dialypetalen keine Ausnahme, so dass hier constantere Verhältnisse sich finden als bei den Monocotylen.

Bei anatropen Ovulis bieten sich auf Schnitten durch die Symmetrieebene die beiden Synergiden nebeneinander im Scheitel dar, jede eine Hälfte desselben einnehmend. Das Ei scheint an ihnen befestigt zu sein, ist aber in Wahrheit etwas tiefer an der Embryosackwand inserirt und wird zum Theil von den Gehülfinnen bedeckt. Macht man Schnitte senkrecht zur Symmetrieebene, so kann man sich leicht von der halbapicalen, halblateralen Anheftung des Eies überzeugen, wie ein Vergleich der Figuren 18 und 19, Taf. IV für Allionia, der Figuren 40 und 41, Taf. V für Ribes darthut. Desgleichen bitte ich die Figuren 1 und 2 auf Tafel IX in Strasburger: „Befruchtung und Zelltheilung" in demselben Sinne zu betrachten. Das einzige orthotrope Ovulum, welches zur Untersuchung kam, lieferte Helianthemum. Die Figur 34, Taf. IV ist so orientirt, dass sie dem Symmetrieebenenschnitt der gekrümmten Eichen entspricht. Nur eine Ausnahme von der besprochenen Insertion ist mir bekannt geworden und zwar bei Hippuris, dessen Ei durchaus seitliche Anheftung besitzt (Fig. 47, 48, Taf. V).

Dieselbe Regelmässigkeit, wie wir sie für die Insertionsverhältnisse im Eiapparat beobachten konnten, kehrt in der Zweizahl der Synergiden und dem Vorhandensein eines einzigen Eies wieder. Abgesehen von dem abnormen Vorkommniss zweier Eier bei Gomphrena, wurde bis jetzt nur bei einer einzigen Dialypetale regelmässige Doppeleiigkeit festgestellt: bei Santalum album [1]).

Eine Reduction der Synergiden auf die Einzahl gehört zu den hie und da beobachteten Abnormitäten, denen sich bei fortgesetzter Untersuchung vielleicht auch einmal eine Vermehrung dieser Gebilde anschliessen wird. Die Gegenfüsslerinnen treten stets in Dreizahl auf. Vermehrung ihrer Zahl oder ihrer Kerne wurde in keinem einzigen Falle beobachtet. Sehr kräftige Entwicklung erlangen sie bei Allionia und Delphinium [2]), dagegen werden sie auf kurze Dauer und dementsprechend schwächlich bei Chenopodium, Helianthemum und Hippuris angelegt, so dass ihr Nachweis oft langes Suchen erfordert.

Der Centralkern entsteht stets durch Verschmelzung der beiden

---

[1]) Vergl. Strasburger: Befruchtung und Zelltheilung p. 46. Angiospermen und Gymnospermen p. 25.

[2]) Vergl. Strasburger: Befruchtung und Zelltheilung p. 38.

Polkerne, von denen entweder beide beweglich sind und, sich aufsuchend, in der Mitte des Embryosackes verschmelzen, oder der obere ruhig liegen bleibt und den unteren Polkern erwartet. Das erstere Verhalten zeigen Delphinium und Myosurus, Ribes, Cydonia, Geum und Rubus, das letztere die untersuchten Centrospermen [1]), Helianthemum, Hippuris, Sanguisorba und Agrimonia.

Die Embryosackmutterzelle entstammt in allen Fällen der subepidermoidalen Schicht, welche bei den Dialypetalen ihre schärfste Ausbildung erlangt und durch Hippuris an das Verhalten der Gamopetalen angeknüpft wird. Tapetenzellen werden nicht allgemein abgegeben, doch finden sich oft constante Verhältnisse, selbst in grösseren Verwandtschaftskreisen, wie beispielsweise bei den Centrospermen. Einen beträchtlichen Antheil an dem Aufbaue des Nucellus erlangen die Tapetentheilungen bei Chenopodium.

Die Epidermis bleibt in einer grossen Anzahl von Fällen einfach, jedoch gehört eine pericline Verdoppelung ihrer Elemente nicht zu den Seltenheiten. Noch ausgiebiger gestalten sich ihre Theilungen bei Delphinium, den Rosaceen und Helianthemum, wo sie das Wachsthum des Nucellusscheitels befördern. Für Hippuris war ein eigenthümliches Verhalten der Epidermis zu verzeichnen, welches an die gleichen Vorkommnisse bei Gamopetalen erinnert.

Meistens wird nur eine einzige Mutterzelle angelegt, so bei den Centrospermen, Ranunculaceen und Ribes, wo hie und da eine Verdoppelung der Anlage auftritt. Regelmässig werden bei Helianthemum und den Rosaceen mehrere Mutterzellen angelegt, deren Entwicklungsfähigkeit anfangs gleich ist, bis eine derselben, meist die mittlere, die Oberhand gewinnt, so dass schliesslich doch nur ein Embryosack zur Ausbildung gelangt.

Nur primäre Tochterzellen gehen bei Chenopodium und Sabulina aus der Mutterzelle hervor. Durch Theilung der unteren dieser Tochterzellen entsteht eine Reihe von drei Zellen bei Allionia, Gomphrena, Cydonia, Geum und Myosurus, ausnahmsweise bei Chenopodium. Vier secundäre Tochterzellen endlich werden bei Delphinium, Ribes, Helianthemum (selbst bis sechs), Sanguisorba, Rubus, Polygonum und Hippuris erzeugt. Bei sämmtlichen Dialypetalen ist es die unterste Zelle der Tochterzellreihe, wie viel Glieder sie auch habe, und ausschliesslich die unterste, welche zum Embryosack auswächst, so dass Rosa livida bis jetzt die einzige Ausnahme repräsentirt.

---

[1]) Für Polygonum vergl. Strasburger: Angiospermen etc. p. 7.

Figurenerklärung.

I. Monocotylen.

Tafel II.

Fig. 1—4 Elodea canadensis $^{330}/_{1}$.

Fig. 1. Embryosackmutterzelle; ihr Kern in Theilung.

Fig. 2. Ausbildung der Embryosackzelle und Verdrängung der übrigen secundären Tochterzellen.

Fig. 3. Embryosack mit Eiapparat, Gegenfüsslerinnen und unverschmolzenen Polkernen.

Fig. 4. Bildung des Centralkernes.

Fig. 5—9 Alisma Plantago $^{330}/_{1}$.

Fig. 5[a]. Junges Ovulum mit Embryosackmutterzelle.

Fig. 5[b]. Dasselbe mit Bildung der primären Tochterzellen.

Fig. 6. Verdrängung der oberen Tochterzelle und Theilung des Embryosackkernes.

Fig. 7. Bildung der secundären Tochterkerne.

Fig. 8. Embryosack mit unverschmolzenen Polkernen, Eiapparat und Antipoden.

Fig. 9. Befruchteter Embryosack, die Bildung des Centralkernes zeigend. Die Synergiden desorganisirt.

Fig. 10—15 Triglochin palustre.

Fig. 10—12, Jugendliche Eichen, die Entwicklung der Integumente zeigend. Die Richtung des Pfeiles giebt den Verlauf der Placenta von oben nach unten an. $^{550}/_{1}$.

ai = äusseres Integument.

ii = inneres Integument.

Fig. 13. Verdrängung der Schwesterzellen des Embryosackes. $^{550}/_{1}$.

Fig. 14. Reifer Embryosack mit Eiapparat, Gegenfüsslerinnen und eben verschmelzenden Polkernen. $^{750}/_{1}$.

Fig. 15. Abnormes Vorkommniss zweier Keimsäcke in einem Eichen. $^{750}/_{1}$.

Fig. 16—19 Carex praecox.

Fig. 16. Ovulum mit Mutterzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 17. Verdrängung der secundären Tochterzellen durch die Embryosackzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 18. Embryosack mit unvereinigten Polkernen. $^{750}/_{1}$.

Fig. 19. Derselbe nach vollzogener Bildung des Centralkernes. $^{750}/_{1}$.

Fig. 20 und 21 Ehrharta panicea.

Fig. 20. Embryosackmutterzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 21. Verdrängungsstadium. $^{550}/_{1}$.

Tafel III.

Fig. 22—29 Ehrharta panicea.

Fig. 22. Primäre Tochterkerne. $^{550}/_{1}$.

Fig. 23. Secundäre Tochterkerne. $^{550}/_{1}$.

Fig. 24. Theilung der secundären Tochterkerne. $^{550}/_{1}$.

Fig. 25. Fertiger Embryosack mit unverschmolzenen Polkernen. Der Innenraum des Keimsackes von Plasmaplatten durchsetzt. $^{550}/_{1}$.

Fig. 26. Wanderung des unteren Polkernes in den Scheitel des Keimsackes. Beginnende Vermehrung der Gegenfüsslerinnen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 27. Vollendete Vereinigung der Polkerne zum Centralkern, in dem ihre Kernkörperchen noch nicht vereinigt. Weitere Vermehrung der Gegenfüsslerinnen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 28. Befruchteter Embryosack mit dem Ei und den beiden ersten Endospermkernen. Die Gegenfüsslerinnen noch unversehrt. $^{220}/_{1}$.

Fig. 29. Desorganisation derselben. Die Kerne des Endospermes in Theilung. $^{220}/_{1}$.

Fig. 30—36 Alopecurus pratensis.

Fig. 30. Embryosackmutterzelle. $^{330}/_{1}$.

Fig. 31. Primäre Tochterzellen mit Theilung der unteren. $^{330}/_{1}$.

Fig. 32. Verdrängung der übrigen Tochterzellen. $^{330}/_{1}$.

Fig. 33. Desgleichen mit Theilung des Embryosackkernes. $^{330}/_{1}$.

Fig. 34. Gegenfüsslerinnen mit erster Vermehrung ihrer Kerne. $^{330}/_{1}$.

Fig. 35. Ausgebildete Gegenfüsslerinnen mit bedeutender Vermehrung ihrer Kerne. $^{550}/_{1}$.

Fig. 36. Eiapparat mit Centralkern. $^{330}/_{1}$.

Fig. 37—40 Sesleria coerulea. $^{550}/_{1}$.

Fig. 37. Die vier secundären Tochterzellen.

Fig. 38. Verdrängung.

Fig. 39. Eiapparat mit den verschmelzenden Polkernen.

Fig. 40. Gegenfüsslerinnen mit verdoppelten Kernen.

Fig. 41—46 Melica nutans. $^{550}/_{1}$.

Fig. 41. Mutterzelle des Embryosackes.

Fig. 42. Primäre Tochterzellen.

Fig. 43. Dieselben mit verdoppelten Kernen.

Fig. 44. Verdrängung der oberen primären mit ihren beiden Kernen durch die untere, welche zum Embryosack wird. Ihre Kerne werden zu primären Tochterkernen.

Fig. 45. Secundäre Tochterkerne.

Fig. 46. Embryosack mit Eiapparat, Gegenfüsslerinnen und verschmelzenden Polkernen.

Fig. 47 und 48 Melica altissima. $^{550}/_{1}$.

Fig. 47. Zweikernige, primäre Tochterzellen.

Fig. 48. Verdrängung der oberen, wie in Fig. 44.

Fig- 49—52 Luzula pilosa.

Fig. 49. Junges Eichen mit Mutterzelle. $^{330}/_{1}$.

Fig. 50. Primäre Tochterzellen. $^{330}/_{1}$.

Fig. 51. Verdrängungsstadium. $^{330}/_{1}$.

Fig. 52. Befruchtungsfähiger Embryosack. $^{750}/_{1}$.

II. Dialypetale Dicotylen.

Tafel III.

Fig. 1—3 Chenopodium foetidum.

Fig. 1. Junges Eichen mit Mutterzelle, nachdem die Tapetenzelle sich gespalten. $^{550}/_{1}$.

Fig. 2. Primäre Tochterzellen, Verdoppelung der Epidermis. $^{550}/_{1}$.

Fig. 3. Abnorme Theilung der unteren primären Tochterzelle. Nur eine einfache Tapetenzelle. $^{550}/_{1}$.

Tafel IV.

Fig. 4—6 Chenopodium foetidum.

Fig. 4. Verdrängung der oberen, primären Tochterzelle durch ihre Schwesterzelle, welche zum Embryosack wird. Theilung des Embryosackkernes. Die übrigen Zellen, deren Inhalt gezeichnet wurde, sind Abkömmlinge der Tapetenzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 5. Dasselbe mit den primären Tochterkernen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 6. Befruchtungsfähiger Embryosack. $^{750}/_{1}$.

Fig. 7—12 Gomphrena decumbens.

Fig. 7. Ovularhöcker mit zwei Mutterzellanlagen. $^{330}/_{1}$.

Fig. 8. Das Ovulum mit der Mutterzelle und der gespaltenen Tapetenzelle. $^{330}/_{1}$.

Fig. 9. Verdrängung der Tochterzellen durch die Embryosackzelle. $^{330}/_{1}$.

Fig. 10. Vier Kerne im oberen Embryosackende, im unteren die Gegenfüsslerinnen mit dem unteren Polkern. $^{550}/_{1}$.

Fig. 11. Eiapparat mit den verschmelzenden Polkernen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 12. Abnormes Vorkommniss von 2 Eiern, welche leider durch den Schnitt aus ihrer natürlichen Lage gebracht sind. (Vergl. Text.) $^{550}/_{1}$.

Fig. 13—19 Allionia nyctaginea.

Fig. 13. Mutterzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 14. Abnorme Theilung der oberen primären Tochterzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 15. Verdrängung der beiden oberen dieser Zellen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 16. Eiapparat und Gegenfüsslerinnen mit unverschmolzenen Polkernen. $^{330}/_{1}$.

Fig. 17. Verschmelzung derselben unterhalb des Eies. $^{330}/_{1}$.

Fig. 18. Unteres Ende des Embryosackes, um 90° gegen Fig. 26 gedreht. $^{330}/_{1}$.

Fig. 19. Embryosack mit Centralkern. $^{330}/_{1}$.

Fig. 20—25 Sabulina longifolia. $^{330}/_{1}$.

Fig. 20. Ovularhöcker mit Tapetenzellen.

Fig. 21. Kerntheilung der Mutterzelle.

Fig. 22. Verdrängung der oberen, primären Tochterzelle. In der unteren liegen die primären Tochterkerne.

Fig. 23. Dasselbe, aber mit unvollendeter Theilung des Embryosackkernes.

Fig. 24. Embryosack mit den unverschmolzenen Polkernen. Die Gegenfüsslerinnen in Rückbildung. Eiapparat deutlich.

Fig. 25. Eiapparat mit anderer Anheftung des Eies. Bildung des Centralkernes.

Fig. 26[a] Delphinium villosum. $^{330}/_{1}$.

Fig. 26[a]. Junges Eichen mit zwei Mutterzellen.

Fig. 26[b] und 27 Delphinium tridactylon. $^{330}/_{1}$.

Fig. 26[b]. Primäre Tochterzellen mit Theilung der oberen.

Fig. 27. Dieselbe Theilung mit den secundären Tochterzellen der unteren primären.

Fig. 28 und 29 Delphinium villosum. $^{330}/_{1}$.

Fig. 28. Zwei Embryosackzellen neben einander, ihre Schwesterzellen verdrängend.

Fig. 29. Eiapparat mit, abnormer Weise, nur zwei Antipoden. Verschmelzung der Polkerne.

Fig. 30—34 Helianthemum Rhodax.

Fig. 30. Ein junges, orthotropes Ovulum mit den gesonderten Höckern der beiden Integumente und zwei Mutterzellen mit Tapetenbildung. $^{550}/_{1}$.

Fig. 31. Beginnende Theilung der oberen primären Tochterzelle und vollendete Theilung der unteren. $^{550}/_{1}$.

Fig. 32. Ein Ovulum mit drei auf verschiedenen Entwicklungsstufen stehenden Tochterzellreihen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 33. Embryosack mit den Gegenfüsslerinnen und den verschmelzenden Polkernen. Das Ei durch den Schnitt entfernt, die Synergiden vorhanden. $^{330}/_{1}$.

Fig. 34. Vollständiger Eiapparat. $^{550}/_{1}$.

Fig. 35—39 Ribes aureum. $^{550}/_{1}$.

Fig. 35. Ovularhöcker.

Fig. 36. Embryosackmutterzelle mit zwei Tapetenzellen.

Fig. 37. Theilung der Mutterzelle.

Fig. 38. Primäre Tochterzellen mit stark gequollener Scheidewand. In der unteren beginnende Theilung.

Fig. 39. Verdrängung von drei dieser Zellen durch die vierte, welche zum Embryosack wird.

Tafel V.

Fig. 40 und 41 Ribes aureum.

Fig. 40. Befruchtungsfähiger Eiapparat mit Gegenfüsslerinnen und Centralkern.

Fig. 41. Eiapparat in natürlicher Lage, gegen vorigen um 90° gedreht.

Fig. 42—48 Hippuris vulgaris.

Fig. 42. Junges Eichen mit Theilung der Mutterzelle. $^{550}/_{1}$.

Fig. 43. Früh erfolgte Verdrängung. Theilung des Embryosackkernes. $^{550}/_{1}$.

Fig. 44. Vier secundäre Tochterzellen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 45. Verdrängung spät eingetreten. In dem Embryosack die primären Tochterkerne, von denen der untere bereits wieder in Theilung. $^{550}/_{1}$.

Fig. 46. Der Nucellus mit einem Theil des Integumentes, die eigenthümliche Gestaltung der Zellen am inneren Integumentrand zeigend. Primäre Tochterkerne. $^{330}/_{1}$.

Fig. 47. Reifer Embryosack. $^{550}/_{1}$.

Fig. 48. Das Ei mit den verschmelzenden Polkernen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 49—53 Cydonia japonica. $^{550}/_{1}$.

Fig. 49. Ovularhöcker.

Fig. 50. Primäre Tochterzellen.

Fig. 51. Embryosack mit primären Tochterkernen und den Resten seiner verschleimten Schwesterzellen.

Fig. 52. Secundäre Tochterkerne.

Fig. 53. Embryosack mit Eiapparat, Gegenfüsslerinnen und in Verschmelzung begriffenen Polkernen.

Fig. 54—56 Geum strictum.

Fig. 54. Die subepidermoidale Schicht am jungen Eichen nach Abgabe von Tapetenzellen und Differenzirung mehrerer Mutterzellen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 55. Mehrere Embryosackzellen auf dem Stadium, in welchem eine derselben die Oberhand gewinnt und die anderen verdrängt. $^{550}/_{1}$.

Fig. 56. Embryosack mit Centralkern, Gegenfüsslerinnen und Eiapparat. $^{330}/_{1}$.

Fig. 57—59 Rubus caesius. $^{550}/_{1}$.

Fig. 57. Jugendlicher Nucellus mit der subepidermoidalen Schicht. Mehrere Zellen derselben haben Tapetenzellen abgegeben.

Fig. 58. Primäre Tochterzellen in mehreren dieser Mutterzellen.

Fig. 59. Förderung der untersten Tochterzelle der mittleren Mutterzelle zum Embryosack.

Fig. 60—64 Sanguisorba officinalis.

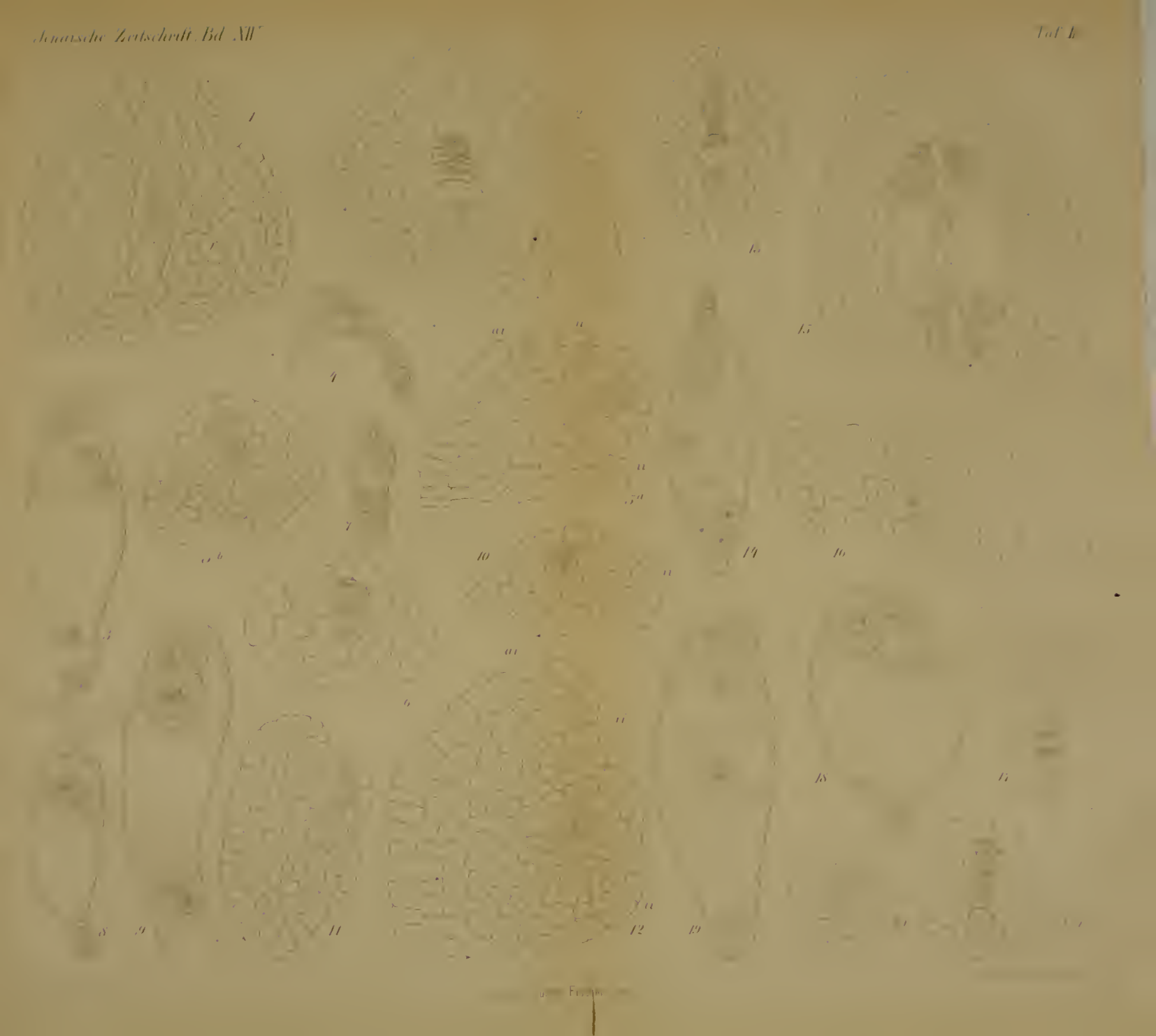
Fig. 60. Nucellus vor der Abgabe von Tapetenzellen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 61. Vier gleichmässig getheilte Mutterzellen. $^{550}/_{1}$.

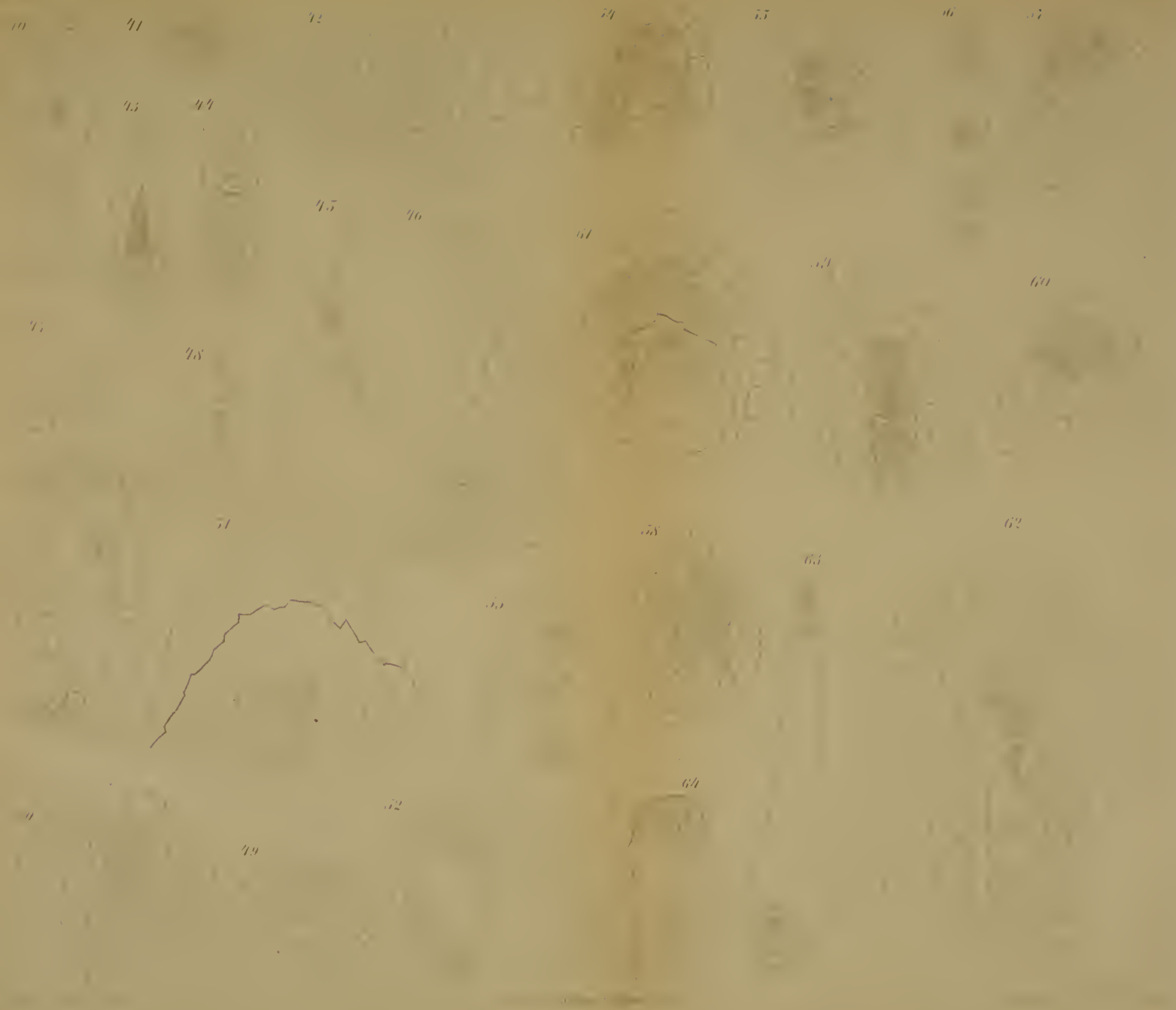
Fig. 62. Auswachsen der untersten Zelle der mittleren Tochterzellreihe. Primäre Tochterkerne. $^{550}/_{1}$.

Fig. 63. Embryosack mit den secundären Tochterkernen. $^{330}/_{1}$.

Fig. 64. Keulig angeschwollenes, oberes Ende des Keimsackes mit dem Eiapparat. Die umgebenden Zellen sind Nucelluszellen. $^{330}/_{1}$.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
a
a1
a2
a3
a4
a5
a6
a7
a8
a9
a10
a11
a12
a13
a14
a15
a16
a17
a18
a19
a20
a21
a22
a23
a24
a25
a26
a27
a28
a29
a30
a31
a32
a33
a34
a35
a36
a37
a38
a39
a40
a41
a42
a43
a44
a45
a46
a47
a48
a49
a50
a51
a52
a53
a54
a55
a56
a57
a58
a59
a60
a61
a62
a63
a64
a65
a66
a67
a68
a69
a70
a71
a72
a73
a74
a75
a76
a77
a78
a79
a80
a81
a82
a83
a84
a85
a86
a87
a88
a89
a90
a91
a92
a93
a94
a95
a96
a97
a98
a99
a100
a101
a102
a103
a104
a105
a106
a107
a108
a109
a110
a111
a112
a113
a114
a115
a116
a117
a118
a119
a120
a121
a122
a123
a124
a125
a126
a127
a128
a129
a130
a131
a132
a133
a134
a135
a136
a137
a138
a139
a140
a141
a142
a143
a144
a145
a146
a147
a148
a149
a150
a151
a152
a153
a154
a155
a156
a157
a158
a159
a160
a161
a162
a163
a164
a165
a166
a167
a168
a169
a170
a171
a172
a173
a174
a175
a176
a177
a178
a179
a180
a181
a182
a183
a184
a185
a186
a187
a188
a189
a190
a191
a192
a193
a194
a195
a196
a197
a198
a199
a200
a201
a202
a203
a204
a205
a206
a207
a208
a209
a210
a211
a212
a213
a214
a215
a216
a217
a218
a219
a220
a221
a222
a223
a224
a225
a226
a227
a228
a229
a230
a231
a232
a233
a234
a235
a236
a237
a238
a239
a240
a241
a242
a243
a244
a245
a246
a247
a248
a249
a250
a251
a252
a253
a254
a255
a256
a257
a258
a259
a260
a261
a262
a263
a264
a265
a266
a267
a268
a269
a270
a271
a272
a273
a274
a275
a276
a277
a278
a279
a280
a281
a282
a283
a284
a285
a286
a287
a288
a289
a290
a291
a292
a293
a294
a295
a296
a297
a298
a299
a300
a301
a302
a303
a304
a305
a306
a307
a308
a309
a310
a311
a312
a313
a314
a315
a316
a317
a318
a319
a320
a321
a322
a323
a324
a325
a326
a327
a328
a329
a330
a331
a332
a333
a334
a335
a336
a337
a338
a339
a340
a341
a342
a343
a344
a345
a346
a347
a348
a349
a350
a351
a352
a353
a354
a355
a356
a357
a358
a359
a360
a361
a362
a363
a364
a365
a366
a367
a368
a369
a370
a371
a372
a373
a374
a375
a376
a377
a378
a379
a380
a381
a382
a383
a384
a385
a386
a387
a388
a389
a390
a391
a392
a393
a394
a395
a396
a397
a398
a399
a400
a401
a402
a403
a404
a405
a406
a407
a408
a409
a410
a411
a412
a413
a414
a415
a416
a417
a418
a419
a420
a421
a422
a423
a424
a425
a426
a427
a428
a429
a430
a431
a432
a433
a434
a435
a436
a437
a438
a439
a440
a441
a442
a443
a444
a445
a446
a447
a448
a449
a450
a451
a452
a453
a454
a455
a456
a457
a458
a459
a460
a461
a462
a463
a464
a465
a466
a467
a468
a469
a470
a471
a472
a473
a474
a475
a476
a477
a478
a479
a480
a481
a482
a483
a484
a485
a486
a487
a488
a489
a490
a491
a492
a493
a494
a495
a496
a497
a498
a499
a500
a501
a502
a503
a504
a505
a506
a507
a508
a509
a510
a511
a512
a513
a514
a515
a516
a517
a518
a519
a520
a521
a522
a523
a524
a525
a526
a527
a528
a529
a530
a531
a532
a533
a534
a535
a536
a537
a538
a539
a540
a541
a542
a543
a544
a545
a546
a547
a548
a549
a550
a551
a552
a553
a554
a555
a556
a557
a558
a559
a560
a561
a562
a563
a564
a565
a566
a567
a568
a569
a570
a571
a572
a573
a574
a575
a576
a577
a578
a579
a580
a581
a582
a583
a584
a585
a586
a587
a588
a589
a590
a591
a592
a593
a594
a595
a596
a597
a598
a599
a600
a601
a602
a603
a604
a605
a606
a607
a608
a609
a610
a611
a612
a613
a614
a615
a616
a617
a618
a619
a620
a621
a622
a623
a624
a625
a626
a627
a628
a629
a630
a631
a632
a633
a634
a635
a636
a637
a638
a639
a640
a641
a642
a643
a644
a645
a646
a647
a648
a649
a650
a651
a652
a653
a654
a655
a656
a657
a658
a659
a660
a661
a662
a663
a664
a665
a666
a667
a668
a669
a670
a671
a672
a673
a674
a675
a676
a677
a678
a679
a680
a681
a682
a683
a684
a685
a686
a687
a688
a689
a690
a691
a692
a693
a694
a695
a696
a697
a698
a699
a700
a701
a702
a703
a704
a705
a706
a707
a708
a709
a710
a711
a712
a713
a714
a715
a716
a717
a718
a719
a720
a721
a722
a723
a724
a725
a726
a727
a728
a729
a730
a731
a732
a733
a734
a735
a736
a737
a738
a739
a740
a741
a742
a743
a744
a745
a746
a747
a748
a749
a750
a751
a752
a753
a754
a755
a756
a757
a758
a759
a760
a761
a762
a763
a764
a765
a766
a767
a768
a769
a770
a771
a772
a773
a774
a775
a776
a777
a778
a779
a780
a781
a782
a783
a784
a785
a786
a787
a788
a789
a790
a791
a792
a793
a794
a795
a796
a797
a798
a799
a800
a801
a802
a803
a804
a805
a806
a807
a808
a809
a810
a811
a812
a813
a814
a815
a816
a817
a818
a819
a820
a821
a822
a823
a824
a825
a826
a827
a828
a829
a830
a831
a832
a833
a834
a835
a836
a837
a838
a839
a840
a841
a842
a843
a844
a845
a846
a847
a848
a849
a850
a851
a852
a853
a854
a855
a856
a857
a858
a859
a860
a861
a862
a863
a864
a865
a866
a867
a868
a869
a870
a871
a872
a873
a874
a875
a876
a877
a878
a879
a880
a881
a882
a883
a884
a885
a886
a887
a888
a889
a890
a891
a892
a893
a894
a895
a896
a897
a898
a899
a900
a901
a902
a903
a904
a905
a906
a907
a908
a909
a910
a911
a912
a913
a914
a915
a916
a917
a918
a919
a920
a921
a922
a923
a924
a925
a926
a927
a928
a929
a930
a931
a932
a933
a934
a935
a936
a937
a938
a939
a940
a941
a942
a943
a944
a945
a946
a947
a948
a949
a950
a951
a952
a953
a954
a955
a956
a957
a958
a959
a960
a961
a962
a963
a964
a965
a966
a967
a968
a969
a970
a971
a972
a973
a974
a975
a976
a977
a978
a979
a980
a981
a982
a983
a984
a985
a986
a987
a988
a989
a990
a991
a992
a993
a994
a995
a996
a997
a998
a999
a1000

Gustav Fischer


40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: NF_7

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

Artikel/Article: Zur Kenntniss der Embryosackentwicklung einiger Angiospermen. 90-132