

40. G. Lindau: Zur Entwicklungsgeschichte einiger Samen.

(Mit Tafel XVII).

Eingegangen am 22. October 1891.

1. *Rhamnus cathartica* L.

Bekanntlich zeigt der Same dieser Pflanze eine tiefe Furche, um die der bogenförmig gekrümmte Embryo sich erstreckt. Die Entstehung dieser Furchung und den Antheil, den die einzelnen Gewebe des Ovulums daran haben, will ich im Folgenden kurz darlegen:

Das Ovar enthält gewöhnlich vier Fächer, davon jedes ein anatropes, hängendes Ovulum besitzt. Bei der Reife sind jedoch gewöhnlich ein oder zwei, oft auch drei Samenknospen verkümmert. Häufig finden sich von vornherein drei Fächer angelegt; dann gelangen regelmässig alle drei Samenknospen zur Reife. Das Ovarfach hat im Querschnitt die Form eines Kreisquadranten; die Raphe des Ovulums befindet sich in der Mitte des Kreisbogens, die Mikropyle an der entgegengesetzten, also inneren Seite des Faches. Das Ovulum wird an der Raphe von einem Gefässbündel durchzogen, das an der Chalaza endigt, nachdem es vorher noch einen kleinen Zweig durch das äussere Integument bis zur Mikropyle entsendet hat. Das äussere Integument schliesst beim befruchteten Stadium nach innen und aussen mit einer aus fast cubischen Zellen bestehenden Epidermis ab; dazwischen finden sich 4—5 Zelllagen (Fig. 1). Das innere Integument hat, ausser den Epidermen nach beiden Seiten, nur noch 2 Lagen von etwas mehr in die Breite gestreckten Zellen. Gegen die Mikropyle zu schwillt der Rand des Integuments etwas an, und die inneren Zelllagen erscheinen um einige vermehrt; entsprechend sind hier die Zellen etwas kleiner. Nach der äusseren Seite ist der Rand des Integuments etwas herabgezogen. Der Nucellus besteht aus gleichförmigem Gewebe, das von einer kleinzelligen Epidermis umgeben ist. Er erstreckt sich mit einer stumpfen Spitze bis in die Mikropyle hinein. Der Embryosack ist (im befruchteten Stadium) langgestreckt, nach der Mikropyle zu etwas angeschwollen. Die Mikropyle wird von dem äusseren Integument und dem äusseren Rand des inneren umschlossen. An der Chalaza ist ein Gewebecomplex unterscheidbar, der sich durch etwas abweichende Gestalt der Zellen und bräunliche Färbung der Membranen scharf abhebt; er erstreckt sich bis zum Embryosack. Auf Querschnitten durch das Ovulum war zu beiden Seiten des Gefässbündels an der Raphe eine leichte Einkerbung zu sehen.

Ein gleichmässiges Wachsen aller Theile des Ovulums findet nur

sehr kurze Zeit statt. Der Embryosack verlängert sich etwas nach der Mikropyle zu und zeigt in seiner äussern Gestalt erst sehr spät eine weitere Aenderung.

Im inneren Integument beginnen nun zu beiden Seiten (nicht unterhalb) der Raphe lebhaftere Zelltheilungen, so dass schliesslich ein Gewebe entsteht, dessen Zellen in Curven angeordnet sind, die im Bogen vom Nucellus nach der Raphe verlaufen. Gleichzeitig geht eine lebhaftere Theilung im äusseren Integument unter und neben dem Gefässbündel der Raphe vor sich; daran nehmen indessen die Zellen über dem Gefässbündel einschliesslich der Epidermis zwischen den beiden Einkerbungen nicht theil. (Fig. 2). — Dagegen theilen sich die in Fig. 2 mit z bezeichneten Epidermiszellen eine Zeit lang sehr lebhaft. Dass die Theilungen wirklich nur in diesen Regionen lebhafter vor sich gehen, lässt sich durch Vergleichung der Anzahl der Zellen in verschiedenen Stadien leicht feststellen.

Durch dies stärkere Wachstum zu beiden Seiten des Gefässbündels vertiefen sich die ursprünglichen Einkerbungen. Es entstehen zwei Höcker, die sich über der Raphe gegen einander wölben, so dass schliesslich die ganze Partie um das Gefässbündel im Innern einer tiefen Furche zu liegen kommt. (Fig. 3—5). Die mit z (Fig. 2) bezeichneten Epidermiszellen stellen dann von der ursprünglichen Einkerbung beginnend und nach oben fortschreitend ihre Theilungen ein und verdicken sich. Die Höcker wachsen an ihrem obern Ende noch eine Zeit lang fort, bis die Furche etwa die Mitte des Samens erreicht hat. Dann hört auch hier das Wachstum auf, und die Epidermiszellen beginnen sich auf dem ganzen Umfang zu verdicken. Damit ist die äussere Gestalt des Samens vollendet. (Fig. 4).

Da sich die Parenchymzellen des äusseren Integuments zu beiden Seiten des Gefässbündels der Raphe ebenfalls lebhafter getheilt hatten, so wölbt sich am Grunde der Furche das äussere Integument in das innere hinein. Letzteres erhält dadurch im Querschnitt eine bogenförmige Gestalt. (Fig. 4—5).

Bis ungefähr zu diesem Stadium hat das Nucellusgewebe sich nur mässig vergrössert unter Beibehaltung seiner rundlichen Querschnittsform. An günstigen Schnitten kann man im Innern des Embryosackes bereits den jungen Embryo sehen. Sobald das Wachstum der übrigen Gewebe seinen Abschluss erreicht hat, beginnen im Nucellus sehr lebhaft Zelltheilungen. Seine anfänglich rundliche Gestalt wird allmählich bogenförmig im Querschnitt; schliesslich nimmt er unter Resorption und Zerdrückung der Zellen des inneren Integuments den gesammten Raum ein, den letzteres früher inne hatte. (Fig. 5). Die Zellen beginnen sich dann mit fettem Oel zu füllen und werden zu Nährgewebe, zu Perisperm. Der Embryo folgt dem Wachstum des Perisperms sehr

schnell unter Resorption einiger Zellen desselben und nimmt endlich etwa den halben Raum im fertigen Samen ein. (Fig. 6).

Dass im Embryosack zu irgend einer Zeit einige Endospermzellen aufgetreten sind, erscheint an und für sich wahrscheinlich, zu sehen ist jedoch davon an Alkoholmaterial nichts. Der Embryosack zeigt stets seine scharf umschriebene Form, später mit dem Embryo im Innern, umgeben von dem unverkennbaren Nucellusgewebe, das zum Perisperm wird.

Die Furchung des Samens ist also hier ganz allein durch das eigenthümliche Wachsthum der Gewebepartien neben der Raphe entstanden, das Perisperm hat mit diesem Vorgange absolut nichts zu thun.

Die reife Frucht zeigt folgenden Bau (Fig. 6). Das Pericarp (a) wird von einer aus mehreren Lagen bestehenden Sclerenchymsschicht gebildet, auf die nach innen eine Lage von sehr grossen, dunkelrothen Farbstoff führenden Zellen folgt. An der scharfen Kante des Samens besteht die Sclerenchymsschicht aus mehreren Zelllagen. Das Pericarp entsteht aus etwa drei Zelllagen des Ovargewebes, davon war die farbstoffführende die frühere innere Epidermis des Ovarfaches.

Die Testa (b) besteht aus einer Lage von sclerenchymatischen Zellen; im Grunde der Furche sind auf eine kurze Strecke ein oder zwei Reihen mehr vorhanden.

Unter der Testa folgen dann einige zerdrückte Zelllagen, die vom äusseren Integument herrühren; das innere Integument (c), das sonst gewöhnlich die Samenhaut bildet, ist kaum noch sichtbar. Am Grunde der Furche liegen die Verhältnisse etwas anders. Hier ist bei f eine Parenchymsschicht nicht vorhanden, da die über der Raphe liegenden Epidermiszellen sich nicht verdickt hatten. Dagegen ist das vermehrte Gewebe des äusseren Integuments hier vollständig erhalten geblieben und auch einige Zellen des innern noch deutlich erkennbar. Einige Zellen dieses Complexes zeigen gebräunte Membranen und führen ebenfalls dunkelrothen Farbstoff. Das Gefässbündel ist hier noch sichtbar, während das gegenüberliegende im äusseren Integument verdrückt ist. Das übrige Innere des Samens wird dann vom Perisperm (d) und dem Embryo (e) eingenommen, dessen Cotyledonen fest auf einander liegen und sich entsprechend dem verfügbaren Raume bogenförmig krümmen.

2. *Coccoloba populifolia* Wedd.¹⁾

Das Ovar zeigt nach der Befruchtung des Ovulums folgenden Bau. Es ist dreikantig, einfächrig und trägt an der Spitze drei Griffel, die erst

1) Das Alkoholmaterial zu dieser Untersuchung verdanke ich Herrn Professor Dr. W. SCHWACKE in Ouro-Preto. Auch an dieser Stelle spreche ich ihm meinen ergebensten Dank dafür aus.

nach Verdickung der Epidermis zur Samenschale abfallen. Die Ovarwandung setzt sich aus einer äussern, aus radial gestreckten, prismatischen Zellen bestehenden Epidermis zusammen, auf die nach innen ein aus mehreren Zellschichten bestehendes parenchymatisches Gewebe folgt. (Fig. 7). Die Zellen sind fast isodiametrisch, werden aber nach innen zu etwas niedriger. Endlich schliesst eine kleinzellige Epidermis die Wandung gegen den Innenraum ab. Die Zellen derselben werden nach dem Griffelkanal zu allmählich länger und endlich zottenförmig. Sechs Gefässbündel verlaufen in gleichen Abständen in der Wandung.

Das im Innern befindliche eine, orthotrope Ovulum ist mit einem langen, dicken Funiculus am Grunde des Ovars befestigt. Ein Gefässbündel führt bis zum Nabelfleck, der sich durch etwas abweichend gestaltete Zellen und etwas gebräunte Membranen abhebt. Die beiden Integumente bestehen aus je zwei Zelllagen, nur das innere wird nach der Mikropyle zu mehrschichtig. Das Nucellusgewebe ist gleichförmig mit einer den übrigen Zellen fast gleich gestalteten Epidermis überzogen. Im Innern befindet sich der im Querschnitt runde Embryosack, der bereits in diesem Stadium undeutliche Spuren von Endosperm Bildung zeigt. Die Mikropyle ist weit geöffnet, der Rand des innern Integuments überragt oft den des äussern. Die Grenzen der Integumente sind nach unten bis etwa zur Höhe des Nabelfleckes zu erfolgen.

Im nächsten Stadium zeigt das Ovulum nur geringe Veränderungen. Die Integumente haben sich etwas gestreckt, die Endosperm Bildung ist ein wenig weiter vorgeschritten, und der Funiculus ist dicker und dadurch undeutlicher geworden. (Fig. 8). Die Hauptveränderung hat die Ovarwandung durchmacht. Die äussere Epidermis hat sich bedeutend gestreckt und verdickt und bietet schon das Ansehen wie in der reifen Frucht dar. Die äussere Gestalt des Samens ist fertig ausgebildet.

Die innere Epidermis ist unverändert, dagegen hat sich das Gewebe zwischen den Epidermen bedeutend vermehrt. Dadurch ist der Hohlraum, der hätte entstehen müssen, wenn das Ovar sich vergrösserte und das Ovulum nur wenig wuchs, vollständig ausgefüllt. Die Zellen zeigen eine Anordnung in Bogenlinien, die von der innern nach der äussern Epidermis verlaufen. Es findet also in den äussern Lagen des Gewebes ein lebhafteres Wachstum statt, das sich auch dadurch zu erkennen giebt, dass die Zellen der äussern Schichten viel kleiner sind. In der Richtung der erwähnten Bogenlinien tritt dann ein Einreissen des Gewebes ein, indem die Zellen erst nur wenig auseinander weichen. Diese Risse entstehen nur an den Kanten; allmählich vereinigen sie sich, und es entstehen meist 6, den Kanten parallel laufende Risse, die anfangs noch durch die innere Epidermis vom innern Hohlraum, in dem das Ovulum sich befindet, getrennt sind. Sie reichen nicht bis zur äussern Epidermis des Ovars, sondern endigen 3 oder 4 Zellen vorher

(Fig. 10). Es muss angenommen werden, dass die Rissbildung eine Folge des ungleichmässigen Wachsthumms der einzelnen Schichten des Gewebes ist.

Bis dahin hatte das Ovulum seine etwas dreikantige Gestalt bewahrt, jetzt, da mehr Raum geschaffen ist, beginnt seine schnelle Weiterentwicklung. Das Ovulum bildet sechs Aussackungen, mit denen es in die Risse hineinwächst. Die äussere Zelllage des äussern Integuments hat sich colossal vergrössert und befindet sich noch in lebhafter Zelltheilung. Die innere Lage dieses Integuments, ebenso wie das innere selbst ist bis auf geringe Reste vollständig verdrückt. Das Nucellusgewebe ist ebenfalls nur noch in Spuren vorhanden (Fig. 9). Dagegen ist das Endosperm gewaltig gewachsen und hat sich schon bis fast in die Spitzen der Aussackungen hineingeschoben. Im Innern ist der junge Embryo bereits sichtbar.

Ob das äussere Integument oder das Endosperm den ersten Anstoss zum weiteren Wachsthum giebt, lässt sich kaum entscheiden; wahrscheinlich findet die lebhaftere Zelltheilung gleichzeitig statt. Dagegen kann ein Einfluss der Rissbildung auf die Formgestaltung des Samens nicht gezeugnet werden. Wenn dieselbe nicht eintreten würde, so würde eine Furchung des Endosperms wohl kaum in so hervorragender Weise stattfinden. Unter den gegebenen Umständen aber wächst natürlich das Integument zuerst in den freien Raum hinein und giebt dadurch Anstoss zur unregelmässigen Ausbildung der Oberfläche. Ein Beweis dafür scheint mir in dem Umstand gegeben zu sein, dass das Ovulum erst nach erfolgter Rissbildung seine Entwicklung nach aussen fortsetzt.

Die Weiterausgestaltung des Samens ist sehr einfach. Die Furchung schreitet weiter fort, (Fig. 11, 12), indem das Endosperm immer in die neu gebildeten Aussackungen des Integuments hineinwächst; sie wird schliesslich ziemlich complicit, doch immer so, dass sich 6 Hauptfurchen unterscheiden lassen. Das Ovargewebe wird dabei vollständig zusammengedrückt und ist nur noch in den Einbuchtungen etwas deutlicher zu sehen. (Fig. 12 bei o).

Die reife Frucht zeigt endlich folgende Theile. Die äussere Hülle wird von dem fleischig gewordenen Tubus des Perianths gebildet, der noch oben durch die fest geschlossenen 5 Perianthzipfel gekrönt ist. Im Innern folgt dann eine aus langgestreckten, sclerenchymatischen Zellen bestehende Testa (Fig. 13, t). Die Verdickungen reichen nur bis zur innern Wand, dieselbe unverdickt lassend. Die Membranen sind gelblich, von Poren durchsetzt. Dann folgen die verdrückten Reste des Ovargewebes (o), die grossen braunen Zellen des äussern Integuments (a i), die wahrscheinlich grosse Mengen Gerbstoff führen, endlich die Reste der übrigen Hüllgewebe (h) und ganz im Innern das Endosperm (en) mit dem Embryo.

Die Cotyledonen desselben sind fast rundlich, fest auf einander

gepresst und an den Rändern etwas umgebogen. Im Querschnitt erstrecken sie sich von einer Ecke zur gegenüberliegenden Seite. Die Endospermzellen sind dicht gefüllt mit Stärkekörnern, die durch den gegenseitigen Druck eckig sind.

Bei beiden Samen findet sich also das gemeinsam, dass der Anstoss zur Furchung des Nährgewebes nicht von diesem selbst, sondern von den Integumenten ausgeht, die nach aussen hin Aussackungen bilden; bei den bisher untersuchten Arten verhält sich die Entwicklung etwas anders. Bei *Hedera Helix*¹⁾ ist das Endosperm der activ wachsende Theil, das Integument folgt erst nach; bei den von Voigt²⁾ untersuchten Species erfolgt von Seiten der Integumente ein Hineinwachsen in das Endosperm.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1— 6 von *Rhamnus cathartica*.

Fig. 7—13 von *Coccoloba populifolia*.

Fig. 1 ca. 50 : 1. Längsschnitt durch ein befruchtetes Ovulum.

Fig. 2 ca. 50 : 1. Querschnitt durch ein etwas weiter entwickeltes Ovulum, *z* die Epidermiszellen, die sich lebhafter theilen, *o* Ovarwandung.

Fig. 3, 4, 5 ca. 4 : 1. Querschnitte durch verschiedene ältere Stadien; *ai* äusseres, *ii* inneres Integument, *n* Nucellus, *em* Embryosack, *e* Embryo.

Fig. 6. ca. 4 : 1. Querschnitt durch den reifen Samen; *a* Pericarp, *b* Testa, *c* Reste des innern Integuments, *d* Perisperm, *e* Embryo, *f* unverdickte Partie in der Furche.

Fig. 7. ca. 50 : 1. Längsschnitt durch ein befruchtetes Ovulum.

Fig. 8. ca. 50 : 1. Längsschnitt durch ein älteres Stadium, bei *n* die zufällig verdrückten Reste des Nucellus und des Endosperms.

Fig. 9. ca. 60 : 1. Querschnitt durch die Spitze des Ovulums nach begonnener Furchung; *ai* äusseres, *ii* inneres Integument, *n* Nucellusgewebe, *e* Endosperm, *em* Embryo.

Fig. 10, 11. ca. 4 : 1. Querschnitte durch die Stadien mit beginnender Furchung.

Fig. 12. ca. 3 : 1. Reife Frucht quer; *o* Reste des Ovargewebes.

Fig. 13. ca. 140 : 1. Theil eines Querschnitts durch die fertige Frucht; *t* Testa, *o* zerdrücktes Ovargewebe, *ai* äusseres Integument, *h* Reste der übrigen Hüllgewebe, *en* Endosperm.

1) HEGELMAIER, Zur Entwicklungsgeschichte endospermatischer Gewebekörper. Bot. Ztg. 1886, pag. 591 ff.

2) VOIGT, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung von Samen mit ruminirtem Endosperm etc. Ann. d. J. de Buitenzorg, VII, 1888.

Fig. 1.

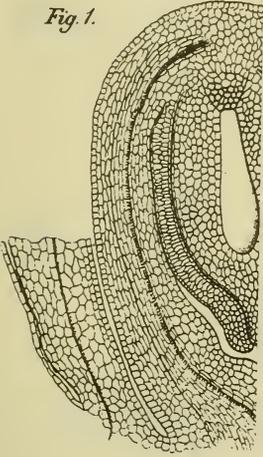


Fig. 3.

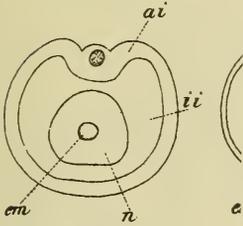


Fig.

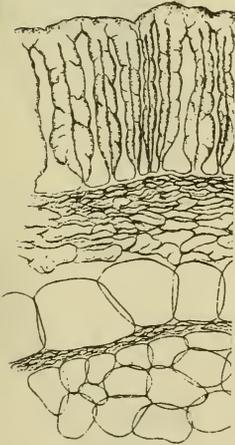


Fig. 1.

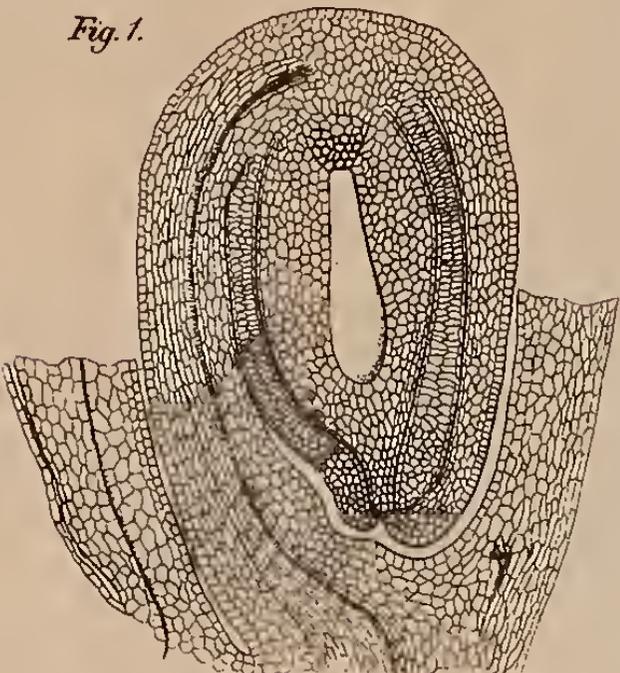


Fig. 2.

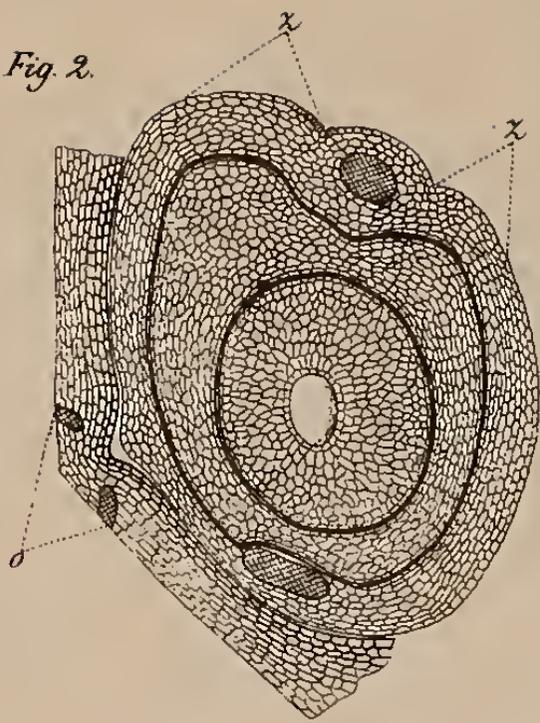


Fig. 7.

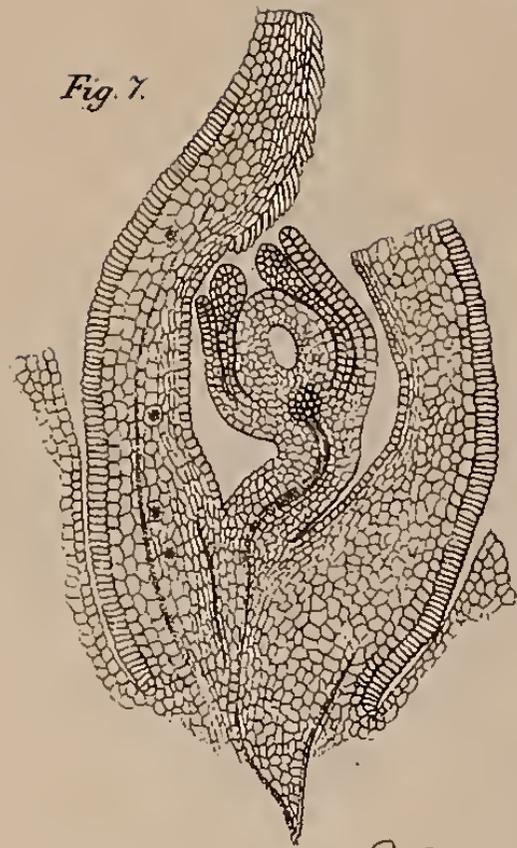


Fig. 3.

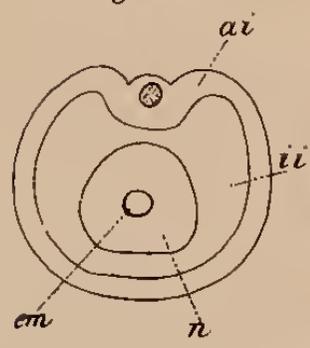


Fig. 4.

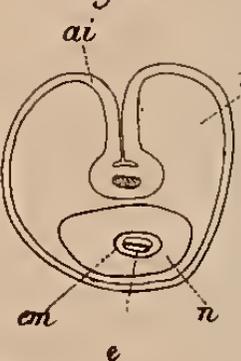


Fig. 5.

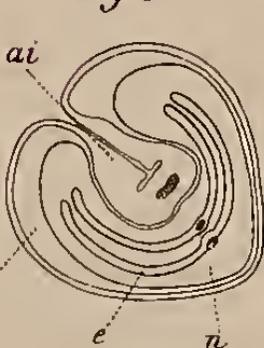


Fig. 6.

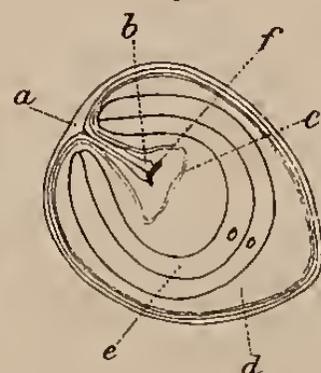


Fig. 8.

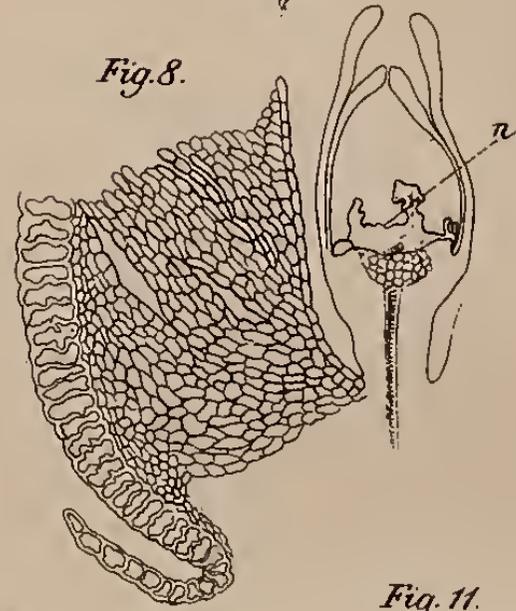


Fig. 13.

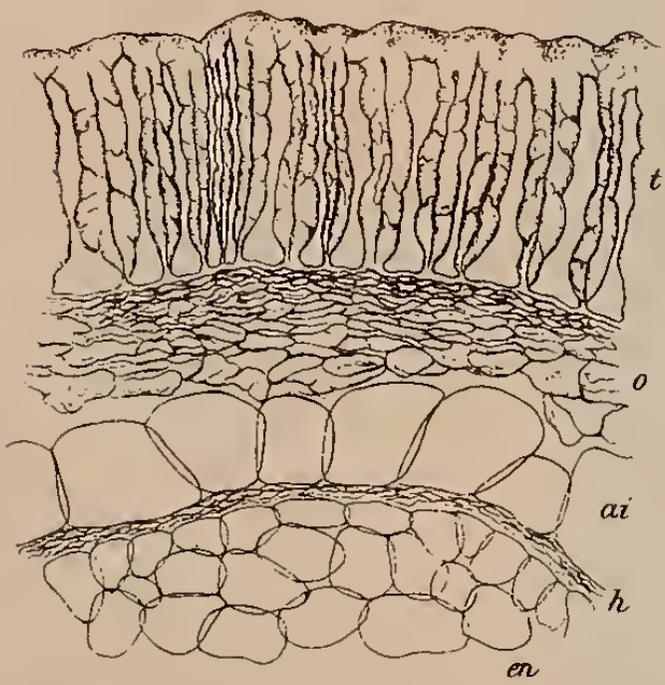


Fig. 9.

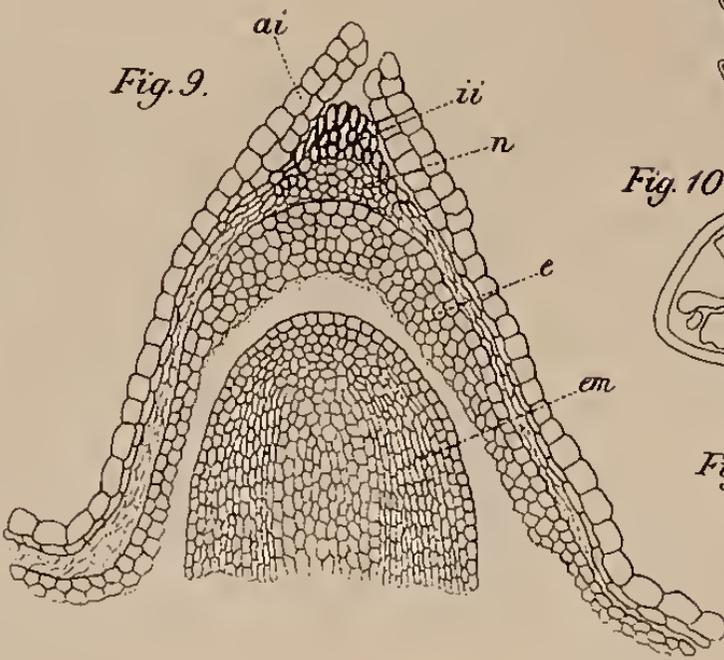


Fig. 10.

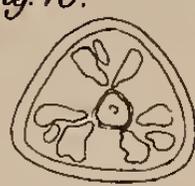


Fig. 11.

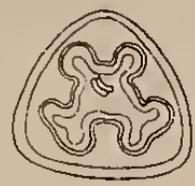
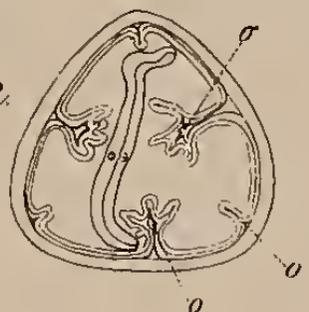


Fig. 12.



G. Lindau gex.

C. Laue lith.

Berichtigungen.

~~Seite 165 ist die Fussnote wegzunehmen; sie gehört an den Fuss der Seite 164.~~

- ~~„ 274 Zeile 10 von oben lies „aufrechtes Ovulum“ statt „hängendes Ovulum“.~~
- ~~„ (24) ist die sub No. 11 angeführte Arbeit „Die Spermatozoïden im Pflanzenreich“ fälschlich SCHENK zugeschrieben. Die Arbeit ist von SCHAOT veröffentlicht.~~
- ~~„ (75) Zeile 17 von oben lies *Brunfelsia hydrangeaeformis* statt *hydrangeae-folia*.~~

Tafel XX (zu C. WEHMER, Lindeninflorescenzen) enthält einige Ungenauigkeiten.

In Fig. 1 ist die obere Knospe incorrect wiedergegeben. Die äussere Schuppe fällt nach rechts, und ist dementsprechend die sie oben begrenzende Linie nach unten zu verlängern.

In Fig. 4 ist die Inflorescenzaxe in dem Punkte ihrer Krümmung ohne Unterbrechung in den die Bractee tragenden Theil fortzusetzen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Lindau Gustav

Artikel/Article: [Zur Entwicklungsgeschichte einiger Samen. 274-279](#)