Zur Entwickelungsgeschichte der Frucht von Taraxacum officinale Web. Ein Beitrag zur Embryologie der Compositen.

Von

Siegfried Schwere.

(Hierzu Tafel II—V.)

I. Ueber den heutigen Stand der embryologischen Frage.

Bevor ich zu den Resultaten meiner eigenen Untersuchungen übergehe, möge es mir gestattet sein, an Hand der mir zugänglich gewordenen Litteratur in möglicht gedrängter Uebersicht ein Bild zu entwerfen über unsere gegenwärtigen Kenntnisse im embryologischen Entwickelungsgang angiospermer Pflanzen, namentlich der Dicotyledonen.

Schon gegen die Mitte dieses Jahrhunderts haben hervorragende Botaniker, unter denen Schleiden, Tulasne,[1]) Schacht[2]) und besonders Hofmeister[3]) zu nennen sind, sich die Aufgabe gestellt, den Keim werdender Pflanzen innerhalb der Samenanlage nach Entstehung und Wachsthum zu beobachten.

Während jedoch die Arbeiten genannter Forscher nur als zusammenhangslose Fragmente erscheinen, aus welchen ein einheitliches Bild der Embryoentwickelung nicht zu gewinnen war, hat im Jahre 1870 Hanstein[4]) in Bonn zum erstenmal durch seine Darstellung der Entwickelung des Keimes von Capsella und Alisma und mit diesen verwandten Gattungen grundlegende Arbeiten geliefert.

Wenn auch die von Hanstein ausgesprochenen Sätze betreffs eines sowohl den Dicotylen als den Monocotylen zu Grunde liegenden

---

1) Tulasne, Nouvelles études d'embryogénie végétale. Ann. d. sc. nat. T. IV.

2) Schacht, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryo. Amsterdam 1850.

3) Hofmeister, Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Leipzig 1849.

4) Hanstein, Die Entwickelung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen. Bot. Abhdlgn. aus dem Gebiet der Morphologie und Physiologie. 1. Bd., 1. Heft, Bonn 1870.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0036-3

Entwickelungsgesetzes nur noch für ganz specielle Gruppen Geltung haben und man nach neueren Untersuchungen von Fleischer,[1]) Hegelmaier[2]) und Andern bei weitem nicht mehr von einem Schema sprechen darf, so bleibt Hanstein doch das grosse Verdienst, zu diesem wichtigen Zweig botanischer Forschung ernstlich angeregt zu haben.

Beide oben genannten Forscher (Fleischer und Hegelmaier) stimmen unter anderm darin überein, dass noch ein weit umfangreicheres Material zu beschaffen sei, um den Pflanzenembryologen zu berechtigen, in den Entwicklungsreihen der beiden grossen Abtheilungen angiospermer Gewächse gewisse, allgemein geltende Gesetze auszusprechen, sofern dies überhaupt möglich sein sollte, und daraus eventuell der Systematik neue Hülfsmittel in die Hand zu geben.

Hanstein fasst die Entwickelungsgeschichte des Embryos in 3 Phasen zusammen:

1. Bildung einer Zellkugel ohne äussere Differenzirung;
2. Anlage der Cotyledonen;
3. Vergrösserung des Embryos.

Da nun nach Fleischer viele Dicotyledonen in ihrer Differenzirung weiter gehen (wie z. B. Helianthus, dann auch Phaseolus, Vicia Faba), so reiht er, um der Allgemeinheit näher zu kommen, hinzu:

4. Anlage resp. Weiterentwickelung der Vegetationsspitze, Entstehung der ersten Laubblätter, Ausscheidung von hypocotylem Glied und Wurzel, sowie beginnende Anlage des Fibrovasalsystems.

Die Bildung einer Zellkugel nimmt nach Hanstein ihren Anfang aus der End- oder Keimzelle des für die Phanerogamen charakteristischen, bald mehr, bald weniger zelligen Keimträgers oder Vorkeimes, der seinerseits seine Entstehung der Teilung der befruchteten Eizelle verdankt.

Nachdem jene Zelle kugelig angeschwollen, theilt sie sich durch eine meridiane und eine darauf folgende äquatoriale Scheidewand, worauf durch perikline Wände in den vier entstandenen Zellen gleichzeitig zur Abtrennung der embryonalen Epidermis, des Dermatogens, geschritten wird. Durch eine inzwischen gebildete zweite, zur ersten

---

1) Fleischer E., Beiträge zur Embryologie der Monocotylen und Dicotylen. Flora 1874, Nr. 24—28, pag. 369 u. ff.

2) Hegelmaier F., Entwickelung dicotyledoner Keime mit Berücksichtigung der pseudomonocotyledonen. Stuttgart 1878.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0037-9

senkrechte, longitudinale Wand wird die bestehende Zellkugel in Octanten gegliedert, bestehend aus einer differenten Ober- und Unterhälfte.

Unterdessen sind auch bereits Veränderungen in der letzten Vorkeimzelle eingetreten. Dieselbe hat sich durch eine Querwand in eine innere und eine äussere[1]) Tochterzelle getrennt, welch' letztere zum Vorkeim geschlagen wird, während die innere bei Capsella (und nach Fleischer auch bei Helianthus) sich nochmals in zwei Tochterzellen quer theilt, von denen die äussere Dermatogenzelle wird, die innere dagegen zur Schlussgruppe der Wurzelgewebe sich differenzirt.

Nach Hegelmaier[2]) ist die erste Theilung der letzten Vorkeimzelle oder Anschlusszelle in der Grosszahl der Fälle eine senkrechte (z. B. Ranunkeln), die sich nachträglich in rechtwinkelig gekreuzter Richtung wiederholt, um erst nachher eine Quertheilung zu erfahren. Diejenigen Vorkommnisse, wo die erste Theilung horizontal erfolgt, sind als Ausnahmen zu betrachten.[3])

Im Gegensatz zu Hanstein's Darstellungen über den Ursprung des Keimes, die eben nur für die Objecte Geltung haben, die er speciell untersucht, stehen nun einige Beobachtungen Hegelmaier's, die von jenen nicht unwesentlich abweichen. So geht der Embryo bei der Fumariacee Hypecoum und den Papaveraceen Chelidonium majus, Eschscholtzia crocea aus drei, bei Glaucium luteum sogar aus 4—5 Segmenten des Vorkeimes hervor. In den Fällen, wo die drei Endzellen des Trägers in der Bildung des Keimes aufgehen, sind die beiden ersteren der in Ober- und Unterhälfte getheilten Endzelle von Capsella, die dritte dagegen der Hypophyse zu vergleichen.

Der Aufbau aus zwei Zellen war nach Hanstein für die Dicotylen, der aus 3 bis mehr für die Monocotylen typisch, während man nach Hegelmaier heutzutage den ersten Fall als maassgebend für die Dicotyledonen annimmt, den zweiten dagegen als Ausnahme zu betrachten gewohnt ist. Als eine Art Mittelstellung in den beiden Verhalten könnte man dann jene Fälle betrachten, wo die kugelig angeschwollene Endzelle zuerst eine äquatoriale Theilung erfährt, wie es für die bis jetzt untersuchten Compositen zutrifft.

Die Monocotylen betreffend, mag hier als bemerkenswerth erwähnt werden, dass Fleischer an Ornithogalum nutans, sowohl im

1) Die Bezeichnungen „äussere" und „innere" Zelle sind den gleichbedeutenden Ausdrücken untere und obere entschieden vorzuziehen.

2) pag. 23.

3) Vergl. bei Fleischer, Anschlusszelle von Ornithogalum.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0038-5

Verhalten des Keimes wie der Anschlusszelle innerhalb der bis jetzt geschilderten Entwickelungsphasen eine überraschende Uebereinstimmung constatirt hat, wie denn auch bereits schon Schacht und Tulasne von derselben Pflanze bezügliche Abbildungen lieferten.

Als weitere Uebereinstimmung mit den Dicotyledonen zeichnet Hofmeister auch bei Hemerocallis lutea Quadrantentheilung und die in den Keim hineinragende Anschlusszelle.

Was nun die auf das Octantenstadium folgende Differenzirung betrifft, nennt Fleischer die Art der Zelltheilung bei Dicotylen eine Familienwirthschaft und stellt dieselbe dem Genossenschaftswesen Hanstein's gegenüber, das für die Monocotylen geltend gemacht wird. — Der Charakter des ersteren Verhaltens äussert sich darin, dass jeder neu entstandenen Zelle sowohl im embryonalen wie im späteren Organismus ihre bestimmte Aufgabe zugewiesen ist. Am klarsten folgt diesem Princip Capsella und andere Dicotylen Hanstein's, sowie auch Helianthus. Das zweite Verhalten zeigt dagegen die Tendenz, vorerst eine erhebliche Zahl indifferenter Zellen entstehen zu lassen und erst später in diesem gebildeten Baumaterial gewisse Gruppen von Zellen zu speciellen Gewebeformen auszuscheiden und damit eine ausgesprochene Arbeitstheilung durchzuführen.

Doch fehlt es auch hier nicht an Uebergängen und Mittelformen. So entwickelt sich nach genanntem Verfasser die cotyle Hälfte mit Ausnahme des Dermatogens bei allen Dicotylen nach dem Genossenschaftsprincip, der hypocotyle Theil von Hanstein's Alisma dagegen nach dem Plan der Familienwirthschaft.

Während nun nach Hanstein in der unteren, hypocotylen Hälfte des achtzelligen Keimes die vier innerhalb des Dermatogens liegenden Zellen, Binnenzellen, sich in ein äusseres Periblem und ein inneres Plerom sondern, zeigt sich in der cotylen Hälfte eine weniger regelmässige Theilungsfolge, so dass es hier nicht zur Aussonderung von speciellen Zellgruppen kommt. Diese Etage verliert bis zur Anlage der Cotyledonen den Charakter eines einfachen meristematischen Gewebes nicht und zeigt zudem die Tendenz, gegenüber der unteren zurückzubleiben. Die Zellen des Dermatogens vermehren sich unter fortgesetztem Entstehen antikliner Membranen, während die vier centralen Zellen der Pleromanlage durch longitudinale Wände sich theilen und durch Wiederholung dieser Theilungen zu einem centralen Zellbündel werden. Doch ist nach Hegelmaier die Entstehung desselben grossen Schwankungen unterworfen und differenzirt sich mancherorts erst aus einem bald einfacheren, bald zusammen-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0039-3

gesetzteren Meristem heraus (Genossenschaftswesen). Mit der Zellvermehrung in diesen beiden embryonalen Geweben hat auch das dazwischen liegende Periblem Schritt gehalten.

Die Bildung der Cotyledonen wird im Allgemeinen durch Abflachung des Scheitels des bis jetzt kugelförmigen Keimes eingeleitet, der nach Hervortreten der beiden Cotyledonen tief herzförmig wird. — Durch ein gegentheiliges Verhalten, eine Hervorwölbung des Keimscheitels, sollen sich wieder Hypecoum, Chelidonium, Glaucium u. a. auszeichnen. Was die Orientirung betrifft, ist Hegelmaier bei mehreren untersuchten Fällen überzeugt, dass die Medianebene der Cotyledonen die ursprünglich longitudinale Scheidewand des Keimes kreuzt. Das Wachsthum der Cotyledonen ist an eine Zellvermehrung geknüpft, die für typisch phanerogame Blätter charakteristisch ist und demnach streng schichtenweise Anordnung zeigt. Eine weitere Differenzirung findet in diesem cotyledonaren Meristem für gewöhnlich nicht statt.

Das Schicksal der Anschlusszelle für Capsella ist mit dem Stadium verlassen worden, wo dieselbe bereits eine zweimalige Quertheilung erfahren hatte. Die Nachkommenschaft der inneren Enkelzelle ist als Initialgewebe des Periblems, die Descendenz der äusseren dagegen als solches des Dermatogens und der Wurzelhaube erkannt worden. Letztere entsteht nämlich dadurch, dass in den Derivaten der genannten äusseren Enkelzelle selbst wieder eine Spaltung in eine erste Haubenschicht und ein darunter liegendes Dermatogen eintritt. Wiederholte tangentiale Theilungen dieser Haube setzen sich seitlich über das Gebiet der Hypophyse hinaus auf die angrenzenden Dermatogenzellen des Keimes fort. Die unter dieser Haube liegenden Dermatogenschichten behalten die Fähigkeit der Theilung und constituiren sich auf diese Weise zu einem Calyptrodermatogen. Man bezeichnet dieses Verhalten der embryonalen Wurzel wohl auch als Helianthustypus.

Trotzdem, wie schon bemerkt, dieses Verhalten der Anschlusszelle nach Hegelmaier Ausnahme, die Anfangs senkrechte Theilung dagegen Regel ist, scheint nach diesem Forscher, beispielsweise für die Ranunkeln, die Betheiligung der Hypophyse analoge Resultate aufzuweisen.

Da mannigfache äussere Verhältnisse die Entwickelung der späteren Wurzel beeinflussen, so können sich diesen angepasste Veränderungen schon sehr früh auf die Nachkommen einer Species übertragen; aus diesem Grunde lässt es sich begreifen, dass gerade in der Ausbildung der embryonalen Wurzel so viele Differenzen zwischen systematisch

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0040-4

sonst nahestehenden Formen in Erscheinung treten. Angesichts dieser begreiflichen Abweichungen hat man also nicht etwa die geringste Veranlassung, an dem biogenetischen Grundgesetz, wonach die ontogenetische Entwickelung eine recapitulirende Phylogenesis ist, zu zweifeln.[1])

Eine weitergehende Entwickelung hat Hanstein und mit ihm andere Forscher an Dicotylen nicht constatirt. Wie bereits Eingangs bemerkt, hat Fleischer den Entwickelungsgang des Embryos um ein viertes Stadium vermehrt. Darauf zurückkommend, recapitulire ich kurz die Angaben dieses Autors über Helianthus. Darnach differenziren sich die inneren Zellen des Pleroms durch Ausdehnung in die Breite zu einem Markparenchym, während die äusseren durch Längstheilung die Bildung eines Procambiums, die äussersten die eines Pericambiums einleiten. Durch Dehnung und Vermehrung der Markparenchymzellen im oberen, durch Constanz derselben im unteren Bezirk wird ein hypocotyles Glied von der Radicula gesondert. Nach Fleischer entwickelt sich dann das Procambium im ersteren zu sechs, in letzterer zu vier Strängen, als Anlagen der Fibrovasalelemente. Aus den letzteren entsteht Xylem, während der Keimung alsdann zwischen demselben vier Phloëmstreifen.

Von den sechs procambialen Streifen des Hypocotyls biegen je zwei in die Cotyledonen aus, beiderseits in deren Mediane verlaufend. Die beiden mittleren spalten sich unterhalb des Ursprungs der Keimblätter, und von diesen vier Theilsträngen treten je zwei verschiedener Herkunft, stark nach Aussen sich wendend, ebenfalls in die Cotyledonen ein.

Was diese sechs procambyalen Streifen im Hypocotyl betrifft, ist es mir nicht gerade darum zu thun, Fleischer's Angaben anzufechten, nur möchte ich vermuthen, es dürfte sich dabei doch ähnlich verhalten, wie bei den von Dodel[2]) untersuchten Phaseolusarten und citire ich aus der Arbeit dieses Autors folgende Stelle:

„In den Cotyledonen geht ein Paar Stränge, die längs der Verticalen, welche parallel zur Längsaxe des Stengels durch die Ansatzstelle des betreffenden Cotyledons geht, sich durch das ganze hypocotyle Glied hinziehen. Wir nennen sie das Medianstrangpaar des Cotyledons. Mit diesen opponirten Medianstrangpaaren alter-

---

1) Hegelmaier, p. 191 u. ff.

2) Dodel A., Der Uebergang des Dicotyledonenstengels in die Pfahlwurzel. Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. VIII 1869.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0041-0

niren zwei andere Paare von Strängen, die im ganzen hypocotylen Stengel sich ähnlich verhalten, wie die ersteren. Je die zwei Stränge eines dieser Paare bleiben sich vom Basaltheil des Stengels an bis in die Nähe der Cotyledonen genähert; beim Abgang der letzteren geht jedoch der eine Strang in den einen Cotyledon, während der andere Strang in den anderen Cotyledon ausbiegt. Es erhält demnach jeder Cotyledon vier Vasalstränge, nämlich ein Paar Medianstränge und zwei Lateralstränge, deren einer dem einen, der andere dagegen dem anderen Lateralstrangpaare angehört."

Am Vegetationspunkt treten einander opponirte und mit den Cotyledonen alternirende Höcker auf, zunächst ein Paar, nachher ein zweites in decussirter Stellung; es sind die ersten Laubblätter.

Damit schliesst auch Helianthus seine vor die Keimung fallende Entwickelung ab.

Inwieweit die in den nachfolgenden Kapiteln niedergelegten Resultate der Untersuchung bei Taraxacum officinale, einem Repräsentanten der grössten Pflanzenfamilie, mit den anderwärts gewonnenen Ergebnissen aus der Keimesgeschichte angiospermer Pflanzen übereinstimmen, resp. von denselben abweichen, das wird aus der folgenden Darstellung meiner Ergebnisse ersichtlich sein. [1])

II. Der Embryosack, Befruchtung und Ausbildung des Embryos.

So typisch die in der Einzahl vorkommende Samenanlage für die Compositen auch ist, möchte ich hier doch auf einen merkwürdigen Fall hinweisen, wie er für Taraxacum gar nicht so selten zu sein scheint, dass nämlich in einem Fruchtknoten oft zwei Samenanlagen zur Ausbildung kommen. Obwohl sie sich meist durch ihre Grösse unterscheiden, sind sie im Uebrigen oft ganz normal entwickelt. Ich habe allerdings auch Fälle beobachtet, wo die eine vollkommen rudimentär geblieben ist. Dagegen zeigt Fig. 24 ein Beispiel, wo in beiden bereits Befruchtung stattgefunden hat. Trotzdem dürfte man aber wohl annehmen, dass die eine in der Folge zu Grunde geht; wenigstens ist mir kein Fall unter die Augen gekommen, wo eine Frucht zwei entwickelte Samen enthielt.

1) Erst während der Drucklegung vorliegender Arbeit ist mir die Abhandlg. von Sachs zu Gesicht gekommen: „Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen" in Arb. des bot. Inst. Würzburg Bd. II. 1882. — Verf. betrachtet darin auch die ersten Zelltheilungen im pflanzl. Embryo von einem allgemeinem Gesichtspunkt aus. Ich muss es den Lesern überlassen, zu entscheiden, inwieweit die Resultate meiner Untersuchungen sich mit den Sachs'schen Angaben decken.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0042-6

Des Weitern habe ich in einem Falle in einer Samenanlage zwei wohl ausgebildete Embryosäcke entwickelt gefunden, jeder mit einem normalen gesunden Embryo in einem Stadium, wo eben die Anlage der Cotyledonen vorbereitet wird.[1]) Phylogenetisch betrachtet, haben wir es hier mit einem Makrosporangium mit zwei Makrosporen zu thun. Wenn ich bezüglich der Zahl der Samenanlagen die Frage offen lasse, ob ein Rückschlag auf frühere Zustände oder vielleicht ein Fortschritt im Entwickelungsgang der Compositen vorliege, so kann es dagegen kaum einem Zweifel unterliegen, dass das letztere Vorkommniss eine atavistische Erscheinung ist, eine Illustration zu Hofmeister's geistreichen Arbeiten über den genetischen Zusammenhang zwischen Phanerogamen und Cryptogamen.

Die mit einem Integument versehene Samenanlage ist anatrop und enthält im Nucellus einen in die Länge gezogenen, in der Mitte erweiterten, nach unten in einen schnabelförmigen Fortsatz sich verschmälernden Embryosack. In jungen Zuständen wird derselbe gegen die Chalaza hin überlagert von einer grössern Anzahl von Zellschichten des Nucellus, die sich seitlich jedoch bedeutend, am meisten aber gegen die Mikropyle vermindern. Nach aussen gehen dieselben allmählich in die stark abgeplatteten, undeutlichen, innern Zellen des Integuments über.

Eine sehr charakteristische Ausbildung erfährt die unmittelbar an den Keimsack grenzende Schicht des Kerngewebes. Sie besteht aus cubischen, eng zusammenschliessenden Zellen von dichtem und sehr stark tingirbarem Inhalt, so dass sie nach Behandlung mit Hämatoxylin tiefdunkel erscheinen. Diese Zelllage ist ohne Zweifel identisch mit der analog ausgebildeten inneren Integumentschicht, die Hegelmaier[2]) bei Helianthus erwähnt und sie dort Endodermis[3]) nennt.

---

1) Gestützt auf diese Thatsache muss ich Schimper's Behauptung in Strasburger's Lehrbuch der Botanik, p. 392, theilweise in Abrede stellen, wo er sagt: „Polyembryonie zeigt sich niemals in Samenanlagen mit mehreren Embryosäcken, da nur einer derselben vollkommene Ausbildung erfährt". Ich sage theilweise, weil sich wohl annehmen lässt, dass in der Folge der eine der beiden Embryosäcke mit seinem Keim zu Grunde geht.

2) Hegelmaier F., Ueber den Keimsack einiger Compositen und dessen Umhüllung. Bot. Ztg. 1889 Nr. 50 p. 805 u. ff.

3) Ich kann Hegelmaier nicht recht verstehen, wenn er p. 837 in einer Anmerkung sagt: „. . . theils wurde die hier besprochene als Kernhaut bezeichnete Zellenlage irrthümlicherweise zum Nucellus gerechnet". Denn bei Taraxacum gehört diese Schicht thatsächlich zum Nucellus. Sofern die Worte sich speciell auf Helianthus beziehen, mögen sie ihre Berechtigung haben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0043-2

Nach ihm findet sie sich vornehmlich bei Samenknospen mit einzigem, dickem Integument und wo der Nucellus schon vor der Befruchtungsreife verschwindet. Der doppelte Zweck, den Hegelmaier dieser Zellschicht vindicirt: Schutz für das entstehende Endosperm einerseits und gegen die schädlichen Auflösungsprodukte der Integumentzellen anderseits, ist eine subjective Ansicht, die durch keine Thatsachen gestützt ist. Es lässt sich, da etwaige störende mechanische Einflüsse ja nicht ins Spiel kommen, nicht einsehen, inwiefern das Endosperm dieses Schutzes bedürftig wäre; sodann ist doch wohl zu beachten, dass die Zelle (in unserm Fall der Embryosack) für sich allein von Haus aus mit der Fähigkeit ausgerüstet ist, schädliche Stoffe von ihrem lebenden Plasmaleib fern zu halten. Es wird rathsam sein, von der Rolle einer quasi Schutzscheide hier abzusehen und damit auch den Namen Endodermis fallen zu lassen. Trotzdem man sich über die Bedeutung dieser eigenthümlichen Schicht bislang nur in Vermuthungen ergehen konnte, ist die Ansicht nicht ganz verwerflich, dass man diesen Zellen eine ernährungsphysiologische Rolle zuschreiben muss. Was ihre örtliche Anordnung betrifft, ist eine Uebereinstimmung mit den thierischen Endothelzellen nicht zu verkennen, und schon aus diesem Grunde möchte es seine Berechtigung haben, dieser Zellschicht passender den Namen Endothel beizulegen.[1]) Ueber das spätere Schicksal dieser Zellen vergleiche man das Kapitel über das Integument.

Die Beurtheilung der Inhalte des Keimsacks ist nur auf guten Medianschnitten möglich; andernfalls wird die Untersuchung wegen der störenden Endothelzellen sehr erschwert, wenn nicht geradezu verunmöglicht. Unter günstigen Verhältnissen beobachtet man im Plasmakörper des Keimsacks vor der Befruchtung am Scheitel drei primordiale Zellen, deren gegenseitige Lage man nach der Anordnung ihrer Kerne beurtheilen kann.

Durch besondere Grösse zeichnet sich die Eizelle aus, die weit in den Embryosack vorragt und gewöhnlich mit ihrem Scheitel, an dem das Plasma besonders dicht ist, die Mitte des erweiterten Keimsackes erreicht. Ihre Contouren lassen sich immer leicht erkennen. Der Kern, welcher an Grösse nur wenig hinter dem primären Endospermkern zurücksteht, findet sich stets scheitelwärts. In seiner Nähe liegt der Endospermkern und so kommt es, dass diese in Stadien vor

1) Goebel hat schon früher (vergl. Entwickelungsgeschichte 1882 p. 407) auf diese Zellschicht aufmerksam gemacht und sie als „epithelähnlich" bezeichnet.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0044-7

und eine Zeit lang nach der Befruchtung beharrlich dasselbe Bild zeigen. Beide Kerne zeichnen sich aus durch die bedeutende, ganz ungewohnte Grösse ihrer Kernkörperchen, die sich besonders intensiv tingiren. Stets enthalten letztere stark lichtbrechende Einschlüsse, über deren Wesen und Zusammensetzung mir nichts bekannt ist. Sowohl der Zahl als der Grösse und Form nach sind letztere verschieden, jedoch immer nur im Endospermkern zahlreicher. Während man nämlich in diesem bald nur einen grossen, bald nur eine Anzahl kleinerer oder dann beides zusammen (die kleinern um den grossen gruppirt) antrifft (Fig. 1 und 2), so enthält der Eikern gewöhnlich nicht über vier solcher kleinerer Einschlüsse. Eine auffallende Eigenthümlichkeit dieser Kerne besteht in dem so wenig tingirbaren Kerngerüst, so dass dasselbe eher den Eindruck eines um den Nucleus angeordneten Hofes macht.

Die Synergiden sind stets weit nach dem Scheitel des Keimsacks verlagert, ihre Umrisse jedoch viel weniger ausgeprägt, als dies bei der Eizelle der Fall ist; es lässt sich höchstens mit einiger Sicherheit angeben, dass sie scheitelwärts sich verschmälern. Die Fig. 1 und 2 zeigen demnach auch nur ihre wahrscheinlichen Umgrenzungen und sind insoweit etwas schematisirt. Ihre gegenseitige Lage ist in den meisten Fällen die von Fig. 1, bald auf gleicher Höhe, bald die eine etwas mehr in den Keimsack hinunterragend. Doch ist bisweilen ihre Anordnung auch derart, dass die Verbindungslinie der beiden Kerne mit der Mittellinie des Embryosacks zusammenfällt, wie Fig. 2 es veranschaulicht. Die Kerne der Synergiden zeigen, abgesehen von ihrer bedeutend geringeren Grösse, im übrigen dieselbe Beschaffenheit, wie sie für Keim- und Endospermkern beschrieben worden ist; auch sie enthalten kleine runde Einschlüsse. Eine Verschiedenheit in der Grösse der Synergiden, wie sie Hegelmaier für einige Compositen namhaft macht, ist der bereits erwähnten undeutlichen Contouren wegen nicht mit Sicherheit zu erschliessen. Hervorzuheben ist, dass sie sich ausnehmend lang erhalten; so zeigt Fig. 20 die eine von ihnen in einem Stadium, wo bereits die primäre Endospermschicht angelegt ist, zu einem langen Sack angeschwollen; aus der schaumigen Structur des Plasmas lässt sich jedoch ihre beginnende Degeneration deutlich erkennen. Ein anologes Verhalten erwähnt Tulasne bei Calendula.

Die Antipoden liegen in dem dem Scheitel gegenüberliegenden, bedeutend verengerten Ende des Embryosackes. Ich betone hier besonders, dass es schwer ist, Präparate zu erhalten, bei denen man sich mit Sicherheit über Zahl, Grösse und Anordnung der Antipoden

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0045-3

orientiren kann. Es gelingt dies nur, sofern der zapfenförmig verengerte Theil des Sackes in der Längsrichtung tangential derart angeschnitten wird, dass die immer störenden Endothelzellen sorgfältig entfernt werden. Ich habe mich tagelang bemüht, mir Klarheit zu verschaffen über diesen Punkt und ich musste es einem Zufall verdanken, als ich meinen Zweck erreicht hatte. Das betreffende Bild ist in Fig. 7 dargestellt. Nachher liessen sich auch noch andere Präparate erhalten, aus denen auch mit mehr oder weniger entschiedener Unzweideutigkeit der richtige Sachverhalt erschlossen werden konnte. Aus den beigegebenen Abbildungen 1—3, sowie 5, 7 und 11 ergibt sich, dass die Antipoden sowohl in Grösse als Gestalt und Anordnung sich keiner bestimmten Regel unterordnen. Bald sind sie rundlich, bald länglich; hier sind sie in einer Reihe angeordnet, dort, wenigstens die beiden untern, nebeneinander gelagert. Das dagegen dürfte sicher sein, dass sie selbständige Zellen sind und in ihrer Zahl eine Constanz aufweisen. Ich bin daher genöthigt, entschieden die Angaben Hegelmaier's anzuzweifeln, wenn er sagt, dass bei gewissen Cichorieen die Antipodengruppe ein parenchymatöses Gewebe von mehreren Zellen darstelle und dass bei Taraxacum dens Leonis, worunter er ohne Zweifel T. officinale versteht, in mehreren beobachteten Fällen die Antipoden in Vier- und Fünfzahl in einer Längsreihe auftreten. Ich vermuthe, dass Hegelmaier den Irrthum begangen, Antipoden mit Endothelzellen zu verwechseln oder wenigstens solche mit ersteren zusammen zu werfen. Auch seine Theorie[1]) von der Entstehung der Antipoden und Keimsackzellen möchte ich nicht unterschreiben, sondern vielmehr nach Strasburger's[2]) Arbeiten annehmen, dass die Embryosackinhalte das Resultat freier Kerntheilung sind. Mangels an geeignetem Material war es mir allerdings nicht möglich, die vorliegende Arbeit auch nach dieser Richtung zu einem authentischen Abschluss zu bringen. Es ist zu vermuthen, dass der ganze Process dieser Freizellbildung in sehr kurzer Zeit sich abspielt und zwar in ganz frühen Stadien, denn an Objecten, die lange vor der Anthese fixirt wurden, habe ich immer den bereits fertigen Eiapparat angetroffen. Die Lebensdauer der Antipoden dürfte nicht geringer sein als die der Synergiden, da ich in Schnitten mit kugelförmigen, ziemlich vielzelligen Embryonen dieselben noch nicht alterirt gefunden habe.

---

1) l. p. 824.

2) Strasburger, Ueber Befruchtung und Zelltheilung.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0046-9

Nach der Befruchtung schwillt die Eizelle sehr stark an und wird kugelförmig; zudem umgibt sie sich mit einer leicht erkennbaren Membran, so dass sie von jetzt an gewöhnlich scharf contourirt erscheint (Fig. 3) und sich in Folge dessen vom übrigen Plasmakörper des Embryosacks deutlich abhebt; der Eikern erscheint scharf begrenzt. Es sind dies Kennzeichen, an denen man die erfolgte Befruchtung leicht constatiren kann. Ich habe lange umsonst nach einem Stadium gesucht, das die Vereinigung von Sperma- und Eikern zeigte; es gehört wohl zu den glücklichsten Zufällen, solche Schnitte zu erhalten, weil der Uebertritt des generativen Kerns aus dem Pollenschlauch zum Eikern auch hier wie anderwärts rasch erfolgt. In manchen Fällen lässt sich noch in befruchteten Embryosäcken das Ende des keulig erweiterten Pollenschlauches erkennen (Fig. 4). Mit der Befruchtung ist auch eine namhafte Vergrössernng des Embryosacks verbunden, so dass er jetzt mehr oval erscheint.

Als besonders bemerkenswerth erwähne ich an dieser Stelle einen unzweifelhaften Fall von Synergidenbefruchtung, wie er in Fig. 4 dargestellt ist. Die anfängliche Vermuthung, man habe es hier einfach mit einer getheilten Eizelle zu thun, erwies sich bei der Vergleichung der Verhältnisse mit zahlreichen Fällen der letztern Art als falsch; ausserdem zeigt der Verlauf der in Fig. 4 links unten eingezeichneten Membranen m_1 und m_2 von Eizelle und Synergide, dass hier thatsächlich zwei befruchtete Zellen des Embryosackinhaltes vorliegen. Auch um die schon erwähnte abnorme Anschwellung einer Synergide kann es sich nicht handeln, weil eine solche nur den gewöhnlichen kleinen Kern besitzt, zudem viel später auftritt und überhaupt einen ganz andern Aspect gewährt.

Ich thue dieser Thatsache hier um so eher Erwähnung, als es meines Wissens der erste Fall ist, wo Synergidenbefruchtung bei den Dicotyledonen beobachtet wurde. Dagegen haben im gleichen Laboratorium schon vorher Prof. Dodel an Iris sibirica[1]) und kurz darauf Dr. Overton an Lilium Martagon[2]) unzweideutige Fälle von befruchteten Synergiden bei Monocotylen constatirt. Ich vermuthe, dass Befruchtung von Synergiden auch bei Dicotylen gerade nicht zu den grössten Seltenheiten gehört und dass solche Vorkomm-

1) A. Dodel, Biologischer Atlas der Botanik, Serie Iris sibirica, Taf. VI Fig. 15 u. 16.

2) E. Overton, Beitrag zur Kenntniss der Entwickelung und Vereinigung der Geschlechtsprodukte bei Lilium Martagon. Festschrift zur Feier des 50jähr. Doctorjubiläums der Prof. K. W. v. Nägeli und A. v. Kölliker. 1892.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0047-5

nisse in grösserer Zahl constatirt werden können, sobald sich die Embryologen entschliessen, in ihren Untersuchungen sich mehr zu specialisiren.

Was nun im vorliegenden Fall aus einer solchen befruchteten Synergide wird, ob sie lebenskräftig ist und ob der Keimsack dann zwei Embryonen beherbergen wird, das sind Fragen, die vorläufig nicht beantwortet werden können.

Einen eigenthümlichen Anblick gewährt die Eizelle, wenn sie sich zur Theilung anschickt. Der Scheitel erscheint in Präparaten von solchen Stadien immer stark tingirt (Fig. 5—7), was auf eine dichtere Plasmaansammlung in dieser Zone hindeutet. Wenig hinter dem Scheitel entsteht eine schwache Einschnürung, so dass ein kleiner mützenförmiger Theil einem grossen bauchig erweiterten Basalabschnitt aufgesetzt erscheint. Nur selten beobachtet man eine mehr oder weniger deutliche Ausnahme von diesem Verhalten (Fig. 5). Der Kern theilt sich so, dass die beiden Theilkerne sich in der Mittellinie des Keimsacks anordnen und nicht selten zwei Nucleoli enthalten (Fig. 5 u. 6). In diesen Fällen sind die betreffenden Kerne von gestreckter Gestalt und die Lage der Kernkörperchen ist mit der der Brennpunkte eines Ellipsoides vergleichbar. An der verengerten Stelle des Embryos entsteht dann eine zarte Membran, die eine innere, die Keimzelle, und eine äussere, den Vorkeim darstellende Zelle von einander trennt.

Der Vorkeim ist Anfangs einzellig und bleibt es auch noch während der ersten Zelltheilungen der Keimzelle, eine Erscheinung, wie sie nach Fleischer auch bei Helianthus auftritt. Die weitere Zellvermehrung erfolgt im Vorkeim dann in basipetaler Reihenfolge. Sobald nämlich die Endzelle abgetrennt ist, theilt sich der Kern der Trägerzelle und die zwischen den beiden Tochterkernen entstehende Membran trennt eine Zelle ab, welche einerseits den basalen Abschluss des Keims, anderseits den Anschluss an den Träger vermittelt und die, wie weiter unten gezeigt wird, als Anschlusszelle eine besondere Rolle spielt. Hat der Embryo die Form eines kugeligen Zellkörpers angenommen, an dem bald die Differenzirung der beiden Cotyledonen in Erscheinung tritt, so lässt sich am Vorkeim, mit Ausnahme der sog. Hypophyse, eine Reihe von 2—4, selten mehr Zellen beobachten (Fig. 12, 14 und 16, 17 und 17a). Wenn der Keim durch Hervorwölbung der Cotyledonen die charakteristische Herzform zeigt, so lässt sich auch im Vorkeim bereits eine vermehrte Zellenzahl constatiren. Ausserdem sind in den obersten Zellen desselben auch bereits neue Theilungen erfolgt, unter denen namentlich diejenigen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0048-0

von Bedeutung sind, welche in der unter der Hypophyse liegenden Zelle stattgefunden haben und auf welche weiter unten noch zurückzukommen ist. In den übrigen Zellen verlaufen die Membranen keineswegs immer regelmässig, vielmehr beobachtet man ganz schief verlaufende Wände (Fig. 18a), deren Entstehen ich mit Hegelmaier auf mechanische Einflüsse zurückführen möchte, die da mehr, dort weniger sich äussern.

Von dieser Zeit an erfährt der Vorkeim keine namhafte weitere Differenzirung mehr, sondern beginnt bald seine Rückbildung, um bei zunehmender Samenreife schliesslich ganz zu verschwinden.

Die Keimzelle hebt sich durch ihre kugelige Anschwellung von Anfang an deutlich von ihrem Suspensor ab. Eine deutliche äquatoriale Scheidewand theilt sie darauf in eine differente Ober- und eine Unterhälfte oder, wie sich später zeigen wird, in ein cotyles und ein hypocotyles Stockwerk. Ich lege um so mehr Werth auf diese Thatsache, als sie mit den Angaben Fleischers für Helianthus und Tulasne's für Calendula sich deckt und in Folge dessen geeignet erscheint, den Eindruck hervorzurufen, es könnte den Compositen insoweit ein ähnliches Schema zu Grunde liegen, wie man es seit Hanstein für die Cruciferen annimmt. Wie schon früher erwähnt, hat Hegelmaier dieses Verhalten als Mittelstellung bezeichnet; zwischen jenen Dicotyledonen, deren Keim einerseits aus zwei, anderseits aus drei Vorkeimzellen seinen Ursprung nimmt. Die entstandene Scheidewand ist stets einwärts gewölbt (Fig. 8 u. 9); an den Stellen, wo dieselbe sich an die Aussenwand der Mutterzelle ansetzt, ist letztere etwas eingeschnürt. Die deutlich contourirten Kerne beider Zellen liegen in der Mittellinie, scheitelwärts den Membranen genähert. Nicht selten beobachtet man im Plasma beider, namentlich aber in dem der inneren Zelle 1—2 grössere Vacuolen.

Von da an ist die Theilungsfolge in den beiden Hemisphären der Zeit nach verschieden. In der oberen Hälfte findet zunächst die Kerntheilung in der Weise statt, dass die beiden Tochterkerne in einer zur Axe des Embryos senkrechten Richtung auseinander treten und gewöhnlich nur bei verschieden tiefer Einstellung sichtbar sind; ihre gegenseitige Lage bestimmt demnach schon die Richtung der neuen Membran, die, auf der ersten Wand senkrecht stehend, mit der Zeichenebene zusammenfällt (Fig. 9). In einem Falle, Fig. 9a, sah ich in der oberen Zelle zwei Kerne und eine zur Zeichenebene senkrechte Wand, eine Erscheinung, die sich leicht durch die Annahme erklären lässt, dass der Embryo hier um etwa 90° gedreht war,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0049-9

worauf auch die perspectifisch verkürzte linke Zelle hindeutet. Bald darauf erfolgen in beiden Zellen abermalige Kerntheilungen, wobei zwei Theilkerne bei höherer, die beiden anderen bei tieferer Einstellung sichtbar sind, und eine neue auf der vorhergehenden senkrecht stehende meridiane Wand theilt die betreffende Etage in vier ungefähr inhaltsgleiche Quadranten (Fig. 10). Inzwischen hat aber auch die hypocotyle Hälfte eine Zweitheilung erfahren, derart, dass die senkrechte Membran mit der Ebene der ersten in der oberen Hälfte zusammenfällt.[1]) Schliesslich tritt auch hier nach erfolgter Kerntheilung die mit der zweiten oberen coincidirende meridiane Scheidewand auf (Fig. 11).

Es wäre gewiss wünschenswerth zu wissen, inwieweit andere Compositen in ihrer anfänglichen Keimentwickelung, sowohl in Bezug auf räumliche als zeitliche Aufeinanderfolge der Theilwände, mit Taraxacum übereinstimmen. Fleischer's Arbeit ist dies nicht vollständig zu entnehmen und Tulasne's Untersuchungen sind mir leider nicht zu Gesicht gekommen.[2])

Es macht sich also in der cotylen Hemisphäre die Tendenz bemerkbar, in der Zellvermehrung der unteren Hälfte vorauszugehen. Nachdem dort durch wiederholte verticale Theilungen ein Stockwerk von acht Zellen erreicht ist, beginnt die Abgliederung des Dermatogens durch pericline Scheidewände, und zwar gehen die ersten Dermatogenelemente aus den scheitelständigen Zellen der cotyledonaren Hälfte hervor und die Schältheilung schreitet dann vom Scheitel nach beiden Seiten fort und ergreift schliesslich auch die Zellen des hypocotylen Gliedes (Fig. 11). Verglichen mit dem Cruciferentypus Hanstein's, wo die Entstehung des Dermatogens schon in das Quadrantenstadium des Keimes fällt, haben wir hier eine ganz bedeutende Verspätung in diesem Process.

Derselbe ist in seinem Beginn jedenfalls an grosse Regelmässigkeit gebunden, wenigstens habe ich Dermatogenzellen nie früher entstehen sehen. Die Form der letzteren ist tafelförmig; an Grösse meist etwas ungleich, umgeben sie kurz vor der Anlage der Cotyledonen als eine gut schliessende Zellschicht den ganzen Keimkörper. In ihrem Plasma

---

1) Das Aussehen der hypocot. Hälfte in Fig. 10 widerspricht scheinbar den eben gemachten Angaben; doch kann es sich hier im Vergleich mit den bedeutend zahlreicheren übrigen Fällen sicher auch nur um eine gedrehte Stellung des Keimes handeln.

2) Wenn ich bereits an anderen Orten auf dieselbe Bezug nahm, so geschah dies nur gestützt auf Angaben anderer Schriftsteller.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0050-0

entstehen an den Stellen der seitlichen Zellwände, welche mit denen der darunter liegenden Zellen meist nahezu correspondiren, nicht selten grössere Vacuolen (Fig. 12). Während der Abgliederung des Dermatogens schreitet die Theilung der Zellen innerhalb der beiden Keimhälften weiter, indem sich zunächst immer neue verticale Wände einfügen, in der oberen Hälfte einerseits an die Dermatogenzellen, anderseits an die primäre äquatoriale Wand, in der unteren dagegen an diese und die basale Membran anschliessend. Die senkrechten Wände aller dieser Zellen bleiben einander nahezu parallel und correspondiren auch in manchen Fällen mit einander in den beiden Hemisphären. Diese Art der Zelltheilung hat denn auch zur Folge, dass der einigermaassen differenzirte Keim einen ganz regelmässigen, kugeligen Zellkörper darstellt (Fig. 12, 13, 14, 16), verglichen mit Embryonen anderer Pflanzen, bei denen, namentlich im cotylen Theil, eine so grosse Regellosigkeit und Willkür in der Zellbildung sich geltend macht.

Was die Streckung des Keimkörpers betrifft, so lässt sich constatiren, dass beide Hemisphären ungefähr in gleicher Weise am Längenwachsthum sich betheiligen, trotzdem anfänglich die basale Hälfte durch besondere Dehnung ihrer Zellen sich auszeichnet. Die Grenze zwischen den beiden Keimhälften lässt sich noch eine Zeit lang verfolgen, jedoch ist die anfänglich deutliche stark convexe äquatoriale Wand bald nur mehr als vielfach gebrochene Linie zu erkennen und schliesslich wird die Grenze vollkommen verwischt, so dass die obere Keimhälfte bei der Anlage der Cotyledonen nur an ihrem charakteristischen Verhalten erkennbar ist. Unmittelbar vor dem letztern Stadium hüllt das Dermatogen, welches theils aus periclinen Theilungen der Endzelle, theils aus den mitbetheiligten Vorkeimzellen entstanden ist, das Keimgewebe vollständig ein. In der untern Etage des letzteren ist in den Zellen bereits eine nochmalige horizontale Spaltung erfolgt und es lassen sich 2—3 Reihen von Periblem, dagegen 4—5 Pleromreihen unterscheiden. In der cotylen Hälfte haben die einen oder andern der mittlern Zellen ebenfalls noch Quertheilung erfahren, während die äussern, seitlich an das Dermatogen grenzenden, abgesehen von ihrer Vergrösserung, unverändert geblieben sind. Ein deutlicherer Unterschied von Rinde- und Pleromelementen macht sich erst geltend, wenn der Keim die Herzform angenommen hat, wobei sich dann die erstern durch ihren grössern Querdurchmesser von den länglichen und schmälern Pleromzellen abheben. Eine Vermehrung in diesen Geweben lässt sich jedoch gegenüber dem vorigen Zustand um diese Zeit noch nicht feststellen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0051-6

Es mag hier erwähnt werden, dass in Köpfchen mit stark differenzirten Embryonen ziemlich häufig Fruchtknoten angetroffen werden, deren Samenanlagen in einem für dieses Stadium sonst normal entwickelten Embryosack ganz abnorm angeschwollene Eizellen zeigen, von einer Grösse, wie sie bei befruchteten und zur Theilung bereiten Ovula nie angetroffen wird. Dabei findet man bisweilen auch eine der beiden Synergiden blasenförmig erweitert (Fig. 15). Sowohl Ei- als Endospermkern sind noch in ihrer normalen gegenseitigen Lage, aber ebenfalls ganz bedeutend vergrössert, die Kernkörperchen mit den bekannten Einschlüssen. Ich habe solche Beispiele sehr oft gesehen und immer boten sie dasselbe Bild. Ich zweifle nicht daran, dass es unbefruchtet gebliebene Samenanlagen sind, bei denen die ausnehmend grosse Volumzunahme der Eizelle nur eine Andeutung ihrer beginnenden Deformation ist. Die Anlage der Cotyledonen gibt sich an dem bis jetzt kugeligen Zellkomplex durch eine in der Mitte des Scheitels auftretende, anfangs ganz schwache Einsenkung (Fig. 17) zu erkennen, die durch eine beidseitige leichte Hervorwölbung der beiden Hälften des cotyledonaren Keimtheils entsteht. Infolge starken Wachsthums dieser beiden Hälften, vorerst nach den Seiten, verliert der Embryo rasch seine Kugelgestalt, der Scheitel erscheint stark abgeflacht und bedeutend verbreitert. Durch stärkeres Hervorwölben seiner Cotyledonen und seitliches Ausspreizen derselben erhält der Embryo nun die schon oft genannte Herzform. Bald werden die Keimblätter durch eine tief einschneidende Bucht von einander getrennt; ihr Gewebe behält den Charakter eines typischen Meristems, dessen unter dem Dermatogen liegende Zellen sich durch Flächentheilung vermehren und stets eine schichtenweise Anordnung zeigen (Fig. 21). Ueberhaupt erinnert das ganze Verhalten im Wachsthum der Cotyledonen vollständig an den Aufbau typischer, mehrschichtiger, phanerogamer Blattgebilde. Was die Orientirung der Cotyledonen mit Bezug auf die ursprünglichen meridianen Theilungen des cotylen Keimtheils betrifft, so ist wohl anzunehmen, dass die eine der anfänglichen verticalen Wände dem Verlauf der intercotyledonaren Spalte entspricht, während die andere mit der Medianebene der Cotyledonen zusammenfällt. Welche der genannten Ebenen einander aber entsprechen, ist schwer zu entscheiden.

Betrachten wir schliesslich noch die Verhältnisse im Embryo des reifen Samens. Derselbe erreicht im Durchschnitt eine Länge von $2^1/_2$—3 mm, wovon mindestens $^2/_3$ auf die Cotyledonen entfallen. In medianen Längs-, sowie auf Querschnitten beobachtet man im Centrum des hypocotylen Gliedes ein aus ca. 10 Schichten bestehendes Bündel,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0052-1

den Pleromcylinder, dessen schmale prismatische Zellen viele longitudinale Theilungen erfahren haben. Die Zellen der äussersten Schicht desselben sind radial mehr gestreckt, verrathen aber in ihrer sonstigen Form deutlich ihre Zugehörigkeit zum Plerom. Wir müssen dieselben in ihrer Gesammtheit unbedingt als ein bereits herausdifferenzirtes Pericambium ansprechen. Unmittelbar unterhalb des Vegetationspunktes spaltet sich das Plerombündel in zwei Aeste, welche, stark nach beiden Seiten ausbiegend, sich in die Cotyledonen fortsetzen, um einander parallel im Centrum derselben nach oben zu verlaufen und etwas unter der Spitze zu endigen. Aus diesem axil verlaufenden Plerom gehen die Fibrovasalelemente hervor, doch lässt sich im Keim des reifen Samens entschieden keine so weitgehende Differenzirung constatiren, wie eine solche von Fleischer[1]) von Helianthus angegeben wird. Nach aussen folgen nun beiderseits etwa acht Reihen ungefähr isodiametrischer, im Querschnitt sechseckiger Zellen, die durch Flächentheilung sich vermehren und nahezu concentrische Anordnung zeigen. Diese Periblemschichten laufen unten von einer Zellgruppe aus, die dem Dermatogen unmittelbar aufliegt und aus der Descendenz der Anschlusszelle hervorgegangen ist. Diese austretenden Periblemzellen spalten sich zum Theil und bedingen so die Entstehung von 8—9 nach oben verlaufender Schichten (Fig. 22).

Der Vegetationskegel erscheint um diese Zeit als ein zwischen der Ansatzstelle der Cotyledonen sich erhebender niedriger Gewebekörper, an dem sich jedoch noch keine Andeutungen von Laubblattanlagen beobachten lassen.

Es erübrigt nun noch, das Verhalten der Anschlusszelle zu verfolgen. Ich habe diesen Punkt bis jetzt aus dem Grunde nicht berührt, um die Betheiligung dieser Zelle am Aufbau des Keimkörpers im Zusammenhang darstellen und dadurch ihre Wichtigkeit um so deutlicher hervortreten zu lassen. Bekanntlich hat Hanstein das Schicksal derselben für Capsella Bursa pastoris in besonders eingehender Weise verfolgt; seine Angaben beziehen sich aber nur auf diese eine Species und es dürfte fast überflüssig erscheinen, noch einmal zu erwähnen, dass die dortigen Verhältnisse vielleicht nicht einmal für die Cruciferen im Allgemeinen, sicher aber nicht für alle Dicotylen passen.

Die Abgliederung der zweiten Vorkeimzelle erfolgt bei Taraxacum zu einer Zeit, wo die Endzelle die äquatoriale und die dadurch abgeschiedene obere Etage die zwei-, die untere die einmalige meridiane Theilung erfahren hat. Sie ist anfänglich so breit wie der Keimkörper

1) Vergl. darüber das Gesagte im 1. Kapitel.

Regensburgische Botanische Gesellschaft

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0053-7

selbst und vermittelt den Uebergang zwischen diesem und seinem Träger (Fig. 10). Ihre erste Theilung ist entschieden eine senkrechte; in einem Fall sah ich eben die Kerntheilung, wobei die Chromatinelemente in horizontaler Richtung auseinander traten und dadurch die Lage der entstehenden Membran bestimmten. In den meisten Fällen war der Embryo so orientirt, dass die betreffende Wand zur Zeichenebene senkrecht war. Die weitere Theilung erfolgt hernach in senkrecht gekreuzter Richtung (Fig. 12). Es ist dies eine Bestätigung für Hegelmaier's[1]) Satz: „Die erste Theilung in der in Rede stehenden Zelle ist in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine senkrechte, welche sich nach einiger Zeit in rechtwinklig gekreuzter Richtung fortsetzt." Dagegen stimmt es nicht mit dem Verhalten an Helianthus, wovon Fleischer sagt, dass besagte Zelle zwei Quertheilungen erfahre, bevor Längstheilung eintrete.

Indessen ist auch in der darunter liegenden Zelle des Vorkeims Kerntheilung eingetreten und hat dieselbe ebenfalls durch eine verticale Wand zwei Tochterzellen ausgeschieden (Fig. 12, 14). Die Längstheilungen setzen sich nun fort, sowohl in der Anschluss- als auch der darunterliegenden Zelle; sie wiederholen sich jedoch in ersterer häufiger als in letzterer und führen zur Bildung einer concentrisch geschichteten Zelllage. Zu dieser Zeit wird dann der Keimkörper durch diese Zellschicht zur ungefähren Kugelform ergänzt (Fig. 16). In der Folge zeigt sich nun, dass die Descendenzen der beiden genannten Zellen, trotz ihres verschiedenen anfänglichen Verhaltens, sich in gleicher Weise am Aufbau der embryonalen Wurzel betheiligen, wie die Anschlusszelle von Capsella. Die mittleren Zellen des Hypophysenderivats schliessen nämlich das Gewebe des Periblems nach unten ab, während die peripherischen dagegen sich an die der Hauptzelle entstammenden Dermatogenzellen anschliessen. Durch weitere Theilungen in der folgenden Vorkeimzelle ist ferner eine Zellschicht entstanden, deren Zellen nochmals horizontal gespalten werden; die inneren Tochterzellen vervollständigen das Dermatogen zu einer allseitig geschlossenen Hülle, welche in der Folge die Rolle eines Calyptrogens übernimmt; die äusseren aber constituiren sich zu einer primären Haubenschicht (Fig. 19).

In der Folge verwischen sich die Grenzen zwischen den Descendenzen der Hauptzelle und denen der mitbetheiligten Vorkeimzellen und in fast reifen Embryonen, wie Fig. 22 die untere Partie eines solchen darstellt, sind bereits zwei Schichten der embryonalen Wurzel-

1) p. 23.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0054-3

haube zur Ausbildung gekommen, während in ganz reifen Keimen sich gewöhnlich deren drei angelegt haben. Dabei sind jedoch auch schon der ursprünglichen Keimzelle entstammende Dermatogenzellen von der Spaltung ergriffen worden. In dieser Ausbildung stimmt die embryonale Wurzel mit dem nach dem heutigen Stande der Wissenschaft bekannten Typus bei den Dicotyledonen überein, und vor der Keimung erfährt weder sie noch der übrige Embryo eine weitergehende Differenzirung.

III. Enstehung und Resorption des Endosperms.

Die Compositen gehören bekanntlich zu jenen Familien der angiospermen Pflanzen, welche im reifen Samen kein freies Endosperm als Reservenahrung führen, weil dasselbe nach seiner Entstehung von den Cotyledonen des heranwachsenden Embryos mehr oder weniger vollständig resorbirt wird, um bei der Keimung und der ersten Wachsthumsperiode verbraucht zu werden.

Das Endosperm verdankt auch hier seine Entstehung der freien Kerntheilung des primären Endospermkerns. Derselbe liegt in eine Protoplasmaansammlung eingebettet, die jedoch nicht, wie dies bei andern Pflanzen der Fall ist, durch ein Netzwerk von Fäden mit dem plasmatischen Wandbeleg sich verbindet, sondern in Form eines centralen Strangs im Keimsack verläuft. Seine erste Theilung fällt in der Regel zusammen mit derjenigen der befruchteten Eizelle. In ganz seltenen Fällen vollzieht sich dieselbe, bevor zur Anlage des Vorkeims geschritten wird (Fig. 4). Von da an halten dann die Theilungen der Endospermkerne mit denjenigen der Eizelle so ziemlich Schritt (Fig. 5—9).

Ich habe mich umsonst bemüht, die betreffenden Kernfiguren etwas näher zu studieren, denn einmal sind dieselben zu klein gegenüber denen gewisser Monocotyledonen, welche so werthvolles Material zu solchen Untersuchungen geliefert haben; anderseits ist es aus bereits bekannten Gründen nicht gerade leicht, Schnitte zu erhalten, um mit starker Vergrösserung Aussicht auf Erfolg haben zu können. Wo desshalb Chromatinelemente eingezeichnet sind, handelt es sich mehr um Andeutung der Theilung als um naturgetreue Darstellung. Nur insofern ist die Beobachtung der freien Kerne und damit auch die Verfolgung der Endospermentwickelung eine günstige zu nennen, als der grosse Mutterkern in dem Raum des Embryosackes eine centrale Lage einnimmt, eine Erscheinung, wie sie Hegelmaier besonders auch für die Ranunculaceen namhaft macht.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0055-9

Nach vollzogener Theilung wandern die Tochterkerne in den protoplasmatischen Wandbeleg, in der Regel weit auseinander und man erkennt in diesem Verhalten ihre Tendenz, den ganzen Keimsack in möglichst kurzer Zeit mit ihren Nachkommen zu bevölkern. Immerhin lässt sich hier nicht in allen Fällen eine darauf abzielende Orientirung der Kernfigur, d. h. ein Auseinandertreten der Theilkerne in der Richtung des grössten Durchmessers, constatiren, wie dies H.[1]) an Lotus corniculatus beobachtet haben will. Dagegen lässt sich sicher in der Vertheilung und Anordnung der Kerne der Entwickelungsmodus des Endosperms erkennen, den genannter Forscher als den allseitig peripherischen bezeichnet. Die Kerne vertheilen sich auf die ganze innere Oberfläche des Keimsacks mit Ausnahme der schnabelförmigen Verengerung, wo wir den Aufenthalt der Antipoden constatirt haben. Dieser Theil bildet sich überhaupt im Laufe der späteren Entwickelung und Erweiterung des Embryos und nach Verschrumpfung der Antipoden als nutzloser Anhang zurück. Die Theilungen ergeifen alle Kerne so ziemlich zu gleicher Zeit und führen also immer zur Verdoppelung der jeweiligen Kernzahl. Zufolge dieser Thatsache und gestützt auf ausgeführte Zählungen, lässt sich dann auch ableiten, dass bei Taraxacum vor der Anlage der ersten Endospermschicht 32 freie Endospermkerne gebildet werden, eine Zahl, die gegenüber vielen anderen Pflanzen ganz bedeutend zurücksteht. Allerdings ist ja nicht ausgeschlossen, dass unter besondern Bedingungen auch eine nochmalige Theilung stattfinden kann. Der Wandbelag vertheilt sich nun derart auf diese Kerne, dass die Plasmahaut derselben jene strahlige Struktur zeigt (Fig. 20), wie sie schon vielfach beschrieben worden ist. Von jedem Kern als Mittelpunkt gehen wenige radienartige feinkörnige Streifen aus, die denjenigen der Nachbarkerne begegnen. Zwischen denselben werden dann schliesslich die Zellwandungen als ein Netzwerk zarter Linien angelegt.

Die feinkörnige Substanz, welche die Entstehung von Zellwandungen einleitet, will Strasburger als Stärke erkannt haben. Hegelmaier stellt dies wenigstens für die von ihm untersuchten Pflanzen in Abrede. Wegen vorgerückter Jahreszeit fehlte es mir an geeignetem frischen Material, um diesbezügliche Untersuchungen an Taraxacum anstellen zu können.

Die Anlagen der künftigen Membranen zeigen sich zu gleicher Zeit in allen Theilen des Keimsackes, so dass man die Entstehung

1) Hegelmaier, Untersuchungen über die Morphologie des Dicotyledonen-Endosperms. Nova acta d. Ksl. Leop. Carol. deutsch. Ac. d. Naturf. Bd. XLIX. Nr. 1.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0056-5

der Zellwandungen der Endospermzellen als eine simultane bezeichnen kann. Ziemlich häufig trifft man Zellen, welche zwei Kerne einschliessen; dieselben zeichnen sich meist durch besondere Grösse vor andern aus (Fig. 20), so dass man wohl zu der Annahme berechtigt ist, dass nachher eine nochmalige Theilung in diesen Zellen stattfindet.[1]) Viele Kerne wiederum verfügen über zwei Kernkörperchen; namentlich die ersten freien Kerne enthalten dieselben in der Zweizahl und dazu von ganz auffallender Grösse.

Die Anordnung der ersten Endospermschicht fällt in eine Zeit, wo der Embryo relativ noch wenigzellig ist. Die Fig. 20 ist einem Präparat entnommen, wo der der Deutlichkeit zulieb nicht eingezeichnete Keim ungefähr die Ausbildung desjenigen von Fig. 12 besass. Die hierauf folgende Vermehrung des Endosperms durch Theilung erfolgt äusserst rasch. So war immer und in allen Fällen der Embryosack zu einer Zeit, wo der Scheitel des Embryos zur Hervorwölbung der Cotyledonen abgeflacht war, ganz mit Endosperm erfüllt. Mit der Zunahme desselben schwinden die letzten Reste des Nucellus bis auf die schon bekannte Endothelschicht, welche zur Form eines strukturlosen Häutchens zusammengepresst wird, das in tingirten Längsschnitten aus reifen Früchten als schwarze Linie erscheint. In gleicher Weise werden auch die inneren Zellschichten des einen Integuments aufgelöst bis auf 2—3 Lagen, die, ebenfalls unter Einbüssung der typischen Zellformen, in den Dienst einer Samenhaut treten, wovon später noch gesprochen wird.

Die Form der Endospermzellen ist meist cubisch; nicht selten zeigen sie jedoch auch unregelmässig polyedrische Umgrenzung. Was ihre Reservestoffe betrifft, so ist wohl keine Frage, dass sie zum grössten Theil Oel führen. Dasselbe ist jedoch in jüngeren Stadien in so feinen, wenn auch sehr zahlreichen stark lichtbrechenden Tröpfchen vorhanden, dass Reagenzien auf dasselbe nichts Positives zu Tage fördern, sofern man nicht seine Zuflucht zur makrochemischen Untersuchung nehmen will. Dagegen könnte das massenhafte Auftreten von grossen Oeltropfen in den Cotyledonen die gemachte Annahme vielleicht einigermassen stützen. In der Folge wird nämlich das entstandene Endosperm durch den sich vergrössernden Keimling zusehends wieder aufgezehrt, so dass im Samen von zur Aussaat reifen Früchten sich nur mehr zwei Schichten stark gepresster En-

1) In dem Sinne nämlich, dass die entstehenden Wände auf der Wandung des Embryosackes senkrecht stehen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0057-0

dospermzellen nachweisen lassen, welche jetzt die Function einer inneren Samenhaut übernommen haben.

IV. Das Integument und die spätern Samenhäute.

Wie es für die Sympetalen überhaupt Regel ist, besitzt die Samenanlage von Taraxacum nur ein Integument. Dasselbe hat zur Zeit der Befruchtungsreife eine ganz ansehnliche Dicke und übertrifft die Zahl von 10 Zellschichten, die im Mikropylenende einen immer gerade zum Embryosack verlaufenden, ziemlich weiten Kanal offen lassen. Das Gewebe besteht aus ungefähr isodiametrischen Zellen mit zarten Membranen. Die äusserste Zellschicht, die wir passend als Epidermis bezeichnen dürfen, sowie die innern Lagen, welche das Integument gegen den Nucellus abgrenzen, zeichnen sich von den übrigen durch grössere Abflachung der Zellen aus. Erstere erhält noch dadurch ein besonderes Gepräge, dass sie sich stellenweise von den darunterliegenden Zellen loslöst; sie erfährt auch im Laufe der Entwickelung, wie wir noch sehen werden, eine besondere anatomische Ausbildung und physiologische Bedeutung.

Das Gefässbündel, das durch den sehr verkürzten Funiculus am Grunde der Samenanlage eintritt, verläuft in der Raphe und zwar unter der als Epidermis bezeichneten äusseren Schicht auf der einen Seite des Integuments hinauf bis zur Chalaza und auf der andern Seite hinunter bis in die Gegend der Mikropyle. Dieselbe Eigenthümlichkeit erwähnt auch Brandza[1]) bei Helianthus.

Innerhalb des Integumentes folgt der Nucellus, dessen innerste Schicht jene charakteristische Ausbildung erfahren hat, wie sie bereits eingangs des embryologischen Kapitels beschrieben wurde und auf deren Schicksal ich weiter unten noch zurückkomme. Der Nucellus hat zur Zeit der Anthese eine namhafte Ausbildung erfahren und wird ungefähr auf $^3/_4$ seiner Länge vom Embryosack durchsetzt. Doch lässt sich schon eine Auflösung der an das Endothel grenzenden Zellschichten beobachten, die von dieser Zeit an immer mehr um sich greift.

Mit dem raschen Wachsthum des Embryosacks nach der Befruchtung wird auch die Samenanlage bald erheblich gestreckt, wobei die Zellschichten des Nucellus und solche des Integuments von innen her aufgelöst werden, während die Zellen der äussern Lagen desselben in der Richtung ihres Längendurchmessers stark gedehnt werden. Die Verminderung der Dicke des Integuments macht sich anfänglich

1) Brandza, Développement des téguments de la graine. Revue générale de Bot. 1891. T. III.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0058-6

besonders in der mittleren Zone deutlich bemerkbar, während es in der Chalazagegend noch längere Zeit, nur unter Vergrösserung seiner Zellen, seine ursprüngliche Ausdehnung erhält. Sobald die Eizelle ihre erste Theilung ausgeführt hat und der Embryo in seinen ersten Differenzirungen begriffen ist, so lässt sich, namentlich unter dem Einfluss des zunehmenden Endosperms, der fortschreitende Auflösungsprocess der Integumentzellen in der Mitte der Samenanlage constatiren. Man zählt auf guten Medianschnitten in dieser Gegend kaum mehr als 6 Schichten, während die Zahl derselben am Chalazaende noch viel beträchtlicher ist und die Samenanlage sich hier infolge ihres Längenwachsthums in den Schnabel des Pericarps vorschiebt.

Was den Inhalt dieser Integumentzellen betrifft, so fallen schon vor der Befruchtung neben den verhältnissmässig grossen Zellkernen krystallinische Körper von sehr verschiedener Form, quadratischen, rhombischen, sechsseitigen etc. Tafeln auf. Die Vermuthung, man habe es hier mit oxalsaurem Kalk zu thun, wurde durch die darauf gerichtete Untersuchung sowohl an frischem wie an Alkoholmaterial bestätigt. (Auf Zusatz von verd. Salzsäure (1:10) zu den Schnitten liess sich der Auflösungsprocess dieser Körper unter dem Mikroskop sehr schön verfolgen, wobei keine Blasen entwickelt wurden.)

Derselbe ist hier unstreitig als ein Endprodukt des Stoffwechsels anzusprechen, das keine weitere Rolle mehr zu spielen hat, worauf auch schon von Holfert[1]) hingewiesen wurde. Angezeigt erschien mir an dieser Stelle die Untersuchung auf transitorische Nährstoffe, nach dem Vorgang des genannten Autors. Uebereinstimmend mit analogen Beobachtungen an andern Compositen blieb auch hier die Prüfung auf Stärke erfolglos, hingegen erhielt ich durch Einlegen nicht zu dünner Schnitte in Fehling'sche Lösung und nachfolgendes Erhitzen zum Kochen in den Integumentzellen starke Niederschläge von Kupferoxydul, ein Beweis, dass im Zellsaft dieser Zellen Glycose zugegen ist. Mangels an frischem Material habe ich es mir versagen müssen, das Vorkommen in den verschiedenen Stadien weiter zu verfolgen.

Zu der Zeit, wo der Embryo seine Cotyledonen differenzirt, beginnen die Zellen der äussersten Integumentschicht sich spiralig zu verdicken und zwar vom Mikropylende gegen die Chalaza fortschreitend (Fig. 27). Von den darunterliegenden Zellschichten lassen sich am Mikropylende sowohl

---

1) J. Holfert, Die Nährschicht der Samenschalen. Flora 1890 Bd. 73 pag. 279 u. ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0059-4

wie an der Chalaza noch 3—4, an den Seiten jedoch kaum mehr als 1—2 Schichten unterscheiden. Nach innen zu folgt dann eine Reihe stark deformirter, abgeplatteter Zellen, die sich in noch etwas grösserer Anhäufung an der Mikropyle vorfinden und die sich, entwickelungsgeschichtlich verfolgt, als die Reste des bereits erwähnten Endothels erweisen. In etwas weiter gediehenen Keimstadien trifft man dann noch eine innerste Schicht aus meist zwei Lagen mehr oder weniger obliterirter, vom Embryo nicht resorbirter Endospermzellen.

Zum Reifestadium übergehend, lässt sich dann Folgendes konstatiren: die äussere Samenhaut ist eine Zellschicht mit länglichen, etwas ineinander geschobenen, spiralig verdickten Zellen (Fig. 27). Man kann diese Haut nach etwa 12stündiger Quellung der Frucht in verd. Kalilauge leicht mit der Lanzette herauspräpariren. Auf der Mikropylseite sind diese Zellen vielfach gekrümmt und in Falten gelegt, so dass diese Samenhaut hier eine haufenartige Anordnung zeigt.

Ich finde in dieser eigenthümlichen Ausbildung eine Uebereinstimmung mit den von Loose[1]) gemachten Angaben über Anandria Bellidiastrum DC., wo die Zellen jedoch verholzt sein sollen, und muss mich nur wundern, dass dieser typische Bau bei Taraxacum weder von genanntem Verfasser, noch von andern Schriftstellern auf diesem Gebiet Erwähnung gefunden hat.

Es ist nach meinem Dafürhalten hier keine Frage, dass diese Zellschicht bei der Keimung, die nach angestellten Versuchen im Laboratorium schon nach 3—4 Tagen erfolgt, insofern eine wichtige physiologische Rolle spielt, als sie mit grosser Begierde Wasser aufzunehmen und zu speichern vermag, ganz analog den Zellen im Stengel der Sphagnaceen und denjenigen der Luftwurzeln tropischer Orchideen.

In der darunter liegenden Schicht, die aus den folgenden Integumentschichten durch Zusammenpressen ihrer Zellen hervorgegangen ist, lässt sich meist keine Zellstruktur mehr erkennen; nur an den Stellen, wo die Raphe verläuft, hat sich jene noch einigermaassen erhalten, so dass man daselbst noch mehr oder weniger ihren ursprünglichen Charakter erkennen kann. Loose[2]) hat sogar in dieser Schicht bei Arctium netzförmige Verdickungen, bei Carthamus Poren beobachtet.

Die innerste Schicht der Testa endlich wird, wie Loose ganz richtig vermuthet hat,[3]) von zwei Lagen übrig gebliebener Endospermzellen

1) R. Loose, Die Bedeutung der Frucht- und Samenschale der Compositen für den ruhenden und keimenden Samen. Inaug.-Diss. d. Univ. Berlin. 1891.

2) pag. 23.

3) pag. 23.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0060-6

gebildet, die hier jedoch stark abgeplattet erscheinen. Nach aussen sind dieselben umsäumt von einer noch deutlich erkennbaren, in tingirten Präparaten schwarz gefärbten Linie, die nichts anderes ist, als die total deformirten, aneinander gereihten Reste der ursprünglichen Endothelzellen. Wenn Loose angibt,[1]) dass diese Zellen der innersten Schicht das Wasser reichlich aufnehmen und durchlassen, so lässt sich diese Beobachtung mit dem übrigen Bau der Testa sehr wohl vereinbaren.

Man wird aus diesen Ausführungen deutlich genug ersehen, wie nothwendig es ist, die Entwickelungsgeschichte zu Rathe zu ziehen, um sich ein richtiges Verständniss und Urtheil über den Bau der Samenhäute im reifen Samen zu bilden. Darauf hat schon Brongniart[2]) hingewiesen, indem er sagt, dass das Studium der Veränderungen, welche sich im Ovulum vom Momente der Befruchtung an bis zur Zeit des ausgebildeten Zustandes, wo es zum Samen wird, uns einzig über die Unterscheidung der verschiedenen Samenhüllen aufklären könne. Im Jahre 1838 hat Schleiden abermals die Nothwendigkeit des embryologischen Verfahrens betont. In Bezug auf entwickelungsgeschichtliche Leistungen auf diesem Gebiete verweise ich hier nur auf die betreffenden Litteraturangaben in den Arbeiten von Holfert und Brandza.

Zum Schlusse möchte ich noch eine Stelle in Brandza's Arbeit berühren, wo dieser Autor sagt: „Dans quelques familles (Linées, Composées, Rhamnées) les téguments de la graine sont formés par l'unique enveloppe ovulaire et par certaines assises du nucelle." Weiter sagt er dann über die innerste Samenhülle von Helianthus, die er als Repräsentant für die Compositen anführt: „Un épiderme, à cellules petites et cutinisées, limite le tégument vers l'interieur." Nach meinen eigenen Untersuchungen an Taraxacum, deren Resultate ich im Vorliegenden niedergelegt habe, sowohl, wie nach den Darstellungen Loose's für die Compositen im Allgemeinen hätte man Grund, obige Angaben anzuzweifeln, da doch nicht anzunehmen ist, dass Helianthus eine Ausnahme macht.

V. Das Pericarp.

Die Fruchtschale der Compositen ist bereits bei Heineck[3]), sowie in der schon citirten Arbeit von Loose Gegenstand der Unter-

1) pag. 25.

2) Brongniart, Sur la génération et le développement de l'embryon dans les plantes phanérogames.

3) Heineck Otto, Zur Kenntniss des feineren Baues der Fruchtschale der Compositen. Inaug.-Diss. d. Univ. Giessen. Leipzig 1890.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0061-1

suchung gewesen. Obwohl der Bau des Pericarps von Taraxacum sich ungezwungen in eine der von genannten Bearbeitern aufgestellten Gruppen einreihen lässt und dort auch im Grossen und Ganzen richtige Beurtheilung gefunden hat, so bin ich dennoch im Falle, nochmals darauf einzutreten, einerseits, um die Entwickelungsgeschichte in kurzen Zügen zu verfolgen, anderseits in der Absicht, die Eigenthümlichkeiten dieser Frucht hervorzuheben und meine, in mehreren Punkten von den früheren Angaben etwas abweichenden, Ansichten auszusprechen.

Zur Zeit der Anthese besteht das Pericarp aus einem mehrschichtigen Gewebe von parenchymatischen Zellen, nach Aussen abgegrenzt durch eine Epidermis compact zusammenschliessender typischer Oberhautzellen. Am oberen Umfang des Pericarps bildet die Epidermis anfänglich warzenförmige Emergenzen, in die sich die darunterliegenden Zellschichten fortsetzen. Das ganze Gewebe wird durchzogen von vier einander kreuzweise gegenübergestellten centrifugal angeordneten Gefässbündeln, die, ursprünglich vereinigt, aus dem Receptaculum commune am Boden des Fruchtknotens eintreten (Fig. 23). Schon in ganz jungen Zuständen beobachtet man im Gewebe des Fruchtknotens die Anlage der später noch näher zu besprechenden Stereïdenbündel in Gestalt von meist kreisförmig zusammengelagerten Zellnestern (Fig. 25), die ohne Zweifel durch weitere Differenzirung der Parenchymzellen entstanden sind. — In ganz jungen Fruchtknoten trifft man an der Breitseite desselben am inneren Rand des Pericarps, direct dem Integument anliegend, zwei einander opponirte Bündel stark verdickter Zellen, die dem Ansehen nach sich nicht von Stereïden unterscheiden. Die Phloroglucin-Salzsäurereaction fällt aber negativ aus und ihre weitere Verfolgung zeigt, dass sie im Laufe der Entwickelung wieder spurlos verschwinden. Letztere Thatsache sowohl wie das Nichtverholztsein machen es mehr als wahrscheinlich, dass man es hier mit zwei Collenchymbündeln zu thun hat, welche im Stande sind, die Streckung des Junggewebes mitzumachen und bis zur anderweitigen Festigung des Fruchtknotens die mechanische Rolle zu übernehmen, an die zu dieser Zeit jedoch kaum grössere Anforderungen gestellt werden, als etwa dem gegenseitigen Druck der wachsenden Fruchtknoten zu widerstehen.

Schon vor der Befruchtung, namentlich aber nach dem Eintritt derselben und der darauf folgenden Streckung macht sich ein allgemeiner Auflösungsprocess der inneren Zellschichten des Pericarps geltend, wobei auch allmählich die genannten Collenchymgruppen verschwinden (Fig. 25.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0062-7

In Stadien, wo der Embryo sich bereits zu einem kugelförmigen Zellcomplex entwickelt hat, beginnen die Epidermiszellen, sowohl am unteren Theil des Fruchtknotens als auch an der Oberfläche der bereits erwähnten Emergenzen in einzellige Haare auszuwachsen, ein Process, der in seinem Verlauf dem Entstehen der Trichome an vegetativen Pflanzentheilen vollkommen analog ist. Das sind jene Haare, die bei anderen Compositen so ausserordentlich verschieden gestaltet sind und eine wichtige biologische und vielleicht auch physiologische Rolle spielen (Fig. 28 u. 29).

Eine wichtige Veränderung tritt gegen das Ende der Samenreife mit jenen bereits genannten nesterförmig angeordneten Zellgruppen im Pericarp ein. Dieselben beginnen sich, von innen nach aussen fortschreitend, stark zu verdicken und sind am Ende des Reifestadiums vollkommen verholzt, was sich an der schönen Färbung mit Phloroglucin-Salzsäure leicht erkennen lässt.

Gleichzeitig mit der Ausbildung der Stereïden geht eine poröse Verdickung der übrigen parenchymatischen Pericarpzellen einher. Ich glaubte anfänglich bei der Untersuchung dieser Zellen, der Angabe Heineck's beipflichten zu müssen, der von „siebartig durchlöchert" spricht. Die Anwendung der Oelimmersion auf gute Präparate vermochte mich jedoch über den wahren Sachverhalt aufzuklären, indem sich nämlich an besonders günstig getroffenen Stellen thatsächlich die primäre Membran nachweisen liess. Dieses Pericarpgewebe, das im reifen Zustand des Samens die genannten Hartbündel einschliesst, besteht im Uebrigen, mit Ausschluss der Epidermis, noch aus 2—3 Schichten. Letztere selbst setzt sich zusammen aus compact zusammenschliessenden, stark cuticularisirten Zellen, deren Structur jedoch nicht überall mehr zu erkennen ist. Die unmittelbar unter der Epidermis liegende Schicht zeichnet sich durch ihre besonders grossen, isodiametrischen und schön palissadenförmig angeordneten Zellen aus; es ist oft noch die einzige Zelllage, welche sich über die Stereïden hinzieht und dieselben von der Epidermis trennt (Fig. 26). Die Zellen der inneren Schicht resp. Schichten sind kleiner und grenzen unmittelbar an die äussere Samenhaut.

Was das Verhältniss des Pericarps zu dem Integument während der Entwickelungsfolge betrifft, so ist leicht darzuthun, dass es in keinem Stadium des Reifungsprocesses zu einer innigeren Verbindung zwischen beiden kommt, wie dies auch Jumelle[1]) für die Caryopse der Gramineen ausgesprochen hat.

1) Jumelle, Sur la constitution du fruit des Graminées. Compt. rend. de l'acad. d. Sc.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0063-3

Ich komme nun noch auf den Zusammenhang zwischen dem anatomischen Bau und den Functionen des Pericarps zu sprechen. Es ist allgemein bekannt, dass der Same manchmal schon auf der Mutterpflanze, namentlich aber von der Zeit der Lostrennung von derselben bis zur Keimung, mannigfachen Fährlichkeiten ausgesetzt ist, gegen die er eben durch einen zweckentsprechenden anatomischen Bau sich schützen muss. Bei den Compositen fällt die Rolle eines Schutzapparates in weitaus den meisten Fällen dem Pericarp zu. Die zahlreichen Einrichtungen im inneren Bau desselben, welche diesem Zwecke dienlich sind, sind bereits von Heineck und in der bedeutend sorgfältigeren Arbeit von Loose dargestellt worden. Es handelt sich im Vorliegenden noch darum, auf genannte Verhältnisse bei Taraxacum einzutreten.

Die aus stark verdickten, mit ihren spitzen Enden in einander gekeilten, prosenchymatischen Zellen bestehenden Bündel erscheinen auf dem Querschnitt kreisrund, manchmal aber auch bedeutend verbreitert; ihre Zahl ist je nach der Grösse der Frucht sehr schwankend, oft grösser als 20. Das Gewebe des Pericarps tritt über diesen Bündeln stark nach Aussen vor (Heineck's Wellblechform) und veranlasst die Bildung von Fruchtrippen, deren Zahl mit derjenigen der Bündel übereinstimmt. Immer findet man noch kleinere, oft aus nur 2—3 Zellen bestehende Bündel zwischen den dickeren eingestreut, die aber nicht zur Bildung von nach aussen vortretenden Rippen Veranlassung geben und auch keineswegs die ganze Frucht durchziehen. Die Bündel verlaufen, von einander isolirt, in schwach gekrümmten Bogen von grossem Krümmungsradius einander parallel durch die Frucht, um an deren Enden theilweise aufzuhören, theilweise am oberen Theil noch in den Pappusstiel sich fortzusetzen. Eine Annäherung resp. Vereinigung der Bündel findet somit nur an den beiden Enden der Frucht statt. Sowohl die Form und Ausbildung der einzelnen Zellen, als auch die Anordnung der Bündel selbst bieten eine geeignete mechanische Einrichtung für Biegungs- und Druckfestigkeit. Erstere wird erreicht durch die langen prosenchymatischen Zellen, letztere, die hier hauptsächlich in Betracht fällt, durch die bogenförmig verlaufenden und etwas in die Tiefe verlagerten Bündel, welche als eigentliche Träger am unteren und oberen Ende der Frucht auf festen Widerlagern aufruhen. Diese Momente sind es aber, welche die Frucht befähigen, nachdem sie an den Ort der Keimung gelangt ist, mechanischen Einflüssen von Aussen erfolgreichen Widerstand zu leisten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0064-9

Dem Füllgewebe des Pericarps, das die Hartbündel in sich schliesst, wie dasselbe bei Taraxacum zur Ausbildung gekommen ist, spricht Loose die Rolle eines Luftgewebes zu, das die Aussaat der Früchte durch den Wind zu begünstigen habe. Trotzdem die Anforderungen, die genannter Autor an ein Luftgewebe stellt: nach Aussen verlagerte grosse, porös verdickte und verholzte Zellen, hier erfüllt sind, sehe ich nicht ein, warum bei einem allseitig so günstig ausgebildeten Pappus noch eine weitere Einrichtung hinzutreten soll, um demselben Zweck zu dienen. Ich möchte überhaupt die ganze Theorie dieses Luftgewebes sehr in Frage stellen, allerdings ohne zur Zeit mehr als eine andere Ansicht an ihre Stelle setzen zu können. Ich glaube, wenn der Pappus vorhanden ist, so genügt er allein vollkommen als Verbreitungsmittel, und wenn er fehlt, so wäre das sog. Luftgewebe infolge der geringen Fruchtoberfläche schwerlich im Stande, seine Function zu übernehmen. In solchen Fällen sind die Früchte wahrscheinlich gar nicht auf die Verbreitung durch den Wind angewiesen. Die Bestimmungen des spec. Gew. mit dem Pyknometer, die Loose angibt, sind nach meiner Ansicht und wie er selbst mehr oder weniger zugibt, zu unzuverlässig, als dass sie hier etwas beweisen könnten.

Ebenso entschieden, als es Loose in Abrede stellt, bin ich dagegen der Ansicht, dass, mindestens bei Taraxacum, der Bau des Pericarps die Wasseraufnahme bei der Keimung begünstigt. Es ist hier zudem zu betonen, dass letztere bei dieser Pflanze sehr rasch vor sich geht, was man aus folgendem Versuch ersehen dürfte: Am 7. Juni brachte ich reife Früchte zur Aussaat und schon am 12. hatte ich Keimpflänzchen, deren hypocot. Glied 12 mm, die Radicula 6, und die ovalen Cotyledonen 4—5 mm lang waren. Der im vorigen Kapitel beschriebene sehr charakteristische anatomische Bau der äusseren Samenhaut, vermöge dessen dieselbe begierig Wasser anzieht und speichert, verlangt eben gewiss auch einen Bau im Pericarp, welcher gestattet, in relativ kurzer Zeit möglichst rasch und viel Wasser durchzulassen. Diese Bedingungen finde ich aber gerade erfüllt einerseits durch die Grösse, anderseits durch die poröse Verdickung der Pericarpzellen. Die mechanischen Bündel sind dabei selbstverständlich unbetheiligt. Die Verholzung der Pericarpzellen hat jedenfalls nur den Zweck, die Festigkeit des Gewebegerüstes zu erhöhen.

Der Pappus sitzt zur Zeit der Fruchtreife auf einem ca. 15 mm langen Stiel, der auf seiner unteren Seite dem Schnabel des Pericarps aufsitzt und als Fortsetzung desselben betrachtet werden kann. Im Stiel verlaufen Sklereïdenbündel; der Zahl nach habe ich nie weniger

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0065-4

als vier und nicht mehr als fünf beobachtet. Dieselben entspringen aus dem Verbindungsstück, das durch Vereinigung der Bündel des Pericarps im Schnabel hervorgegangen ist. Auf dem oberen etwas verbreiterten Ende sitzen die Pappushaare in sehr grosser Zahl. Was den morphologischen Werth derselben betrifft, ist unstreitig die Ansicht, dass dieselben Trichome und nicht Phyllome sind, die richtigere. Diese Pappushaare stellen Zellkörper von wechselnder Zellenzahl dar; auf Querschnitten lassen sich bis 10 Zellen, selten auch mehr zählen, doch nimmt ihre Zahl gegen die Spitze zu ab. Die einzelnen Zellen sind lang, röhrenförmig von rundem Querschnitt und laufen oben in eine seitlich abstehende Spitze aus. Am Grunde sind die Haare verholzt, was sich mit Phloroglucin und Salzsäure leicht darthun lässt; die mittleren und oberen Zellen dagegen sind nur cuticularisirt. Während des Reifungsprocesses sind die Haare nach oben zusammengeschlagen; dieselbe Anordnung zeigen sie auch in der reifen Frucht bei nassem Wetter, während sie bei trockener und sonniger Witterung infolge Wasserverlust fallschirmartig sich ausbreiten, um durch den Wind die auf dem Receptaculum gelockerte Frucht wegzuheben.

Näher auf die übrigen Verbreitungsmittel einzugehen, finde ich für überflüssig, da diese Verhältnisse bereits von Hildebrandt[1]), Hoffmann[2]) und Anderen für die Compositen im Allgemeinen behandelt worden sind. Es mag nur noch hervorgehoben werden, dass die Achänien von Taraxacum in den zahlreichen einzelligen Haaren, sowie den auf den Fruchtrippen reihenweise angeordneten Buckeln, die selbst wieder mit solchen Haaren dicht besetzt sind, auch ausgezeichnete Mittel besitzen, sich im Boden möglichst solid zu verankern, um ihre Keimung zu sichern.

VI. Biologisches.

Trotzdem aus früheren Arbeiten, namentlich von Hermann Müller[3]), die Biologie von T. officinale als hinreichend bekannt gelten möchte, schien es mir doch wünschenswerth, einige Beobachtungen der Hauptsache nach zu wiederholen und ausserdem durch Anfügung einiger Ergänzungen, welche besonders die Zeit der Anthese und die Entwickelungsdauer der Frucht betreffen, das Ganze zu vervollständigen.

1) F. Hildebrandt, Ueber die Verbreitungsmittel bei den Compositen. Bot. Ztg. 1872.

2) Hoffmann, In Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfamilien.

3) Herm. Müller, Befruchtung der Blumen 1873.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0066-0

Die Entfaltung der befruchtungsreifen Blüthen auf dem gemeinschaftlichen Blüthenboden geschieht in centripetaler Reihenfolge. In Anbetracht der verhältnissmässig kurzen Zeit von 7—8 Stunden, während der die Inflorescenz täglich geöffnet und dem Insektenbesuch ausgesetzt ist, erscheint es selbstverständlich, dass nicht alle Blüthen am ersten Tag sich entfalten und bestäubt werden können. Zur Beantwortung der Frage, wie oft der Blüthenstand sich öffnen muss, um die Fremdbestäubung aller seiner Blüthen zu sichern, wurden Beobachtungen an vielen Stöcken und an verschiedenen Standorten gemacht und es lässt sich als Mittel drei Tage angeben. Bei günstigem, sonnigem Wetter waren am 3. Tag fast durchweg alle Einzelblüthen geöffnet; das Köpfchen blieb am 4. Tag geschlossen und begann zu verwelken. Es ist wohl einleuchtend, dass Kälte und Regen hier wie anderswo ihre hemmenden Einflüsse in einer Weise geltend machen, dass die Blüthen zu solchen Zeiten, schon mit Hinsicht auf die gänzliche Aussichtslosigkeit auf Insektenbesuch, sich nicht entfalten, sondern günstigere Verhältnisse abwarten und demnach auch nicht unbedeutende Abweichungen von der Regel zeigen.

Die Blüthen stehen auf einem eng bemessenen Raum von 1—2 cm, manchmal aber auch bedeutend grösseren Durchmesser, dem Blüthenboden, jede in einer besonderen Alveole und ohne Bracteen, dicht beisammen, in der Zahl zwischen 200 und 400. Sie sind, wie bei allen Cichorieen, hermaphrodit und zeigen proterandrische Dichogamie. Der Honig wird von einem, die Basis des Griffels umgebenden Discus, von Hildebrand Nectarkragen genannt, abgesondert (Fig. 24D) und steigt nach Hermann Müller bis in die oberen Partieen der Griffelröhre empor, so dass er selbst sehr kleinen Insekten von nur geringer Rüssellänge zugänglich ist. Diesem Umstand einerseits und der hohen Augenfälligkeit der Inflorescenz anderseits mag es zuzuschreiben sein, dass die Pflanze von einer ungewöhnlich grossen Zahl der verschiedenartigsten Insekten besucht wird, die unbewusst das Bestäubungswerk vollbringen.

Nach den scharfen Beobachtungen des bereits erwähnten berühmten Blumenbiologen Hermann Müller wird T. officinale besucht von 93 verschiedenen Insektenarten und zwar:

I. Hymenoptera:
   1. Apidae: 58, worunter vornehmlich die Gattungen Apis und Bombus;
   2. Formicidae: 1;
   3. Tenthredinidae: 1;

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0067-6

II. Diptera:
1. Empidae: 3, darunter die bekannte Empis livida.
2. Syrphidae: 15;
3. Muscidae: 3;

III. Lepidoptera: 7;

IV. Coleoptera: 4, worunter auch Coccinella, das jedoch vergebens zu saugen versucht.

V. Hemiptera: 1.

Nach demselben Forscher[1]) wird die gleiche Pflanze in alpinen Gegenden besucht von: 9 Coleoptera, 36 Diptera, 28 Hymenoptera, 35 Lepidoptera, wovon 32 Makro- und 3 Mikrolepidoptera.

Der Griffel besteht aus einem parenchymatischen Gewebe, dessen Zellen an Länge die Breite mehrfach übertreffen. Zwei getrennte Gruppen von Spiralgefässen durchziehen denselben, die bei der Gabeltheilung in die beiden Aeste verlaufen, um wenig unter der Spitze der letzteren zu endigen. In morphologischer Hinsicht zeigt er den typischen Bau des Compositengriffels. Bei der Pollenreife durchstösst er den 2—5 mm langen Antherencylinder und wächst noch 3—5 mm über denselben hinaus. Auf der Aussenseite des hervorragenden Theils ist er mit spitz auslaufenden, einzelligen Haaren, den sog. Fegehaaren, dicht besetzt, die sich in unveränderter Gestalt auf die Aussenseite der Narbenäste fortsetzen. Bei der erwähnten Streckung des Griffels werden die für die Compositen charakteristischen mit Leisten und Warzen versehenen Pollenkörner[2]) von den Fegehaaren aufgenommen und festgehalten, um sie gelegentlich den besuchenden Insekten auszuliefern. Die 1—2 mm langen Griffelschenkel werden auseinander gespreizt und zeigen auf ihrer Innenseite 12 und mehr Reihen papillöser Auswüchse, Narbenpapillen, und sind in dieser Ausbildung nun geeignet, den Pollen, welcher von Insekten aus jüngeren Blüthen hergebracht wird, abzustreifen und zum Keimen zu bringen.

Da die Narbenäste 1—1½ Spiralumläufe machen, so findet nach Herm. Müller bei ausbleibendem Insektenbesuch „Selbstbestäubung in grosser Ausdehnung“ statt. F. Hildebrand[3]) dagegen sagt: „Dass eine Selbstbestäubung, deren Vermeidung nach den Einrichtungen

1) Herm. Müller, Alpenblumen 1881.

2) Nach Hassal in Darwin: „Wichtigkeit der Kreuzung und Selbstbefruchtung“ hat T. officinale in jeder Blüthe ca. 243 600 Pollenkörner.

3) F. Hildebrand, Ueber die Geschlechtsverhältnisse bei den Compositen. Dresden 1869.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0068-2

in der Geschlechtsentwickelung schon deutlich ist, auch in der That nicht stattfindet, kann man leicht an solchen Blüthen beobachten, welche man im Zimmer, gegen Insektenbesuch geschützt, hat aufgehen lassen."

Da mir letztere Arbeit zu spät bekannt wurde, war es mir hierorts nicht mehr möglich, einen Versuch anzustellen, um den streitigen Punkt zu entscheiden, hingegen behalte ich mir die Erledigung der Frage für später vor.

Zur Feststellung der Entwickelungsdauer von der ersten Anthese bis zur Aussaat der Frucht habe ich an verschiedenen Standorten und zu verschiedenen Zeiten Stöcke markirt. In zwei Fällen konnte ich 19, resp. 20 Tage bis zum ausgereiften Stadium constatiren, in einem dritten Fall dagegen bedurfte der Fruchtknoten bis zur Aussaat der Frucht nur 17 Tage. Die auffällige Verspätung bei den ersten Objecten muss dem inzwischen eingetretenen zweitägigen Regenwetter und der dadurch ungünstig beeinflussten Anthese zugeschrieben werden.

Wohl in keinem Fall findet bei allen Blüthen Befruchtung statt. In allen näher untersuchten Köpfchen zeigten sich unbefruchtete Individuen, die an ihrem meist blassgefärbten und zusammengesunkenen Pericarp und dem kurz gebliebenen Pappusstiel leicht kenntlich sind. Die Zahl derselben ist jedoch äusserst verschieden. Während an sonnigen, stark exponirten Standorten sich in einem Fruchtstand auf 2—300 Blüthen manchmal kaum mehr als 10 unbefruchtete finden liessen, zählte ich von einem Exemplar, das im Schatten eines Gebüsches aufgewachsen war und sich infolge dessen keines ausgiebigen Insektenbesuches zu erfreuen hatte, auf 236 Blüthen 82 unbefruchtete Individuen. Die Zahl der letzteren nimmt bei später blühenden Exemplaren ganz erheblich zu und kann sogar die Zahl der befruchteten übertreffen. Schon diese Erfahrung dürfte geeignet sein, die Angaben Hildebrand's gegenüber denjenigen Herm. Müller's zu stützen. Dass die unbefruchteten zumeist am Rande stehen, lässt sich wohl aus dem centripetalen Aufblühen erklären, indem die Insekten erst die vollentwickelte und demzufolge auch auffälligere Inflorescenz besuchen und dann die Bestäubung der Randblüthen eben vernachlässigen.

In dem zur Aussaat reifen Fruchtstand wird die Verbindung der Achänien infolge der schirmförmig ausgespreizten Pappushaare gelockert, so dass leichte Windstösse sowie andere mechanische Einflüsse die Frucht wegheben und unter günstigen Verhältnissen an den Ort der Keimung führen, wobei der vortheilhaft entwickelte Pappus die Rolle eines Fallschirms übernimmt.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0069-0

Erläuterung der Tafeln.

Fig. 1. Der Embryosack vor der Befruchtung. Die stark tingirten Endothelzellen nur schematisch. e = prim. Endospermkern, ov = Eizelle, sy = Synergide, ant = Antipoden. Rechts ein Stück der innersten Integumentschicht. $^{730}/_{1}$.

„ 2. Dasselbe. Die zwei tiefern Antipoden nach einem andern Präparat eingezeichnet. $^{640}/_{1}$.

„ 3. Embryosack mit befruchteter Eizelle. $^{460}/_{1}$.

„ 4. Embryosack mit einer Synergidenbefruchtung. m_1, m_2 Membranen von Eizelle und Synergide. po = Pollenschlauchende. e^{I} und e^{II} = Endospermkern, sichtbar bei höherer Einstellung, e^{III} und e^{IV} = Endospermkern, sichtbar bei tieferer Einstellung. $^{620}/_{1}$.

„ 5. Getheilte Eizelle und zwei freie Endospermkerne. $^{460}/_{1}$.

„ 6. Dasselbe.

„ 7. Dasselbe. Die Antipoden hier besonders deutlich.

„ 8. Keimzelle bereits in Zweitheilung durch eine äquatoriale Wand. Teilfiguren der Endospermkerne. $^{730}/_{1}$.

„ 9. Embryosack mit dreizelligem Embryo, da in der obern Hälfte bereits eine neue Wand, in der Ebene des Papiers gelegen, entstanden ist. Vier freie Endospermkerne. $^{730}/_{1}$.

„ 9a Embryo um 90° gedreht, desshalb erste Wand in der obern Etage senkrecht zur Tafelebene. $^{460}/_{1}$.

„ 10. Embryo mit vierzelliger Ober- und zweizelliger Unterhälfte. $^{730}/_{1}$.

„ 11. Embryo mit drei abgegliederten Dermatogenzellen. Theilfiguren in den Endospermkernen. $^{460}/_{1}$.

„ 12. Weiter differenzirter Embryo. Die Dermatogenbildung ist in der cotylen Hälfte fast beendet. Bereits sind Vorkeimzellen zum Keimkörper übergetreten. $^{730}/_{1}$.

„ 13 u. 13a. Dasselbe. In 13a nur die zum Keim übertretenden Vorkeimzellen eingezeichnet. 13: $^{730}/_{1}$, 13a: $^{460}/_{1}$.

„ 14. Dasselbe. $^{730}/_{1}$.

„ 15. Embryosack mit unbefruchtet gebliebener und stark angeschwollener Eizelle, sowie einer blasig aufgetriebenen Synergide. Eine beginnende Deformation. $^{460}/_{1}$.

„ 16. Embryo von einer andern Seite betrachtet. $^{730}/_{1}$.

„ 17. Die Vorgänge in der obersten Vorkeimzelle. Einsenkung am Scheitel des Keimes als Vorbereitung zur Anlage der Cotyledonen. $^{730}/_{1}$.

„ 17a u. 17b. Zelltheilungen der obersten und zweitobersten Vorkeimzelle. $^{460}/_{1}$.

„ 18 u. 18a. Untere Partieen von Embryonen. In den Vorkeimzellen entstehen auch schiefansetzende Membranen. $^{460}/_{1}$.

„ 19. Eine bereits abgetrennte Schicht für die Wurzelhaube. Innen eine Lage von Initialzellen. $^{730}/_{1}$.

„ 20. Embryosack mit der ersten Endospermschicht. Degenerirte bedeutend angeschwollene Synergide mit schaumigem Plasma. $^{460}/_{1}$.

„ 21. Medianer Längsschnitt durch einen Embryo. Pleromcylinder und Cotyledonen. Die innerste Samenhaut angedeutet. $^{310}/_{1}$.

„ 22. Untere Partie vom medianen Längsschnitt eines bald reifen Embryos. Wh = Wurzelhaube, De = Dermatogen, Pe = Periblem, Pl = Plerom. $^{460}/_{1}$.

„ 23. Habitusbild. Längsschnitt durch den Fruchtknoten im Stadium der Anthese. Bezeichnung leicht verständlich. $^{70}/_{1}$.

„ 24. Ein Fruchtknoten mit zwei normal entwickelten und befruchteten Samenanlagen. D = Discus. $^{25}/_{1}$.

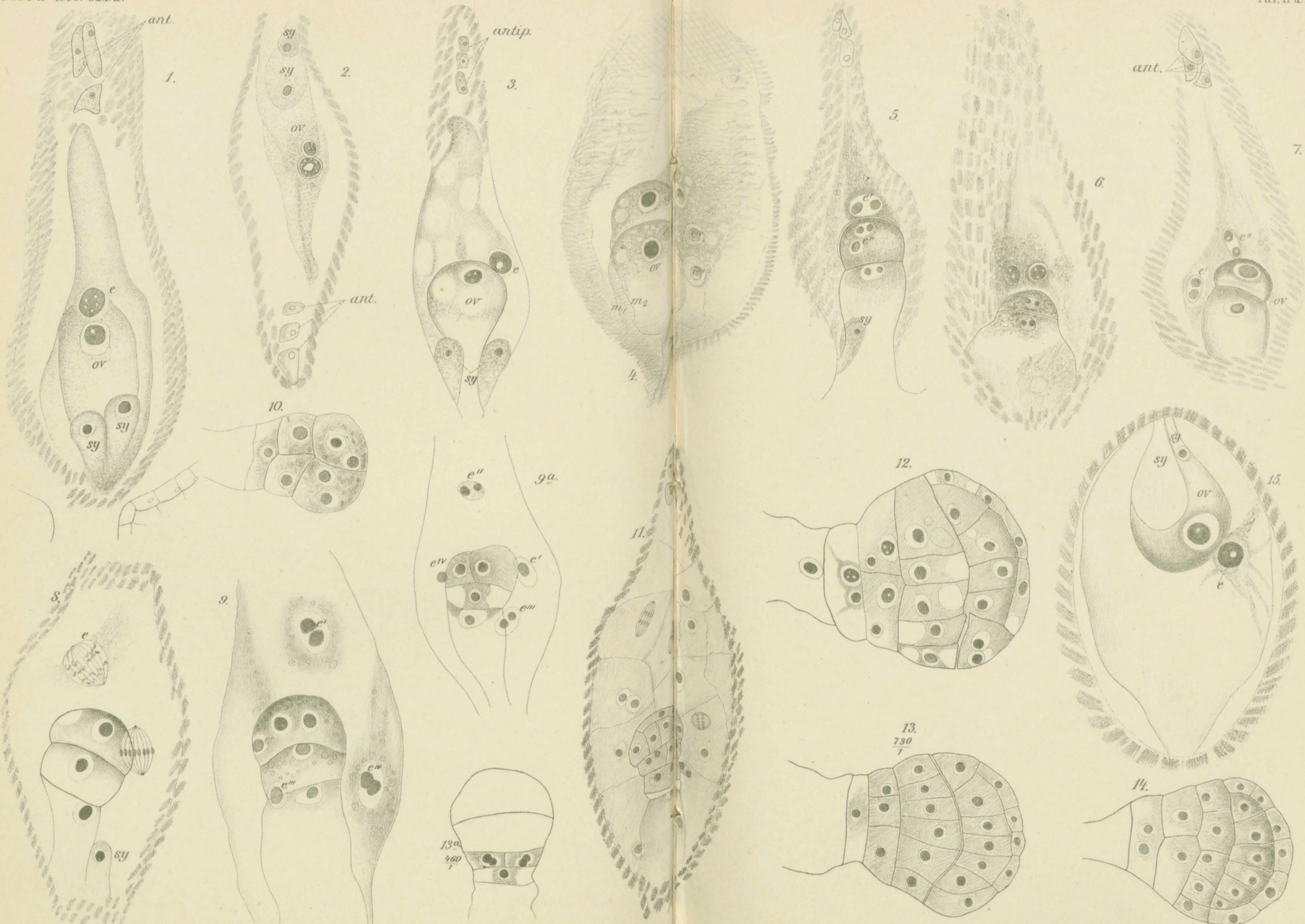
„ 25. Partie aus dem Querschnitt eines jungen Fruchtknotens. ep = Epidermis des Pericarps mit beginnender Auswachsung der Zellen, ast = Anlagen der Stereïdenbündel, gb = Gefässe, pz = in Auflösung begriffene Pericarpzellen, cob = sich degenerirende Collenchymzellen, ash = äussere Integumentschicht. $^{460}/_{1}$.

„ 26. Partie eines Querschnittes durch Frucht- und Samenschale der reifen Frucht, ep = Epidermis, p = Pericarp mit zwei Stereïdenbündeln (st) und porösen Zellen, S^{I}, S^{II} und S^{III} äussere, mittlere und innere Samenhaut. $^{460}/_{1}$.

„ 27. Stück aus der äussern Samenhaut mit spiralig verdickten Zellen. $^{460}/_{1}$.

„ 28 u. 29. Partieen vom Längsschnitt durch das Pericarp der reifen Frucht mit je einem Stereïdenbündel. Fig. 28 vom untern Theil, Fig. 29 eine Emergenz im Längsschnitt. gb = Gefässe. $^{460}/_{1}$.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0070-1

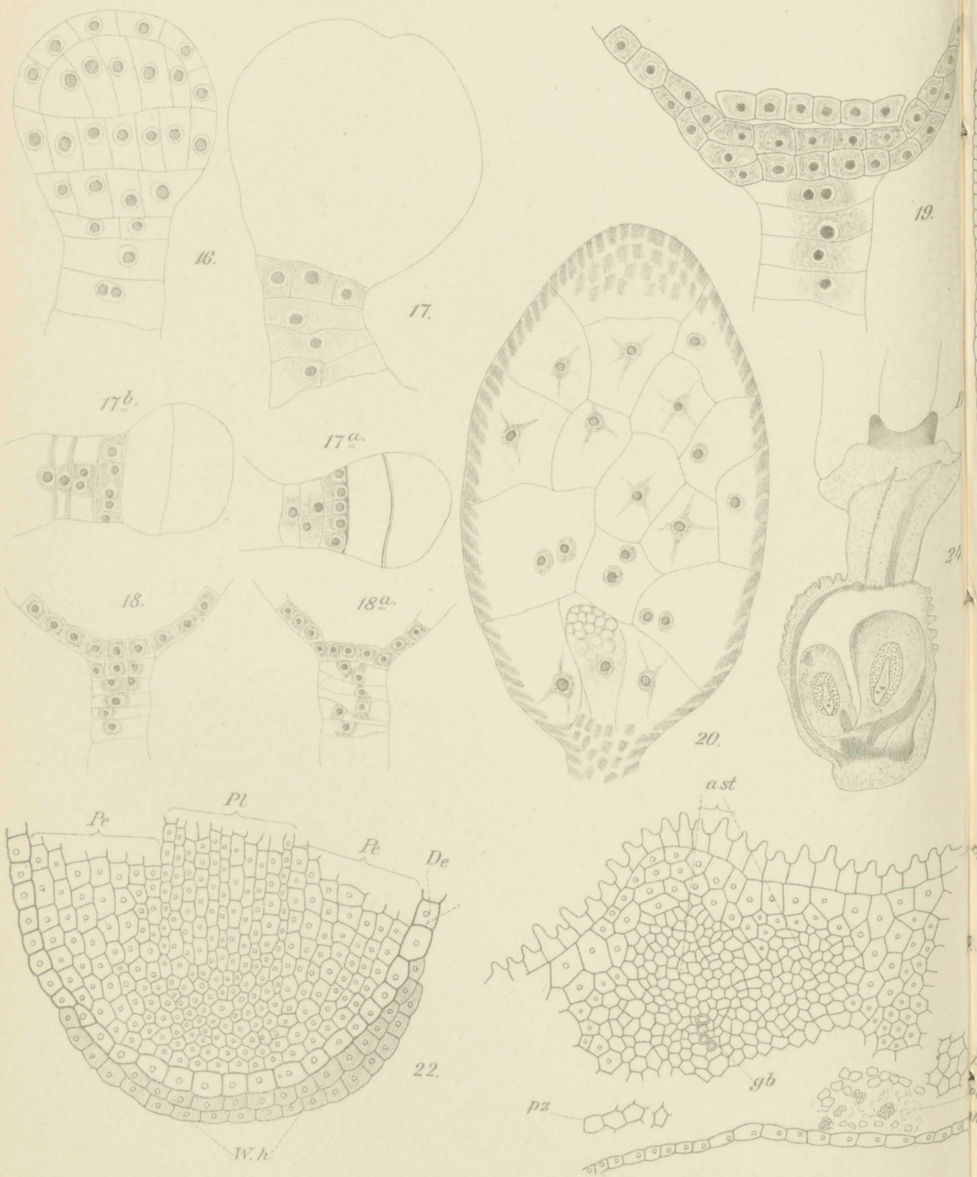


S. Schwere del.

W.A.Meyn, Lith. Inst. Berlin S.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0090-6



S. Schwere del.

W.A. Meyn, Lith. Inst. Berlin S.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05162-0091-2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: 82

Autor(en)/Author(s): Schwere Siegfried

Artikel/Article: Zur Entwickelungsgeschichte der Frucht von Taraxacum officinale Web. Ein Beitrag zur Embryologie der Compositen. 32-66