Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen.

Von

W. Arnoldi.

(Hierzu Tafel I, II u. III.)

III. [1])

Embryogenie von Cephalotaxus Fortunei.

Die hervorragenden und bedeutenden Beobachtungen der japanischen und amerikanischen Gelehrten über die Befruchtungsvorgänge bei den ältesten Gymnospermen zogen wieder die allgemeine Aufmerksamkeit der Forscher auf diese Pflanzengruppe, von welcher Strasburger schon im Jahre 1884 schrieb: „— Hier liegen jetzt, wie ich meine, die wichtigsten morphologischen Thatsachen klar". Dennoch war es nicht schwer, sich zu überzeugen, dass unsere Kenntniss der Entwickelungsgeschichte in der Gruppe der Gymnospermen noch grosse Lücken aufweist. Waren doch nur die gemeinsten und am meisten verbreiteten Vertreter der Abietineen und Cupressineen bezüglich ihrer Entwickelungsgeschichte etwas eingehender erforscht und es befanden sich auch diese entwickelungsgeschichtlichen Angaben nicht auf der Höhe der modernen histologischen Forschungen. Ebenso bleibt eine ganze Reihe wichtiger Coniferengattungen entweder ganz unbekannt, oder nur äusserlich untersucht, so dass selbst die wichtigsten morphologischen Thatsachen für viele Gymnospermengattungen noch unklar verbleiben. Unter den verschiedenen Ursachen für diese lückenhafte und unvollkommene Kenntnis der Gymnospermen ist wohl die hauptsächlichste Schwierigkeit, das für die Untersuchung geeignete Material zusammen zu bringen. Unter diesen Umständen sahen sich die Gelehrten zur Wiedererforschung des Befruchtungsvorganges bei unseren überall verbreiteten Coniferen gezwungen und zwar haben Dixon, Blackmann und Chamberlain den Befruchtungsvorgang bei der Gattung Pinus neuerlich untersucht, während Jaeger die Entwickelungsgeschichte von Taxus baccata studirte. Karsten und Lotsy, welche die glückliche Gelegenheit die Tropen zu besuchen hatten, haben uns wichtige und bedeutungsvolle Beobachtungen über Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Gattung Gnetum mitgetheilt.

Als ich meine Coniferenstudien begann, beabsichtigte ich, sie womöglich auf die bis jetzt entwickelungsgeschichtlich unbekannten

1) I. u. II. s. Bulletin de Soc. Im. d. Natur. de Moscou 1899 NN I et II.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0050-5

Gattungen auszudehnen. So dienten meine Untersuchungen über Sequoia sempervirens zur Aufstellung der verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Coniferen und den Gnetaceen.

Die gegenwärtige Arbeit über Embryogenie von Cephalotaxus bringt einige neue Thatsachen zur Frage der verwandtschaftlichen Beziehung der Gymnospermen einerseits und erweitert andererseits unsere Kenntniss über den Archegonienbau und Befruchtungsvorgang in der Gymnospermengruppe.

Die Arbeit wurde im Pflanzenphysiologischen Institut zu München gemacht. An dieser Stelle möchte ich mir erlauben, Herrn Professor Dr. Goebel für seine stets liebenswürdige Theilnahme meinen Dank zu sagen. Ebenso bin ich Collegen Dunzinger für seine Hilfe bei der Redaction des deutschen Textes zu herzlichem Dank verpflichtet.

Die Gattung Cephalotaxus mit einer Art C. Fortunei und einigen Varietäten wird von den Systematikern in die Familie der Taxaceen eingereiht. Hier nimmt sie eine Zwischenstelle zwischen Phyllocladus und Gingko einerseits und Torreya und Taxus andererseits ein [1]). Die morphologischen und anatomischen Beschaffenheiten von Cephalotaxus zeigen seine nahe Verwandtschaft mit Taxus, während der Bau seiner Samenknospe die Pflanze in Beziehung zu den Gingkoaceen und Cycadoideen bringt. Es lag deshalb die Vermuthung nahe, dass Cephalotaxus in seiner Entwickelungsgeschichte die Charaktere von Taxus und anderen Coniferen einerseits und der ältesten Gymnospermen andererseits vereinigen würde.

In der That haben meine Untersuchungen diese Vermuthung bestätigt, wie ich in den drei Capiteln meiner Arbeit darthun werde. In dem ersten derselben soll der Bau der Archegonien und ihrer Theile geschildert werden. Der zweite ist der Darstellung des Pollenschlauchbaues, des Befruchtungsvorgangs und der Embryoentwickelung gewidmet, während im letzten Capitel die allgemeinen Ergebnisse dargestellt werden sollen.

I.

Die Archegonien werden bei allen Coniferen auf dieselbe Weise gebildet. Die peripherische Endospermzelle theilt sich durch eine Perikline in zwei Zellen, deren äussere später den Archegonienhals bildet, während die innere zur Eizelle sich umwandelt. Indem das

---

1) Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, II, pag. 108 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0051-1

Archegonium wächst, erleiden die es unmittelbar umgebenden Endospermzellen einige Veränderungen, indem sie sich zur sogenannten Deckschicht umbilden. Nur die Archegonien von Welwitschia mirabilis [1]) und Sequoia sempervirens [2]) entbehren dieser Deckschicht. Bei der ersten Pflanze fehlen sie vollständig, bei der zweiten werden sie nur zum Theil gebildet.

Während die morphologische Beschaffenheit dieser Deckschichtzellen schon vor zwanzig Jahren durch Goroschankin's Untersuchungen [3]) bekannt geworden war, ist die physiologische Bedeutung derselben für die Eizelle erst in der letzten Zeit durch die Bemühungen der japanischen Forscher klar gelegt worden. Nach Angaben Goroschankin's zeichnen sich diese Zellen durch grosse und chromatinreiche Kerne, durch den dicken Protoplasmagehalt und die Abwesenheit der Stärke im Protoplasma aus. Bei den Cycadoideen und Abietineen ist eine offene Verbindung zwischen den Eizell- und Deckschichtzellprotoplasten vorhanden. Diese Verbindung findet durch siebröhrenähnliche Poren in den trennenden Membranen statt.

An diese Angaben Goroschankin's schliessen sich unmittelbar diejenigen Hirasé's für die Deckschichtzellen von Gingko und die Ikeno's für Cycas an. Hirasé [4]) war der erste, welcher sich mit den Veränderungen beschäftigte, welche in den Deckschichtzellen von Gingko während der Archegoniumbildung und Embryoentwickelung sich abspielen. Im Protoplasma der jungen Deckschichtzellen fand Hirasé kleine Körnchen, welche der Zellwand dicht anliegen, die die Eizell- und Deckschichtzellprotoplasten scheidet. Ebensolche Körnchen fand er auf einem späteren Stadium auch im Eizellprotoplasma. Nach allen Reactionen waren diese Körnchen mit den Kernkörperchen der Deckschichtzellen identisch. Ausserdem besassen die Kerne der jungen Deckschichtzellen je zwei Kernkörperchen, während in den älteren Deckschichtzellen zur Zeit, als in der Eizelle der

---

1) Strasburger, Die Coniferen und die Gnetaceen 1872.

2) Arnoldi, Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen . . . II. Ueber die Corpuskeln und Pollenschläuche bei Sequoia sempervirens.

Bulletin de la Société de Naturalistes de Moscou. 1899.

3) Goroschankin, Ueber die Corpuscula und Befruchtungsvorgang bei den Gymnospermen. Moskau 1880 (russisch). Wissenschaftl. Schriften der Moskauer Universität.

Derselbe. Zur Kenntniss der Corpuscula bei den Gymnospermen. Bot. Ztg. 1883 Bd. 41.

4) Hirasé, Etudes sur la fécondation et l'embryogénie du Gingko biloba. The Journal of the College of Science, Tokyo, Japan, 1895.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0052-7

Embryo schon ziemlich entwickelt war, die Kerne nur einen Nucleolus hatten.

Diese Thatsache veranlasste Hirasé zu der Annahme, dass aus den Kernen der Deckschichtzellen die kleinen Körnchen entstehen. Die Durchlöcherung der Membran der Eizelle von Gingko und die Lage dieser Körnchen beiderseits der Membran förderten in Hirasé die Meinung, dass die Körnchen aus den Deckschichtzellen in die Eizelle eindringen [1]).

Daraus folgt die natürliche Erklärung der physiologischen Bedeutung der Deckschichtzellen als Entstehungsort des Nährmaterials für die Eizelle.

Bald nach dieser Arbeit Hirasé's hat ein anderer japanischer Gelehrter, Ikeno, in seiner hervorragenden Arbeit über Cycas revoluta [2]) die Beschaffenheit der Deckschichtzellen bei dieser Pflanze beschrieben. Im Allgemeinen stimmen die Angaben der beiden japanischen Gelehrten bezüglich des Baues und der Function der Deckschichtzellen bei Gingko und Cycas überein. Es war Ikeno sogar gelungen, die Körnchen während des Uebergangs durch die Eizellmembran von Cycas zu beobachten. Es sind aber einige Unterschiede zwischen den Angaben der beiden Autoren vorhanden. So konnte Ikeno in den Deckschichtzellen von Cycas immer nur ein Kernkörperchen beobachten. Ebenso gelang es ihm, einige Verschiedenheiten zwischen den Kernkörperchen und Körnchen zu constatiren [3]).

Während alle diese Veränderungen in den Deckschichtzellen vor sich gehen, wächst und verändert sich auch das Archegonium: sein vacuolenreiches Protoplasma verliert allmählich die Vacuolen, wird immer dicker, während sein Kern sich theilt, womit zugleich die Bauchkanalzelle gebildet wird.

Da dieser Entwickelungsgang bei den meisten Coniferen gleich ist, übergehe ich denselben und werde sogleich zur Besprechung der Archegonienbildung von Cephalotaxus mich wenden.

---

1) Hirasé, l. c. pag. 317 ff.

Ausser diesen Körnchen, welche in den Deckschichtzellen sich bilden, hat Hirasé eine andere Art der Körnchen beschrieben, welche aus dem Eizellkern ihren Ursprung nehmen.

2) Ikeno, Untersuchungen über die Entwickelung der Geschlechtsorgane und der Vorgang der Befruchtung bei Cycas revoluta. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik XXXII. Bd. 1898.

3) „Die beste Untersuchungsmethode besteht darin, dass man . . . Schnitte . . . mit 0,2 % Säurefuchsin . . . dann mit 0,2 % Methylenblau färbt . . . indem die Granulationen sich roth und die Nucleolen blau färben. Ikeno, l. c. p. 565.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0053-3

Die Entwickelungsgeschichte von Cephalotaxus ist bis jetzt noch nicht vollständig untersucht worden. Die einzigen Angaben, welche über diesen Gegenstand gemacht wurden, finden wir bei Strasburger[1]), welcher seine Betrachtungen an schon ziemlich weit in der Entwickelung vorgeschrittenen Embryonen machte. Auf seine Angaben werde ich bei der Besprechung der Embryoentwickelung zurückkommen.

Die Samenknospe von Cephalotaxus Fortunei bedarf zu ihrer Reife zwei Jahre. Im ersten Jahre werden der Nucellus und das Integument angelegt und findet die Bestäubung statt. Im Frühjahre des zweiten Jahres werden Archesporium und Embryosack angelegt, worauf im Monat Mai die Endospermentwickelung stattfindet.

Nachdem in den letzten Tagen des Mai die Archegonien angelegt werden, findet Mitte Juni die Befruchtung statt. Im Verhältniss zu dem langsam vor sich gehenden Befruchtungsvorgang findet die Embryoentwickelung sehr rasch statt, so dass wir im August bereits einen vollkommen ausgebildeten Embryo vorfinden, während zu gleicher Zeit der untere Theil des Integumentes sich verhärtet hat.

Alle diese Verhältnisse sind für Pflanzen aus Mitteleuropa und Südrussland (der Krim) giltig. Das mir zur Verfügung stehende Material war hauptsächlich in dem Kais. Botanischen Garten in Nikita (Südufer der Krim) gesammelt worden. Auch benützte ich Samenknospen, welche in den botanischen Gärten von Palermo, Florenz und im städtischen Garten von Bozen (Südtirol) gesammelt waren.

Es sei mir hier gestattet, der Direction des Kaiserlichen Gartens in Nikita, so auch den Herren Professoren Borzi und Mattirolo meinen besten Dank auszusprechen für die Ueberlassung des nöthigen Materiales.

Die Archegonien von Cephalotaxus bilden sich aus den peripherischen Zellen des Endosperms, welches zu dieser Zeit noch nicht vollständig ausgebildet ist. Die Fig. 1 zeigt uns die einzelligen Archegonien, welche in dem oberen Theile des Endosperms liegen. Wie aus dieser Figur zu sehen ist, zeigt das unten liegende Endosperm noch die Alveolenbildung[2]). Das einzellige Archegonium theilt sich

1) Strasburger, Die Angiospermen und die Gymnospermen 1879, pag. 149—150.

2) Es ist mir gelungen, die jungen noch sich bildenden Alveolen zu beobachten. Ich konnte sehen, dass die fortwachsenden Enden immer offen, nicht mit Zellmembran versehen sind, was vollständig übereinstimmt mit den Angaben,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0054-8

durch eine Perikline in eine Halsmutterzelle und eine Eizelle. Dann fängt dieses Archegonium an zu wachsen und zeigt in seiner Entwickelung alle Veränderungen, welche für sämmtliche Coniferen charakteristisch sind und oben schon besprochen wurden. Zu gleicher Zeit verändern sich auch die das Archegonium umgebenden Endospermzellen und bilden die sogenannten Deckschichtzellen.

Auf sehr jungen Entwickelungsstadien zeigen diese Zellen ein vacuolreiches Protoplasma und einen chromatinreichen, mit einem runden Nucleolus versehenen Kern.

Auf etwas späteren Stadien verdickt sich das Zellprotoplasma und es beginnen in demselben eine Reihe von Veränderungen, welche an diejenigen in den Deckschichtzellen bei Gingko und Cycas erinnern. Diese Veränderungen beginnen damit, dass die anfänglich runde Gestalt des Nucleolus unregelmässig wird. Die Fig. 2 stellt dieses Stadium bei starker Vergrösserung dar. In sämmtlichen Deckschichtzellen nehmen die Nucleolen solche unregelmässige Formen an. Wenn wir jetzt ein späteres Stadium betrachten, so sehen wir, dass in allen Zellkernen ausser den grossen und unregelmässig gestalteten Kernkörperchen noch viele Körnchen vorhanden sind (Fig. 3). Wenn wir diese Kerne mit Jodgrün-Fuchsin nach Zimmermann behandeln, so färbt sich das Chromatin blau-violett, während die Kernkörperchen und eben diese Körnchen roth gefärbt werden. Wir sehen, dass die Kernkörperchen Auswüchse bilden, welche nach Form und Gestalt den Körnchen ganz ähnlich sind. Auf diesem Stadium sehen wir, dass die Nucleolen die Körnchen vielmal an Grösse übertreffen. Ein späteres Stadium zeigt, dass die Nucleolen und Körnchen fast gleiche Grösse haben (Fig. 4); und da nach ihrem Färbungsvermögen Nucleolen und Körnchen gleichartige Gebilde sind, so sieht ein Zellkern auf diesem Stadium aus, als habe er mehrere Nucleolen. Nach Ikeno's Angaben haben die Deckschichtzellkerne bei Cycas[1]) immer

---

welche Sokolowa für Cephalotaxus, Ikeno für Cycas machen und mit den Beobachtungen, welche ich selbst bei der Endospermbildung von Sequoia sempervirens gemacht habe. — Desto fragwürdiger scheinen mir die neuesten Angaben Jaegers für Taxus und seine Zeichnungen, auf welchen er die ganz jungen Stadien der Endospermentwickelung als geschlossene Zellen, aber nicht als offene Alveolen (im Sinne Sokolowa's) darstellt. Es scheint, dass ihm die Arbeit Sokolowa's ganz unbekannt geblieben ist, obgleich auf sie in der von ihm citirten Abhandlung Jaccard's hingewiesen wird.

1) Ikeno l. c.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0055-4

je einen Nucleolus, während Hirasé für dieselben Kerne bei Gingko[1]) die Anwesenheit von zwei solchen bestätigt[2]).

Wenn wir die Deckschichtzellen zu der Zeit beobachten, zu welcher in der Eizelle schon der Embryo angelegt ist, zeigen sie immer nur einen ganz runden Nucleolus (Fig. 5).

Die Beobachtung aller dieser Veränderungen lässt wohl mit Recht die Annahme zu, dass die Körnchen aus dem Nucleolus entstehen. Dennoch muss auch die Möglichkeit ihrer Entstehung direct aus der Kernsubstanz zugegeben werden.

Auf den ersten Stadien der Entwickelung der Deckschichtzellen finden wir diese Körnchen nur innerhalb des Kernes. Auf etwas späteren Stadien finden wir sie jedoch auch im Protoplasma der Deckschichtzellen. Da die Körnchen im Kerne wie im Protoplasma in allen Beziehungen (in Grösse, Färbevermögen etc.) vollständig gleich sind, da sie zuerst im Kerne und erst später im Protoplasma zu beobachten sind, so können wir daraus wohl folgern, dass sie aus dem Kerne in das Protoplasma einwandern. Im Protoplasma der Deckschichtzellen werden sie in grosser Menge angehäuft, und gehen dann in die Eizelle über. Die Fig. 6, 6 *a* zeigen die mit Körnchen er füllten Zellen.

Bevor ich zur Beschreibung des Archegoniumwachsthums übergehe, will ich, um Unterbrechung zu vermeiden, das fernere Verhalten der Körnchen in der Eizelle besprechen.

Die Körnchen treten in der Eizelle zu einer Zeit auf, zu welcher das Protoplasma derselben noch reich an Vacuolen ist. Die Beobachtung des Ueberganges der Körnchen von den Deckschichtzellen in die Eizelle ist äusserst schwierig.

Bei Gingko und Cycas sind in der Eizellmembran, wie oben erwähnt, Poren vorhanden. Diese Poren erleichtern den Körnchen den Uebergang aus den Deckschichtzellen ins Ei. Während bei den Cycadeen, z. B. Cycas und Encephalartos diese Durchlöcherung bei der schwächsten Vergrösserung schon zu beobachten ist, zeigt die Eizell- und Deckschichtzellenmembran bei Cephalotaxus selbst bei den stärksten Vergrösserungen keine Löcher. Da wir aber zu beiden Seiten der Membran Körnchen gleicher Beschaffenheit wahrnehmen, müssen wir einen Uebergangsprozess annehmen. Welcher Art dieser Uebergangsproces ist, das entzieht sich der Beobachtung und es lässt

1) Hirasé l. c.

2) Ich konnte in Deckschichtzellkernen bei Ceratozamia mexicana auf dem entsprechenden Stadium auch viele Nucleolen beobachten, was die Fig. 4 a zeigt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0056-0

sich nur eine Vermuthung aussprechen. Nimmt man an, dass wir nicht Körnchen, sondern Tröpfchen zähflüssiger Substanz vor uns haben, so findet der Uebergang durch eine Filtration eine einfache Erklärung. In der That scheint diese Annahme durch die Beobachtung bestätigt zu werden. Die Fig. 6 *a, b* zeigen uns an der Wand einer Eizelle anliegend Körnchen von halbsphäroidischer Gestalt, während die weiter ins Innere der Eizelle gedrungenen Körperchen wieder kugelig geworden sind. Sie zeigen also dasselbe Verhalten wie Tropfen, die eine Membran passieren: die derselben anhaftenden sind halbkuglich und nehmen erst beim Verlassen derselben wieder Kugelgestalt an.

Die in das Ei eingedrungenen Tröpfchen zeigen rasches Wachsthum und grosse Veränderungen. Während sie zu Anfang ganz homogen sind und so die Bezeichnung Körnchen wohl rechtfertigen, treten während des folgenden raschen Wachsthums in ihnen vacuolenartige Lücken auf. Diese nehmen an Zahl immer mehr zu, während die Körperchen eine immer bedeutendere Grösse erreichen, so dass sie schliesslich eine schaumige Struktur zeigen.

Die Fig. 8 zeigt uns das erste Auftreten der Körperchen in der Eizelle; in Fig. 9 sehen wir die Körperchen schon bedeutend gewachsen und es ist ihre Vertheilung im Protoplasma zu sehen. Auf derselden Figur ist auch die Vermehrung der Körperchen zu beobachten. Dieselbe kommt durch einfache Einschnürung oder Abtrennung kleinerer Theile zu Stande, wie es auch auf Fig. 9 zu sehen ist. Das Maximum ihrer Entwickelung erreichen sie zur Zeit der Befruchtung und während der Befruchtung selbst. Zu dieser Zeit sehen wir, dass die Körperchen ihre regelmässige Kugelgestalt zum Theil verloren haben, wie es aus Fig. 10, welche ein solches Körperchen, das den oberen Theil des Archegoniums fast vollständig erfüllt, darstellt, ersichtlich ist. Aus der Formveränderung können wir wohl schliessen, dass wir einen Körper zähflüssiger Substanz vor uns haben, welche Vermuthung gelegentlich bei der Besprechung des Uebergangsprocesses schon ausgesprochen wurde.

Während der ersten Entwickelungstadien des Embryos verschwinden die grossen Körper sehr rasch fast ganz. Schon zu einer Zeit, zu welcher der Embryo erst aus nur wenigen freien Kernen besteht, sind nur kleine runde Körperchen noch wahrzunehmen (Fig. 26, 27, 25).

Diese Thatsache gibt uns wohl das Recht zur Annahme, dass die Körperchen dem wachsenden Embryo als erstes Nährmaterial zu dienen bestimmt sind. In dieser Annahme werden wir noch bestärkt,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0057-6

wenn wir sehen, dass in unbefruchteten Archegonien die grossen Körperchen unverändert ihre maximale Grösse behalten (Fig. 11).

Zu gleicher Zeit mit dem Wachsthum der oben beschriebenen Körper geht auch die Vergrösseruug des Archegoniums und seiner Theile vor sich.

Da ich in meinen Abhandlungen über Sequoia sempervirens [1]) den Bau der Archegonientheile eingehend beschrieben habe, werde ich hier, um die Wiederholung zu vermeiden, nur die nothwendigsten Literaturangaben besprechen.

Das Archegonium von Cephalotaxus besteht aus einem zweizelligen Halse und einer Eizelle, wie es die Fig. 7 zeigt. An den Fig. 12 *a, b* sehen wir den Hals von oben und von der Seite. So hat Cephalotaxus ebensolchen Hals wie die ältesten Gymnospermen-Cycadoideen, Gingko und Sequoia [2]).

Die Eizelle von Cephalotaxus ist auf den jüngeren Stadien reich an Vacuolen und ihr ganz normal gebauter Kern liegt am oberen Ende derselben. Allmählich verdickt sich das Eiprotoplasma, während die oben beschriebenen Körperchen aus den Deckschichtzellen einwandern. Der Eikern, welcher früher ganz normal gebaut war, scheint die Kernmembran zu verlieren und zusammengedrückt zu werden, was an dieselben Vorgänge bei Cycas erinnert [3]). Dann theilt sich der Kern karyokinetisch (Fig. 13). Für die meisten Coniferen ist diese Theilung der Beginn der Bildung der Bauchkanalzelle. Bei Cephalotaxus nun wird keine Bauchkanalzelle gebildet. Die Abbildung (Fig. 14) zeigt uns den oberen Theil des Eies, in dem zwei Kerne liegen. Von einer Zellmembran ist keine Spur zu sehen und auf einer ganzen Reihe von Präparaten ist es mir nicht gelungen, sie wahrzunehmen. Nach der Abbildung, die Ikeno [4]) für Cycas gibt, ist es mir wahrscheinlich, dass auch dort ähnliche Verhältnisse vorliegen, wenngleich Ikeno die Bildung der Bauchkanalzelle für erwiesen hält.

---

1) Arnoldi l. c.

2) Es wäre interessant zu wissen, aus wie viel Zellen der Hals des Taxusarchegoniums besteht. Jaeger behauptet, dass er aus vier Zellen bestehe. Doch ist das aus der Abbildung, auf welche er verweist, nicht zu ersehen, da es nur eine Seitenansicht ist und demnach ebensogut einen zweizelligen wie vierzelligen Hals illustriren kann. Zur richtigen Erkenntniss wäre die Oberansicht nöthig. Jaeger l. c.

3) Ikeno l. c.

4) Ikeno l. c. Taf. I. Fig. 11.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0058-2

Auf der Fig. 11 Taf. I seiner Arbeit zeichnet Ikeno das obere Ende des Eies mit zwei Kernen, von denen der eine der Bauchkanalzelle, der andere der Eizelle zugehört. Es ist keine Wand zwischen diesen zwei Kernen gezeichnet, obgleich der Eikern schon bedeutend nach dem mittleren Theile der Eizelle verschoben ist. Diese Abbildung constatirt nur die Theilung des Kernes, beweist aber nicht die Bildung einer Bauchkanalzelle [1]).

Nach der Theilung des Eikernes sinkt der untere Kern etwas nach unten, während er sich mit sogenannter metaplastischer Substanz erfüllt. In dieser Beziehung stimmt Cephalotaxus mit den anderen Gymnospermen überein.

Der obere Theil des Eizellprotoplasmas sammt dem in ihm befindlichen Kerne verschleimt, quillt auf, sprengt so die Halszellen und tritt aus dem Archegonium heraus, wie es Fig. 16 in deutlicher Weise zeigt.

Durch diesen Vorgang wird das Archegonium geöffnet und zur Aufnahme der männlichen Elemente fähig gemacht.

Nachdem wir so die Beschreibung der Veränderungen des Archegoniums vor der Befruchtung beendigt haben, wollen wir zur Schilderung der Pollenschläuche und Befruchtungsvorgänge übergehen.

II.

Die Bestäubung der Samenknospe von Cephalotaxus findet im Frühling des ersten Jahres statt, zu welcher Zeit die Samenknospen erst aus Nucellus und Integument bestehen. Die Figur 16 zeigt uns eine Samenknospe, welche im September des ersten Jahres gesammelt war. Wir sehen hier das mächtige Integument und den grossen Nucellus, auf dessen oberen Theile sich die Pollenschläuche ausbreiten. Im ganz jungen Pollenschlauch sind zwei Zellen und ein Kern wahrzunehmen. Die beiden Zellen bilden einen spermatogenen Complex im Sinne Belajeff's, während der Kern dem Pollenschlauch selbst gehört, welcher die Antheritienhülle bildet [2]). Fig. 17 zeigt einen Pollenschlauch an einer Samenknospe, die im April des zweiten Jahres gesammelt wurde. Man sieht aus diesem späteren Stadium eine grosse generative Zelle und zwei Kerne, deren Bedeutung Belajeff erklärt hat [2]). Der Kern der generativen Zelle liegt hier ex-

1) Leider übergeht Jaeger die Frage nach der Bauchkanalzelle bei Taxus in seiner Arbeit ganz. Jaeger l. c.

2) Belajeff, Zur Lehre von dem Pollenschlauch der Gymnospermen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. IX. XI.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0059-0

centrisch. Er zeigt einen grossen Nucleolus und ein zartes Chromatinnetz. Auf diesen jungen Stadien entsprechen die Verhältnisse der Pollenschläuche von Cephalotaxus denjenigen von Taxus vollständig.

In diesem Zustande durchwächst der Pollenschlauch das Nucellargewebe und erreicht das Endosperm. Die innersten Schichten des Nucellargewebes, welche an das Endosperm grenzen, zeigen ein sehr lockeres Gefüge und werden später zusammengedrückt. Sobald das untere Ende des Pollenschlauches die äussere Grenze dieses lockeren Necullargewebes erreicht, theilt sich die generative Zelle. Es bilden sich dadurch zwei generative Zellen. Taxus zeigt deren nur eine. Die beiden generativen Zellen haben auf jüngeren Stadien je einen normal gebauten Kern und eine Protoplasmaschicht. Gewöhnlich umgibt sich jede der generativen Zellen mit einer eigenen Membran. Nur in vereinzelten Fällen konnte ich die beiden generativen Kerne von einer gemeinsamen Protoplasmaschicht und Membran umschlossen finden (Fig. 21). Aber nur kurze Zeit behalten diese Zellen und ihre Kerne das normale Aussehen. Dann verdickt sich das Protoplasma ringförmig um die Kerne herum, während die Kerne selbst mit metaplastischer Substanz sich erfüllen, ganz auf dieselbe Weise, wie wir es bei den Eikernen gesehen haben. In solchen mit der metaplastischen Substanz erfüllten Kernen kann man nur einen grossen Nucleolus und einige nucleolenartige Körnchen unterscheiden, wie das auf der Fig. 18 deutlich erkennbar ist. Im vorderen Ende des Pollenschlauches sind, wie erwähnt, zwei Kerne vorhanden. In manchen Fällen konnte man hier die Anwesenheit von drei Zellkernen constatiren (Fig. 19), was bei den Gymnospermen nicht oft der Fall ist. Der eine Kern gehört der während der Keimung sich desorganisirenden Zelle an, während die beiden anderen dem Pollenschlauch selbst zugehören. Das Vorhandensein von zwei vegetativen Zellkernen in dem keimenden Pollenschlauch ist nur noch von Jurányi[1]) bei Ceratozamia longifolia nachgewiesen worden.

In einem Falle ist es mir gelungen, die Theilung des Kernes durch Einschnürung im Pollenschlauchprotoplasma zu beobachten (Fig. 19 *a*).

Das Vorhandensein der drei Kerne und der Bau der generativen Zellen von Cephalotaxus erinnern sehr an dieselben Verhältnisse der befruchtenden Elemente von Cycas und Gingko kurz bevor sich aus ihnen Antherozoiden bilden. (Man vergleiche die Fig. 30, 31, 32 der

1) J. Jurányi, Ueber den Pollen der Gymnospermen. Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. 1872. Band VIII.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0060-1

Arbeit Ikeno's und die Fig. 24, 25, 26 Hirasé's.) Es unterscheidet sich also Cephalotaxus von allen anderen Coniferen und steht den ältesten Gymnospermen bezüglich des Baues des Inhalts der Pollenschläuche näher.

Nach der Bildung der zwei generativen Zellen ist der Pollenschlauch von Cephalotaxus zur Befruchtung fertig. Sein vorderes Ende kommt in Berührung mit dem hervortretenden Protoplasma des Eies und entleert seinen Inhalt in dasselbe. In den meisten Fällen treten die beiden generativen Zellen und die vegetativen Kerne in dasselbe ein (Fig. 20, 21) [1]). Bald darauf vermischt sich das Protoplasma der generativen Zellen mit demjenigen des Eies, während der eine generative Kern mit dem Eikern verschmilzt.

Aus der letzten Zeit stammen verschiedene Beobachtungen über die Vereinigung der männlichen und weiblichen Kerne bei den Cycadoideen und Coniferen. Obgleich dieser Vereinigungsprocess bei den beiden Gymnospermengruppen im Wesentlichen derselbe ist, sind doch hier einige Unterschiede vorhanden. Nach Ikeno's Angaben sind bei Cycas die beiden copulirenden Kerne vollständig mit metaplastischer Substanz erfüllt, so dass in ihrem Innern kein Chromatin mehr zu bemerken ist. Der männliche Kern dringt in den weiblichen zum Theil ein, dann bildet er Auswüchse, zerfällt in mehrere Stücke und verschwindet endlich in der Substanz des weiblichen Kernes. Das Chromatin tritt erst bei der Theilung dieses Copulationskernes wieder auf [2]).

Im Gegensatz zu den Cycadoideen enthält der männliche Kern bei den Coniferen keine metaplastische Substanz. Nach Blackmann's [3]) Angaben behält der männliche Kern von Pinus silvestris seine Individualität lange Zeit bei. Selbst noch während der Theilung des Copulationskernes kann man das männliche Chromatin als selbstständige Chromosomengruppe unterscheiden. Die vollkommene Vereinigung der weiblichen und männlichen Substanzen tritt erst in den Tochterkernen ein.

Nach den neuesten Beobachtungen Wuicizki's [4]), welcher den Befruchtungsvorgang bei Larix dahurica studirte, dringt der chromatin-

1) Auf dieser Abbildung sind nur die generativen Kerne sichtbar. Die vegetativen waren auf einem anderen Serienschnitte zu sehen.

2) Ikeno, l. c. 584 ff.

3) Blackmann, On the Cytological Features of Fertilisation and related Phenomena in Pinus silvestris. Philosophical Transactions of the R. Society of London. B. 161. 1898.

4) Wuicizki, Ueber die Befruchtung bei den Coniferen. Warschau 1899. (Russisch.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0061-7

reiche männliche Kern in den weiblichen ein und verschmilzt mit demselben noch vor der Theilung. In einigen Fällen aber konnte Wuicizki bei Larix während der ersten Theilung auch zwei selbstständige Chromosomengruppen unterscheiden. Er hält es für möglich, dass eine Gruppe dem männlichen Kerne entspricht, während die zweite dem weiblichen zugehört.

Es vereinigen sich bei Cephalotaxus die beiden Kerne in dem oberen Theile des Archegoniums. In dieser Zeit unterscheiden sie sich nur durch ihre Grösse, während ihr Bau derselbe ist. Sie sind ganz mit metaplastischer Substanz erfüllt und enthalten ein grosses und einige kleine Kernkörperchen (Figg. 20, 21, 22, 23). Es dringt der männliche Kern in den weiblichen ein, doch bleiben sie noch lange Zeit unverschmolzen. Es bewegen sich die beiden Kerne bis zur Mitte des Eies, wo die (Fig. 23) Verschmelzung der beiden eintritt. Die Verschmelzung besteht darin, dass der männliche Kern seine metaplastische Substanz allmählich verliert und Chromatin ausarbeitet. Dann vereinigt sich der von metaplastischer Substanz freie und mit Chromatin erfüllte männliche Kern mit dem weiblichen (Fig. 23, 24 *a-d*). Zuweilen sieht man, dass der männliche Kern in dem weiblichen Auswüchse bildet, ebenso wie es Ikeno für Cycas angibt.

Es beginnt nach dieser Vereinigung der Kopulationskern sich zu theilen, indem sich die erste Theilungsspindel, welche wie bei allen Gymnospermen, im Verhältniss zur Grösse der Kerne chromatinarm ist, in der Membran des Kopulationskernes bildet (Fig. 23). Die achromatische Figur bleibt an beiden Enden breit. Die Theilungsebene kann entweder schief oder senkrecht zur Längsaxe liegen. Dadurch bilden sich zwei Kerne (Fig. 26 *a*), welche in der Mitte des Eies sich befinden. Indem die beiden Kerne sich in gleicher Zeit karyokinetisch theilen, entstehen vier Kerne (Fig. 26 *a*, 31), deren gegenseitige Lage eine sehr verschiedene sein kann, wie das aus den Fig. 26 *a*, 31 ersichtlich ist. Die Theilkerne liegen in einer dichten Protoplasmaanhäufung, welche frei ist von den im ersten Kapitel besprochenen Körperchen. In dem Protoplasma des Archegoniums ist durch den sich bewegenden Copulationskern eine Höhlung erzeugt worden, welche über dem Copulationskerne, der im unteren Theile des Protoplasma liegt, zu sehen ist (Fig. 23, 25). Durch Theilung der aus Copulationskerne hervorgegangenen vier Kerne entstehen entweder sogleich durch freie Zellbildung oder erst nach mehrmaliger Theilung eine Anzahl von Zellen (Fig. 26 *b*, 27; 26 *c*, 28). Die entstandenen Zellen ordnen sich unter fortwährender Theilung stockwerk-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0062-3

weise im unteren Theile des Archegoniums, so dass an der untersten Stelle desselben, die von jetzt ab den morphologischen Gipfel bildet, eine Zelle liegt.

Die Figur 28 zeigt uns den Embryo auf diesem Stadium der Entwickelung. Die morphologisch alleruntersten Zellen bilden eine Rosette, die ihnen folgenden wachsen tubenförmig aus und bilden den Suspensor. Zwischen der morphologisch obersten Zelle und den tubenförmig ausgezogenen werden viele Zellen gebildet, welche ebenfalls stockwerkweise gelagert werden (Fig. 29). Durch bedeutendes Längenwachsthum des Suspensors werden die in der Richtung vor ihm gebildeten Zellen tiefer in das Endosperm verschoben, wo sie dem Embryo den Ursprung geben (Fig. 30). Dieses und die folgenden Stadien der Embryoentwickelung sind vor zwanzig Jahren von Strasburger genau untersucht und auf der Tafel XIX seines bekannten Buches abgebildet worden [1]).

Oben habe ich gezeigt, dass gewöhnlich die beiden generativen Zellen und die im Pollenschlauche sich befindenden Kerne in die Eizelle eindringen, dass aber nur ein männlicher Kern mit dem weiblichen sich vereinigt. Sehen wir nun, was mit den am Befruchtungsvorgange nicht betheiligten Kernen geschieht.

Die Beobachtungen Wuicizki's [2]) haben gezeigt, dass der zweite generative Kern in den befruchteten Eizellen von Larix dahurica eine lange Zeit nach der Befruchtung in dem oberen Ende des Eies zu unterscheiden ist, während die vegetativen Kerne bald zu Grunde gehen. Aus den Angaben anderer Forscher geht hervor, dass die am Befruchtungsvorgang nicht theilnehmenden Elemente allmählich zu Grunde gehen.

Sonderbar ist das Verhalten des zweiten männlichen Kerns bei Cephalotaxus. Dieser theilt sich nämlich während im unteren Theile des Eies die Embryobildung vor sich geht, aber amitotisch. Die Fig. 32 zeigt uns die Formen, welche der sich theilende zweite männliche Kern annimmt. Sie erinnern sehr an die Abbildungen, welche Ikeno für die Kerne gibt, die in dem oberen Ende des in der Bildung begriffenen Embryos sich befinden [3]). Dieser Theilung des männlichen Kernes wegen kann man mehrere Kerne in dem oberen Theile des Eies finden, was auf Fig. 31 zu sehen ist.

Man kann zuweilen in dem oberen Theile des Eies mehrere Kerne beobachten, deren gegenseitige Lage zeigt, dass sie als Theil-

1) Strasburger, l. c. Taf. XIX Text S. 149—180.
2) Wuicizki, l. c.
3) Ikeno, l. c. Fig. 52, 53 Taf. X.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0063-8

ungsprodukte eines einzigen Kernes nicht betrachtet werden können. Vermuthlich ist hier in das Ei der Inhalt zweier Pollenschläuche entleert worden (Fig. 32).

Die an der Befruchtung nicht theilnehmenden Kerne verlieren ihre metaplastische Substanz, arbeiten aber nicht viel Chromatin aus und sind sehr lange Zeit in dem oberen Ende des Eies zu beobachten, während der Embryo schon bedeutend entwickelt ist. Sie gehen erst zu gleicher Zeit mit dem Absterben des oberen Eiendes zu Grunde.

Diese oben beschriebene Embryoentwickelung von Cephalotaxus zeigt grosse Aehnlichkeit mit demselben Vorgang bei Taxus baccata, wie ihn kürzlich Jaeger[1]) geschildert hat. Es entsteht in dem unteren Ende der Eizelle von Taxus baccata durch freie Bildung eine Anzahl Zellen, welche sich stockwerkweise lagern. Das morphologisch obere Ende eines solchen Embryos nehmen eine oder zwei Zellen ein; die morphologisch untere Zellenseite bildet eine Rosette, die ihr unmittelbar anliegenden Zellen bilden die Suspensorschläuche, während die zwischen diesen und dem Gipfel sich befindenden Zellen in das Endosperm eingeschoben, dort zur Embryobildung dienen.

Cephalotaxus und Taxus haben also dieselbe Embryobildung und unterscheiden sich dadurch von allen anderen bisher untersuchten Gymnospermen.

III.

Wenn wir jetzt die Hauptresultate der Entwickelungsgeschichte von Cephalotaxus recapituliren, so sind folgende Thatsachen besonders hervorzuheben.

Die Archegonien von Cephalotaxus haben einen zweizelligen Hals und eine Eizelle.

Während des Wachsthums der Eizelle wird sie mit einer eigenthümlichen Eiweisssubstanz erfüllt. Diese Substanz wird in den Deckschichtzellkernen unter Mitwirkung des Nucleolus gebildet und besitzt zuerst die Form kleiner Tröpfchen. Nachdem sie aus den Deckschichtzellen in die Eizelle übergetreten sind, wachsen sie zu Gebilden von bedeutender Grösse und complicirter Struktur heran und dienen als erstes Nahrungsmaterial für den sich bildenden Embryo.

Kurz vor der Befruchtung theilt sich der Eizellkern, ohne dass sich eine Bauchkanalzelle bildet. Der obere Theil des Eies mit dem Kerne verschleimt, zerstört die Halszellen und tritt aus dem Archegonium heraus.

---

1) Jaeger, l. c. pag. 277 ff. Taf. XVII, XVIII, XIX.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0064-4

Die Pollenschläuche besitzen ausser zwei generativen Zellen noch zwei Kerne.

Jede generative Zelle enthält einen mit metaplastischer Substanz gänzlich erfüllten Zellkern, welcher von einer dünnen Schicht dichten Protoplasmas umgeben ist.

Nach der Entleerung des Pollenschlauchinhaltes in die Eizelle vereinigt sich nun ein generativer Kern mit dem Eikerne. Der zweite generative Kern bleibt im oberen Theile des Archegoniums liegen und kann später eine amitotische Theilung erfahren.

Der befruchtete Eikern bewegt sich bis zur Mitte des Eies, wo er sich drei bis vier Mal karyokinetisch theilt.

Die Töchterkerne vertheilen sich im unteren Archegoniumende und es entsteht aus ihnen durch freie Zellbildung eine Anzahl von Zellen.

Diese Zellen ordnen sich stockwerkweise. Aus dem morphologisch unteren Stockwerke wird die sogenannte Rosette gebildet, das ihm folgende Stockwerk erzeugt die Suspensorschläuche. Ueber diesen folgt eine Lage Zellen, aus welchen der Embryo hervorgeht. Die morphologische Spitze der Embryos wird von einer Zelle gebildet.

Ein Vergleich der Entwickelungsgeschichte von Cephalotaxus mit der anderer Gymnospermen zeigt uns nun folgende Thatsachen. Es stimmt Cephalotaxus mit den ältesten Gymnospermen bezüglich des Archegoniumsbaues (zweizelliger Hals) und Archegoniumwachsthums überein (das Auftreten der aus den Deckschichtzellen stammenden Körperchen). Eine analoge Rolle wie bei den ältesten Gymnospermen sehen wir auch bei Cephalotaxus die Deckschichtzellen spielen. Hier wie dort unterbleibt die Bildung der Bauchkanalzelle. Auch bezüglich des Baues der generativen männlichen Zellen zeigen sie grosse Aehnlichkeit.

Andererseits sehen wir im Bau der Pollenschläuche und besonders in der Entwickelung des Embryos charakteristische Eigenthümlichkeiten der Coniferen wiederkehren. Wir sehen also, dass Cephalotaxus in seiner Entwickelungsgeschichte Eigenthümlichkeiten der Coniferen einerseits und solche der ältesten Gymnospermen andererseits vereinigt.

München, Pflanzenphysiologisches Institut. December 1899.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0065-0

Tafelerklärung.

Die Abbildungen stellen theils Mikrophotographien, teils mit Zeichenprisma angefertigte Zeichnungen dar. Fixirungsmittel Alkohol; Färbung mit Jodgrünfuchsin nach Zimmermann.

Tafel I.

Fig. 1. Oberer Theil eines jungen Endosperms mit den jungen erst aus einer Zelle bestehenden Archegonium. × 62.

Fig. 2—5. Kerne der Deckschichtzellen. Veränderungen des Nucleolus und das Auftreten der Körperchen, welche später in das Eizellprotoplasma übergehen. × 1000.

Fig. 4*a*. Deckschichtzellkern von Ceratozamia mexicana. × 500.

Fig. 6. Die Körperchen in Protoplasma der Deckschichtzellen. × 750.

Fig. 6*a*. Ein Theil der Körperchen hat die Deckschichtzellen verlassen und liegt auf der Seite des Archegoniums abgeplattet der Membran an, während andere, tiefer ins Eiprotoplasma eingedrungene, wieder kugelig geworden sind. Das Eiprotoplasma ist hier durch die zusammenziehende Wirkung des Alcohols von der Wand abgetrennt. × 750.

Fig. 6*b* Zeigt die abgeplatteten und im Uebergang befindlichen Körperchen. × 1500.

Fig. 7. Oberer Theil eines sehr jungen Archegoniums im Längsschnitt. Der Hals ist zweizellig. × 500.

Fig. 8. Archegonium auf einem späteren Stadium. Protoplasma ist dichter geworden. Das erste Auftreten der aus den Deckschichtzellen kommenden Körperchen. × 500.

Fig. 9. Ein noch späteres Stadium zeigt die zu bedeutender Grösse herangewachsenen Körperchen, von denen einige in Theilung begriffen sind. × 500.

Fig. 10. Oberer Theil eines Archegoniums zur Zeit der Befruchtung, ein Körperchen zeigend, das sehr gross geworden ist und unregelmässige Form hat. × 500.

Fig. 11. Zwei riesige Körperchen aus einem unbefruchtet gebliebenen Archegonium. Man sieht die schaumartige Struktur. × 375.

Fig. 12*a*, *b*. Der Hals eines Archegoniums von oben und von den Seiten gesehen. × 750.

Fig. 13. Theilung des primären Eikernes. × 750.

Tafel II.

Fig. 14. Oberer Theil eines Archegoniums nach der Theilung des primären Kernes. Zwei Kerne vorhanden, aber es ist keine Baukanalzelle gebildet. × 750.

Fig. 15. Oberes Ende einer Eizelle, das verschleimert ist und aus Archegonium ausgetreten ist. × 375.

Fig. 16. Längsschnitt durch eine ganz junge Samenknospe. Es sind das mächtige Integumente und der kleine Nucellus mit einem im oberen Ende desselben befindlichen Pollenschlauche. × 62.

Fig. 17. Junger Pollenschlauch mit der generativen Mutterzelle und zwei Kernen. × 750.

Fig. 18. Die zwei generativen Zellen des Pollenschlauches mit den von metaplastischer Substanz erfüllten Kernen. × 375.

Fig. 19. Drei Zellkerne im Protoplasma des Pollenschlauches. × 750.

Fig. 19*a*. Theilung des vegetativen Kernes. × 750.

Fig. 20. Eindringen des generativen Pollenschlauches in die Eizelle. × 250.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0066-6

Fig. 21. Zwei eben erst in die Eizelle eingetretene generative Kerne, die von einer gemeinsamen Protoplasmahülle umgeben sind. × 250.

Fig. 22. Beginnende Copulation der männlichen und weiblichen Kerne. × 250.

Fig. 23. Befruchtetes Archegonium. In dessen Mitte ist der Copulationskern, in welchem noch deutlich ein männlicher Kern sichtbar ist. Im oberen Ende liegt der zweite männliche Kern, der nicht an der Copulation betheiligt ist. Der Copulationskern hat durch seine Bewegung nach der Mitte des Archegoniums eine Höhlung in dem Protoplasma zerrissen. × 250 (siehe Fig 25).

Fig. 24 *a-c*. Verschiedene Stadien der Vereinigung des männlichen und weiblichen Kernes. × 250.

Fig. 26 *a*. Die nach der ersten Theilung des Copulationskernes entstandenen Kerne. × 250.

Tafel III.

Fig. 25. Erste Theilung des Copulationskernes. × 250.

Fig. 26 *b-d* zeigt die durch weitere Theilung enstandenen Kerne. × 250.

Fig. 27. Ein erst aus wenigen Zellen bestehender Embryo.

Fig. 28. Ein etwas älterer Embryo, an welchem die aus einer Zelle bestehende Spitze und die stockwerkartige Anordnung der Zellen zu sehen ist. × 250.

Fig. 29. Die Bildung der Suspensorschläuche. × 125.

Fig. 30. Junger Embryo, welcher durch das Wachsthum des Suspensors in das Endosperm vorgeschoben wird. × 62.

Fig. 31. Ein Archegonium, in dessen unterem Ende ein Embryo, von dem drei Kerne sichtbar sind, während im oberen Theile die an dem Befruchtungsvorgange nicht betheiligten generativen Kerne sich befinden. × 125.

Fig. 32. Oberer Theil eines Archegoniums mit den in amitotischer Theilung begriffenen generativen Kernen, die an dem Befruchtungsvorgange nicht betheiligt waren.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0067-1

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0509-9

Fig. 14.

Fig. 18.

Fig. 20.

Fig. 15.

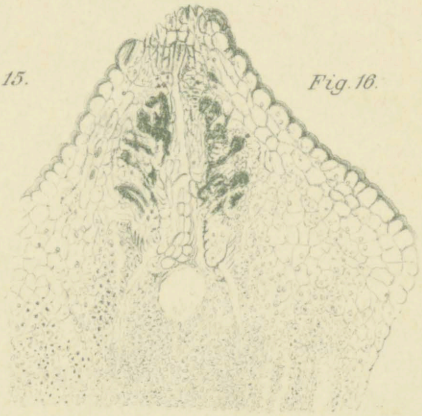


Fig. 16.

Fig. 21.

Fig. 17.

Fig. 19a.

Fig. 19.

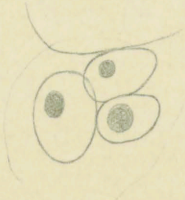
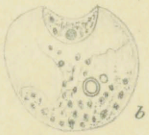
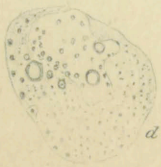


Fig. 22.

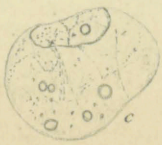
Fig. 23.



b



d



c

Fig. 24.

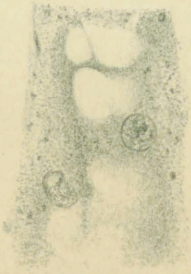


Fig. 26a.

Fig. 24a.

Autor del et phot.

W. A. Meyn, Lith. Inst., Berlin S. 42.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0510-0

Fig. 25.

Fig. 26b.

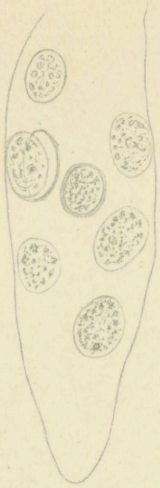


Fig. 26c.

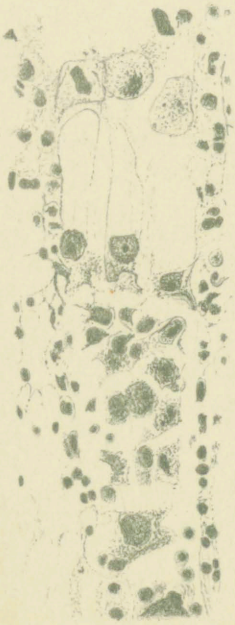


Fig. 29.

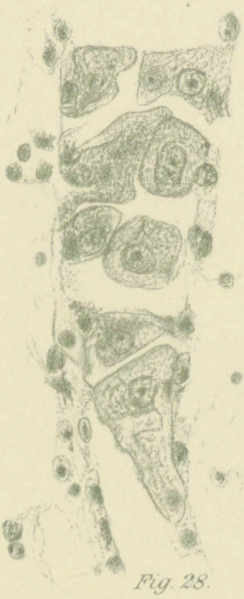


Fig. 28.

Fig. 30.

Fig. 31.

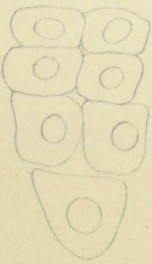


Fig. 27.

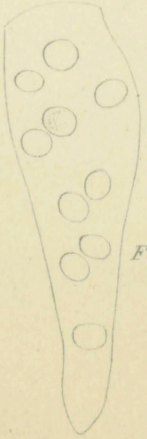


Fig. 26d.

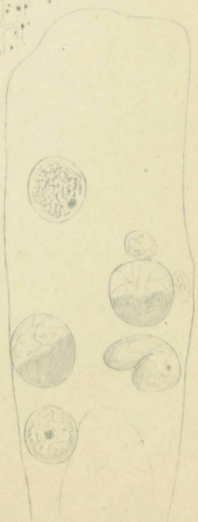


Fig. 32.

Anton del. et phot. W. A. Meyn, Lith. Inst. Berlin S. 42.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0511-6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: 87

Autor(en)/Author(s): Arnoldi W.

Artikel/Article: Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen. 46-63