

Die Schwefelsäureflaschen waren viel weniger dunkel geworfen als im Versuch 9. Dort war die fünfte Flasche etwa so dunkel gefärbt wie in diesem Versuch die erste Flasche.

Gelbe Abscheidungen waren in den Türrnen nicht aufgetreten.

In der Flasche mit der Silberlösung hatte sich wieder der gelbbraune Anflug abgeschieden. Es liess sich mit NESSLERS Reagenz etwas Ammoniak nachweisen. Die Watte hinter der Glocke sah gelbbraun aus; sie enthielt, wie eine entsprechende Prüfung mit NESSLERS Reagenz zeigte, etwas Ammoniak.

Verhalten des Rosenstocks. Bei Beendigung des Versuches waren keine Beschädigungen aufgetreten.

7., 8., 9. Oktober. Keine Beschädigungen vorhanden.

10. Oktober morgens. Keine Beschädigungen. Dahingegen sind doch noch nach einigen Tagen wieder braune und schwarze Flocke aufgetreten.

Beiträge zur vergleichenden Anatomie
südamerikanischer Lycopodium-Arten
und deren Stellung im System
Von OSKAR ENGLERT (München)

EINLEITUNG.

Lange Zeit war die Kenntnis der anatomischen Verhältnisse innerhalb der Gattung *Lycopodium* auf europäische Arten beschränkt. (Die ersten Mitteilungen über den inneren Bau dieser Pflanzengattung verdanken wir vor allem den Arbeiten von CRAMER, SACHS, HEGELMAIER, MAEGELI, RUSSOW und STRASBURGER. Später Veröffentlichungen über Lycopodiaceen von DE BARY, BECK, LUERSSEN, TREUB, FANKHAUSER, GOEBEL, BRUCHMANN, HOLLOWAY, ELGERLEY beziehen sich meist auf die Sporenkeime bzw. auf die Gestaltungsverhältnisse der Prothallien und auf die Embryoentwicklung) An Berichten über tropische Lycopodiaceen waren bis zu Beginn unseres Jahrhunderts, wenn man von einer Mitteilung BOODLEES aus dem Jahre 1900, welcher 2 tropische Arten (*L. volubile* und *L. salakense*) anatomisch untersuchte, absieht, nur die Arbeit von ERIKSON über die Blattanatomie und eine Arbeit von LINNSBAUER vorhanden. In letzterer werden eine grösse Anzahl tropischer *Lycopodium*-Arten (*L. Phlegmaria*, *L. filiforme*, *L. nummularifolium*, *L. serratum*, *L. clavatum* var. *divaricatum*, *L. volubile*, *L. complanatum* var. *pithyoides*) vergleichend anatomisch behandelt; von einer Zusammenfassung einzelner zu grösseren Gruppen ist aber abgesehen. ERIKSON gibt zwar eine Klassifikation der Blätter auf Grund des anatomischen Baues, doch lassen sich die dort aufgestellten Typen für eine natürliche Systematik nicht verwenden. Im Jahre 1905 erschien eine Arbeit von JONES, in welcher ausser den bereits bekannten europäischen und 2 von LINNSBAUER schon 1898 beschriebenen Formen noch *L. obscurum*, *L. salakense*, *L. squarrosum*, *L. Dalhousianum* und *L. dichotomum* auf ihren anatomischen Bau untersucht wurden. 2 Jahre später berichteten WIGGLESWORTH und STOKES über die Anatomie von *L. complanatum*, *L. clavatum*, *L. pithyoides* HERTER weist 1909 erstmals darauf hin, dass im Verzweigungsmodus ein für die Systematik brauchbares Merkmal gegeben ist. Unsere Kenntnisse über den Leitbündelbau wurden durch SINNOT, welcher ausser einer Reihe bereits bekannter Typen auch *L. lucidulum*, *L. tristachyum*, *L. Biglovii* und *L. flabelliforme* untersuchte, weiterhin vermehrt. 1909 beschrieb HOLLOWAY sechs Arten aus der Gattung *Lycopodium*, ausser bereits

bekannten noch *L. scariosum*, *L. densus*, *L. laterale* und *L. Billardieri* und kommt dabei zu einer Klassifikation derselben nach der Art der Anordnung der Bündelelemente, indem er drei Stelentypen, einen radiären, einen plattigen und einen gemischten unterscheidet. Demgegenüber betont HILL, welcher 6 epiphytische *Lycopodium*-Arten, darunter erstmals *L. carinatum*, *L. varium*, *L. Holstii* und *L. verticillatum* anatomisch untersuchte, dass alle Versuche, die *Lycopodium*-Arten in abgegrenzte, auf Stelencharaktere allein basierende Gruppen zu bringen, äußerst unsicher sind, da bei einigen Arten und sogar in verschiedenen Teilen desselben Stamms verschiedene Anordnungen der Bündelelemente sich finden. Dieser Auffassung schliesst sich MEYER an, welcher auf Grund seiner anatomischen Untersuchungen an *L. Phlegmaria* und *L. dichotomum* zu der Ansicht kommt, dass die Querschnittsbilder durch die Stengel von *Lycopodium* auf verschiedenen Höhen des Stamms verschiedene sind, da Verbindungen einzelner Xylem- und Phloem-Stränge untereinander vorkommen, worauf übrigens schon 1872 HEGELMAIER hingewiesen hat.

In nachfolgender Arbeit sollte nun versucht werden, je eine gewisse Anzahl von Arten auf Grund des anatomischen Baues und zwar unter Berücksichtigung aller hierfür geeigneten Elemente zu einer Gruppe zusammen zu fassen, um darauf eine natürliche Systematik zu gründen, ähnlich wie es von BRUCHMANN und LANG für die Gametophyten von *Lycopodium* geschehen ist. Da die mir zur Verfügung stehende Zeit eine Untersuchung aller *Lycopodium*-Arten aber nicht gestattete, musste ich mich darauf beschränken, die Formen eines bestimmten Gebietes zu berücksichtigen, und so habe ich die südamerikanischen *Lycopodium*-Arten in den Kreis meiner Betrachtungen gezogen, da gerade der südamerikanische Kontinent über einen grossen Reichtum an Lycopodiens verfügt. Die untersuchten Arten wurden in der folgenden Tabelle zusammengestellt, wonach ich mich im wesentlichen an die Einteilung, welche PRITZEL gibt, gehalten habe. Die Abweichungen, so die Zusammenfassung der Sektionen *Inundata* und *Cernua* zu einer gemeinsamen Gruppe, die Auflösung der Sektion *Clavata* in zwei Gruppen (*Clavatum* und *Complanatum*), endlich auch die isolierte Stellung der Übergangsformen, sind bedingt durch meine Untersuchungen, welche ergaben, dass die verwandtschaftlichen Beziehungen durch diese Anordnung besser zum Ausdruck kommen dürfte, als dies in der von PRITZEL angewandten Einteilung der Fall ist.

Gruppe Selago.

- L. bolivianum* Ros.
- L. Brongniartii* Spring
- L. compactum* Spring
- L. cruentum* Spring
- L. dichotomum* Jacq.
- L. erythraeum* Spring
- L. filiforme* Sw.
- L. fontinaloides* Spring
- L. Lechleri* Mett.
- L. linifolium* L.
- L. longearistatum* Christ.
- L. Lützelburgii* Ross
- L. mexicanum* Herter
- L. mollicomum* Mart.
- L. polytrichoides* Kaulf.
- L. reflexum* Lam.
- L. rigidum* Gmel.
- L. Selago* L.
- L. saururus* Lam.
- L. tetragonum* Hook et Grev.
- L. taxifolium* Sw.
- L. verticillatum* L.

Gruppe Phlegmaria

- L. quadeloupianum* Spring
- L. callitrichae folium* Mett
- L. phlegmaria* L.
- L. subulatum* Desv.

Gruppe Cernua-Inundata

- L. alopecuroides* L.
- L. apressum* Chapman
- L. Biglovii* Tuck.
- L. cernuum* L.
- L. curvatum* Sw.
- L. inundatum* L.
- L. laterale* R. Br.
- L. nettoanum* Glaz.
- L. salakense* Treub

Gruppe Clavatum

- L. aristatum* H.B.K.
- L. clavatum* L.
- L. contiguum* Klotzsch
- L. piliferum* Raddi
- L. spurium* Willd
- L. trichiatum* Bory
- L. vestitum* Desv.

Gruppe Complanatum.

- L. complanatum* L.
L. Fawcettii Underwood
L. Jussiaei Desv.
L. scariosum Forst.
L. volubile Forst.
L. magellanicum Sw.

Übergangsformen.

- L. annotinum* L.
L. carolineanum L.
L. casuarinoides Spring
L. densum Labill.
L. obscurum L.

MATERIAL UND DESSEN BEHANDLUNG.

Das mir zur Verfügung stehende Material war teils Alkoholmaterial, das mir Herr Geheimrat von GOEBEL in liebenswürdigster Weise zur Verfügung stellte, zum grössten Teil jedoch entstammte es dem Staatsherbarium, bei dessen Benutzung mir Herr Dr. von SCHÖNAU in jeder Weise behilflich war, wofür ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank zum Ausdruck bringen möchte. Um an dem getrockneten Material die nötigen Untersuchungen ausführen zu können, war es notwendig, dasselbe erst aufzuweichen. Ich habe dies durch Erwärmung mit Wasser im Reagenzglas getan. Für stark sklerenchymatische Teile, wie für die kriechenden Stengel von *L. complanatum* ist es zweckmässig, sie ein paar Minuten aufzukochen und das aufzuweichende Stückchen hierauf kurze Zeit im warmen Wasser liegen zu lassen. Bei weniger harten Objekten genügt im allgemeinen eine Erwärmung bis nahe an den Siedepunkt. Für zarte Gewebe, wie z.B. die Stengel von *L. alopecuroides* empfiehlt sich schwaches Erwärmen und kurzes Liegenlassen der betreffenden Stücke im warmen Wasser. Bei derartigen Objekten ist es dann oft vorteilhaft, nach dieser Behandlung noch eine Härtung durch Alkohol vorzunehmen, was das Schneiden bedeutend erleichtert. An so behandeltem Material war es mir immer möglich, die Gestaltungsverhältnisse der fertig ausgebildeten Pflanze deutlich zu erkennen, dagegen konnte ich entwicklungs geschichtliche Beobachtungen nicht anstellen, was ja übrigens nicht im Rahmen dieser Arbeit gelegen hätte.

INNERER BAU DES SPOROPHYTEN VON LYCOPODIUM.

Stets ist der Stengel von einer einschichtigen Epidermis bedeckt. Die im Querschnitt annähernd quadratisch aussehenden Zellen sind mit einer Kutikula überzogen, welche gelegentlich, z.B. bei *Lycopodium compactum*, eine ziemlich beträchtliche Dicke erreichen kann. Sehr deutlich tritt dieselbe als prächtig rot gefärbter Streifen nach Behandlung der Schnitte mit Sudan glycerin hervor. Die Wände der Epidermiszellen sind bei den feuchtigkeitsliebenden Arten, wie sie in den Gruppen *Inundatum* und *Carolineanum* vorkommen, in ihrer Dicke kaum von denjenigen der darunter liegenden Ridenschichten zu unterscheiden. Dagegen macht sich eine bedeutende Verstärkung der Epidermis-Aussenwände bemerkbar bei den Epiphyten, wie sie sich in der Gruppe *Phlegmaria* und zum Teil in der Gruppe *Salago* (der Group of *L. taxifolium* BAKERS) sich finden. Meist sind dann auch die Radialwände der Epidermiszellen massig verdickt. Häufig sind diese verstärkten Zellwände schwach gelblich gefärbt. Die Bewohner trockner Standorte, wie das auf sandigem und felsigem Boden lebende *L. cernuum* und die Angehörigen der Gruppe *Clavatum*, welche an Waldlichtungen und Wegrändern häufig zusammen mit der vorigen sich finden, sind durch regelmässige, kleine Epidermiszellen ausgezeichnet, welche sämtliche Wände verdickt haben. Den extremsten Fall stellen schliesslich die hochandinen Formen wie *L. erythraeum* und *L. compactum* dar, bei welchen die Verdickung der Wände zum fast völligen Verschwinden des Zellumens führt. Diese Formen enthalten auch einen roten Farbstoff in den Zellmembranen. Da man aber gerade bei letzteren Formen von einer eigentlichen Stengelepidermis nicht mehr sprechen kann, weil der Kussere Rand des Stengels sich aus den verschmolzenen Basen der sehr dicht gedrängten Blätter zusammensetzt, möchte ich auf die genaueren Einzelheiten darüber erst bei Besprechung der Blattanatomie zurückkommen. Zu erwähnen ist schliesslich noch das

gelegentliche Auftreten von Spaltöffnungen, welche ich zwischen die Epidermiszellen eingestreut beobachten konnte. Bei *Lycopodium pernix* sah ich auch Haare, sowohl einzellige als auch mehrzellige an der Epidermis.

Die an die Epidermis anschliessende Rinde weist bei den verschiedenen systematischen Gruppen einen wechselnden Bau auf, was für die einheimischen Arten bereits HEGELMAIER betonte, für welchen jedoch diese Verschiedenheiten "von geringem Interesse" sind. Bei dem Formenkreis *Selago* und *Phlegmaria* folgen auf die Epidermis gewöhnlich einige Schichten nur mässig verdickter Zellen, welche kleine Intercellulararen zwischen sich lassen. Weiter nach dem Zentrum des Stammes verschwinden dann die Intercellularräume, während die Zellmembranen an Dicke zunehmen und eine deutliche Schichtung erkennen lassen. Meist sind diese Zellen durch eine schwach gelbliche Färbung ausgezeichnet. Gibt man zu den Schnitten dann eine 10 prozentige Eisenchloridlösung, so nehmen diese gefärbten Zellen ebenso wie die Außenwände der Epidermis, auf deren Gelbfärbung ja bereits hingewiesen wurde, eine schwarze Farbe an. Es handelt sich also wohl um eingelagerte Gerbstoffe. Dieser Festigungsgewebsmantel kann nun eine verschiedene Mächtigkeit haben. Bei manchen Formen, z.B. *Lycopodium Lechleri*, geht er bis an die Epidermis heran und umfasst 8 bis 10 Zellschichten, während er bei anderen ganz vermisst wird. Eine charakteristische Gestalt erhält dieses Festigungsgewebe, wenn die äusseren Rindenschichten sich aus den verschmolzenen Blattbasen zusammensetzen. Dann sieht man zwei, bisweilen auch drei Sklerenchym-Bänder, welche stellenweise sich vereinigen, in Form von Schlangenlinien die Stengelperipherie umkreisen. Dabei entspricht je ein so entstandenes, annähernd ovales Feld der Basis eines Blattes. Zwischen diesem Befestigungsring und der Endodermis ist schliesslich wiederum parenchymatisches Gewebe eingeschaltet, welches ebenso wie dasjenige unter der Epidermis sich durch die violette Färbung mit Chlorzinkjod als aus Kohlehydratlamellen bestehend, erweist. Auch treten hier wie dort deutliche Tipfel in den Zellwänden auf, und auch die Intercellularräume sind wieder vorhanden. Gegen das zentrale Leitbündel hin wird die Rinde durch eine Gefäßbündelscheide abgeschlossen. Dieselbe setzt sich aus ein bis drei Schichten, in tangentialer Richtung gestreckter Zellen zusammen, deren radiale und tangentiale Innenwände sich durch die kirschrote Farbe, welche sie mit Phloroglucin-Salzsäure annehmen, als verholzt erweisen (Fig. 1, 2 und 15). Diesen Bau der Rinde zeigen außer dem von CRAMEH erstmals untersuchten *L. Selago* noch die von LINSBAUER untersuchten Arten aus dieser Gruppe. Auch *L. squarrosum*, *L. dichotomum*, *L. Dalhousianum* fügen sich nach Beobachtungen von JONES diesem Typ, während er für *L. Phlegmaria* angibt, dass die Rinde Holzreaktion zeigt; meine daraufhin angestellten Reaktionen ergaben aber bei dieser Art keine Spur einer Rotfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure, ebenso wenig wie alle übrigen von mir untersuchten Arten aus diesem Formenkreis.

Eine besondere Besprechung erfordern die inneren Wurzeln, welche ich bei allen von mir untersuchten Arten, welche der Gruppe *Selago* oder *Phlegmaria* angehören, nachweisen konnte (vgl. Fig. 1, 15). Die Zahl derselben ist eine sehr verschiedene, auch nimmt sie nach der Höhe des Stammes hin ab, doch lassen sich meist noch über der ersten Gabelungsstelle des Stammes solche inneren Wurzeln auffinden. An der Basis des Stammes konnte ich als Durchschnittswert 10 bis 12 innere Wurzeln feststellen, doch können auch bedeutend weniger vorkommen, wie bei *L. erythraeum*, bei welchem ich auf einem Querschnitt immer nur 1 bis höchstens 2 derartige Gebilde fand, ebenso wie deren Zahl auch eine bedeutend grössere sein kann. So gibt STOKEY für *L. pithyoides* 82 an. Stets sind diese inneren Wurzeln mit einem von der Rinde gebildeten Sklerenchymmantel umgeben. Derselbe besteht aus mehreren konzentrisch angeordneten Schichten von Zellen mit stark verdickten, fünf- bis sechseckigen, mehr oder minder dunkelbraun gefärbten Wänden. Wegen dieser Anordnung in Schichten und der braunen Farbekönnte man diese Zellwände für verkorkt halten. Meine Versuche, Korkstoff in diesen Zellen nachzuweisen, fielen jedoch alle negativ aus. So konnte ich weder mit Alkannatinktur, noch mit Sudan-glycerin eine Färbung erhalten, auch die Cerinsäure-Reaktion ergab kein positives Resultat. Dagegen erhielt ich bei Behandlung der Schnitte mit 10 prozentiger

Eisenchloridlösung sofort oder bei anderen Arten nach einiger Zeit eine Schwarzung der betreffenden Zellmembranen. Es dürfte sich also wohl um Gerbstoffe bzw. um deren Oxydationsprodukte, um Phlobaphene, handeln, für welch' letztere man noch kein eindeutiges Reagenz kennt. Vermutlich handelt es sich hier ebenso, wie es WALTER für die Farne annimmt, um einen Ersatz für Kork, der nach Angaben von BÄSEKE den Pteridophyten überhaupt völlig fehlt. Nach innen folgt auf diesen Sklerenchymmantel ein zartwandiges Gewebe, welches innerhalb einer Endodermis den halmförmigen Xylemstrang sowie das Phloem umschliesst. Doch möchte ich auf den Bau der Wurzel erst an späterer Stelle genauer eingehen. Diese inneren Wurzeln scheinen mir für die Systematik der Lycopodiaceae eine gewisse Bedeutung zu haben. So konnte ich sie für alle untersuchten Arten der Gruppen *Selago* und *Phlegmaria* nachweisen; auch die Arten, für welche STRASBURGER die inneren Wurzeln nachgewiesen hat, gehören sämtlich diesen beiden Gruppen an, ebenso wie die diesbezüglichen Formen, für welche BRONGNIART dieselben angibt. Es handelt sich nach Angaben von STRASBURGER um folgende Arten: *L. selago*, *L. aloifolium*, *L. mandiocarum*, *L. reflexum*, *L. saurus*, *L. affine*, *L. erubescens*, *L. serratum*, *L. lucidulum*, *L. minutum*, *L. Haleakala*, *L. gnidioides*, *L. taxifolium*, *L. Hippuris*, *L. nitens*, *L. Hartwegianum*, *L. Sieberianum*, *L. Phlegmaria*, *L. dichotomum*, *L. verticillatum*. Eine Mitteilung von JONES aus dem Jahre 1898 bezieht sich ebenfalls auf diese inneren Wurzeln von *L. selago* und *L. squarrosum*. Diese inneren Wurzeln können eine ziemliche Größe erreichen, sodass auf dem Querschnitt dieselben, besonders wenn sie in grosser Zahl auftreten, vor allem auffallen, während das zentrale Leitbündel dagegen ganz zurücktritt. Es ist charakteristisch für die Gruppen *Selago* und *Phlegmaria*, dass der Leitstrang im Verhältnis zur stark entwickelten Rinde sehr klein ist (Fig. 15 oben). Man kann das zahlenmäßig vergleichen, wenn man das Verhältnis von Bündelradius : Rindenradius (letzterer gerechnet von Endodermis - Epidermis-Aussenwand) angibt. Dann erhält man für die erwähnten Gruppen ein mittleres Verhältnis von 1 : 9. Extremwerte konnte ich bei *L. verticillatum* mit 1 : 4 und bei *L. Lützelburgii* mit 1 : 17 feststellen. Die Messungen wurden nahe an der Stammbasis ausgeführt.

Wesentlich andere Zahlenverhältnisse erhält man bei den Angehörigen der übrigen Gruppen. So ergibt sich für den Verwandtschaftskreis des *Lycopodium clavatum* ein Zahlenverhältnis von 1 : 2 1/2 als Mittelwert. Als Extremwerte konnte ich 1 : 1 1/2 und 1 : 3 beobachten. Deuten schon diese Zahlenverhältnisse auf eine Verschiedenheit der erwähnten Gruppen, so wird dies noch weiter bestätigt durch den Bau der Rinde (Fig. 3, 16). Stets kann man bei den Angehörigen der Gruppe *Clavata* 2 Sklerenchymringe unterscheiden, einmal einen peripherischen, welcher sich direkt an die Stengelepidermis anschliesst und nur an den Stellen, an welchen die Blattbasen mit dem Stengel verschmelzen, durch wenige Zellschichten Assimilationsgewebe von der Epidermis getrennt ist und einen zentralen, welcher das Leitbündel umschliesst. Jeder dieser Ringe nimmt etwa ein Drittel des Raumes zwischen Epidermis und Bündelscheide ein, sodass also zwei Drittel des gesamten Rindenkörpers vom Sklerenchym beansprucht werden. Das letzte Drittel dagegen wird durch ein sehr zartwandiges Gewebe ausgefüllt, das zwischen den Festigungsringen eingebettet liegt und dessen Zellwände im Gegensatz zu den stark verholzten Sklerenchymringen aus Zellulose bestehen. Möglicherweise handelt es sich bei diesem zartwandigen Gewebe um einen Wasserspeicher, da dessen Zellwände beim Eintrocknen stark schrumpfen, was auf einen Wasserverlust zurückgeführt werden kann. Die beiden Sklerenchymringe sind etwas verschieden durch die Form der Zellen, aus welchen sie sich zusammensetzen. Während die Zellen des äusseren Mantels im wesentlichen isodiametrische Gestalt haben, sind die Zellen des inneren mehr in tangentialer Richtung gestreckt. Besonders die an die Endodermis anschliessenden Zellschichten sind sehr deutlich längs ausgestreckt und auch stärker verdickt als die übrigen, mehr gegen das zartwandige Gewebe hin gelegen, welche sich in ihrer Form sehr denjenigen des äusseren Mantels nähern und mit den innersten Schichten durch alle Übergangsformen verbunden werden. Die Endodermis tritt hier bei Behandlung der Schnitte mit Phloroglucin nicht so deutlich hervor wie bei den Gruppen *Selago* und *Phlegmaria*, da die Sklerenchymringe die Holzreaktion zeigen. Immerhin lässt sie sich deutlich erkennen durch

die tangential gestreckte Form der Zellen sowohl als auch durch die im Verhältnis zum direkt angrenzenden inneren Sklerenchymring schwache Verholzung der nur wenig verdickten Membranen. Die eben geschilderten Bauverhältnisse konnte ich ausser an *L. clavatum*, bei dem dieselben bereits durch HEGELMAIER bekannt geworden sind und einigen Varietäten dieser Art (*trichiatum*, *aristatum* und *piliferum*, für var. *divaricatum* hat LINSBAUER einen analogen Bau nachgewiesen), noch bei *L. contiguum*, *L. spurium* und *L. vestitum* beobachten.

Die bisher geschilderten Arten der Rindenbildung stellen gewissermassen die Extremfälle dar, zwischen welchen sich leicht die übrigen Formen einfügen lassen, indem sie teils dem einen, teils dem anderen Typus ähneln. So schliesst sich die Gruppe des *Lycopodium inundatum* am nächsten an den Typ, wie er durch die Gruppe *Selago-Phlegmaria* repräsentiert wird, an. Wie bei diesem, so tritt auch im Formenkreis *Inundata* das Festigungsgewebe zurück im Verhältnis zu dem stark entwickelten Parenchym (Fig. 4). Dieses setzt sich direkt an die Epidermis an und besteht aus im Querschnitt annähernd runden Zellen, welche grosse Intercellularräume zwischen sich lassen. Die Membranen dieses Rindenparenchyms geben mit Chlorzinkjod die bekannte Cellulosereaktion. In den äusseren Zellschichten trifft man häufig Chlorophyll an, während die weiter nach innen gelegenen Zellen gewöhnlich reich an Stärke sind. Meist treten auch Schleimgänge, welche von einem besonders dünnwandigen Schleimepithel ausgekleidet werden, im Rindenparenchym auf. Die Intercellularräume sind vielfach in radialer Richtung gestreckt, sodass eine strahlige Anordnung derselben entsteht, wie es HEGELMAIER für das einheimische *L. inundatum* bereits angab. Gegen das zentrale Leitbündel hin folgen bei *L. appressum* einige Schichten, welche der Intercellularen entbehren und etwas dickere Wände besitzen als die Zellen des übrigen Gewebes, bei *L. alopecuroides* und *L. Nettoanum* (Fig. 4), dagegen sind die innersten Rindenschichten stärker verdickt, sodass sie sich als ein, wenn auch nur ein bis zwei Schichten umfassender Sklerenchymring, deutlich abheben. Auf Längsschnitten erscheinen diese Elemente als an ihren Enden zugespitzte, längsgestreckte Zellen, deren Wände mit zahlreichen Tüpfeln versehen sind. Dazu sind diese Membranen verholzt, während bei *L. appressum* auch die innersten Rindenschichten, die Endodermis jedoch ausgenommen, aus Kohlehydratlamellen bestehen. Unmittelbar an die stärker verdickten Zellen schliesst sich dann die Endodermis an, welche stellenweise dreischichtig ist und deren Wände mit Phloroglucin schön rot gefärbt werden.

Eine vermittelnde Stellung zwischen dem Rindentypus des *L. inundatum* und dem stärker sklerenchymatischen Rindentyp der Gruppen *clavatum* und *complanatum* nimmt der Rindenkörper bei *Lycopodium curvatum*, das als Vertreter der *Cernuum*-Gruppe untersucht wurde, ein (Fig. 5). Derselbe gleicht in seinem Bau noch sehr demjenigen von *L. inundatum* und Verwandten, doch ist hier immer ein deutlicher Sklerenchymring vorhanden, der sich jedoch nicht unmittelbar an die Endodermiszellen, welche hier sehr schlecht zu erkennen sind, anschliesst, sondern eine mehr periphere Lage einnimmt. Auch ist derselbe nicht auf ein bis zwei Zellschichten beschränkt, sondern umfasst deren mehrere, sodass er etwa 1/4 der gesamten Rindendicke beansprucht. In der Form gleichen diese Sklerenchymzellen vollkommen denen wie sie bei *L. alopecuroides* auftreten, auch lassen sie ebenso wie jene eine sehr deutliche Schichtung und Tüpfelung erkennen. Mit Phloroglucin geben sie die bekannte Holzreaktion. Ausser Lignin müssen aber auch noch Gerbstoffe, bezw. Gerbstoffderivate in ihnen vorkommen, denn am ungefärbten Präparat zeichnen sich diese Zellen durch eine braune Farbe aus und mit Eisenchlorid erhält man nach einiger Zeit eine Schwarzfärbung der Membranen. Die Verholzung beschränkt sich hier aber nicht auf die Sklerenchymscheide, vielmehr zeigen auch die Epidermisszellen mit Ausnahme der Außenwände, welche durch Gerbstoffe imprägniert sind, schon nach kurzer Zeit die Holzreaktion, ebenso wie auch die Zellen des Parenchymgewebes. JONES hat eine analoge Verholzung des Parenchyms bei *L. cernuum* nachgewiesen. Schon in relativ jungen Stämmchen kann man den Holzstoff in diesen Membranen nachweisen, doch geben dann die innersten Membranschichten in den Zellen des Parenchyms, welches zwischen Endodermis und Sklerenchym liegt, meist noch die Holzreaktion.

Als letzter Typ möge jener von *Lycopodium complanatum* besprochen werden, welcher sehr an jenen von *L. clavatum* und seinen Verwandten erinnert. Wie bei jenem so beansprucht auch hier der zentrale Leitstrang einen beträchtlichen Raum, so dass etwa ein halb bis ein Drittel des Stengelquerschnittes auf denselben trifft, während der übrige Platz vom Rindenkörper eingenommen wird (Vgl. Fig. 6, 16). In diesem sind die sklerenchymatischen Elemente vorherrschend, sodass an älteren Stämmen, für welche auch obige Zahlen gelten, meist zwei Drittel des gesamten Rindenkörpers vom Festigungsgewebe erfüllt sind. Auf dieses starke Vorherrschen der sklerenchymatischen Elemente in den Axen der einheimischen heterophyllen Lycopodiens wies HEGELMAIER erstmals hin. LINSBAUER beschreibt einen analogen Bau bei *L. complanatum v. pithyoides*. Dieses Sklerenchym schliesst sich als zusammenhängender Ring direkt an die Endodermis an, welche durch ihre relativ zarten Wände und die tangential gestreckte Form ihrer Zellen vom angrenzenden Gewebe unterschieden werden kann. Die Festigungsgewebeszellen gleichen in ihrer Gestalt vollkommen denjenigen, welche bei *L. clavatum* vorkommen. Wie dort lässt sich auch hier sehr deutlich die Schichtung und Tüpfelung der Zellwände erkennen. Nach aussen folgt auf diesen Festigungsgewebsring dann ein Parenchymgewebe, dessen Zellwände aber ebenso wie jene des Sklerenchyms, der Endodermis und Epidermis in älteren Stämmen verholzt sind, während das Parenchymgewebe bei *L. clavatum* die Zellulose-Reaktion gibt. Auch sind die Zellen bei weitem nicht so dünnwandig. Auf dieses, aus gleichmässigen, annähernd kreisförmigen Zellen bestehendem Gewebe, das viele kleine Interzellulären enthält, folgt dann gleich die Epidermis. Ist schon durch das Fehlen des für *L. clavatum* so typischen zweiten Sklerenchymrings ein charakteristischer Unterschied gegeben, so ergeben sich weiterhin Differenzen, wenn man den Bau der kriechenden Grundaxe mit dem der aufrecht wachsenden Seitenäste höherer Ordnung vergleicht. Eine ausgeprägte Dorsiventralität, welche sich besonders im Auftreten von Anisophylie hussert, sowie die dichte Stellung der Blätter bedingen eine ganz eigentümliche Form des Querschnittbildes, das auch GOEBEL in seiner Organographie abbildet und welches von der annähernd kreisförmigen Gestalt, welche die kriechenden Sprossaxe zeigt, wesentlich abweicht (Fig. 8, 16). Da die Blattbasen mit dem Stengel verschmelzen und weil die transversalen Blätter grösser sind als die in der Medianen stehenden, erscheinen die seitlichen Ränder des Stengels im Querschnitt flügelartig ausgezogen. Auf den Grössenunterschied der median stehenden Blätter ist ferner die Ungleichheit zwischen Ober- und Unterseite zurückzuführen, welche sich darin kund gibt, dass die Stengelperipherie auf der dem Lichte zugekehrten Seite, als der Basis des grösseren Blattes entsprechend, stärker nach aussen vorgebuchtet ist als auf der Schattenseite, auf welcher die kleineren Blättchen sitzen. Die Verschmelzung der Blattbasen mit dem Stengel bedingt ferner das Auftreten des lockeren lufthaltigen Gewebes, welches sich an den das Leitbündel umgebenden Sklerenchymring ansetzt. Die Zellen dieses parenchymatischen Gewebes, welche in schief nach aussen gerichteten Strängen angeordnet sind, ergeben mit Chlorzinkjod die bekannte Cellulosereaktion, während die Sklerenchymzellen und die Endodermis sich als verholzt erweisen. Doch kann man an älteren Stämmchen häufig auch das Parenchymgewebe schwach verholzt finden.

Während die Betrachtung des Rindenkörpers bei den Angehörigen verschiedener Gruppen auffallende Baueigentümlichkeiten ergab, welche eine sichere Unterscheidung und systematische Charakterisierung erlauben, vermisst man derartige typische Merkmale in der Zusammensetzung des zentralen, stets in Einzahl vorhandenen Leitbündels. Obwohl auf den ersten Blick die Anordnung der Bündelelemente als eine äusserst wechselvolle erscheint, was BISCHOFF bereits 1828 bemerkte, indem er schrieb, dass "die Gefässe auf mannigfache Weise, jedoch gewöhnlich nach einer gewissen symmetrischen Anordnung, verteilt sind". Betrachtet man aber eine grössere Anzahl von Bündeln, so findet man, dass alle die vorkommenden Formen, so verschieden sie auf den ersten Blick auch erscheinen mögen, auf den radialen Typus zurückzuführen sind. Besonders deutlich tritt dies hervor, wenn man die Anordnung der Xylemprimanen genauer ins Auge fasst. Man sieht dann die einzelnen Gruppen auf einem Kreise nahe der Peripherie des Bündels angeordnet; gegen die

Mitte des Bündels hin nehmen dann die Elemente an Grösse zu und, je nachdem die Verbindung der einzelnen Gruppen unter einander erfolgt, ergibt sich eine grosse Mannigfaltigkeit in der Anordnung des Holzteils. Bei den aufrecht wachsenden oder frei herabhängenden Formen der Verwandtschaftskreise Salago und Phlegmaria (Fig. 1, 2, 15) und in den Axen des *L. inundatum* und seiner Verwandten (Fig. 4, 15) macht sich die Tendenz zu einer sternförmigen Anordnung der Xylemstränge geltend, welche dadurch zu Stande kommt, dass die Ausbildung der Tracheiden von den Primänen ausgehend, in zentripetaler Richtung fortschreitet; doch muss nicht immer eine Vereinigung aller Stränge im Zentrum stattfinden. Vielfach bleibt der eine oder andere Strang isoliert oder es treten nur zwei oder mehrere benachbarte Stränge in Verbindung ohne je die Mitte des Bündels zu erreichen. Es ist einleuchtend, dass unter diesen Umständen die Ansichten von Stengelquerschnitten äusserst wechselvolle Bilder ergeben müssen. Diese Verhältnisse sind bei *L. Selago* durch die Untersuchungen CRAMERS bereits seit langem bekannt und von HEGELMAIER, welcher sie auch für *L. inundatum* angibt, bestätigt worden. LINSBAUER hat einige tropische Arten (*L. Phlegmaria*, *L. filiforme*, *L. nummularifolium*, *L. serratum*) aus diesen Gruppen untersucht und einen entsprechenden Bau des Leitbündels gefunden. Neuere Arbeiten von SINNOTT über *L. lucidulum* und *L. Biglovii* und von HOLLOWAY über *L. Billardieri*, sowie eine vergleichend-anatomische Untersuchung HILLS, welche *L. carinatum*, *L. varium* und *L. Holstii* als noch nicht beschriebene Arten enthält, führten zu analogen Ergebnissen, die ich bei einer weiteren Anzahl von Arten (vgl. Tabelle der untersuchten Arten) bestätigen konnte. Eine ebenfalls annähernd sternförmige Anordnung der Xylemstränge findet sich in den Axen höherer Ordnung, bei den Angehörigen der Gruppen Clavatum und Complanatum (vgl. Fig. 8). Dagegen zeigen die Hauptaxen dieser Formen eine typische dorsiventrale Ausbildung des Holzteils. Dies ist für die einheimischen Arten (*L. clavatum*, *L. annotinum*, *L. complanatum*, *L. alpinum*) bereits durch die Untersuchungen von SACHS, NAEGELI und HEGELMAIER bekannt geworden, für tropische Formen wurde der dorsiventrale Bau von LINSBAUER für *L. volubile*, von BOODLE für *L. scaricosum*, von JONES für *L. obscurum* und von HOLLOWAY für *L. densum* erstmals beschrieben. Von den von mir untersuchten Arten fügen sich diesem Typus an bisher noch nicht beschriebenen Arten neben den Varietäten des *L. clavatum* noch *L. contiguum* und *L. spurium* aus der Clavatumgruppe und *L. Fuscettii*, *L. Jussiaei* und *L. Magellanicum* aus der Complanatumgruppe. Die einzelnen Stränge des Xylems (Fig. 3, 6, 16) ordnen sich hier zu Platten, welche in Ebenen angeordnet sind, die mit der Ebene des Substrats, auf welchem die Axen kriechen, parallel liegen. Gewöhnlich sind aber die obersten Platten etwas konvex nach innen gebogen, nicht selten bleibt der median oben liegende Xylemstrang isoliert. Die zu unterst liegenden Xylemstränge zeigen häufig eine wenig regelmässige Anordnung; hier kommen besonders oft Kommunikationen der Stränge mit der darüber liegenden Xylemplatte zu Stande. Auf Grund dieser Verschiedenheiten kann man meist Ober- und Unterseite am Stengelquerschnitt unterscheiden. Diese Unterscheidung wird einem noch erleichtert, wenn man gleichzeitig den Rindenkörper betrachtet. Es zeigt sich nämlich, dass auf der Oberseite gewöhnlich mehr Ausbuchtungen der Stengelperipherie, den Basen der Blätter entsprechend, auftreten als auf der Unterseite. Bedeutende Störungen im Verlauf der Xylembänder ergeben sich beim Abgang der Wurzel. Deshalb sind auch häufig die dem Boden zunächst gelegenen Platten besonders unregelmässig und oft auf die verschiedenste Weise mit einander verschlungen. Der ganze Bündelkörper aber gerät in Unordnung bei der Verzweigung der Stämme (Fig. 9), welche wiederum auf verschiedene Weise vor sich gehen kann, worauf ich aber gesondert zu sprechen kommen werde. Als dritten Bündeltyp kann man schliesslich jenen von *Lycopodium cernuum* bezeichnen, welcher für *L. cernuum* erstmals von POTONIE, für *L. salakense* von JONES beschrieben wurde. Diese Art zeichnet sich aus durch die Regelmässigkeit in der Anordnung der Bündelelemente (Fig. 5). Man findet hier das Xylem in Form kleiner Nester zwischen die Phloemgruppen eingestreut; niemals konnte ich eine sternförmige oder plattenförmige Anordnung beobachten, auch nicht an den am Boden kriechenden Ausläufern, wie sie bei *L. curvatum* sich finden.

Bei allen diesen Bündeltypen kann man den Holzteil mit Phloroglucinsalzsäure

sehr schön rot färben, (eine Reaktion, welcher sich bereits LINSBAUER bei seinen Untersuchungen mit Erfolg bediente). An derartig behandelten Präparaten ist der Siebteil ebenfalls gut zu sehen, welcher auch ohne Färbung durch die stark lichtbrechenden Wände seiner Zellen sehr deutlich hervortritt. Bei Behandlung mit Chlorzinkjod konnte ich zwar in den meisten Fällen eine Bläumung des Phloems, wenn auch oft erst nach längerer Zeit, feststellen, doch versagt die Reaktion manchmal an älteren Stengeln. Der Siebteil ist bei den Arten mit plattförmigem Xylem ebenfalls in Form von Platten zwischen den Holzteilen gelagert; bei den Angehörigen des Verwandtschaftskreises *Selago*, *Phlegmaria* und *Inundatum* füllt er dagegen den Platz zwischen dem annähernd radial gestellten Xylem aus, während er bei *L. cernuum* und seinen Verwandten ohne eine bestimmte Anordnung erkennen zu lassen, die Zwischenräume zwischen den Elementen des Holzteils füllt. Meist setzt sich das Phloem, worauf bereits DIPPEL, SACHS und HEGELMAIER hinweisen, aus Zellen von zweierlei Grösse zusammen: die unmittelbar an das Xylem anschliessenden, von HEGELMAIER als Vasalparenchym und die darauffolgenden, als Cibralpyrenchym bezeichneten Schichten bestehen aus relativ englumigen Elementen; die Mitte wird jedoch von grösseren Zellen eingenommen, in denen, im Gegensatz zu den mit gelb bis braun gefärbten Stoffen erfüllten erstgenannten Zellschichten, keine festen Inhaltskörper finden konnte. Die chemische Zusammensetzung dieser Stoffe aufzuklären war mir aber am getrockneten Herbarmaterial leider nicht mehr möglich. Doch lassen sich nicht immer alle diese Schichten im Phloem erkennen; so kann bald diese, bald jene fehlen. Während bei denjenigen Formen der Gruppe *Selago* und *Phlegmaria*, welche stark entwickelte Bündel haben (z.B. *L. Brongniartii*, *L. Lützelburgii* u.a.) und in den kriechenden Stengeln der Verwandtschaftskreise des *L. clavatum* und *complanatum* dieselben meist deutlich zu unterscheiden sind, kann man in den Axen höherer Ordnung letzterer, sowie bei den Formen mit schwach entwickelten Bündeln bei ersten Gruppen (z.B. *L. verticillatum*, *L. oruentum*) und bei den Angehörigen der Gruppe *inundatum* meist nur Zellen von gleichmässiger Grösse und Dicke der Membranen unterscheiden. Der Unterschied der beiden hier miteinander gemischten Elemente scheint also, wie auch HEGELMAIER annimmt, ein ziemlich unwesentlicher zu sein; die Erweiterung bestimmter Zellen hängt offenbar nur ab von der stärkeren Entwicklung des Holzkörpers. Doch konnte ich in der chemischen Beschaffenheit der Membranen ganz allgemein einen Unterschied zwischen den einzelnen Zellen des Phloems erkennen. Versucht man nämlich die Schnitte mit einer Jod-Jodkaliumpflösung zu färben, ohne dass man, wie es bei der gewöhnlichen Cellulosreaktion üblich ist, Schwefelsäure zusetzt, so färben sich stets die in der Mitte jeder Phloemgruppe gelegenen Zellen, bei den Arten mit verschiedenen grossen Phloemzellen sind es die grösseren, schon nach kurzer Zeit blaugrün. Die Membranen dieser Zellen enthalten also jenen Stoff, den ZIEGENSPECK als Amyloid bezeichnet und den er für unser einheimisches *L. clavatum* bereits beschrieben hat. Den Aussenrand des Bündels bilden dann noch einige weitere Reihen von Zellen mit ebenfalls stark lichtbrechenden Membranen; vor den Primanen der Bündel ist diese Scheide, welche man wohl als Perizykel bezeichnen kann, oft bis auf eine Zellschicht verschmälert +).

Der anatomische Bau der Blätter ist bei den *Lycopodium*-Arten ebenfalls ein ziemlich gleichförmiger. Trotzdem lassen sich einige charakteristische Formen erkennen, aber es findet sich der gleiche Typ auch bei Arten, die eine bedeutende Verschiedenheit im Bau des Stengels zeigen. Die Epidermis des Blattes stimmt meist bei ein und derselben Art mit jener des Stengels überein, doch sind die Epidermiszellen meist gewellt, während sie am Stengel in Richtung der Längsaxe gestreckt sind, auf welche Unterschiede bereits HEGELMAIER und LINSBAUER hinweisen. Weitere Unterschiede ergeben sich manchmal in der Ausbildung auf der Ober- und

+) WEISS, F.E. On the Phloem of *Lepidophloios* and *Lepidodendron* Mem. and Proced of the Manchester Literary and Arts Soc. 45, Part. III, 1901.

Hier Notizen über das Fehlen von Siebplatten.

Unterseite. So kann man bei *L. compactum* und *L. erythraeum* beobachten, dass zwar überall die Außenwände der Epidermiszellen stark verdickt sind, dass dagegen die Innenwände auf der Unterseite eine bedeutendere Verstärkung erfahren haben als auf der Oberseite. Auch der rote Farbstoff, der in diesen stark verdickten Zellmembranen sich findet, ist auf der Unterseite bei weitem stärker entwickelt als oben. Diese Bevorzugung der Blattunterseite findet ihre Erklärung darin, dass die Blätter, welche sehr dicht stehen und allseits den Stengel bedecken, steil aufgerichtet sind und deshalb die morphologische Unterseite nach aussen kehren, während die Oberseite, welche dem Stengel zugewandt ist, eine mehr geschützte Lage hat. Die steile Aufrichtung der Blattspreiten mag wohl eine zu starke Beleuchtung und Erwärmung zur Zeit des höchsten Sonnenstandes verhindern, wodurch einer Zerstörung des Chlorophylls vorgebeugt wird; zu einer analogen Auffassung kam auch ERIKSON, welcher bei *L. erythraeum* und *L. rufescens* den roten Farbstoff in der Membran nachweist. Möglicherweise kommt dem roten Farbstoff Bedeutung zur Wärmebindung während der kühlen Stunden des Tages zu; er hat seinen Sitz in der Zellwand und lässt sich durch Alkohol ausziehen, sowie mit JAVELLESCHER LAUGE bleichen. Schwefelsäure bewirkt zunächst eine Braunfärbung, schliesslich nimmt die Membran ein schwach gelbliches Aussehen an, welches von vorhandenen Gerbstoffen bzw. deren Oxydationsprodukten herrührt, wie eine Schwarzfärbung mit Eisenchlorid beweist. Bei einigen Arten, z.B. *L. cernuum*, *L. Nettoianum*, *L. reflexum* sind zwischen die Epidermiszellen Haare eingeschaltet. Meist sind sie einzellig, daneben kommen aber auch mehrzellige Haare vor. Des Öfteren findet man sie zu zwei und mehreren in Gruppen vereinigt. Auf Flächenansichten von mit JAVELLESCHER LAUGE aufgehellt Blättern kann man die Anordnung der Spaltöffnungen sehr deutlich sehen. Dieselben finden sich zwischen den mit gewellten Wänden versehenen Epidermiszellen eingespreut. Über den Mittelnerven fehlen sie gewöhnlich, worauf bereits ERIKSON hinweist. Dort sind die Epidermiszellen auch in Richtung des Nervs lang gestreckt, während sie sonst meist eine mehr unregelmässige Gestalt besitzen. Doch kommen auch Arten vor, wie *L. cernuum*, *L. Bolivianum* u.a., bei welchen die sämtlichen Epidermiszellen jene Gestalt zeigen, welche sonst nur den unmittelbar über dem Nerv liegenden zukommt. Betreffs der Verteilung der Spaltöffnungen lassen sich allgemeine Angaben nicht machen. Bei den von mir untersuchten Arten der Gruppe Phlegmaria konnte ich beobachten, dass die Spaltöffnungen auf der Unterseite der ausgebildeten Blätter erheblich zahlreicher vorhanden waren als oberseits. *L. erythraeum* und *L. compactum* zeigen gerade die umgekehrten Verhältnisse. Hier werden die Spaltöffnungen auf der Unterseite ganz vermisst, während die Oberseite eine sehr bedeutende Anzahl besitzt. Dieses abnorme Verhalten findet aber seine Erklärung in der steil aufgerichteten Stellung der Blätter, welche, wie bereits erwähnt, die Oberseite des Blattes fest gegen den Stamm drückt, während die Unterseite frei nach aussen zu liegen kommt, also der direkten Bestrahlung ausgesetzt ist. Bei den meisten Arten sind jedoch die Spaltöffnungen auf beiden Seiten in annähernd gleicher Zahl vorhanden, wobei häufig die Blattspitze durch besonders reichliche ausgezeichnet ist. - Besonders auffallend sind die radialen Verdickungsleisten, welche sich bei einigen Arten an den Schliesszellen vorfinden. LINSBAUER gibt dieselben für *L. Phlegmaria* und *L. filiforme* an, ich konnte sie an einer weiteren Anzahl von Arten feststellen; am besten und schönsten sind dieselben zu beobachten bei *L. boliviannum* (Fig. 8 links, Mitte), bei welchem auch die Tüpfel in den Epidermwänden besonders deutlich sind. Ausser an dieser Art habe ich diese Verdickungsleisten an den Schliesszellen noch bei *L. quadroupium*, *L. subulatum* und *L. callitrichae folium* gesehen. Meine anfängliche Vermutung, dass dieselben charakteristisch für die Gruppe des *L. Phlegmaria* sein könnten (alle von mir untersuchten Arten aus dieser Gruppe zeigen dieselben, auch die von LINSBAUER untersuchten Arten gehörten dieser Gruppe an), hat sich aber nicht bestätigt, denn ausser bei dem schon erwähnten *L. boliviannum* fand ich dieselben noch bei *L. Brongniartii* und *L. linifolium*. Diese Leisten beginnen auf der dem Spalt zugewandten Seite, wo sie untereinander in Verbindung stehen und so einen Ringwall bilden. Einige dieser, in radialer Richtung ausstrahlenden Leisten erreichen

chen die innere Wand der Schließzelle. Die meisten hingegen verflachen sich nach aussen und verschwinden so allmählig, meist, nachdem sie sich vorher noch gegabelt haben.

Das Assimilationsgewebe ist bei einer Reihe von Arten ziemlich gleichförmig gebaut, ein Unterschied zwischen Ober- und Unterseite dann gewöhnlich nicht zu erkennen. Bei den Angehörigen der Gruppen Cernuum und Inundatum (Fig. 7 oben), sowie bei einigen Arten aus dem Formenkreis Selago und Phlegmaria besteht das Mesenchym aus im Querschnitt runden Zellen, welche grosse Intercellularräume zwischen sich lassen. Die Wände des Parenchyms setzen sich aus Kohlehydrat-Lamellen zusammen, was die violette Farbe, welche sie nach Behandlung mit Chlorzinkjod annehmen, beweist. Das Chlorophyll ist in der oberen Hälfte des Blattes oft reichlicher vorhanden als unterseits, sodass schon dadurch eine gewisse Dorsiventralität erreicht wird, welche durch die stärkere Verdickung der Epidermisoberseite, welche sich bei vielen Arten findet, noch ausgeprägter erscheint. Vielfach finden sich aber gerade in der Gruppe des L. Selago sehr unregelmäßig gestaltete Zellformen, die dadurch zu Stande kommen, dass die Zellen nicht die gewöhnliche zylinderförmige Gestalt haben, sondern vielfach Ausbuchtungen zeigen und meist nicht in Richtung des Blattnervs angeordnet sind, sondern schräg von innen nach aussen verlaufen. Dazu kommt noch eine sehr unregelmäßige Anordnung der Intercellularräume, sodass schliesslich ganz eigenartige Bilder von Blattquerschnitten sich ergeben, wie dies aus den Abbildungen ERIKSONS deutlich hervorgeht. Während einige Formen, wie L. Lützelburgii, L. verticillatum, L. boliviaram (Fig. 7 Mitte) eine sehr regelmäßige Anordnung des Mesophylls zeigen, lassen andere, z.B. L. Brongniartii, diese Anordnung zwar noch in der Nähe der Mittelrippe erkennen, zeigen jedoch gegen den Rand zu eine mehr verworrene Anordnung der Parenchymzellen. Diese Unordnung greift dann bei gewissen Arten (L. erythrasum, L. compactum Fig. 7 unten) auf alle Zellen des eigentlichen Assimilationsgewebes über, sodass man dort häufig ganz unregelmäßig gestaltete Zellformen findet. Unterschiede zwischen den erwähnten Gruppen ergeben sich bei Betrachtung des den Nerv umgebenden Gewebes. Bei L. cernuum, L. alopecuroides und deren Verwandten (vgl. Fig. 7 oben) liegt unter dem Nerv ein Schleimgang, welcher von besonders dünnwandigen Zellen umgeben wird, denen das Chlorophyll entweder völlig fehlt oder die, mit dem angrenzenden Parenchym verglichen, doch nur ganz wenig davon enthalten. Dieser Schleimgang wurde für L. inundatum und L. alopecuroides bereits von HEGELMAIER, bei L. laterale von ERIKSON angegeben; Bei L. contextum, das nach seinem übrigen anatomischen Bau am besten hier anzugliedern ist, konnte ich jedoch keine Schleimhöhle auffinden. Die Arten der Gruppen Selago und Phlegmaria dagegen entbehren dieses Schleimgangs, dafür sind die Zellen, welche den Leitstrang umgeben, durch ihre besondere Gestalt auffallend (Fig. 7, Mitte und unten). Sie sind stärker verdickt als die übrigen Mesophyllzellen, auch enthalten sie kein Chlorophyll und zeigen oft eine schwach gelbliche Färbung. Dieses Gewebe aus prosenchymatischen Elementen, welches das Leitbündel umgibt, wird von LINSBAUER bereits erwähnt. Die Wände dieser Zellen sind mit Tüpfeln versehen, welche besonders an den zugespitzten Enden zahlreich sind. Meist geben sie mit Chlorzinkjod die Zellulose-Reaktion: manchmal sind sie aber durch Gerbstoffe gelb gefärbt und man erhält dann unter Umständen keine violette Farbe mit Chlorzinkjod. Niemals konnte ich aber eine Rotfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure erhalten, so dass die Anwesenheit von Holzstoff in den Membranen als ausgeschlossen gelten darf, zumal die Färbung des Leitbündels stets eine Kontrolle erlaubt. Möglicherweise handelt es sich hier um ein Transfusionsgewebe, dem neben der Funktion als Stützgewebe noch eine Bedeutung als Wasserspeicher zukommt. In seinem chemischen Verhalten charakteristisch unterschieden von dem Verhalten dieses "Transfusionsgewebes" der Gruppe Selago - Phlegmaria ist ein, im Querschnitt ähnlich aussehendes Gewebe, welches die Mittelrippe bei L. clavatum und seinen Verwandten umgibt (Fig. 8 oben). Zwar handelt es sich hier wie dort um Zellen mit stark verdickten Membranen, welche fest zusammenschliessen, ohne Intercellularen zwischen sich zu lassen; aber dieses Festigungsgewebe gibt die Holzreaktion. Da ich dieselbe bei den Arten des Formenkreises des L. clavatum stets erhalten habe, dagegen niemals bei den Angehö-

rigen der bisher besprochenen Gruppen, so kann man dieses Merkmal in Verbindung mit anderen anatomischen Eigentümlichkeiten wohl zur Abgrenzung der einzelnen systematischen Gruppen verwenden. Nach aussen zu wird dieses Gewebe von einem Mantel von dünnwandigen, in der Jugend die Zellulose-Reaktion zeigenden Parenchymzellen umgeben, welche Chlorophyll enthalten und als Assimilationsgewebe funktionieren. An älteren Blättern erweisen sich jedoch die Zellen des Assimilationsgewebes ebenfalls als schwach verholzt. Während bei den bis jetzt beschriebenen Typen ein Unterschied der Ober- und Unterseite des Blattes entweder überhaupt nicht oder doch nur in der Anordnung des Chlorophylls, der Verdickung der Epidermiszellen und in schwächerem Masse vielleicht auch in der Verteilung der Intercellularräume zu erkennen war, zeigen die Angehörigen der Gruppe *L. complanatum*, was für die einheimischen Arten dieser Gruppe von HEGELMAIER, für einige tropische Formen von LINNSBAUER und ERIKSON bereits beschrieben wurde, eine deutliche dorsiventrale Ausbildung ihrer Blattspreiten. Bei den Blättern, welche den kriechenden Spross bedekken, mussert sich diese Dorsiventralität vor allem in der Lage des Leitbündels. Dies ist der planen Oberseite des Blattes, welche dem Stengel angedrückt ist, viel näher als der nach aussen gekehrten konvexen Unterseite (vgl. Fig. 16 oben). Bei den Blättern, welche an den Axen höherer Ordnung inseriert sind, kommt dazu noch ein Unterschied in der Ausbildung des Mesophylls auf Ober- und Unterseite (Fig. 8 unten rechts). Am schönsten konnte ich dies an einem, mir von Herrn Geheimrat von GOEBEL liebenswürdigster Weise überlassenen, in Alkohol konservierten Material von *L. scariosum* aus Java beobachten. Hier folgte auf die Epidermis der Blattoberseite ein 1 bis 2 Schichten mächtiges Palissadenparenchym, dessen Zellen reichlich Chlorophyll enthielten und wenig Intercellularen zwischen sich liessen. Nach unten ging es dann allmählig in ein lockeres, lufthaltiges Gewebe über. Die Zellen dieses Schwammparenchyms erstreckten sich in radialer Richtung von der Blattoberfläche gegen das zentrale Leitbündel des Stammes, mit welchem die Blattbasen verschmolzen waren. Die Zellen zeigten im jugendlichen Stadium die Zellulose-Reaktion; später tritt aber Verholzung ein und dann erhält man mit Chlorzinkjod keine Violettfärbung mehr. Für *L. Jussiaei* und *L. annotinum* hat bereits ERIKSON nachgewiesen, dass an älteren Blättern eine Verholzung der ursprünglich aus reinen Kohlehydrat-Lameilen bestehenden Membranen des Assimilationsparenchyms eintritt. Die dorsiventrale Ausbildung macht sich natürlich auch bemerkbar durch einen Größenunterschied der Blätter auf der Ober- und Unterseite; in ihrem anatomischen Bau jedoch stimmen die selben überein. Durch das Vorkommen von Anisophylie erinnert *L. carolinianum* an die eben erwähnte Gruppe, mit welcher es BAKER daher auch in seinem Subgenus *Diphasium* vereinigt. Der anatomische Bau des Blattes zeigt aber vielmehr Ähnlichkeit mit jenem der Formen aus der *Inundatum - Cernuum*-Gruppe, von welcher es sich aber durch das Fehlen der Schleimhöhle unterscheidet. Das Mesophyll besteht bei *L. carolinianum* aus im Querschnitt runden Zellen, welche reichlich Chlorophyll enthalten und Intercellularen zwischen sich lassen. Alle Zellen zeigen aber annähernd dieselbe Gestalt und sind sämtlich in Richtung des Nerven lang gestreckt, sodass sich schon hierdurch ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Dorsiventralformen, wie sie in der Gruppe *Complanatum* zusammengefasst werden, ergibt.

Die Mitte des Blattes wird bei allen Formen von einem Leitstrang eingenommen, welcher bei Querschnitten, welche etwa in der Mitte zwischen Blattbasis und -Spitze gemacht werden, stets nur mehr Tracheiden erkennen lässt, während vom Phloem nichts mehr zu sehen ist. Eine Behandlung des Schnittes mit Phloroglucin-Salzsäure lässt das Bündel deutlich rot hervortreten. Die Tracheiden sind im Blatt bereits sehr englumig und erinnern in ihrer Gestalt an die Xylemprimanen des Stengelbündels. Erwähnung verdient auch ein abnormer Fall, den ich bei *L. suberectum* beobachten konnte, wo anstatt des üblichen einen Leitstrangs deren zwei vorhanden waren, beide von gemeinsamem "Transfusionsgewebe" umgeben (Fig. 8 links unten).

Bedeutende Abweichungen vom beschriebenen Bau der Sprossachse ergeben sich bei deren Verzweigung. Besonders der zentrale Leitstrang wird stark in Mitleidenschaft gezogen; die einfachsten Verhältnisse zeigen jene Formen, deren Sprosse in annä-

hernd vertikaler Lage sich befinden, also die aufrecht wachsenden Arten aus dem Verwandtschaftskreis des *L. Selago* und die Epiphyten der Gruppen *Selago* und *Phlegmaria*. Bei diesen Formen ist eine ziemlich genaue Halbierung der Elemente die Regel. Daher kommt es, dass man nach eingetretener Trennung der Gefässbündel, welche kurze Zeit gemeinsam im Stengel verlaufen, die Gefässprimanen-Gruppen in gleicher Zahl und Grösse in beiden Leitsträngen neben einander beobachten kann. So konnte ich beispielsweise an *L. callitrichasfolium* zuerst vier Gruppen Xylemprimanen beobachten; diese teilten sich und nachher zählte jeder Stamm ebenfalls vier solcher Gruppen. An *L. Lützelburgii* konnte ich zunächst zehn solcher Xylemprimabündel beobachten, nach der Teilung zählte jeder Leitstrang noch sechs Bündel; bei *L. verticillatum* (Fig. 9 links oben) zeigte der ungeteilte Stamm fünf Primanengruppen, nach der Gabelung hatte der eine Seitenast sechs, der andere fünf; auch hier ist also eine ungefähre Halbierung eingetreten. Diese Werte können aber lediglich die vorkommenden Verhältnisse näher erläutern, eine allgemeine Giltigkeit kann man ihnen indess nicht zusprechen, da die Zahl dieser Elemente eine ausserordentlich wechselnde ist; diese wechselt schon innerhalb des Verlaufs des Bündels in ein und derselben Pflanze und zeigt erst recht Unterschiede bei verschieden stark entwickelten Pflanzen. Man darf daher die angegebenen Zahlen keineswegs als charakteristisch für die betreffende Art halten. Man kann diese Verhältnisse am besten überblicken, wenn man den Mutterstamm einige Zeit vor der Gabelung, die beiden Tochteraxen einige Zeit nachher beobachtet. Dagegen erweisen sich unmittelbar vor der Gabelungsstelle geführte Schnitte ebenso wie die Bilder, welche sich bei Schnitten, die kurz nach der Gabelungsstelle geführt sind, ergaben, als wenig geeignet zur Beurteilung dieser Verhältnisse. Es zeigt sich nämlich, dass in einiger Entfernung von der Gabelungsstelle die Stränge meist in Unordnung geraten, es treten Anastomosen der einzelnen Bündelstränge unter einander ein und erschweren oft die Zählung der ursprünglich vorhandenen Primanengruppen. Auch kurz nach erfolgter Teilung sind die Elemente der abgeteilten Bündel noch nicht in der typischen sternförmigen Weise angeordnet, da auch hier vielfach Verbindungen der einzelnen Bündelstränge auftreten. Allgemein lässt sich sagen, dass man an den Gabelstellen, welche der Basis am nächsten gelegen sind, eine ziemlich genaue Zweiteilung des Gefässbündelkörpers beobachten kann, sodass jede der beiden Tochteraxen die gleiche Zahl von Gefässelementen erhält. Die Axen höherer Ordnung dagegen zeichnen sich durch eine geringere Anzahl von Elementen aus. Hier teilen sich dann nicht mehr alle vorhandenen Leitstränge, sondern nur mehr einige von ihnen, sodass bei Halbierung des ganzen Gefässtils auf jede Tochteraxe weniger Elemente kommen als die Mutteraxe ursprünglich besass. Auf diese Weise lassen sich die erwähnten Zahlenverhältnisse erklären. Bei *L. callitrichasfolium* und *L. verticillatum* handelte es sich um Schnitte, die nahe der Basis ausgeführt wurden, während bei *L. Lützelburgii* eine Stelle höher am Stamm getroffen wurde. Erschwert wird die Übersicht durch die Tatsache, dass diese Teilungen meist mit Kommunikationen der einzelnen Stränge untereinander verbunden sind. Neben der auftretenden Unordnung im Gefässbündelkörper macht sich der Anfang der Teilung auch durch dessen Form bemerkbar. Während nämlich der Querschnitt des Bündels im ungestörten Zustand ein nahezu kreisförmiger ist, findet man zu Zeiten der Gabelung meist eine elliptische Gestalt des Bündelkörpers, wobei die beiden Brennpunkte der Ellipse den Zentren der neu zu bildenden Sekundärbündel entsprechen. Ist einmal die Durchleitung der Xylemstränge erfolgt - die Phloemteile verhalten sich natürlich ebenso, doch lassen sich auf gefärbten Präparaten die verholzten Elemente des Xylems deutlicher hervorheben, weshalb dieselben bei Besprechung der vorliegenden Fälle immer besonders betont wurden, so beginnt sich die Endodermis einzubuchen und zwar zuerst an den Punkten, welche den Durchstosspunkten der kleinen Axe der Ellipse mit dieser selbst entsprechen. Die Endodermis greift schliesslich immer tiefer und endlich tritt eine Vereinigung der von beiden Seiten aufeinander zustrebenden Endodermis-Ausbuchtungen ein, welcher dann ein seitliches Auseinandergehen folgt, sodass man zwei Leitbündel, jedes von einer Endodermis umhüllt und durch dazwischen liegendes Parenchym getrennt, am Stengel sehen kann. Eine analoge Gestaltsverände-

rung wie der Umriss des Leitbündels erfährt der Umriss des gesamten Sprosses. Auch hier verwandelt sich der kreisförmige Umfang in einen ovalen, ebenso treten die Einbuchtungen auf, welche sich gegenseitig nähern, um sich schliesslich in der Mitte zu treffen, wodurch eine vollständige Trennung eintritt. Ein interessantes Verhalten zeigte sich bei Betrachtung des Parenchymgewebes bei *L. Selago*. Kurz vor dem endgültigen Auseinanderweichen der beiden Sprosse findet man an der Stelle, an welcher später die Trennung erfolgt, die Parenchymzellen in derselben Weise verdickt, wie an der Peripherie; auch zeigen sich die Wände gelblich gefärbt durch eingelagerte Gerbstoffe. Dieses "Festigungsgewebe" soll wohl einem Einreissen des Stammes an der Gabelstelle vorbeugen.

Wesentlich abweichend von diesen Verhältnissen sind jene, wie sie bei den Arten sich finden, welche durch den Besitz einer weithin kriechenden Hauptaxe, von welcher schwächere Seitenachsen abzweigen, ausgezeichnet sind. Bei den hierher gehörigen Formen aus den Gruppen *Clavatum*, *Complanatum*, *Cernuum* und *Inundatum* kann man nach der Teilung eine Verschiedenheit in der Grösse der beiden entstandenen Bündel beobachten, sodass man stets sagen kann, welches der Hauptaxe angehört und welches für die abzweigende Seitenaxe erster Ordnung bestimmt ist. Dabei bleibt sogar oft die Zahl der Xylemprimanengruppen im Hauptast vor und nach der Teilung die gleiche, was ich z. F. an *L. magellanicum* (Fig. 9 rechts oben) sehen konnte, wo zunächst neun Xylemprimanengruppen vorhanden waren; nach der Gabelung hatte der Hauptstamm ebenfalls neun, die Seitenachse erster Ordnung dagegen nur sechs. Bei *L. vestitum* konnte ich zunächst zwölf Xylemprimanengruppen beobachten; nach Abgang der Axe erster Ordnung zählte der Hauptstamm ebenfalls zwölf, die Tochteraxe dagegen nur acht. Bei weiteren Verzweigungen der Seitenzweige tritt dann aber eine Verringerung in der Zahl der vorhandenen Xylem- und natürlich auch der Phloemteile ein, wobei aber gewöhnlich die abgehenden Seitenachsen höherer Ordnung weniger erhalten, als deren Mutteraxe. An *L. trichiatum* z. B. zählte ich anfangs zwölf Gruppen von Xylemprimanonen. Diese teilten sich auf, die grössere Axe erhielt neun, die kleinere deren sechs. Im weiteren Verlauf der Teilung wurden die sechs Primanengruppen so verteilt, dass die grössere Axe ihre sechs behielt, während die davon abzweigenden nächsten Seitenachsen, diejenigen letzter Ordnung, nur mehr vier enthielten. Auch JONES beschreibt für *L. clavatum* eine geringere Anzahl von Protoxylem-Gruppen in den Axen höherer Ordnung als im Hauptstamm. Für *L. volubile* und *L. scariosum* gibt BODDLE ebenfalls eine Reduktion in Grösse und Zusammensetzung der Stele an, speziell für *L. volubile* werden als Zahlen der Protoxylem-Gruppen für eine Anzahl aufeinander folgender Verzweigungen siebzehn, vierzehn, acht und sieben genannt. Ähnliche Zahlen ergeben sich bei *L. curvatum*. Hier zählte ich am Hauptstamm zwanzig Xylemprimanenbündel; nach der Verzweigung zeigte der Hauptstamm dieselbe Zahl, die Seitenachsen erster Ordnung enthielten aber nur mehr zehn. Dazu waren diese letzteren bedeutend kleiner als jene der Hauptaxe. Weiterhin ergab sich, dass die zehn Primanengruppen des Astes erster Ordnung sich in je acht in den Ästen zweiter Ordnung aufteilten. Diese ergaben wiederum jeweils drei Gruppen von Xylemexemplaren in der Axe dritter Ordnung, mit welcher die Verzweigung an der von mir geschilderten Pflanze abschloss. Dieses Beispiel des *L. curvatum* zeigt deutlich, dass zunächst bei der ersten und zweiten Verzweigung eine Teilung einer bestimmten Anzahl, aber nicht aller, der vorhandenen Xylemgruppen stattgefunden hat, dass aber weiterhin bei der letzten Verzweigung eine Verschmelzung von Xylembündeln sich zeigt, wie ich dies auch am Querschnitt beobachten konnte; denn bei annähernder Halbierung müssten ja aus den acht Xylemgruppen der Axen zweiter Ordnung auf jede Tochteraxe vier derselben treffen, während tatsächlich nur drei vorhanden sind. Folglich müssen zwei mit einander verschmolzen sein, wie das der Querschnitt auch zeigt, wo man beobachtet, dass sich eine der vorhandenen Primanengruppen an eine andere anlehnt und schliesslich ganz in dieselben übergeht. Können schon die Verhältnisse bei *L. curvatum* als eine Annäherung an jene der Gruppe *Selago - Phlegmaria* gedeutet werden insofern, als hier bereits sehr bald eine Gabelung in den Seitenachsen eintritt, wobei die Xylem-Gruppen in gleichmässiger Weise auf beide Äste verteilt werden, so gilt dies in

noch höherem Massse für die Angehörigen der Gruppe des *L. inundatum*. Hier macht sich bereits eine starke Aufteilung der Elemente des Hauptstamms bemerkbar, doch lassen sich stets Haupt- und Nebenaxe deutlich unterscheiden. Bei *L. alopecuroides* z.B. konnte ich am ungeteilten Stamm 25 Xylemprimanen-Gruppen beobachten, nach der Gabelung zeigte der kriechende Spross noch siebzehn solcher Gruppen, der fertile Ast deren dreizehn. Hier nähern sich also die beiden Bündel in der Zahl der in ihnen enthaltenen Xylem- und Phloemstränge schon sehr bedeutend, wenngleich auch keine Gleichheit erreicht ist, wie dies bei *L. Selago* und Verwandten der Fall ist. Nicht immer müssen aber die Elemente des Hauptstamms in der eben angegebenen Weise aufgeteilt werden. Es kann auch der Fall vorkommen, dass der Hauptstamm nach der Gabelung dieselbe Zahl von Protoxylemgruppen beibehält, die er vorher besessen hat. Dann zeigt sich aber, dass der abzweigende fertile Ast auch eine ziemlich beträchtliche Anzahl von solchen Gruppen erhält. Ich habe dies an einem anderen Exemplar von *L. alopecuroides* beobachtet (Fig. 9 unten), bei welchem der Hauptstamm durchweg sechzehn Protoxylembündel zählte, der abgehende fertile Ast deren vierzehn. Macht sich also bei der Abzweigung der Sporophyllaxe eine bedeutende Annäherung an eine genaue Halbierung der beteiligten Elemente geltend, so kann man dies keineswegs beim Anzug der kleinen, rein vegetativ weiter wachsenden Seitenzweige erkennen. Ich konnte an dem zuletzt beschriebenen Exemplar beobachten, dass jeder Seitenast nur acht Protoxylem-Gruppen erhielt, während der Hauptstamm konstant deren sechzehn zählte. Diese beiden Beispiele einer und derselben Art zeigen wie gross die Differenzen in der Zahl der Gefässsteile sein können und wie wenig man daher berechtigt ist, diese Zahlenwerte als typisch für eine Art zu betrachten. Dem Typus des *L. alopecuroides* schliesst sich völlig *L. carolinianum* an, das ja auch im übrigen Bau des Stengels die grösste Ähnlichkeit mit den Formen der *Inundatum*-Gruppe zeigt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei der Verzweigung des Sprosssystems sowohl echte Dichotomie, wie sie SACHS allgemein für *Lycopodium* angibt, vorkommt, welche sich dadurch anatomisch kund gibt, dass die Zahl der Gefässgruppen nach der Gabelung in beiden Tochtersprossen dieselbe ist. Für *L. Selago* haben CRAMER und STRASBURGER auf Grund entwicklungs geschichtlicher Studien nachgewiesen, dass echte Dichotomie vorliegt. Daneben zeigt sich aber auch eine deutliche monopodiale Verzweigung, bei welcher man stets eine Mutteraxe erkennen kann, von der seitlich die Tochterachsen entspringen. Es herrschen hier also ähnliche Verhältnisse, wie sie GOEBEL für die Wurzelverzweigung von *L. annotinum* angibt. Diese beiden Typen stehen sich aber nicht scharf getrennt gegenüber, was übrigens auch schon HEGELMAIER betont, vielmehr zeigen sich Formen, welche eine Annäherung an die echte Dichotomie erkennen lassen, ohne dass aber dieselbe erreicht wird. Schliesslich gibt es Arten, bei welchen sich zwar deutlich eine Hauptaxe von den Axen erster Ordnung unterscheiden lässt, bei welchen aber diese Unterscheidung an den Axen höherer Ordnung nicht mehr möglich ist, da diese sich regelrecht dichotom verzweigen.

Im anatomischen Bau der Wurzel ist auffallend die Übereinstimmung mit dem Bau des Stengels. Schon RUSSOW, der die bei uns einheimischen Arten untersuchte, schreibt: "Die Wurzeln von *L. annotinum* und *complanatum* stimmen in histologischer Hinsicht vollkommen, die von *L. clavatum* fast genau mit dem Stamm überein; bei *L. Selago* und *inundatum* zeigen sich auffallende Differenzen in dem Bau des axilen Stranges der Wurzel und des Stammes." Mit dieser Arbeit wurden bereits alle in der Gattung *Lycopodium* überhaupt vorkommenden Wurzeltypen beschrieben und spätere Autoren (LINSBAUER, WIGGLESWORTH, STOKEY) konnten die Resultate RUSSOWS nur noch bei einer weiteren Anzahl von Arten jener Gruppen bestätigen. Bei *L. cernuum* ist z.B. die Wurzel in der Nähe ihres Abgangs vom Stengel diesem völlig analog gebaut (vgl. Fig. 10 oben); nur durch das Fehlen der Blattspurbündel kann man dann an einem Querschnitt entscheiden, ob es sich um eine Wurzel oder einen Stengel handelt; doch muss man selbst hier vorsichtig sein, denn auch in der Wurzel finden sich in der Rinde kleine Gefässgruppen zerstreut, welche in ihrer Lage den Blattspurbündeln entsprechen. Es sind dies die abzweigenden kleinen Seitenwurzeln,

welche aber durch die halbmondförmige Anordnung ihres Xylemteils - diese Wurzeln sind nämlich nur mehr diarch - charakterisiert sind. Die Zweige höherer Ordnung beider Organe unterscheiden sich auch noch dadurch, dass der Sklerenchymring im Stämme näher an der Epidermis sich befindet, während er in der Wurzel sich enger an das Leitbündel anschliesst. Im übrigen stimmen aber auch hier Stengel und Wurzel überein. So wird die äusserste Schicht von einer Epidermis gebildet, welche Trichome enthält; dann folgen einige Schichten eines grosszelligen Gewebes mit wenig verdickten Wänden, schliesslich kommt ein Ring sklerenchymatischer Zellen; die Wände dieser zeigen eine deutliche Schichtung und Tüpfelung. In ihrer chemischen Zusammensetzung stimmen die Membranen in den Wurzeln und Stengeln ebenfalls überein. Alle Zellwände mit Ausnahme des Phloems geben die Holz-Reaktion, wengleich sich auch die parenchymatischen Zellen als weniger stark verholzt erweisen als diejenigen des Sklerenchymrings. Die Endodermis lässt sich infolgedessen weniger deutlich erkennen, doch zeichnen sich deren Zellen durch die Zartheit ihrer Membranen sowie durch ihre in tangentialer Richtung gestreckte Form aus. Die gelbbraune Farbe, welche die Sklerenchymzellen und in schwächerem Masse auch die übrigen Zellwände aufweisen, röhrt, wie im Stengel, von Gerbstoffen her, denn mit Eisenchlorid erhält man eine dunkle Färbung der betreffenden Membranen. Bemerkenswert ist fernerhin die von ZIEGENSPECK für den Stengel von *L. clavatum* angegebene Amyloidreaktion, welche auch in der Wurzel des *L. cernuum* zu erhalten ist. Es färben sich hier die grösseren Zellen des Phloems mit Jod-Jodkalium ohne vorherige Behandlung mit Säuren schön blau. Die Anordnung der Bündelelemente ist wie im Stengel eine zerstreute, auch liegen die Protoxylemgruppen alle peripher auf einem Kreis. Ebenfalls eine weitgehende Übereinstimmung in der Anatomie von Wurzel und Stengel findet man bei den Gruppen des *L. complanatum* und *clavatum*, doch fehlt gerade in der Wurzel des letzteren das für den Stengel so charakteristische zartwandige Parenchym zwischen den beiden Sklerenchymringen. Ferner ist ein Unterschied dadurch gegeben, dass die plattenförmige Anordnung des Xylems dem dorsiventralen Bau des Stammes entsprechend, in der radiär gebauten Wurzel nicht vorhanden sind, sondern dass statt dessen die Xylem- und Phloemteile wie die Radian eines Kreises neben einander gelagert sind und in der Mitte zusammenstossen, sodass ein mehr oder weniger regelmässiger Stern entsteht. Untereinander stimmen die Wurzeln der beiden Gruppen in ihrem Bau jedoch vollständig überein, sodass beide gemeinsam besprochen werden können (vgl. Fig. 11 und 12 oben). Eine an jüngeren Wurzeln mit zahlreichen Haaren besetzte Epidermis bildet den Abschluss nach aussen. Darunter folgt ein Gewebe aus dinnwandigen Zellen, das weiter nach innen durch einen ziemlich beträchtlichen Ring von Sklerenchymzellen abgelöst wird. Das Parenchymgewebe färbt sich bei Behandlung mit Chlorozinkjod violett, besteht also aus Kohlehydrat-Lamellen, während das Sklerenchym ebenso wie das Xylem mit Phloroglucin-Salzsäure eine rote Farbe annimmt. Bezuglich der Endodermis gelten dieselben Verhältnisse, wie sie am Stämme sich zeigen. Der Gefässteil der Wurzel zeigt die Holzelemente in einer radiären Anordnung, wobei die jüngsten an den Peripherie liegen. Dazwischen sind dann die Phloemteile eingestreut. Auch hier ist bemerkenswert, dass die grösseren Zellen, welche wohl als Siebzellen zu deuten sind, mit Jod-Jodkalium die grünblaue Farbe annehmen, welche für das Amyloid bezeichnend ist. Unter der Endodermis liegt dann der Perizykel, der jedoch an einigen Stellen, so besonders vor dem Xylemprimanen, fehlen kann.

Während die bisher besprochenen Typen durch eine grössere Anzahl von Xylem- und Phloemteilen, wenigstens in den stärkeren Axen, ausgezeichnet waren, ist bei den übrigen Gruppen die in den jüngeren Axen der erwähnten Typen sich ebenfalls einstellende Zweizahl der Protoxylemstränge von Anfang an erreicht. Es finden sich daher bei den Angehörigen der Gruppen *Selago*, *Phlegmaria*, *Inundatum* und *Carolineum* als typisches Merkmal diarche Wurzelbündel (vgl. Fig. 1, 10 unten, 12 Mitte, 13 oben, 15). Das Xylem, welches das Phloem teilweise umschliesst, zeigt eine sichelförmige Anordnung seiner Elemente, wobei die Primanen die Stelle der beiden "Sichelhörner" einnehmen. Nach aussen folgt auf den Holzteilen ein Perizykel, das Ganze wird von einer Endodermis umschlossen. Diese ist bei den Angehörigen der

Gruppen *Selago* und *Phlegmaria* besonders deutlich nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure zu erkennen, da sich dann die tangentialen Innenwände und die Radialwände deutlich färben. Bei den erwähnten Gruppen folgt auf die Endodermis ein Parenchymgewebe, dessen Zellwände besonders stark sind und nur aus Kohlehydrat-Lamellen sich zusammensetzen. Schliesslich wird das Ganze von einem Ring von Sklerenchym umschlossen. Dieser letztere stimmt im Bau der ihn zusammensetzenden Zellen, sowie in der Chemie ihrer Membranen völlig überein mit dem, gelegentlich der Besprechung der Stengelanatomie bereits genauer beschriebenen Sklerenchymmantel der "inneren" Wurzeln. Zu zuerst kommt dann eine Schicht weniger stark verdickter Zellen. In diese sind auch die schlachtförmigen Haare eingeschaltet, welche ganz bedeutende Längen erreichen können und meist aus mehreren Zellen zusammengesetzt sind. Etwas abweichende Verhältnisse im Bau der Wurzelrinde - die Anatomie des Leitstranges stimmt mit der eben besprochenen völlig überein - zeigen die Arten der Gruppe *Inundatum* - *Carolineanum*. Hier schliesst sich nämlich der Sklerenchymring direkt an die Endodermis an, auch zeigen seine Zellen im Gegensatz zu der vorigen Gruppe mit Phloroglucin-Salzsäure eine deutliche Rotfärbung, sind also verholzt. Dieser Ring aus nur mässig stark verdickten Zellen umfasst aber nur wenige Zellschichten, bei *L. alopecuroides* und ebenso bei *L. Carolineanum* konnte ich an der Hauptwurzel im Durchschnitt etwa vier zählen. Auf ihn folgt parenchymatisches Gewebe, das mit Chlorzinkjod eine schön violette Farbe annimmt. Die äusserste Schicht wird dann von einer Epidermis gebildet, welche wiederum Haare zwischen sich schliesst.

Die Verzweigung der Wurzel kann ebenso wie im Stengel eine rein dichotome sein oder eine monopodiale. Zwischen beiden Extremen gibt es auch hier Übergänge. Wie im Stengel, so tritt auch in der Wurzel eine ziemlich genaue Halbierung aller beteiligten Elemente besonders bei den Arten auf, welche durch orthotropes Wachstum gekennzeichnet sind. Es sind dies vor allem die Epiphyten aus den Gruppen *Phlegmaria* und *Selago*, deren Stämmchen frei herabhängen und die Formen mit aufrechtem Wuchs aus der Gruppe des *L. Selago*. Die in plagiotroper Richtung wachsenden Formen aus den Verwandtschaftskreisen des *L. clavatum* und *complanatum* dagegen zeigen eine deutliche monopodiale Verzweigung ihrer Wurzel. Es mögen zunächst als die einfachsten Fälle diejenigen der regelmässigen gabeligen Verzweigung behandelt werden. Diese kommt bei den Gruppen *Selago* und *Phlegmaria* vor, welche durch diarche, halbmondformig gebaute Xylemteile charakterisiert sind (Fig. 12 Mitte). Der Anfang der Teilung macht sich im Leitbündel dadurch bemerkbar, dass das Xylem an der Stelle, an der es am mächtigsten ist, also etwa in der Bogenmitte, gleich weit von den Gefäßprismanen entfernt, eine leichte Einbuchtung erfährt. Diese vergrössert sich nun allmälig, und an Stelle eines nach aussen konvexen Bogens zeigt der Querschnitt das Bild einer "Doppelsichel". Gleichzeitig mit dieser Gestaltveränderung des Xylems wird die Halbierung des Phloems angebahnt, zunächst dadurch, dass ein Auseinanderrücken der Zellen stattfindet, sodass schliesslich die Mitte, welche bis dahin vom Siebteil eingenommen wurde, von Parenchym erfüllt ist; die Siebteilzellen befinden sich dann in zwei Gruppen links und rechts von der Mitte verteilt, während die Mitte selbst ebenso wie die Ränderpartien gegen das Xylem, von Parenchymgewebe erfüllt wird. Schliesslich wird dann die Mitte von dem sich stark vorwölbenden Xylemstrang eingenommen, wodurch die vollständige Aufteilung des Phloems in zwei gleich grosse Gruppen erfolgt. Endlich wird dann auch die Xylembrücke in der Mitte durchgeschnitten, sodass zwei getrennte Xylembündler entstehen, jedes in seiner Gestalt dem ursprünglichen gleichend, jedoch aus seiner Lage gedreht. Es macht sich nämlich bei den beiden neu entstandenen Xylembündlern die Tendenz geltend, sich den "Rücken zuzukehren", d.h. die konvexen Aussenseiten einander zuzuwenden. Endlich wird dann auch das, den Raum zwischen den beiden Holzteilen erfüllende Parenchym durch die von beiden Seiten sich verschiebende Endodermis auseinandergedrängt Hand in Hand mit den Veränderungen im Leitstrang selbst gehen solche im übrigen Gewebe. Dieses gibt zunächst seinen kreisförmigen Umfang auf und zeigt einen mehr ovalen Querschnitt. Schliesslich treten auch hier Einbuchtungen auf, sodass eine Art Brillenfigur entsteht, bis schliesslich nach vollständiger Trennung wieder zwei Kreise neben einander zu erkennen sind. Während sich das

L. Carolinianum in seinem Verzweigungstypus völlig dem eben besprochenen anschliesst insofern als auch hier eine Durchschnürung und darauf folgende Halbierung des halbmondförmig angeordneten Xylemstranges sich vollzieht, habe ich bei *L. alopecuroides* eine besondere Art der Verzweigung gefunden (Fig. 13 oben).

Führt man hier Schnitte quer durch die Wurzel kurz vor der Gabelungsstelle, so erhält man ein merkwürdiges Bild: man sieht einen grossen Leitstrang, dessen Holzteil sichelförmig das Phloem umschließt, daneben zwei bedeutend kleinere, ebenso gebaute Leitstränge. Diese letzteren liegen seitlich von dem grossen und zwar je einer in nächster Nähe der Xylemprimanen des "Hauptbündels" (Fig. 13 D). Man könnte aus diesem Bilde den Eindruck erhalten, als ob die beiden "Tochterwurzeln" etwa gleichzeitig durch Abschnürung aus je einer Protoxylemgruppe des Bündels der "Mutterwurzel" entstanden seien. Verfolgt man aber die Schnittserie von den ersten Anfängen der Teilung bis zu diesem Stadium, so wird man eines Besseren belehrt. Es zeigt sich nämlich dann, dass zunächst das Phloem geteilt wird; die Siebzellen rücken auseinander, diesmal aber nicht in der Richtung gegen die beiden Protoxylemgruppen hin, sondern in einer Richtung senkrecht dazu, der Raum zwischen diesen, sich mit Jod-Jodkalium blaugrün färbenden Zellen wird ausgefüllt von einem kleinzelligen Gewebe, welches aber schliesslich von Holzzellen, die von beiden Seiten jeweils etwa aus der Mitte eines der beiden "Schenkel" des vorhandenen Xylembogens ausgehen, aufeinander zuwachsen und sich schliesslich in der Mitte vereinigen. Auf diese Weise erhält man ein Querschnittsbild, wie es bei Fig. 13 A zu sehen ist. Im weiteren Verlauf der Teilung wird jetzt diejenige Phloemgruppe, welche nur von drei Seiten vom Xylem umschlossen ist, in unserem Bilde also die untere, nochmals geteilt, indem dieselben Verhältnisse wie bei der ersten Teilung sich abspielen; nur rücken die beiden neu entstandenen Phloemgruppen jetzt nicht mehr in der Richtung wie vorher auseinander, sondern in einer dazu senkrechten, also jeweils gegen eine Gruppe von Protoxylelementen des immer noch einheitlich erscheinenden Xylembogens. Die vom Holzteil ganz unschlossene Phloemgruppe der ersten Teilung erfährt jetzt keine Halbierung mehr, sondern bleibt als solche erhalten. Die beiden Phloemgruppen der zweiten Teilung werden nun durch Xylem, welches sich von der gelegentlich der ersten Teilung gebildeten Xylemgruppe abzweigt, getrennt (Fig. 13 B), und schliesslich weichen dann die Zellen dieser zweiten Brücke in derselben Richtung wie die beiden Tochterphloemgruppen auseinander (Fig. 13 C). Kurz nachher erfolgt dann auch die Ablösung dieser so gebildeten beiden kleinen, halbmondförmigen Xylembogen von dem ursprünglichen Mutterbogen (Fig. 13 D), und so zeigt dann endlich ein Querschnittsbild die drei Bündel nebeneinander, jedes von einer eigenen Endodermis umschlossen und durch dazwischen tretendes Festigungsgewebe getrennt. Äusserlich machen sich diese Verhältnisse oft dadurch bemerkbar, dann man an einer durchgehenden grösseren Wurzel seitlich nahezu auf gleicher Höhe zwei kleinere, bedeutend zarter gebaute Seitenwurzeln entspringen sieht. Als eine Überleitung zum monopodialen Typ der Verzweigung kann man jenen des *L. curvatum* auffassen. Bei dieser Art kommen nämlich beide Verzweigungstypen, der dichotome und der monopodiale, nebeneinander vor. Die vom Stamm aus entspringenden grösseren Wurzeln pflegen sich zunächst in zwei gleich grosse aufzuspalten, wobei jede der entstehenden Wurzeln etwa die Hälfte der Elemente der ursprünglichen erhält. Man kann dieses wiederum am leichtesten dann zahlenmäßig verfolgen, wenn man die Protoxylemgruppen als Maßstab annimmt. So fand ich bei einem untersuchten Fall des *L. curvatum* (Fig. 13 unten rechts), dass die Wurzel zunächst acht Protoxylemgruppen, peripher auf einem Kreise angeordnet, enthielt. Nach der ersten Verzweigung, welche schon äusserlich betrachtet einer Gabelung glich, zählte jede Tochterwurzel ebenfalls acht. Jede der beiden neu entstandenen Wurzeln behält nun diese Zahl der Primanengruppen bis zu ihrem Ende bei, wenngleich auch die Zahl der Zellen, welche jede solche Gruppe zusammensetzen, mit der Stärke der Wurzel gegen ihre Spitze hin ganz erheblich abnimmt. Von diesen Wurzeln gehen nun seitlich noch kleinere Faserwurzeln ab, die jeweils nur zwei Gefäßprimanenbündel enthalten, also diarch sind und deren Xylemteil wie bei der Gruppe des *L. alopecuroides* als Beispiel gegeben wurde, durch die halbmondför-

mige Gestalt sich auszeichnen. Diese diarchen Wurzeln entstehen durch Abschnürung einer Protoxylemgruppe der grösseren Wurzeln, was ich an einem anderen Exemplar von *L. curvatum* (Fig. 13 rechts) feststellen konnte. Die Mutterwurzel zählte hier zehn Bündelgruppen. Nach der Teilung waren noch neun solche Protoxylemgruppen vorhanden. Eine wurde halbiert und gab so Veranlassung zur Bildung der kleinen, halbmondförmigen, diarchen Seitenwurzeln. Es liegt also in den Axen höherer Ordnung ein rein monopodialer Verzweigungsmodus vor, dem der gabelige Verzweigungstyp in der ursprünglichen Mutterwurzel gegenübersteht. Aus diesem Beispiel, das alle jene zwei Typen an einer und derselben Pflanze nebeneinander zeigt, sieht man wiederum, wie wenig es berechtigt ist, die beiden Typen als grundsätzlich verschiedenen zu betrachten. Deutliche seitliche Verzweigung zeichnet die Arten aus den Gruppen *Clavatum* und *Complanatum* aus. Es kann zwar vorkommen, dass bei der einen oder anderen Verzweigung auch eine Gabelung stattfindet, im allgemeinen kann man aber stets Mutter- oder Tochterwurzel unterscheiden. Wenn gabelige Verzweigung vorkommt, so zeigt sie gewöhnlich die erste Verzweigung der Wurzel; so fand ich bei unserem einheimischen *L. clavatum* an einem Exemplar, dass zunächst neun Protoxylemgruppen in der Wurzel vorhanden waren; nun trat eine Gabelung ein und jede der beiden Wurzeln enthielt acht Protoxylemgruppen. In den nachfolgenden Verzweigungen war aber der rein monopodialen Charakter bewahrt. So behielt bei der nächsten Verzweigung die Mutteraxe ihre acht Protoxylemgruppen, während die abzweigende Seitenaxe deren nur mehr vier mitbekam, die ihrerseits bei weiterer Verzweigung diese vier behielt und ihrer Seitenaxe nur mehr zwei Protoxylemgruppen zuteilte. In den meisten Fällen findet aber von vorneherein keine Gabelung mehr statt. Es mögen dafür zwei Beispiele gegeben werden, als Vertreter der *Clavatum*-gruppe das *L. trichiatum* als Beispiel für die *Complanatum*-gruppe das *L. Fawcettii*. Bei letzterem fand ich z.B. in der unverzweigten Wurzel sechs Protoxylembündel; bei der Verzweigung behielt die Hauptachse ihre sechs, dagegen erhielt die Tochteraxe nur mehr drei solcher Protoxylemgruppen und diese gaben wiederum im Laufe der weiteren Verzweigung Seitenwurzeln ab, welche nur mehr aus einem Xylemstrang bestanden, der sich durch Abschnürung aus einer Protoxylemgruppe gebildet hatte, während die Mutterwurzel selbst die Dreizahl behielt. An *L. trichiatum* zählte ich in der Stammnähe zehn Protoxylemgruppen in der Wurzel; bei der Verzweigung trat eine Aufteilung derselben ein, sodass die Hauptwurzel deren noch acht behielt, während die Seitenwurzeln nur mehr vier mitbekam. Diese Seitenwurzel verzweigte sich nun weiter, behielt dabei ihre vier Protoxylemgruppen und gab ihrerseits Seitenwurzeln mit nur mehr einem Xylemband, das wie im vorher beschriebenen Fall durch Abschnürung aus einer Protoxylemgruppe der Mutterwurzel hervorgegangen war. Man kann also in diesen Fällen stets Mutter- und Tochterwurzeln unterscheiden und dies nicht nur nach der Zahl der beteiligten Elemente, sondern auch nach der Grösse der Leitbündel sowohl als auch der ganzen Wurzeln. Immer sind nämlich die abzweigenden Seitenwurzeln mit ganz bedeutend schwächeren Leitbündeln ausgerüstet und sind viel dünner als die Hauptwurzel.

Als Abschluss der anatomischen Betrachtungen über die Wurzeln möge noch einiges über das Vorkommen von Pilzen in den Vegetationsorganen von *Lycopodium* erwähnt werden. Dass der Gametophyt stets mit Pilzen zusammenlebt, ist ja bekannt. In den Arbeiten von BRUCHMANN, GOEBEL und TREUB ist bei Beschreibung der Prothallien stets auf das Vorkommen endophytischer Pilze hingewiesen. Das Vorkommen von Pilzen im Sporophyten war jedoch ausser im Polstergewebe von *L. inundatum*, was GOEBEL erstmals beobachtet hat, nur noch bei *L. Phlegmaria*, worauf sich eine Mitteilung von LINSBAUER bezieht und nach einer Mitteilung STAHLs bei *L. inundatum* bekannt. LINSBAUER schreibt hierüber: "Im Lumen der Wurzelhaare und etlicher Epiblennzellen ist regelmässig das gegliederte Myzel eines Pilzes anzutreffen, der mithin eine intrazellulare Mykorrhiza darstellt, wie sie auch TREUB bei dieser Art konstatierte." Dieser Hinweis auf die Arbeit TREUBS bezieht sich ebenso wie die Fussnote, "Bei anderen Arten (*L. cernuum*, *annotinum* und *inundatum*) wurden hingegen von TREUB und GOEBEL auch interzellulare Mykorrhizen aufgefunden" auf die Prothallien dieser Art. Bei den von mir untersuchten Arten war es leider nicht immer möglich, auf die

Mycorrhizenbildung achten zu können. Zum Teil fehlten an dem mir zur Verfügung stehenden Herbarmaterial die Wurzeln überhaupt, dann beziehen sich die im vorigen Abschnitt gemachten Angaben über die Anatomie der Wurzel auf den Bau der inneren Wurzel, die ja mit jeder der frei in den Raum hinausragenden übereinstimmt, nur dass eben die äussersten Rindenschichten und die Epidermis fehlen, und gerade diese Teile sind es ja, welche bei der Pilzinfektion in Betracht kommen. Andererseits waren die Wurzeln zwar vorhanden, aber ihre Erhaltung so schlecht, dass man zwar noch in grossen Zügen deren Bau erkennen konnte, wie z.B. das Vorhandensein oder Fehlen eines Sklerenchymmantels bzw. eines parenchymatischen Gewebes, den Bau des Holzteiles usw., doch war es unmöglich feinere Einzelheiten wie das Vorkommen von Pilzen und deren Verbreitung im Gewebe zu erkennen. Nicht selten waren die äussersten Rindenschichten überhaupt nicht mehr vorhanden, denn gerade an der Grenze von äusserem Parenchym und Sklerenchym (z.B. bei den Angehörigen der *Selago* - *Phlegmaria*-Gruppe) pflegt das Gewebe beim Trocknen zu reissen, und vielfach geht dann die äussere Hülle verloren, sodass von der Wurzel nur mehr das Sklerenchym mit Resten daran haftenden äusseren Parenchyms und das Gewebe innerhalb des Festigungsgewebes erhalten ist. Unter diesen Umständen muss ich hier auf eine vollständige Übersicht über das Vorkommen von Mycorrhiza bei den untersuchten Arten verzichten und mich lediglich darauf beschränken, mitzuteilen, wo ich Pilzhypen im Gewebe wahrnehmen konnte. Zunächst habe ich die Angabe von LINSBAUER, das Vorkommen von Pilzen in den Wurzelhaaren und Epidermiszellen der Wurzeln von *L. Phlegmaria* betreffend, nachgeprüft und die Angaben bestätigen können, wobei auch nicht alle Wurzelhaare von dem Pilz befallen sind, wie man aus den Worten LINSBAUERS etwa schliessen könnte. Dagegen konnte ich in Übereinstimmung mit LINSBAUER in den Epidermiszellen die Pilzhypen sehen, was mit einer Mitteilung JANSEs aus dem Jahre 1896 in Widerspruch steht, welcher angibt, dass sich Pilzhypen niemals in der Epidermis finden. Das Eindringen der Pilzhypen von aussen her scheint durch die Wurzelhaare zu erfolgen, sodass hier also andere Verhältnisse herrschen würden als bei Infektion der Prothallien, wo nach Angaben TREUBs die Pilzhypen zwar die Rhizoiden umspinnen, aber nicht in dieselben eindringen; das Eintreten der Pilze erfolgt vielmehr durch die Basalzelle des Rhizoids. Ausser bei *L. Phlegmaria* habe ich endotrophe Mycorrhizen noch bei *L. saurus*, *L. boliviianum*, *L. callitrichae folium*, *L. Biglovii*, *L. contiguum*, *L. aristatum*, *L. piliferum* und *L. densum* gefunden. Die Hypen finden sich in der Epidermis und dem zartwandigen Gewebe darunter; bei *L. callitrichae folium* habe ich sie sogar im Festigungsgewebe beobachten können, dessen Zellwände sie durchsetzen, um so die Verbindung mit den Hyphenknoten des Nachbargewebes herzustellen. Die Verbindung der Hypen mit der Außenwelt scheint auf verschiedene Weise von statthaften zu gehen. Bei *L. Phlegmaria* sah ich Hypen in den Wurzelhaaren, bei *L. callitrichae folium* konnte ich solche die Wurzelhaare umspinnen sehen, bei *L. saurus* endlich fand ich Hypen längs der Querwände zweier benachbarter Endodermiszellen eindringen. Stets konnte ich Zellwände in den Hypen beobachten, sodass es sich um Formen aus der Klasse der Eumyceten handeln dürfte.

Ebenfalls mit Eumyceten hat man es bei den Pilzen zu tun, welche im Polstergewebe von *K. inundatum* auftreten. Ich habe dieses Polstergewebe im Spätherbst untersucht und konnte die mit Scheidewänden versehenen Hypen überall zwischen den durch eine schleimige Masse, (die ihre Entstehung der Verquellung der Mittellamellen verdankt), von einander getrennten Zellen beobachten. An einem Präparat war ein Myzelfaden zu sehen, welcher die Epidermis an der Grenze zwischen einem Haar und einer benachbarten Epidermiszelle durchbrach, dann in das Polstergewebe eindrang und sich dort reichlich verzweigte. Das regelmässige Vorkommen von Pilzen legte die Vermutung nahe, dass die eigentümliche Gestalt dieses Polstergewebes, dessen Zellen durch dünnwandige, stark lichtbrechende, stärkefreie Membranen ausgezeichnet sind, möglicherweise von dem Eindringen der Pilze bedingt sei. Diese Vermutung hat sich aber nicht bestätigt, denn als ich im Mai frisches Material untersuchte, habe ich von Pilzhypen keine Spur gefunden. Die Pilze dringen also erst zu einer späteren Jahreszeit in das Gewebe ein. Darauf ist es wohl auch zu-

rückzuführen, dass BRUCHMANN, welcher das Polstergewebe zum ersten Mal beschreibt, keine Angaben über eine Pilzinfektion macht, denn die betreffende Arbeit wurde im Laufe eines Sommersemesters gefertigt und mit Ende desselben abgeschlossen.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung der Sporophylle. Diese tragen in ihren Achseln die Sporangien, welche entweder bilateral symmetrisch sind, wie in den Gruppen Selago, Phlegmaria, Clavata und Complanata oder einen ausgesprochenen dorsiventralen Bau zeigen, wie dies GOEBEL für L. cernuum und L. inundatum angibt. Während sie im ersten Falle eine nierenförmige Gestalt aufweisen und die Öffnung durch einen Spalt erfolgt, der über den Scheitel des Sporangiums sich erstreckt, kann man bei letzteren Arten eine grössere, mit zwei seitlichen Dullen versehene Oberseite von einer kleineren, die Aufriststelle tragenden Unterseite am Sporangium unterscheiden. In ihrem anatomischen Bau stimmen die Sporophylle entweder völlig mit den sterilen Blättern überein, wie es in der Gruppe der L. Selago der Fall ist, oder sie zeigen kleine Unterschiede gegenüber jenen, die sich besonders in der schwachen Ausbildung des Mesophylls und dem nur mässigen Vorkommen von Chlorophyll äussern. Auf diese Chlorophyllarmut ist dann auch die gelbliche Farbe, welche gewissen Sporophyllen eigen ist, zurückzuführen. Gegen den Rand des Blattes nimmt das Mesophyllum meist ganz bedeutend an Stärke ab, und der Blattrand selbst wird dann nur von einer einzigen Zellschicht gebildet, welche die Fortsetzung der Epidermis der Blattunterseite darstellt. Während bei den Gruppen des L. inundatum und L. Selago die Epidermiszellen auf der Ober- und Unterseite gleich sind (auf die Unterschiede bezüglich der Verdickungen bei L. erythraeum und L. compactum wurde bereits hingewiesen), kann man bei dem Formenkreis des L. Phlegmaria, L. clavatum und L. complanatum einen Unterschied in der Ausbildung auf der Ober- und Unterseite beobachten. Es zeigt sich hier nämlich, dass die Epidermis der Unterseite, die ja bei der annähernd vertikalen Stellung der Sporophylle der Aussenseite entspricht, durch stärkere Verdickungen ausgezeichnet ist; die Verteilung der Spaltöffnungen auf Ober- und Unterseite ist bei den Gruppen eine wechselnde. Bei L. Phlegmaria und seinen Verwandten ist bemerkenswert, dass die Spaltöffnungen ausschliesslich oben, also auf der dem Sporangium zugewandten Seite, sich befinden, worauf auch LINSBAUER besonders hinweist, während sie an den sterilen Blättern in grosser Zahl gerade auf der Unterseite vorhanden sind, wenngleich sie auch der Oberseite nicht ganz fehlen. Dies mag aber damit zusammenhängen, dass der Oberseite durch die aufrechte Stellung eine mehr geschützte Lage zukommt und sie somit für die Entwicklung der Spaltöffnungen geeigneter ist als die den äusseren Einflüssen schutzlos preisgegebene Unterseite. Es liegen hier wohl ähnliche Verhältnisse vor, wie sie bei L. erythraeum und L. compactum sich finden, wo ja auch die Innenseite die Spaltöffnungen in reichlicher Zahl trägt, während die nach aussen gewandte Unterseite derselben völlig entbehrt.

Bedeutsame Unterschiede ergeben sich bei der vergleichenden Betrachtung der äussersten Wandschicht des Sporangiums. In den meisten Fällen sind, wie HEGELMAIER für die einheimischen Arten auch angibt, die Zellen durch gewellte Wände ausgezeichnet, wobei sich die Verdickungen auf die Seiten- und Innenwände beschränken. Gegen die Ansatzstelle des Sporangiums hin nehmen die Zellen dann eine in radialer Richtung gestreckte Form an, während sie an den übrigen Stellen isodiametrisch sind, mit Ausnahme der besonders vorgebildeten Öffnungsstelle des Sporangiums, wo die Zellen eine rechteckige Gestalt besitzen und in tangentialer Richtung gestreckt sind (vgl. Fig. 14 links). Die verstärkten Wände erweisen sich als verholzt. Bei L. Selago und L. Phlegmaria besitzen die Wände überall dieselbe Dicke (Fig. 14 links oben, Fig. 15 oben). In der Gruppe Clavatum und bei einigen Formen von L. complanatum (z.B. L. fascettii) dagegen sind, was auch aus einer Abbildung GOEBELS von der Sporangiumwandung des L. clavatum hervorgeht, die Biegungsstellen der gewellten Wände verdickt, wo besonders leistungsfähige Vorsprünge vorhanden sind (Fig. 14 links unten, Fig. 16 unten). Während hier aber auch die weniger stark verdickten Stellen in der Membran die Holzreaktion zeigen, sind bei L. carolineanum, sowie bei L. alopecuroides und seinen Verwandten nur mehr die Verdickungsleisten verholzt, während die übrigen Zellmembranen mit Phloroglucin-Salz-

säure sich nicht färben. Hier sind die Zellwände auch nicht gewellt, sondern zeigen einen geraden Verlauf. Es ist ein eigenartiges Bild, das sich einem bietet, wenn man ein Präparat von der Sporangiumwand nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure bei schwacher Vergrößerung betrachtet (vgl. Fig. 15 unten). Man sieht dann eine Anzahl roter Linien von geringer Länge, jeweils eine gewisse Zahl parallel zu einander. Die einzelnen Gruppen von solchen Linien sind aber nicht untereinander parallel, sondern sind mehr oder weniger divergent und durch feine weiße Linien von einander getrennt. Wie kommt nun dieses Bild zu Stande und was haben die einzelnen Linien zu bedeuten? Man wird sich darüber sofort klar, wenn man das Ganze bei starker Vergrößerung betrachtet (Fig. 14 links Mitte); dann erweisen sich die weissen, stark lichtbrechenden Linien als die Wände der Ektosporzellen, die roten Striche dagegen als halbringförmige Verdickungen, welche die beiden Längsseiten der rechteckigen bzw. an den Enden etwas zugespitzten Zellen verbinden. Nicht immer aber gehen diese Halbringverdickungen in geradem Verlauf von der einen Wand der Zelle zur anderen: Gelegentlich tritt auch eine Gabelung eines solchen Halbringes ein. An benachbarten Zellen liegen die Verdickungsleisten meist neben einander; es kommt aber auch vor, dass bei zwei neben einander liegenden Zellen die Verdickungsringe der einen gerade an den Stellen entspringen, wo auf der anderen Seite der beiden Zellen gemeinsamen Wand keine Verdickungsleisten vorhanden sind.

Die Sporen zeigen entsprechend ihrem langen Zusammenhaften in Tetraedern eine kugeltetraedrische Gestalt. In der Ausbildung des Exospors ergeben sich Unterschiede, welche für die Systematik gut verwertbar sind. Man findet nämlich bei vielen Arten zahlreiche, stark lichtbrechende Tüpfel, welche besonders auf der stark gewölbten Rückenseite der Sporen deutlich zu sehen sind (Fig. 14, rechts oben). Die übrigen drei Seiten des Tetraeders sind durch Leisten von einander getrennt, welche an der diesen drei Stellen gemeinsamen Ecke entspringen und sich allmählig verjüngen, um an den drei übrigen Ecken des Tetraeders in einer feinen Spitze zu endigen. Dieser Typus der Tüpfelspuren findet sich bei allen Angehörigen der Gruppen *Selago* und *Phlegmaria*. Wesentlich anders sind die Sporen in der Gruppe des *L. inundatum* und *L. carolineanum* gebaut (vgl. Fig. 14, rechts Mitte). Hier findet man Verdickungsleisten, welche netzförmig sich über die Sporen ausbreiten. Auch hier ist die Rückenseite besonders zur Beobachtung geeignet; von der dieser Fläche gegenüber liegenden Ecke des der Kugelgestalt sich stark nähernden Tetraeders gehen ebenfalls drei dicke Leisten aus, welche aber nicht mit einer feinen Spitze aufhören, da die verjüngten Enden durch halbkreisförmige Verbindungsleisten mit einander verbunden sind. Diese Verhältnisse kommen auch in der Abbildung, welche PRITZEL von den Sporen gibt (*L. inundatum*) deutlich zum Ausdruck, während bei den Zeichnungen SADEBEKs die drei Hauptverdickungsleisten frei endigen und die übrigen netzförmigen Verdickungsleisten als gerade Linien eingezeichnet sind, welche polygonale Felder umgrenzen. Es ist aber gerade für diese Gruppe der bogenförmige Verlauf der Netzteile charakteristisch, sowie die Tatsache, dass nicht alle diese Leisten untereinander zu einem Gitterwerk verbunden sind, sondern dass einzelne auch frei endigen. Dadurch unterscheidet sich dieser Sporentypus von den Netzsponen, wie sie bei *L. clavatum*, *L. complanatum* und deren Verwandten vorhanden (Fig. 14.r. unt.). Bei diesen Formen zeigen die Netzteile nämlich einen geraden Verlauf, sodass ein regelmässiges Maschenwerk aus fünf- bis sechseckigen Feldern die Sporen umschliesst. Die Enden der stärkeren Verdickungsleisten, welche von der der Rückenseite gegenüberliegenden Tetraederecke ausgehen, stehen mit diesem Maschenwerk in Verbindung, endigen also nicht frei, wie beim ersten Typ, sind auch nicht durch halbkreisförmige Verbindungsleisten wie bei *L. inundatum* und *L. carolineanum* verbunden. Dieser Typ der Netzteile wurde bereits von RUSSOW 1872 beschrieben, der aber keine Art angibt. Es dürfte sich wohl um *L. clavatum* bzw. *L. complanatum* handeln. Sehr hübsche Zeichnungen der Sporen von *L. clavatum* fand ich bei LUERSSEN in seinem Handbuch der Botanik aus dem Jahre 1879. An ausländischen Arten hat LÜSTNER diese Netzsponen an *L. Nigritianum*, *L. dendroideum* und *L. scariosum* erstmals beschrieben. Von letzterem stammt

auch die Einteilung der Speren in Netzsperren (von welchem Typ *L. inundatum* und *L. cernuum* als eigene Unterabteilung abgetrennt wurden) und Tüpfelsperren. Letzteren Typ hat er erstmals von *L. Hippuris*, *L. Phlegmaria*, *L. verticillatum*, *L. curvifolium*, *L. mirabile* und *L. aloifolium* beschrieben. Sehr gute Zeichnungen findet man bei PRITZEL, welcher erstmals die Sporen von *L. phyllanthum* und *L. densum* abbildet.

KURZE CHARAKTERISTIK DER EINZELNEN TYPEN.

ÜBERGANGSBILDUNGEN.

Überblickt man die gewonnenen Resultate über den anatomischen Bau, so findet man unschwer, dass innerhalb der Gattung *Lycopodium* sich einige besondere Typen aufstellen lassen und dass jeweils eine bestimmte Anzahl von Arten einem solchen Typus in ihrem Bau gleichen. Versucht man nun aus der Vielheit der Arten jeweils diejenigen herauszufinden, welche sich einem Typ unterordnen, so wird man finden, dass eine relativ grosse Anzahl sich dem Typus des *L. Selago* anschliesst (vergl. Fig. 15 oben). Dieser ist gekennzeichnet durch die radiäre Anordnung des Xylems im Stengel, durch eine nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure sich deutlich rot abhebende Endodermis, durch das Fehlen einer Holzreaktion sowohl im Parenchym des Stengels als auch im Sklerenchymring um die für diesen Typ charakteristischen "inneren" Wurzeln. In der Anatomie der Blätter, welche alle von gleicher Grösse und Gestalt sind, ist als bezeichnend hervorzuheben, dass die Membranen der Zellen des Assimilationsgewebes aus Kohlehydratlamellen bestehen, ferner dass um das zentrale Leitbündel eine Schicht von Zellen sich findet, die durch die stark verdickten Membranen und den Mangel an Chlorophyll auffallen. Die Wurzeln sind diarch, die Endodermis ist nach Färbung ebenfalls deutlich zu erkennen. Außerhalb der Endodermis befindet sich zartwandiges Gewebe, das von einem Sklerenchymmantel umschlossen wird, der seinerseits wiederum von Parenchymgewebe nach aussen begrenzt wird. Wie im Stengel, so gibt auch in der Wurzel nur das Xylem und die Endodermis mit Phloroglucin-Salzsäure eine Rotfärbung. Die Verzweigung ist sowohl im Stengel wie auch in der Wurzel eine gabelige. Die die Sporangien tragenden Blätter gleichen in ihrem anatomischen Bau völlig den übrigen; die Gestalt der Sporangien ist eine nierenförmige, die Aufsitzstelle liegt am Scheitel. Die Sporen besitzen kugeltatraedrische Gestalt und sind mit Tüpfeln versehen.

Ein zweiter Typus findet sich in der Gruppe des *L. Phlegmaria*. Die Angehörigen dieser Gruppe stimmen in ihrem anatomischen Bau vollständig mit den eben erwähnten überein, was auf eine besonders enge Verwandtschaft beider Typen schliessen lässt. Doch ergibt sich ein charakteristischer Unterschied durch das Auftreten von zweierlei Blattformen: Relativ grosse, in der Regel längsovale, flächenförmig ausgebreitete und sehr dünne Laubblätter und daneben bedeutend kleinere, zu Schuppen reduzierte Blätter, welche die Sporangien tragen. Dadurch erhält die Pflanze ein ganz bezeichnendes Aussehen, sodass man trotz der Gleichheit im anatomischen Bau sofort entscheiden kann, ob die betreffende Art der Gruppe *Selago* oder *Phlegmaria* zuzurechnen ist.

Zeigten die von mir untersuchten Arten aus den Gruppen *Selago* und *Phlegmaria* alle einen übereinstimmenden Bau, sodass ich annehmen durfte, dass auch die übrigen, nicht südamerikanischen Formen sich in ihrer Anatomie den beschriebenen Fällen anschliessen, so war dies nicht der Fall bei *L. cernuum*. Bei dieser Art fand ich Baueigentümlichkeiten, welche völlig isoliert dastanden und ich musste daher, da auf dem südamerikanischen Kontinent, dessen *Lycopodium*-Arten zu untersuchen ich mir vorgenommen hatte, außer *L. cernuum* keine weiteren Arten aus dieser Gruppe sich finden, auch andere Formen aus der erwähnten Gruppe, wenn auch aus anderen Ländereien, zum Vergleich heranziehen. Dabei stieß ich auf so bedeutende Unterschiede in dem Bau der einzelnen Arten, dass ich mich gezwungen sah, die sämtlichen mir zur Verfügung stehenden, von PRITZEL in der Gruppe *Cernua* vereinigten Arten genauer anzusehen. Im anatomischen Bau stimmten mit *L. cernuum* lediglich

dessen Varietäten wie *L. curvatum* überein. Für *L. cernuum* ist bezeichnend die zerstreute Anordnung der Holz- und Siebteile im Leitbündel; es sind jeweils einige Xylemzellen zu Gruppen vereinigt, dazwischen befinden sich in Form von "Nestern" die Phloemgruppen. Obwohl die Xylemprimanen auf einem Kreise an der Peripherie liegen, kommt doch niemals eine sternförmige oder bandförmige Anordnung der betreffenden Elemente zu Stande. Weiterhin ist bezeichnend das Vorhandensein eines Sklerenchymrings, der sich stets als verholzt erweist. Die Holzreaktion zeigen auch die Zellen des Parenchymgewebes. In der Blattanatomie ist bezeichnend das Vorhandensein eines von besonders dünnwandigen Epithelzellen ausgekleideten Schleimgangs unter dem Leitbündel. Das Parenchymgewebe setzt sich aus gleichmässigen Zellen zusammen, welche sich mit Chlorzinkjod violett färben. Die Hauptwurzel zeigt denselben anatomischen Bau ihres Leitstranges wie der Stengel, doch sind die abzweigenden Seitenwurzeln diarch; auch die Wurzel von *L. cernuum* besitzt einen Sklerenchymring, doch gibt dieser im Gegensatz zu den beiden ersterwähnten Typen die Holzreaktion, ebenso wie das nach aussen sich anschliessende Parenchymgewebe. Die Verzweigung ist weder im Stamm noch in der Wurzel durchgehends eine gabelige, vielmehr lassen sich Mutter- und Tochteraxen unterscheiden. Die Sporophylle zeigen denselben anatomischen Bau wie die übrigen Blätter, die Sporangien sind dorsentral, die Zellwände der äussersten Wandschicht sind nicht gewellt wie bei den vorher beschriebenen Gruppen, sondern gerade und zeigen auch nicht die Holzreaktion. Verholzt sind nur die halbringförmigen Verdickungsleisten, welche zwischen den Langswänden der nahezu rechteckigen Zellen sich erstrecken. Die Sporangien entlassen durch einen Riss auf der Unterseite die Sporen, deren Wände Netzeleisten besitzen, welche im welligen Verlauf sich zu einem Maschenwerk vereinigen. Die von einer Tetraederecke ausgehenden drei grösseren Leisten werden durch halbkreisförmige Leisten verbunden.

Von diesen ganz abweichende Verhältnisse ergab die anatomische Untersuchung bei *L. obscurum*. Bei dieser Art zeigen die am Boden kriechenden Teile des Stammes eine plattenförmige, die aufrechten dagegen eine radiäre Anordnung des Holzteils, so wie sie bei den Gruppen *Clavatum* und *Complanatum* vorkommt. Zwischen den einzelnen Platten des Xylems sind dann die Phloemstreifen angeordnet. Die äussersten Schichten des Bürbels sind als Perizykel entwickelt, das ganze Bündel wird von einer Endodermis umschlossen, an welche sich ein aus verholzten Zellen bestehender Festigungsgeweberring ansetzt, der nach aussen von der Epidermis begrenzt wird. Im Blatt ist das Fehlen einer Schleimhöhle zu erwähnen, auch ist das Leitbündel von einem Festigungsgewebe umgeben, welches sich mit Phloroglucin-Salzsäure rot färbt, also aus verholzten Membranen besteht. Die Verholzung erstreckt sich auch auf die Epidermis, deren Ausserwände stärker, die übrigen nur schwach die Holzreaktion geben. Das Assimilationsgewebe gibt mit Chlorzinkjod die Cellulosreaktion, färbt sich aber auch mit Phloroglucin-Salzsäure schwach rot. Ähnliche Reaktionen zeigen sich in der Wurzel. Das aus mehreren Gefäß-Strängen bestehende Xylem und der Festigungsgeweberring erweisen sich als stark verholzt, dagegen ist das Gewebe, welches peripher vom Festigungsgewebe liegt, nur schwach verholzt, sodass man mit Chlorzinkjod auch noch eine violette Färbung erhält. Nur die äussersten Schichten und die Epidermis selbst geben die reine Cellulosreaktion ohne eine Spur von Verholzung erkennen zu lassen. Die Verzweigung ist eine seitliche, stets kann man eine durchgehende Hauptaxe von den seitlich abzweigenden Tochteraxen unterscheiden. Die Sporen sind mit geraden Netzeleisten versehen, wie sie in den Gruppen *Clavatum* und *Complanatum* sich finden; die äusserste Zellschicht des nierenförmigen Sporangiums besitzt gewellte Verdickungsleisten von gleichmässiger Stärke.

Der Unterschied in der Anatomie von *L. obscurum* und *L. cernuum* ist also deutlich. Es ist nun die Frage, soll man derartig verschiedene gebaute Formen in einer Gruppe vereinigt lassen, oder ist es besser, eine Trennung vorzunehmen. Ich halte das letztere für naturgemässer, zumal das erwähnte *L. obscurum* in seinem Bau mit einer Form aus der *Clavatum*-Gruppe, mit unserem einheimischen *L. annotinum* weitgehende Übereinstimmung zeigt. Man hat bisher *L. annotinum* zusammen mit *L. clavatum* in einer Gruppe vereinigt; ich möchte diese beiden Formen jedoch von einander

trennen, ohne die nahe Verwandtschaft, die zwischen ihnen zweifellos besteht, zu erkennen. Die Gründe, welche mir eine Trennung zweckmässig erscheinen lassen, liegen vor allem in dem anatomischen Bau des Stammes. Bei *L. clavatum* sind nämlich stets zwei deutliche, von einander getrennte Sklerenchymringe vorhanden, das zwischen ein besonders zartwändiges Gewebe eingeschaltet ist. Sowohl dieses Gewebe als auch der zweite Sklerenchymring fehlen dem *L. annotinum* völlig. Eine weitere Tatsache, welche für eine Trennung des *L. annotinum* von der *Clavatum*-Gruppe spricht, ist in dem Bau seines Prothalliums gegeben, Wenn die Unterschiede auch nur geringe sind, so sind sie trotzdem vorhanden, und die grosse Ähnlichkeit der beiden Prothallienformen weist eben nur auf die nahe Verwandtschaft der beiden Arten hin. Im anatomischen Bau des Sporophyten stimmt *L. obscurum* mit *L. annotinum* überein. Trotzdem erscheint mir eine Vereinigung beider Formen zu einer neuen Gruppe nicht zweckmässig, zumal ich in der Blattgestaltung des *L. obscurum* eine Annäherung an den Formenkreis des *L. complanatum* zu erkennen glaube. Es zeigt sich nämlich ein kleiner Größenunterschied zwischen den lateral und den median stehenden Blättern. Wenn der Unterschied auch nur gering ist, so kann man darin immerhin den Anfang einer Anisophylie sehen, wie sie bei *L. complanatum* in vollendet Form sich zeigt. Die Gestalt der Prothallien dagegen, welche von SPESSARD im Jahre 1922 erstmals aufgefunden wurden, zeigen eine Annäherung an den *Clavatum*-Typ. Es dürfte demnach am besten sein, das *L. obscurum* ebenso wie *L. annotinum* als Übergangsbildung zu betrachten.

Das Aussehen der Prothallien gibt vielleicht auch Aufschluss über die Zugehörigkeit des *L. cernuum*, das, wollte man es als eigenen Typ aufstellen, ganz isolirt dastehen würde. Die Gestalt des Prothalliums stimmt bei *L. cernuum* ja völlig mit der des *L. inundatum* überein. Im anatomischen Bau des Sporophyten bestehen zwar Unterschiede, doch sind diese nur unbedeutend und lassen sich vielleicht auf Grund des verschiedenen Standortes der betreffenden Formen "erklären". Um eine Vergleichsmöglichkeit zu haben, seien zunächst die Baueigentümlichkeiten, die für den Typ des *L. inundatum* charakteristisch sind, an *L. alopecuroides* als Beispiel erwähnt. Das Leitbündel des Stengels zeigt Xylem- und Phloemelemente in Form eines ziemlich regelmässigen Sternes angeordnet. Stets ist ein Sklerenchymring vorhanden, dieser gibt die Holzreaktion, während das Parenchymgewebe des Stengels sich mit Chlorzinkjod violett färbt. Schleimhöhlen, von Epithel umgeben, finden sich auch in der Rinde des Stammes. Auffallend ist der grosse Reichtum an Intercellularen. Das Blatt besitzt unter dem Nerv eine Schleimhöhle; die Zellen des Assimilationagewebes sind an Grösse ziemlich gleichmässig und geben ebenso wie das Epithel der Schleimhöhle die Zellulosereaktion. Die Wurzel ist von Anfang an diarch. Direkt an die Epidermis schliesst sich der Festigungsgewebsring an, welcher Holzreaktion zeigt. Zu Hinterst befindet sich Parenchymgewebe, dessen Zellwände aus Zellulose bestehen. Bei der Verzweigung des Stengels sowohl als auch der Wurzel lassen sich stets Haupt- und Nebenaxe unterscheiden. Die Wandschicht des Sporangiums setzt sich aus in der Längsrichtung gestreckten Zellen zusammen mit geraden, unverholzten Wänden. Die zwischen diesen Längswänden verlaufenden Verdickungsleisten sind halbringförmig und erweisen sich als verholzt. Die Sporen zeigen Verdickungsleisten, welche in welligem Verlauf sich über die Oberfläche erstrecken und besonders auf der stark gewölbten Aussenseite zu erkennen sind; denn von der dieser Seite gegenüber liegenden Ecke nehmen Verdickungsleisten ihren Ausgang, welche entlang den, von dieser Ecke ausgehenden Kanten des Tetraeders verlaufen und am Grunde durch halbkreisförmige Leisten verbunden werden.

Vergleicht man nun die Verhältnisse bei *L. cernuum* und *L. alopecuroides*, so fällt vor allem die Verschiedenheit im Bau der Leitbündel auf. Einer ziemlich regelmässigen Anordnung bei *L. alopecuroides* steht die regellose Verteilung der Elemente bei *L. cernuum* gegenüber. Doch kann man bei letzterer Art, besonders wenn man noch junge Stämmchen betrachtet, eine Tendenz zu einer sternförmigen Anordnung wahrnehmen. Abweichend ist auch der Bau der Wurzel. Während bei *L. alopecuroides* von vornehmerein die Zweizahl der Protoxylemgruppen in der Wurzel gewahrt ist, zeigt die Wurzel bei *L. cernuum* zunächst eine Vielheit von solchen. In den Axen höherer

Ordnung allerdings wird auch hier die Zweizahl hergestellt. Diese Unterschiede glaube ich aber durch die verschiedenen Bedingungen, unter welchen die beiden betrachteten Pflanzen existieren, "erklären" zu können. Bei *L. alopecuroides*, das auf feuchten Mooren, gelegentlich auch untergetaucht lebt, sind Wasser und damit die darin gelösten Salze an jeder beliebigen Stelle in genügender Menge vorhanden. Es ist für die Pflanze also gleichgültig, an welcher Stelle sie die Wurzeln treibt, denn überall findet sie in unmittelbarer Nähe die nötigen Nährstoffe. So sind denn die vielen Wurzeln zu verstehen, die wir z.B. auch bei unserem einheimischen *L. inundatum* finden, von denen jede nur eine geringe Länge erreicht, da sich ein tiefes Eindringen in den Boden erübriggt. Anders liegen die Verhältnisse dagegen bei *L. cernuum*. Diese Form findet sich an trockenen Standorten und daher muss die Pflanze um die nötige Feuchtigkeit zu erhalten, mit ihren Wurzeln schon tiefer gehen. Es würde nun unzweckmäßig sein, wollte die Pflanze so viele Wurzeln erzeugen, wie beispielsweise unser *L. inundatum*. Es müsste jede dieser Wurzeln eine bedeutende Länge erreichen um in tiefere Bodenpartien zu gelangen; dabei würde nur eine relativ geringe Zone der Wurzel sich dort befinden, wo Nährstoffe in hinreichender Menge zur Verfügung stehen, der übrige Teil diente lediglich der Leitung der Nährstoffe nach dem Stämme. Das würde aber eine Materialverschwendungen bedeuten, und diese zu umgehen besitzt die Pflanze nur wenige Wurzeln. Diese greifen in das tiefere Erdreich ein und beginnen sich erst da, wo ihnen genügend Feuchtigkeit und Nährstoffe zur Verfügung stehen, zu verzweigen. Alle diese Seitenzweige können sich nun an der Aufnahme der nötigen Stoffe aus dem Substrat beteiligen, und der oberste Teil der Wurzel dient lediglich der Leitung dieser Stoffe. Es würde aber offenbar eine diarche Wurzel dazu nicht ausreichend sein, um all' diese Stoffe, die von den vielen, aus der Verzweigung entstandenen Seitenäste aufgenommen werden, nach oben zu leiten, und deshalb besitzt diese "Hauptwurzel" wohl eine grössere Anzahl von Holz- und Siebteil-Elementen. Lassen sich somit die Unterschiede im Bau der beiden betrachteten Gruppen "erklären", so spricht eine Reihe von gemeinsamen Zügen, welche sich bei den betrachteten Arten findet, für eine Vereinigung zu einer Gruppe *Cernua - Inundata* (Fig. 15 unten). Der Bau des Blattes z.B. stimmt bei beiden Formen völlig überein. So ist vor allem das Vorhandensein der Schleimhöhle, welche sich nur bei *L. cernuum*, *L. alopecuroides* und deren Verwandten findet, besonders auffallend. Dadurch und durch die Tatsache, dass das ziemlich gleichartig gebaute Assimilationsgewebe bei beiden Gruppen die Cellulose-Reaktion gibt, unterscheiden sich die Formen dieser Gruppe scharf von allen anderen, denn bei den Formen, deren Assimilationsgewebszellen ebenfalls aus Kohlehydrat-Lamellen bestehen (*L. Selago* und *L. Phlegmaria*) ist keine Spur von einer Schleimhöhle zu sehen, und bei den übrigen Gruppen findet sich stets ein verholzter Sklerenchymmantel um den Nerv, der wiederum bei der Gruppe *Cernua - Inundata* fehlt. Im Stamm ist charakteristisch das Vorhandensein von einem verholzten Sklerenchymring; ein solcher findet sich nur noch bei *L. alatum* und *L. complanatum*, doch zeigen jene Formen wiederum deutliche plattenförmige Anordnung des Xylems, wenigstens im kriechenden Stengel, was bei der Gruppe *Cernua - Inundata* niemals vorkommt. Die Wurzeln haben mit Ausnahme der Hauptwurzel von *L. cernuum*, welche die zerstreute Anordnung von Holz- und Siebteil in der Wurzel zeigt und daran leicht zu erkennen ist, von Anfang an einen diarchen, halbmondförmigen Xylemteil, welcher von einem Sklerenchymmantel aus Holzzellen umschlossen wird und auf den nach aussen weniger stark verdickte Zellen folgen, welche entweder garnicht mehr oder doch nur schwach verholzt sind. Diejenigen Arten (*L. Selago* und *L. Phlegmaria*), bei denen ebenfalls radiär gebaute Stengel und diarche, von einem Sklerenchymring umgebene Wurzeln vorkommen, unterscheiden sich von der *Cernua - Inundata*-Gruppe dadurch, dass in der Wurzel zwischen dem Sklerenchymring und der Endodermis noch Parenchymgewebe eingeschaltet ist, und dass dieser Sklerenchymring niemals die Holzreaktion zeigt. Die Verzweigung ist in Stengel und Wurzel eine seitliche. Die Sporangien-Aussenwand zeigt Zellen mit geraden, unverholzten Wänden, zwischen denen halbringförmige Verdickungsleisten ausgespannt sind. Die Sporen sind mit gewellten Netzleisten versehen, die drei stärkeren, von einer Tetrae-

derecke ausgehenden Leisten sind unter einander durch halbkreisförmige Leisten verbunden. Dieser Gruppe *Cernua - Inundata* ist auch das *L. laterale* zuzurechnen, das in seinem anatomischen Bau völlig mit *L. alopecuroides* übereinstimmt.

Grosse Ähnlichkeit im anatomischen Bau mit *L. alopecuroides* zeigt auch *L. Carolinianum*, doch sind als unterscheidende Merkmale hervorzuheben das Fehlen von Schleimgängen sowohl im Stamm als auch im Blatt und das Auftreten von zweierlei Blattformen: grossen, sichelförmigen, nach oben gebogenen, seitlichen Blättern und kleineren, geraden, ovalen Blättern. *L. Carolinianum* wäre also als eine Übergangsform zu betrachten, welche die Gruppe *Inundata* mit der Gruppe *Complanata*, welche ja auch zweierlei Blattformen aufweist, verbindet. Auf diese Mittelstellung ist es auch zurückzuführen, dass diese Form bald der *Inundatum*-Gruppe zugerechnet wird, wie es z.B. PRITZEL tut, bald dem Formenkreis des *L. complanatum* angereiht wird, wie es von BAKER geschieht.

Als besonderer Typ muss auch *L. casuarinoides* betrachtet werden, das in dem Bau seines Blattes mit *L. cernuum* völlig übereinstimmt, in der Gestalt des Sprosses und der Wurzel aber insofern von ihm abweicht, als die Anordnung der Elemente eine plattenförmige im Stamm bzw. eine radiäre in der Wurzel ist. Auch die Sporangien zeigen nicht die dorsiventrale Beschaffenheit wie *L. cernuum*, sondern sind nierenförmig; die Zellen des Exotheciums besitzen gewellte Seitenwände, die an den Biegungspunkten knopfartige Verdickungen tragen, die aber näher aneinander stehen, als dies bei *L. clavatum*, mit dem der Bau der Sporangiumwand die meiste Ähnlichkeit besitzt, der Fall ist. Die Sporen besitzen auf ihrer Aussenwand gerade Netzeleisten, welche nicht so stark hervortreten wie es sonst bei den Angehörigen der Gruppen *Clavatum* und *Complanatum* üblich ist. Man muss daher *L. casuarinoides* als eine vermittelnde Form zwischen *L. cernuum* und einer dieser Gruppen auffassen und nach der Form der Sporangien-Aussenwand möchte ich es als Zwischenglied zwischen *L. clavatum*, bei welchem ja auch besondere knopfartige Verdickungen (die aber auch bei einigen Formen aus der *Complanata*-Gruppe vorkommen), auftreten, und *L. cernuum* betrachten.

Eine ähnliche vermittelnde Stellung muss auch dem *L. densum* zuerkannt werden. Diese Form zeigt im Bau von Stengel und Wurzel weitgehende Übereinstimmung mit *L. cernuum*, besitzt aber nicht die zerstreute Anordnung der Bündelelemente, sondern eine plattierte im kriechenden Spross, eine radiäre im aufrechten und in der Wurzel. Im Blatt fehlt die Schleimhöhle, der Nerv wird von einem Festigungsgewebe umgeben, das ebenso wie die Parenchymzellen und die Epidermis Holzreaktion zeigt. Die Epidermis zeigt auf der nach aussen gewandten Unterseite grössere Zellen als auf der nach innen gekehrten Oberseite, welche letztere auch allein die Spaltöffnungen trägt. Die Wurzel zeigt denselben anatomischen Bau wie *L. cernuum* nur ist das Xylem radiär angeordnet. Die Sporangien zeigen nierenförmige Gestalt, ihre Aussenwände setzen sich aus Zellen mit gewellten Seitenwänden, welche verholzt sind und überall dieselbe Stärke aufweisen, zusammen; die Sporen besitzen zwar die kugeltetraedrische Gestalt, auch kommen ihnen die drei, von einer Tetraederecke ausgehenden Kanten des Tetraeders entsprechen, zu. Im übrigen weicht dieser Sporentyp von den anderen beträchtlich ab, da hier stachelartige Verdickungen, wie sie PRITZEL bereits abbildet, vorkommen. Man wird also nach dem anatomischen Bau diese Art als eine Mittelform zwischen dem Formenkreis *Cernua - Inundata* und den Formen aus den Gruppen *Clavatum* und *Complanatum* ansehen müssen. Eine Annäherung an *L. clavatum* kann man in der Beschaffenheit des Blattes, eine solche an *L. complanatum* in der Form der Sporangiumwandung erblicken. Als letzte Form aus der Gruppe *Cernua* (PRITZEL) möge *L. volubile* Erwähnung finden. Diese Art weist schon in ihrem äusseren Habitus durch das Auftreten von zweierlei Blattformen: grösseren, sichelförmigen, seitlich stehenden und kleineren, in zwei Reihen auf der Oberseite befindlichen, angepressten Blättern auf nahe Beziehungen zur *Complanatum*-Gruppe. Da diese Art auch in ihrem anatomischen Bau völlig mit der Gruppe *Complanatum* übereinstimmt, wird man sie ohne Bedenken dieser Gruppe unterordnen können, deren besondere Eigentümlichkeiten hier kurz zusammengefasst werden mögen (vergl. Fig. 16 oben). Für den Stengel ist bezeichnend eine plattierte Anordnung der Elemente im

kriechenden, eine radiäre dagegen im aufrechten Spross. An die Endodermis schliesst sich direkt ein aus verholzten Zellen bestehender Sklerenchymmantel an, welcher bedeutende Mächtigkeit erreichen kann und an älteren Stämmen bis an die Epidermis heranreicht. Für die Axen höherer Ordnung ist das Querschnittsbild charakteristisch. An den seitlichen, flügelartigen Fortsätzen kann man sofort die Zugehörigkeit der betreffenden Art zu dieser Gruppe erkennen. Das Blatt zeigt eine mehr oder weniger deutliche dorsiventrale Ausbildung, die Zellen sind meist in einer schräg nach aussen gehenden Richtung gestreckt. Die Wurzel zeigt radiäre Anordnung der Bündelelemente, ein Sklerenchymring setzt sich an die Endodermis an, nach aussen folgt nochmals Parenchymgewebe. Die Verzweigung ist stets eine seitliche. Die Sporangien zeigen eine nierenförmige Gestalt, die Seitenwände der Zellen der Aussenwand sind gewellt, verholzt, gleichmäßig dick oder mit besonderen Verstärkungen an den Biegungsstellen versehen. Die Sporen sind Netzsporen mit geraden Leisten.

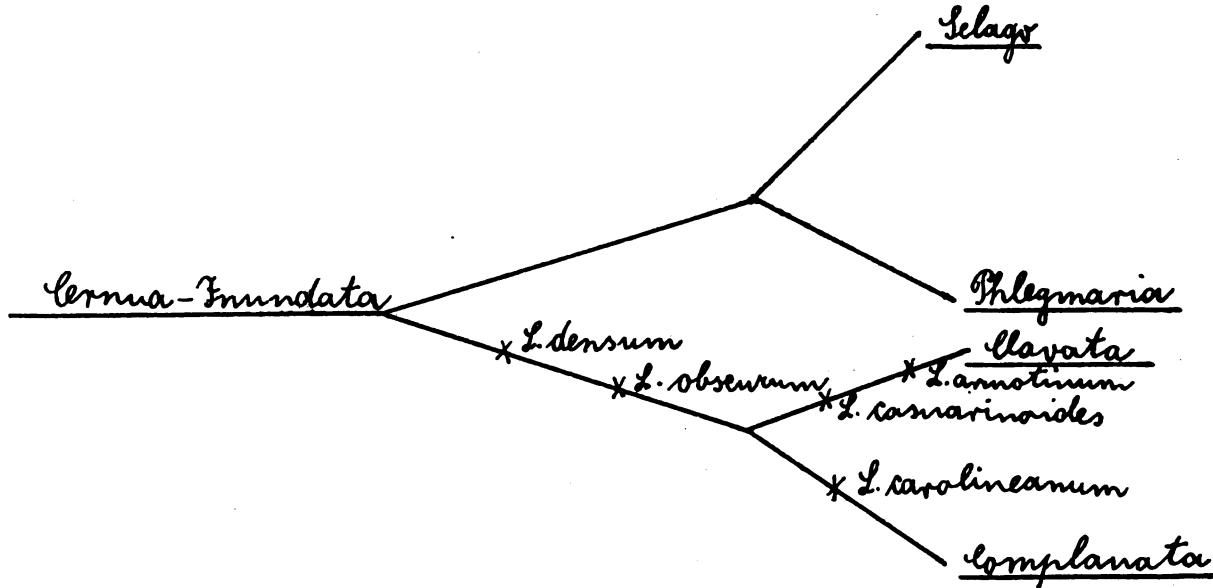
Als letzter Typus möge noch jener des *L. clavatum* kurz beschrieben werden (vgl. Fig. 16 unten). Diese Gruppe weist nahe Beziehungen zur eben besprochenen auf, doch ist ein charakteristischer Unterschied in der Anatomie des Stammes darin gegeben, dass zwei Sklerenchymringe vorhanden sind, welche durch zartwandiges Parenchymgewebe von einander getrennt werden. Das Blatt zeigt um den Nerv stets einen Festigungsgewebsring, dessen Zellen verholzte Wände besitzen. Das Assimilationsgewebe setzt sich aus gleichmässigen, im Querschnitt nahezu runden Zellen zusammen, welche in Richtung des Hauptnervs gestreckt sind. Die Wurzel zeigt denselben Bau wie bei *L. complanatum*; die Verzweigung ist eine monopodiale. Die Sporangien sind nierenförmig, die Zellen der Sporangium-Aussenwand besitzen gewellte Seitenwände, welche an den Biegungsstellen knopfartig verdickt sind. Die Sporen zeigen denselben Bau wie in der *Complanatum*-Gruppe, haben also gerade Netzleisten.

ZUSAMMENFASSUNG.

Am Schluss möge noch eine kurze Zusammenfassung der gewonnenen Resultate stattet sein. Man kann auf Grund des anatomischen Baues des Sporophyten innerhalb der Gattung *Lycopodium* fünf Typen aufstellen, denen sich jeweils eine bestimmte Anzahl von Arten unterordnen. Die Grenzen, welche zwischen den einzelnen Typen gezogen werden, sind aber keine ganz scharfen, was aus der Existenz von Arten, welche als Übergangsbildung Baueigentümlichkeiten teils von dieser, teils von jener Gruppe aufweisen, hervorgeht. Bemerkenswert ist dabei, dass all diese Zwischenformen eine Annäherung an die *Cernua - Inundata*-Gruppe zeigen. Es wäre also denkbar, dass die sämtlichen Arten der Gattung *Lycopodium* phylogenetisch auf eine *Cernuum*-ähnliche Form zurückgeführt werden könnten, wofür auch die Tatsache spricht, dass nur in dieser Gruppe Stengel und Wurzel übereinstimmenden inneren Bau zeigen. Auch die Ansichten von HOLLOWAY und HILL, welche auf Grund ihrer vergleichend anatomischen Untersuchungen zu dem Ergebnis kamen, dass der radiäre Bündeltypus der primitivere sei, lassen sich sehr wohl mit dieser Ansicht in Einklang bringen. Dazu kommt noch, dass SYKES als Ergebnis seiner vergleichenden Betrachtungen über den Bau der *Lycopodium*-Sporophylle den *Cernuum*-Typus als den primitivsten betrachtet. Diese Hypothese gewinnt noch mehr an Wahrscheinlichkeit durch die Tatsache, dass auch LANG auf Grund der Baueigentümlichkeiten der Gametophyten zu dieser Annahme kommt und die verschiedenen Prothallienformen durch Anpassung eines *Cernuum*-artigen Prothalliums an epiphytische Lebensweise erklären will. Man kann dann die verwandtschaftlichen Beziehungen der einzelnen Gruppen vielleicht am besten durch umseitige Skizze zur Ansicht bringen.

Man sieht von der Gruppe *Cernua - Inundata* zwei Äste ausstrahlen, von denen jeder sich in zwei Seitenäste gabelt und jeweils zu einer der Gruppen *Selago*, *Phlegmaria*, *Clavata*, *Complanata* führt. Die Übergangsformen sind entsprechend ihrer grösseren Ähnlichkeit mit der *Cernua - Inundata*-Gruppe oder mit einer der endständigen Gruppen der ersteren bzw. den letzteren mehr genähert, eingezieh-

net. *L. carolineanum* hat als Übergangsform zur *Complanatum*-Gruppe seine Stellung auf dem *Complanatum*-Ast, *L. annotinum* und *L. casuarinoides* haben wegen ihrer Verwandtschaft mit *L. clavatum* ihre Plätze auf dem *Clavatum*-Ast gefunden. *L. densum* und *L. obscurum* zeigen Ähnlichkeit mit beiden der erwähnten Gruppen und sind deshalb auf den noch nicht gespaltenen Teil des Zweiges gezeichnet worden. Sind die



Übergangsformen zwischen der Gruppe *Cernuum - Inundatum* und den Gruppen *Complanatum* und *Clavatum* relativ häufig, so konnte ich eine Übergangsform zwischen der *Cernuum - Inundatum*-Gruppe und den Gruppen *Selago* und *Phlegmaria* nicht finden. Das, seinem Habitus nach als Mittelbildung zwischen diesen Gruppen bezeichnete *L. cruentum*, von welchem BAKER schreibt: "Connects the *Selago* and *Inundatum* groups", kann auf Grund der anatomischen Untersuchung, welche völlige Übereinstimmung mit den Formen der *Selago*-Gruppe ergab, nicht als Übergangsbildung bezeichnet werden.

Es sei mir gestattet, Herrn Geheimrat von GOEBEL für die freundliche Unterstützung durch Rat und Tat und das fördernde Interesse, das er stets an der Arbeit genommen, auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank zum Ausdruck zu bringen. Desgleichen bin ich Herrn Professor SIERP, in dessen Händen die Leitung des Instituts zur Zeit der Javareise des Herrn Geheimrat lag, für sein wohlwollendes Entgegenkommen und insbesondere für wertvolle Literaturhinweise zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Verzeichnis der Abbildungen.

- Tafel I. Fig. 1: *L. Lechleri*, Stengelquerschnitt mit innerer Wurzel.
 2: *L. quadelongianum*, Stengelquerschnitt.
 " " 3: *L. vestitum*, Stengelquerschnitt.
 " " 4: *L. Nettoanum*, Querschnitt durch den Stengel des orthotropen Sprosses mit Schleimhöhlen.
- Tafel II. " 5: *L. curvatum*, Stengelquerschnitt.
 " " 6: *L. Fawcetti*, Querschnitt durch den plagiotropen Spross.
 " " 7: *L. curvatum*, Blattquerschnitt mit Schleimhöhle (siehe oben)
 " " 8: *L. bolivianum*, Blattquerschnitt (siehe Mitte)
 " " 9: *L. compactum*, Blattquerschnitt (siehe unten)
 " " 8: *L. vestitum*, Blattquerschnitt (siehe oben)

Tafel II. Fig. 8: *L. bolivianum*, Stück der Blattepidermis mit Spaltöffnungen und deren Verdickungsleisten (siehe links, Mitte).

" " " 8: *L. suberectum*, Partie aus dem Blatt, die anomalen zwei Nerven und das "Transfusionsgewebe" zeigend (siehe links unten).

" " " 8: Fawcettii, Querschnitt durch den orthotropen Spross mit angrenzenden Blättern (siehe rechts).

Tafel III. Fig. 9: *L. verticillatum* (siehe oben links).) Querschnitte

" " " 9: *L. magellanicum* (siehe oben rechts).) zur Stengel-

" " " 9: *L. alopecuroides* (siehe unten).) Verzweigung.

" " " 10: *L. curvatum*, Wurzelquerschnitt (s. oben)

" " " 10: *L. fontinaloides*, Wurzelquerschnitt.

" " " 11: *L. contiguum*, Wurzelquerschnitt.

" " " 12: *L. Fawcettii*, Wurzelquerschnitt (siehe oben).

" " " 12: *L. Selago* (siehe Mitte)) Querschnitte zur

" " " 12: *L. aristatum*) Wurzelverzweigung.

Tafel IV. Fig. 13: *L. alopecuroides* (siehe oben)

" " " 13: *L. curvatum* (siehe unten links)) Querschnittserie

" " " 13: *L. curvatum* (siehe unten rechts)) zur Wurzelverzweigung.

" " " 14: *L. quadecupianum*, Sporangiumwandung (siehe oben links).

" " " 14: *L. quadecupianum*, Sporen (siehe oben rechts).

" " " 14: *L. alopecuroides*, Sporengiumwandung (siehe oben links).

" " " 14: *L. alopecuroides*, Sporen (siehe oben rechts).

" " " 14: *L. vestitum*, Sporangiumwandung (siehe unten links).

" " " 14: *L. vestitum*, Sporen (siehe unten rechts).

" " " 15: *L. Selago - Phlegmaria* (siehe oben)) Schematische Bilder

" " " 15: *L. Cernua - Inundata* (siehe unten)) des Stengelquerschn.,

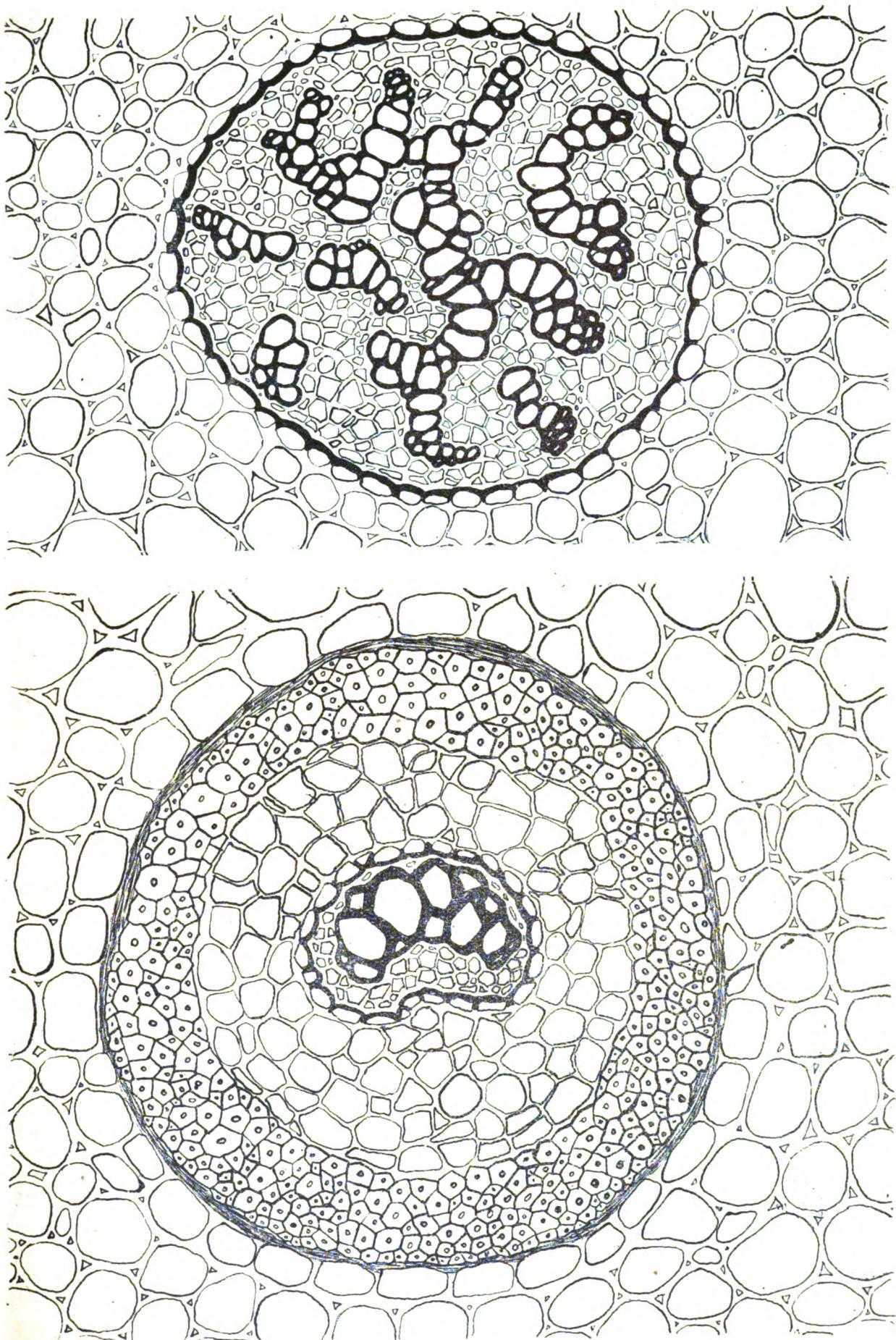
" " " 16: *L. complanatum* (siehe oben)) Wurzelquerschn., der

" " " 16: *L. clavatum* (siehe unten).) Sporangiumwandung u.d. Sporen d.einz. Typen.

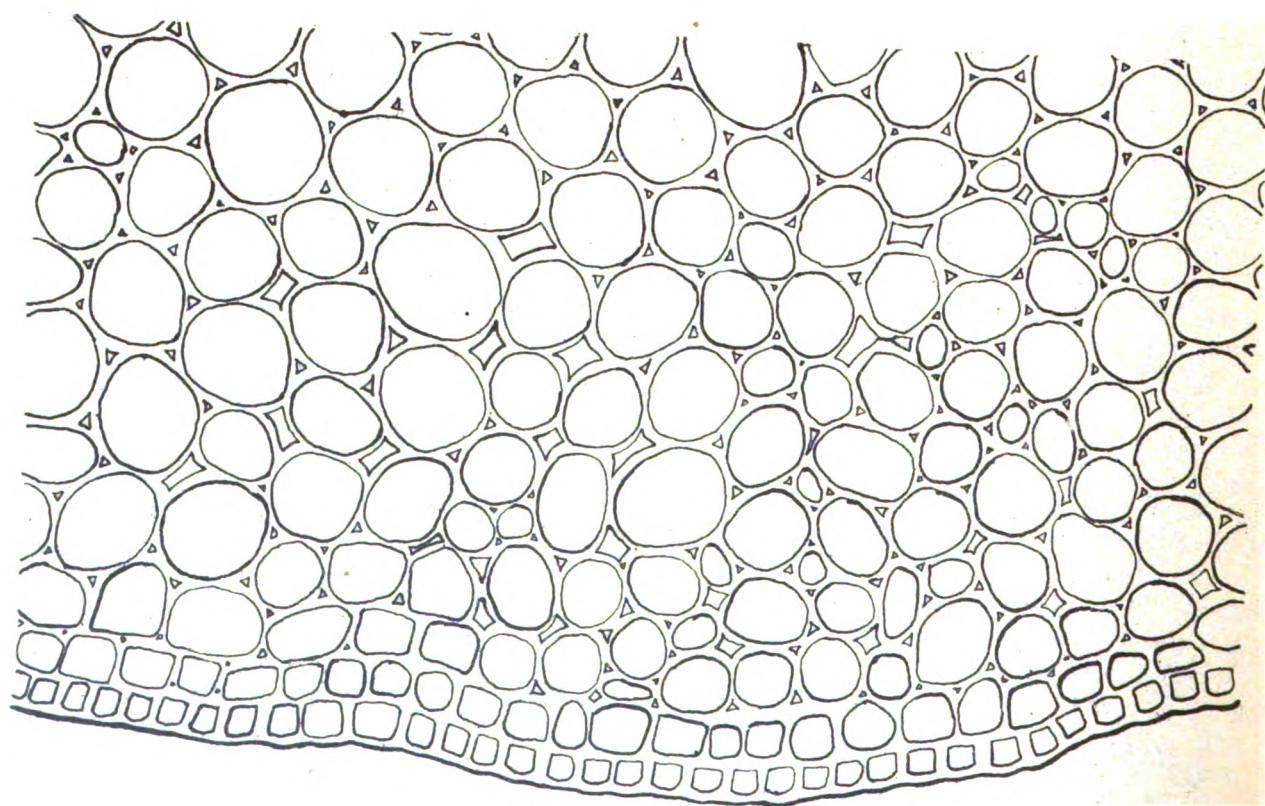
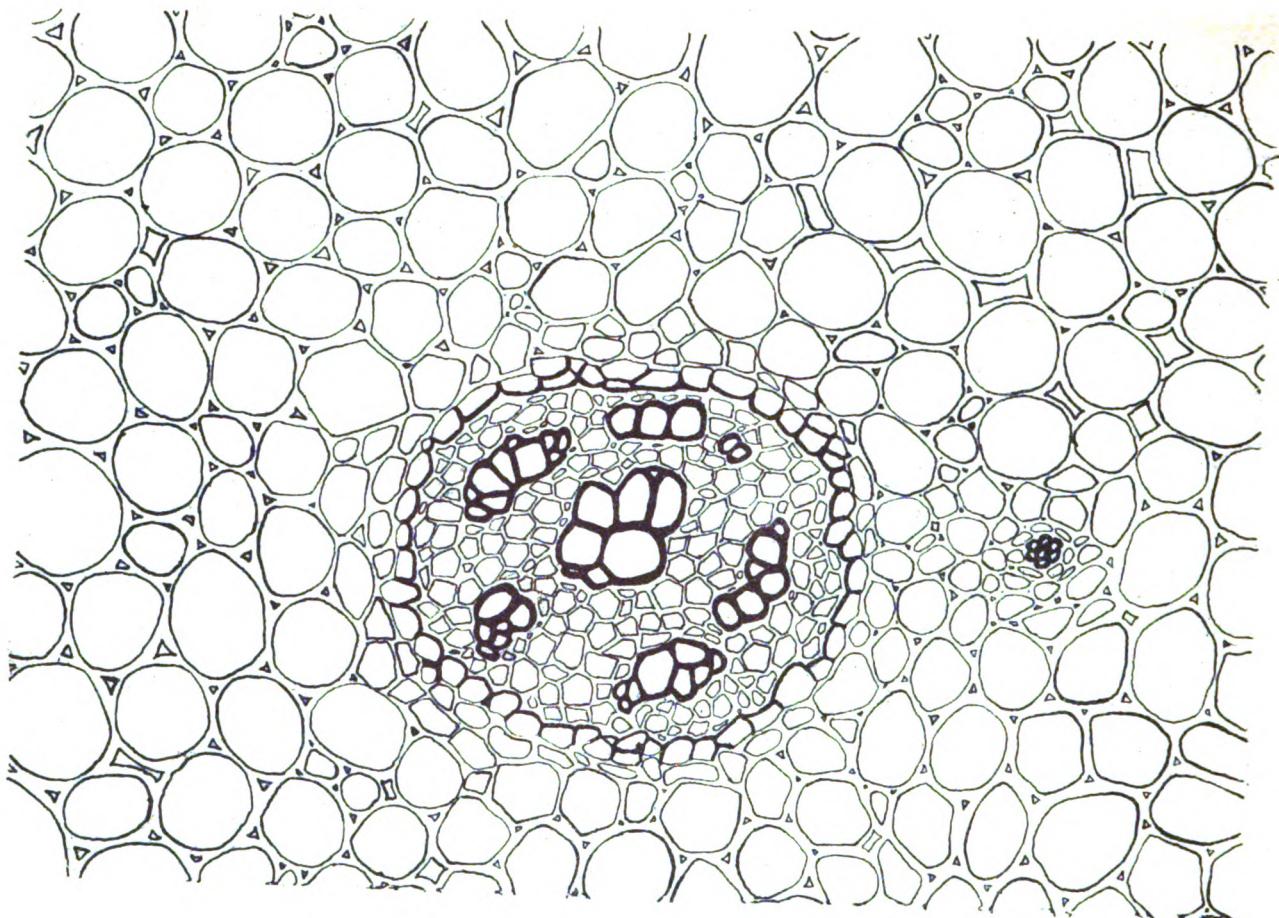
LITERATUR.

- (1) BISCHOFF, Lehrbuch der Botanik, Stuttgart 1834. - (2) SPRING, Monographie des Lycopodiacees, I.III. 1842, 49. - (3) HOFMEISTER, Vergleichende Untersuchungen, Leipzig 1851. - (4) CRAMER, Über Lycopodium Selago. Pflanzenphys. Unters. 3.Heft, Zürich 1855. - (5) MÜLLER, Über Lycopodium cernuum. Bot.Ztg. 1861. - (6) DIPPEL, Über die Zusammensetzung der Gefäßbündel der Gefässkryptogamen. Amtl. Ber. über die 39. Versamml. d. Deutschen Naturf. und Ärzte, Giessen 1864. - (7) FEE, Cryptogames vasculaires du Brésil, Paris 1869. - (8) SACHS, Lehrbuch der Botanik, 1870, Leipzig. - (9) HEGELMAIER, Zur Morphologie der Gattung Lycopodium. Bot.Ztg. 1872, Nr.44 bis 48. - (10) RUSSOW, Vergleichende Untersuchungen über die Leitbündel der Gefässkryptogamen, Petersburg 1872. - (11) FANKHAUSER, Über den Vorkeim von Lycopodium. Bot.Ztg. 1873, Nr. 1. - (12) STRASBURGER, Einige Bemerkungen über Lycopodiaceen. Bot.Ztg.1873,Nr.6. - (13) HEGELMAIER, Zur Kenntnis einiger Lycopodinen. Bot.Ztg. 1874 Nr.33. - (14) BRUCHMANN, Über Anlage und Wachstum der Wurzeln von Lycopodium und Isoetes. Jena 1874. - (15) BARY, Vergleichende Anatomie etc. Leipzig 1877. - (16) HÖHNERL, Über Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Sitzungsbericht der mathematisch naturwissenschaftlichen Klasse der K. Akademie der Wissenschaften, Wien, Bd. LXXVI, 1877. - (17) LUERSSEN, Handbuch der systematischen Botanik, Stuttgart, 1879. - (18) SADEBECK, Die Gefässkryptogamen in SCHENK's Handbuch der Botanik, Breslau 1879/80. - (19) Von BECK, Vorkeime der Lycopodien. Österreichische Botanische Zeitschrift 1880. - (20) Von GOEBEL, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien. Botanische Zeitung 1880. - (21) Von GOEBEL, Grundzüge der Systematik und speziellen Pflanzenmorphologie. Leipzig 1882. - (21) De JANCZEWSKI, Etudes comparées sur les Tubes cribreux. Mém. de la Soc. nation.

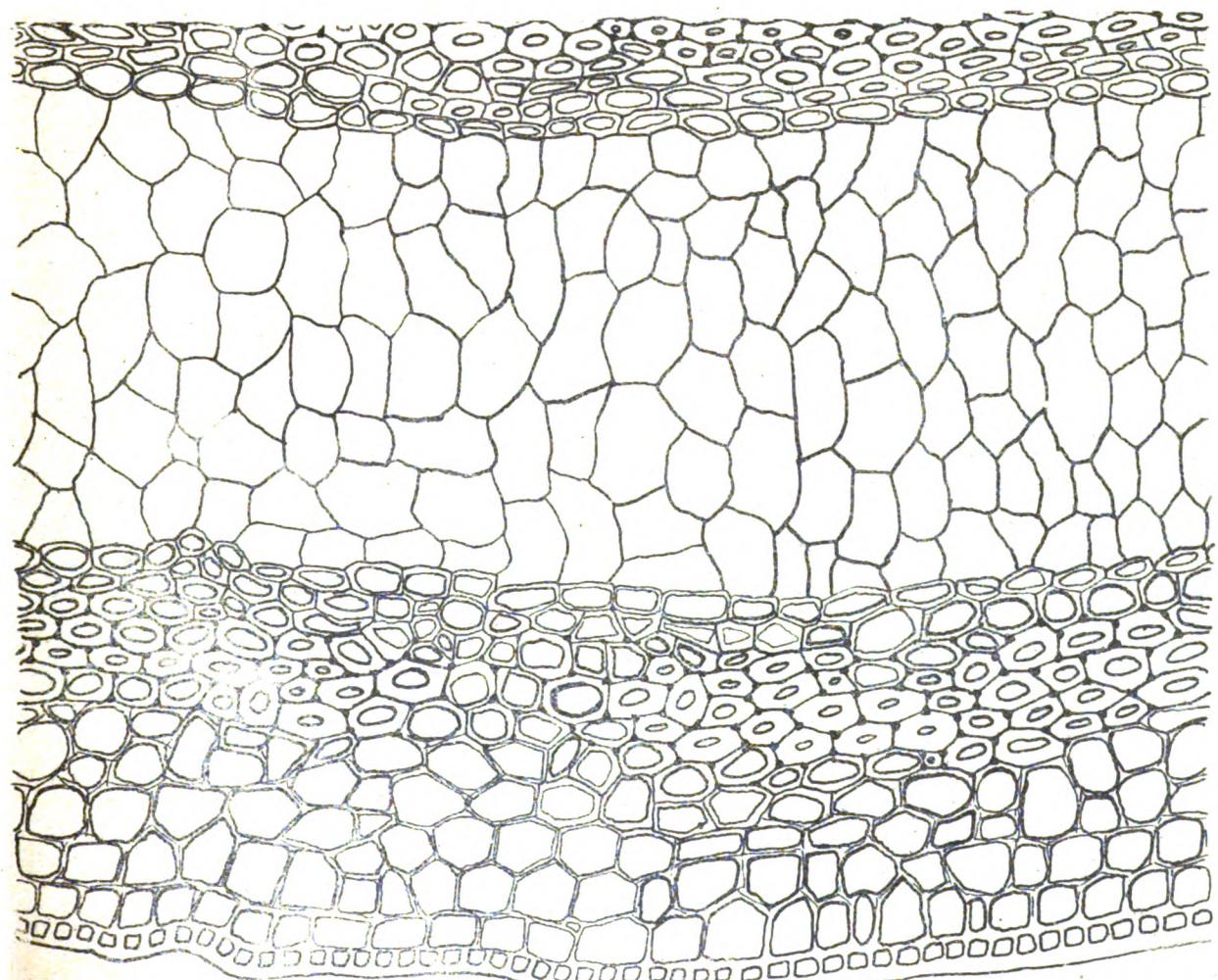
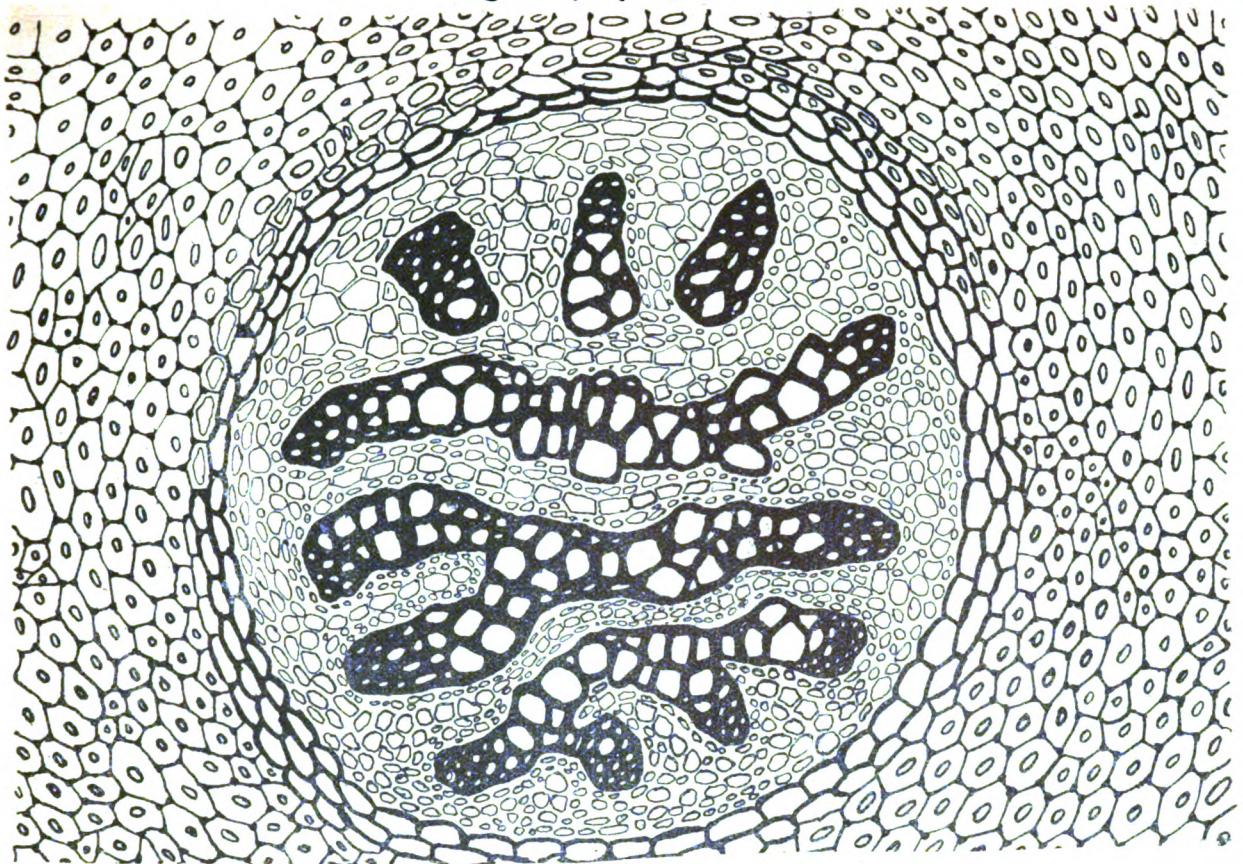
des Sc. naturelles, Cherbourg 1881. - (22) POTONIE, Leitbündel der Gefässkryptogamen. Jahrbuch des Kgl. Botanischen Gartens, Berlin 1883. - (24) TREUB, Etudes sur les Lycopodiacees. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg, 1884. 86. 88. 89. - (25) SPRING, Lycopodiaceae in Fée Flora Brasiliensis I. 1884. - (26) BRUCHMANN, Prothallium von L. annot. Botanisches Zentralblatt 1885, Nr. 21. - (27) BECKER, Handbook of the Fern-Allies. London 1887. - (28) Von GOEBEL, Über Prothallien und Keimpflanzen von *Lyc. inundatum*. Botanische Zeitung 1887. Nr. 11 und 12. - (29) TREUB, Some words on the life history of *Lycopodium*. Ann. of Botan. I 1887. - (30) STRASBURGER, Botanisches Praktikum, Jena 1887. - (31) STRASBURGER, Bau und Verrichtungen der Leitungsbahnem. Histolog. Beiträge III. Jena 1891. - (32) WALTER, Über die braunwändigen, sklerenchymatischen Elemente der Farne. Bibl. Bot. 1890. - (33) ERIKSON, Bidrag till kännedomen i *Lycopodinébladens* anatomi. Arbeiten des Botanischen Instituts der Universität Lund. 1892. - (34) BOWER, Studies in the morphology of spore-producing members. London 1894. - (35) CAMPBELL, The structure and development of the Mosses and Ferns. London 1895. - (36) SCHENK, Brasilianische Pteridophyten Hedwigia XXXV. 1896. - (37) JANSE, Les endophytes radicaux de quelques plantes javanaises. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. Bd. XIV, 1896. - (38) BRUCHMANN, Über die Prothallien und Keimpflanzen mehrerer europäischer Lycopodiaceen. Gotha 1898. - (39) LINSBAUER, Vergleichende Anatomie einiger tropischer *Lycopodium*-Arten. Sitzungsbericht der k.K. Akademie der Wissensch. Wien, mathemat. naturwiss. Klasse. 1. Abteilung 1898. - (40) LÜSTNER, Beiträge zur Biologie der Sporen. Wiesbaden 1898. - (41) LANG, The Prothallus of *Lycopodium clavatum*. Ann. of bot. XIII. 1899. - (42) BOODLE, On the structure of the stem in two species of *Lycopodium*. Ann. of Bot. 1900. - (43) STAHL, Der Sinn der Mykorrhizenzbildung. Pr. J. XXXIV, 1900. - (44) PRITZEL, Lycopodiaceae in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig 1902. - (45) JONES, The morphology and anatomy of the stem of the genus *Lycopodium*, 1905. (nach Ref. aus Just). - (46) MAGER, Beiträge zur Anatomie der Physiolog., Scheiden der Pteridophyten. Bibl. Bot. Heft 66. 1907. - (47) STOKEY, The roots of *Lyc. pithycoides*. Bot. Gaz. XLIV. 1907. - (48) WIGGLESWORTH, The young sporophytes of *Lyc. compl.* and *Lyc. clavatum*. Ann. of Botan. XXI. 1907. - (49) BÄSECKE, Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Scheiden der Aven und Wedel der Filicinae, sowie über den Ersatz des Korkes bei dieser Pflanzengruppe. Bot. Ztg. 1908. - (50) HERTER, Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Lycopodium*. Studien über die Untergattung *Urostachys*. ENGLER, Bot. Jahrb. XLIII. Beiblatt 98. 1908. - (51) SYKES, Notes on the morphology of the sporangium-bearing organs of the Lycopodiaceae. New Phytologist VII. 1908 (nach Ref. aus Just). - (52) LOTSY, Vorträge über botanische Stammesgeschichte. Jena 1919. - (53) BURGEFF, Zur Biologie der Orchideen-Mycorrhiza. Jena 1909. Diss. - (54) SINNOTT, On mesarch structure in *Lycopodium*. Bot. Gaz. XLVIII. 1909. - (55) BORODINE, Sur la distribution des stomates sur les feuilles du *Lycopodium annotinum*. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg. 3. Suppl. 1. Part. 1910. - (56) BRUCHMANN, Die Keimung der Sporen und die Entwicklung der Prothallien von *L. clavatum*, *L. annot.* und *L. sel.* Flora C I. 1910. - (57) HOLLOWAY, A comparative study of the anatomy of six new Zealand species of *Lycopodium*. 1910 (nach Ref. aus Just). - (58) CZAPEK, Biochemie der Pflanze, Jena 1913. - (59) MOLISCH, Mikrochemie der Pflanze, Jena 1913. - (60) TUNMANN, Pflanzenmikrochemie. Berlin 1913. - (61) EDGERLEY, The Prothallia of three new Zealand Lycopods. Trans. N. Zealand inst. X.L.VII. 1914 (Reg. aus Just). - (62) HILL, The anatomy of six epiphytic species of *Lycopodium*. Bot. Ges. LXIII. 1914. - (63) HÄBERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie. V. Aufl. 1918. - (64) ZIEGENSPECK, Amyloid in jungen Pflanzenorganen als vermittelndes Zwischenprodukt der Bildung von Wandkohlehydraten. Ber.d.D. Botan. Ges. Bd. XXXVII, 1919. - (65) PENZIG, Pflanzenteratologie, Berlin 1921. - (66) SPESSARD, Prothallia of *Lyc. America*. Bot. Gaz. LXXIV. 1928. - (67) MEYER, Die *Lycopodium*-Leitbündel als Leitbündeltypus eigener Art. Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. XLII, Heft 3, 1924. - (68) Botanisches Zentralblatt. - (69) JUST, Botanischer Jahresbericht. - (70) Botanical abstracts. -



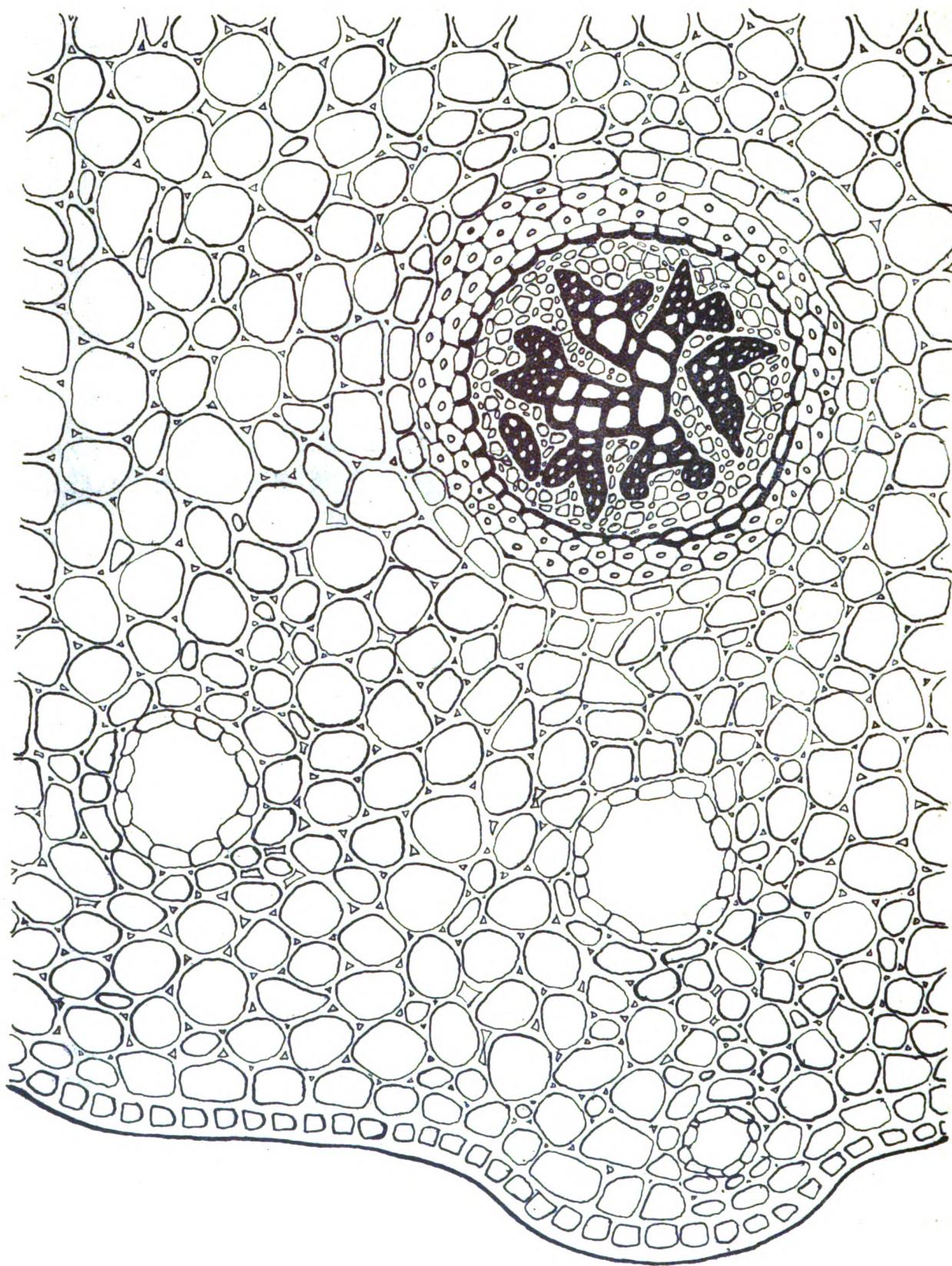
Tafel 1.



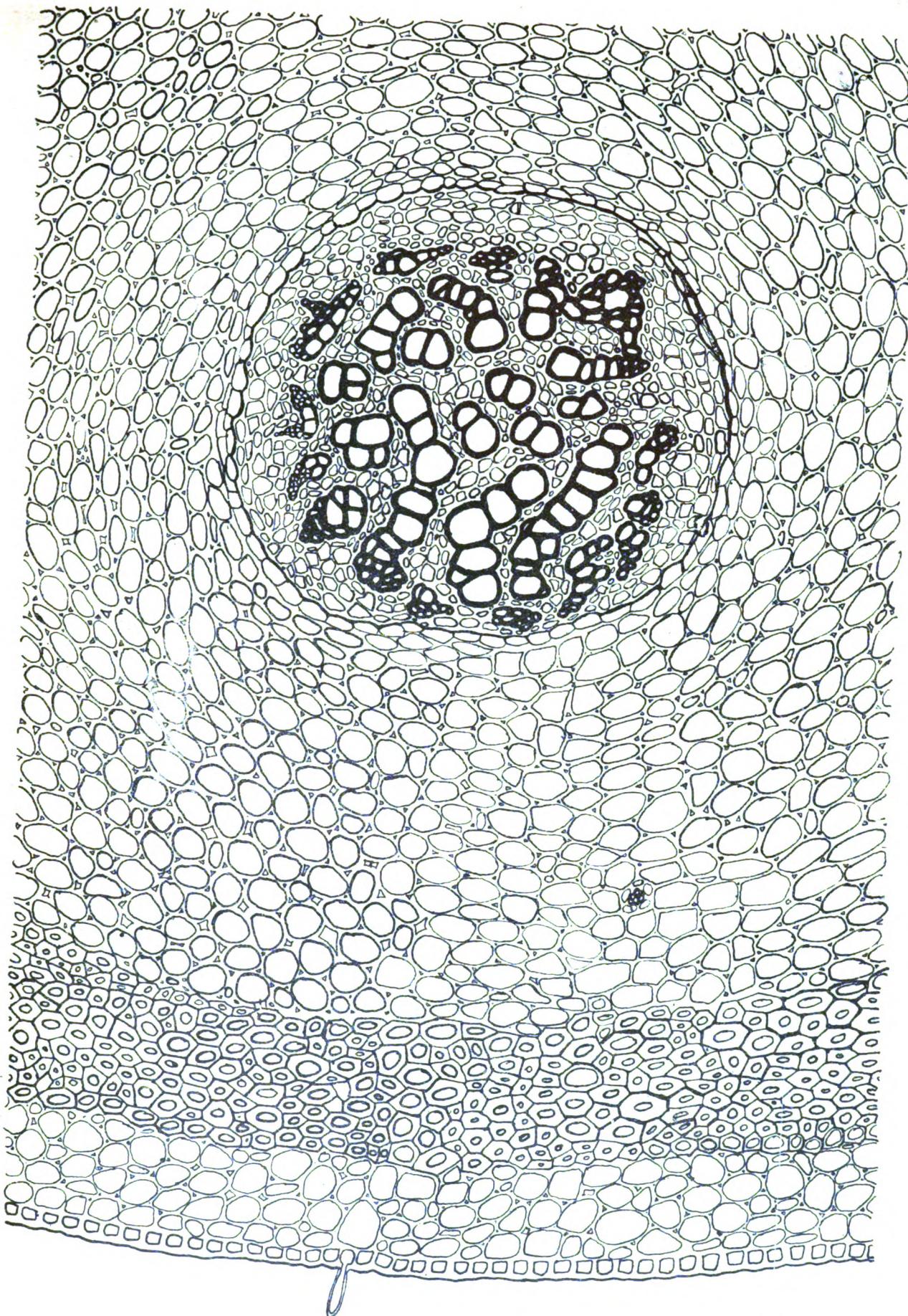
Tafel 2.



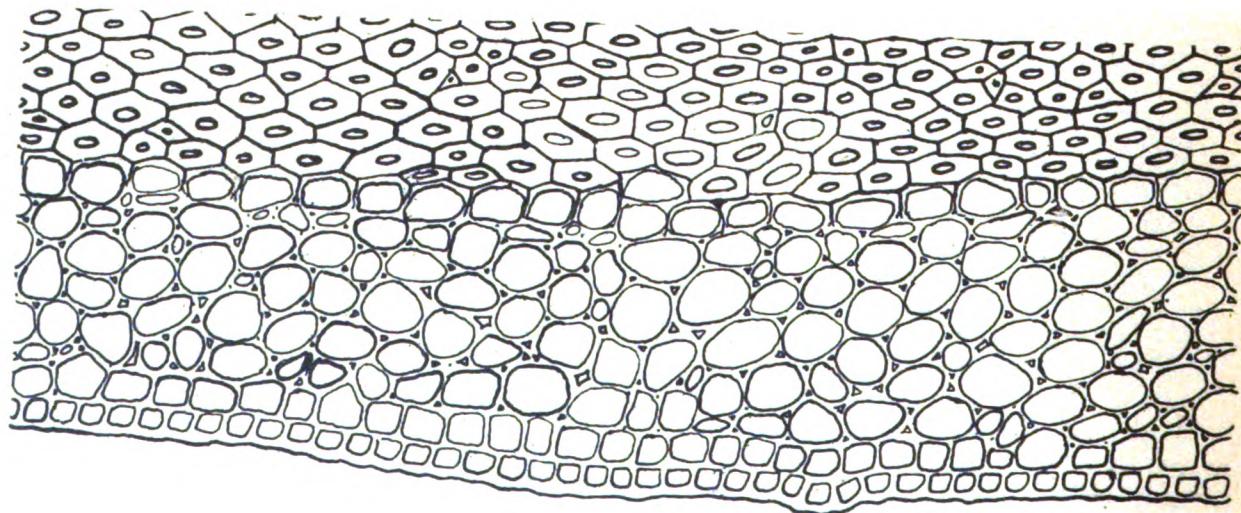
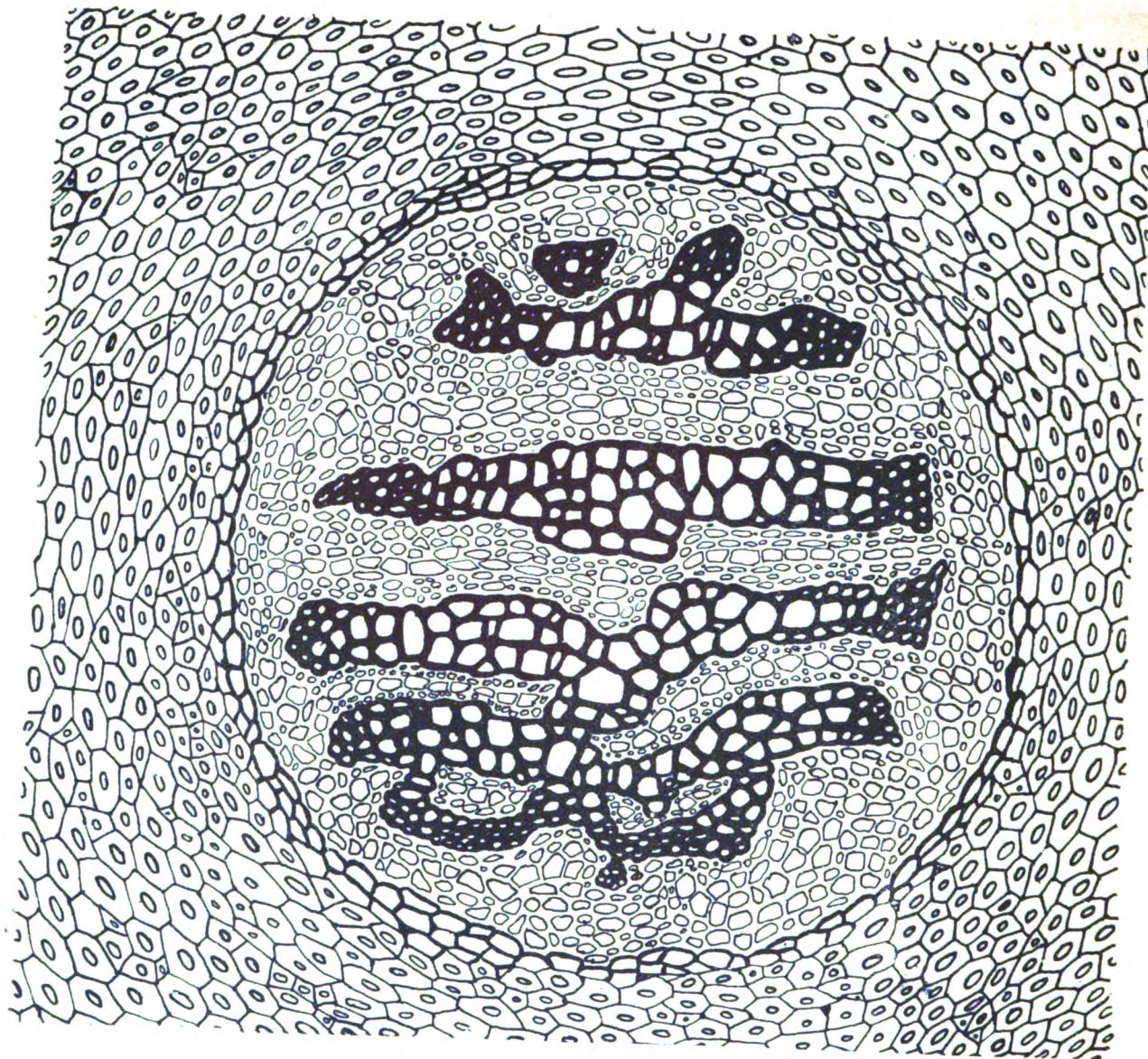
Tafel 3.



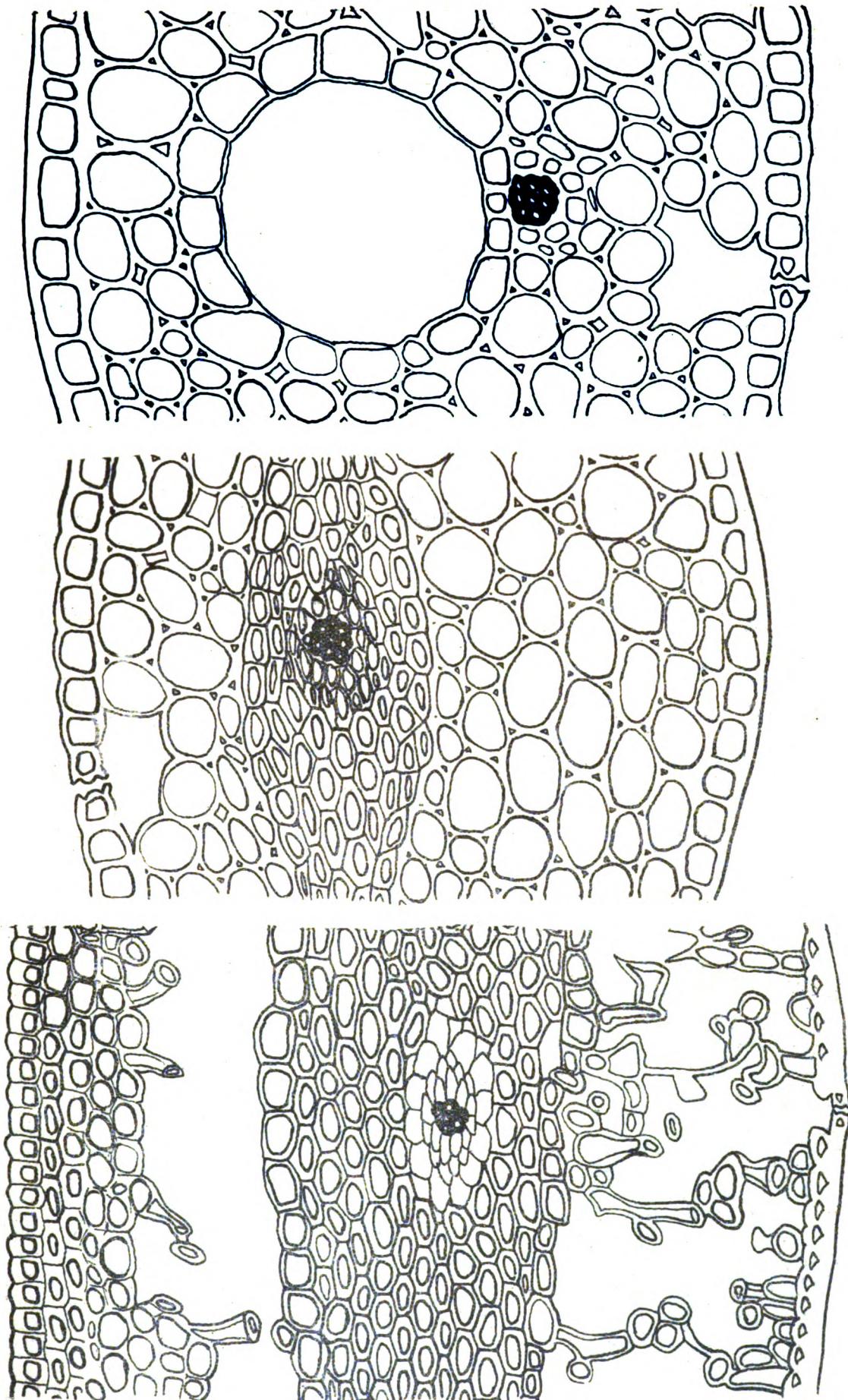
Tafel 4.

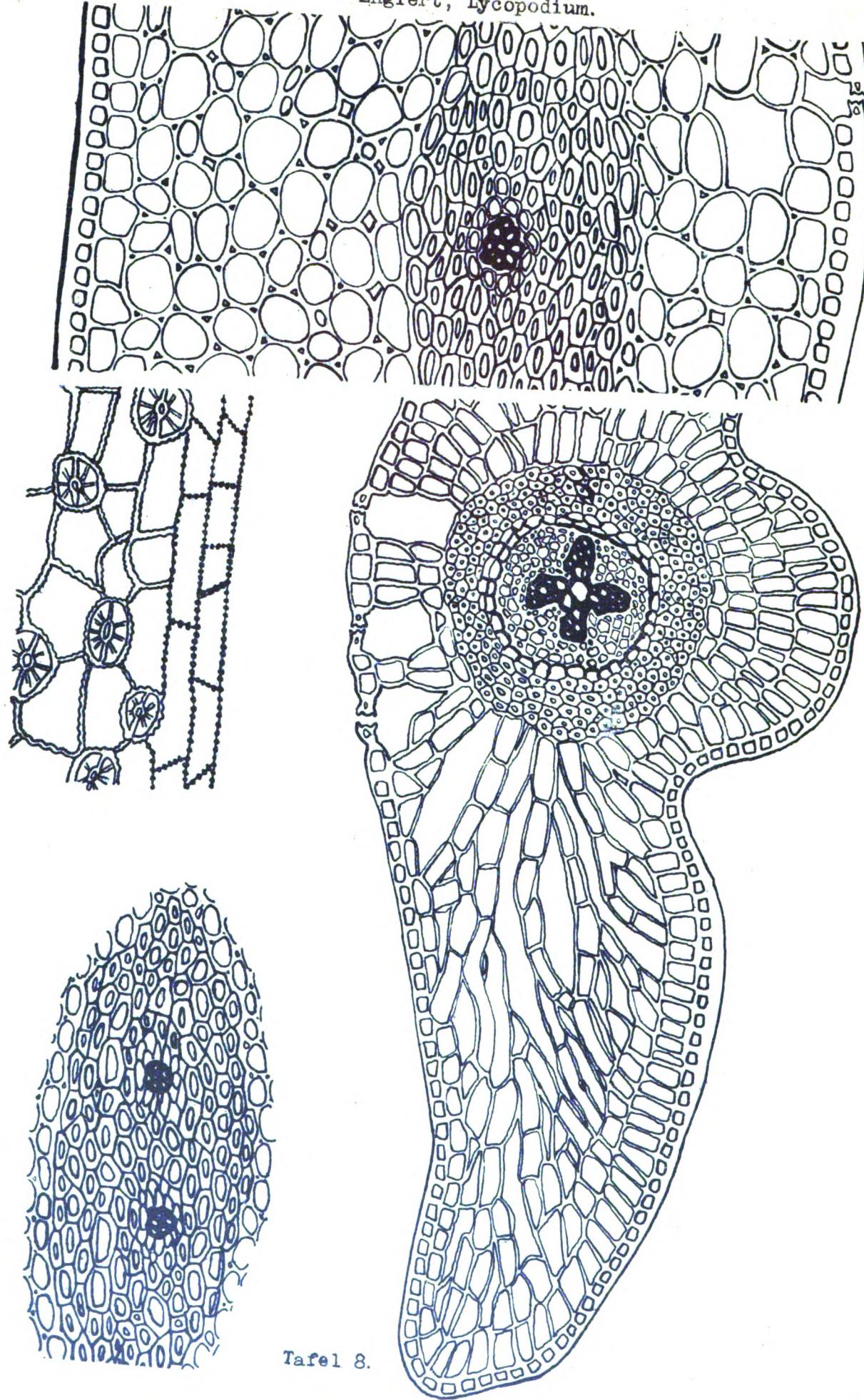


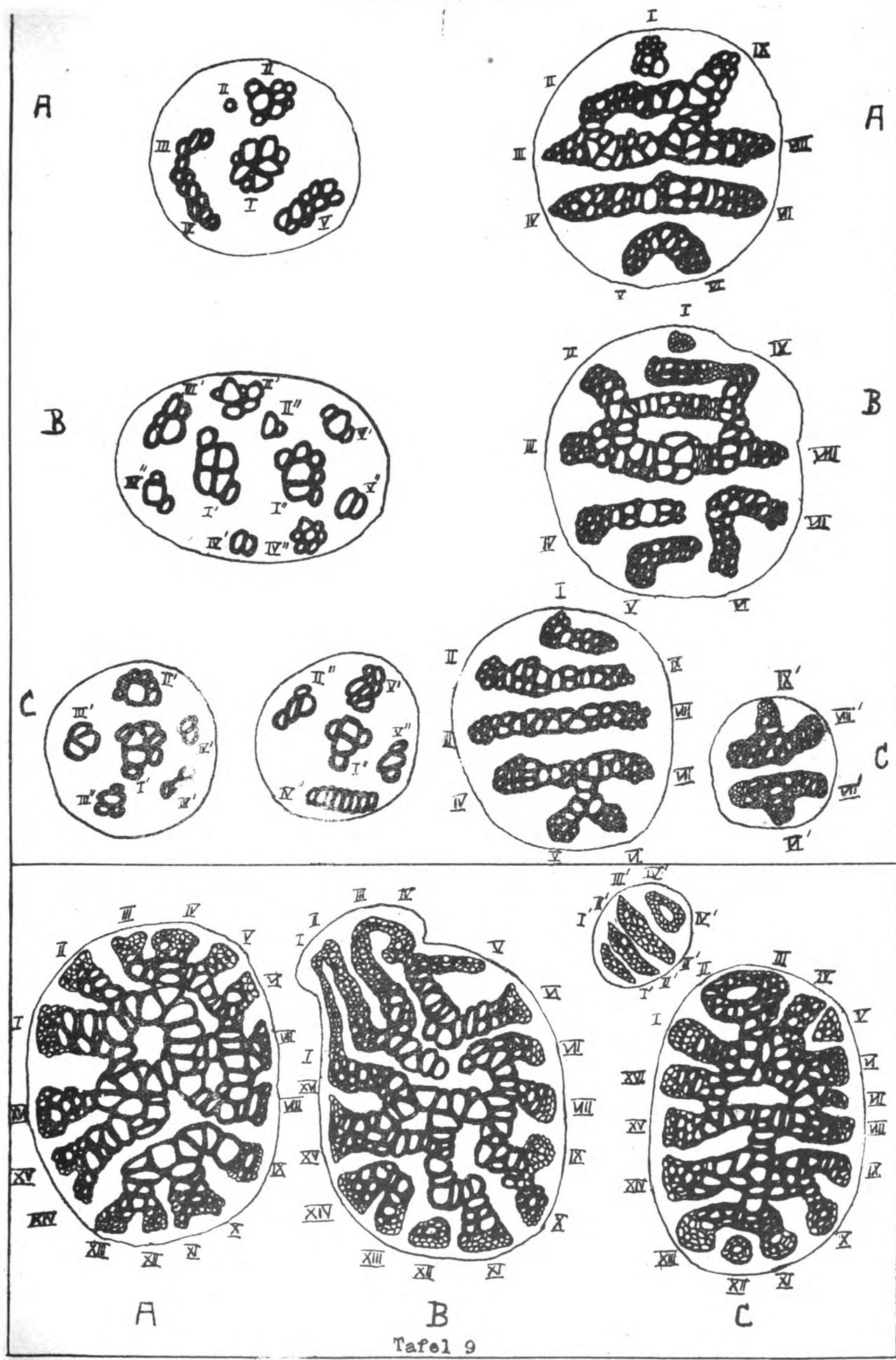
Tafel 5

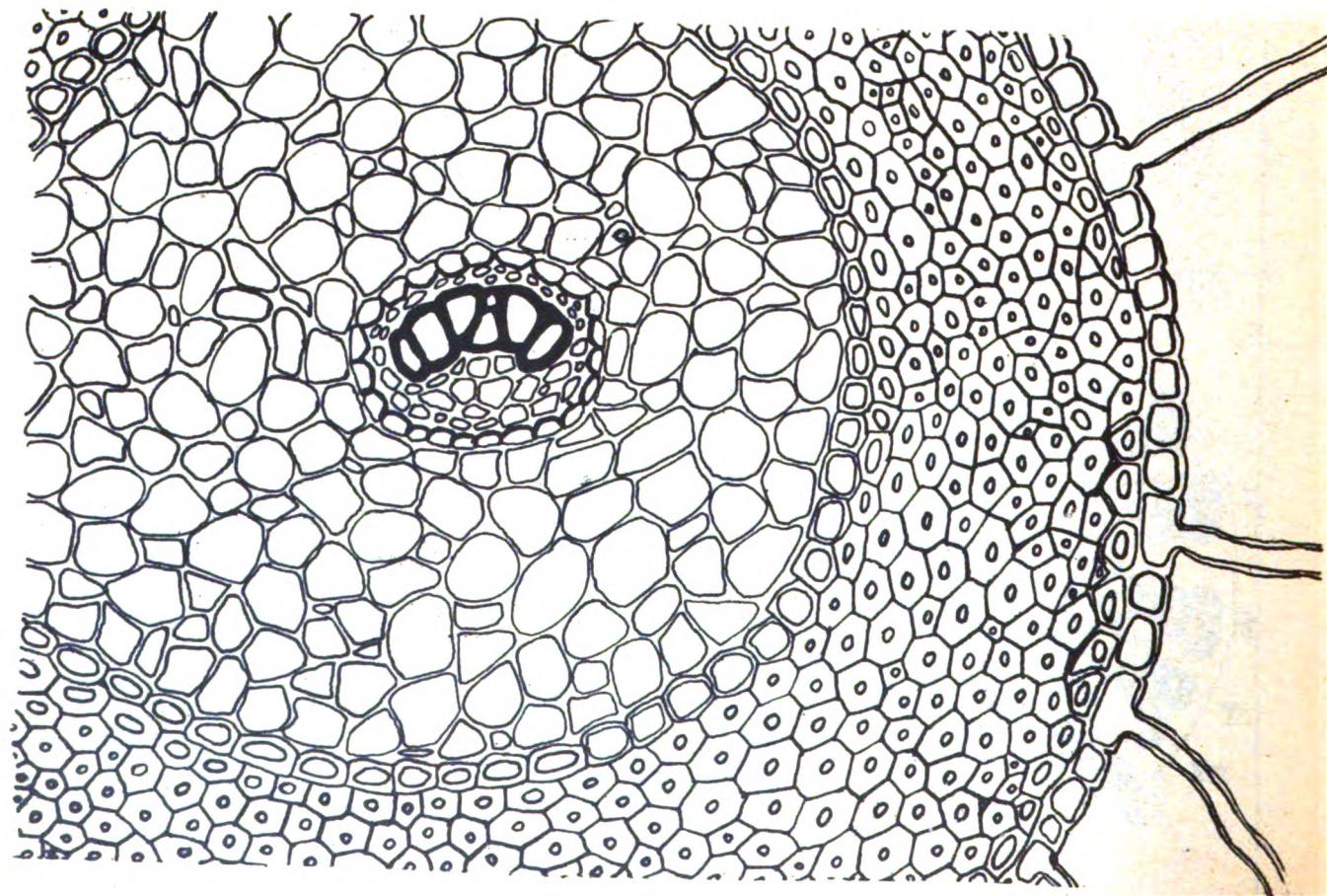
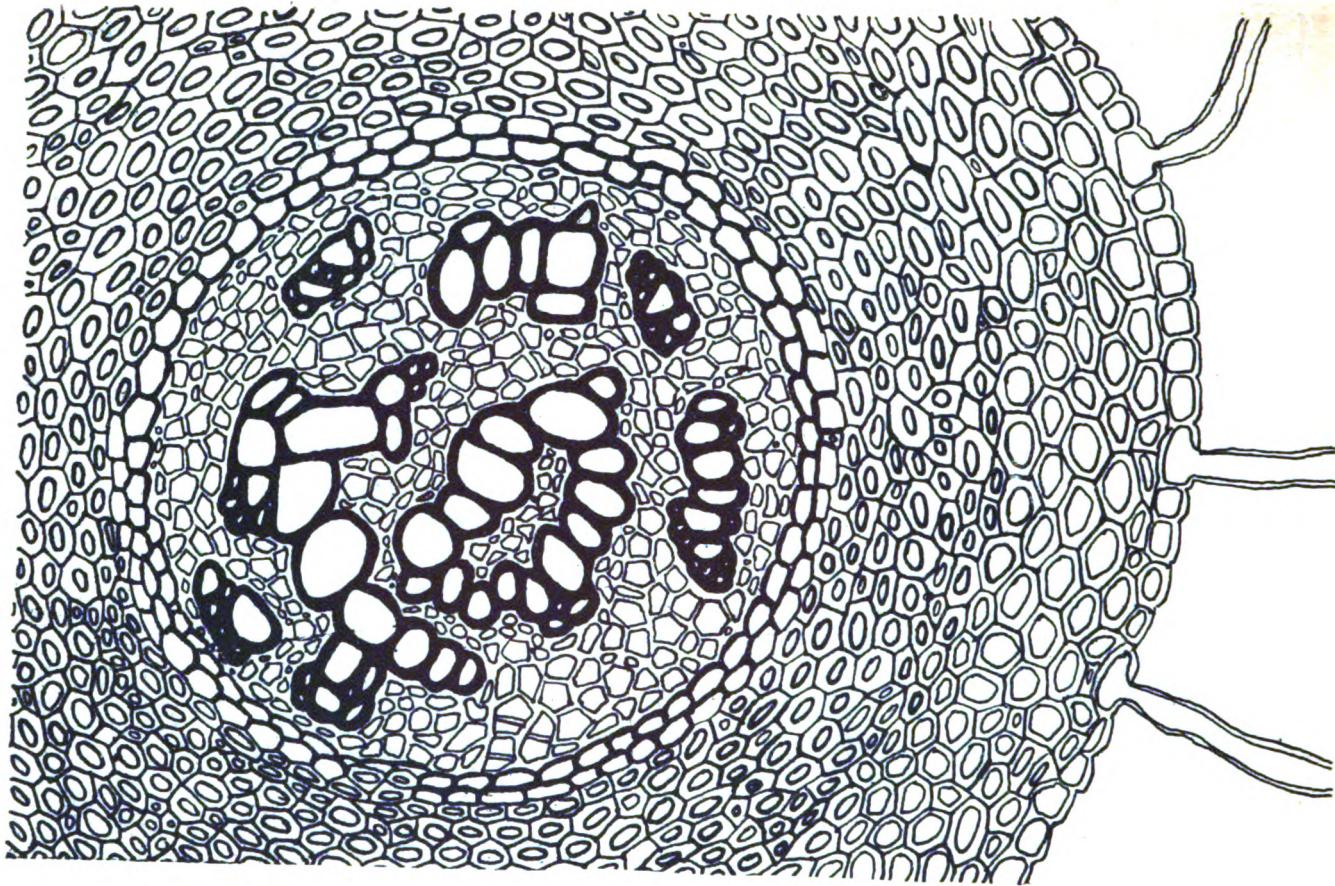


Tafel 6.

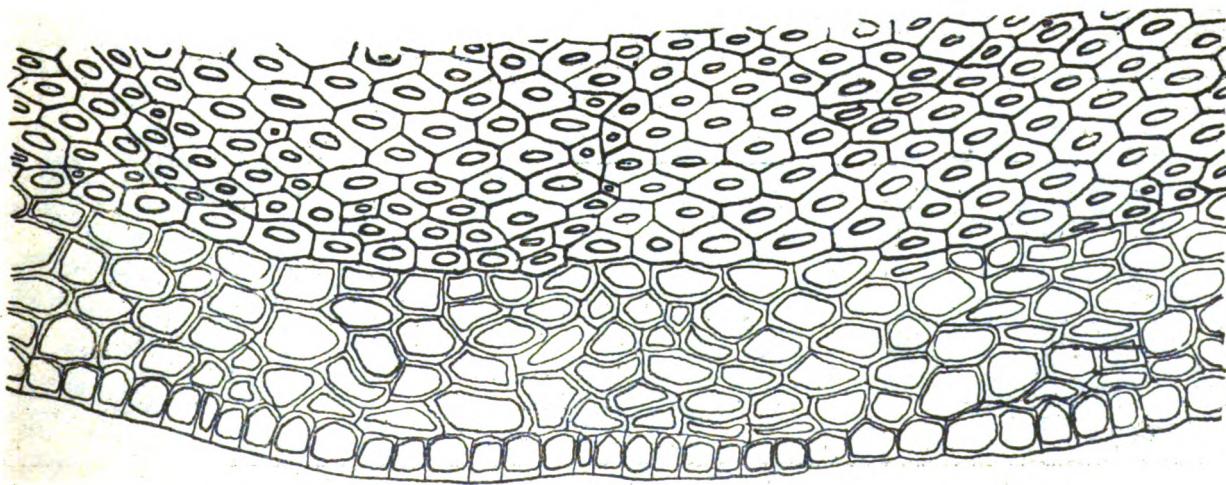
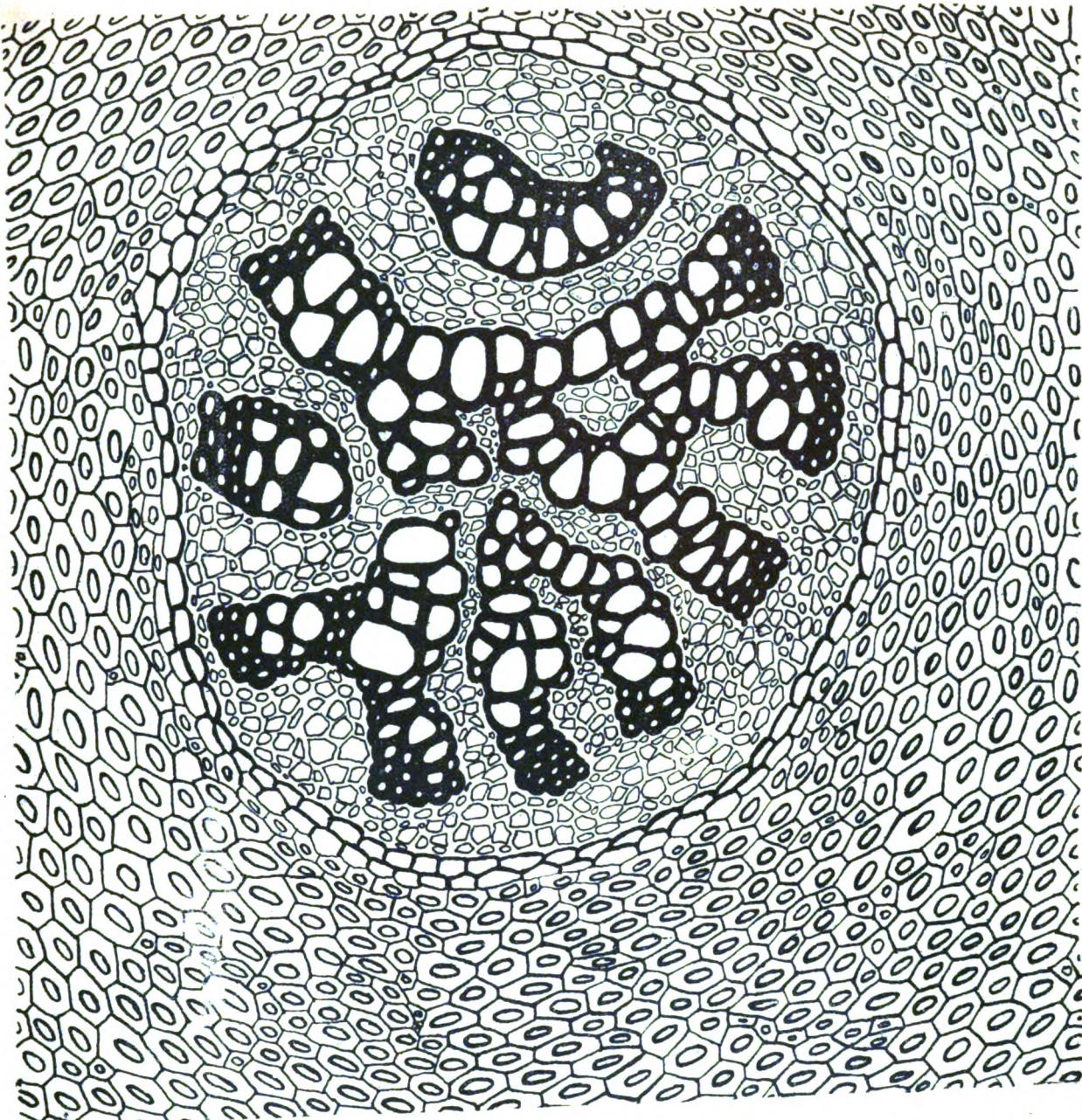


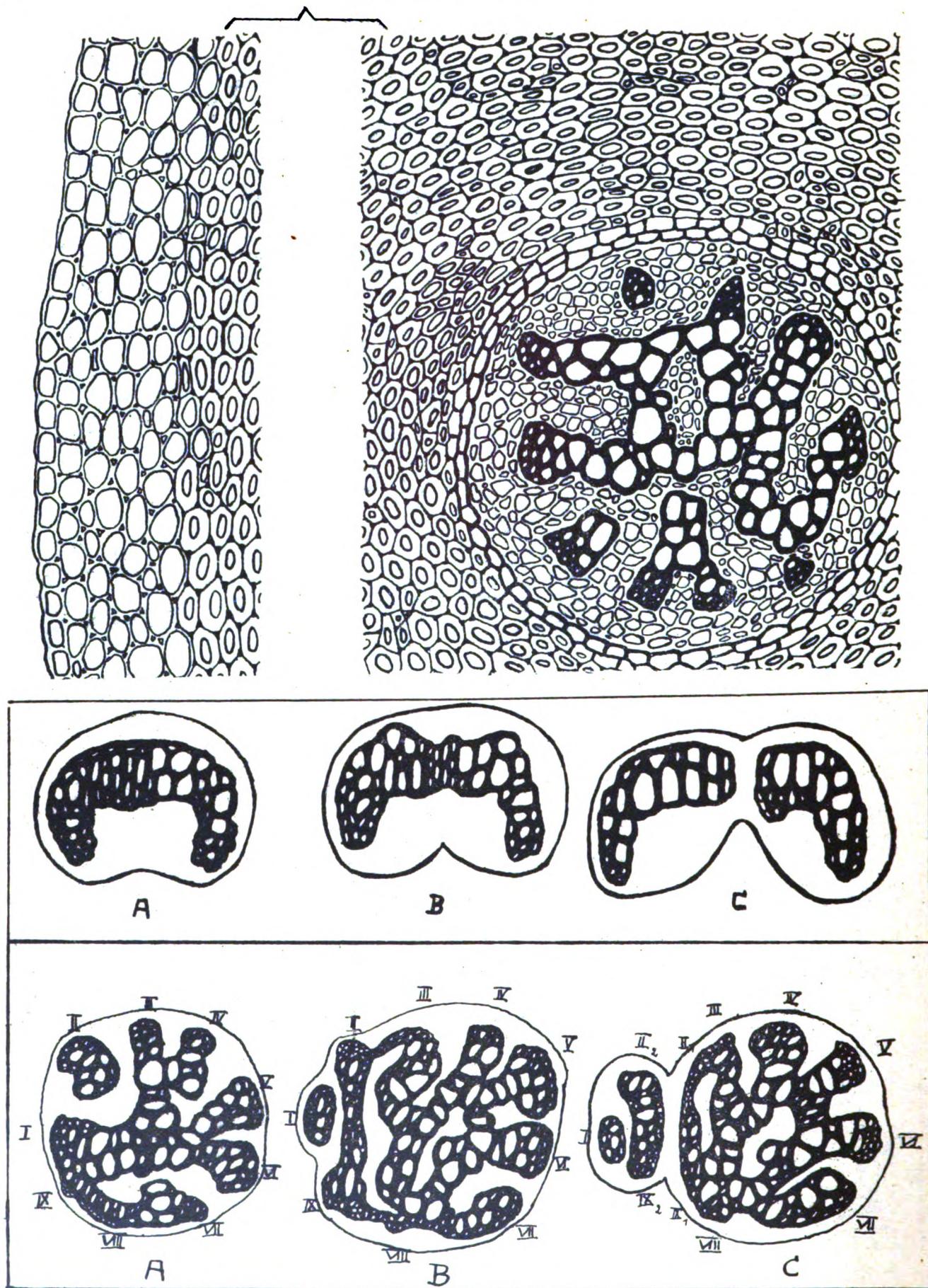


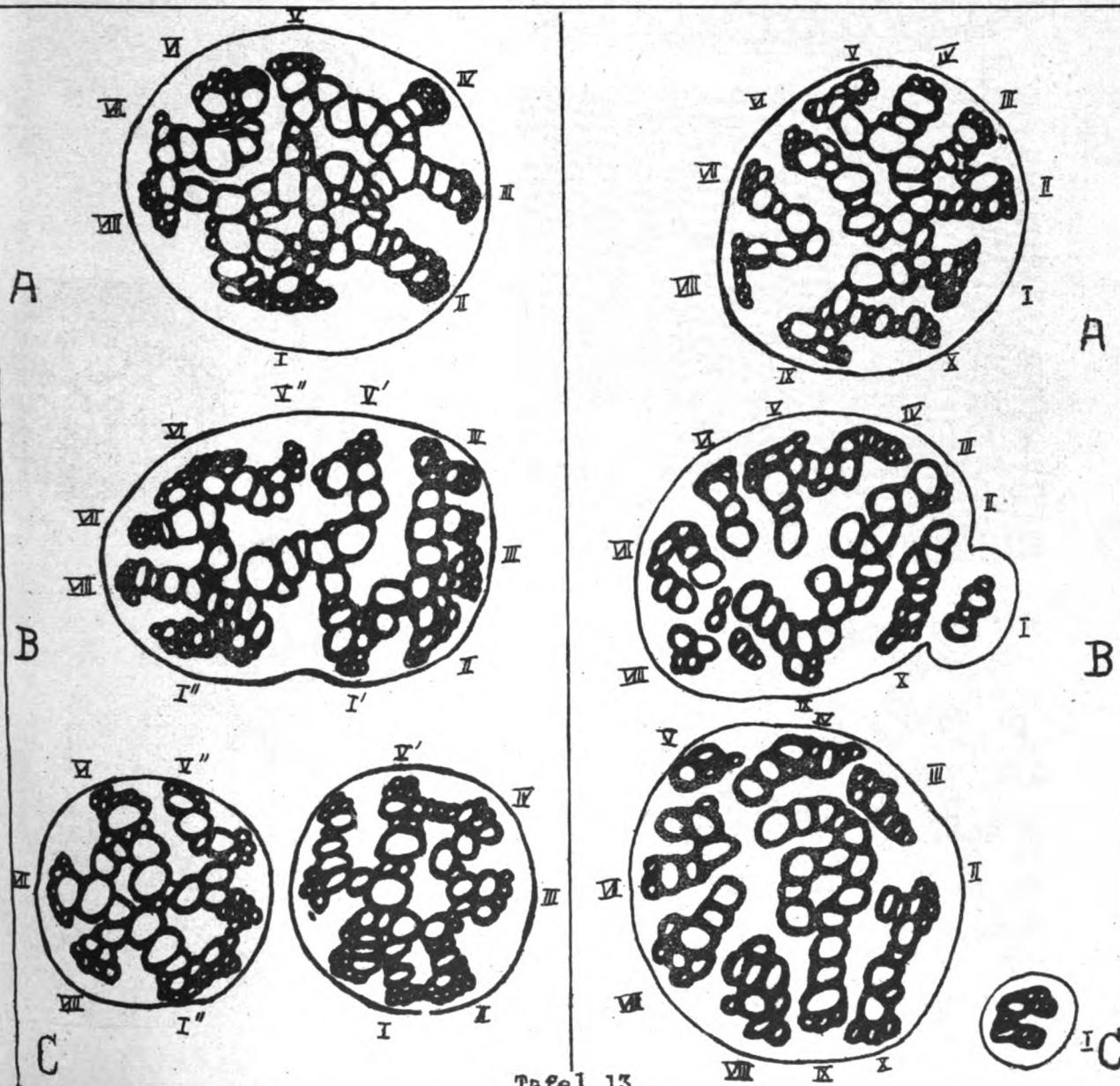
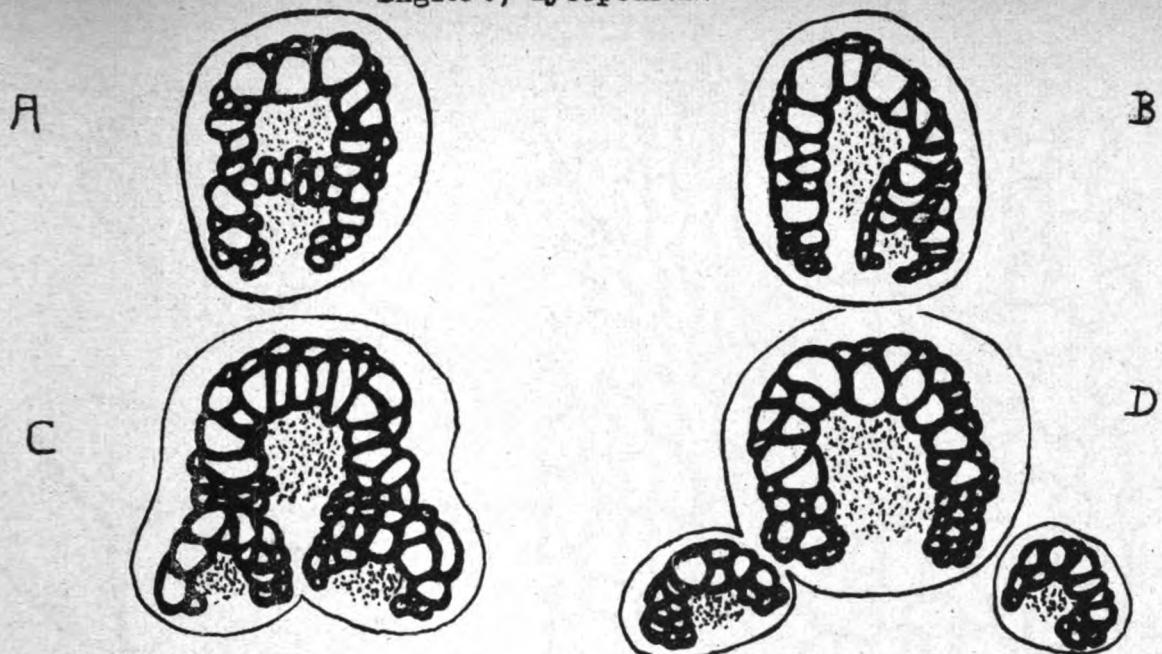


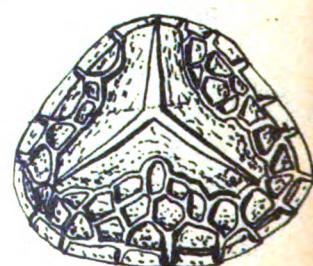
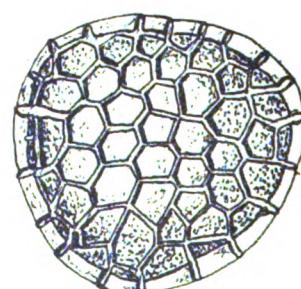
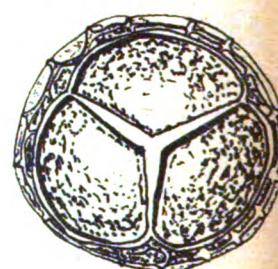
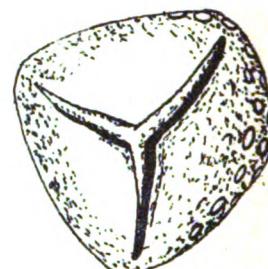
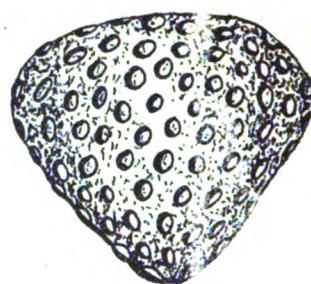
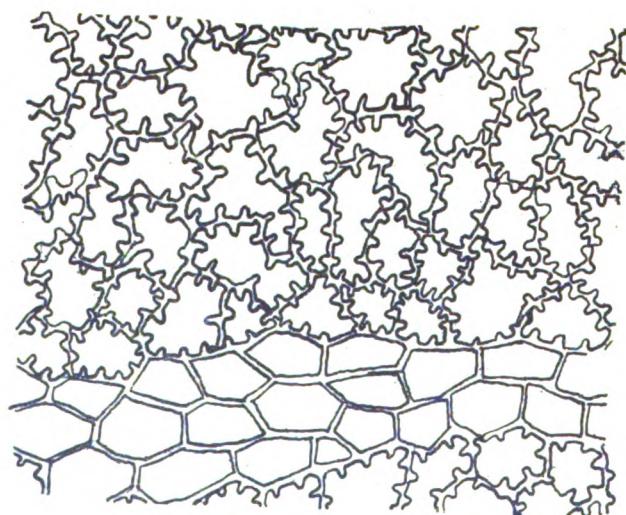
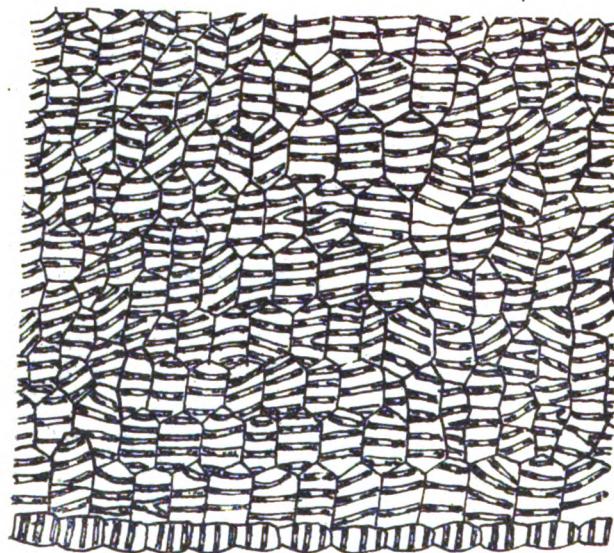
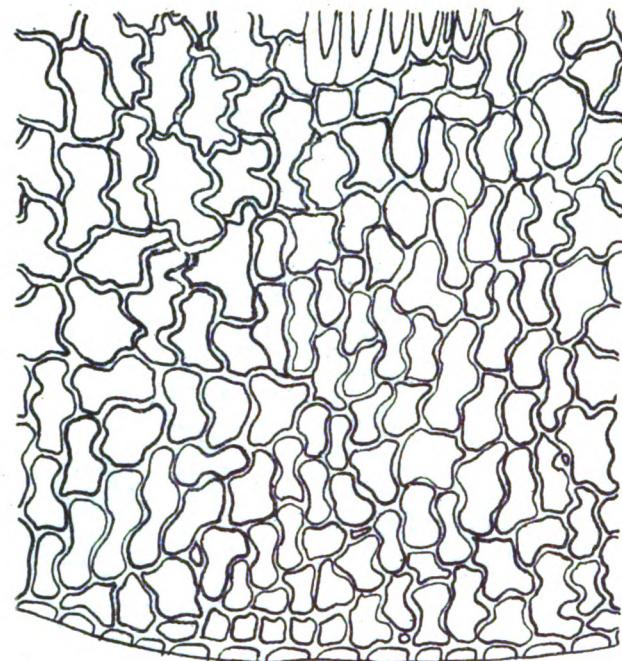


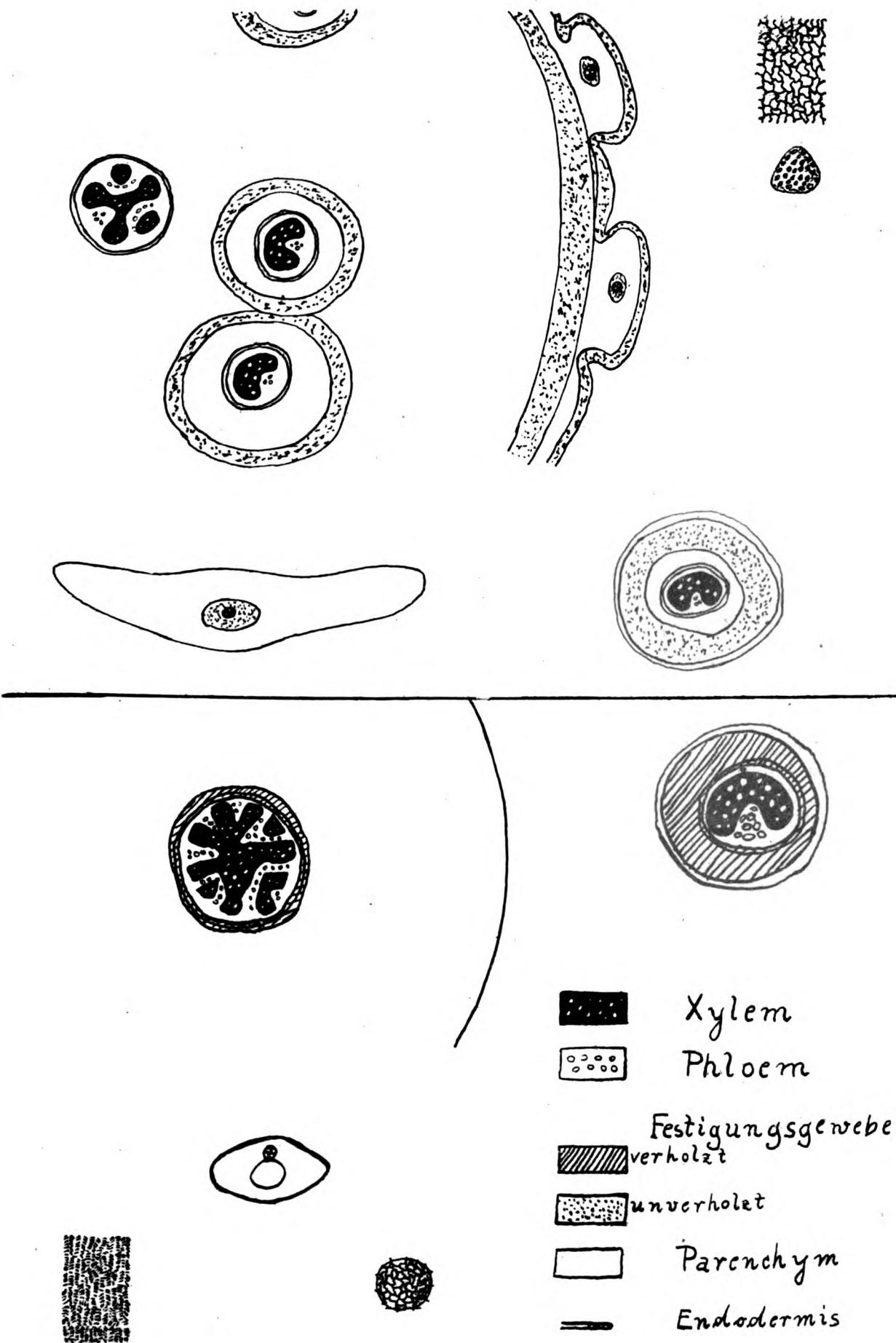
Tafel 10.

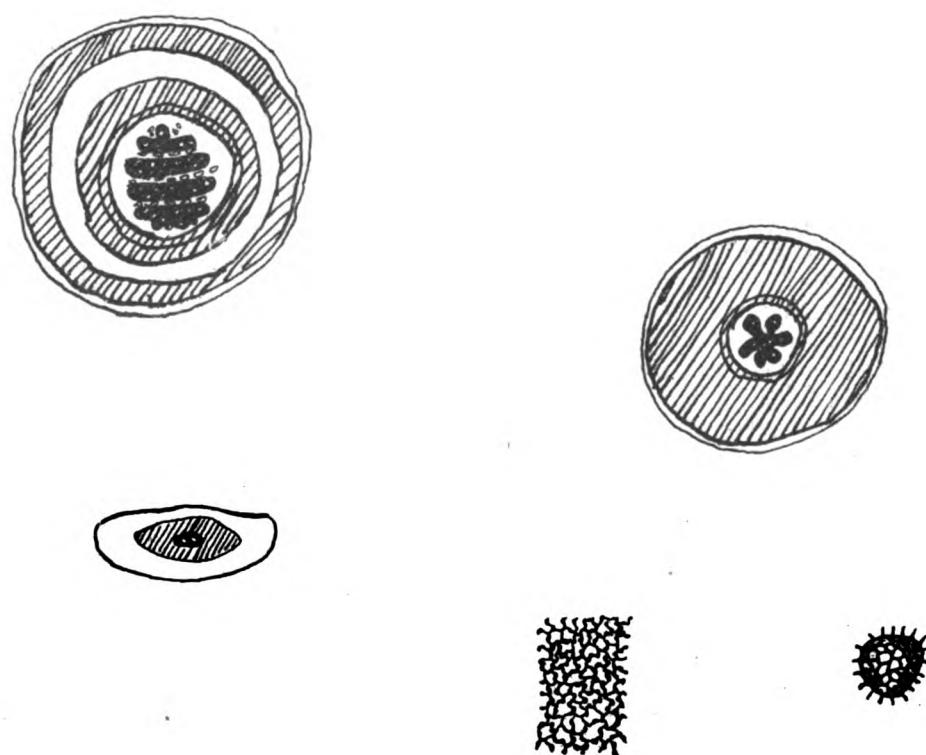
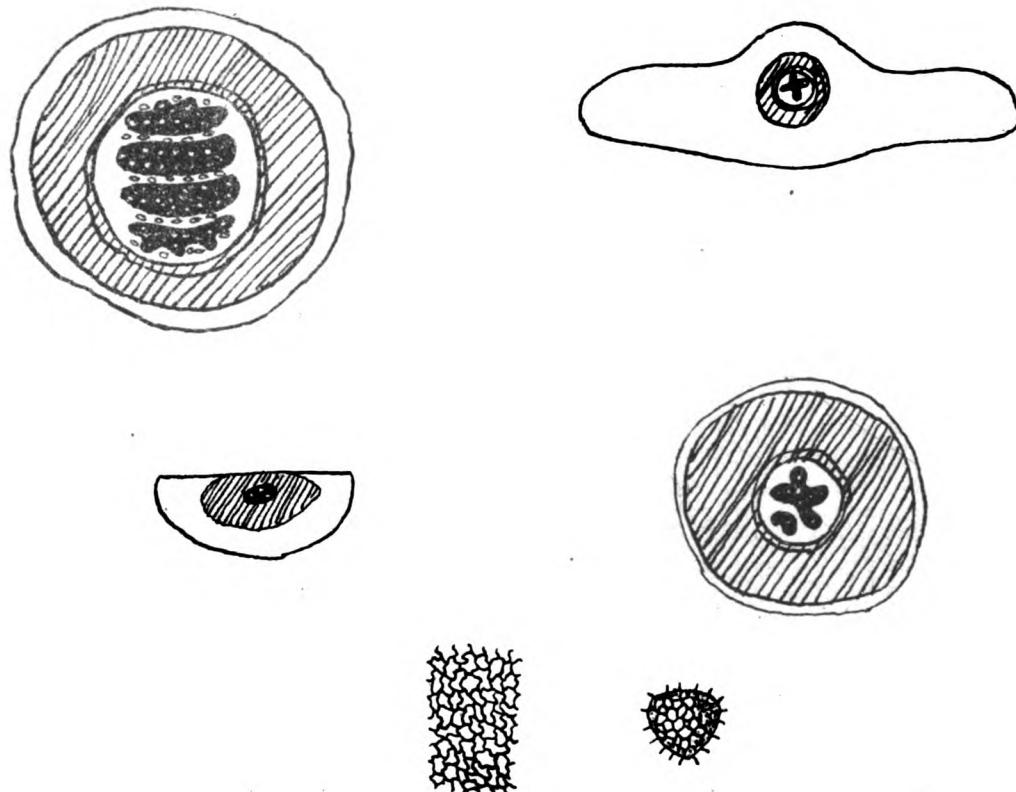












ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Englert Oskar

Artikel/Article: [Beiträge zur vergleichenden Anatomie südamerikanischer Lycopodium - Arten und deren Stellung in System 314-360](#)