

# Die Blüthe und die Befruchtung von *Santalum album*

V O N

Hermann Schacht.

---

Seitdem durch W. Griffith das Hervorwachsen des unbefruchteten Embryosacks als langer Schlauch aus dem hüllenlosen Knospenkern der Samenknospe von *Santalum album* bekannt geworden<sup>1)</sup>, wird diese Pflanze mit Recht für besonders günstig zur Beobachtung des Befruchtungsvorgangs bei den Phanerogamen gehalten. — Ausser Griffith, welcher die Blüthen im frischen Zustande in Ostindien untersuchen konnte, aber, offenbar durch ein sehr mittelmässiges Mikroskop behindert, nicht zur Entscheidung der Frage gelangte, war es bisher nur Henfry vergönnt, in Weingeist bewahrte Blüthen von *Santalum* zu untersuchen, und dieser Forscher erkannte auch sogleich die Abwesenheit einer Zellstoffmembran an unbefruchteten Keimbläschen und deren Bildung nach dem Antritt des Pollenschlauches. Seine Untersuchung liess dagegen über einige andere Punkte, die von mir für *Gladiolus* und *Crocus* nachgewiesen sind, noch Fragen offen, weshalb ich meinen Freund Wichura, bei Abgang der königl. preussischen Expedition nach Japan, um Blüthen von *Santalum album*, in Weingeist bewahrt, ersuchte. Meine Bitte wurde aufs bereitwilligste erfüllt, und ich erhielt von Wichura zu Anfang dieses Jahres ein reichliches Material sehr wohl erhaltener Blüthenstände in Weingeist, an welchen Knospen in verschiedenen Entwicklungsstadien und reichlich sowohl unbefruchtete als auch kürzlich befruchtete Blüthen, desgleichen die ersten Entwicklungszustände der Frucht vorhanden waren, aber leider die späteren Zustände der letzteren

1) The annals and magazine of natural history Sept. 1843. Botanische Zeitung 1843 S. 709. Annales des sciences naturelles 1839 Tom. XI pl. III.

fehlten. Diese Blütenstände wurden, nach brieflicher Mittheilung Wichura's, im Juni 1862 im botanischen Garten zu Calcutta gesammelt; sie sind von mir in diesem Winter sorgfältig untersucht worden. Ich habe mindestens 500 Knospen und Blüten der Befruchtungsfrage geopfert und darf mit dem Resultat der Untersuchung, welches eine vollständige Bestätigung meiner Beobachtungen für *Gladolus* und *Crocus* gewährt, zufrieden sein, sage deshalb dem freundlichen Geber hiermit auch öffentlich meinen herzlichen Dank für das schätzbare durch ihn erhaltene Material.

Der Blütenstand von *Santalum album* (Taf. I Fig. 1) ist eine mehrfach und zwar in regelmässig abwechselnder opponirter Weise verzweigte Traube. Es stehen sich immer zwei Zweige gegenüber, und tragen die letzten derselben je drei Blüten, eine Endblüte und zwei Seitenblüten; erstere ist weiter entwickelt als die beiden seitlichen. Selten stehen sich drei Seitenzweige an der Hauptachse gegenüber. Häufiger erscheinen nur zwei Blüten neben einander, was durch Verkümmern der dritten zu erklären ist. Die Deckblätter sind selbst an den jüngsten von mir beobachteten, bereits 3 Millimeter langen Knospen abgefallen, ihre Narbe ist deutlich und die stielrunde Hauptachse des Blütenstandes an jeder Verzweigungsstelle etwas abgeflacht und breiter ausgebildet. Der ganze Blütenstand, in den längsten Exemplaren 10 Centimeter lang, ist wie die Blüten selbst unbehaart.

Die Blüten sind nur wenig grösser als bei *Thesium* und denselben sehr ähnlich. Von einem Blütenstiel, der etwa halb so lang als die noch nicht geöffnete Blüte und mit einem Gelenk am Blütenstand befestigt ist, getragen, sind sie im Knospenzustand cylindrisch, in der unteren Hälfte etwas dünner als in der oberen. Die untere Hälfte besteht aus dem nicht getheilten, sich um das Pistill röhrenartig erhebenden Blütenboden, welcher drei vierzählige mit einander abwechselnde Blattkreise trägt (Fig. 2 u. 4). Die vier Kelchblätter, mit klappenförmiger Knospenlage, verlaufen aus breiter Basis in eine stumpfe Spitze, sind lederartig und besitzen einen Mittelnerv, der regelmässig Seitennerven aussendet (Fig. 7). Die vier mit den Kelchblättern abwechselnden Blumenblätter sind dick und fleischig, kürzer und schmaler als erstere und von dunklerer Färbung, sie gleichen grossen fleischigen Warzen, und sind von den Autoren als Nectarien beschrieben (F. 4. 8 u. 9). Die vier mit letzteren abwechselnden, und folglich den Kelchblättern vorgestellten Staubblätter besitzen ein mässig dickes Filament, welches am Rücken der Anthere in das

Connectiv übergeht. Die letztere ist vierfächerig, oben breiter als unten, und öffnet sich nach innen mit zwei Längsspalten (Fig. 3 u. 9). Zwischen den Kelchblättern und den Staubblättern steht ein Büschel langer einzelliger, ziemlich steifer Haare, welche sich nach dem Aufblühen theilweise gegen den Staubweg neigen und vielleicht mit zur Uebertragung des Pollens auf die Narbe dienen (F. 8' u. 18). Der Blüthenstaub ist länglich kugelförmig, er besitzt eine glatte äussere Membran mit drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch; die innere Membran, welche später als Pollenschlauch hervortritt, ist sehr zart. Der Inhalt der Pollenkörner ist feinkörnig ohne Stärkmehl, dagegen reich an Protoplasma. In derselben Anthere einer Blüthenknospe finden sich häufig durchaus verschiedene Stadien der Pollenentwicklung, z. B. Mutterzellen mit einem Kern neben andern mit vier Kernen, oder gar mit bereits in vier Portionen getheiltem Inhalt<sup>1)</sup>. Beim Aufblühen schlagen sich die vier Kelchblätter zurück, die warzenförmigen dicken Blumenblätter verändern dagegen ihre Stellung nicht; ein Theil der hinter den Staubblättern stehenden Haare neigt sich, wie schon erwähnt, gegen den Staubweg und die Antheren erscheinen geöffnet. Bald nach erfolgter Befruchtung trennt sich dann der röhrenförmige Theil des Blüthenbodens, eine ringförmige Narbe auf dem halbunterständigen Fruchtknoten zurücklassend, wodurch die drei genannten Blattkreise der Blüthe mit einander abgeworfen werden (F. 8. 8' u. 10).

Das Pistill ist ursprünglich oberständig; es wird aber durch die röhrenförmige Ausdehnung des Blüthenbodens bald nach Anlage der drei ersten Blattkreise, mit welcher gleichzeitig noch eine Erhebung des tiefer gelegenen, auch die Basis des Pistills tragenden, Theiles verbunden ist, unterständig, oder, wenn man die Basis der röhrenförmigen Erhebung als Blüthengrund betrachtet, halbunterständig. Die zur Blüthezeit nur wenig angeschwollene Fruchtknotenhöhle, mit freiem mittelständigen, säulenförmig aufsteigenden Samenträger, geht allmählig in den mässig langen Staubweg über, der mit drei kleinen warzenförmigen Narben endigt. Die secernirende Oberhaut dieser Narben wird von kleinen rundlichen Zellen gebildet (Fig. 12) und eine ähnliche Oberhaut bekleidet auch den weiten, eine offene Röhre darstellenden Staubwegkanal (Fig. 15). An dem säulenförmigen freien mittelständigen Samenträger, der mit stumpfer Spitze endigt, hängen nach abwärts drei Samenknospen von sehr einfachem Bau, nur aus

1) Aehnliche Verhältnisse sind schon früher von mir bei *Mirabilis Jalapa* nachgewiesen (Pringsheim's Jahrbücher Bd. II).

einem weichzelligen im Querschnitt ellipsoidischen Knospenkern bestehend, der keine Knospenhüllen bildet (Fig. 8', 13 u. 14). Jede dieser drei Samenknospen erhält vom mittelständigen Samenträger aus ein nur sehr zartes Gefässbündel, welches unfern der Spitze des Knospenkerns endigt. In der Nähe dieses Gefässbündels entsteht nun der Embryosack aus einer Zelle des Knospenkerns, die sich vorzugsweise nach unten und oben verlängernd, bald einen Schlauch bildet, dessen eine Hälfte aus dem Knospenkern frei hervortritt, während die andere im Knospenkern aufwärts wächst (Fig. 13 u. 16). Der aus dem letzteren hervortretende Theil des Embryosacks kann in der von dem Samenträger und seinen Samenknospen beinahe ganz erfüllten Fruchtknotenhöhle nur zwischen dem Samenträger und der Fruchtknotenwandung Raum zu seiner weiteren Ausbildung finden, und wendet sich, vielleicht schon deshalb, kaum aus dem Knospenkern hervorgetreten, nach aufwärts, um längs der Wand des kegelförmigen Samenträgers emporzuwachsen. Selten erreicht er die Spitze desselben vollständig. Durch eine Ausschwitzung der Oberhaut des letzteren ernährt, haftet er, zu einem langen, ziemlich derbwandigen Schlauch geworden, mehr oder weniger fest am Samenträger, von dessen Spitze er nur gewaltsam zu trennen ist, während die Wand der Fruchtknotenhöhle, welche ebenfalls den schlauchförmigen Embryosack berührt, nicht mit ihm verklebt erscheint. — Die Pollenschläuche finden sich oftmals zu 12 bis 20 im Staubweg der bestäubten Blüten, bisweilen aber auch in geringerer Anzahl, nur zu 2 und 3; sie treffen im Staubwegkanal auf die stumpfe Spitze des Samenträgers und wandern an ihr weiter bis zu den Embryosäcken hinab. Auch sie sind mehr oder weniger fest am Samenträger verklebt und lassen sich nur selten für längere Strecken unversehrt ablösen (Fig. 13).

Wenn später die übrigen Blüthentheile in oben beschriebener Weise mit einander abgefallen sind, ist der Staubweg mit seiner Narbe noch vorhanden; die Wand der Fruchtknotenhöhle ist breiter, dicker geworden und im Embryosack der Anfang eines Sameneiweisses entstanden. Noch später trennt sich auch der Staubweg von dem zur kugeligen Steinbeere auswachsendem Fruchtknoten, welcher nach Henfry nur einen Samen ohne Samenschale mit reichlichem Sameneiweiss und geradem, cylindrischem Keim umschliesst. Das Wurzelpende des letzteren ist dem ehemaligen Staubweg zugewendet; vom mittelständigen Samenträger und den beiden nicht zur weiteren Ausbildung gekommenen Samenknospen sind nur vertrocknete Ueberreste zurückgeblieben (Taf. IV Figg. 51—54).

Nur einmal sah ich eine Blüthe mit 5 Kelchblättern und übrigen normalem Bau, desgleichen höchst selten einen Staubweg mit 4 Narben und in diesem Falle 4 Samenknospen am Samenträger. Während die Autorên <sup>1)</sup> für *Santalum* ein Perigonium annehmen, glaube ich viel richtiger Kelch und Blumenkrone unterscheiden zu müssen. Warzenförmig ausgebildete Blätter eines besonderen Blattkreises als Nectarien aufzufassen, ist überhaupt nicht lobenswerth, so lange unter dieser Bezeichnung noch alles Mögliche verstanden wird. Die Antheren sind ferner nicht zweifächerig, sondern, wie die Mehrzahl der Staubbeutel unter den Phanerogamen, ursprünglich vierfächerig; sie öffnen sich auch nicht mit einer, sondern mit zwei Längsspalten. Der Fruchtknoten ist keinesweges ursprünglich frei und später mit dem die Blattkreise tragenden Discus verwachsen, wie Henfrey angiebt, entwickelt sich vielmehr in der oben beschriebenen Weise <sup>2)</sup>.

Die nicht geöffneten Blüthen sind sämtlich unbestäubt und die Antheren noch geschlossen. Die geöffneten dagegen sind meistens bestäubt, obschon der Pollen auf der Narbe schwer zu finden ist und ich ihn Schläuche treibend nur selten auf derselben gesehen habe (Fig. 12), was auf ein zeitiges Absterben des oberen Theiles der Pollenschläuche hindeutet. Im Staubwegkanal der geöffneten Blüthe findet man dagegen in den meisten Fällen mehrere, ja sogar bisweilen viele wohlerhaltene Pollenschläuche, die immer am Samenträger verklebt sind und sich kaum unversehrt von ihm trennen lassen. Bei der geöffneten Blüthe lässt es sich nicht vorausbestimmen, ob ihre Samenknospen schon befruchtet sind, und mit Bezug auf den Embryosack zeigen nicht selten die Samenknospen desselben Samenträgers in ihrer Entwicklung wesentliche Unterschiede; bisweilen ist der Embryosack der einen Samenknospen noch ganz kurz, kaum aus dem Nucleus hervorgetreten, während er bei den beiden anderen schon vollständig ausgewachsen erscheint, und ebenso kann der eine Embryosack befruchtet sein, während die beiden anderen noch mit keinem Pollenschlauch zusammengetroffen, oder umgekehrt. Sehr häufig fand ich zwei Embryosäcke, seltener alle drei derselben Blüthe befruch-

---

1) De Candolle *Prodromus* pars XIV p. 681 u. 683.

2) Die Querdurchschnitte durch die Blüthenknospen, kurz vor deren Aufbrechen (Figg. 4—6), konnten nur nach Behandlung der Knospen mit erwärmter Gelatinalösung gewonnen werden. Einige Stunden später nach dem Erstarren der farblosen Gelatina durchschnitten, erhielt ich vortreffliche, schwerlich auf andere Weise in solcher Vollkommenheit zu gewinnende, Präparate.

tet, aber dessenungeachtet scheint sich, nach Henfry, immer nur eine Samenknoſpe zum vollkommenen Samen auszubilden. Die Blüthen, welche mit der röhrenförmigen Erhebung des Blüthenbodens auch ihre drei äusseren Blattkreise verloren hatten (Fig. 10), waren immer befruchtet und die am weitesten entwickelten Zustände, welche mir zu Gebote standen.

Das erste Entstehen des Embryosacks aus einer kleinen Zelle des Knospenkerns habe ich, weil mir so jugendliche Zustände fehlten, nicht beobachten können. Ich fand den Embryosack in den jüngsten der vorhandenen Knospen schon als cylindrischen Schlauch, aber noch innerhalb des Knospenkerns zur Seite eines schwach entwickelten, nur durch wenige Reihen enger und verhältnissmässig kurzer, spiralförmig verdickter Zellen erkennbaren Gefässbündels liegend. Häufiger war das eine Ende schon frei hervorgetreten und hatte sich bereits aufwärts gewendet (Fig. 16). Da, wo der Embryosack aus dem Knospenkern hervortritt, bildet er oft eine kugelige oder unregelmässig geformte Anschwellung, in welcher von körnigem Protoplasma umgeben ein Zellkern liegt. Im normalen Falle verlängert sich nun der frei hervortretende Schenkel des Embryosacks zu einem langen dickwandigen Schlauch von fester Beschaffenheit, der sich an den säulenförmigen Samenträger lehnend emporwächst, häufig dessen Spitze erreicht, aber so viel ich wahrgenommen, niemals über dieselbe hinauswächst. Wenn man einen ausgewachsenen normal gebildeten Embryosack frei präparirt, so entspricht der freie Schenkel in seiner Länge etwa dem anderen vom Gewebe der Samenknoſpe umfassten Schenkel (Taf. II Fig. 19). Aber nicht selten kommen auch abnorme Ausbildungen des Embryosacks vor, und zwar zunächst Theilungen verschiedener Art. Es wurde von mir zweimal die Theilung des frei hervortretenden Schenkels in zwei schlauchförmige Arme (Fig. 21 u. 23) beobachtet. Einmal begegnete mir sogar eine Theilung in drei solcher Arme (Fig. 22). Verzweigungen des frei hervortretenden Embryosackschenkels sind noch häufiger (Fig. 24); am häufigsten aber erscheint ein seitlicher Ast am freien Embryosackschenkel unter der organischen Spitze desselben, in welcher die Keimbläschen liegen, welcher nicht selten eine bedeutende Länge erreicht und weiter am Knospenträger emporwächst, wofür Fig. 26 ein besonders auffälliges Beispiel liefert. Ob ein zwiſchenkliger Embryosack in beiden Schenkeln Keimbläschen bildet, konnte ich leider nicht erfahren, da beim Freipräpariren die Enden der beiden Schenkel bei Fig. 21 beschädigt waren, die übrigen abnorm gebildeten Embryosäcke dagegen für die

Keimbläschenbildung noch zu jung erschienen. Zwei Schläuche sah ich nur einmal neben einander aus einer Samenknospe hervortreten, und blieb es hier zweifelhaft, ob wirklich zwei neben einander vorhandene Embryosäcke anzunehmen sind, oder ob eine Theilung des Embryosacks in zwei frei hervortretende Schenkel schon innerhalb der Samenknospe stattgefunden. Im Gewebe der letzteren bildet ausserdem der sich hier noch weiter verlängernde Schenkel vielfach seitliche Auswüchse, die erst durch ein sorgfältiges Freilegen dieses Theiles deutlich erkannt werden. Bemerkenswerth ist, dass ein Emporwachsen seitlicher Aeste des Embryosackes über dessen organisches Ende hinaus weder die Ausbildung der Keimbläschen noch deren weitere Befruchtung hindert (Taf. II Fig. 26 u. 39).

Der schlauchförmige Embryosack enthält im unbefruchteten Zustand in beiden Schenkeln körniges Protoplasma, das durch die Einwirkung des Weingeists meistens als körnige Membran (die Hautschicht samt der Körnerschicht des Protoplasma begreifend) geronnen ist. An der Umbiegungsstelle des freien Schenkels liegt meistens ein grosser, schön umschriebener Zellkern mit deutlichen Kernkörperchen, der aber durch geronnenes Protoplasma verdeckt sein kann. Bisweilen findet man denselben in der Theilung begriffen, oder statt eines Cytoblasten bereits zwei dicht neben einander liegende Zellkerne. Durch Anwendung von Aetzkaliösung lassen sich bisweilen sogar erstarrte Strömungsfäden des Protoplasma nachweisen. In den noch nicht ausgewachsenen Embryosäcken sind noch keine Keimbläschen vorhanden. Die Membran des Embryosacks verläuft an der abgerundeten Spitze, wo sie sich bilden sollen, in derselben Stärke als weiter abwärts. Im Innern zeigt sich kaum eine Anhäufung des körnigen Protoplasma, dagegen fand ich bisweilen diesem Orte genähert einen oder auch zwei, wie Fig. 25 zeigt, durch Theilung entstandene Zellkerne. Nur einmal sah ich am Ende des freien Embryosack-schenkels zwei scharf gesonderte, auch vom übrigen Protoplasma getrennte Protoplasamassen, die sichern Anfänge der Keimbläschen, welche wahrscheinlich in ihrem Inneren je einen Zellkern verbergen (Fig. 28). Einen weiteren Zustand liefert Fig. 29, wo in dem rechts gelegenen Embryosack das eine Keimbläschen verkümmert, das andere dagegen in voller Entwicklung begriffen, und nur durch die Einwirkung des Weingeistes etwas zusammengeschrumpft ist. Dasselbe scheint noch in einer Mutterzelle zu liegen, welche sich dicht an die Wandung des Embryosacks legt und mit ihr im oberen Theile verwachsen ist; möglich jedoch, dass die scheinbare Wand einer Mut-

terzelle nur einer mehr erhärteten Hautschicht des Protoplasma entspricht, von der sich das übrige Protoplasma durch stärkeres Zusammenziehen getrennt hat, was mir als wahrscheinlicher erscheint. Sehr deutlich zeigt dieses Präparat (Fig. 30) einen oberen farblosen und fettglänzenden nicht körnigen und einen unteren gelblich gefärbten matten und stark körnigen Theil. Ersterer ist der sich bildende Fadenapparat, letzterer die entstehende Protoplasmakugel des Keimbläschens. Die Membran des Embryosacks verläuft hier noch unversehrt über dem Keimbläschen hinweg; das verschrumpfte Keimbläschen dagegen liegt wie ein Pfropf an der Stelle, wo er sich hätte ausbilden sollen. Auf Fig. 27 liegen die beiden noch sehr jungen Keimbläschen im Innern einer Mutterzelle, und sind, wie es scheint, durch Längstheilung in derselben entstanden.

Wenden wir uns jetzt zu den fertigen, aber noch unbefruchteten Keimbläschen, so finden wir dieselben der Spitze des Embryosacks paarweise eingeklemmt und zwar mit der abgerundeten glänzenden Spitze des Fadenapparates frei aus derselben hervorragend. In der Regel ist die Spitze des Embryosacks, in welcher die Fadenapparate der beiden Keimbläschen liegen, etwas verengert und bildet sich unter derselben eine Erweiterung, was namentlich bei Fig. 34 u. 39, weniger bei Fig. 31, 32 u. 36 in die Augen fällt. Die verengerte Spitze des Embryosacks zeigt in allen von mir beobachteten Fällen sowohl vor als nach der Befruchtung eine viel zartwandigere Membran, und meistens tritt unter derselben plötzlich mit der Erweiterung auch eine bedeutende Verdickung der letzteren ein. Ueber der Spitze des Fadenapparates aber ist entweder die Membran auf ein Minimum als einfache Linie reducirt (Fig. 31) oder viel häufiger schon vollständig verschwunden (Fig. 32, 33, 34, 35, 36 u. 39). In einem Falle, wo die Spitze des Embryosacks so gelegen, dass man von oben auf dieselbe herabsah, erschienen die beiden durch den Fadenapparat der zwei Keimbläschen resorbirten Stellen als neben einander liegende kreisförmige Löcher (Fig. 37), welche den von Hofmeister und Radlkofer bei *Pedicularis* und *Euphrasia* beobachteten sogenannten Ansatzstellen der Keimbläschen entsprechen<sup>1)</sup>. — Unter dem Fadenapparat, der bei *Santalum* nicht ganz so schön ausgebildet als bei *Gladiolus* und *Crocus* erscheint, aber im Aussehen und Bau demselben vollkommen entspricht, liegt der übrige Theil der Keimbläschen häufig als zerflossene (Fig. 31) oder durch Einwirkung

1) Man vergleiche hierfür meine Untersuchungen über *Crocus* in der Flora 1858.

des Weingeistes verschrumpfte, körnige Protoplasamasse (Fig. 35), welche jedoch nach Anwendung verdünnter Kalilösung nicht selten eine andere Gestalt annimmt und als natürliche Fortsetzung je eines Fadenapparates mit leiser Umgrenzung, aus körnigem Stoff gebildet und einen Zellkern umschliessend, hervortritt (Fig. 36), ja in einzelnen Fällen sogar erhärtete Protoplasmaströme erkennen lässt (Fig. 34). Seltener ist der untere Theil des Keimbläschens, (die Protoplasma-kugel), schon ohne Anwendung von Kalilösung oder Chlorzinkjodlösung, welche ein ähnliches Aufquellen bewirkt, mit deutlicher Umgrenzung, immer jedoch ohne Zellstoffmembran sichtbar, wofür die Figuren 32 u. 33, beide derselben Blüthe entnommen, Zeugniß geben. — Der Fadenapparat wird durch Chlorzinkjodlösung nach einigen Minuten hellviolett gefärbt, während die Wand des Embryosacks eine tiefer violette Färbung annimmt, und der untere körnige Theil des Keimbläschens (meine Protoplasma-kugel) gleich dem übrigen Protoplasma des Embryosacks eine gelbbraune Färbung erhält. Durch Kupferoxydammoniak verschwindet der Fadenapparat; durch Anwendung von Kalilösung quillt er auf und verliert sein streifiges, wie aus Fasern zusammengesetztes Aussehen; durch Carminlösung endlich färbt er sich nicht, wenigstens nicht für die Dauer, während die Protoplasma-kugel dauernd den Farbstoff behält. Der Fadenapparat ist demnach eine Zellstoffbildung an der Spitze des Keimbläschens, welche, wie die weitere Untersuchung wahrscheinlich macht, diese Spitze nur äusserlich bedeckt, er bildet sich, wie die Figuren 27 u. 30 zeigen, als Theil des Keimbläschens mit demselben aus und bedeckt, einer Kappe vergleichbar, den unteren aus körnigem Protoplasma und einem Zellkern bestehenden Theil desselben, den ich die Protoplasma-kugel nenne. Dieser letztere Theil besitzt keine Zellstoffumhüllung, er ist bald kürzer, fast kugelförmig (Fig. 34 u. 36), bald länger und walzenförmig (Fig. 32 u. 33), und bald durch die Einwirkung des Weingeistes mehr oder weniger verschrumpft.

Griffith hat, nach den Abbildungen in den *Annales des sciences* <sup>1)</sup> zu schliessen, das unbefruchtete Keimbläschen gar nicht gesehen, Henfry <sup>2)</sup> dagegen hat es im Allgemeinen richtig beobachtet. Den Fadenapparat, dessen streifiges Wesen er nicht erkannt, bezeichnet er als Coagulum. Nach Fig. 8 u. 9 der Tafel 17 verläuft die Membran des Embryosacks auch über dieses Coagulum; nach Fig. 10 u. 11

1) *Annales des sciences naturelles* 1839 Tome XI pl. II. Fig. 4 u. 5.

2) Henfry *Trans. Linn. Soc. Vol. XII p. 69.* — Ferner *Report of the British Association for the Advancement of Science for 1856*

dagegen, wo ein Pollenschlauch an die Keimbläschen getreten ist, fehlt über der Spitze des Fadenapparates die Membran des Embryosacks, woraus ich schliessen muss, dass auch Henfry das unmittelbare Zusammentreffen des Pollenschlauches mit dem Fadenapparat gesehen, aber nicht richtig aufgefasst hat, da er von einer Verschmelzung (conjugation) mit dem Embryosack redet. Der unter dem Coagulum hängende Nucleus (meine Protoplastmakugel) ist nach seinen Worten und Abbildungen vor der Befruchtung membranlos, und besteht aus körnigem Protoplasma und einem centralen Zellkern.

Um die Zeit, wo beide Keimbläschen entwickelt sind, bildet sich in der Regel nahe der Austrittsstelle des Embryosacks aus dem Knospenkern, im freien Theil desselben eine Scheidewand, welcher die Theilung des dort gelegenen Zellkerns voranging. Der freie Schenkel des Embryosacks und der von dem Gewebe des Knospenkerns umgebene Schenkel bilden jetzt zwei durch jene Scheidewand getrennte Zellen. In beiden beginnt die Bildung von Stärkmehlkörnern, während im Gewebe des Knospenkerns schon früher reichlich Stärkmehl entstanden ist.

Nunmehr gelangen die Pollenschläuche, im weiten auf dem Querschnitt dreieckig erscheinenden Staubwegkanal (Taf. I Fig. 15) hinabgestiegen, an die Spitze des Samenträgers und von diesem an die Spitze des zur Befruchtung bereiten Embryosacks, welche letztere um diese Zeit so innig mit der Placenta verklebt ist, dass bei sorgfältigster Trennung häufig zerrissene Zellen ihrer Oberhaut an der Embryosackspitze hängen bleiben (Fig. 36, 43, 44, 47, 48, 50), was auch von Henfry beobachtet wurde. Es scheint darnach, als ob der obere Theil des Samenträgers mehr klebrigen Saft ausscheidet, weshalb auch die Pollenschläuche fest an demselben haften und nur schwierig in grösserer Ausdehnung unversehrt von ihm zu trennen sind. Das Epithelium der Fruchtknotenwandung kann dagegen nicht secernirend wirken, weil sonst auch hier ein Verkleben stattfinden müsste. Die Trennung des Samenträgers von der umschliessenden Fruchtknotenwandung, desgleichen die Trennung des freien Embryosackschenkels vom unteren Theile des Samenträgers gelingt überall ohne Schwierigkeit, dagegen lassen sich die Spitze des Embryosackes, welche die Keimbläschen birgt, desgleichen die an der Spitze des Samenträgers haftenden Pollenschläuche, viel schwieriger vom Gewebe des letzteren trennen und zerreißen bei diesem Bemühen sehr häufig. Ich bin deshalb geneigt, dieser Spitze des Samenträgers eine Secretion klebender Säfte zuzuschreiben, durch

welche wahrscheinlich die Pollenschläuche ernährt und deren längeres Verweilen in der höheren Region des Samenträgers, an dem sie in mannigfacher Weise umherkriechen, vermittelt wird. Die Pollenschläuche selbst sind nur zart, der Durchmesser beträgt kaum  $\frac{1}{100}$  Millimeter, ihre Wandung erscheint, wenn sie das Pollenkorn verlassen, doppelt contourirt (Taf. I Fig. 11), ebenso im Staubwegkanal. Schon an der Spitze des Samenträgers gewinnt ihre Membran ein aufgelockertes Aussehen und der vorhin feinkörnige Inhalt erscheint wie geronnen. An die Spitze des Embryosacks gelangt und in der Regel zwischen die beiden Fadenapparate der Keimbläschen getreten, erscheinen die Pollenschläuche endlich noch mehr erweicht, wobei häufig mehrere Schichten der Wandung sichtbar werden, und die äusserste Schicht kaum noch scharf contourirt, der Inhalt des Pollenschlauches aber, oder vielleicht die innerste Schicht seiner Wandung, zu einer körnigen fettglänzenden Masse verändert ist.

In der Regel trifft nur ein Pollenschlauch auf die Spitze des Embryosacks und schiebt sich in diesem Falle, mit seltenen Ausnahmen, zwischen die beiden dicht neben einander und auf gleicher Höhe liegenden Fadenapparate, so dass sein Ende nicht deutlich gesehen wird (Fig. 38, 42, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50). Viel seltener berührt der Pollenschlauch die Spitze eines Fadenapparates. Aber auch dann ist die Weise, wie er abschliesst, nicht so deutlich, als man es wünschen möchte, namentlich sind die Contouren nur sehr leise angedeutet (Taf. III Fig. 40, 41 u. 43). Nicht selten treten auch mehrere, zwei bis fünf Pollenschläuche an die Spitze desselben Embryosacks, doch scheint selbst in diesem Falle nur einer zwischen die Fadenapparate der Keimbläschen zu dringen (Taf. III Fig. 38 u. 43). Alle Präparate des kürzlich befruchteten Embryosacks, und ich habe deren weit über 80 aufs genaueste betrachtet, zeigten bei geeigneter Lage ein freies Hervorragen der abgerundeten glänzenden Spitze der beiden Fadenapparate über die an diesen Stellen resorbierte Membran des Embryosacks, desgleichen eine unmittelbare Berührung des Pollenschlauches mit dem Fadenapparate (Taf. III u. IV Fig. 38, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50). Nur für Fig. 44 ist durch anhängende Zellwände des Samenträgers und für Fig. 41 durch die seitliche Lage der Keimbläschen das Verhältniss unklar geworden; diese beiden Fälle aber können gegen die anderen sehr deutlich redenden Beispiele nichts beweisen. — Die Verbindung des Pollenschlauches mit den Fadenapparaten ist eine so innige und feste, dass es mir bei vielfachen Versuchen in keinem Falle gelungen ist,

beide Theile unversehrt von einander zu trennen. — Auch nach Henfry haftet der Pollenschlauch so fest an der Embryosackspitze, dass er sich von derselben nicht entfernen lässt, Henfry glaubt deshalb an eine Verschmelzung desselben mit dem Embryosack; ich dagegen muss eine Verbindung zwischen dem Pollenschlauch und den Fadenapparaten annehmen. Auch bei *Gladiolus* und *Crocus*, wo sich die Grenze des Pollenschlauches deutlich markirt, ist eine innige Verbindung des Fadenapparates mit letzterem zweifellos und das Verhältniss der beiden Fadenapparate zur Membran des Embryosackes dasselbe wie bei *Santalum*.

Wenn nun das Pollenschlauchende die Spitze des Fadenapparates eines der Keimbläschen berührt, oder was häufiger geschieht, sich zwischen die beiden Fadenapparate geschoben hat, so erscheint in den meisten Fällen die Protoplasmakugel des einen, häufiger jedoch beider Keimbläschen, von einer zarten, in der Regel schon doppelt contourirten glatten, nicht körnigen, Membran umgrenzt, von welcher sich der Inhalt durch Einwirkung des Weingeistes mit körniger Umgrenzung zurückgezogen hat (Taf. III u. IV Fig. 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50). Bei einigen Präparaten war, obschon der Pollenschlauch bereits die Keimbläschen berührte, diese Membran um die Protoplasmakugel noch gar nicht (Taf. III Fig. 40 u. 42), oder doch so zart vorhanden, dass sie nur als einfache Linie erschien und nach Anwendung schwacher Aetzkalklösung beinahe wieder verschwunden war (Taf. III Fig. 38). Solche Fälle muss ich als eben befruchtet bezeichnen. Auch zeigt der Pollenschlauch sich hier weniger erweicht, bei Fig. 42 sogar noch mit doppelt contourirter Wand, was in den etwas späteren Stadien, wo eine glatte, doppelt contourirte Membran die Protoplasmakugel umkleidet, nicht mehr der Fall ist. Niemals habe ich bei *Santalum* die Protoplasmakugel von einer festen Membran umgrenzt, und den körnigen Inhalt von dieser Membran zurückgezogen gefunden, ohne dass ein Pollenschlauch an den Fadenapparaten haftete, und auch Henfry hat eine solche Membran nur nach erfolgter Befruchtung wahrgenommen. *Santalum* ist aber zur Entscheidung dieser Frage vorzugsweise geeignet, da es bei reichlichem Material verhältnissmässig leicht ist, eine grössere Anzahl unbefruchteter und befruchteter Embryosackspitzen durchaus unverletzt vollständig freizulegen. Ich betrachte deshalb mit Henfry die membranlose Beschaffenheit der unbefruchteten Protoplasmakugel, d. h. das Fehlen einer glatten aus Zellstoff bestehenden Membran als Umgrenzung derselben, als eine ausgemachte Sache,

und stütze mich ausser *Santalum* noch auf *Gladiolus*, *Crocus*, *Watsonia* und *Phormium*.

Erhält aber die Protoplastmakugel erst durch Einwirkung des Pollenschlauches, also nach geschehener Befruchtung, eine derartige Zellstoffmembran, so müssen, wenn beide Protoplastmakugeln von solcher umkleidet erscheinen, auch beide befruchtet sein, und dieser Fall tritt für *Santalum* mindestens ebenso häufig als der andere ein, wo nur die Protoplastmakugel des einen Keimbläschen eine Membran erhält. (Man vergleiche die Figuren 44, 45, 46 u. 49 mit den Figuren 38, 47, 48 u. 50.) Wenn der Pollenschlauch, wie gewöhnlich, sich zwischen die beiden Fadenapparate schiebt und folglich beide Keimbläschen gleichzeitig berührt, so wäre auch nicht zu begreifen, warum er nur eines derselben befruchten sollte; und ist es viel natürlicher und deshalb auch wahrscheinlicher, dass beide durch ihn befruchtet werden. Dagegen lässt sich nicht leugnen, dass auch der andere Fall, die Nichtbefruchtung des zweiten Keimbläschen, unter anscheinend gleichen Verhältnissen, bisweilen eintritt, was in gleicher Weise von mir auch bei *Gladiolus* und *Crocus* beobachtet wurde. Henfry scheint nur die Befruchtung des einen Keimbläschen gesehen zu haben.

Wenn nur das eine Keimbläschen befruchtet wird, so verschrumpft die Protoplastmakugel des anderen bei *Santalum* zu einer dichten körnigen gelbgefärbten Masse und wird dabei oftmals unkenntlich, weil in der Spitze des Embryosacks auch sonst noch körniges, durch die Einwirkung des Weingeistes geronnenes, Protoplasma vorkommt. In anderen Fällen ist dagegen die Gestalt der Protoplastmakugel, welche nicht befruchtet wurde, besser erhalten und noch als verschrumpfte Masse erkennbar (Fig. 43 u. 50). Wurden beide Keimbläschen befruchtet, so eilt das eine bald dem anderen voraus, es wird grösser als das andere und sein Zellkern beginnt sich zu theilen. Auf gleicher Ausbildungsstufe finden wir noch beide Keimbläschen der Fig. 45. Schon in Fig. 49 ist das rechts gelegene Keimbläschen etwas grösser geworden. In Fig. 46 hat die Vergrösserung des links gelegenen schon bedeutender zugenommen, und ist ein zweites Kernkörperchen im Zellkern desselben entstanden, während in Fig. 44 die vollständige Theilung des Zellkerns bereits erfolgt ist<sup>1)</sup>. Das zweite befruchtete Keimbläschen scheint sich dagegen in allen Fällen nicht weiter zu vergrössern, wohl aber ganz allmählig zu Grunde zu ge-

1) Fig. 47 zeigt einen Zustand noch unvollständiger Theilung des Zellkerns.

hen. — In der Regel enthält das sich ausbildende Keimbläschen nur feinkörnige, sich durch Jodlösung gelbfärbende Stoffe und einen schön umschriebenen Zellkern mit glänzendem Kernkörperchen, bisweilen findet man aber in selbigem auch Stärkmehlkörner von derselben Grösse, als sie im Embryosack vorkommen. Diese Stärkmehlbildung scheint aber, wo sie überhaupt auftritt, nur transitorisch zu sein; wenn der Zellkern die Theilung beginnt, ist das Stärkmehl wieder verschwunden.

Sobald um die Protoplasmakugel des einen oder auch beider Keimbläschen eine Zellstoffmembran entstanden ist, bildet sich auch in der Spitze des Embryosacks selbst und zwar zwischen Fadenapparat und Protoplasmakugel, von der Wand des Embryosacks ausgehend, eine aus Zellstoff bestehende Scheidewand, deren allmähliges Vorwärtsschreiten bis zur Mitte an den verschiedenen Präparaten deutlich wahrnehmbar ist (Fig. 38, 43, 45, 46 u. 48). Wenn diese Scheidewandbildung vollendet ist, erscheint die Spitze des Embryosacks mit den in ihr liegenden beiden Fadenapparaten vollständig von dem tiefer gelegenen Theile des Embryosacks getrennt, und hängt die sich zum Keim ausbildende Protoplasmakugel des einen Keimbläschens an dieser Scheidewand, mit ihr innig verwachsen (Fig. 47 u. 50). Die Spitze des Embryosacks über dieser Scheidewand stirbt darauf ab, die Fadenapparate verlieren allmählig ihr glänzendes streifiges Aussehen und sind später ganz unkenntlich geworden, der auswachsende untere Theil des Keimbläschens dagegen schwillt an seinem freien Ende kugelförmig an, sein Zellkern theilt sich und wahrscheinlich entsteht bald darauf die erste Scheidewand zwischen dem kurzen an der Scheidewand des Embryosacks befestigten Embryoträger und der kugeligen zur ersten Mutterzelle des Keims werdenden Anschwellung des Keimbläschens, was durch die Sonderung des Inhalts in zwei Theile bereits auf einigen Figuren angezeigt ist (Fig. 41, 46, 47, 48 u. 49).

Mit der Scheidewandbildung in der Spitze des Embryosacks, welche bisher noch nirgends in dieser Weise beobachtet wurde, schliesst leider auch meine Beobachtung über *Santalum*, da mir weitere Entwicklungszustände fehlten. Ich konnte deshalb weder die weitere Ausbildung des Keimes noch das Entstehen der ersten Mutterzellen für das Endosperm über die ersten Anfänge hinaus verfolgen. Diese Bildung beginnt in der Regel in dem unteren, häufig angeschwellenen Theile des freien Embryosackschenkels, mit der Theilung des vorhandenen Zellkerns und darauf erfolgender Theilung des

Zellinhaltes um jene Theilungszellenkerne. Wohl habe ich Inhaltsportionen, von einer körnigen Protoplasamembran umgrenzt und je mit einem Zellkern versehen, beobachtet (Taf. II Fig. 19), dagegen feste Scheidewände nur einmal und zwar an einer Stelle, wo sie sonst nicht auftreten (Fig. 20), wahrgenommen. Häufig erscheinen, nachdem im unteren Theile des Embryosacks eine Theilung des Inhalts in Portionen um je einen Zellkern erfolgt ist, auch weiter aufwärts Zellkerne in regelmässigen Abständen von einander (Fig. 19), welche ihrerseits wahrscheinlich durch wiederholte Theilung entstanden sind. Die Stärkmehlkörner, welche vor dem Beginne der Endospermibildung im Embryosack vorhanden waren, verschwinden, sobald sich der erste (primäre) Zellkern zu theilen anschickt, was eine Bestätigung meiner früheren Beobachtungen über die Unverträglichkeit des Stärkmehls mit der Neubildung von Zellen gewährt. Henfry, welcher Gelegenheit hatte, auch spätere Zustände befruchteter Blüthen bis zur Reife der Früchte zu untersuchen, sah wiederholt wagrechte Theilungen im befruchteten Keimbläschen auftreten. Die obersten so entstandenen Zellen blieben dann unverändert und wurden zum kurzen cylindrischen Embryoträger, während sich aus den unteren Zellen durch wiederholte Zellentheilung ein länglich-keulenförmiger Körper, die Achse des jungen Embryo bildete, an deren freiem Ende später die Samenlappen hervortraten. Die Bildung des Endosperms im freien Schenkel des Embryosacks beginnt auch nach ihm im unteren Theile, wo zuerst eine Längsreihe von Mutterzellen auftritt. Diese bilden dann ihrerseits durch senkrechte Theilung neue Zellen u. s. w. Der bis dahin schlauchförmige Embryosack schwillt darauf an und wird in ein dünnwandiges mit Protoplasma und feinkörnigem Stärkmehl erfülltes Endospermgewebe verwandelt, welches die Keimanlage umgiebt. Dagegen ist der noch in dem Nucleus der Samenknospe verborgene Embryosackschenkel schlauchförmig geblieben, hat sich im Gewebe des Knospenträgers weiter entwickelt und vielfach Verzweigungen ausgeschiedt, aber in seinem Innern keine Zellen gebildet; sein Inhalt besteht nach Henfry aus einem braungefärbten körnigen Protoplasma. Die weitere Ausbildung des Endosperms im sich ausbildenden Samen verdrängt dann alle übrigen Theile in der Fruchtknotenhöhle; der Samenträger und mit ihm die beiden anderen noch an ihm hängenden sich nicht zu Samen ausbildenden Samenknospen werden bei Seite geschoben und vertrocknen (Fig. 51 u. 52), und in der reifen Frucht ist selbst die innere Gewebsschicht der Fruchtknotenwand (Endocarpium, Fig. 52 d),

welche sich schon bald nach der Befruchtung zu bilden beginnt, vom Sameneiweiss verzehrt worden, so dass der hüllenlose, nur aus letzterem und dem Keime bestehende Same unmittelbar von der holzigen Mittelschicht (Mesocarpium) des Fruchtknotens umschlossen ist, die selbst wieder von einer dünnen saftigen Aussenschicht (Epicarpium) bedeckt wird (Fig. 53). Der Endospermkörper ist hüllenlos, die Membran des vormaligen Embryosacks verschwunden, nur braune häutige Schuppen, die Ueberreste der abgestorbenen Innenschicht der Fruchtknotenwand bedecken denselben. Der ausgebildete gerade cylindrische Keim liegt etwas ausserhalb der Achse des Sameneiweisses mit seinem Wurzelende der Fruchtspitze zugewendet (Fig. 54).

Wenn wir jetzt *Santalum album* mit unseren *Thesium*-Arten vergleichen, so finden wir bei grossen Uebereinstimmungen im Blütenbau und in der Entwicklungsweise des Samens auch wieder sehr wesentliche Abweichungen. Der Fruchtknoten von *Thesium* und dessen drei Samenknospen sind wie bei *Santalum* gebaut, der Embryosack tritt ebenfalls aus dem nackten Nucleus hervor, allein dies geschieht erst nach der Befruchtung, wenn bereits in ihm Endosperm gebildet ist. Der eigentliche Befruchtungsvorgang entzieht sich nach meinen neueren Untersuchungen vom Jahre 1858 fast vollständig der Beobachtung, woraus sich auch meine frühere irrige Annahme der Keimbildung im Pollenschlauch erklärt. Dass aber selbst Hofmeister, obschon er meine Untersuchungen aus dem Jahre 1848 aufs bitterste tadelt, keine klare Anschauung der Keimbläschen gehabt, glaube ich nach meinen späteren vergeblichen Bemühungen, mir dieselbe für *Thesium intermedium* zu verschaffen, einerseits und aus seiner unvollständigen Darstellung derselben andererseits annehmen zu dürfen <sup>1)</sup>. Da nämlich bei *Santalum* ein Fadenapparat von hoher Entwicklung gefunden wird, dürfte derselbe auch bei *Thesium*, sobald die Keimbläschen deutlich gesehen wurden, schwerlich vermisst werden <sup>2)</sup>. So günstig als *Santalum* für die Befruchtungsfrage, ebenso ungünstig erweist sich *Thesium*.

Was endlich die Befruchtungsfrage selbst betrifft, so erhellt aus den ausführlich und gewissenhaft beschriebenen Beobachtungen und den zu ihrer Unterstützung mit grösster Sorgfalt bildlich wiederge-

---

1) Die Lage des befruchteten Keimbläschens stimmt nach meinen späteren Untersuchungen ganz mit Hofmeister überein; die unbefruchteten Keimbläschen konnte ich dagegen niemals mit hinreichender Deutlichkeit wahrnehmen.

2) Hofmeister in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. I S. 112. Ferner Embryobildung I S. 566.

gebenen grossen Reihen dargestellter und von mir aufbewahrter Präparate Folgendes:

1) Bei *Santalum album* erfolgt die Bildung der Keimbläschen in der Embryosackspitze erst spät, wenn der freie Embryosackschenkel beinahe ausgewachsen ist, und ist wahrscheinlich schnell beendet; es liesse sich sonst nicht wohl erklären, warum so selten jugendliche Zustände der Keimbläschen gefunden werden.

2) Die Keimbläschen bestehen aus einer oberen und einer unteren Hälfte; die obere, kleinere entwickelt eine Zellstoffausscheidung von streifenartigem Bau, gleichsam aus zahlreichen Zellstoffäden zusammengesetzt, die an der stumpfendigen Spitze des Keimbläschens zu einer glänzenden Masse von weichem schleimigen Aussehen verschmolzen sind; diese Zellstoffausscheidung der oberen Hälfte des Keimbläschens bildet den Fadenapparat. Der unteren grösseren Hälfte des Keimbläschens fehlt jede Zellstoffumhüllung, sie besteht aus einer länglich-birnförmigen, wahrscheinlich im frischen Zustande von einer Hautschicht glatt umgrenzten Protoplasmamasse, in der ein Zellkern liegt. Diese untere Hälfte des Keimbläschens bildet die Protoplasma- oder Befruchtungskugel. Der Uebergang vom Fadenapparat zur Protoplasmakugel ist ein directer, das körnige Protoplasma der letzteren erstreckt sich weiter aufwärts in den Fadenapparat und zwischen dessen Zellstoffäden. Hofmeister's gegen-theilige Behauptungen, nach welchen der Fadenapparat anfänglich durch faserige Zellstoffablagerungen auf der äusseren Seite des Embryosackscheitels entstanden<sup>1)</sup>, später aber eine Cuticularbildung des Embryosackscheitels sein soll<sup>2)</sup>, bedürfen keiner Widerlegung. Der Fadenapparat ist, wie sich bei *Santalum*, *Gladiolus*, *Crocus* und *Watsonia* zweifellos nachweisen lässt, ein Theil des Keimbläschens selbst und wahrscheinlich überall vorhanden, nur nicht überall in gleichem Grade ausgebildet.

3) Die abgerundete glänzende Spitze der beiden dicht neben einander liegenden Fadenapparate zweier Keimbläschen sieht, wenn sie vollständig ausgebildet und zur Befruchtung geschickt sind, frei aus der Membran des Embryosacks hervor, weil über ihr, und wahrscheinlich durch ihre Einwirkung, die Membran an dieser Stelle resorbirt wurde. Der Pollenschlauch tritt deshalb mit dem Fadenapparat der Keimbläschen in unmittelbare und sehr innige Berührung. —

1) Hofmeister in der *Bonplandia* 1856, in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. I S. 168.

2) Hofmeister, neue Beiträge zur Embryobildung II, S. 681.  
Jahrb. f. wiss. Botanik IV.

(Es wird mir überdies, bei der Auflockerung der Pollenschlauchmembran und bei ihrer festen Verbindung mit dem Fadenapparat, wahrscheinlich, dass die Vermischung des Pollenschlauchinhaltes mit dem Inhalte der Protoplasmakugel nicht auf dem Wege der Diosmose, vielmehr direct erfolgt, und dass der Fadenapparat als Vermittler dieser Vermischung dient <sup>1)</sup>.)

4) Es können beide Keimbläschen durch denselben Pollenschlauch befruchtet werden. Als erstes Zeichen der Befruchtung erscheint die Zellstoffmembran um die bis dahin nur von einer Hautschicht umhüllte Protoplasmakugel. Es kann aber auch, unter scheinbar gleichen Verhältnissen, nur das eine der Keimbläschen befruchtet werden. In beiden Fällen wird wieder nur eines zum Keime ausgebildet; wahrscheinlich aus Mangel der Nahrung zur Ausbildung beider.

5) Bald nach geschehener Befruchtung entsteht in der Spitze des Embryosacks, ganz in normaler Weise vom Umkreis des letzteren ausgehend, eine wagrechte Zellstoffscheidewand, welche zwischen Fadenapparat und Protoplasmakugel eindringt und beide von einander trennt. Die Fadenapparate vertrocknen mit dem über der Scheidewand liegenden Theile der Embryosackspitze; die sich zum Keim ausbildende Protoplasmakugel dagegen hängt an der entstandenen Scheidewand und ist mit ihr organisch verbunden; sie wird durch das sich nunmehr bildende Endosperm ernährt. Die Befestigungsweise der sich zum Keim ausbildenden Protoplasmakugel an der Wand des Embryosacks ist wenigstens für Pflanzen mit kurzem Embryoträger bisher noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Sie wird wahrscheinlich auch bei anderen Pflanzen in gleicher Art als bei *Santalum* erfolgen, wobei auch die spätere Trennung des Fadenapparates und dessen Absterben seine Erklärung findet; doch möchte sich dieser Vorgang kaum bei anderen Pflanzen mit derselben Sicherheit als hier wahrnehmen lassen <sup>2)</sup>.

1) Es möchte Hofmeister sehr schwer werden, den Beweis zu führen, dass der Fadenapparat zur Befruchtung überflüssig wäre. Dass bei *Gladiolus*, *Crocus* und *Watsonia* der Pollenschlauch zwischen den beiden Fadenapparaten bis zur Protoplasmakugel hinabsteigt, beweist noch keinesweges, dass er an letztere direct den befruchtenden Stoff abgeben müsse; diese Abgabe kann auch ebensowohl bei der Berührung mit dem Fadenapparat und durch denselben erfolgen. So lange noch das Wesen des Fadenapparates von Hofmeister verkannt wird, darf man freilich auch nicht erwarten, dass er dessen Bedeutung richtig beurtheile.

2) Ein Vergleich meiner älteren Präparate von *Gladiolus* unterstützt diese Vermuthung. Das scheinbare Herabsinken des sich zum Keim ausbildenden Keimbläschens

6) Da Fadenapparat und Protoplastmakugel zuerst mit einander das unbefruchtete Keimbläschen bilden, so wird durch die Befruchtung mittelst des Pollenschlauchs nicht das ganze Keimbläschen zur Bildung des Keimes verwendet; der Fadenapparat stirbt ab, nachdem er seinen Zweck erfüllt hat, die Protoplastmakugel dagegen wird zur ersten Zelle der Keimanlage, sie theilt sich in zwei ungleiche Zellen, deren obere zum Träger wird, während die untere die eigentliche Ur-Mutterzelle des Keimes bildet.

## Erklärung der Abbildungen.

Die mikroskopischen Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet und genau nach den betreffenden und meistens zur Vergleichung aufbewahrten Präparaten ausgeführt. Zur Untersuchung wurde ein vortreffliches Mikroskop von Zeiss in Jena benutzt. Die Vergrößerung ist neben den Figuren angegeben.

### Taf. I.

Fig. 1. Ein Blütenstand von *Santalum album* in natürlicher Grösse.

Fig. 2. Ein Längsschnitt aus der Mitte einer bald aufbrechenden Knospe. sep. Kelchblatt. anth. Staubblatt. germ. Fruchtknoten. styl. Staubweg. stigma Narbe.

Fig. 3. Ein Querschnitt aus solcher Knospe in der Höhe von I der vorigen Figur ausgeführt und mit denselben Bezeichnungen.

Fig. 4. Ein Querschnitt durch dieselbe Knospe bei II der Fig. 2 entnommen. pet. Blumenblatt, die übrigen Bezeichnungen wie vorhin.

Fig. 5. Ein Querschnitt durch dieselbe Knospe bei III der Fig. 2 ausgeführt. der röhrenförmige Discus. germ. die Fruchtknotenwand. sperm. der Samenträger.

Fig. 6. Ein Querschnitt durch dieselbe Knospe bei IV der Fig. 2 ausgeführt. germ. und sperm. wie in der vorigen Figur. genum. die Samenknospe.

Fig. 7. Eine noch geschlossene Knospe.

Fig. 8. Eine offene Blüthe.

Fig. 8<sup>1</sup>. Eine solche in Längsschnitt, die Bezeichnungen wie oben.

Fig. 9. Ein Blumenblatt (pet.) und ein Staubblatt (anth.) neben einander stehend, aus der noch geschlossenen Blüthe.

Fig. 10. Eine befruchtete Blüthe, deren Fruchtknoten schon etwas geschwollen und wo der Discus mit den von ihm getragenen drei Blattkreisen bereits abgefallen ist.

Fig. 11. a und b Pollenkörner unter Wasser gesehen, a zeigt die drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch in der Exine, b hat bereits einen Schlauch getrieben.

Fig. 12. Narbenpapillen, auf denen zwei Pollenkörner liegen (x), deren eines einen Schlauch getrieben hat.

erklärt sich durch eine Verlängerung des Basaltheils, der auch bei *Santalum* den kugelig angeschwollenen, sich zur Keimanlage ausbildenden, Theil des Keimbläschens allmählig tiefer abwärts führt.

Fig. 13. Der Samenträger eines Fruchtknotens zur Blüthezeit im Längsschnitt, mehrere Pollenschläuche haften an seiner Spitze. Die beiden freien Schenkel des Embryosacks der zwei auf dem Präparat vorhandenen Samenknospen (gemm.) sind an dem Samenträger emporgestiegen, rechts ist der Embryosack mittelst der Nadeln von demselben abgelöst; man sieht ausserdem den in der Samenknospe steckenden Schenkel des Embryosacks und neben demselben ein zartes Gefässbündel vom centralen Bündel des Samenträgers abbiegend.

Fig. 14. Ein Querschnitt durch den unteren Theil des Samenträgers mit seinen drei Samenknospen (gemm.). Im Samenträger liegt ein centrales Gefässbündel, ebenso in jeder Samenknospe.

Fig. 15. Ein Querschnitt durch den Staubweg in der Höhe von II der Figur 2. Der Staubwegkanal erscheint weit und dreikantig, er ist von papillösen Oberhautzellen umgrenzt.

Fig. 16. Eine jugendliche Samenknospe, aus welcher der Embryosack kürzlich hervorgetreten.

Fig. 17. Der Embryosack einer ebenso jungen Samenknospe freipräparirt, b der in der Samenknospe gelegene, a der freie Schenkel des Embryosacks.

Fig. 18. Haare, welche in Büscheln aufrecht hinter jedem Staubblatt stehen und sich beim Oeffnen der Blüthe theilweise gegen den Staubweg richten. (Vgl. Fig. 2 u. 8.)

## Taf. II.

Fig. 19. Ein Embryosack zur Zeit der Befruchtung, aus einer geöffneten Blüthe, bis auf einen kleinen Theil aus dem Gewebe der Samenknospe freipräparirt. b der vom Gewebe der letzteren bedeckt gewesene, a der freie Schenkel. Im Grunde des letzteren die Bildung der ersten Mutterzellen für das Sameneiweiss.

Fig. 20. Ein Embryosack mit einer aussergewöhnlichen Bildung der ersten Mutterzellen für das Sameneiweiss.

Fig. 21. Ein Embryosack mit zwei freien Schenkeln von gleicher Länge.

Fig. 22. Ein anderer mit zwei kürzeren und einem ausgewachsenen freien Schenkel.

Fig. 23. Ein junger Embryosack mit zwei freien Schenkeln.

Fig. 24. Ein Embryosack, dessen freier Schenkel sich nach abwärts verzweigt hat.

Fig. 25. Das Ende des freien Embryosackschenkels aus einer Blüthenknospe, kurz vor dem Aufblühen.

Fig. 26. Ein Embryosack, dessen freier Schenkel über sein organisches Ende, in dem die Keimbläschen liegen, hinaus noch einen langen Seitenast gebildet hat.

Fig. 27. Die beiden Keimbläschen aus voriger Figur stärker vergrößert.

Fig. 28. Die Spitze eines jungen Embryosacks mit zwei eben angelegten Keimbläschen.

Fig. 29. Die Spitze zweier Embryosäcke, die beide noch unbefruchtet sind. In dem rechts gelegenen ist das eine Keimbläschen zu einer fettglänzenden etwas körnigen Masse verschumpft und das andere noch nicht vollständig ausgebildet. In dem links gelegenen Embryosack sind beide Keimbläschen fertig, die Protoplasmakugel derselben übrigens stark zusammengeschumpft.

Fig. 30 zeigt das noch unfertige Keimbläschen der vorigen Figur bei stärkerer Vergrößerung; Fadenapparat und Protoplasmakugel lassen sich schon hier deutlich unterscheiden.

**Taf. III.**

Fig. 31. Die Spitze eines unbefruchteten Embryosacks. Der Fadenapparat des Keimbläschens ist sehr schön ausgebildet, die Protoplasmakugel dagegen zerflossen.

Fig. 32. Ein ähnliches Präparat. Die Protoplasmakugel der beiden Keimbläschen erscheint in dieser und der folgenden Figur mehr als gewöhnlich verlängert. Die Wand des Embryosacks ist stark verdickt.

Fig. 33. Ein anderes Präparat aus derselben Blüthe. Die Protoplasmamembran, welche die Protoplasmakugel umgrenzt, erscheint körnig.

Fig. 34. Ein ähnliches Präparat nach kurzer Einwirkung verdünnter Aetzkalkilösung. In den birnförmigen Protoplasmakugeln werden erhärtete Protoplasmaströme sichtbar.

Fig. 35. Ein ähnliches Präparat, ebenfalls mit verdünnter Kalkilösung behandelt. Die Protoplasmakugel erscheint körniger und ist deshalb der Zellkern nicht sichtbar.

Fig. 36. Eine unbefruchtete Embryosackspitze nach kurzer Behandlung mit Aetzkalkilösung. In jeder der beiden birnförmigen Protoplasmakugeln ist ein Zellkern sichtbar.  $\gamma$  anhängende Zellen vom Samenträger (spermophorum).

Fig. 37. Eine unbefruchtete Embryosackspitze, so gewendet, dass man von oben auf dieselbe blickt, so dass die beiden Stellen, wo die Fadenapparate liegen und die Membran des Embryosacks resorbirt ist, als kreisförmige Löcher erscheinen (x).

Fig. 38. Die Spitze eines kürzlich befruchteten Embryosacks nach kurzer Einwirkung mit Kalkilösung. Zwei Pollenschläuche am Embryosack. Nur ein Keimbläschen ist befruchtet.

Fig. 39. Die Spitze eines unbefruchteten Embryosacks nach kurzer Behandlung mit Kalkilösung. Ein seitlich entstandener Ast des Embryosacks verlängert sich aufwärts.

Fig. 40. Die Spitze eines Embryosacks, an welche erst kürzlich ein Pollenschlauch getreten, beide Protoplasmakugeln des Keimbläschens noch ohne Zellstoffmembran.

Fig. 41. Eine ebenfalls kürzlich befruchtete Embryosackspitze. Die beiden Keimbläschen wie bei der vorhergehenden Figur in seitlicher, nicht normaler Lage. Die Protoplasmakugel der Keimbläschen ist schon von einer Zellstoffmembran umkleidet.

Fig. 42. Eine normale ganz kürzlich befruchtete Embryosackspitze. Die Protoplasmakugel beider Keimbläschen noch ohne Zellstoffmembran.

Fig. 43. Eine Embryosackspitze, an welche drei Pollenschläuche getreten, nach kurzer Einwirkung von Aetzkalkilösung. Nur eines der Keimbläschen ist seit kurzem befruchtet.  $z$  die Protoplasmakugel des nicht befruchteten Keimbläschens.

Fig. 44. Ein ähnliches Präparat. Beide Keimbläschen sind befruchtet, das grössere zur Keimanlage werdende enthält bereits zwei Zellkerne.

**Taf. IV.**

Fig. 45. Ein ähnlicher aber etwas jüngerer Zustand; beide Keimbläschen sind befruchtet und noch auf fast gleicher Entwicklungsstufe. Das Präparat wurde mit Chlorzinkjodlösung behandelt, welche den Fadenapparat und die Zellstoffmembran violett, den körnigen Zellinhalt gelb und die aufquellenden Stärkemehlkörner blau färbte.

Fig. 46. Eine Embryosackspitze mit zwei befruchteten Keimbläschen, deren eines schon grösser als das andere ist.

Fig. 47. Ein schon etwas weiter entwickelter Zustand. Die Spitze des Embryo-

sacks erscheint unterhalb des Fadenapparats durch eine hier entstandene wagrechte Scheidewand wie abgeschnitten; an der letzteren hängt das sich zum Keime ausbildende Keimbläschen.

Fig. 48. Ein ähnliches Präparat. \*Die befruchtete und zum Keim auswachsende Protoplastmakugel enthält Stärkmehlkörner, ein Fall, der selten vorkommt.

Fig. 49. Eine Embryosackspitze mit zwei befruchteten Keimbläschen.

Fig. 50. Ein ähnliches Präparat wie Fig. 47, auch aus derselben Blüthe genommen. Die Scheidewand und die an ihr hängende Anlage zum Keime ist hier noch deutlicher sichtbar. In der letzteren sind zwei durch Theilung entstandene Zellkerne <sup>1)</sup> sichtbar. z die Protoplastmakugel des nicht befruchteten Keimbläschens.

Fig. 51. Das Sameneiweiss einer noch nicht halbreifen Samenknospe. em die schwach durchscheinende Keimanlage. a das eine Ende des im Gewebe der Samenknospe steckenden, nicht mit Zellen erfüllten Embryosackschenkels. b dessen anderes Ende, von dem Gewebe des Samenträgers entblösst. Der obere Theil des Samenträgers (sperm.) mit einer Samenknospe (uc).

Fig. 52. Eine halbreife Frucht. edsp der Sameneiweisskörper der zum Samen auswachsenden Samenknospe. sperm. der Samenträger. d die innere Gewebeschicht der Fruchtknotenwand (Endocarpium). e die äussere und mittlere Schicht derselben (Meso- und Epicarpium), später f und g der Figur 53 bildend.

Fig. 53. Längsdurchschnitt einer reifen Frucht. f die mittlere holzig gewordene Schicht der Fruchtknotenwand (mesocarpium). g die saftig bleibende äussere Schicht derselben (epicarpium). endsp das Sameneiweiss der Samenknospe, em deren Keim.

Fig. 54. Der aus der reifen Frucht isolirte gerade Keim <sup>2)</sup> mit zwei Samenlappen.

1) Die abgerundete und glänzende, weichere klebrige Spitze des Fadenapparats sieht frei aus der Spitze des Embryosacks hervor in den Figuren 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50, desgleichen in zahlreichen anderen, theils von mir gezeichneten, theils nur aufbewahrten Präparaten. Auf Fig. 31 scheint die Membran des Embryosacks über den Fadenapparaten noch nicht vollständig resorbirt zu sein, und bei Fig. 44 verdecken anhängende zerrissene Zellwände des Samenträgers die Spitze des Embryosacks. Die Bildung der wagrechten Scheidewand in der Spitze des befruchteten Embryosacks ist sichtbar in den Figuren 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50. Der Pollenschlauch drängt sich zwischen die beiden Fadenapparate in den Figuren 38, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50 und bei zahlreichen anderen hier nicht abgebildeten Präparaten.

2) Die Figuren 51 bis 54 sind, weil mir die späteren Zustände der Fruchtbildung fehlten, nach Henfry copirt.

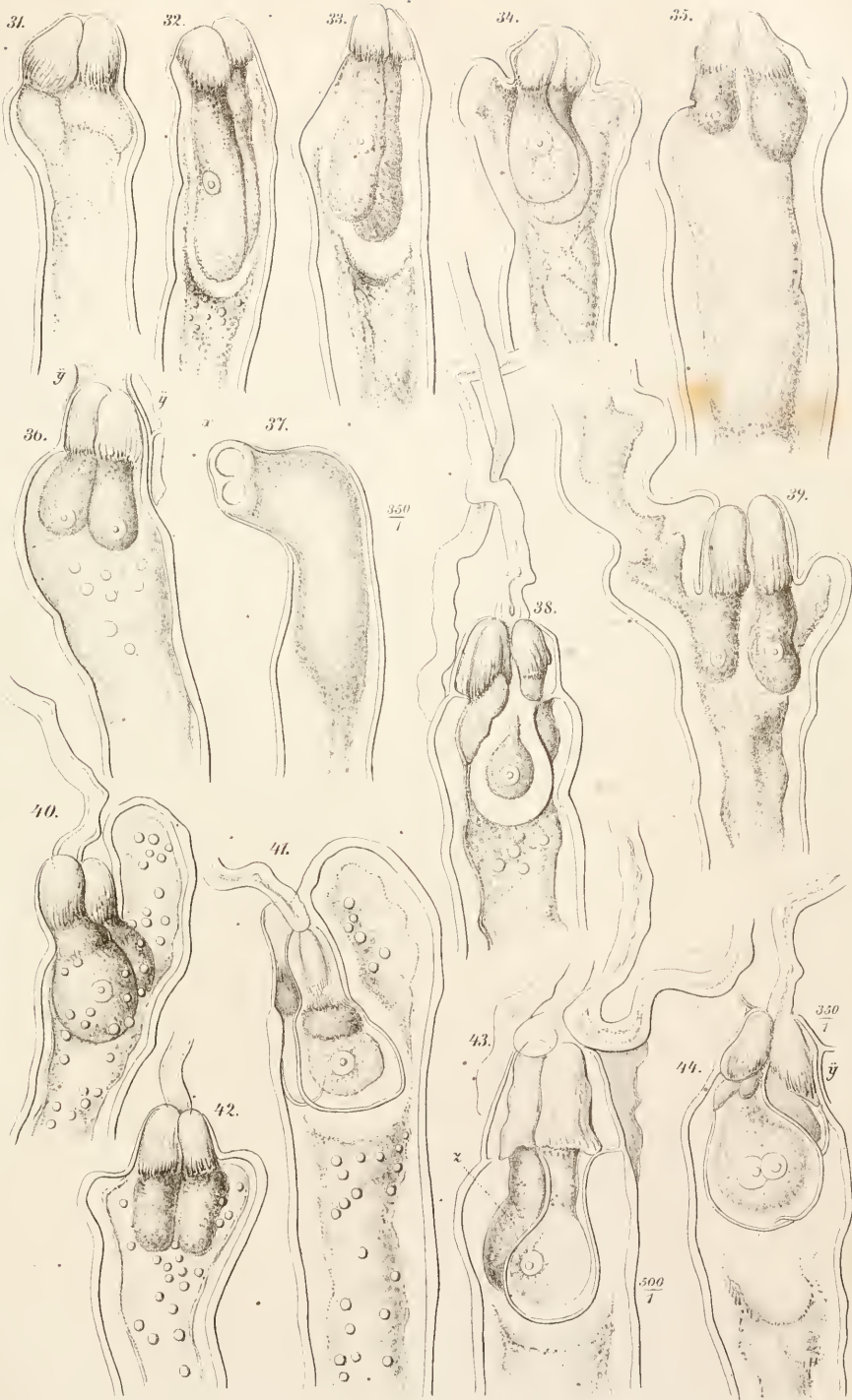
Bonn, den 29. März 1864.



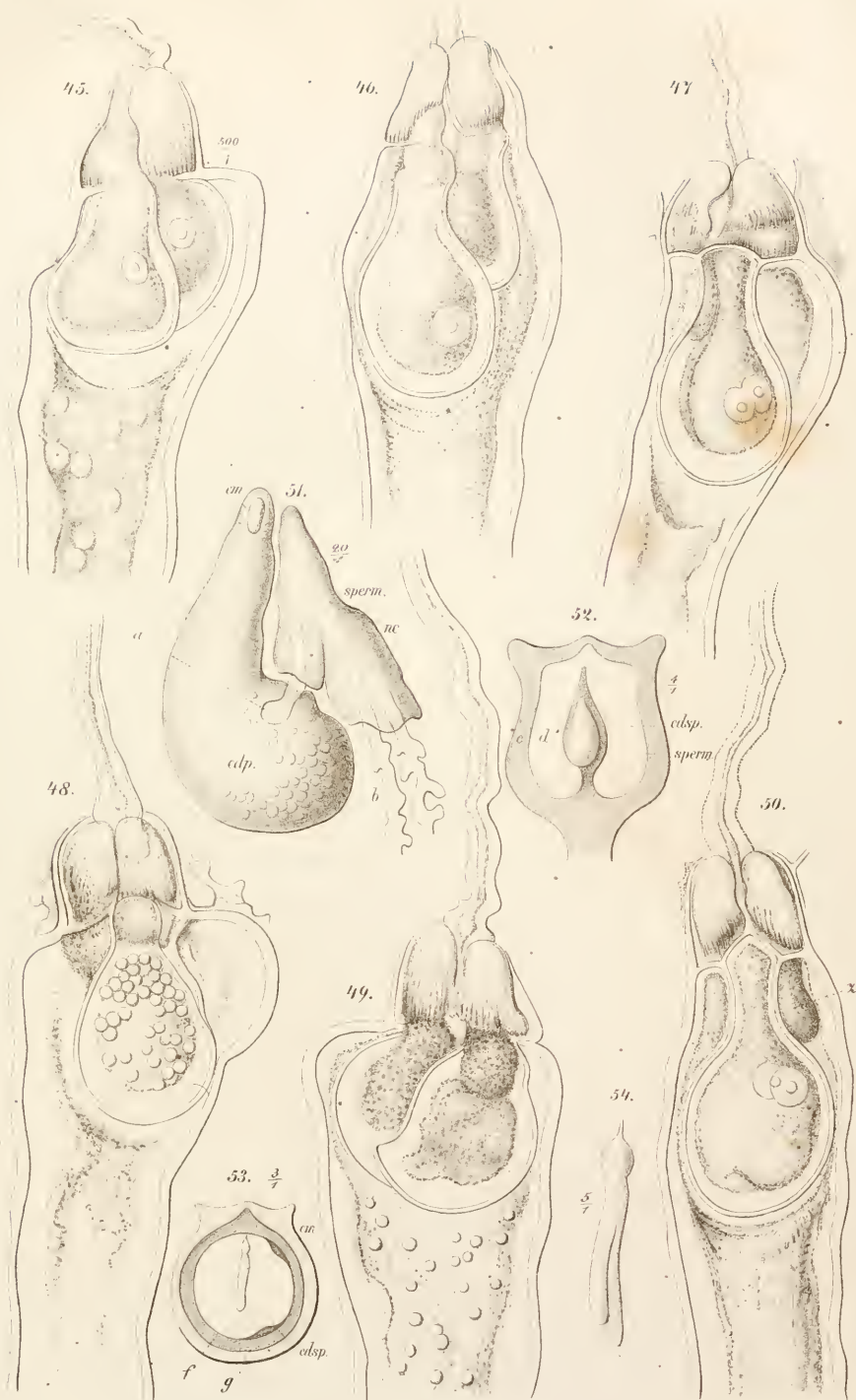












# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1865-1866

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Schacht Hermann

Artikel/Article: [Die Blüthe und die Befruchtung von Sautalum album 1-22](#)