

Pflanzenphysiologische

U N T E R S U C H U N G E N

von

Carl Nägeli und Carl Cramer.

3. Heft von Carl Cramer.



ZÜRICH,

bei Friedrich Schulthess.

1855.

Botanische Beiträge.

INAUGURAL - DISSERTATION

VON

CARL CRAMER

Dr. Philosophie.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn

PROFESSOR Dr. C. NÄGELI

widmet diese Zeilen

Der dankbare Verfasser.

Ueber das Vorkommen und die Entstehung einiger Pflanzenschleime.

Bau und Entwicklungsgeschichte der Leinsamen.

Taf. XXVII — XXVIII.

Betrachtet man einen zarten Quer- oder Längs-Schnitt durch den reifen Samen von *Cydonia vulgaris*, *Linum usitatissimum* oder *Plantago Psyllium*, in starkem Weingeist liegend, unter dem Mikroskop, so bemerkt man zuäusserst eine wasserhelle, structurlose Zone (Taf. XXVII. Fig. 1. Querschnitt durch einen Samen von *Plantago Psyllium*), welche bei vorsichtigem Wasserzusatz langsam aufquillt und sich als eine einfache Schicht bis zum Verschwinden des Lumens verdickter Zellen zu erkennen gibt. Taf. XXVII. Fig. 2 ++. *Plantago Psyllium*. — Fig. 6. A, B. *Linum usitatissimum*. — Fig. 4. Epidermiszelle, eines Samens von *Cydonia vulgaris* von oben betrachtet. Die Verdickungsschichten, vorzüglich auf die Aussenwand der Zellen abgelagert, sind von wechselnder Dichtigkeit und daher leicht zu unterscheiden; sie zersprengen bei fortdauernder Wasseraufnahme die zarten Zellenwände und treten heraus, bis sie unter steter Vergrösserung des Volumens endlich unsichtbar werden. Taf. XXVII. Fig. 2*. — Fig. 3, 5 *Cydonia vulgaris**). Bei *Cydonia* zeigen die Seitenwände der Epidermiszellen im aufgequollenen Zustande oft noch lange Zeit feine Querstreifen (Fig. 3.), welche vermuthlich die Folge einer Faltung der Membran beim Austrocknen der Samen sind. Eine Entwicklungsgeschichte der Samen von *Cydonia* und *Plantago* fehlt mir zur Zeit noch, ich weiss nur von diesen: dass in den Zellen, welche später mit Schleim angefüllt sind und in den nächstliegenden ursprünglich, wie bei *Linum*, zahlreiche Stärkekörner vorkommen.

*) Ohne Zweifel hat Kützing seine Präparate sogleich mit Wasser in Berührung gebracht, sonst wäre ihm die Schichtung des Schleimes im Innern der Epidermiszellen nicht entgangen. Vergl. Grundzüge der philosoph. Bot. v. Kützing. Taf. IV. Fig. 4 — 6.

Bau der ausgebildeten Leinsamen.

Der in der Reife plattgedrückte, von der breiten Seite betrachtet eiförmig lanzettliche Same besteht aus: Samenschale, Eiweiss und Embryo. Erstere wird aus sechs wesentlich verschiedenen Zellschichten zusammengesetzt, von denen die drei äussern, sowie die innerste unter allen Umständen leicht nachzuweisen sind. a, b, c, d, e, f, Taf. XXVII. Fig. 6 A, B. Fig. 7 — 10; Taf. XXVIII. Fig. 12 — 13. Die äusserste Schicht der Samenschale bildet die schon besprochene Epidermis, bestehend aus prismatischen, ganz mit Schleim ausgefüllten Zellen. Der Cuticula liegen inwendig kleine in Salzsäure und Kali unlösliche Körnchen an. a Fig. 6 A. und 6 B. Querschnitte. Fig. 7. einige Epidermiszellen von oben betrachtet. Unter der Epidermis befindet sich eine meistens einfache, gewöhnlich nur am Chalazaende des Samens und zu beiden Seiten der Raphe doppelte bis mehrfache Schicht niedergedrückter, linsenförmiger Zellen, mit ziemlich dicken Wandungen. b. Fig. 6 A. Taf. XXVII. und Fig. 8. Flächenansicht, i r Intercellularräume. Ferner b. Taf. XXVIII. Fig. 13. Querschnitt durch den Rand eines nicht ganz ausgebildeten Samens. g. Gefässbündel. Die dritte Schicht ist durchweg einfach und wird von bandförmigen, in der Längsrichtung des Samens mit den breiteren Seitenflächen sich berührenden Zellen dargestellt. Ihre Wände sind bräunlich-gelb gefärbt und häufig, besonders an den Seitenrändern des Samens, wo die Zellen grössere Dimensionen besitzen, deutlich porös. Taf. XXVII. c. Fig. 6 A. Querschnitt durch die Seitenfläche des Samens. Fig. 9. Querschnitt durch den Samenrand. Taf. XXVIII. Fig. 11. Längsschnitt durch einige dieser Zellen parallel der Oberfläche des Samens. Die vierte Zellenlage, ebenfalls einfach, wird sehr leicht übersehen, sie besteht aus engen und langen in der Richtung der Breite des Samens verlaufenden Zellen. Weicht man möglichst zarte Längsschnitte durch reife Samen in Kali auf, so erkennt man diese Zellen bisweilen innerhalb der Bänderschicht Taf. XXVIII. Fig. 12 d. Es ist diese Zellschicht welche auf Fig. 11. Taf. XXVIII. die zarten Querstreifen verursacht. Auf Querschnitten durch ausgewachsene Samen konnte ich dieselbe nie deutlich sehen. Die fünfte Schicht, ursprünglich aus vielen Zellagen gebildet, fehlt nicht selten ganz, während sie in andern Fällen eine beträchtliche Dicke erreicht und sich als ein farbloser, auf Querschnitten undeutlich längsgestreifter Gürtel zeigte. Fig. 6 A. Taf. XXVII. und Fig. 13. Taf. XXVIII. Die Zellen der innersten, wiederum einfachen und nie fehlenden Schicht der Samenschale endlich, sind tafelförmig, nicht selten porös verdickt, und mit einem das Licht stark brechenden, braungefärbten Inhalt ausgefüllt. f. Taf. XXVII. Fig. 6 A. und Fig. 10. Flächenansicht.

Die parenchymatischen dünnwandigen Eiweisszellen sind reich an Ocl. end. Fig. 6 A. Taf. XXVII.

Färbung der verschiedenen Theile des reifen Samens durch Jod.

Wässrige Jodtinctur für sich ist ohne Wirkung. Durch doppelt Jodzink*) färben sich die Wandungen der Zellen des Endosperms und der Cotyledonen des Embryos schön indigoblau. Die

*) Statt einer Mischung von Chlorzink mit Jodkalium, die sich ohnehin sogleich in Jodzink und Chlorkalium-Lösung verwandelt, bediene ich mich oft einer concentrirten Lösung von doppelt-Jodzink um Cellulose, auf welche wässrige Jodtinctur keinen Einfluss ausübt, zu färben. Die Verbindung wird bekanntlich

Epidermiszellen werden mit Ausnahme der Cuticula, ziemlich rein, aber schwach blau, die porösen, tafelförmigen Zellen f. Fig. 6 A. Taf. XXVII., und die linsenförmigen Zellen b. werden schwach und schmutzig blau, die durchsichtige Zone c. nimmt eine schöne röthlich violette Farbe an. Die bandförmigen Zellen der dritten Schicht müssen dagegen in einer Mischung verdünnter Salzsäure und Salpetersäure, darauf in Kali gekocht und mit Wasser ausgewaschen werden, um durch Jodtinktur eine blaue Farbe anzunehmen.

Entwicklungsgeschichte der Samen von *Linum usitat.**)

Das anatropische Ei von *Linum* besitzt bekanntlich zwei Eihüllen, von welchen die äussere fast bis an ihre Basis nur aus zwei, die innere, viel dickere dagegen aus mehreren Zellschichten gebildet wird. Der Embryosack ist ursprünglich elliptisch und ringsum vom Gewebe des verhältnissmässig kleinen Nucleus eingeschlossen. Der Eimund wird von der Crista bedeckt. Schon sehr frühe ist das Ei etwas zusammengedrückt; der Funiculus verwächst mit der einen Seitenkante des Eies. Taf. XXVII. Fig. 11. Ein noch ganz junges Ei mittelst Kali durchsichtig gemacht und bei tiefer Einstellung im Längsschnitt dargestellt. Die äussere Eihülle ist kürzer als die innere und besteht am Chalaza-Ende aus drei Zellenlagen. Auf der Seite der Raphe haben sich aussen eine Strecke weit grössere Zellen gebildet, welche denjenigen der freien Oberfläche des Integ. ext. ähnlich sind, und sich in der Folge auch wie diese verhalten. g. Ein Bündel von Gefässcambium. — Fig. 12. Taf. XXVII. zeigt ein etwas vorgerückteres Ei. Der Embryosack ist nicht sichtbar. Die äussere Eihülle überragt, wie in allen spätern Zuständen, die innere, welche hier gegen den Nucleus zu, von einer aus stäbchenförmigen, radial gestellten Zellen zusammengesetzten Schicht begrenzt wird. Ein Gefässbündel ist noch nicht angelegt. Auf einer höhern Entwicklungsstufe hat der Embryosack den Ei-Kern vollständig verdrängt und berührt daher das innere Integument unmittelbar; er ist gegen die Chalaza hin weit vorgedrungen und besitzt in Folge einer ringförmigen Einschnürung in der Mitte die Gestalt einer Handhabe. Fig. 13. Taf. XXVII. Ein noch nicht befruchtetes Ei im Längsschnitt dargestellt. Dasselbe war unverletzt, und erregte mein Interesse besonders auch dadurch, dass sich die Cuticula fast sämtlicher Epidermiszellen bei der Einwirkung von Kali, in Form einer aufgeblasenen, äusserst zarten Membran (ct)

durch Digestion von granulirtem Zink mit Wasser und überschüssigem Jod erhalten. Weder Chlorkalium noch Chlorzink, deren Auflösungen in Wasser nur sehr wenig Jod aufnehmen, begünstigen die Färbung der Cellulose mittelst Jod, während doppelt-Jodzinklösung dasselbe in hohem Maasse thut. Es können alle möglichen Farben-Nuancen von rein blau bis zu purpurroth eintreten; violette und röthliche Töne sind am häufigsten. Oft genügt es das Präparat mit der Flüssigkeit in blosser Berührung zu bringen; gelindes Erwärmen in der Weise dass immer noch etwas mehr als ein Atom Jod übrig bleibt, die Flüssigkeit also noch gelb erscheint, befördert die Einwirkung. Beim Auswaschen des Präparates mit einem nicht zu grossen Ueberschuss von Wasser, tritt die Farbe stets reiner hervor.

*) Vergleiche ergänzungshalber: Entstehung des Embryo der Phanerogamen v. Hofmeister. (*Linum perenne*).

abhoben. Beim Drücken auf das Deck-Gläschen platzte dieselbe, und blieb als eine faltige Haut am Präparate hängen. Der Raum zwischen der Cuticula und dem Ei war mit Flüssigkeit angefüllt. — Fig. 1. Taf. XXVIII stellt einen wirklichen Längsschnitt durch ein älteres Ei dar. Der Embryosack hat sich noch mehr vergrössert und besonders an seinem obern, dem Eimund genäherten Ende bauchig erweitert. Fast um das ganze Ei herum geht eine Schicht gleichartiger, relativ grosser, tafelförmiger Zellen. Die innere Eihülle wird hier auch nach aussen von einer Doppellinie umsäumt. Das Gefässbündel welches schon auf Fig. 13. Taf. XXVII. deutlich, aber noch kurz war, reicht hier fast bis zum entgegengesetzten Ende des Eies. In Fig. 2. Taf. XXVIII. (Längsschnitt durch ein aus einer eben aufgeblühten Blume stammendes in Kali liegendes Ei), sieht man in das Innere des durch den Schnitt geöffneten, leeren Embryosackes. Das ganze Ei wird von einer Lage cubischer, oder noch etwas tafelförmiger Zellen umgeben. Jene Zellschicht, welche auf Fig. 1 als eine im Chalaza-Ende unterbrochene Doppellinie erschien, bildet auf diesem Präparat einen geschlossenen Sack und besteht aus ziemlich langen, engen Zellen, an welche nach innen eine aus ähnlichen, aber statt in der Richtung der Längsachse des Samens, quer angeordneten Zellen bestehende einfache Schicht folgt; auch die Zellen der nächsten Schichten der innern Eihülle sind in die Breite gezogen, werden aber gegen das Centrum allmählig weiter. Auf der genannten Fig. ist, wie auf mehreren der sogleich zu besprechenden, nur die äusserste Schicht der innern Eihülle angedeutet. Bei stärkerer Vergrösserung findet man auf Längsschnitten durch Samen desselben Alters die innere Eihülle nach aussen zunächst von einer Schicht lang gestreckter, dann von einer nicht mächtigeren Lage quadratischer Zellen begrenzt, während Querschnitte durch ähnliche Eier das entgegengesetzte Bild darbieten. Vergl. c, d. Fig. 3. Längsschnitt und Fig 4. Querschnitt. Entfernt man durch einen Schnitt, parallel der Seitenfläche des Samens das Integ. ext., sammt den äussersten Schichten des Integ. int., wie ich das an einem jungen Ei von der Ausbildung des Fig. 5 A. Taf. XXVIII. dargestellten (siehe unten) ausführte, und betrachtet das Präparat von innen, so wird man fast zu der irrigen Meinung verleitet, die äusserste Schicht der innern Eihülle bestehe aus kleinen, in lauter Längs- und Quer-Reihen angeordneten quadratischen Zellchen Fig. 8. Bei genauerer Untersuchung überzeugt man sich aber, dass dieses Netz nur die Folge der Kreuzung der Zellen zweier verschiedener dünner Zellschichten ist. In einem Falle gelang es mir auch die beiden äussersten Schichten der innern Eihülle eines fast ausgewachsenen Samens, durch Druck von einander zu trennen, nachdem ich das Präparat in Kali gekocht hatte. Fig. 10. Taf. XXVIII. Soweit die Zellen der Schicht c freilagen, war keine Spur einer Querstreifung an denselben sichtbar; dagegen zeigte die sehr dünne transparente zweitäusserste Schicht des Integ. int. Längsstreifen Fig. 10. d. Diese können nur die Folge des Druckes sein, den die dickwandigen, bandförmigen Zellen der Schicht c auf die tiefer liegenden Zellen ausüben. Bei tiefern Einstellungen erblickt man die Zellen des zweischichtigen Integ. ext., von denen durchschnittlich drei äussere auf vier bis fünf innere gehen Fig. 6 und 7. Einige Zellen der beiden Schichten der äussern Eihülle desselben Präparates wie Fig. 8. — Fig. 5 A stellt einen Längsschnitt senkrecht zum grossen Querdurchmesser eines vor Kurzem befruchteten Eies dar. Der Schnitt weicht am Chalaza-Ende ein wenig von der Mediane ab, sonst wäre daselbst die Zellenlage zwischen Epidermis und innerer Eihülle mehrfach und der Embryosack länger. Die äussere Eihülle wird hier in der Gegend

des Embryo aus drei Schichten zusammengesetzt. Alle Zellen ausserhalb der innern Eihülle und deren Fortsetzung im Chalazaende enthielten kleine einfache und zusammengesetzte Stärkekörner. In dem Gewebe der innern Eihülle kam nirgends Stärkemehl vor, vergl. Fig. 5 B. ein Stück aus der Mitte des linken Randes des gleichen Längsschnittes bei stärkerer Vergrösserung. c, d. die beiden äussersten Schichten der innern Eihülle. — Bald nach Entstehung des Embryo füllt sich die obere Hälfte des Embryosackes mit Endosperm. Fig. 9 Querschnitt durch einen befruchteten Samen; der Embryo war ganz von Endosperm eingeschlossen. Die Stärkekörner der Epidermiszellen und später auch die übrigen stärkeführenden Zellen werden resorbirt und wie es scheint theils in Schleim verwandelt, welcher sich in den Oberhautzellen ansammelt und dieselben verdickt, theils in Oel, womit später die Endospermzellen angefüllt sind. Die Zellen der äussersten Schicht der innern Eihülle verholzen, nachdem sie beträchtlich höher geworden und verwandeln sich in jene bandförmigen oft porösen Zellen c Fig. 6 A. und 9 Taf. XXVII. während alle übrigen, zwischen dieser und der innersten Schicht des Integ. int. befindlichen Zellen zusammengedrückt (e. Fig. 13. Taf. XXVIII.) bisweilen sogar zum völligen Verschwinden gebracht werden. Die Zellen b, b. in Fig. 13. Taf. XXVIII. noch mit Stärke angefüllt, während in a das Zellenlumen durch Schleim-Ablagerung bereits sehr verkleinert war, verdicken sich später ebenfalls und werden linsenförmig. b. Fig. 6 A. Taf. XXVII. u. s. w. Der Inhalt der Zellen f. Fig. 13. Taf. XXVIII. welche der innersten Schicht des Integ. int. angehören, war auf diesem Stadium noch wasserhell; später erscheint er kaum gefärbt; die Zellen selbst vertauschen ihre cubische Gestalt mit einer tafelförmigen und werden nicht selten porös verdickt. f. Fig. 6. A. Taf. XXVII.

Chemisch physikalische Verhältnisse des Quitten- und Leinsamenschleimes.

Schmidt hat zuerst in einer umfassenden Arbeit die wahre Natur der Pflanzenschleime kennen gelehrt und die Formel $C_{12} H_{10} O_{10}$ für dieselben festgesetzt. Meine chemischen Untersuchungen über den Quitten- und Leinsamenschleim haben in der Hauptsache zu den nämlichen Resultaten geführt.

Behufs der Elementar-Analyse wurden die besten Samen ausgesucht, vom Staub befreit, wiederholt, Anfangs mit verdünntem, später mit absolutem Alkohol, zuletzt mit Aether gewaschen und zwischen je zwei Waschungen circa 24 Stunden lang mit der Flüssigkeit ruhig stehen gelassen. Der Schleim wurde mittelst der Centrifugmaschine durch Leinwand filtrirt, darauf durch Alkohol gefällt in verdünnter Kalilauge auf dem Wasserbade erhitzt und durch einen Ueberschuss von Essigsäure in der Weise allmählig von dem Kali sowohl als den in $Ac O_3$ löslichen Salzen befreit, dass der Schleim durch verdünnten Alkohol gefällt, darauf ausgepresst, von neuem mit Wasser, Essigsäure, Alkohol behandelt wurde und so fort, bis endlich die Waschflüssigkeit bei der Verbrennung keinen festen Rückstand mehr hinterliess.

Die Verbrennung von 0,3828 Gramm bei 110° getrockneten Quittenschleimes gab 0,6541 CO₂ und 0,2105 HO. 100 Theile Substanz enthalten:

daher :			Schmidt fand :		
	C.	46,6		I.	II.
Quitten-	H.	6,11	C.	45,04	45,30
Schleim.	O.	47,29	H.	6,15	6,22
			O.	48,81	48,48.

0,401 Gramm Leinsamenschleim bei 110° getrocknet lieferten: 0,6607 CO₂ und 0,2178 HO; wir haben daher:

Leinsamenschleim			Schmidt fand :		
	C.	44,9		I.	II.
	H.	6,03	C.	44,77	44,97
	O.	49,07	H.	6,21	6,26

Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure erhielt ich besonders aus Quittenschleim leicht Zucker *). Rauchende Salpetersäure mit rauchender Schwefelsäure, in dem bekannten Verhältniss von 1 zu 2 gemengt, verwandelt den fein gepulverten, in der Kälte eingetragenen Schleim in eine Nitroverbindung, welche in höherer Temperatur explodirt. Beim Kochen in verdünnter Salpetersäure entstand aus Quittenschleim nur Kleesäure, aus Leinsamenschleim hauptsächlich Kleesäure; ausserdem noch ein in Wasser und verdünnter NO₂ kaum lösliches, in KO ziemlich leicht lösliches Pulver, dessen einzelne Körner, ganz abweichend von der Schleimsäure, aus concentrisch angeordneten krystallinischen Schuppen oder Nadeln bestanden. Leider war die Menge desselben zu gering, als dass sich eine Elementaranalyse damit hätte vornehmen lassen. Concentrirte SO₃ zerstörte in der Wärme den Rückstand von Ox O₃ sammt diesem körnigen Pulver ohne Schwärzung. Die Lösung in Kali gab mit schwefelsaurem Kupferoxyd einen blauen Niederschlag, der sich beim Kochen ganz verhielt wie kleesaures Kupferoxyd d. h. sich unter Ausscheidung von CuO rasch schwärzte, ohne dass die darüber stehende Flüssigkeit blau gefärbt erschien. Schleimsaures Kupferoxyd wird auf diese Weise nicht so schnell zersetzt und färbt die Flüssigkeit blau, indem es sich zum Theil in überschüssigem Kali löst.

*) Schon vor mehreren Jahren machte ich auf Veranlassung von Herrn Prof. Löwig, meines damaligen Lehrers der Chemie, denselben Versuch mit arabischem Gummi. Eine grössere Portion Gummi wurde mehrere Stunden lang mit verdünnter SO₃ gekocht, dann die Säure durch CaO CO₂ ausgefällt und der gebildete Zucker vom noch unveränderten Gummi durch mässig concentrirten Weingeist getrennt. Aus der durch Abdampfen des Weingeistes erhaltenen concentrirten Zuckerlösung schied sich nach längerem Stehen eine süssschmeckende krystallinische Kruste aus. Ich würde diese Bemerkung verschwiegen haben, da sie bloss zur Bestätigung alter Thatsachen dient, fände sich nicht hie und da selbst in neuern Werken noch die entgegengesetzte Meinung Mulders vertreten. (z. B. die Pflanzenzelle v. Schacht.)

Wie schon Kützing angiebt, nimmt Quittenschleim durch Jod und Schwefelsäure eine blaue Farbe an; ich fand dies vollkommen bestätigt (Taf. XXVII. Fig. 5). Unter dem Einfluss von doppelt Jodzink*) färbte sich Quittenschleim nach einigen Tagen prächtig roth. Bei Lein- und Flohsamen-Schleim konnte ich nie eine Färbung zu Stande bringen, alle Versuche in dieser Richtung, selbst mit gereinigtem Schleim waren erfolglos, ich muss daher glauben Kützing habe sich hierin getäuscht, auch scheint es mir gewagt, dieses verschiedene Verhalten der letztern Schleimsorten einer Verunreinigung mit Gummi zuzuschreiben, so lange man über die Ursache dieser Erscheinung noch so wenig sicheres weiss. Warum färbt sich das Zellgewebe der Pilze obwohl aus Cellulose bestehend durch Jod nie blau? (Schacht) Warum nimmt dieselbe Substanz, mit Jod in Berührung gebracht bald diese, bald jene Farbe an? Gewiss spielen Beimengungen fremder Substanzen hierbei häufig eine wichtige Rolle; aber daraus geht noch nicht hervor, dass das verschiedene Verhalten der Cellulose etc. zu Jod von der Anordnung der Moleküle des ersten Körpers unabhängig ist.

Die Pflanzenschleime sind in Wasser unlöslich, die Filtrirbarkeit des Quittenschleimes, welche Schmidt als Beweis für dessen Löslichkeit anführt, kann darüber nicht entscheiden, gehen doch häufig unlösliche Niederschläge, sowie, um der Sache näher zu bleiben, die beim Kochen in Wasser bloss aufgequollenen Stärkekörner, noch als solche nachweisbar, durch die Poren des Filters. Das einzige sichere Kriterium in solchen Fällen, kann wie mir scheint das endosmotische Verhalten der mit Wasser vermengten Substanz abgeben. Von Quittenschleim dringt aber auch nicht eine Spur durch thierische Membran, während dies bei Gummilösung mit Leichtigkeit geschieht.

Schmidt hält die Pflanzenschleime für, dem Gummi ähnliche Kohlenhydrate, plus einer grössern oder geringern Menge von phosphorsaurem und pflanzensaurem Kalk, in denen die relative Menge der letztern (abgesehen von den morphologischen Bedingungen der Entwicklungsstufe u. s. w.) ihre physikalischen Eigenschaften (Löslichkeitsverhältnisse u. s. w.) bedingen. Was zunächst die Bedeutung des Salzgehaltes dieser Verbindung betrifft, so glaube ich dieselbe etwas niedriger anzulagern zu müssen. Ich brachte gleiche Gewichtstheile fein pulverisirten lufttrockenen Quitten- und Leinsamen-Schleims mit gleichen Theilen (dem hundertfachen Gewicht) Wasser in verschiedenen Gläschen zusammen und liess die Masse vollständig aufquellen. Der Quittenschleim bildete eine kaum bewegliche Gallerte, der Leinsamenschleim einen relativ leicht fliessenden Schleim. Diese Angabe würde schon ohne Weiteres genügen, um zu beweisen, dass das Aufquellungsvermögen dieser Schleime dem Salzgehalte keineswegs proportional ist, denn der Quittenschleim enthält im unreinen Zustande nach Schmidt's eigenen Untersuchungen 10,4, durch Alkohol gefällter Leinsamenschleim 11,053% Aschenbestandtheile und zwar meist kohlen. Kalk mit etwas Kali, phosphors. Kalk, Eisenoxyd (Quittenschleim, ausserdem noch Spuren von Schwefelsäure und Talkerde). Zu obigen Versuchen wurde aber durch Alkohol gefällter Leinsamenschleim und gereinigter Quittenschleim (wie er zur Elementar-Analyse verwendet worden) genommen. Ich habe den Aschengehalt dieses Schleims nicht bestimmt, aber die Aehnlichkeit der Resultate meiner Elementar-Analyse und derjenigen von Schmidt berechtigt mich wohl denselben

*) Siehe Anmerkung pag. 2.

auf höchstens 1% anzuschlagen, während der Leinsamenschleim natürlich seinen ganzen Gehalt von 11% besass. Ich bin daher geneigt die Ursache des verschiedenen Aufquellungsvermögens, verschiedener Schleime, in ihrer Molecular-Constitution zu suchen.

Es ist schwer über die Frage: welchem der stickstofflosen, indifferenten Pflanzenstoffe der Pflanzenschleim am nächsten verwandt sei, zu entscheiden. Vom physiologischen Standpunkt aus muss jedenfalls ein Unterschied zwischen verschiedenen Schleimen gemacht werden. Kirschgummi, Traganth sind Secretionsprodukte der Pflanze, die übrigen Schleime dagegen, also Leinsamen- und Quitten-Schleim, überhaupt alle Samenschleime, sowie der Schleim der Salepknollen und mancher Wurzeln, der Schleim der Cacteen*) und Knorpeltange treten als Verdickungsschichten der Zellmembran auf und bekrunden dadurch ihre nächste Verwandtschaft mit der Cellulose, während Kirschgummi und Traganth in physiologischer Beziehung zum arabischen Gummi gehören.

Um die Veränderungen kennen zu lernen, welche das Aufquellungsvermögen des Quittenschleims bei verschiedenen Mischungsverhältnissen mit Wasser erfährt, bestimmte ich auf den Rath von Herrn Prof. v. Babo, der mich überhaupt bei dieser Untersuchung aufs Zuvorkommendste unterstützte, die Druckhöhe, bei welcher Gallerten verschiedener, aber bekannter Zusammensetzung aufhörten durch ein Drathnetz zu filtriren, dessen Maschen gemessen worden waren.

Eine gläserne Röhre, deren Höhe 87^{mm}, der Umfang der Innenfläche 51^{mm}, der Cubik-Inhalt also $\frac{51^2 \cdot 87}{4 \cdot 3,141}$ oder 17,30 Cubikcentimeter betrug, wurde unten mit einem Drathnetz verschlossen, das in einer Richtung auf die Länge von 43^{mm}. 83 Dräthe von der Dicke 0,205**), in der andern auf 58^{mm}. 138 Dräthe von der Dicke 0,171 besass, dessen Maschen also im Mittel 0,251^{mm}. breit und 0,317^{mm}. lang oder 0,079 Quadratmillimeter gross waren. Die Röhre wurde mit Quittenschleim von bestimmtem Gehalt***) ganz angefüllt und die ganze Menge nach Beendigung des ersten Versuches mit 6,6 Gramm Wasser vermischt. Da das spec. Gew. des Quittenschleims so wenig als dasjenige von Gummilösung von dem spec. Gew. reinen Wassers erheblich abweicht, so wurde obige Zahl, welche den Inhalt der Röhre oder das Volumen des angewandten Schleimes angiebt, dessen Gewicht gleichgesetzt und aus dieser Zahl + 6,6 die procentige Zusammensetzung der zweiten Mischung bestimmt. Bei jedem neuen Versuch wurde die ganze Menge Schleim stets mit 6,6 Gramm Wasser innig vermischt und deren procentige Zusammensetzung durch Rechnung bestimmt.

*) Der Schleim der Cacteen bildet regelmässige, meist continuirliche Verdickungsschichten, in einzelnen besonders grossen Zellen des Rindenparenchyms. Selten besitzen diese 1 — 2 Poren. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man zarte Schnitte in Alkohol betrachtet; selbst bei Anwendung von Wasser bleibt der wahre Sachverhalt oft lange Zeit deutlich. Beim Aufquellen werden die Schleimschichten nicht selten unregelmässig und bieten dann bisweilen, ungefähr ein Bild dar, wie es Schleiden (über die Cacteen) dargestellt hat.

**) Unter dem Mikroskop gemessen.

***) Derselbe war bloss durch Leinwand filtrirt worden, enthielt also die volle Salzmenge. — 5,244 Gramm dieses Schleimes verloren bei einer Temperatur von 115° getrocknet 5,160 Wasser. Der Schleim enthielt also 1,60% feste Substanz.

Versuche.	Gehalt an trockener Sub- stanz in Procenten.	Gehalts- Differenzen.	Druckhöhen, bei welchen nichts mehr durch das Drathnetz gieng.	Differenzen der Druckhöhen.	Gewicht der drückenden Säule, deren Querschnitt gleich ist der Grösse einer Masche.
I.	1,60 %		68 ^{Mm.}		0,00473 Gramm.
II.	1,16	0,44	36	32 ^{Mm.}	0,00250
III.	0,908	0,25	24	12	0,00167
IV.	0,747	0,16	18	6	0,00125
V.	0,634	0,11	14	4	0,00099

Wir sehen aus diesen Zahlen, dass die Zähigkeit des Schleimes zwar mit dessen Gehalt an trockener Substanz zunimmt, aber nicht im gleichem, sondern in wachsendem Verhältniss, denn die Differenz der Druckhöhen ist:

bei den Versuchen I. und II. 8 mal grösser als bei den Versuchen IV. und V.

„ „ „ II. „ III. 3 mal „ „ „ „ „ IV. „ V.

„ „ „ III. „ IV. 1,5 mal „ „ „ „ „ IV. „ V. während die Gehalts-Differenz:

bei den Versuchen I. und II. nur 4 mal grösser ist als in IV. und V.

„ „ „ II. „ III. „ 2,27 mal grösser ist als in IV. und V.

„ „ „ III. „ IV. „ 1,46 „ „ „ „ „ IV. „ V.

Der Schleim des fünften Versuches wurde endlich noch mit seinem fünffachen Volumen Wasser vermengt, enthielt mithin nur 0,1% trockene Substanz; dessen ungeachtet war derselbe noch ziemlich dick.

15,43 Gramm lufttrockene Quittenkerne gaben nach wenigstens fünfmaliger Digestion mit lauem Wasser 1380 Cubikcentimeter oder Gramm Schleim. Von diesem Schleime, der durch öfteres Filtriren durch ein feines Drathnetz möglichst gleichmässig gemacht wurde, enthielten 10 Gramm 0,02 trockene Substanz. Die Quittenkerne liefern daher fast 18% unreinen Schleim. Zieht man den von Schmidt zu 10% bestimmten Aschengehalt ab, so erhält man statt obiger Zahl 16%, die zwar immer noch etwas zu gross ist, weil in dem auf obige Weise dargestellten Schleim sich überhaupt alle in Wasser löslichen Bestandtheile der Quittensamen befinden müssen. Ich wurde durch obiges Resultat Anfangs überrascht und kam auf die Vermuthung, es möchten wohl ausser den Epidermiszellen, die im trockenen Zustand nur die geringe Dicke von c. 0,075^{Mm.} besitzen, noch andere Zellen Schleim liefern, fand dies aber bei der mikroskopischen Untersuchung nicht bestätigt. Die Berechnung des Volumens der trockenen Samen und der Epidermis derselben führte zu Zahlen, welche für die Richtigkeit des oben angegebenen Resultates bürgen.

Ueber *Lycopodium Selago*.

Taf. XXIX. — XXXII.

I. Längenwachsthum.

Das Punctum Vegetationis ist bei *Lycopodium Selago* sehr flach gedrückt (Taf. XXXI. Fig. 12. Längsschnitt durch dasselbe, p. v.) und lässt weder von aussen betrachtet noch im Längsschnitt eine durch Form, Grösse oder Inhalt ausgezeichnete Zelle erkennen, die man für die ausschliessliche Scheitelzelle halten könnte; es scheint vielmehr dass das Längenwachsthum durch mehrere Zellen vermittelt wird, und zwar in der Weise, dass sich diese Zellen abwechselnd durch, zur Scheitelfläche senkrechte Längswände und horizontale Querwände theilen. (Taf. XXIX. Fig. 1. Stammspitze von oben, Fig. 2. Längsschnitt durch eine Stammspitze bei starker Vergrösserung.) Das Längenwachsthum aller Strahlen ist durch die dichotomische Verzweigung begrenzt.

II. Verzweigung.

Dieselbe ist von doppelter Art. Entweder theilt sich das Punctum Vegetationis in zwei, die Pflanze verzweigt sich dichotomisch; oder es bilden sich Knospen in der Axel der Blätter. Ich will hier zunächst nur von der Gabelung reden und der Betrachtung dieser axillären Knospen ein besonderes Capitel widmen.

Ob alle ächten Lycopodiaceen dichotomische Verzweigung besitzen, lasse ich dahin gestellt; bei unserer Art ist es der Fall. Schon in den frühesten Zuständen sind die Zweige, wenn nicht immer völlig, so doch nahe zu gleich entwickelt. Die jüngste Dichotomie, die ich gesehen, findet sich Taf. XXIX. Fig. 9. abgebildet. Die beiden Puncta Vegetationis stehen, in Form niedriger Wülste, dicht neben einander. In den Figuren 10, 11, 12, 13 sind die beiden Aeste bereits durch eine deutliche Furche von einander getrennt und wie in Fig. 14, wo der eine Zweig in der Entwicklung hinter dem andern merklich zurückgeblieben ist, mit einer grossen Anzahl von Blättern versehen*). Die Gabeltheilung wiederholt sich unbegrenzt und ziemlich regelmässig. Selten verzweigt sich ein Ast, ohne dass sich sein Bruderast ebenfalls und zwar ungefähr auf derselben Höhe verzweigt. Die successiven Verzweigungsebenen bilden alle möglichen Winkel mit einander, die Verzweigungsrichtung unterliegt also keinem Gesetz. Ich habe mich davon auch bei der Untersuchung junger Zustände überzeugt. Die Figuren 13—15 Taf. XXXII. zeigen drei Pflanzenstöcke mit Rücksicht auf diese Verhältnisse im Grundriss.

*) Die Blätter der Aeste sind mit römischen Zahlen bezeichnet.

III. Blattstellung.

Die erstarkten Aeste besitzen acht- oder zehnzeilig gestellte Blätter. Je vier oder fünf Blätter stehen annähernd auf gleicher Höhe und bilden alternirende scheinbare Wirtel. Ein durch Gabelung entstandener Ast beginnt in der Regel mit einem bis zwei dreigliedrigen Quirlen, auf diese folgen viergliedrige und häufig zum Schluss noch fünfgliedrige; kräftigere Zweige fangen wohl auch sogleich mit viergliedrigen Quirlen an und fahren früher oder später mit fünfgliedrigen fort. (Fig. 4. Taf. XXIX. Querschnitt durch einen beblätterten Zweig, in geringer Entfernung vom Scheitel. Der Schnitt hat die Blattspreiten von drei je viergliedrigen Quirlen getroffen. Der Stengel ist durch die ihm angewachsenen Basaltheile der Blätter des vierten Quirls vierkantig. — Fig. 3. Aehnliches Präparat mit zehnzeiligen Blättern. sp. junge Sporangien. In beiden Fällen stehen die Blätter auf gleicher Höhe, die Quirle alterniren genau.)

Ueber die wahre Natur und Entstehung dieser Quirle gibt nur die Untersuchung der jüngsten Zustände Aufschluss.*)

Die Blätter der Endtriebe von *Lycopodium Selago* sind in ein und demselben Quirle von verschiedener Grösse, stehen wenn auch fast, doch nicht genau auf gleicher Höhe und werden spiralig angelegt. Die Drehung der Spirale wechselt. Die Divergenz beträgt etwas weniger als $\frac{2}{9}$; das zehnte Blatt steht beinahe senkrecht über dem ersten, das fünfte bleibt hinter demselben zurück, während das sechste stets voraneilt. Da nun bei viergliedrigen Quirlen das fünfte Blatt das erste des zweiten Quirls ist, bei fünfgliedrigen aber das sechste, so bilden die ersten Blätter in jenem Fall eine gegenläufige, in diesem eine gleichläufige Spirale um den Stengel. (Fig 5—7 und 14. [Mutterstrahl] Taf. XXIX**) Am Grund der Aeste sind die Blattdivergenzen grösser (siehe unten). Die Entstehung der Wirtel hängt mit der ungleichen Entwicklung der successiven Internodien zusammen; häufig verkümmern 3 — 4 Internodien vollständig, erst das vierte oder fünfte streckt sich in die Länge, bisweilen dehnen sich auch jene etwas aus, aber in geringerem Maasse als diese, man findet alsdann zwar immer noch je vier oder fünf Blätter durch ein grösseres Intervall von einander getrennt, dieselben lassen aber doch die ursprünglich spiralige Anordnung deutlich erkennen. Die Blätter eines Quirls sind später gewöhnlich gleichmässig auf den Stengel-Umfang vertheilt; bei zehnzeiliger Blattstellung ist bisweilen der Abstand des ersten und letzten Blattes der Quirls, gemäss der ursprünglichen Divergenz etwas kleiner als zwischen den übrigen Blättern.

Bei der Gabelung setzt sich die Blattspirale des Mutterstrahles an dem einen Aste fort und zwar an demjenigen, an dessen Basis dieselbe nach vollendeter Theilung des Vegetationspunktes eben angehangt ist. Zur Begründung dessen verweise ich auf die Fig. 9 — 14 Taf. XXIX, wo diese Aeste stets mit R, ihre Bruderzweige mit R' und die Blätter entsprechend mit I. II. III.; I'. II'. III'. be-

*) Ich entfernte zu diesem Zwecke die Blätter, welche die Terminalknospe verhüllten, so dass nur noch die obersten stehen blieben, schnitt die Stammspitze weg und machte dieselbe durch concentrirte Kalilösung allein, oder, wenn es nöthig war, durch kurzes Kochen in Kali durchsichtig.

**) Das erste Blatt des Quirls ist auf allen Figuren mit * bezeichnet.

zeichnet sind. In allen diesen Fällen steht Blatt I. an derjenigen Stelle, wo, hätte der Mutterstrahl vor der Verzweigung noch einen Blattquirl erzeugt, das erste Blatt dieses Quirles entstanden wäre. Die Stellung von Blatt I' unterliegt keinem bestimmten Gesetz. In Fig. 10 ist es dem ersten Blatt des Astes R opponirt, in den Fig. 9, 11 — 14 rückt es auf der Blattspirale bald über den Punkt der Opposition vor, bald bleibt es hinter demselben zurück und zwar unabhängig von der Richtung der Spirale, sowie der Homodromie oder Antidromie der beiden Aeste. Die untersten Blätter eines Zweiges divergiren, wie gesagt, um mehr als $\frac{2}{9}$; selbst in dem Fig. 14 dargestellten Falle, wo R mit einem viergliedrigen Quirl beginnt, eilt schon das fünfte Blatt dem ersten voraus, ebenso Fig. 11. R; Fig. 12 R und R'; Fig. 13 R'. In Fig. 11. R' beträgt die Divergenz etwas über $\frac{1}{3}$, ebenso in Fig. 13 R; Fig. 14 R'. In Fig. 10 R' steigt dieselbe zwischen I' und II' sogar auf $\frac{1}{2}$, zwischen II' und III' ist sie noch ungefähr $\frac{1}{3}$. Die bedeutende Grösse der Divergenzen zwischen den untersten Blättern eines Astes ist die unmittelbare Folge der Verzweigung. Die Unregelmässigkeit der Divergenzen am Grunde des nämlichen Strahles hängt mit der grossen Nähe und gegenseitigen Verwachsung der Basis der Bruderzweige zusammen. Da wo dieses Hinderniss verschwindet, wo die Aeste völlig getrennt sind, werden die Divergenzen gleichmässiger. (Siehe besonders Fig. 13 und vergl. hiermit die Fig. 10 — 13.)

Die Zweige einer Dichotomie sind unter sich und mithin auch mit dem Mutterstrahl homodrom, oder der eine derselben zeigt die entgegengesetzte Drehung. (Homodromie Fig. 11 Fig. 12 Antidromie Fig. 10 13 14. — Noch nicht zu bestimmen in Fig. 9.) Schliesslich mache ich noch auf den zweimaligen Wechsel der Zahl der Quirlelemente unmittelbar vor der Verzweigung der Terminalknospe in Fig. 9. aufmerksam. Wir haben nämlich zwei fünfgliedrige, dann drei viergliedrige und schliesslich noch einen fünfgliedrigen Quirl. Die Blätter 1—5 und 8 fehlen, man sieht nur die zugehörigen Sporangien. In der Axel der Blätter 6, 7, 9 sind ebenfalls junge Sporangien deutlich.

IV. Gefässbündelverlauf.

In der Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli findet sich eine Untersuchung von Herrn Prof. Nägeli über das Wachstum des Gefässstammes überhaupt und speciell von *Lycopodium clavatum*, deren wichtigste Resultate Heft 3 und 4 p. 147 und 148, 140 in folgenden Worten enthalten sind:

„Im Gewebe der Stammspitze und der Blätter von *Lycopodium clavatum* sondern sich von unten nach oben Stränge von Gefässcambium aus in der Art, dass sie eine Strecke weit in dem Stamm senkrecht emporsteigen und dann in ein Blatt ausbiegen“.

„Die Stränge von Gefässcambium verholzen zu Gefässbündeln; die ersten in dem Stamme nach oben sichtbar werdenden Gefässbündel endigen also alle in die Blätter.“

„Der Holzcylinder besteht in dem Punkt, wo er sich fortwährend bildet aus einem Kreis vollkommen getrennter Gefässbündel. Dass nachher je zwei oder mehrere Gefässbündel sich in ein zusammengesetztes Bündel vereinigen, ist von secundärer Bedeutung etc.“

Jene Untersuchung ist von solcher Gründlichkeit, dass selbst eine Bestätigung obiger Sätze als überflüssig erscheinen müsste, wäre die Schleiden'sche Ansicht über diesen Gegenstand in der

jüngsten Zeit nicht von neuem von einem geübten Mikroskopiker vertheidigt worden*). Hätte indessen Schacht ebenfalls Terminalknospen und zwar frische untersucht, so wäre ihm der wahre Sachverhalt jedenfalls nicht verborgen geblieben. Ich unterlasse es auf diesen Punkt weiter einzutreten, sondern verweise bloss auf die genannte Abhandlung und gebe vergleichungsweise einen Längsschnitt durch die Stammspitze von *Lycopodium Selago*. Fig. 12, Taf. XXXI.

Ausser den obigen schon von Herrn Prof. Nägeli ausgesprochenen Gesetzen gelten hinsichtlich des Gefässbündelverlaufs bei *Lycopodium Selago* noch folgende**):

*) Die Pflanzenzelle von Dr. H. Schacht.

***) Ich untersuchte' den Verlauf der Gefässbündel theils auf Längsschnitten, theils auf Querschnitten und erhielt übereinstimmende Resultate. Die Blätter der Endtriebe wurden auf die Länge von 3''' — 4''' mittelst einer Scheere entfernt und das Stämmchen entweder der Länge nach in 3 — 4 Partien gespalten, so dass der Holzcyylinder bald ganz blieb, bald halbirt wurde. Nachdem das Präparat durch Kochen in Kali hinlänglich durchsichtig geworden, zeichnete ich die zwei äussern Schnitte von einer, die müttern dagegen von beiden Seiten möglichst genau, um nachher ein Schema für den Verlauf der Bündel entwerfen zu können. Diese Methode ist auf den ersten Blick instructiver, auch nicht so mühsam wie die Methode der Querschnitte, dagegen nicht so zuverlässig. Macht man Querschnitte, so ist es nöthig das entblätterte Stämmchen z. B. durch einen nicht zu tief gehenden Längsschnitt zu markiren. Die Schnitte müssen zahlreich sein, theils weil nur dann die Präparate transparent genug ausfallen, (durch Kochen in Kali kann auch hier nachgeholfen werden) theils weil sich die Stellung der Gefässbündel häufig schon in wenig verschiedenen Höhen stark verändert. Die zarten Querschnitte müssen durch Platinstreifen von dem nachtheiligen Einfluss schwerer Deckgläser geschützt werden. Ich habe von allen wesentlich verschiedenen Querschnitten Aufnahmen gemacht, kann aber natürlich hier nur einzelne derselben wiedergeben. Die Präparate wurden so lange in einer feuchten Atmosphäre aufbewahrt als sie bei der Ausführung der schematischen Zeichnung von Nutzen sein konnten. Zur Ausmittelung des Gefässbündelverlaufs im Winkel der Dichotomie schlug ich im Allgemeinen dasselbe Verfahren ein. Beide Aeste und Mutterstrahl wurden markirt und die Schnitte in der auf Fig. 16, Taf. XXXII angedeuteten Weise geführt. In den schematischen Figuren 16, Taf. XXX. und 10 A. Taf. XXXI. habe ich mir den Holzcyylinder auf einer Seite aufgeschnitten und in eine Ebene ausgebreitet, vorgestellt; in den Fig. 10 B. und 11 Taf. XXXI. ist das ganze Gefässbündelsystem auf eine Kreisfläche projicirt. Im ersten Falle bezeichnen Horizontallinien, in zweiten concentrische Kreise die successiven Blattquirle. Die sympodialen Gefässbündel des Holzcyinders werden durch Doppellinien angedeutet. Wo die Zahlen stehen, waren die betreffenden Blätter inserirt. Die einfachen Linien, welche die Insertionen der Blätter mit dem Gefässbündel des Holzcyinders verbinden, geben den Weg der Gefässbündel vom Holzkörper durch das Rindenparenchym an. Die Divergenz wurde in Fig. 10 AB Taf. XXXI. zu $\frac{2}{3}$ angenommen, während in Fig. 11 Taf. XXXI. die Blätter des gleichen Quirles um $\frac{1}{4}$ divergiren und die successiven Quirle genau alterniren. In Fig. 16 Taf. XXX. wurden die Blätter ebenfalls so aufgetragen, wie sie am Stengel später wirklich inserirt waren. Das erste Blatt eines Quirles ist auf den Querschnitten sowohl, als auf den schematischen Fig., (mit Ausnahme von Fig. 11, Taf. XXXI, wo mir die Drehung unbekannt geblieben) mit * bezeichnet. R. R' und I. II. III.; I' II' III' Taf. XXXI. haben dieselbe Bedeutung wie auf Taf. XXIX. Die Abgangsstellen der Gefässbündel vom Holzcyylinder sind durch punktirte Linien verbunden.

1) Obgleich die Blätter 8 — 10 Längsreihen am Stengel beschreiben, und jedes Blatt, mit einziger Ausnahme von Blatt 16 Fig. 4, 5, 16, Taf XXX, ein Gefässbündel erhält, so zeigen Querschnitte doch stets weniger Bündel im Holzcylinder als Blattzeilen vorhanden sind.

Bei viergliedrigen Quirlen kommen im Holzcylinder in der Regel vier, bisweilen auch fünf, ja sogar sechs Gefässbündel vor; bei fünfgliedrigen beträgt die Zahl derselben gewöhnlich fünf, bisweilen auch nur vier oder mehr als fünf, nämlich 6 — 8. Weniger als vier Gefässbündel zählte ich nie im Holzkörper. Vier sympodiale Gefässbündel im Holzcylinder bei viergliedrigen Quirlen bemerkt man auf Taf. XXX. in Fig. 1 — 10 und in Fig. 16 (Blatt 1 — 32), sowie auf Taf. XXXI. in Fig. 11. Vier Gefässbündel im Holzkörper bei fünfgliedrigen Quirlen zeigen die Fig. 11 — 15 und 16 (Blatt 33 — 48) auf Taf. XXX. In Fig. 10 A Taf. XXXI. sind sieben successive fünfgliedrige Quirle dargestellt. Auf der Höhe des ersten befinden sich fünf sympodiale Bündel im Holzcylinder. Beim zweiten bis sechsten Quirl beträgt deren Zahl sechs, etwas unterhalb des siebten Quirls acht. Vergleiche die Querschnitts-Ansichten Fig. 1—6 und Fig. 10 B. Taf. 31. Man erkennt, dass die Vermehrung der sympodialen Bündel mit der Verzweigung im Zusammenhang steht (siehe unten).

2. Die Stellung der sympodialen Gefässbündel bleibt stets dieselbe, in welcher Gegend man das Stämmchen quer durchschneiden mag; der im Holzcylinder senkrecht emporsteigende Theil eines Gefässbündels bildet die gerade Verlängerung desjenigen Bündels, an dessen inneres Knie sich jenes ansetzt. Fig. 11. Taf. XXXI. Schwankungen kommen wohl vor, sind aber gering und ohne dauernden Einfluss. Da wo sich die Zahl der Bündel des Holzcylinders vermehrt sind die Schwankungen etwas grösser. Fig. 10 A*)B. Taf XXXI. (vergl. Fig. 1 — 9.)

Die sympodialen Gefässbündel des Holzcylinders sind meistens in ziemlich gleichen Abständen auf dessen Umfang vertheilt. Auch wenn die Anzahl der Bündel der Zahl der Blätter des Quirls entspricht, ist die Stellung jener zu den Blättern keinem bestimmten Gesetz unterworfen; sie können je vier oder fünf Blattreihen opponirt sein, oder bald nach rechts bald nach links mehr oder weniger abweichen, so dass sie oft genau zwischen zwei benachbarte Blattreihen zu liegen kommen.

3. Die Gefässbündel setzen sich regellos bald rechts oder links, bald auf der inneren Seite an tiefer liegende Gefässbündel an. Die in Blätter abgehenden Gefässbündel verlassen daher auf Querschnitten die im Holzcylinder zurückbleibenden zu höhern Blättern emporsteigenden oft seitlich oft aussen. Ein vergleichender Blick auf die Querschnitte Taf. XXX. und XXXI., sowie auf die zugehörigen schematischen Figuren, bei deren Ausführung diese Verhältnisse sorgfältig beachtet wurden, genügt, um die Sache deutlich zu machen.

4. Gewöhnlich sind es nur die Gefässbündel der Blätter zweier benachbarter Blattreihen, die sich an der Bildung eines sympodialen Bündels im Holzcylinder betheiligen, bisweilen nimmt aber das letztere auch noch einzelne Bündel entfernterer Reihen in sich auf. (Ein Beispiel der ersten Art

*) Da die Holzcylinder-Oberfläche in der Richtung der Breite viel stärker vergrössert ist, als in der Längsrichtung, so erscheinen die erwähnten Schwankungen auf dieser Fig. viel bedeutender, als sie in der Wirklichkeit sind. Von dem Vorhandensein solcher Schwankungen habe ich mich namentlich bei Untersuchung von Längsschnitten überzeugt.

liefert Fig. 11, Taf. XXXI). Die vier Gefässbündel-Symphodien des Holzringes sind der einen Hälfte der acht Blattreihen nicht genau opponirt, sondern weichen um ein Geringes nach rechts ab. Sie vereinigen ohne Ausnahme bloss Gefässbündel je derjenigen zwei Blattreihen, zwischen welchen sie sich im Stamme zunächst hinziehen. Anders verhält es sich in dem Fig. 16 Taf. XXX. dargestellten Falle; das Blatt 14 schickt sein Gefässbündel nach A, statt nach D, Blatt 16 hat wie schon gesagt kein Bündel erzeugt, daher setzt sich das Bündel 20 unmittelbar an 11 an. Das Bündel 21 geht nach C, anstatt nach B. Alle andern Bündel*) bis und mit dem siebten Quirl verhalten sich ganz normal. Von dem Blatte 29 an sind die Unregelmässigkeiten bedeutender, was indessen nicht befremden kann, da dort die Quirle fünfgliedrig sind, obwohl sich die Zahl der sympodialen Bündel im Holzcyliner nicht vergrössert hat. A nimmt auch das Gefässbündel 29 und 37, also Bündel von vier Reihen auf; 43 geht nach B, 45 nach C, 46 nach D. — In Fig 10 A. Taf. XXXI. verhalten sich die beiden Gefässbündel des Holzcyinders D. und E normal.

5. Die Abgangsstellen der Gefässbündel vom Holzcyliner liegen auf einer ähnlichen Spirale wie die jungen Blätter, d. h. das Gefässbündel für das erste Blatt eines Quirls verlässt den Holzcyliner zuerst, dasjenige für das Endblatt zuletzt. Diese Kegel ist häufig so deutlich ausgesprochen, dass ein einziger Querschnitt durch das Stämmchen aus der Anordnung der in Blätter abgehenden Gefässbündel erkennen lässt, welche Drehung der Zweig besitzt. (Man vergleiche die Fig. 1—15 Taf. XXX. und 1—9 Taf. XXXI., wo die Erscheinung zwar keineswegs in der oben bezeichneten Reinheit zu Tage tritt**). In dem Fig. 11, Taf. XXXI. dargestellten Falle war sogar keine Spur eines spiraligen Abganges zu entdecken.)

6. Ein einfaches Gefässbündel durchläuft im Holzcyliner von dem Vereinigungspunkt mit einem andern an aufwärts gewöhnlich nur ein Quirl-Internodium (Abstand zweier Quirle), bisweilen nur ein Minimum eines solchen, bisweilen mehr, 2—3 Quirl-Internodien. Beispiele:

Ein Quirl-Internodium: Fig. 16 Taf. XXX. Bündel der Blätter 19, 22, 25, 27, 28, u. s. w. Fig. 10. A. Taf. XXXI. 18, 19, 22, 23, u. s. w.

Weniger als ein Quirl-Internodium: Fig. 16. Taf. XXX. Bündel 15 ($\frac{1}{2}$), 21 ($\frac{1}{4}$), 38 (ein Minimum).
Fig. 10. B. Taf. XXXI. R II (0), VIII (ein Minimum).

Mehr als ein Quirl-Internodium: Fig. 16. Taf. XXX. 20 (2), 31 ($2\frac{1}{2}$).

Fig. 10. A. Taf. XXXI. 24 (2), 25 (2).

Fig. 10. B. Taf. XXXI. R. IX. (2), R' III' ($2\frac{3}{4}$), R α'' durchläuft schon drei Internodien ohne in ein Blatt abgegangen zu sein). Um vom Holzcyliner durch das Rindenparenchym zur Blattbasis zu gelangen, braucht ein Gefässbündel gewöhnlich die Höhe von

*) Ueber 1 — 8 lässt sich nicht urtheilen.

***) In den schematischen Fig. 16. Taf. XXX. und 10 AB. Taf. XXXI. sind die Abgangsstellen der einfachen Gefässbündel von denjenigen des Holzcyinders, auf den zugehörigen Querschnitts-Ansichten die im Rindenparenchym zerstreuten Gefässbündel durch einfach punctirte Linien verbunden.

1½—2, bisweilen sogar von drei Quirl-Internodien. Beispiele für den letzten Fall liefern: Bündel 21, 26, 28, Fig. 16, Taf. XXX.

Macerirt man einen Längsschnitt in Salpetersäure und chlorsaurem Kali und zerdrückt denselben, so trennen sich häufig die sympodialen Bündel des Holzcyinders in mehrere Stränge, welche in verschiedener Höhe in Blätter ausgehen. Ob man daraus schliessen darf, dass sich die einfachen Gefässbündel von ihrer Insertion im Holzkörper an eine Strecke weit abwärts verlängern, oder ob die grössere Dicke der Gefässbündel-Sympodien im Holzcyinder bloss Folge eines zwar begrenzten, aber dem untern Ende der einfachen Gefässbündel vorzugsweise zukommenden Dickenwachstums und jene künstliche Trennung der Sympodien in einzelne Bündel nur zufällig ist, kann ich nicht entscheiden.

7. Vor der dichotomischen Verzweigung eines Astes vermehrt sich die Zahl der sympodialen Gefässbündel des Holzcyinders, indem je zwei einfache Bündel, deren eines sonst die gerade Verlängerung der Basis des andern gebildet haben würde, getrennt im Holzcyinder emporsteigen und da, wo sie in's Rindenparenchym übertreten, Gefässbündeln höherer Blätter zum Anhaltspunkt dienen. Hierzu Fig. 1 — 10 Taf. XXXI. Der Holzcyinder enthält in der Höhe des ersten Quirls fünf getrennte Gefässbündel ABCDE (Fig. 1 und 10 A.); etwas weiter oben theilt sich das Bündel A in A' und A'' (Fig. 2 und 10 A.), indem das Gefässbündel für das Blatt 20 eine Zeit lang neben dem Bündel 15 im Holzcyinder verläuft, bis sich an jenes das Gefässbündel 29, an dieses das Bündel 24 anlehnt. Das Gefässbündel A'' theilt sich in der Folge nicht weiter; A' dagegen spaltet sich zwischen dem sechsten und siebten Quirl (Fig. 5 und 10 A) in die beiden Bündel a', a'', von denen das erstere unmittelbar darauf dieselbe Veränderung erleidet und den Gefässbündeln α', α'' die Entstehung gibt. (Fig. 6 und 10 A). Die Gefässbündel E, D gehen in den Ast R, die Bündel BC in den Ast R', die durch wiederholte Theilung aus A hervorgegangenen Gefässbündel werden auf beide Aeste vertheilt und zwar so, dass A'' und a'' in in R', α' und α'' aber in R eintreten*).

8. Die Gefässbündel werden in ihrem ganzen Verlauf von ihrer Insertion im Holzcyinder bis in die Blattspitze gleichzeitig angelegt; nie sah ich den im Stamme senkrecht aufsteigenden Theil, ohne dass auch bereits im Rinden- und Blattparenchym die Verlängerung deutlich gewesen wäre. Die sympodialen Gefässbündel des Holzcyinders sind noch in beträchtlicher Entfernung von der Endknospe vollkommen von einander getrennt und nach allen Seiten von zartwandigen Cambiumzellen begrenzt. Zwischen je zweien derselben bilden sich frühzeitig Holzbündel, von denen einzelne von der Peripherie bis in's Centrum des Holzcyinders reichen und hier verschmelzen, während andere kürzer bleiben und im Querschnitt bald einfach, bald verzweigt erscheinen; bisweilen treten auch solche

*) Ich erinnere nochmals daran, dass sich die schematischen Zeichnungen auf eine weit grössere Anzahl von Querschnitten stützen, als diejenige der auf Taf. XXX. und XXXI. dargestellten beträgt. Zur Begründung der Schemata Fig. 10. AB. Taf. XXXI. könnte ich über vierzig Abbildungen successiver Querschnitte beibringen und doch ist dies noch lange nicht die ganze Zahl der in Betracht gezogenen Querschnitte. — Bei der Ausführung der Fig. 16, Taf. XXX. benützte ich sechzig Schnitte, wovon zweiundzwanzig gezeichnet wurden; zu Fig. 11, Taf. XXXI. liegen dreizehn Zeichnungen vor mir

Bündel innerhalb des Gefässbündelringes mitten im Cambium auf. Gefäss- und Holzbündel sind also ursprünglich durch Cambium von einander getrennt und die ersteren stets ringsherum, die letzteren wenigstens innen und auf beiden Seiten bisweilen, auch ganz von Cambium eingeschlossen. (Taf. XXXII. Fig. 1, G. Gefässbündel des Holzcyinders, H. Holzbündel, C. Cambium, g. in Blätter abgehende Gefässbündel, p. Rp. und c. Rp. Rindenparenchym). Das Cambium verwandelt sich bei seiner spätern Ausbildung zum Theil in Gefässe, zum Theil in Holzzellen. Derjenige Theil des Cambiums, welcher ausserhalb der Gefässbündel liegt, liefert Holzzellen, das noch vorhandene Cambium im Innern des Gefässbündelringes verwandelt sich fast ausschliesslich in Gefässe und verdickt auf diese Weise die Gefässbündel nach innen, während das Cambium, welches je 1 auf dem Umfang des Holzcyinders liegendes Gefäss- und Holzbündel trennt, nach der Seite des erstern Gefässe, nach der Seite des letztern Holzzellen absondert und somit Gefäss- und Holzbündel verbreitert. Querschnitte durch ältere Theile eines Stämmchens lassen keine Spur von Cambium mehr erkennen. Gefässe und Holzzellen berühren sich unmittelbar. Die Gefässbündel anastomosiren im Innern des Holzkörpers auf mannigfaltige Weise, je nach der Gestalt der vorher ausgebildeten Holzbündel, und werden allseitig von Holzzellen umgeben. Fig. 2. Taf. XXXII.

Die Holzbündel bestehen aus langen, dickwandigen, besonders auf dem Längsschnitt deutlich porösen, farblosen Zellen. Die Gefässe des Holzcyinders sind ohne Ausnahme porös und im Alter braungefärbt; die äussersten sind eng und viel kürzer als die später entstandenen, in der Mitte des Holzkörpers; jene besitzen eine Länge von 0,5 — 1^{Mm.}, bei diesen steigt dieselbe über 3,5^{Mm.}. Ein Stämmchen mit 85 Blättern wurde gemessen und die mittlere Grösse eines Blatt-Internodiums (Längsabstand zweier successiver Blätter) zu 0,35^{Mm.} berechnet, woraus sich ergibt, dass die längsten Gefässe genau zehn Blatt-Internodien durchlaufen können. Alle Gefässe endigen oben und unten in eine Spitze, welche bei den engeren nicht selten fadenförmig ausgezogen ist. Die Poren sind meist rundlich, seltener, bei weiten Gefässen, linienförmig verbreitert. Ob die Gefässe des Holzcyinders aus je einer einzigen Zelle oder aus Zellreihen durch Resorption der Scheidewände entstehen, konnte ich nicht ausmitteln. Mehrmals sah ich junge Zustände der langen und weiten Gefässe im Centrum des Holzkörpers, aber keine Spur von resorbirten Querwänden noch entsprechende Einschnürungen an den Seitenflächen; bei Untersuchung noch früherer Entwicklungsstufen ist es leider schwer über die wahre Länge der Cambiumzellen in's Klare zu kommen. Im Rindenparenchym und in den Blättern finden sich, wie es scheint, alle Arten von Gefässen; dieselben sind sehr eng und braungefärbt, bis zu 14 im Querschnitt vorhanden.

Der Holzcyylinder wird zunächst von 1 — 3 Kreisen prismatischer dünnwandiger, schwach bräunlich gefärbter Zellen umgeben, welche vielmal länger als breit und porös sind p. Rp. Fig. 1, 2. Taf. XXXII. Darauf folgen nach aussen cylindrische, dickwandige, farblose Zellen Taf. XXXII. Fig. 1 und 2. c. Rp.; sie sind kürzer und weiter als jene, 2 — 4 mal so lang als breit, aber ebenfalls, wie überhaupt alle Rindenzellen, porös. Die breitlichen Poren der Seitenwandung sind weniger zahlreich als die rundlichen auf der Endfläche. Es folgen nun wieder einige Schichten engerer Zellen, unter welchen einzelne ausser den Poren nicht selten bis fünf sehr zarte linksgewundene Spiralfasern

mit sehr hohen Umläufen besitzen. Unmittelbar unter der Epidermis liegt ein chlorophyllreiches, schwammiges Zellgewebe.

V. Bulbillen.

Taf. XXXII. Fig. 3 — 11.

In der Axel einzelner Blätter entstehen durch Form und Stellung der Blätter ausgezeichnete Seitenzweige, welche zur Vermehrung der Pflanze bestimmt sind. (Fig. 3. eine solche axilläre Knospe schief von oben. S das Stützblatt. Der bloss angedeutete Stengel a des Mutterstrahls ist der Blätter beraubt. — Fig. 4. Ansicht von oben. a Hauptachse querdurchschnitten. — Fig. 5. Ansicht von unten. S. bezeichnet auch hier, wie auf den folgenden Fig., das Stützblatt). So lange die Bulbille noch in Zusammenhang mit der Mutterpflanze steht, sind gewöhnlich nicht mehr als 14 Blätter sichtbar, deren unterste durch ungleiche Entwicklung der successiven Internodien zu je zweien auf gleiche Höhe gerückt sind; die einzelnen Blätter dieser Paare sind einander opponirt und die successiven Blattpaare alterniren. Die untersten zwei Blätter 1 und 2 Fig. 3, 4, 5 und 7 (schematischer Grundriss der Bulbille, zur Verdeutlichung der Blattstellung) liegen in einer zur Oberfläche des Stämmchens tangentialen Ebene, die Blätter 3 und 4 in einer radialen, 5 und 6 stehen wieder senkrecht über 1 und 2 und so weiter. Die Blätter 9 und 10 stehen noch auf gleicher Höhe unter einander, Blatt 12 ist dagegen bereits etwas höher inserirt als 11, ebenso 14 höher als 13; man erkennt daraus dass auch hier die Blätter ursprünglich spiralig gestellt sind. Zudem ändern sich hier die Divergenzen, insofern dieselben gleichmässiger werden. Wenig später beträgt dieselbe etwas mehr als $\frac{1}{3}$ (siehe Fig. 10. Terminalknospe einer Bulbille mit bereits verlängerter Achse, von oben betrachtet). Die Drehung der Spirale kann wechseln. Die Insertionen der Blätter 1 und 2 befinden sich nicht genau da, wo sie dem Obigen gemäss zu suchen wären; sondern sind einer Linie, welche man sich auf der dem Mutterstrahl zugewendeten Seite der Bulbille in deren Längsrichtung gezogen denken kann, etwas genähert; ausserdem krümmen sich die Blätter selbst in demselben Sinne dem Stämmchen entgegen, man sieht daher die Spitzen dieser Blätter auf Fig. 5 nicht, wohl aber auf Fig. 3 und 4. — (Vergleiche noch Fig. 8. Das Stützblatt und die Blätter 1, 2, 3, 5, 6 der Seitenknospe nach Entfernung der übrigen Blätter in der Richtung der Achse der Bulbille von oben dargestellt). Von dem folgenden Blattpaar ist nur 3 auf der innern Seite sichtbar. Fig. 3, 4, 8 und Fig. 6. (Querschnitt durch eine Bulbille in der Richtung $\alpha\beta$ in Fig. 4 und 5); das Blatt 4 fehlte allen von mir untersuchten Seitenknospen und dürfte durch das der Bulbille angewachsene Stützblatt, welches, obwohl zuerst angelegt, später Blatt 3 gegenüber und höher als 1 und 2 inserirt zu sein scheint, zum Verschwinden gebracht werden. Die Blätter 5 und 6; 7 und 8 zeigen hinsichtlich ihrer Stellung nichts Auffallendes. Die Blätter 9 und 10, genau über 5 und 6 angeheftet, berühren sich auf der äussern Seite der Bulbille mit dem einen Rand und kehren dem Mutterstrahl die innere Fläche schief entgegen, sie sind sehr gross, fleischig, besonders am Grunde massig entwickelt und unsymmetrisch; ihre schmälern Längshälften stossen aussen zusammen. Das elfte Blatt, an Grösse den vorigen gleich, ist wieder symmetrisch (Fig. 3—6, und Fig. 9.). Die folgenden Blätter sind klein. Das Stützblatt, sowie die Blätter 1—6 enthalten kein Stärkemehl, das Gewebe der übrigen und der Stammspitze der Bulbille ist dicht mit kleinen

Stärkekörnchen angefüllt, die, aus ihrer häufig grünen Färbung zu schliessen, ihre Entstehung Chlorophyllbläschen zu verdanken haben dürften. Das Internodium zwischen den Blättern 6 und 7 ist sehr dünn, die Bulbille trennt sich daher bei gehöriger Reife an dieser Stelle von der Mutterpflanze (Fig. 8. Die nach Entfernung der Bulbille an der Mutterpflanze zurückbleibenden Blätter der axillären Knospe, von oben betrachtet). Schon vor dieser Trennung lässt sich über jener Einschnürung im Innern der Bulbille die Anlage eines Würzelchens nachweisen, welches an abgefallenen Knospen unter günstigen Umständen bald auch äusserlich sichtbar wird, während sich das Stengelchen auf Kosten der Reservahrung in die Länge dehnt und spiralig gestellte Blätter mit der Divergenz von etwas mehr als $\frac{1}{3}$ erzeugt. (Fig. 9 Keimende Bulbille. — Fig. 10 Endknospe einer solchen. — Fig. 11 oberes Ende einer stärker entwickelten Bulbille). Die untersten Internodien der Bulbille bleiben verkürzt, eine Streckung tritt zuerst zwischen den Blättern 11 und 12 auf. Fig. 9.

Der Gefässbündelverlauf bietet der Untersuchung einige Schwierigkeiten dar. Aus successiven Querschnitten, sowie aus Längsschnitten durch die Insertion obiger axillären Knospen geht hervor, dass der Holzcyylinder des Hauptstrahls zunächst ein starkes Gefässbündel in das Stützblatt sendet. Das Stützblatt der Bulbille verhält sich hinsichtlich jenes Gefässbündels wie jedes andere Blatt der Hauptachse. An dieses Gefässbündel, und nicht an den Holzcyylinder des Mutterstrahls, setzen sich die Bündel für die untersten Blätter der Bulbille an, und zwar zuerst in gleicher Höhe zwei Bündel für die Blätter 1 und 2, dann in einiger Entfernung, etwas unterhalb der Einschnürung der Knospen-Achse, in nahezu gleicher Höhe drei weitere Bündel für die Blätter 3, 5 und 6*). (Die schematische Darstellung des Gefässbündelverlaufs im Innern der Bulbillen, siehe Fig. 12 Taf. XXXII, ist ähnlich aufzufassen wie Fig. 16. Taf. XXX.). Da das vierte Blatt abortirt, so ist natürlich auch kein Gefässbündel für dasselbe wahrnehmbar. Ein einziges Bündel verbindet den später abfallenden Theil der Knospe mit dem an der Mutterpflanze zurückbleibenden, es verschmilzt ebenfalls mit dem Gefässbündel des Stützblattes und versorgt das siebente Blatt; an dasselbe setzt sich ein Bündel für das Blatt 8, an dieses eines für 9 an; das Gefässbündel 9 dient 10 zum Anhaltspunkt. Bis hierher enthält der Holzcyylinder der Bulbille nicht mehr als ein Gefässbündel; ihre Zahl verdoppelt sich jetzt, indem sich das Bündel 11, statt an 10, an 9 und das Bündel 12, statt an 11, an 10 anlehnt. Möglicherweise geschieht dies auch dadurch, dass sich 11 an 10, und 12, statt an 11, an 9 ansetzt. Auch die nächstfolgenden Internodien enthalten 2 Gefässbündel. Die weitere Entwicklung der Bulbillen und somit auch der Gefässbündelverlauf der allmählig erstarkenden Bulbillen ist mir zur Zeit noch unbekannt.

Ein Zweig von *Lycopodium Selago* kann mehrere Jahre hinter einander in die Länge wachsen, ohne sich zu verzweigen; man sieht dies bei frischen Exemplaren an den Fruchttähren, deren Sporangien nach bestimmten Intervallen verschiedene Grade der Auflösung zeigen, sehr deutlich. Es scheint nun, dass sich unter dem Schutze der ersten Blätter eines Jahrestriebes vorzüglich Sporangien, in der

*) Um über den Gefässbündelverlauf in der Gegend des Würzelchens in's Klare zu kommen ist es nothwendig ausser Querschnitten, welche wegen der Undurchsichtigkeit des Gewebes und der Zärte der Gefässbündel nicht sehr lehrreich sind, Längsschnitte zu machen, auf welchen die Bündel zumal bei vorsichtigem Zerdrücken viel schärfer hervortreten.

Axel der spätern dagegen Bulbillen entwickeln, da letztere am Ende der Jahrestriebe am zahlreichsten sind. Es scheint ferner, dass die Bulbillen in der Axel der ersten Blätter eines Quirles am leichtesten entstehen; denn nie fand ich daselbst keine Bulbillen, wenn die folgenden Blätter welche stützten, während nicht selten das erste Blatt eines Quirles allein eine Bulbille erzeugt. Taf. XXIX. Fig. 6. Blatt 5 und 9. — Fig. 11. Blatt 1 und 2. — Fig. 12. Blatt 9; 13, 14, 15, 16. (Die genannten Blätter, sämtlich mit r bezeichnet, hatten nicht das Aussehen gewöhnlicher Blätter, sondern waren sehr dick, von Farbe etwas blässer und scheinen daher mit der sehr verkürzten Achse junger Bulbillen verwachsen zu sein, um so mehr da jene Zeichnungen herbstliche Terminalknospen darstellen). Während gewöhnlich alle Glieder eines Quirles, in welchem es überhaupt zur Sporangienbildung gekommen ist, Samenkapseln hervorbringen, entstehen gar nicht selten weniger Bulbillen in einem Quirl, als derselbe Blätter zählt, wie denn überhaupt die Bulbillen lange nicht so zahlreich sind als die Sporangien, bisweilen auch ganz fehlen, wo doch Sporangien vorhanden sind. Ein und derselbe Quirl kann Sporangien und Bulbillen entwickeln. Die untern Particen eines Pflanzenstocks erzeugen nie weder Sporangien noch Bulbillen. Ein Zweig späterer Generation entwickelt im ersten Jahr bald nur Sporangien bald nur Bulbillen.

Ueber *Equisetum arvense* und *Equisetum sylvaticum*.

Taf. XXXIII. und Taf. XXXIV. Fig. 1 — 8.

(Sämmtliche Fig. beziehen sich auf *Equisetum arvense*.)

I. Längenwachsthum und Gewebbildung im Stengel.

Hofmeister schreibt in seinen ausgedehnten Untersuchungen über die höhern Kryptogamen dem Stengel der Equiseten ein Längenwachsthum mittelst stets sich wiederholender Theilung der Scheitelzelle durch abwechselnd nach rechts und links geneigte Wände zu und gibt auch eine Schilderung der nächstfolgenden Theilungen. Jene Angaben gründen sich vorzüglich auf Beobachtungen an *Equisetum limosum*.

Meine Untersuchungen über *Equisetum arvense* und *sylvaticum* haben zu wesentlich verschiedenen Resultaten geführt und ich kann nicht glauben, dass sich die übrigen Arten, wenigstens in der Hauptsache, anders verhalten *).

Bei *Equisetum arvense* wachsen die aufrechten unfruchtbaren Zweige aller Generationen ohne Ausnahme durch unbegrenzt wiederholte Theilung der Scheitelzelle mittelst abwechselnd nach drei Seiten

*) Um von dem Verlauf der Scheidewände auf der Oberfläche der conischen Stammspitze von *Equisetum* eine richtige Vorstellung zu erhalten, ist es durchaus nothwendig die Stammspitze mittelst eines Querschnittes frei zu machen und dann durch Drehen in jede mögliche Lage zu bringen, da zarte Wände nur in senkrechter Stellung deutlich erscheinen. Es genügt auch nicht die Drehung dem Zufall zu überlassen, indem man z. B. von der Seite etwas Wasser zuführt oder leise auf das Deckgläschen drückt, um eine Strömung zu bewirken; es ist vielmehr von wesentlichem Nutzen das Präparat nach Willkühr und wiederholt in jede Stellung bringen und darin erhalten zu können. Zu diesem Zweck benetzte ich den Tisch meines kleinen Oberhäusers mit Wasser, was ein allzu leichtes Verschieben des Objectträgers unmöglich machte; das Deckgläschen wurde durch Platinstreifen in der nöthigen Entfernung von dem Objectträger gehalten. Indem ich nun die Schraube zur Bewegung des Tisches mit der Spitze des dritten und der Rückseite des vierten Fingers der rechten Hand anfasste, die beiden Zeigefinger unter den Tisch des Mikroskops, die Daumen so auf den Objectträger legte, dass die Spitze derselben das Deckgläschen berührte, konnte ich unverwandten Blicks für richtige Einstellung sorgen und durch Verschieben des Deckgläschens das Präparat nach Wunsch drehen.

geneigter Wände in die Länge. Die Drehung ist constant Linksdrehung. Ohne Zweifel kommt dasselbe Spitzenwachsthum auch den unter der Erde kriechenden Aesten zu, da diese in den übrigen Verhältnissen jenen so ähnlich sind, vielleicht auch den aufrechten fruchtbaren, wenigstens im Anfang; doch fehlen mir darüber noch Beobachtungen. *Equisetum sylvaticum* zeigt das gleiche Längenwachsthum. Die Drehung ist mir unbekannt. Die Scheitelzelle hat bei beiden Arten die nämliche Gestalt; sie besitzt vier Flächen, eine gekrümmte dreiseitige Scheitelfläche, und drei ebene, nach unten convergirende, dreieckige Seitenflächen, jede von zwei geraden und einer gebogenen aussen zu Tage tretenden Linie eingefasst. Fig. 1 Taf. XXXIII. zeigt eine Terminalknospe mit zwei je viergliedrigen Blattquirlen von oben. s. die kegelförmige Stammspitze. v. Scheitelzelle *). Ebenfalls von oben sieht man die Scheitelzelle in Fig. 2 und 16. Taf. XXXIII. — Schief von oben in Fig. 26. — Von der Seite in Fig. 3 — 8; Fig. 10 — 12; Fig. 14 — 15; Fig. 19 — 20; Fig. 23, 25; Fig. 29 — 31. — Im Längsschnitt (durch tiefe Einstellung des Mikroskopes **) in Fig. 21.

Die Scheitelzelle zerfällt durch jene schiefen Wände, die wir von nun an Hauptwände nennen wollen, in eine neue gleichgeformte Scheitelzelle und in eine fünfseitige Gliederzelle, welche von je zwei unter sich parallelen, von innen und unten schief nach aussen und oben verlaufenden Hauptwänden, zwei gleichfalls ebenen, vierseitigen, unter einander nach oben divergirenden Seitenflächen und einer vierseitigen, ein Stück der Oberfläche der conischen Stammspitze bildenden Aussenfläche eingeschlossen wird. Eine solche Gliederzelle ist in Fig. 4 Taf. XXXIV. schematisch dargestellt. ABC und DEF Hauptwände. ADCF und BECF Seitenwände. ADBE Aussenwand ***). Die Gliederzellen theilen sich zuerst constant durch eine den Hauptwänden parallele Wand abc Fig. 4 Taf. XXXIV. in zwei gleiche über einander liegende Hälften. Diese Wand ist auf Taf. XXXIII. überall mit 1 bezeichnet. Vergleiche vorzüglich Zelle VI. Fig. 3, 4, 8 (verschiedene Seiten-Ansichten einer Stammspitze) und Fig. 9 (schematischer Grundriss des nämlichen Präparates). — Ferner Zelle I. und II. Fig. 10—12 (eine andere Stammspitze in verschiedenen Stellungen, von aussen) und Fig. 13. (dieselbe im schematischen Grundriss). — Ferner Zelle III., Fig. 14 und 17. (ähnliche Darstellungen einer andern Terminalknospe). — Ferner Zelle I., Fig. 18 (schematischer Grundriss einer Stammspitze). — Dann Zelle IV. Fig. 19 und 20 (Seiten-Ansichten einer Stammspitze). Fig. 22, (Grundriss derselben. Beide Tochterzellen haben sich durch später zu besprechende Wände 2,2 von neuem getheilt); Fig. 21 Längsschnitt, erhalten durch tiefe Einstellung des Mikroskopes auf die Mitte der Zelle IV., deren verticale Mediane genau seitwärts blickt). — Endlich Zelle III. Fig. 23, 25 (zwei Seiten-Ansichten eine andern Stammspitze), Fig. 24, (Längsschnitt durch tiefe Einstellung des Mikroskopes, wie oben) Fig. 27 (Das gleiche Präparat im Grundriss schematisch dargestellt. Die

*) Derselbe Buchstabe dient auch in allen übrigen Fig. zur Bezeichnung der Scheitelzelle.

***) Auf wirklichen Längsschnitten war die Scheitelzelle immer so stark verletzt, dass man dieselbe nicht deutlich unterscheiden konnte.

***) Die successiven Gliederzellen sind auf den übrigen Fig. Taf. XXXIII. von unten nach oben mit römischen Zahlen, die Hauptwände in gleicher Weise nach der Zeit ihrer Entstehung mit den Buchstaben abcd ... bezeichnet. Zahlen und Buchstaben correspondiren auf den zusammengehörigen Figuren. (Vergleiche Erklärung der Taf.)

obere der beiden Tochterzellen der Zelle III. hat sich bereits durch eine neue Wand 2 getheilt). Fig. 26. (Die Stammspitze schief von oben und aussen). — Es ist nicht leicht sich davon zu überzeugen, dass die erste Wand, wodurch sich jede Gliederzelle zuerst theilt, bis nach innen gerade ist. Es wäre denkbar, dass sich dieselbe innen auf- oder abwärts krümmt um sich an eine der Hauptwände anzulehnen und dass dann in der grössern Zelle eine verticale tangente Wand folgt, welche die Entstehung einer Innenzelle von der ganzen Höhe der urprünglichen Gliederzelle und einer halb so langen peripherischen Zelle veranlasst. Ich habe schon angeführt, dass die erste Wand in der Gliederzelle auf Längsschnitten (durch tiefe Einstellung) gerade erscheint. Auf wirklichen Längsschnitten sind die obersten Zellen der Stammspitze immer so stark verändert, dass es unmöglich ist auf diese Weise zu einem Resultate zu kommen; deshalb darf auch auf die beträchtliche Höhe der Zelle α Fig. 3 Taf. XXXIV. kein grosses Gewicht gelegt werden. Weiter unten vom Scheitel sind auch auf wirklichen Längsschnitten die Zellen der Mitte stets zu kurz um die Annahme eines bogenförmigen Verlaufs der ersten Wand in der Gliederzelle zu rechtfertigen. Man mag die Zellen α, β Fig. 1. Taf. XXXIV, zu einem Gliede und $\gamma, \delta, \epsilon, \zeta$ zum nächst untern, rechts η, θ und $\iota, \kappa, \lambda, \mu$, oder man mag links $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, rechts $\eta, \theta, \iota, \kappa$, und — λ, μ, ν , zusammenrechnen, die Zellen in der Mitte sind immer höchstens von der halben Länge der Glieder. Die Zellen γ, δ allein sind in dieser Entfernung vom Scheitel zu wenig für ein Glied. (Vergl. die verschiedenen Seiten-Ansichten von Stammspitzen auf Taf. XXXIII., wo häufig schon in geringerer Entfernung vom Scheitel 3 — 4 Zellen der Länge nach auf ein Glied kommen). In Fig. 2. Taf. XXXIV. könnte es eher zweifelhaft erscheinen, ob Zelle α und β allein oder α, β, γ , vielleicht auch noch ζ zu einem Gliede gehören. Im ersten Falle würde die Wand δ, δ gegen den ausschliesslich geraden Verlauf der ersten Wand in der Gliederzelle sprechen, im zweiten Falle wäre ϵ, ϵ die erste Wand und gerade. Jedenfalls geht aus der Richtung von δ, δ hervor; dass, wenn auch nicht schon im Anfang, doch später die Zahl der übereinander liegenden Zellen durch gebogene Wände vermehrt werden kann. Das letztere geht auch aus Fig. 21. Taf. XXXIII. δ, δ hervor, nur mit geringerer Sicherheit, da die verticale Mediane der Zelle III. nicht genau seitwärtsgekehrt ist*). Gegen den bogenförmigen Verlauf der Wand 1 der Gliederzelle spricht endlich noch der wichtige Umstand, dass auf Querschnitten die Zellen der Mitte nie eine dreieckige Gestalt haben, was doch der Fall sein müsste, würde sich jene Wand innen an die obere oder untere Hauptwand ansetzen. Querschnitte durch die Terminalknospe in nicht zu grosser Entfernung vom Scheitel lassen immer drei fächerförmige Gewebspartien unterscheiden, welche dreien successiven Gliedern angehören; aber nie ist die innere Ecke derselben durch eine tangente Linie**) (Siehe Fig. 28, 33 — 35) abgeschnitten. Ich darf also nochmals wiederholen dass die erste Wand in der Gliederzelle durchweg eine ebene Fläche darstellt.

*) Es wurde weiter oben erwähnt, dass die Mediane der Zelle IV. Fig. 21. Taf. XXXIII. genau seitwärts blicke.

**) Hervorgebracht durch den inwendig auf- oder abwärts gekrümmten Theil einer im übrigen den Hauptwänden parallelen Wand.

Die beiden Hälften der Gliederzelle theilen sich ohne Ausnahme durch eine verticale Wand, welche sich innen an der einen Seitenfläche der Gliederzelle ansetzt und in einem sanften Bogen bis zur Aussenfläche erstreckt, diese in der Richtung der Breite ungefähr halbirend. Fig. 4 Taf. XXXIV. d, e, f, g. Es entstehen hierbei eine etwas kleinere, keilförmige Zelle d, e, f, g, b, E und eine grössere von oben viereckige d, e, f, g, D, F, a, c*). Hierzu Taf. XXXIII. Flächen-Ansichten: Fig. 22, Zelle IV. — Fig. 27, Zelle I, II. und III., wo sich erst die obere Hälfte der ursprünglichen Gliederzelle durch die Wand 2 getheilt hat (Vergl. Fig. 26). — Fig. 32, Zelle IV. — Fig. 3, 7, 9 Zelle III. und V., wo noch weitere Wände aufgetreten sind. — Querschnitts-Ansichten: Fig. 28, 33—35. — Diese Wände haben, wie man auf Querschnitten sieht, in den successiven Gliederzellen bald eine correspondirende Lage. Fig. 33 α' α'' α''' , bald sind sie nach verschiedenen Seiten gekrümmt. Fig. 28 α' , α'' ; α''' . — Fig. 34 α'' , α''' ; α' . — Fig. 35 α' , α''' ; α'' . Ob diese Wände in der obern und untern Hälfte ein und desselben Gliedes im gleichen Sinne gekrümmt sind oder nicht, weiss ich nicht.

Wir haben jetzt an der Stelle einer ursprünglichen Gliederzelle vier Zellen, je zwei neben- und übereinander. Dieselben theilen sich in unbestimmter Aufeinanderfolge bald durch den Hauptwänden völlig parallele, aussen als horizontale Linien erscheinende Wände in übereinander liegende Zellen, bald durch verticale, im ganzen radiale Wände, wodurch die Zellen des Umfangs vermehrt werden, bald durch verticale tangente Wände in centrale und peripherische Zellen. Bisweilen mögen auch die den Hauptwänden parallelen inwendig aufwärts gekrümmt sein und in Verbindung mit verticalen tangentialen Wänden Innenzellen und übereinanderliegende Aussenzellen bilden helfen. In dem Fig. 9 Taf. XXXIII. gezeichneten Falle traten in allen Vierteln des Gliedes IV. Wände auf, welche die Scheiteloberfläche parallel den Hauptwänden b, e schneiden; in dem Gliede III. hat sich nur das Viertel links oben, in dem Gliede V. nur das Viertel links unten durch eine solche Wand getheilt. — In dem ersten Gliede der Fig. 22 sind in allen Vierteln zuerst verticale radiale Wände aufgetreten, so dass in der obern und untern Hälfte von aussen zunächst vier nebeneinander liegende Zellen sichtbar wurden; diejenigen beiden senkrecht übereinander stehenden Zellen davon, welche links von der verticalen Medianwand 2,2 lagen, haben sich darauf durch den Hauptwänden parallele Wände getheilt; hier zeigt daher das Glied in der Richtung der Länge vier Zellen. In dem dritten Gliede der Fig. 22 hat sich das untere Viertel links durch eine horizontale, das obere rechts durch eine verticale Wand getheilt; das obere Viertel links ist noch ungetheilt, das untere rechts in vier Zellen zerfallen. Ob im zuletzt erwähnten Viertel die horizontale oder verticale Wand die erste war, lässt sich nicht entscheiden**).

*) Diese Wand ist wie die folgenden in der schematischen Fig. 4 Taf. XXXIV. nur in der untern Hälfte der primären Gliederzelle gezeichnet worden, auf Taf. XXXIII. auf den Seiten-Ansichten stets mit 2, auf den Querschnitts-Ansichten dagegen mit α bezeichnet und zwar je nach dem Rang des Gliedes mit α' , α'' , α''' .

***) In der Zelle II. Fig. 22 sind die gezeichneten Wände zwar zuverlässig, aber ohne Zweifel waren noch mehr verticale Wände vorhanden. — Dasselbe gilt von Zelle I. und II. Fig. 17, wo sicher mindestens

Auf dem Querschnitt haben die verticalen Wände, wodurch sich je zwei neben einander liegende Viertel eines Gliedes theilen, folgende Lage:

Das grössere Viertel, also d, e, f, g, D, F, a, c , Fig. 4 Taf. XXXIV., theilt sich zuerst und zwar gewöhnlich durch eine verticale tangente Wand m, n, o, p in eine Innenzelle m, n, o, p, F, e, c, g und eine Aussenzelle a, f, D, d, m, n, o, p , welche letztere ihrerseits wieder, nach vorhergegangener Theilung der Zelle d, e, f, g, E, b , (siehe unten), durch eine gerade, verticale, genau radiale Wand q, r, s, t , in zwei gleich grosse, neben einander liegende peripherische Zellen a, D, o, m, q, r, s, t und q, r, s, t, d, n, f, p zerfällt*). Vergleiche Taf. XXXIII. Fig. 28, β', β'' (β'' unsichtbar, wahrscheinlich in Folge einer Verletzung). — Fig. 33 β', δ' . — Fig. 34 $\beta', \delta'; \beta'' \delta''; \beta'''$. — Fig. 35 $\beta', \delta'; \beta''', \delta'''$. In einem einzigen mir bekannt gewordenen Falle theilte sich diese Zelle durch eine der Wand d, e, f, g , Fig. 4 Taf. XXXIV. ähnliche, nur entgegengesetzt gekrümmte Wand, wodurch die dem benachbarten Gliede genährte äussere Seitenkante abgeschnitten wurde. Fig. 35 β'' , Taf. XXXIII. Durch nachherige Bildung der Wand δ'' glich sich die Unregelmässigkeit wieder aus.

Die kleinere keilförmige Zelle d, e, f, g, E, b , Fig. 4 Taf. XXXIV. verhält sich genau umgekehrt im Vergleich mit ihrer Schwesterzelle. Sie theilt sich in der Regel durch eine der Wand d, e, f, g ähnliche aber entgegengesetzt gebogene Wand h, i, k, l in zwei peripherische Zellen, von denen die eine h, i, k, l, d, f die Gestalt der Mutterzelle hat, die andere etwas grössere aber h, i, k, l, e, E, g, b , wie die Zelle d, e, f, g, D, F, a, c , im Querschnitt viereckig ist, sich auch wie diese durch eine verticale tangente Wand u, v, w, x in eine innere Zelle h, e, k, g, u, v, w, x und eine äussere u, v, w, x, i, E, l, b theilt**). Vergleiche Taf. XXXIII. Fig. 33 γ' . — Fig. 34 $\gamma'', \epsilon''; \gamma'''$. — Fig. 35 $\gamma', \epsilon'; \gamma''; \gamma'''$. — In einem Falle theilte sich auch die keilförmige Zelle d, e, f, g, E, b (siehe oben) zuerst durch eine verticale tangente Scheidewand in eine Innen- und eine Aussenzelle, darauf die letztere durch eine gerade verticale und radiale Wand in zwei peripherische Zellen. Fig. 34 Taf. XXXIII. γ', ϵ' .

eine verticale Wand in der Mitte gebildet sein musste; da ich aber von dieser Stammspitze nur die drei Aufnahmen Fig. 14 — 16 besitze, so konnte später in die schematische Zeichnung nicht mehr eingetragen werden. — Die in Fig. 19 und 20 abgebildete Terminalknospe ist in alle möglichen Stellungen gebracht und der schematische Grundriss derselben zu gleicher Zeit entworfen worden, die Fig. 22 stützt sich mithin nicht bloss auf die zwei Figuren 19 und 20, sondern auf vollständige Beobachtungen. Leider war das Glied II. nicht hinreichend deutlich. — Die Fig. 32 wurde ebenfalls während der Drehung der Spitze (Fig. 29 — 31) entworfen.

*) Die Wand m, n, o, p ist auf den Figuren 28, 33 — 35 Taf. XXXIII. mit $\beta', \beta'', \beta'''$, die Wand q, r, s, t eben daselbst mit $\delta', \delta'', \delta'''$ bezeichnet. Nur β'' und δ'' Fig. 35 haben eine andere Bedeutung, die im Text sogleich erwähnt werden soll.

***) Mit Ausnahme von γ' und ϵ' bezeichnen $\gamma', \gamma'' \gamma'''$ und $\epsilon' \epsilon'' \epsilon'''$ auf den Fig. 28 und 33 — 35 Taf. XXXIII., die Wand h, i, k, l und u, v, w, x Fig. 4 Taf. XXXIV.

Möglicherweise gehören einzelne der Wände β' , β'''' Fig. 28 — δ' Fig. 33. — β' , β'' , β'''' , γ' , ϵ'' Fig. 34. — β' , β'''' , δ'' , ϵ' Fig. 35 den Hauptwänden parallelen aber innen aufwärts gekrümmten Wänden an. Vergl. Taf. XXXIII. Fig. 21 Zelle III γ , γ (siehe oben pg. 23) und Fig. 1 und 2 Taf. XXXIV. Für das Endresultat hat dies freilich so wenig Bedeutung als die vor Kurzem besprochene abweichende Theilung in der Zelle I. Fig. 34 oder Zelle II. Fig. 35. Taf. XXXIII.

Die Innenzellen erster Generation sind keine Dauerzellen, denn sie können sich noch theilen. In Fig. 33 Taf. XXXIII. ist erst eine einzige vorhanden, in Fig. 28 sind zwei sichtbar, in Fig. 35 vier, ebenso in Fig. 34. Hier ist aber im zweiten Gliede noch eine Innenzelle höhern Grades durch die Wand ϵ gebildet worden. Dieselben vier primären Innenzellen, die uns in Fig. 35 noch ungetheilt entgegen traten, erkennen wir auch auf Fig. 36; drei derselben haben sich aber getheilt und zwar die erste in die Zellen α , α , die zweite in die Zellen β , β , β , die dritte in die Zellen δ , δ .

Die Gewebebildung im Stengel von Equisetum weiter zu verfolgen ist mir bis jetzt nicht gelungen. Ich bitte die Mangelhaftigkeit der Arbeit mit der Schwierigkeit des Gegenstandes entschuldigen zu wollen.

II. Gefässbündel.

Der Gefässbündelverlauf im Stengel und den Blättern von Equisetum ist durch die Untersuchungen der Herrn Prof. Nägeli und Hofmeister schon lange bekannt, meine Untersuchungen haben zu demselben Resultate geführt. Hinsichtlich der Zeit der Entstehung derselben und ihrer Theile dürften folgende Angaben Neues enthalten.

Die Gefässbündel werden sehr frühe angelegt, schon im dritten Internodium von oben fand ich einmal deutliche Gefässzellen. Derjenige Theil des Bündels welcher im Internodium liegt entsteht immer zuerst, die Verlängerung aufwärts in die Blätter, sowie die gabelförmigen Aeste, wodurch jedes Bündel später mit den zwei nächstliegenden des untern Internodiums verbunden erscheint, treten zuletzt auf. Bald bildet sich die ins Blatt ausbiegende Verlängerung vor der gabelförmigen Verbindung unten, bald wird diese vor jener angelegt. Fig. 5 Taf. XXXIV. vereinigt beide Fälle, sie stellt einen Seitenzweig mit viergliedrigen Quirlen dar, dessen Gefässbündelkreis durch einen Längsschnitt bloss gelegt und durch Kochen des Präparates in Kali deutlicher gemacht wurde. In dem untersten Internodium sind alle vier Gefässbündel sichtbar, zwei derselben sind zugekehrt o' , die andern abgekehrt u' ; im zweiten Internodium sind drei sichtbar, von denen das mittlere ein gleiches auf der untern Seite verdeckt. Eine der dunkeln Gabeln ist zugekehrt, zwei andere am Grund der seitlichen Bündel s^2 , s^2 sind nur von der Seite zu sehen. Im dritten Internodium haben die Gefässbündel wieder die Stellung wie im ersten, aber zwei Bündel sind verdeckt. Im vierten endlich ist die Anlage derselben noch nicht beendigt, der internodiale Theil ist überall vorhanden, die beiden seitlichen Bündel haben sich erst nach oben, das mittlere vordere erst nach unten einseitig verlängert.

Während die im Internodium, sowie in den Blättern übereinanderstehenden Ring- und (selten) Spiral-Faserzellen zu continuirlichen Ring- und Spiral-Gefässen verschmelzen, werden die Quer-

wände der Netzfaserzellen, welche die Gabeln im Knoten des Stengels bilden, nicht resorbirt. Kocht man ein Präparat nicht zu lange in Salpetersäure, worin chlorsaures Kali gelöst ist, wäscht dasselbe aus, setzt Kali zu und zerdrückt dasselbe vorsichtig, so trennen sich jene Zellen von einander. Fig. 6 stellt zwei solche Zellen, Fig 7 das untere, 8 das obere Ende von zwei andern dar; die hellen Räume entsprechen verdünnten Stellen der Membran.

Beobachtungen an Erineum

im trockenen und feuchten Zustande

und

Versuch einer Erklärung der Spiralrichtung

im

Pflanzenreich.

Taf. XXXIV. Fig. 9 — 20.

Im vorigen Sommer legte mir Herr Prof. Nägeli die Frage zur Beantwortung vor: „was für Veränderungen müssen in der pflanzlichen Spiralfaser vorgehen, damit sich dieselbe auf- und abrollt“? Ich hatte mir bereits eine Ansicht darüber gebildet, dieselbe auch Herrn Prof. Nägeli zu seiner Befriedigung geäußert, als mir mein Freund Thiry einen interessanten Vorgang beschrieb, den er an einem Erineum beobachtet hatte. Thiry sah nämlich viele der hackenförmig gekrümmten Zellen in ein mehr oder weniger breites, spiralförmig gewundenes Band gespalten. Auf meinen Wunsch theilte er mir sogleich einige der Blätter von *Corylus Avellana*, auf deren Oberseite die Zellwucherung vorkam mit, um das Verhalten der Spiralen zu Wasser studiren zu können.

Die Zellen sind einfach, ungliedert, viel länger als breit, im trockenen Zustand bald ganz und dann in der Regel bandförmig zusammengedrückt, gerade oder am obern Ende umgebogen, bisweilen nach Art einer Uhrfeder aufgerollt oder auch spiralförmig gewunden Fig. 11 und 12 A; bald sind sie in eine ziemlich breite Spiralfaser gespalten. Fig. 9 A. Fig. 10 A. Die Drehung ist hier wie dort Linksdrehung. Die Spitze der Zelle ist häufig mit einer das Licht stark brechenden Substanz ausgefüllt und bleibt immer ganz. Die Zellmembran besitzt breitliche, auf links gewundenen Spiralen stehende Poren, welche ohne Zweifel die Spaltung der Zellen begünstigen. Es geht dies aus dem nicht selten ungleichförmigen Rand der Spiralen hervor.

Absoluter Alkohol, concentrirte Zuckerlösung, Glycerin üben keinen Einfluss auf die lufttrockenen Zellen und Bänder aus. Anders verhalten sich Wasser, Schwefelsäure, Salpetersäure, Kali. Die letztern Flüssigkeiten wirken ohne Ausnahme im nämlichen Sinn, auch scheint die Grösse der sogleich

zu beschreibenden Veränderungen bei allen ungefähr gleich zu sein, ich stellte daher nur mit Wasser genaue Versuche an.

Die Zellen und Spiralbänder wurden zuerst in absolutem Alkohol liegend betrachtet und gemessen, dann mit Wasser ausgewaschen *) und von neuem gemessen. Dabei wurde darauf geachtet, dass der freien Formveränderung kein Hinderniss im Wege stand **). Die Spiralen, auf welche sich folgende Angaben beziehen, waren im Querschnitt rund d. h. nicht zusammengedrückt.

	Zahl der Umläufe des Spiralbandes.	Höhe der sämtlichen Windungen.	Weite der Windungen.	Mittlere Breite des Bandes.
1. { in Alkohol in Wasser	12 11,5	280 Mikromillim. 195 „	13,6 — 20,4 • 17,1 — 20,4	8,3 8,3
2. { in Alkohol in Wasser	9,5 9,5	273,6 188,1		
3. { in Alkohol in Wasser	4, $\frac{3}{4}$ 4, $\frac{3}{4}$	177,8 136,8	15,4 — 17,1 17,1 — 18,5	22,8 22,8
4. { in Alkohol in Wasser	7 7	342 177,8	13,6 — 17,1 18,8 — 22,1	15,4 15,4
5. { in Alkohol in Wasser	18 16	444 256,5	10,2 15,0	10,2 10,2
6. { in Alkohol in Wasser	3 3	102 71	15 17	15 Fig. 9 A. Fig. 9 B.
7. { in Alkohol in Wasser	2 2	78 47,8	10 17	Fig. 10 A. Fig. 10 B.

*) Eine anhaltend gleichgerichtete Strömung lässt sich in der Flüssigkeit auf dem Objectträger leicht dadurch bewirken, dass man denselben von der einen Seite einen Streifen Druckpapier nähert, und von der andern stets neue Mengen Flüssigkeit zuführt.

***) Um zu verhindern dass Präparate durch das Gewicht der Deckgläschen leiden, bediene ich mich kleiner Platinstreifen von verschiedener Dicke. Papierstreifen thun den Dienst wohl auch; aber nicht selten

Es ergibt sich aus obigen Zahlen, dass die Schraubenwindungen der pflanzlichen Spiralfaser durch den Einfluss von Wasser (für NO₅, SO₃, KO gilt also dasselbe) niedriger und zugleich weiter werden. Bei Wasser ist die Herabdrückung gewöhnlich sehr bedeutend und beträgt 30 — 48%; sie ist dennoch nie so gross, dass sich die Ränder der Spirale wieder vollständig berühren. Die Erweiterung kann noch beträchtlicher, aber auch geringer sein; sie schwankt zwischen 0 oder unmerklich und 70 %.

Wir haben nämlich :

	Herabdrückung.	Erweiterung der Spirale.
1.	30 %	0 — 25 %
2.	31	?
3.	33	8 — 11
4.	48	30 — 37
5.	48	47
6.	30	13
7.	38	70

Die Zahl der Umläufe kann sich vermindern, meistens bleibt sie unverändert. Es hängt dies natürlich von dem gegenseitigen Verhältniss der Erniedrigung und Erweiterung der Schraubengänge ab. Das erste Moment vermehrt die Zahl derselben, das zweite vermindert sie.

Die Länge der Spirale nimmt constant etwas zu. Nach den Formeln $L' = \sqrt{(h^2 + u^2)}$ und $L'' = \sqrt{(h'^2 + u'^2)}$, wo h die Höhe, u den Umfang der Spirale bezeichnet, lässt sich die Länge derselben im trockenen und feuchten Zustande ausmitteln. Die Differenzen auf Procente berechnet gaben für die Verlängerung des Bandes in einigen der schon oben erwähnten Fälle folgende Werthe :

1. 5,097 %	6. 0,528 %
3. 1,256	7. 2,369
4. 1,975	

Die Verlängerung beträgt mithin 0,5 — 5,0 %.

Natürlich wirkt die Verlängerung der Faser hinsichtlich der Zahl der Windungen im Sinne der Erniedrigung. Ohne Zweifel vergrößert sich auch die Breite der Faser; doch lässt sich dies nicht direct nachweisen. Man darf sich dabei nicht täuschen lassen. Die Spiralen sind nicht überall gleich breit; drehen sie sich nun bei der Einwirkung von Wasser nur wenig, so kann man leicht zu der irrigen Meinung kommen, ihre Breite habe sich verändert.

Was von den in ein Spiralband gespaltenen Zellen gilt, kann in der Hauptsache auch von unverletzten, schraubenförmig gedrehten Zellen gesagt werden. Fig. 11 A stellt eine solche Zelle in Alkohol liegend dar. Sie ist etwas zusammengefallen und besitzt $2\frac{1}{2}$ Windungen. Fig. 11 B zeigt dieselbe Zelle nach der Einwirkung von Wasser. Es sind nur noch zwei volle Umläufe sichtbar und diese sind niedriger und weiter; der Querschnitt ist rund geworden, daher erscheint die Breite kleiner. Aehnlich verhält es sich mit Fig. 12. — A, in Alkohol, besitzt vier enge, hohe Windungen und ist

geschieht es, dass sich ein werthvolles Präparat in den vorstehenden Fasern fängt. Platin widersteht zugleich den chemischen Reagentien am besten. Das gewöhnliche Goldblech enthält zu viel Kupfer.

bandförmig. Zu gleicher Zeit bemerkt man, dass der obere Rand eine weitere Spirale beschreibt als der untere; das Ganze hat daher einige Aehnlichkeit mit in einander geschachtelten Trichtern. Fig. 12 B zeigt die gleiche Zelle in Wasser liegend. Die Zahl der erweiterten und etwas erniedrigten Windungen beträgt nur noch 2,5; die Zelle ist dagegen bandförmig geblieben, auch sind die Windungen des untern Randes noch enger als diejenigen des obern. Sehr schöne Schraubenwindungen bei völlig rundem Querschnitt besass die in Fig. 13 abgebildete, in Wasser liegende Zelle.

Die beschriebenen Veränderungen, welche lufttrockene oder in Alkohol liegende Zellen oder Fasern durch Wasser erleiden, erreichen fast momentan das Maximum.

Es fragt sich nun: „wie sind diese Erscheinungen zu erklären“? Dass dieselben durch die Aufnahme von Wasser bedingt werden, wird wohl Niemand in Zweifel ziehen; es kann sich also bloss darum handeln auf welche Weise sich die Einlagerung von Wasser (respective auch, NO_5 , SO_3 , KO oder selbst Cellulose etc.) realisirt. Zuckerlösung, Glycerin, Alkohol haben als wasserentziehende Flüssigkeiten die entgegengesetzte Wirkung des Wassers, wenn die Fasern vorher befeuchtet wurden.

Jede Zellmembran kann aus verschiedenen Schichten und jede Schicht aus Cellulosemoleculen zusammengesetzt gedacht werden. Fig. 14 A stelle ein kleines Stück einer Zellmembran von der Fläche gesehen dar. Die Moleculé, woraus dasselbe besteht, sind durch Kreise angegeben und befinden sich in gleichen Abständen von einander. Dieselben bilden verschiedene Reihen, welche durch die Buchstaben a b, p k; a c; a d; b c; b f begrenzt werden. Die Membran bestehe ferner aus drei parallelen Schichten, deren jede gleich viele und auf die nämliche Weise angeordnete Moleculé enthält, und es seien zwei senkrecht übereinander liegende Moleculé genau so weit von einander entfernt, wie zwei in der Richtung a b oder a c Fig. 14 A neben einander befindliche Fig. 14 B; alsdann wird die Membran, wofern endlich auch die Attractions- und Repulsionskräfte aller Moleculé gleich gross sind, eine ebene Fläche darstellen und in Wasser gelegt, allseitig in gleichem Masse aufquellen d. h. ihre Gestalt nicht verändern. Es lässt sich aber auch eine ebene Membran denken, die ausser Cellulose-Moleculen noch andere, wie Wasser- Protein-Moleculé etc. enthält; die Moleculé können eine mehr oder weniger unregelmässige Vertheilung besitzen, verschieden erwärmt und dem Einfluss differenter Medien ausgesetzt sein. Alle diese Momente können sich auf eine Weise combiniren, dass das Aufquellungsvermögen der Membran, wie im obigen Falle, in allen Richtungen dasselbe ist, oder sie können dasselbe je nach Umständen im einen oder im andern Sinne bald hemmen, bald befördern. Der Einfachheit wegen habe ich diese Verhältnisse auf den Fig. 14 — 16 nicht berücksichtigt; man glaube daher nicht, der Grund für die unten angenommenen verschiedenen Richtungen der ausschliesslichen oder vorwiegenden Wasser-Aufnahme sei in den Zeichnungen versinnbildlicht.

Gesetzt es werden bloss zwischen die übereinanderliegenden Moleculé der Membran (Fig. 14 A) Wassermoleculé eingeschoben, so wird sich dieselbe nur verdicken. Ausschliessliche Einlagerung zwischen die Moleculé jeder einzelnen Schicht in allen Richtungen hat ein allseitiges Flächenwachsthum zur Folge. Beschränkt sich die Einlagerung in den einzelnen Schichten auf die Richtung a b, p k,

g h, so nimmt bloss die Länge zu, während Einlagerung zwischen die Molecüle a c, n l, e f, ausschliesslich die Breite der Membran vergrössert. Verhalten sich die Reihen ein und derselben Schicht unter sich gleich, aber in Beziehung auf die correspondirenden Reihen einer andern Schicht verschieden, z. B. in der Weise, dass die Wasser-Aufnahme von oben nach unten abnimmt oder umgekehrt, so krümmt sich die Membran.

Werden zwischen je zwei Molecüle der Reihe a b und der damit parallelen in der obersten Schicht 2, in der mittleren 1, in der untersten kein Wassermolecül eingeschoben, so biegt sich die Membran in der Richtung g h; die Linie e f kömmt höher zu stehen als die Seitenränder a c und b d. Es ist als ob wir zwischen jene Molecüle Keile hinein getrieben hätten. (Vergl. Fig. 14 B Querschnitt der Membran). Dieselbe Einlagerung in der Richtung c b Fig. 15 bewirkt eine Krümmung in der Richtung c b; die beiden Ecken c und b kommen tiefer zu liegen als die Diagonale a d. Wäre das Maximum der Wasser-Aufnahme auf der untern, das Minimum auf der obern Seite aufgetreten, so hätte die Membran natürlich die Concavität nach oben gekehrt. Ausser den bezeichneten Richtungen hätte sich die Einlagerung von Wasser noch in vielen andern kundgeben können. Wiederholt sich in einer Membran, die bereits nach Art von Fig. 14 A durch überwiegende Wasser-Aufnahme auf der obern Seite in der Richtung g h gekrümmt ist, dieselbe Einlagerung, so wird die Krümmung verstärkt, die Richtung des Krümmungsmaximums a b, c d, und Minimums a c, e f, b d, bleibt unverändert. Fig. 16 stelle eine solche zweischichtige Membran dar, die Kreise bezeichnen die Molecüle der obern, die Punkte innerhalb eines Theils derselben die Molecüle der untern Seite. Bildet aber die Richtung dieser zweiten Einlagerung mit der primären einen spitzen Winkel, so ist die Sache anders. Die Einlagerung habe die Richtung c b; alsdann vereinigt sich das Bestreben der Molecülreihen c b, sich stärker zu krümmen, mit dem Bestreben aller andern Reihen, ihre alte Krümmung beizubehalten, zu einer Resultirenden. Es tritt ein neues Krümmungs-Maximum auf, welches auf der einen Seite zwischen die Buchstaben b h, auf der andern zwischen g c zu liegen kömmt und z. B. die Molecüle i k treffen kann. Die Molecülreihen c b krümmen sich stärker, die Reihen a b, g h, c d weniger, die Molecüle a c, e f, b d, treten aus ihrer geraden Richtung heraus und stellen sich auf einen Bogen. Hätten sich die Wassermolecüle in der Richtung a d eingelagert, so wäre zwischen a g und d h ein neues Krümmungs-Maximum und zwischen e b und c f ein neues Krümmungs-Minimum entstanden. Dicselben Einlagerungen haben auf der untern Seite natürlich die entgegengesetzte Wirkung.

Nach diesen Betrachtungen ist es leicht sich eine Vorstellung von den Veränderungen im Innern einer pflanzlichen Spiralfaser, die ihre Gestalt durch Wasser-Aufnahme verändert, zu machen. Ich kann mir jede Spiralfaser aus Streifen zusammengesetzt denken, deren Seitenränder parallel mit der Achse der Schraube, die obern und untern Ränder aber Bruchtheile der Ränder der Spirale sind. Ein solcher Streifen a b c d Fig. 17 A zeigt ganz die gleichen Verhältnisse wie Fig. 14 A, nach Einlagerung in der Richtung g h. Die Theilchen e f, ebenso a c und b d, Fig. 17 A liegen auf einer geraden Linie; in allen andern Richtungen beschreiben die Molecüle der Faser Bögen. Das Maximum der Krümmung wird durch die Buchstaben g h, sowie a k und i d angegeben; schon geringer ist dieselbe zwischen i k und a d, noch geringer zwischen b c; u. s. w. Einlagerung von Molecülen auf

der Aussenfläche in der Richtung $g h$ bewirkt demnach Verstärkung der Krümmung des Streifens $a b c d$ und, wenn sie sich über die ganze Spiralfaser ausdehnt, Verengung ihrer Windungen. Ist die transversale Einlagerung auf der Innenseite am beträchtlichsten, so ist das Resultat natürlich Erweiterung der Windungen. Ebenso leuchtet ein, dass diese Erscheinungen von der Drehung der Spirale unabhängig sind. Nimmt hingegen die äussere Fläche einer Schraube in gesteigertem Maasse Wasser auf in einer Richtung, welche mit $g h$ Fig. 17 A einen spitzen Winkel macht und zwar so, dass die Einlagerungsrichtung zwischen die Buchstaben $g f$ und $e h$ fällt, d. h. um den Cylinder $C C$ gewickelt eine gleichläufige Spirale bildet, also z. B. in der Richtung $\varepsilon \zeta$ Fig. 17 B, so wird die Spirale niedergedrückt. Das alte Krümmungs-Maximum plattet sich ab, $\gamma \delta$ Fig. 17 B verwandelt sich in $\gamma' \delta'$ Fig. 18. Das Krümmungs-Minimum $\alpha \beta$ Fig. 17 B rückt nach $\alpha' \beta'$ Fig. 18 und zwischen beiden Richtungen bildet sich ein neues Maximum $\iota \kappa$ Fig. 18, sowie ein neues Minimum $\nu \xi$, das, wie früher, das Maximum unter einem Winkel von 90° schneidet. Der Tendenz der Molecüle $\varepsilon \zeta$ sich stärker zu krümmen, ist jetzt Genüge geleistet, vergleiche $\lambda \mu$ Fig. 18. — Schneidet die Einlagerungsrichtung die Linie $g h$ 17 A in der Weise, dass ihre Verlängerung, um den Cylinder gewickelt, eine rechtsgewundene Spirale erzeugt, so muss die Wirkung entgegengesetzt sein; die Höhe der Windungen wird vergrössert. Man vergleiche mit Fig. 17 B die Fig. 19. $\gamma^2 \delta^2$ gibt die veränderte Lage des primären Krümmungs-Maximums, $\alpha^2 \beta^2$ die des primären Krümmungs-Minimums an. $\rho \sigma$; $\nu \xi$; $\omicron \pi$ bezeichnen das neue Maximum und Minimum, sowie die schwächer gekrümmte Richtung der Molecülreihen $\varepsilon \zeta$ Fig. 17 B. Realisirt sich die schiefe Einlagerung auf der Innenfläche der Faser, so ist die Wirkung stets entgegengesetzt. Die Drehung der Spirale ist auch hier ohne Bedeutung. Fassen wir nun das Gesagte kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes:

1. Verengung der Schraubenwindungen wird bewirkt durch transversale Einlagerung aussen.
2. Erweiterung durch transversale Einlagerung innen.
3. Erniedrigung a durch schiefe homodrome Einlagerung aussen.
 " b " " antidrome " innen.
4. Erhöhung a " " homodrome " innen.
 " b " " antidrome " ausser.

Verengung und Erhöhung oder Erniedrigung, sowie Erweiterung und Erhöhung oder Erniedrigung zugleich erfordern die Combination entsprechender Einlagerungen. So müssen die Spiralbänder der Erineumzellen einmal auf der innern Seite in transversaler Richtung mehr Wasser aufnehmen, da die Windungen weiter werden, dann muss aber auch, damit sich die Steigung mässige, entweder aussen in schiefer homodromer oder innen in schiefer antidromer Richtung verstärkte Einlagerung statt finden. Wie es sich damit wirklich verhält, ob vielleicht gar beide Momente zur Erniedrigung der Windungen sich geltend machen, weiss ich nicht.

Kennt man die Wirkung der Einlagerung von Molecülen, so hat die Entfernung derselben keine Schwierigkeiten mehr. Die Wirkung muss stets die entgegengesetzte sein. Entzieht man der pflanzlichen Spiralfaser das Wasser, wodurch ihre Windungen niedriger und weiter geworden, durch Austrocknen oder durch Alkohol, concentrirte Zuckerlösung, Glycerin, so verengen und erhöhen sich die Umläufe.

In den bisher betrachteten Fällen war das Krümmungsbestreben aller die Richtung e f Fig 17 A senkrecht schneidender Molecülreihen gleich gross. Wächst aber dasselbe von oben nach unten, so nimmt die Spirale die Gestalt von Fig. 20 an. Kehrt man diese Fig. um, so hat man eine Spirale vor sich, wie sie durch von f nach e Fig. 17 A zunehmendes Krümmungsbestreben entsteht. Begreiflicher Weise darf im ersten Falle der Verkürzung des untern, im zweiten der Verkürzung des obern Randes des Spiralandes, welches in der Folge aus Spiralen von ganz verschiedener Weite, wenn auch gleicher Höhe zusammengesetzt wird, kein Hinderniss im Wege stehen.

Ich übergehe die zahlreichen Vorgänge, die ausser den angeführten diese Wirkung haben können, indem ich mich begnüge das Prinzip angegeben zu haben.

Nimmt das Krümmungsbestreben der Reihen a k, g h, i d Fig. 17 A von der Mitte l nach oben und unten (nach e und f) ab oder zu, so wird die Spirale rinnenförmig und von aussen betrachtet bald concav bald convex erscheinen. Auch hier darf man nicht vergessen, dass die Windungen der Spirale nicht überall die gleiche Weite besitzen. Im ersten Falle beschreiben die beiden Ränder die weitesten, im zweiten die engsten Windungen; die Mediane der Faser verhält sich entgegengesetzt u. s. w.

Die pflanzliche Spiralfaser kann sich auf doppelte Weise in ein gerades Band verwandeln, entweder dadurch dass die Weite der Windungen oder dadurch dass die Höhe derselben unendlich gross wird. Das erste geschieht durch begrenzte transversale Einlagerung auf der Innenfläche*), das zweite entweder durch so lange sich erneuernde schiefe homodrome Einlagerung innen oder schiefe antidrome Einlagerung aussen, bis die Richtung des Krümmungs-Minimums mit der Mediane der Faser zusammenfällt. Die Spiralfaser verwandelt sich in eine Ringfaser entweder durch so lange andauernde schiefe homodrome Einlagerung aussen oder schiefe antidrome Einlagerung innen bis die Höhe der Windungen unendlich klein wird.

Aus einem geraden Band entsteht eine Spirale durch ungleichseitige Einlagerung schief zur Längsrichtung desselben und zwar gibt Einlagerung auf der einen Fläche, vom linken Rand schief aufwärts zum rechten eine linksgewundene Spirale, während Einlagerung vom rechten Rande schief aufwärts zum linken eine rechtsgewundene Spirale erzeugt u. s. w. — Die Seitenwandung einer jeden cylindrischen Zelle kann aus geraden senkrechten Bändern zusammengesetzt gedacht werden. Wenn nun die äusserste Schicht aller dieser Bänder in ein und derselben Richtung, vom linken Rande schief aufwärts zum rechten, Wasser, Cellulose oder Kieselerde etc. aufnimmt, oder mit andern Worten, wenn die Seitenfläche der Zelle vorzugsweise aussen, in der Richtung linksgewundener unter sich paralleler Spiralen ernährt wird, so muss sich die Zellmembran links drehen. Antidrome Einlagerung erzeugt auch eine entgegengesetzte Drehung. So erklärt sich die Drehung der Internodialzelle bei den Charen sehr einfach. In diesem Falle kann man auch, wie ich es gethan habe, mit Sicherheit sagen auf welcher Seite die Einlagerung statt findet.

*) Gienge diese Einlagerung noch weiter, so würde sich die Spirale in eine andere von entgegengesetzter Drehung verwandeln.

Die Krümmungs-Erscheinungen ganzer Zellen, wie Erineum Fig. 11, 12 und 13 oder von Zellfäden z. B. Spirulina, endlich die Windungen der Schlingpflanzen lassen sich auf dieselben mechanischen Gesetze zurückführen. In allen diesen Fällen macht sich der Einfluss zweier ungleicher Seiten geltend, von denen die eine in schiefer Richtung zur Längsachse des gerade gedachten Organes stärker ernährt wird als die andere. Wovon die Richtung der Windungen, die grössere oder geringere Weite und Höhe derselben abhängen, woher es kommen kann, dass bisweilen die Weite der Windungen des obern Randes beträchtlicher als die des untern ist (Fig. 12 A B) und so fort, ist schon in dem Obigen enthalten.



Erklärung der Abbildungen*).

Taf. XXVII.

- Fig. 1. Querschnitt durch den Samen von *Plantago Psyllium*, in absolutem Alkohol liegend.
 Fig. 2. Aehnliches Präparat, in wässerigem Alkohol liegend.
 Fig. 3. Einige Epidermiszellen eines Samens von *Cydonia vulgaris* im Querschnitt, in verdünntem Alkohol etwas aufgequollen.
 Fig. 4. Eine solche Zelle, in stärkerem Weingeist liegend, von oben betrachtet.
 Fig. 5. Querschnitt durch einen Quittensamen; der herausgetretene, wie der in den Epidermiszellen zurückgebliebene Schleim ist durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt.
 Fig. 6 A. Querschnitt durch einen reifen Leinsamen**).
 Fig. 6 B. Zwei Epidermiszellen eines ähnlichen Schnittes stärker vergrößert; dieses und das vorige Präparat lag in verdünntem Alkohol.
 Fig. 7. Einige Epidermiszellen von Leinsamen, von aussen betrachtet.
 Fig. 8. Zellen der Schicht b (Fig. 6 A), von der Fläche dargestellt.
 Fig. 9. Einige Zellen der Schicht c (Fig. 6 A), quer durchschnitten. Der Schnitt geht durch den Samenrand.
 Fig. 10. Zellen der Schicht f (Fig. 6 A), von der Fläche gesehen.
 Fig. 11. Junges Ei von *Linum usitatissimum*, im Längsschnitt durch tiefe Einstellung des Mikroskopes dargestellt. (lag in Kali).
 Fig. 12. Aehnliches Präparat eines ältern Eies.
 Fig. 13. dto. vorgerückteres Stadium. ct. siehe pag. 3 (unten).

*) Nach der Natur und auf Stein gezeichnet von Carl Cramer.

***) Auf allen Fig. von *Linum* haben gleiche Buchstaben gleiche Bedeutung und zwar bezeichnen a, b, c, d, e, f die verschiedenen Schichten der Samenschale, von denen a, b aus der äussern (ext), c, d, e, f aus der innern (int) Eihülle hervorgehen. — nuc. Nucleus; cr. Crista; embs. Embryosack, emb. Embryo; end. Endosperm; g. Gefässbündel; ct. Cuticula.

Taf. XXVIII.

Linum usitatissimum.

- Fig. 1 Längsschnitt durch ein junges Ei, parallel der breiten Seitenfläche, in Kali. Die Blume war noch nicht geöffnet.

- Fig. 2. Aehnliches Präparat aus einer eben aufgeblühten Blume.
 Fig. 3. Stück eines Längsschnittes durch die Oberfläche eines jungen Eies. Siehe pag. 4 (in der Mitte).
 Fig. 4. Stück eines Querschnittes durch die Oberfläche eines Eies gleichen Alters. Siehe pag. 4 (in der Mitte).
 Fig. 5A. Längsschnitt durch ein befruchtetes Ei, senkrecht zur breiten Seitenfläche, in Wasser liegend.
 Fig. 5B. Ein Stück aus der Mitte des linken Randes des gleichen Präparates, bei stärkerer Vergrößerung. Siehe pag. 5 (oben).
 Fig. 6. Epidermiszellen eines Eies der nämlichen Entwicklungsstufe, von der Fläche gesehen.
 Fig. 7. Zellen der Schicht b. von der Fläche, aus dem nämlichen Ei wie Fig. 6 und:
 Fig. 8. Die beiden Zellschichten c und d (vergl. Fig. 5 B Taf. XXVIII.), von der Fläche dargestellt.
 Fig. 9. Querschnitt durch ein befruchtetes Ei, in der Gegend des Embryo.
 Fig. 10. Die beiden äussern Zellschichten c, d der innern Eihülle (vergl. Fig. 5B Taf. XXVIII.) zum Theil von einander getrennt und von der Fläche gesehen. Aus einem jungen Samen.
 Fig. 11. Die Zellschicht c (vergl. 6 A Taf. XXVII.) durch einen der Samenoberfläche parallel geführten Schnitt frei präparirt. Die Zellen sind porös, und erscheinen wegen der darunter liegenden Schicht d (vergl. Fig. 10 Taf. XXVIII.) quergestreift. Aus einem ausgewachsenen Samen.
 Fig. 12. Stück eines Längsschnittes durch einen reifen Samen Siehe pag. 2 (in der Mitte).
 Fig. 13. Querschnitt durch den Rafterand eines fast reifen Samens.

Lycopodium Selago.

Taf. XXIX *).

- Fig. 1. Punctum vegetationis von aussen betrachtet, in Kali.
 Fig. 2. Längsschnitt durch dasselbe, in Kali.
 Fig. 3. Querschnitt durch ein Stämmchen mit zehnzeiligen Blättern, etwas unterhalb der Terminalknospe.
 Fig. 4. Aehnliches Präparat; Blattquirle vielgliedrig.
 Fig. 5—8. Verschiedene Terminalknospen mit einem einzigen Punctum vegetationis, von oben betrachtet.
 Fig. 9—14. Mehrere junge Dichotomieen, von oben dargestellt.

Taf. XXX **).

- Fig. 1—15. Successive Querschnitte durch einen Endtrieb der Pflanze mit den in die Blätter ausgehenden Gefässbündeln. Sämmtliche Schnitte sind in ihrer natürlichen Lage angeordnet.
 Fig. 16. Aus obigen Aufnahmen abgeleitetes Schema für den Gefässbündelverlauf in diesem Falle. A, B, C, D die 4 sympodialen Bündel des Holzcylinders, welcher hier auf der einen Seite aufgeschnitten und in eine Ebene ausgebreitet gedacht wurde. Von dem Quirl VI an standen die Blätter desselben Quirles nicht mehr genau auf gleicher Höhe. Die respectiven Blatt-Insertionen sind durch doppelt punktirte Linien verbunden. Vergl. pag. 11 (Zeile 10 von unten).

*) Die Blätter sind nach der Zeit ihrer Entstehung nummerirt; das erste Blatt jedes Quirls ist mit einem * versehen. R R' Zweige der Dichotomie. r r junge Bulbillen. sp. Sporangien. Die Blätter der Zweige sind mit römischen, diejenigen der Mutterstrahlen mit arabischen Zahlen bezeichnet.

***) Die Gefässbündel sind auf ähnliche Weise markirt wie auf Taf. XXIX. die successiven Blätter.

Taf. XXXI*).

Fig. 1—7. Successive Querschnitte durch die verschmolzene Basis der Aeste einer Dichotomie.

Fig. 8 und 9. Querschnitte durch die beiden Aeste unmittelbar über der Trennungsstelle derselben.

Fig. 10 A. Schematische Darstellung des Gefässbündelverlaufs im Innern des Mutterstrahls, in eine Ebene ausgebreitet.

Fig. 10 B. Die Gefässbündel der obersten Quirle des Mutterstrahls, sowie diejenigen der Aeste R und R' in ein System von concentrischen Kreisen eingetragen. A, B, C, D, E Gefässbündel des Holzcyinders, von denen A durch wiederholte Theilung in die Bündel A'', a'', a'', a', zerfällt.

Fig. 11. Schematische Darstellung des Gefässbündelverlaufs im Innern eines andern Stämmchens. r stärkeres Gefässbündel für das Stützblatt einer Bulbille.

Fig. 12. Längsschnitt durch den Holzcyinder einer Stammspitze. p. v. Punctum vegetationis. Die Blätter bildeten viergliedrige Quirle. Sämmtliche Blätter oder Gefässbündel eines Quirles sind mit der gleichen römischen Zahl bezeichnet. Der Schnitt ist so geführt, dass je zwei einander opponirte Blätter des II., IV., VI., VIII. und X. Quirles halbirt erscheinen. Bis zum IV. Quirl sind die Gefässbündel vollständig angelegt, weiter oben sind erst in die Blätter ausgehende Cambiumstränge sichtbar.

Taf. XXXII.

Fig. 1 und 2. Querschnitte durch verschiedene Entwicklungsstufen des Holzcyinders. Siehe pag 16 (unten).

Fig. 3. 4. 5. Bulbille schief von oben, genau von oben und von unten betrachtet.

Fig. 6. Querschnitt durch eine Bulbille in der Gegend von $\alpha \beta$ (Fig. 4 und 5).

Fig. 7. Schematischer Grundriss einer Bulbille zur Erläuterung der Blattstellung.

Fig. 8. Stützblatt und die fünf untersten in der Mutterpflanze zurückbleibenden Blätter einer Bulbille.

Fig. 9. Keimende Bulbille.

Fig. 10. Terminalknospe einer Bulbille von oben.

Fig. 11. Ende einer keimenden Bulbille von der Seite.

Fig. 12. Schematische Darstellung des Gefässbündelverlaufs im Innern einer Bulbille (Siehe pag. 19).

Fig. 13 — 15. Schematischer Grundriss der successiven Verzweigungsebenen von drei verschiedenen Exemplaren der ausgebildeten Pflanze.

Fig. 16. Schematische Fig. um zu zeigen, in welcher Richtung die successiven Querschnitte 1 -- 9 Taf. XXXI. geführt wurden.

Equisetum arvense.

Taf. XXXIII.

Fig. 1. Terminalknospe von oben. v. bedeutet hier wie auf den folgenden Fig. die Scheitelzelle.

Fig. 2. Grundriss der Scheitelzelle der Fig. 3 — 8 in verschiedenen Stellungen von der Seite abgebildeten Stammspitze. Die successiven Hauptwände sind auf den Fig. 3 — 8 mit a b c . . . die Gliederzellen mit I, II, III bezeichnet.

*) Die Buchstaben R, R', r haben eine analoge Bedeutung wie auf Taf. XXIX. Im übrigen vergl. die Anmerkung zu Taf. XXX.

- Fig. 9. Schematischer Grundriss der Stammspitze. Die Buchstaben A — F auf den Fig. 2 — 9 correspondiren mit einander, und geben die Richtung an in welcher das Präparat gezeichnet wurde.
- Fig. 10 — 13. Eine andere Stammspitze.
- Fig. 14 — 17. Dito.
- Fig. 18. Dito Schematischer Grundriss.
- Fig. 19 — 22. Aehnliches Präparat. Fig. 21. Längsschnitt desselben durch tiefe Einstellung erhalten.
- Fig. 23 — 27. Dito. Fig. 24. Längsschnitt von Fig. 23 durch tiefe Einstellung. Fig. 28. Das Präparat von unten betrachtet, aber absichtlich umgekehrt gezeichnet.
- Fig. 29 — 32. Wieder eine andere Stammspitze.
- Fig. 33. Ein Querschnitt, wenig unterhalb der Scheitelzelle.
- Fig. 34. Ein tiefer unten geführter Schnitt.
- Fig. 35. Aehnlicher Querschnitt (stärker vergrößert).
- Fig. 36. Querschnitt durch eine noch etwas ältere Stengelpartie.

Taf. XXXIV.

- Fig. 1 — 3. Längsschnitte durch die Terminalknospe.
- Fig. 4. Eine Gliederzelle mit ihren ersten Theilungen, schematisch ausgeführt.
- Fig. 5. Längsschnitt durch einen schwächtigen Seitenzweig. tk. Terminalknospe.
- Fig. 6 — 8. Netzförmig verdickte Zellen aus dem Stengelknoten.

Erineum.

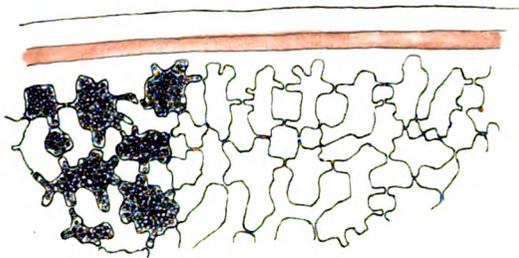
- Fig. 9. A. Spirale in absolutem Alkohol. B. in Wasser.
- Fig. 10. AB. Aehnliche Aufnahmen.
- Fig. 11. A. Spiralförmig gewundene Zelle in absolutem Alkohol liegend. B. in Wasser.
- Fig. 12. AB. Aehnliche Präparate.
- Fig. 13. Spiralförmig gewundene Zelle in Wasser liegend.
- Fig. 14 — 20. Siehe pag. 31 etc.



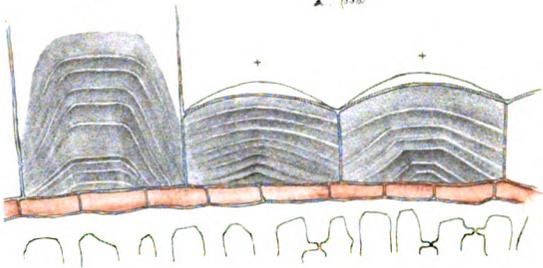
Sinnentstellende Druckfehler.

- pag. 2. Zeile 8 von unten statt: zeigte. Fig. 6 A. lies: zeigte. e Fig. 6 A.
" 5. " 7 von oben " und später auch die lies: und später auch der.
" 5. " 18 " " " kaum lies: braun.
" 15. " 4 " unten " 25 (2) lies: 26 (2).
" 23. " 9 " " " δ , δ . lies: γ , γ .
Auf Taf. XXXI. setze: 10 A. an die Stelle von 10 B.
" XXXI. " 10 B. " " " " 10 A.

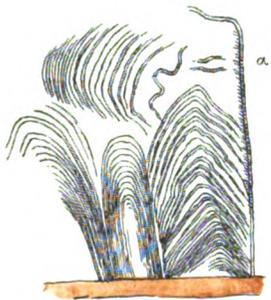
1. (350)



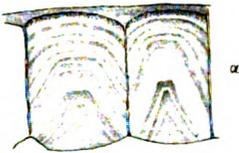
2. (150)



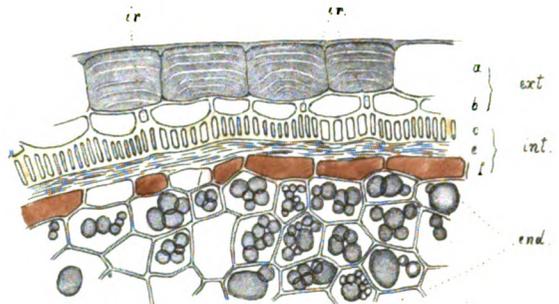
3. (350)



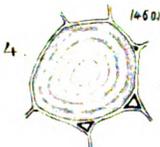
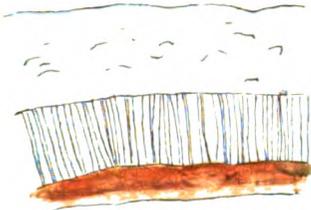
6. B. (400)



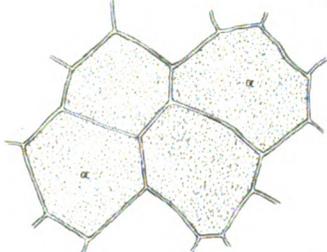
6. A. (350)



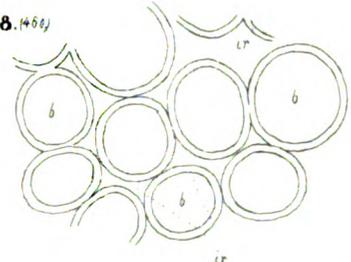
5. (100)



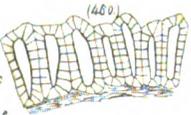
7. (400)



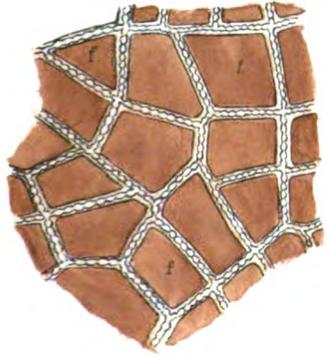
8. (400)



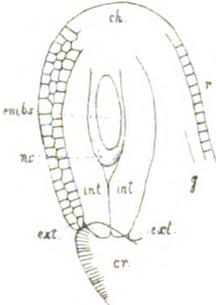
9.



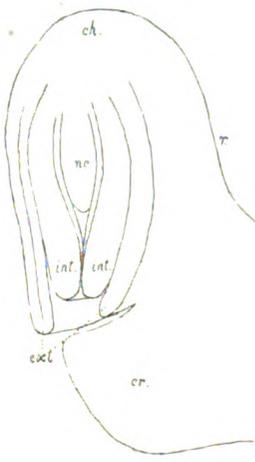
10. (400)



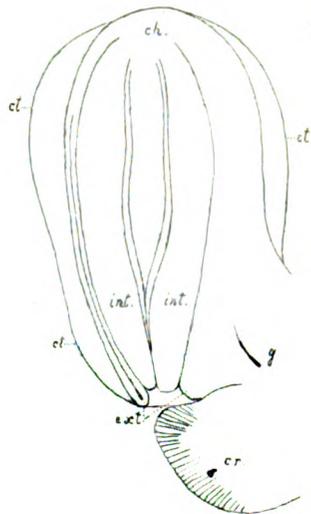
11. (100)



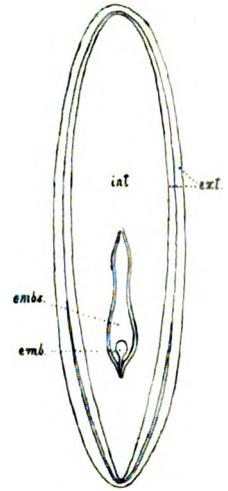
12. (100)



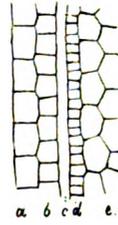
13. (100)



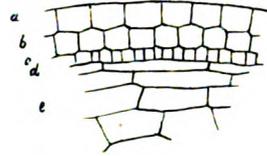
5A (110)



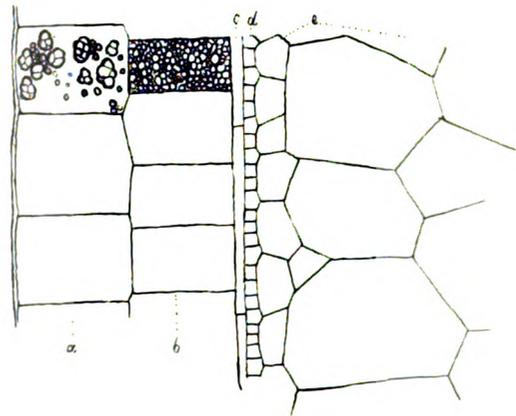
3 (300)



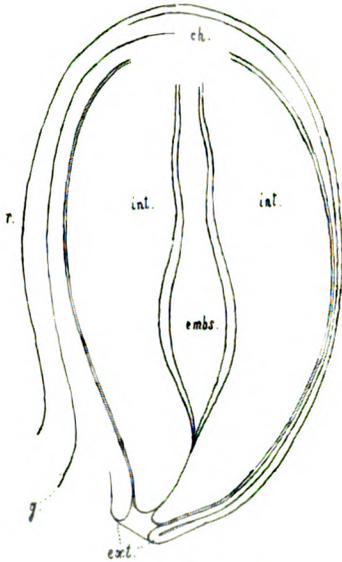
4 (300)



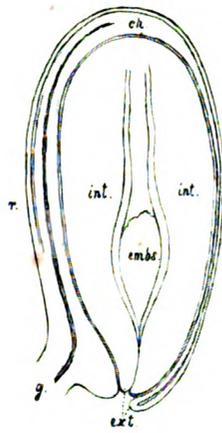
5 B (300)



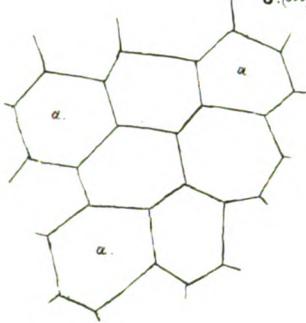
1 (100)



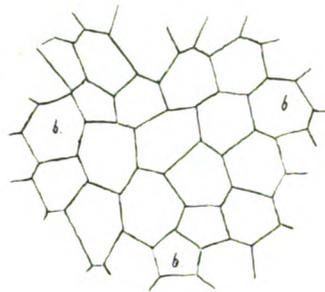
2 (50)



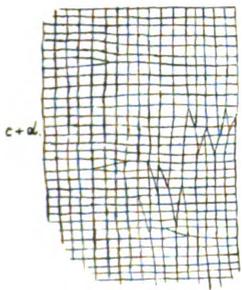
6 (300)



7 (300)



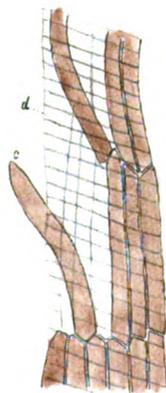
8 (300)



11 (500)



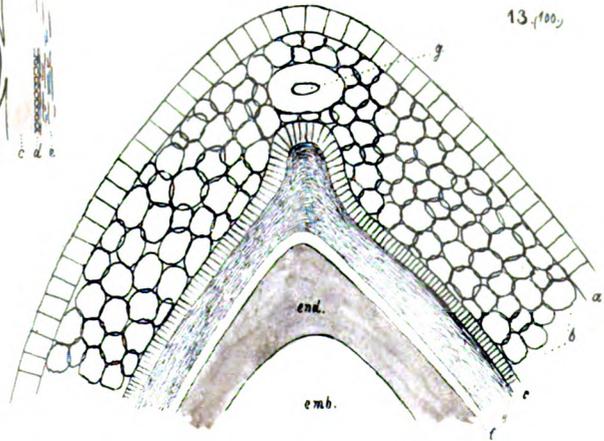
10 (300)



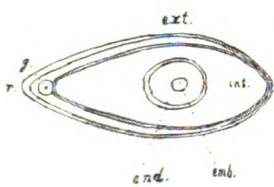
12 (300)

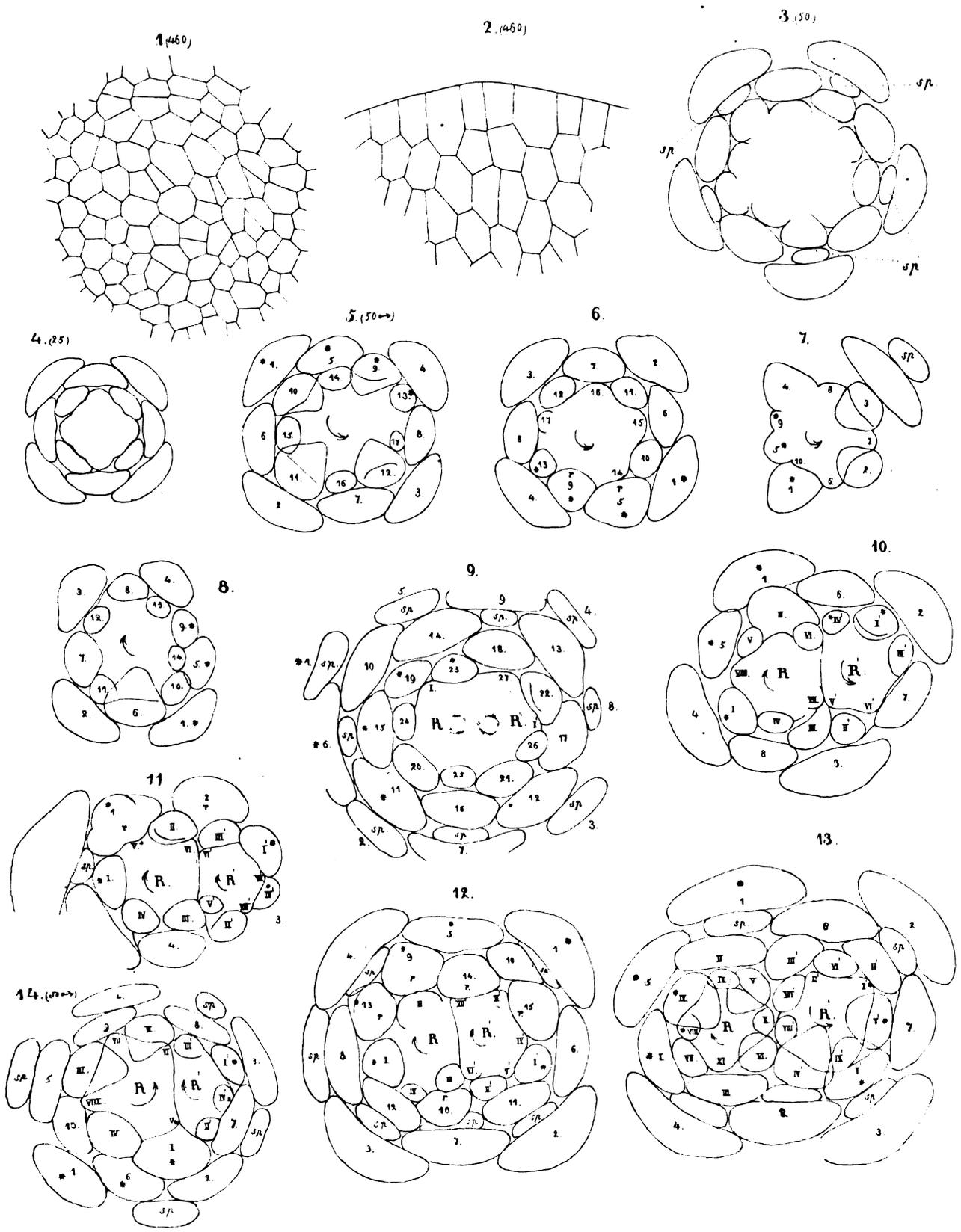


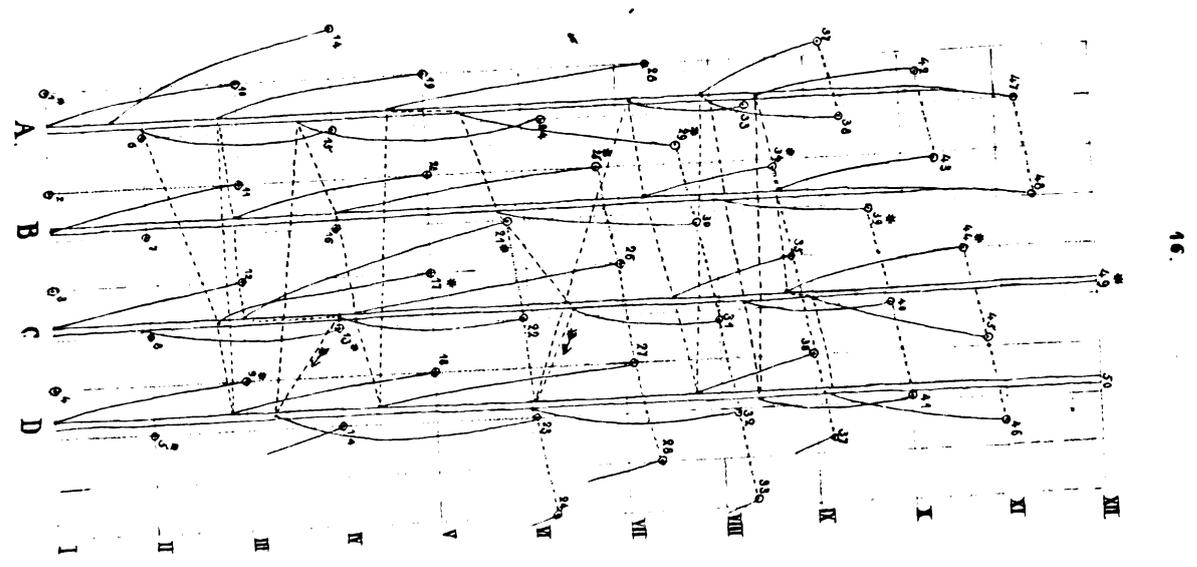
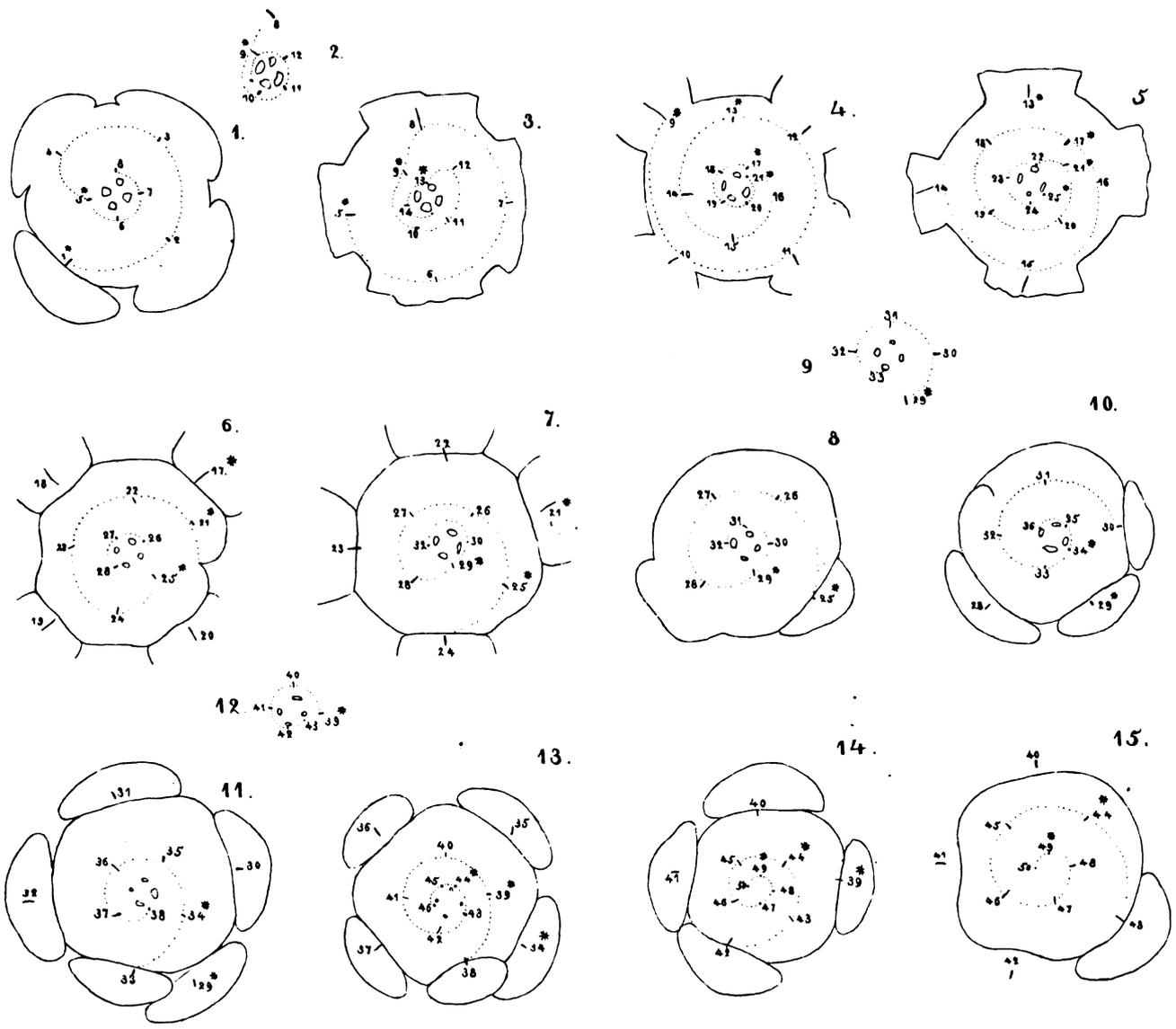
13 (100)

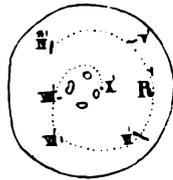
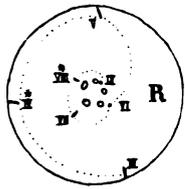
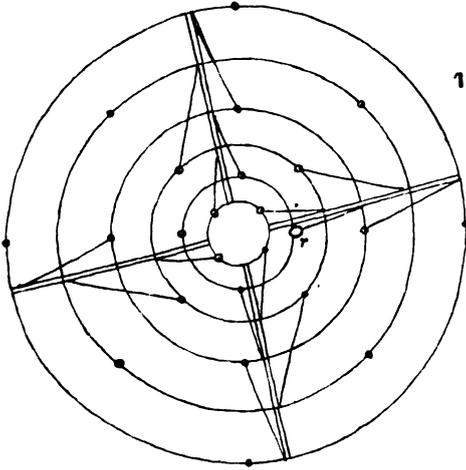
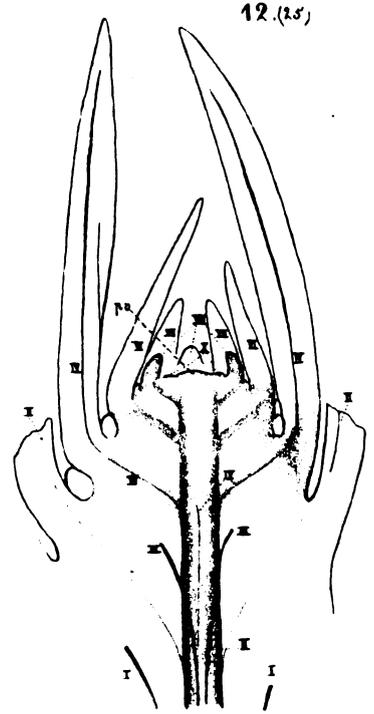
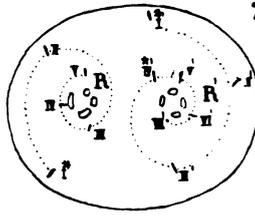
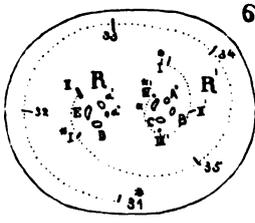
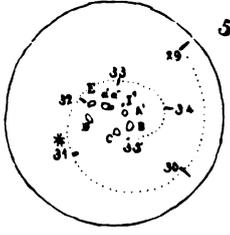
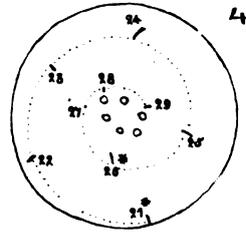
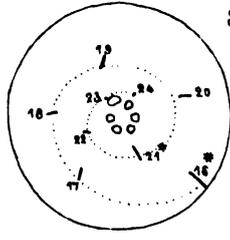
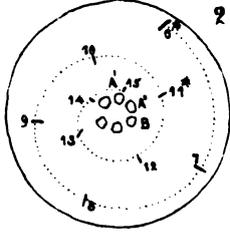
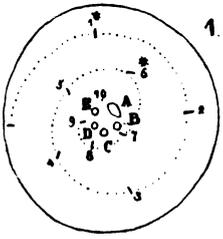


9 (100)

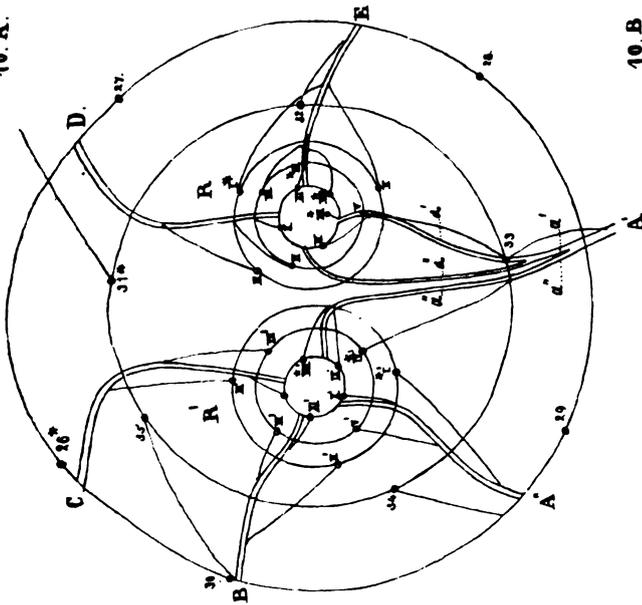




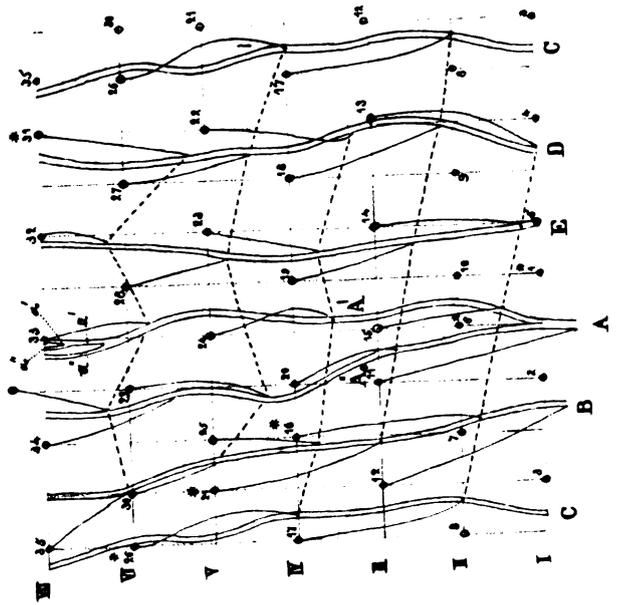


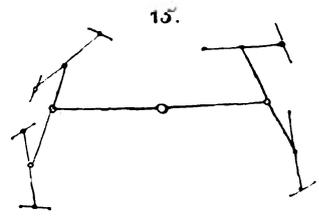
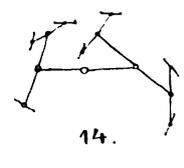
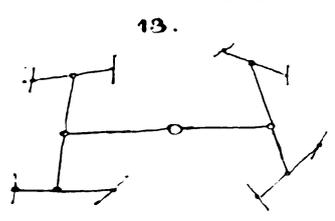
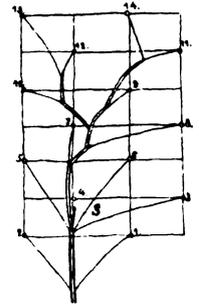
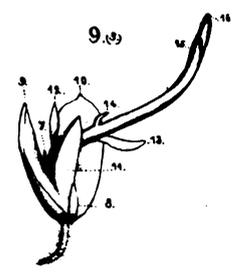
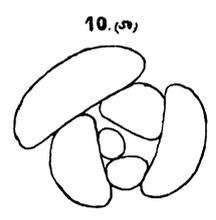
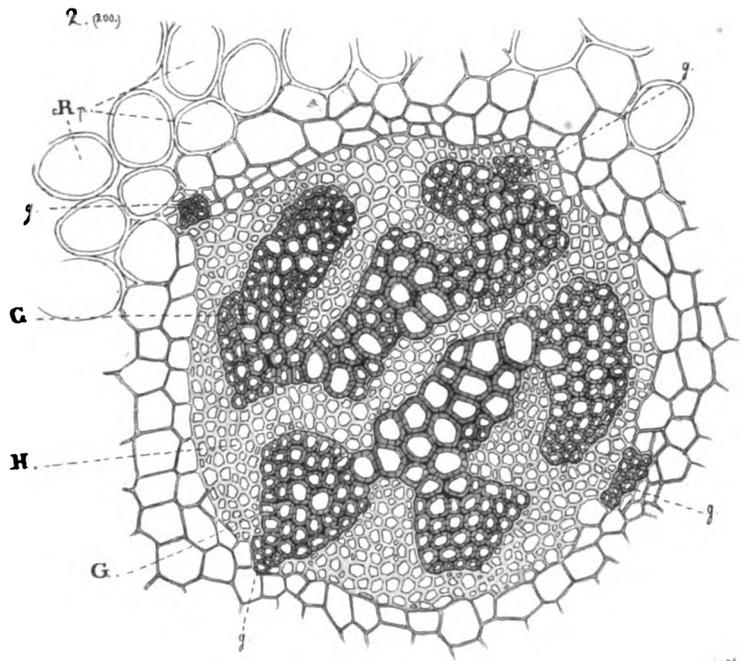
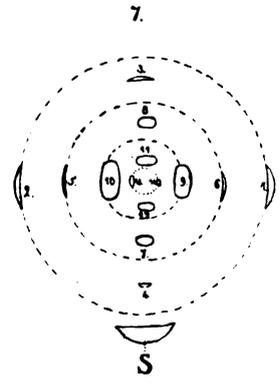
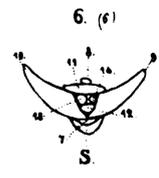
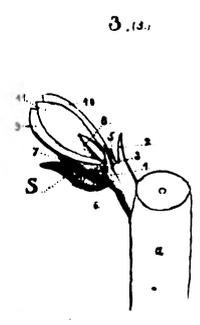
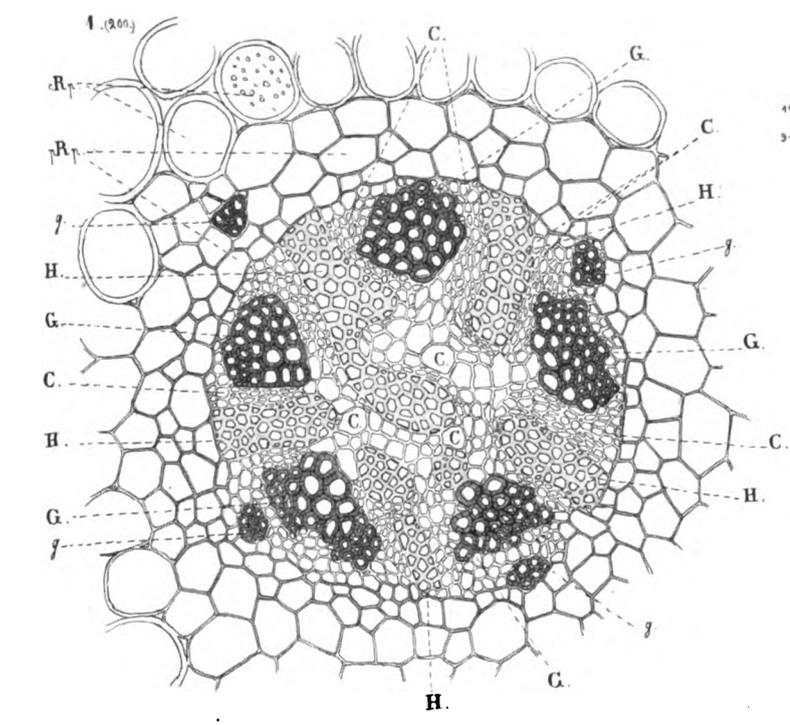


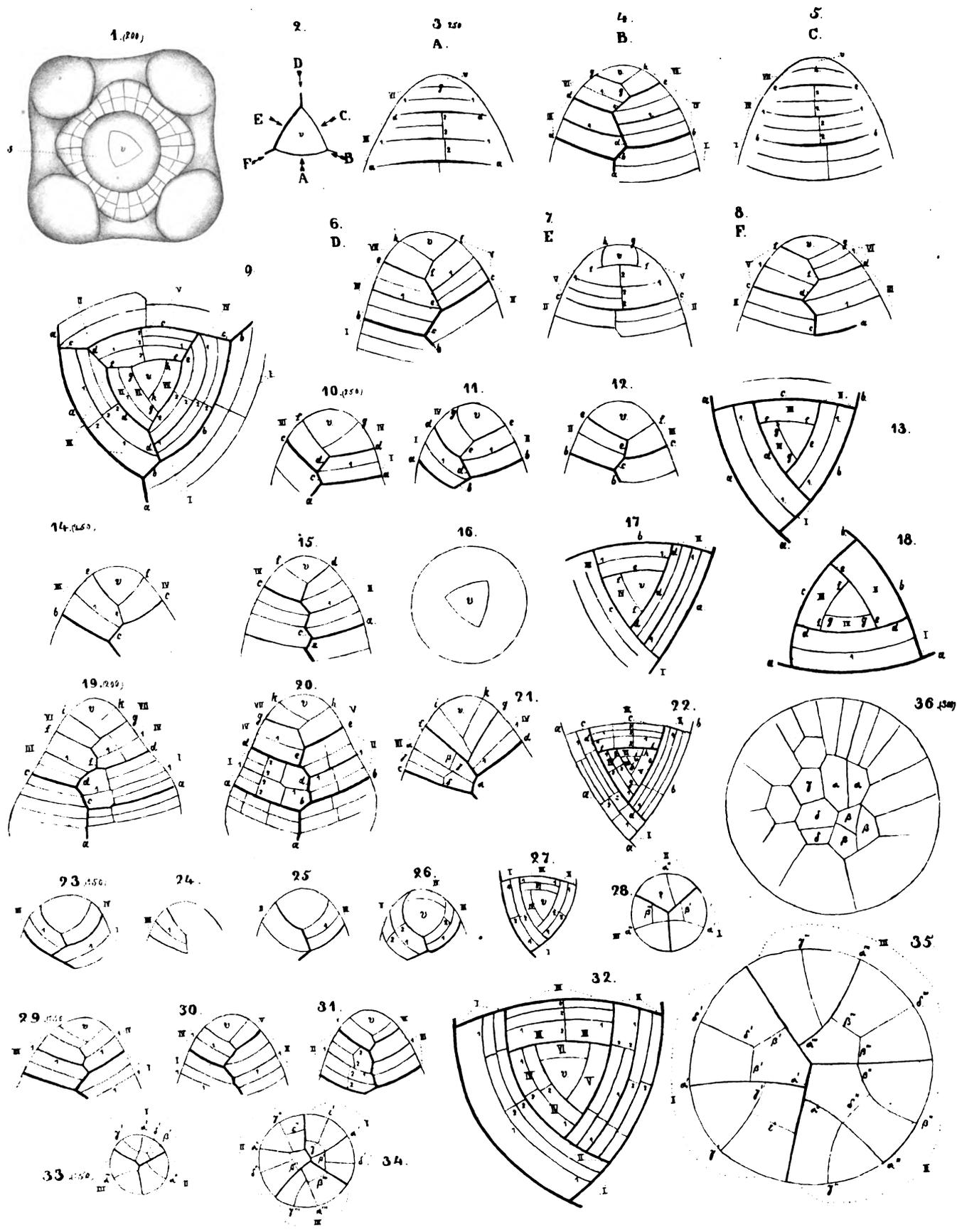
10. A.

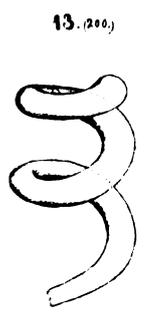
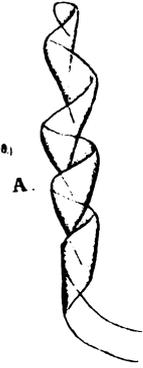
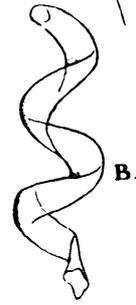
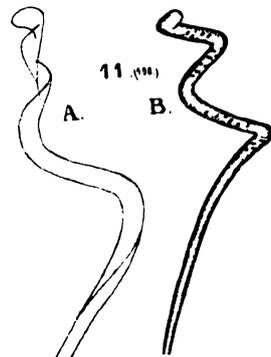
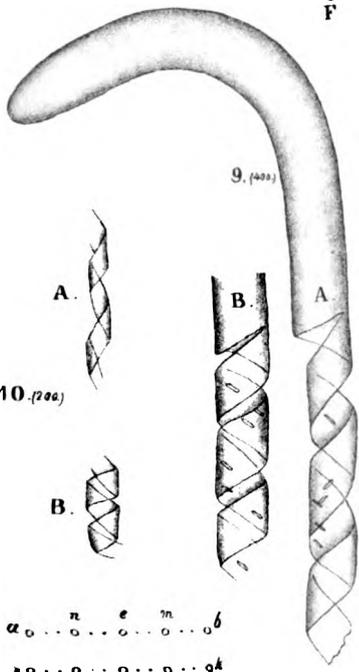
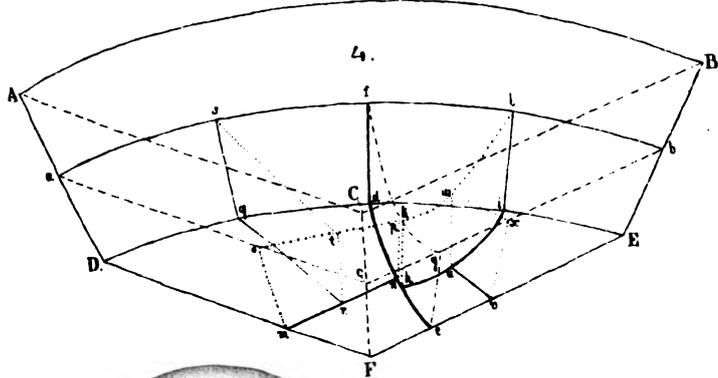
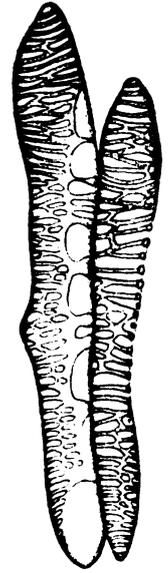
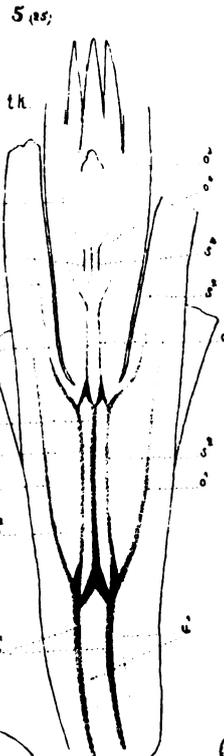
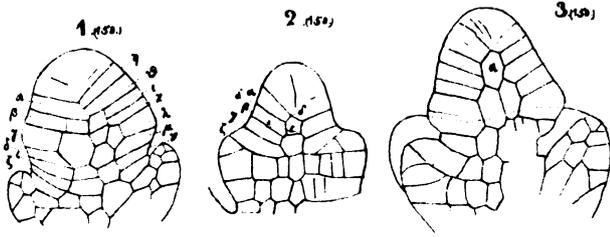


10. B.

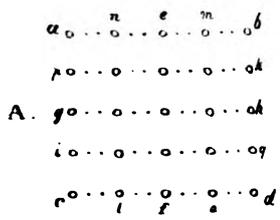
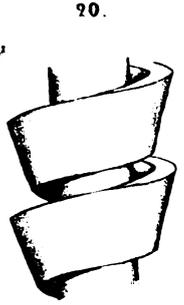
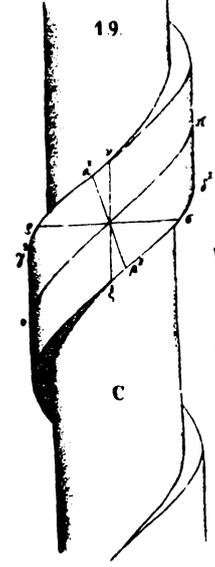
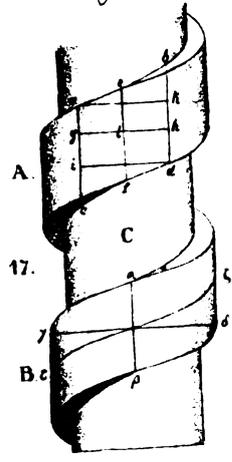








10 (200x)



14.

