

Zur Kenntnis der Brutzwiebeln von *Lycopodium Selago* und *L. lucidulum*.

Von **Viktor Czurda** (Prag).
Mit 7 Abbildungen im Text.

Noch in der vorletzten Auflage seiner Organographie hat Goebel das Abspringen der Brutzwiebeln von *Lycopodium Selago* nur aus einer Mitteilung von Lloyd her gekannt. In der jüngsten Auflage dieses Werkes (1915—1918) ist sie ihm aus eigener Erfahrung geläufig. Das Abspringen ist eine ziemlich auffallende Erscheinung. Allein die Frage nach seinen Bedingungen und Ursachen ist, soweit mir bekannt ist, noch nicht gestellt und beantwortet worden. Daher schien es lohnend zu sein, den Mechanismus und andere daran anschließende Erscheinungen einer genaueren Untersuchung zu unterziehen.

Die Anregung sowie einen Teil des Untersuchungsmaterials erhielt ich vom Herrn Prof. Dr. E. G. Pringsheim. Ihm danke ich gleich an dieser Stelle hierfür sowie für die zahlreichen während der Untersuchung erhaltenen Winke.

Das von ihm zur Untersuchung bereitgestellte Material stammt aus dem Riesengebirge. Weiteres lebende Material und Beobachtungen sammelte ich im Böhmerwald (Dreisesselberg, Kubani), im Hochgesenke (Peterstein, Altvater, Hochschar). Überdies standen mir mehrere Pflanzen im Botanischen Garten der Deutschen Universität zu Prag zur Verfügung, die vor 2 Jahren ebenfalls aus dem Riesengebirge hierhergebracht worden sind. Die morphologisch-anatomischen Angaben über *Lycopodium lucidulum* sind auf Grund von Herbarmaterial, das mir vom Botanischen Institut der Deutschen Universität in Prag zur Verfügung gestellt wurde, gemacht. Ein Teil dieses Materials stammte von Neu-Seeland, der andere von St. Louis, Nordamerika.

Zur Morphologie und Anatomie.

Die morphologischen Verhältnisse der Brutzwiebeln sind bereits durch eine Reihe von Publikationen, hauptsächlich Cramer 1855¹⁾, Hegelmaier 1872, Arcangeli 1874¹⁾, Goebel 1915—1918 bekannt,

1) In diese beiden Arbeiten konnte ich leider nicht Einsicht nehmen.

so daß hier diese Verhältnisse bloß der Vollständigkeit wegen erwähnt werden sollen.

Am Sproß von *Lycopodium Selago* findet sich eine meist nur in den untersten Partien deutlich ausgeprägte $\frac{1}{8}$ -Stellung der Laubblätter¹⁾.

In ihren Achseln stehen die Sporangien. Diese sind aber auffallenderweise nicht über den ganzen Sproß gleichmäßig verteilt, sondern zonenweise angeordnet, und zwar so, daß auf eine solche Zone eine etwa ebenso breite Zone sporangienloser Laubblätter folgt (s. Fig. 1). Daneben stehen am Sproß, und zwar an den älteren Partien desselben meist auf der Außenseite (— bezogen auf die ganze

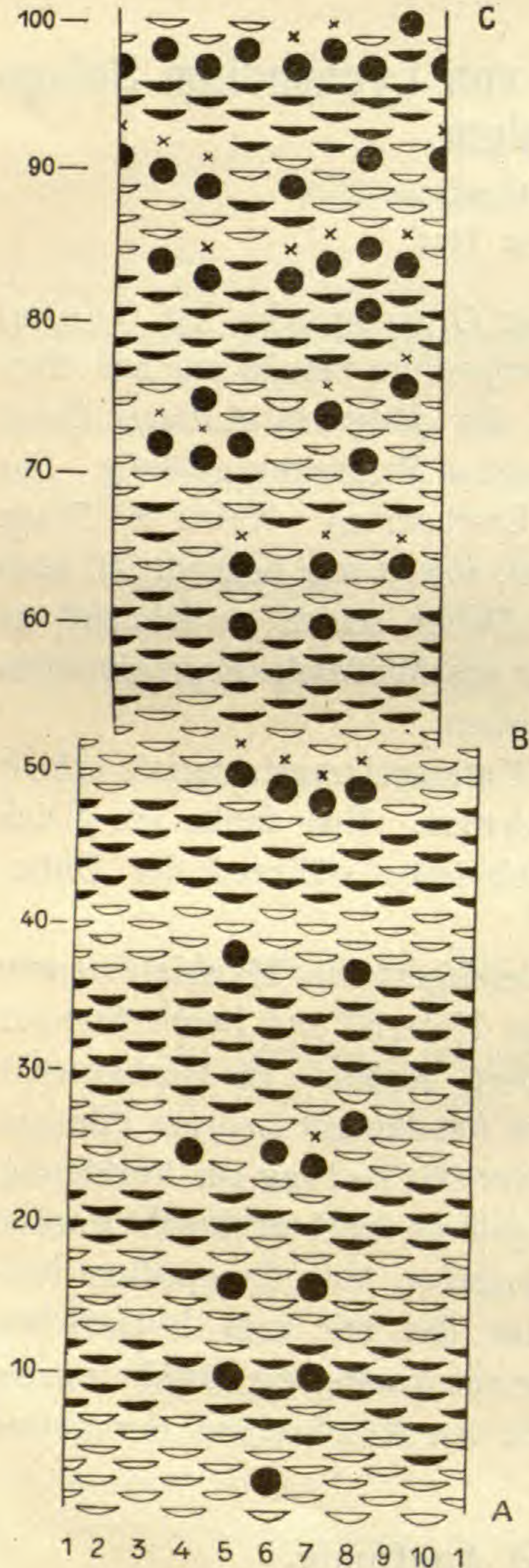


Fig. 1. *Lycopodium Selago*. Beblätterungsschema eines Sproßstückes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verzweigungen (A—C) ca. 12 cm lang. Pflanze aus einem Fagusbestand in 800 m Seehöhe, Freiwaldau. Von A—B $\frac{1}{10}$ -, von B—C $\frac{1}{8}$ -Blattstellung. In der Höhe von B sind Zeile 4 und 5, Zeile 10 und 1 in eine zusammengezogen gedacht. „ ∇ “ Laubblatt mit Sporangium in der Achsel, „ ∇ “ Laubblatt ohne solches. „●“ Brutzwiebelanlage. „*“ ein hypothetisch angenommenes Laubblatt, um das Schema aufrecht zu erhalten.

Pflanze —) Kurzsprosse²⁾, deren oberer Teil zu Brutzwiebeln umgestaltet in den Dienst der vegetativen Vermehrung gestellt ist (Goebel 1915—1918). Diese einseitige Anordnung ist meist an Pflanzen zu beobachten, die von sonnigen Stand-

1) Braun (zit. nach Hegelmaier 1872) führt $\frac{3}{8}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{2}{9}$, $\frac{2}{11}$ -Blattstellung, 4- und 5-gliedrige Wirtel an. Hegelmaier fand an kräftigen $\frac{2}{9}$, an schwächlichen Sproßstücken $\frac{2}{7}$ -Blattstellung. Aus diesen Angaben ersieht man, wie die Blattstellung wechseln kann. Hegelmaier weist übrigens schon selbst

darauf hin. Im Anschluß an die eben zitierten Befunde sagt er: „Anderwärts mag es sich aber anders verhalten.“

2) Im weiteren sei der Kurzsproß auch als Brutzwiebel- und Brutknospenanlage bezeichnet.

orten über der Baumgrenze stammen. Der Wuchs solcher Pflanzen ist gedrunken, ihre Höhe verhältnismäßig gering. Die Sproßstücke zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verzweigungen dieser Exemplare sind kurz und mit wenigen Kurztrieben versehen. Die weit höheren Pflanzen schattiger Standorte (Fagusbestand 800 m Freiwaldau) zeigen hingegen eine lockerere Beblätterung. Die Sproßstücke zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verzweigungen sind hier wesentlich länger. An den untersten Partien des Stengels zeigen sich die Kurztriebe ebenfalls einseitig verteilt wie in dem vorhin besprochenen Fall. Aber, je höher sie am Sproß inseriert sind, desto zahlreicher werden sie und umstellen an entsprechend alten, also entsprechend hohen Pflanzen den ganzen Stengelumfang (Fig. 1). In beiden Fällen lassen auch die Kurzsprosse ihre nur periodisch erfolgende Anlage erkennen. Auch sie stehen nämlich in Zonen angeordnet am Sproß wie die Sporangien. Ihre Stellung zu den Sporangien ist unregelmäßig. An manchen Pflanzen glaubt man allerdings bisweilen die gegenseitige Stellvertretung zu erkennen. Doch aus eingehender Untersuchung an zahlreichen Pflanzen geht deutlich hervor, daß diese Annahme unzutreffend ist (s. Fig. 1). Sie stehen bald in der Sporangienzone, bald an ihrer Grenze oder sogar außerhalb. Von Interesse ist ferner die Erscheinung, daß die periodisch erfolgende Anlage von Kurzsprossen an allen Zweigen einer Pflanze gleichartig und gleichzeitig erfolgt. Bloß die im Wachstum auffallend zurückbleibenden Zweige weichen von diesem Synchronismus ab; meist mangeln diesen überhaupt Sporangien und Kurzsprosse. Der naheliegende Gedanke, daß hier eine Art Jahresringbildung vorliegt, trifft nicht zu. Kurzsproßzonen werden im Jahre mehrmals angelegt. Meine unter der Glocke im feuchten Raum gehaltenen Stöcke haben in der Zeit von 4 Monaten bereits die dritte Kurzsproßzone angelegt. An den gleichalten Freilandstöcken ist in der gleichen Zeit die zweite zur Ausbildung gelangt. Auch der klimatisch bedingte Wechsel der Standortbedingungen kann, wie mir scheint, nicht der ausschlaggebende Faktor bei der Anlage der vegetativen Vermehrungsorgane sein. Denn am natürlichen Standort stehen vielfach Pflanzen mit und ohne Brutzwiebeln so hart nebeneinander, daß Milieuverschiedenheit nicht gut anzunehmen ist. Experimentell wurde die Frage nicht weiter untersucht.

Hegelmaier (1872) kam auf Grund des Studiums der Entwicklung der Brutknospen zur Ansicht, daß sie „rücksichtlich ihres Ursprungsortes einfach die Stelle von Laubblättern“ vertreten. „Sie bilden sich da, wo nach der Anordnung der Blätter an dem betreffenden Stengelscheitel ein solches hervortreten würde (Fig. 44, 48) und stehen nicht in den Achseln eines präexistierenden Tragblattes.“

Solange die Brutzwiebeln einzeln oder wenigstens spärlich stehen, lassen sie sich zwanglos in das Blattstellungsschema an Stelle eines Blattes einordnen. Je zahlreicher sie aber in den Zonen auftreten, desto unklarer wird über ihnen das sonst leicht auffindbare Blattstellungsschema.

Für die Richtigkeit der Hegelmaierschen Anschauung spricht auch noch der Abgang des Gefäßbündels der Brutzwiebelanlage vom Zentralzylinder, der etwa 2 mm unterhalb der Insertionsstelle der Anlage erfolgt. Nach Jeffrey lassen bei den Pteridophyten nur die Leit-

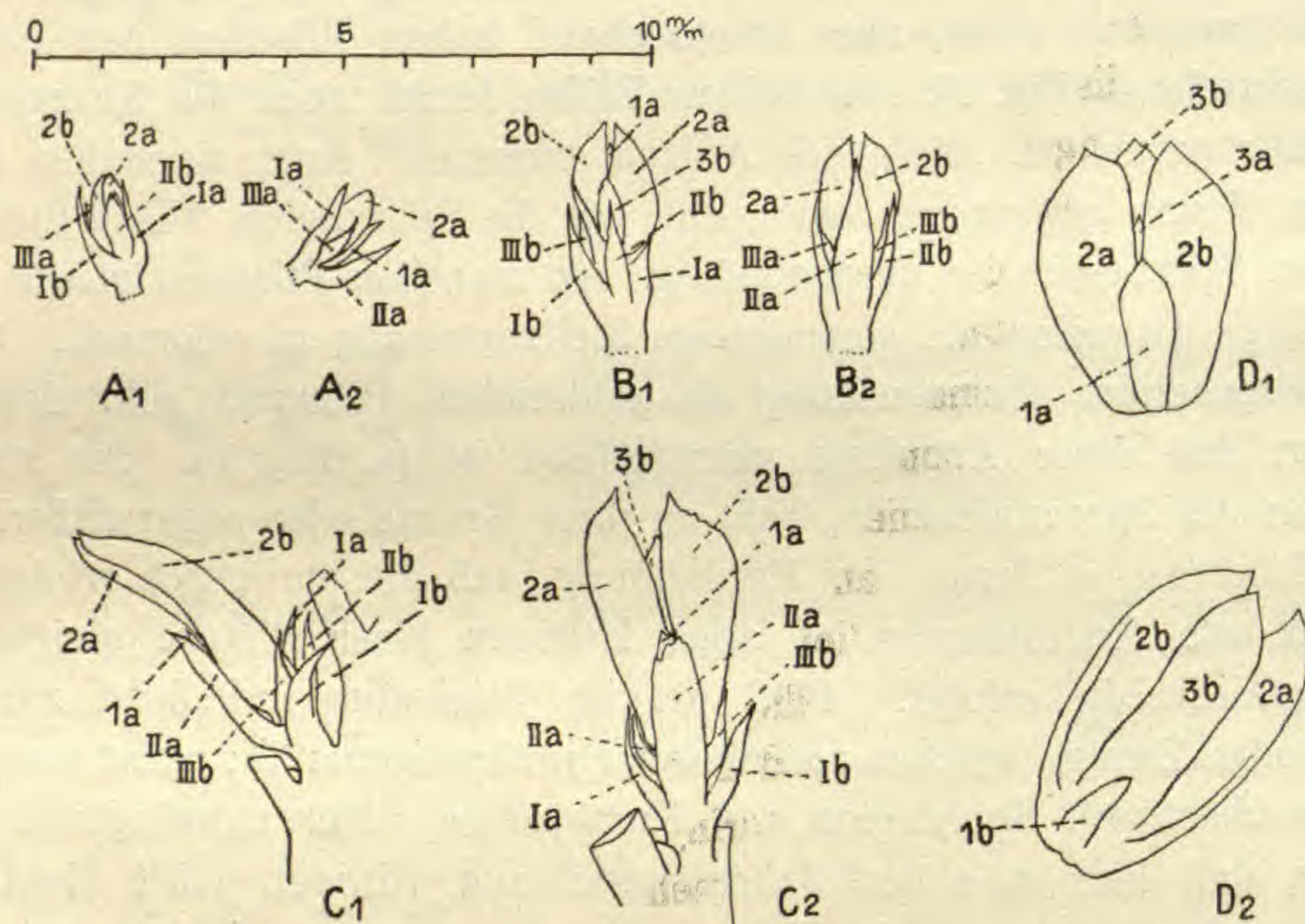


Fig. 2. *Lycopodium Selago*. A—C, drei verschieden alte Brutzwiebelanlagen in zwei Ansichten. D₁ eine abgesprungene Brutknospe von unten, D₂ eine andere von oben gesehen. Alle Zeichnungen bei 7facher Vergrößerung mit dem Zeichenapparat entworfen. Die Numerierung der Blättchen von unten nach oben, und zwar die des Knospenschuppenbechers mit römischen, die der Brutknospe mit arabischen Ziffern.

bündel der Sprosse, nicht aber die Blattspuren bei ihrem Abgang aus dem Zentralzylinder eine Lücke zurück. Mikrotomschnittserien zeigen mir, daß bei *Lycopodium Selago* die Leitbündel der Brutzwiebeln, die übrigens im Querschnittsbild in nichts von den Blattspuren zu unterscheiden sind, ebenso von den Hadromleisten außen abbiegen und ebenso keine Lücke lassen wie die Blattspuren. An einem beliebigen Stengelquerschnitt kann überhaupt nicht erkannt werden, ob ein bestimmter Leitbündelquerschnitt einem Blatt oder einer Brutzwiebelanlage angehört, wenn nicht das Leitbündel bis in das zugehörige Organ verfolgt wird.

Bei näherer Betrachtung des Kurzsprosses fällt seine scharf ausgeprägte Zweiteilung auf. Der untere Teil der Kurzsproßachse ist im jugendlichen Stadium noch kurz und wird erst nach vollendeter Ausbildung des oberen Teiles gestreckt. Er trägt im obersten Teil drei dekussiert stehende Blättchenpaare (Knospenschuppen nach Goebel), und zwar je ein Blättchen (Ia, Ib) beiderseits der Medianebene als erstes Paar, dann zwei in der Medianebene gelegene (IIa, IIb), von denen das äußere (das untere) bedeutend größer und kahnförmig gestaltet ist (IIa), als zweites Paar, und schließlich zu oberst rechts und links je eines als drittes Paar (IIIa, IIIb) (Fig. 2 und 3). Diese drei Blattpaare sind zusammengedrängt und schließen zu einem Becher (Knospenschuppen- oder Blattschuppenbecher) zusammen, in dem der obere Teil des Kurzsprosses, die Brutzwiebel, sitzt. Die unterhalb des Blattschuppenbechers befindliche Kurzsproßachse — der Kürze wegen sei sie von nun an als „Kurzsproßstiel“ bezeichnet — streckt sich nach Ausbildung der Brutzwiebel und krümmt sich gleichzeitig auswärts. Dadurch wird der Blattschuppenbecher mit der darin sitzenden Brutknospe aus den Laubblättern herausgehoben und wagrecht gestellt (Goebel 1915—1918).

Die am Aufbau dieses Teiles der Kurzsproßachse beteiligten Gewebe gleichen in ihren Elementen denen des Hauptsprosses. Die drei äußersten Zellagen, die Epidermis und die beiden unter ihr liegenden Zellschichten sind aus starkwandigen und stark getüpfelten Zellen aufgebaut. Ihre Tüpfel sind größtenteils elliptisch geformt und quer zur Längsachse der Zellen gestellt. Die Außenfläche der Epidermis ist mit einer derben Kutikula überzogen. Das übrige Parenchym ist bedeutend dünnwandiger, dabei aber gleichfalls dicht getüpfelt. Axial wird die Kurzsproßachse von einem Gefäßbündel durchzogen.

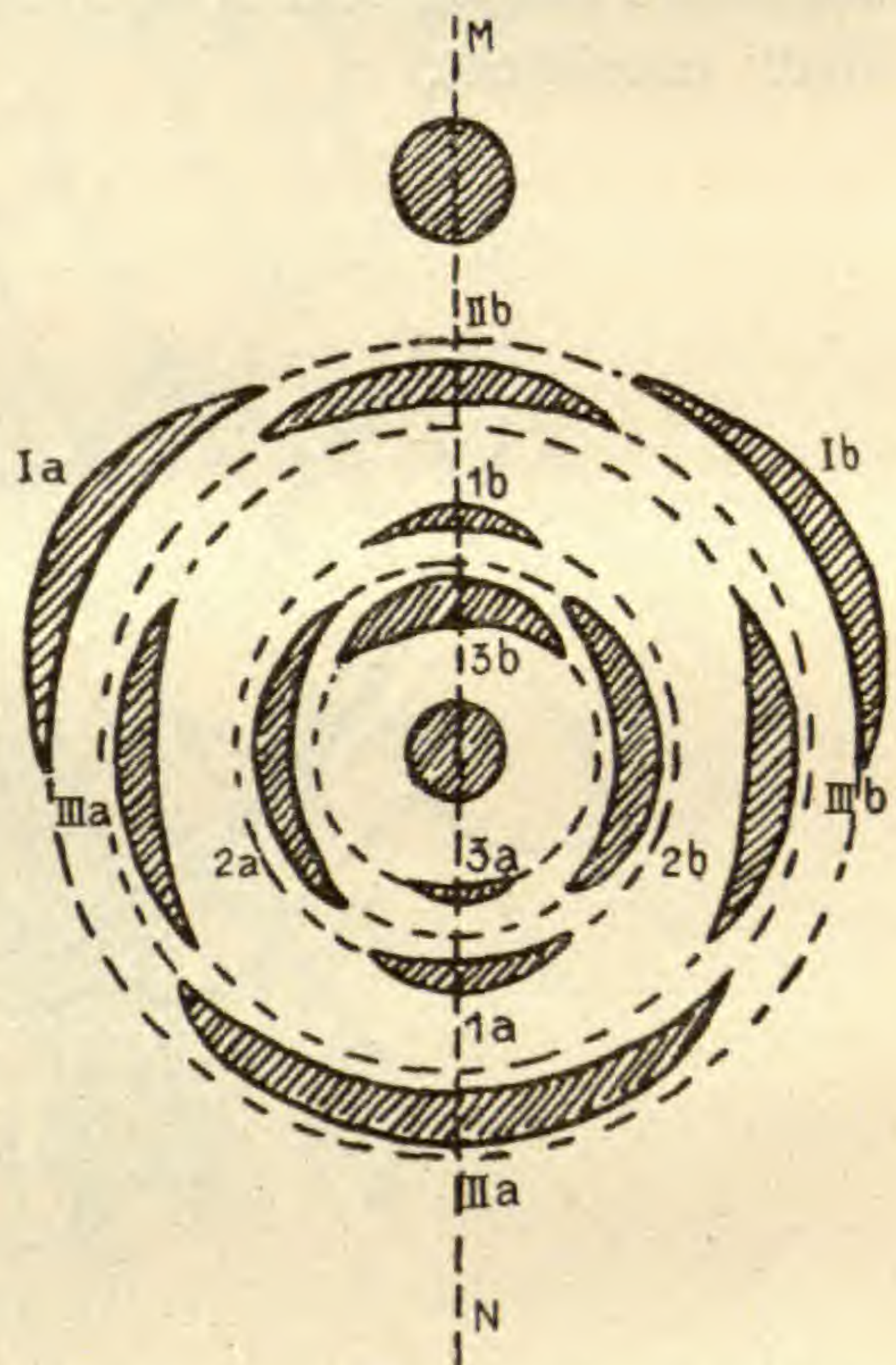


Fig. 3. *Lycopodium Selago*. Beblätterungsdiagramm einer Brutzwiebelanlage. Die drei äußeren Kreise der mit römischen Ziffern versehenen Blättchen: der Knospenschuppenbecher, die drei inneren Blättchenkreise mit arabischen Ziffern: die Brutzwiebel. Blättchen IIa stellt das Schleuderblatt dar. M—N, Medianebene.

Das durch seine Größe und Gestalt auffallende Blättchen (IIa) zeigt trotz seiner Starrheit keinen von den Laubblättern wesentlich abweichenden anatomischen Bau. Bei völliger Abwesenheit irgendwelcher mechanischen Gewebe ist seine erhebliche Starrheit hauptsächlich durch die kahnförmige Wölbung bedingt. Diese Starrheit wird überdies noch dadurch erhöht, daß die langgestreckten Mesophyllzellen mit ihrer Längsachse annähernd in der Richtung der Drucklinien angeordnet sind, welche vom Kiel des Blattes nach vorn-aufwärts ausstrahlen. Hinsichtlich des lockeren Mesophylls, der Epidermis und des Spaltöffnungsreichtumes gleicht es vollkommen einem Laubblatt. Wegen seiner später zu erörternden Funktion beim Abschleudern der Brutzwiebel sei es als „Schleuderblatt“ bezeichnet.

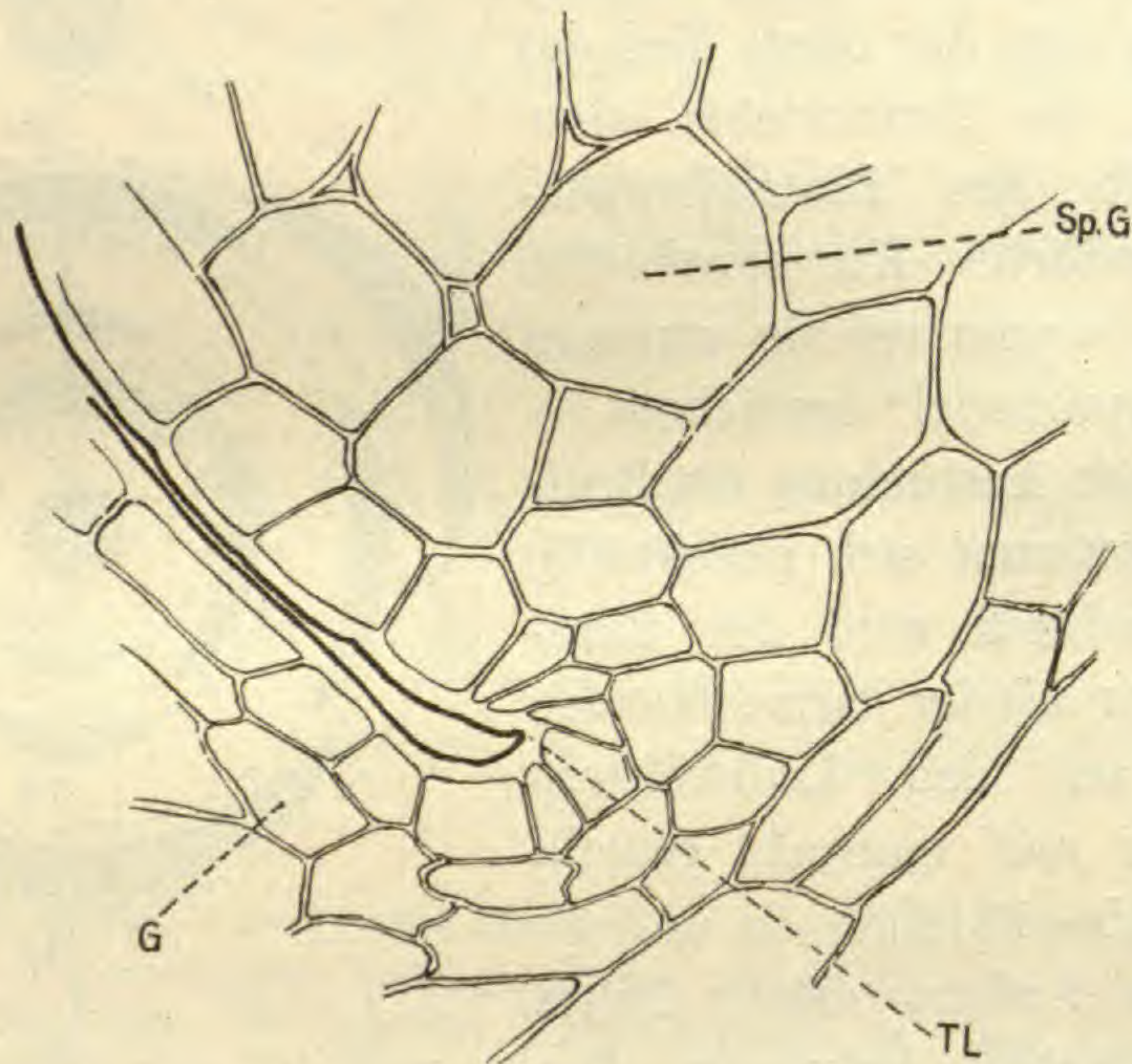


Fig. 4. *Lycopodium Selago*. Medianschnitt durch den Brutzwiebelstiel auf der dem Schleuderblatt abgekehrten Seite. TL, längs dieser Linie erfolgt annähernd das Durchreißen des Brutzwiebelstieles. SpG, Speichergewebe der Brutzwiebel. G, der Grund des Blattschuppenbeckers.

Die übrigen Blättchen dieses Kurzsproßteiles sind unscheinbar, flach, schuppenförmig, dabei weich und als Assimilationsorgane ebenso wie die Laubblätter organisiert. Mitten in dem von ihnen gebildeten Becher sitzt auf dünnem Stiel die Brutzwiebel. Der im Verhältnis zum Kurzsproßstiel auffallend kleine Querschnitt dieses Stieles stellt offensichtlich eine präformierte Stelle dar. Hier erfolgt auch die Abtrennung der Brutknospe vom unteren Teil des Kurzsprosses. Die Zellen des Brutzwiebelstieles sind dünnwandig und flach getüpfelt und lückenlos aneinander-

gefügt; seine Epidermis mit mäßig starker Kutikula versehen (Fig. 4 und 5). Eine weitergehende Präformation der Abbruchstelle, die man erwarten könnte, ist aber nicht vorhanden. Ein Gefäßbündel mit 6—8 Tracheiden zieht durch den Stiel in die Brutzwiebel. Auffällig ist weiterhin die ungleiche Länge dieses Stieles auf den verschiedenen Stellen seines Umfanges. Auf der dem Schleuderblatt zugekehrten Seite ist er mehrere Zelllängen hoch. Auf den übrigen Stellen seines Um-

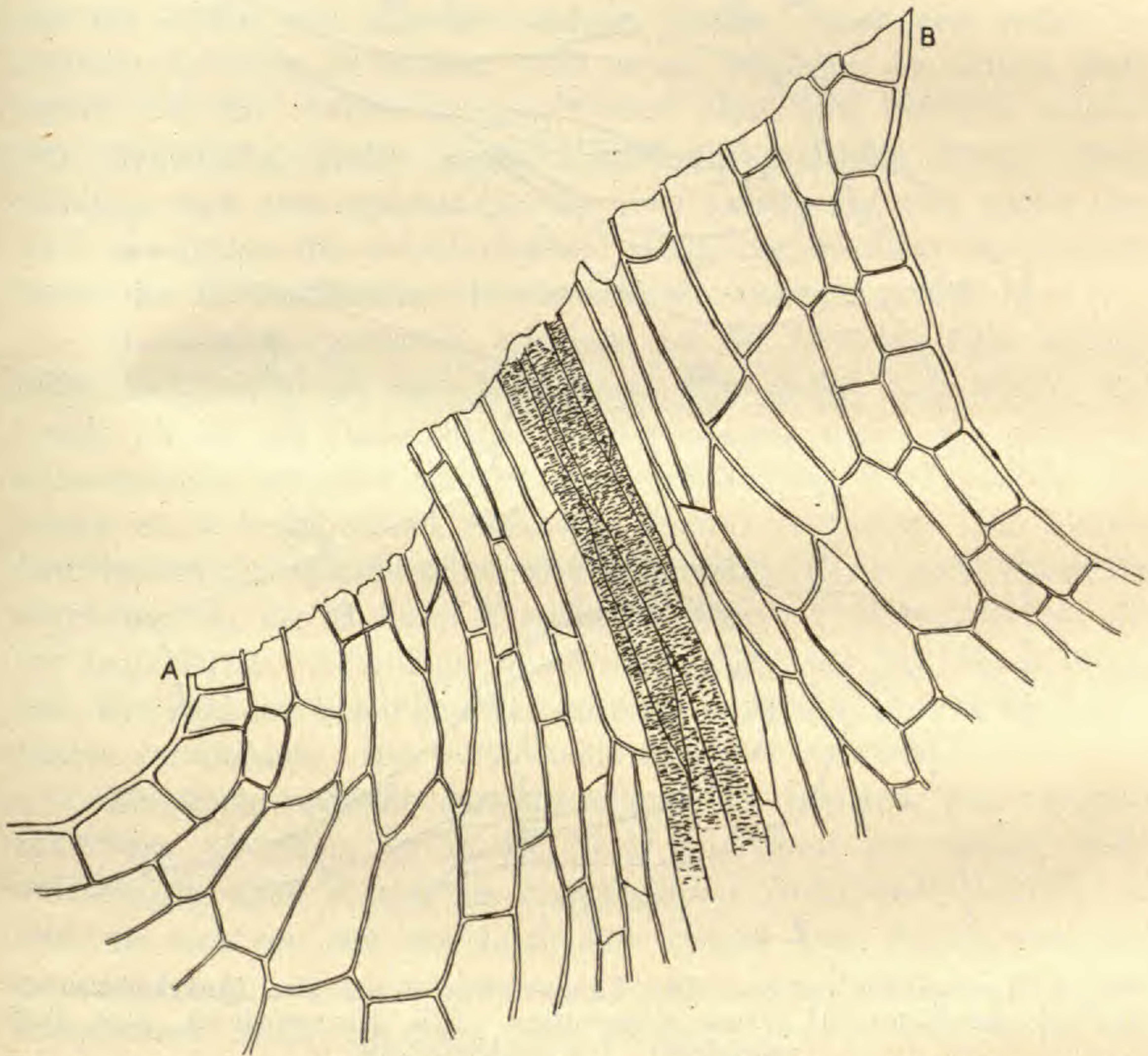


Fig. 5. *Lycopodium Selago*. Medianschnitt durch den Brutzwiebelstiel nach dem Abspringen der Brutzwiebel; rechts die Schleuderblattseite. A—B Trennungslinie.

fanges liegt aber die Epidermis der Brutzwiebelblättchen 1b, 2a und 2b dicht auf den Schuppenblättchen auf, so daß hier kaum von einer Stiellänge gesprochen werden kann (Fig. 4 und 6). Gerade diese Verhältnisse sind von den bisherigen Beobachtern — soweit ich die Literatur durchsehen konnte — nicht genügend genau festgehalten worden. Bei der Besprechung des Ablösungs- und Abschleuderungsvorganges wird es deutlich hervortreten, wie wichtig diese eigentümlich ausgebildete

Stelle für den Abschleuderungsvorgang ist. Diese Abbruchstelle gewinnt insofern noch weiteres Interesse, weil wir in unserem Fall ein Beispiel vor uns haben, bei dem die Trennungsfläche nicht vorgebildet wird, sondern wie wir später sehen werden — die Bruchfläche mitten durch die Zellen geht, so daß die Zellen in dieser Fläche entzweigerissen werden.

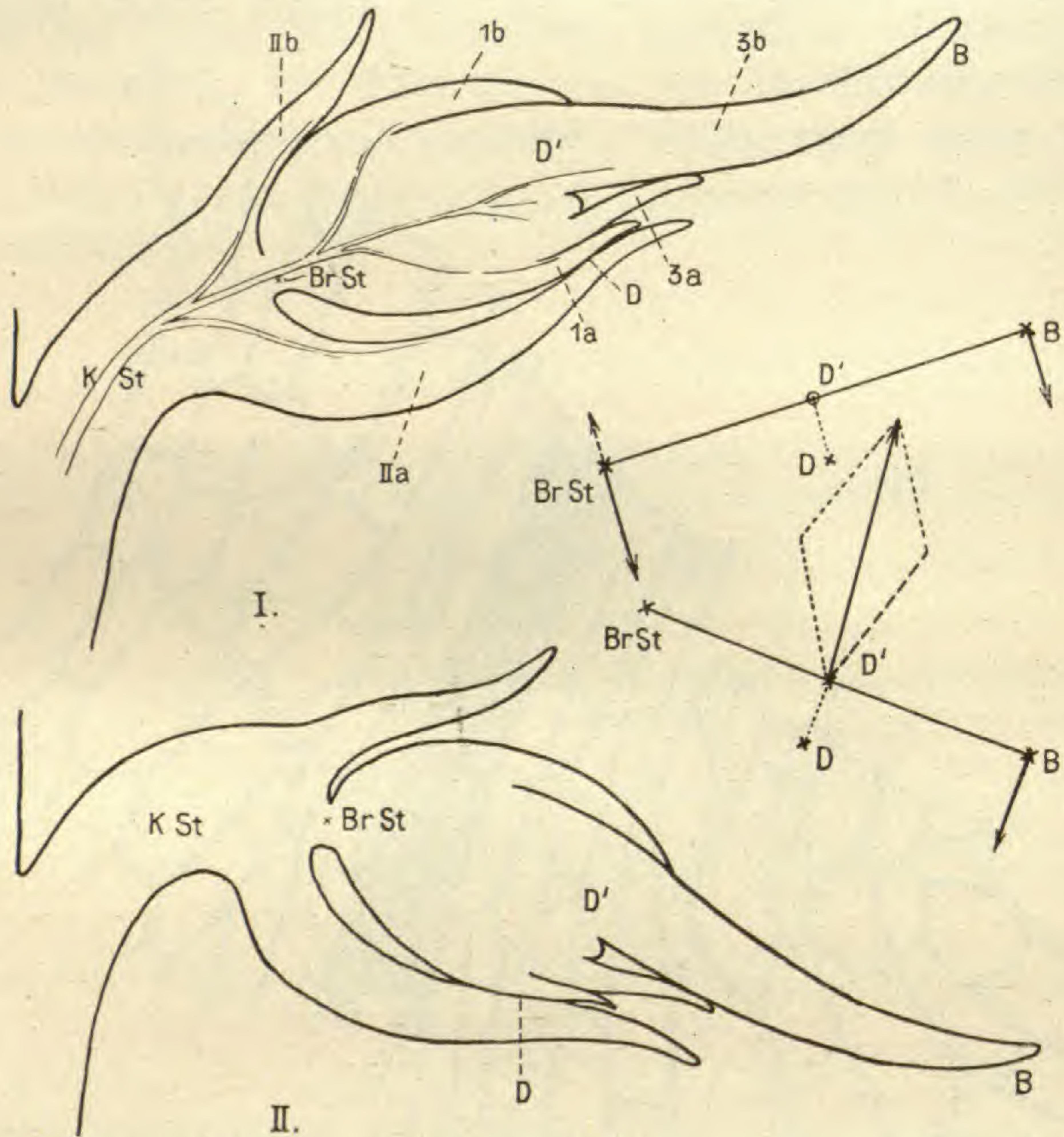


Fig. 6. *Lycopodium Selago*. Zwei Längsschnitte durch eine Brutzwiebelanlage. I. Nach der Natur. II. Etwas schematisiert. K St. Kurzspößstiel, Br St. Brutzwiebelstiel. IIa. Schleuderblatt.

Der obere Teil des Kurzsprosses, die Brutzwiebel, besitzt ebenfalls dekussiert stehende Blattpaare. Als erstes müssen die beiden in der Medianebene gelegenen, kleinen Blättchen Ia und Ib angesprochen werden (Fig. 2, 3), denn sie liegen mit dem obersten Knospenschuppenblattpaar IIIa und IIIb dekussiert. Weiter läßt sich feststellen, daß ihre Blattspuren früher vom Hauptstrang abzweigen und daß ihre Entwicklung früher vor sich geht, als es bei den großen, flügelartig asymmetrisch verbreiteten Blättchen des nächsthöheren Blattpaares der Fall

ist. Goebel dagegen spricht die beiden asymmetrischen großen Blättchen als das erste Blattpaar der Brutzwiebel an.

Diese letztgenannten Blättchen (2a und 2b) werden beiderseits der Medianebene angelegt. Im jugendlichen Stadium sind ihre Blattflächen mehr oder weniger deutlich parallel zu jener Ebene gestellt. Später führen sie aber bei einseitig verlaufendem Gefäßbündel eine Drehung ihrer Blattflächen um 90° aus, so daß sie dann in eine Ebene zu liegen kommen. Diesen beiden von oben her angeschmiegt befindet sich ein drittes von ungefähr gleicher Größe. Nach den vorhin erwähnten Kriterien zu urteilen stellt es ein Blättchen des dritten Blattpaares (3b) dar. Durch Zusammenschluß dieser drei Blättchen entsteht eine einheitliche, große, häufig löffelförmig gestaltete Fläche, deren Höhlung nach oben gekehrt ist. Sie steht anfangs aufrecht, später aber wird sie infolge der Streckung und Auswärtskrümmung des unteren Teiles der Kurzspießachse (Kurzspießstiel) wagrecht gestellt.

Histologisch betrachtet, erweisen sich die Blättchen einer sprungreifen Brutzwiebel als Speicherorgane. Ihre Zellen sind kürzer und breiter als die der Laubblätter. In der Jugend zeigen sie zahlreiche Chloroplasten, im Alter sind sie mit Stärkekörnern dicht gefüllt. Die Stärke ist in Form kleiner rundlicher Körner vorhanden. Die lockere Grundmasse von Speicherzellen wird nach außen hin von einer Epidermis abgeschlossen, die in ihren Einzelheiten nichts anderes zeigt als die der Laubblätter. Allerdings nimmt auch sie an der Stärkespeicherung teil. Die Zahl der Spaltöffnungen ist nicht wesentlich von der der Laubblätter verschieden. Die Gefäßbündel sind hier reduziert.

Ein wenig oberhalb der Abzweigung der Blattspur des unpaaren Blättchens 3b pflegt an in der Natur sprungreif gewordenen Brutzwiebeln die neue Wurzel am ursprünglichen Gefäßbündel angelegt zu sein, die sich von hier aus durch das Gewebe zum Brutzwiebelgrund hindurchdrängt. Dabei umgeht sie die genannte Blattspur. An Freilandpflanzen bleibt sie dann aber so lange in der Brutzwiebel eingeschlossen, als die Brutzwiebel an der Mutterpflanze stehen bleibt. Nur die Brutzwiebeln künstlich feucht gehaltener Stöcke, die nicht abgelöst werden, lassen noch am Stock stehend ihre Wurzeln hervorbrechen. Bei normalerweise abgeworfenen Brutzwiebeln kommt sie bei beliebiger Lagerung derselben bald rechts, bald links der Abbruchstelle zum Vorschein. Knapp unterhalb des Sproßvegetationspunktes pflegt dann in der sprungreifen Brutzwiebel häufig noch eine zweite Wurzelanlage vorhanden zu sein, die jedoch erst bei der Keimung das Wachstum wieder aufnimmt. Diese Wurzel pflegt dann frühzeitig dem

geotropischen Reiz folgend auf der der Unterlage zugekehrten Brutzwiebelseite durchzubrechen. Am Sproßvegetationspunkt selbst befindet sich bei noch nicht abgelösten Brutzwiebeln dem großen unpaaren Blättchen 3b opponiert ein Blatthöcker oder bereits ein kleines Blättchen,

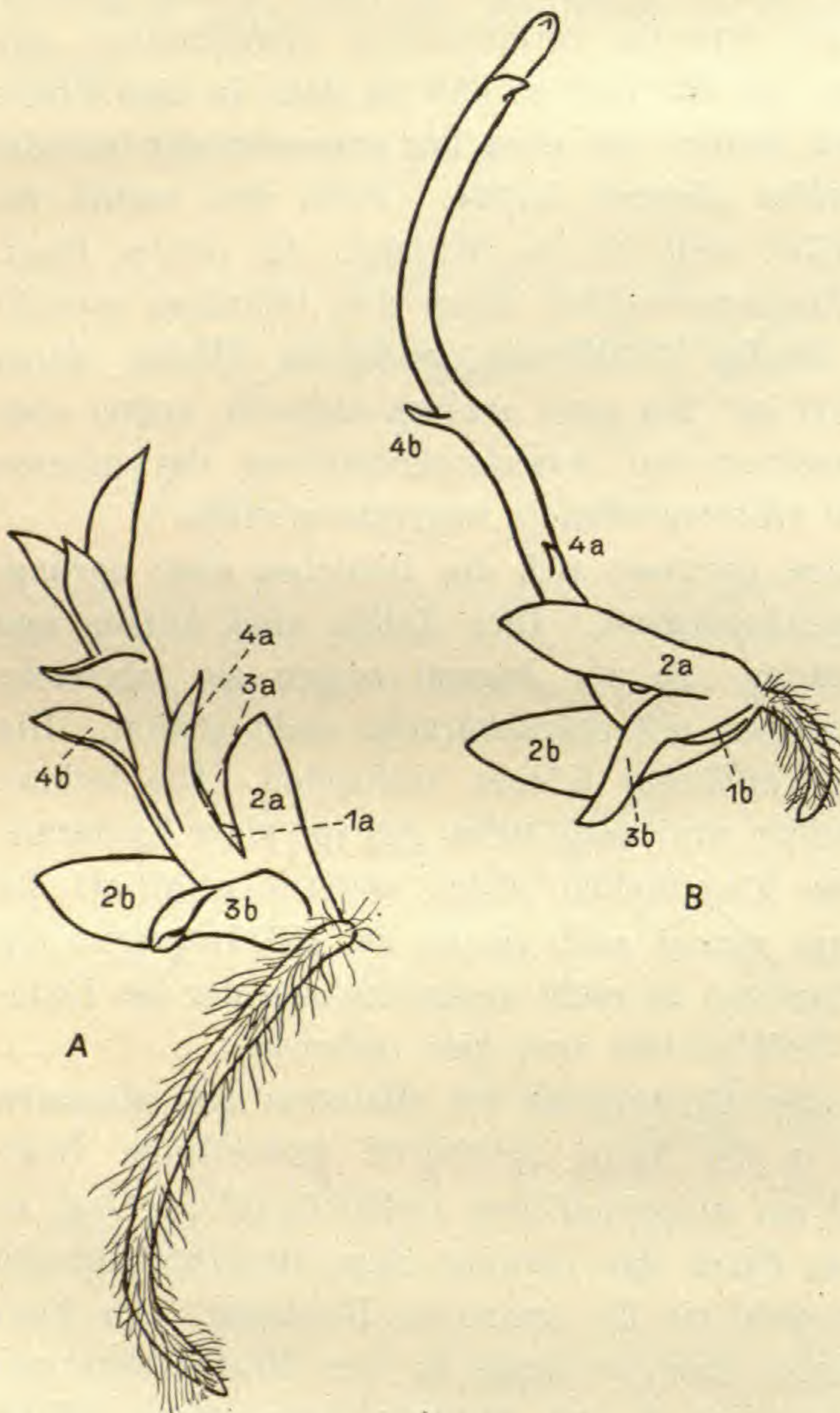


Fig. 7. *Lycopodium Selago*. Zwei aus Brutknospen auf feuchtem Filtrierpapier gezogene Pflänzchen, A im Licht, B im Dunkeln. Beide sind 49 Tage alt (7fache Vergrößerung). Maßstab bei Fig. 2.

das bei Freilandpflanzen meistens zwischen den drei großen Blättchen noch eingeschlossen bleibt (Fig. 2 und 3). Es ist das zweite des dritten Blattpaares der Brutzwiebel (3a). Auch dieses speichert, wenn es hinlänglich ausgebildet ist, in seinem Mesophyll Stärke. Häufig sind noch die Blatthöcker der nächstfolgenden zwei Blättchen vorhanden. Diese beiden Anlagen liegen aber nicht mehr zueinander opponiert. Von hier an herrscht am auswachsenden Sproß wieder spiralige Beblätterung (Fig. 7).

Eine Zusammenfassung des bisher Angeführten ergibt folgendes: Bei *Lycopodium Selago* treten zonenweise angeordnet und von unten nach oben an Zahl zunehmend Kurzspresse mit dekussierter

Blattstellung auf. An ihnen lassen sich zwei morphologisch scharf getrennte Teile unterscheiden.

Der untere Teil bildet mit seinen drei Blättchenpaaren einen auf verhältnismäßig dickem und elastischem Stiel sitzenden Becher, in dem

der obere Teil, die Brutzwiebel, eingefügt ist. Von den als Assimilationsorgane ausgebildeten Blättchen sind fünf weich und schuppenartig und eines, das untere des zweiten Blattpaares, vermöge seiner eigenartigen Gestalt ziemlich starr. Dieser Teil der Kurzspießachse bleibt auf der Mutterpflanze zeitlebens stehen.

Den oberen Teil der Kurzspießachse, die ablösbare Brutzwiebel, bilden drei Blattpaare, die durch ihre Form und ihre Anordnung ein flaches, häufig löffelförmiges Gebilde entstehen lassen. Die Hauptmasse der Brutzwiebel bauen mit Stärke angefüllte Speicherzellen auf. Endogen sind in der Brutzwiebel Adventivwurzeln in der Ein- oder Mehrzahl angelegt, die nach dem Abwerfen der Brutzwiebeln erst die Epidermis durchbrechen. Zwischen den Blättchen ist der Sproßvegetationspunkt eingeschlossen, der nach einer gewissen Ruhepause erst an der abgeworfenen Brutzwiebel ins Wachstum übergeht.

Diese beiden Teile der Kurzspießachse sind durch einen sehr dünnen Stiel verbunden. Hier erfolgt die Abtrennung der Brutzwiebel vom unteren Teil der Kurzspießachse. Auffallend ist an ihm, daß selbst bei „überreifen“ Brutzwiebeln kein Trennungsgewebe ausgebildet wird. Das Leitungsgewebe durchzieht ihn kontinuierlich. Die leichte Abtrennung ist durch seine eigenartige Gestalt bedingt. Auf drei Seiten ist er so kurz, daß die Brutzwiebel unmittelbar dem Becher aufliegt. Auf der vierten, der dem Schleuderblatt zugekehrten Seite ist er mehrere Zelllängen lang. Diese Einrichtungen lassen die weiter unten ausgeführte Wirkungsweise erklärlich erscheinen. Alle diese für *Lycopodium Selago* gemachten Angaben bezüglich der Morphologie und Anatomie der Brutzwiebelanlagen treffen in allen Einzelheiten auch für *Lycopodium lucidulum* zu. Eine Detailbeschreibung erscheint überflüssig, da sie eigentlich eine Wiederholung des Vorhergehenden wäre. Es genüge die Anmerkung, daß ebenso wie die ganzen Pflanzen so auch die Brutzwiebelanlagen bei dieser Spezies bedeutend derber gebaut sind.

Der Ablösungsvorgang.

Nach Kenntnis dieser morphologischen und anatomischen Verhältnisse der Kurzspresse und bei Beobachtung der Pflanzen an ihrem natürlichen Standort drängt sich die Frage auf: Wie erfolgt die Ablösung dieser Vermehrungsorgane? Ein einfaches Abfallen ist schon nach den obigen Ausführungen unwahrscheinlich. Am natürlichen Standort findet man außerdem beim Betrachten der näheren Umgebung einzeln stehender Stöcke, daß die Brutknospen im Umkreise bis zu 60 cm, ausnahmsweise bis zu 100 cm, oft sehr zahlreich verstreut herum-

liegen und daß sie zu verschieden großen Keimpflänzchen ausgewachsen sind. Sie müssen also fortgeschnellt worden sein. Und werden die Stöcke selbst am Standort näher betrachtet, so fällt an ihnen sofort auf, daß alle Kurzsprosse mit Ausnahme der obersten und manchmal der vorhergehenden — also der beiden jüngsten Zonen — ihre Brutzwiebeln verloren haben. Ferner kann man das Abspringen der Brutzwiebeln häufig beim derben Anfassen der Pflanzen und regelmäßig dann, wenn man die Brutzwiebelanlagen herabdrückt, unmittelbar beobachten. Diese Feststellungen deuten offenbar auf einen besonderen Ablösungsvorgang hin.

Es wurde zu entscheiden gesucht, ob es innere oder äußere Faktoren sind, welche die Ablösung und das Abspringen hervorrufen, und zwar dadurch, daß zunächst die experimentell auslösbaren Erscheinungen näher analysiert wurden, um dann zum Verständnis des natürlichen Vorganges zu gelangen.

Ein Druck auf die Brutknospe etwa im Punkte „B“ der Fig. 6 I (mit dem Finger oder einer Nadelspitze) bewirkt ein Herabbiegen des ganzen Kurzsprosses durch Krümmung des Kurzsproßstieles („KSt“, Fig. 6 I). Er ist beträchtlich elastisch. Bei dieser beginnenden Abwärtskrümmung des Kurzsprosses wird an der Lage der Brutzwiebel in ihrem Becher nichts geändert, was bei der Dünnhheit des Brutzwiebelstieles zunächst überrascht. Ihrem Herausbiegen aus der ursprünglichen Lage setzt nämlich das kahnförmige und starre Schleuderblatt bei „D“ ein Hindernis entgegen.

In diesen Anfangssituationen stellt die Brutknospe — physikalisch betrachtet — einen zweiseitigen Hebel „BrSt“—„B“ mit dem Drehpunkt in „D“ dar, da die dick-fleischige Brutknospe praktisch einen starren Körper vorstellt und der Punkt „D“ im „System Blattschuppenbecher-Brutknospe“ unbeweglich ist. Die bei „B“ angreifende Außenkraft wird zunächst bestrebt sein, die Brutzwiebel um den Punkt „D“ aus ihrer Lage zu drehen. Dieser Drehung setzt die Zugfestigkeit des Brutknospenstieles einen Widerstand entgegen. Solange also die einwirkende Außenkraft — genauer ausgedrückt — das Drehmoment im Punkte „B“ kleiner bleibt als das Drehmoment im Punkte „BrSt“, und solange weiter die Außenkraft kleiner bleibt als der Widerstand des Schleuderblattes im Punkte „D“, solange wird sich an der Lage der Brutzwiebel in ihrem Becher nichts ändern. Die Außenkraft wird nur den ganzen Kurzsproß wie ein starres Ganzes mittels Krümmung seines Stieles („KSt“) herabdrücken.

Was können wir beim Anwachsen der Außenkraft beobachten? Wird die Brutzwiebelanlage kräftiger aus ihrer Anfangsstellung herausgebogen, so läßt sich ohne weiteres beobachten, daß die Krümmung des Kurzspößstieles beim gleichmäßigen Anwachsen der Außenkraft allmählich nicht mehr entsprechend zunimmt. Im Fortschreiten des Kraftzuwachses wird schließlich ein Punkt erreicht, wo der zu einer gewissen Größe angewachsenen Außenkraft nicht mehr der Kurzspößstiel, sondern das Schleuderblatt und die Brutzwiebel nachgeben. Wächst von hier an die Außenkraft noch weiterhin an, so wird die Brutknospe schließlich abgeschleudert.

Setzen wir auch darüber unsere vorigen physikalischen Betrachtungen fort, so sei vorerst an die bekannte Tatsache erinnert, daß bei gleichmäßiger Zunahme der Kraft die jeweiligen Krümmungserfolge an einem elastischen Stab fortschreitend kleiner werden. Ebenso verhält es sich mit dem Kurzspößstiel. Nun greift aber die Außenkraft im Punkte „B“ an der Brutknospe an und diese ist wiederum bis jetzt durch die Starrheit des Schleuderblattes unverrückt in ihrem Becher gehalten worden. Die anwachsende Außenkraft wird also einmal eine Größe erreichen, von der an ihre weitere Zunahme nur mehr eine unbedeutende Krümmung des Kurzspößstieles mit sich bringen wird, wohl aber eine intensivere Krümmung des Schleuderblattes, da dieses bisher an der Krümmung noch nicht teilgenommen hat. Mit der Krümmung des Schleuderblattes wird auch die Brutknospe aus ihrer Anfangslage herausgebogen. Die schon oben hervorgehobene eigentümliche Ausbildung des Brutzwiebelstieles auf der Oberseite macht es unschwer verständlich, daß er schon bei einer geringfügigen Herausbiegung der Brutzwiebel von oben her ein- und durchreißt. In dieser plötzlich neu-gewonnenen Situation stellt aber die Brutknospe einen starren Körper vor, an dem ein entgegengesetzt gerichtetes Kräftepaar angreift. Die eine Kraft dieses Paares ist die Außenkraft, die andere jene Kraft, welche sich durch die Krümmung des Kurzspößstieles und des Schleuderblattes in beiden angesammelt hat und nun im Moment der Lösung der Brutknospe ausgelöst wird und durch das Schleuderblatt im Punkte „D“ auf die Brutzwiebel einwirkt. Je nach der Größe der Drehmomente wird die Lage der freien Achse bald dem einen, bald dem anderen Ende der Brutzwiebel näherliegen. Meistens aber liegt sie sehr nahe dem Punkte „B“, was aus der Form der größtenteils flachen Bögen und der großen Sprungweiten, in denen die Brutzwiebeln geschleudert werden, zu schließen ist. Zu diesen Betrachtungen sei noch hinzugefügt, daß die Größe der Starrheit des Schleuderblattes, des

Krümmungswiderstandes des Kurzsproßstieles und der Zugfestigkeit des Brutzwiebelstieles von Kurzsproß zu Kurzsproß variiert und daß demzufolge die Außenkraft verschieden groß zu wählen sein wird, um ein Abspringen zu erzielen. Natürlich wird auch der Grad der Abwärtskrümmung des Kurzsprosses schwanken, bei dem die Abschleuderung erfolgen wird.

Das Abspringen der Brutzwiebeln wird nicht oder nicht wesentlich beeinflußt, wenn sämtliche Knospenschuppen bis auf das Schleuderblatt entfernt werden, was sich durch vorsichtige Präparation ohne Schwierigkeiten erreichen läßt. Daraus ist zu schließen, daß diese Blättchen nicht zum Schleudermechanismus zu zählen sind. Entfernt man dagegen das Schleuderblatt allein, so löst sich die Brutzwiebel, ohne abgeschleudert zu werden, ab. Es tritt weder eine Krümmung des Kurzsproßstieles noch sonst irgendeine Spannung ein. Der aus dünnwandigen Zellen aufgebaute Brutzwiebelstiel reißt eben gleich beim Beginn des Herausbiegens der Brutknospe von oben her ein und die Brutknospe fällt nach seinem Durchreißen ab. Das gleiche läßt sich feststellen, wenn die Brutzwiebel seitlich aus ihrer Lage herausgedrückt wird. Wird jedoch auf die Brutzwiebel ein Druck nach aufwärts ausgeübt, so erfolgt erst bei intensivem Aufwärtskrümmen der ganzen Anlage ein schwaches Abspringen der Brutknospe. Auf Grund der morphologischen und anatomischen Verhältnisse des ganzen Kurzsprosses ist dies ja ohne weiteres zu erwarten. Die auf den Knospenschuppen aufliegenden Stellen der Brutzwiebel wirken jetzt nämlich als Widerlager. Erreicht und übersteigt der Krümmungswiderstand des Kurzsproßstieles die Zugfestigkeit des Brutzwiebelstieles, so kommt es zum Durchreißen von der anderen Seite her. Da aber auf der Oberseite des Schuppenbechers ein starres Blättchen fehlt, das die im aufwärtsgekrümmten Kurzsproßstiel angesammelte Energie der Brutknospe mitteilt, so kommt es nun zu einem verhältnismäßig kraftlosen Abspringen. Damit sind die Verhältnisse, soweit es sich um das experimentell hervorgerufene Abspringen der Brutzwiebeln handelt, verständlich gemacht.

Nun fragt es sich aber, ob denn auch am Standort in der Natur die Abschleuderung durch eine solche von außen und oben her wirkende Kraft ausgelöst wird, oder ob nicht vielmehr die Ablösung von selbst, durch Spannungen im Schuppenbecher, erfolgt. Denn es herrschen, wie ich ergänzend bemerken muß, auch in der frei und unbeeinflußt stehenden Kurzsproßanlage Spannungen. Abgesehen von der Beobachtung, daß die Brutzwiebeln unverrückbar in ihren Bechern sitzen, was mit

bloßer Hilfe des dünnen Stieles nicht der Fall sein könnte, beobachtet man an median durch den ganzen Kurzsproß geführten Handschnitten stets eine Überkrümmung des Schleuderblattschnittes an dem Brutzwiebelschnitt vorbei, so daß immer ein Teil des einen durch den zweiten verdeckt ist. Die Frage ist also dahin zu präzisieren: Ist der Druck des Schleuderblattes ausreichend, um die Brutzwiebel selbsttätig abzutrennen und abzuschleudern? Der Erfolg eines aufwärtswirkenden Druckes, den wir vorhin kennen gelernt haben, spricht allerdings nicht sehr für die Richtigkeit dieser Annahme. Es wurden aber trotzdem 6 Stöcke mit völlig ausgebildeten Brutzwiebeln unter eine Glocke in feuchten Raum gebracht und daselbst über 4 Monate belassen. Denn es konnten noch andere, bisher nicht erkannte Spannungen im Spiele sein. Bei dieser Versuchsanordnung war also die zum Abspringen als notwendig erachtete, abwärtswirkende Außenkraft ausgeschaltet. Auch das Reiben und Schlagen der Sproßstücke aneinander war damit vermieden. Das Ergebnis des Versuches am Ende des vierten Monates war, daß keine der 86 „überreifen“ Brutzwiebeln abgesprungen oder abgelöst war. Das wesentlichste der Frage ist also damit beantwortet: Die Brutzwiebeln vermögen beim Erreichen des Reifestadiums nicht automatisch abzuspringen oder sich abzulösen. Es bedarf dazu einer von oben nach abwärts wirkenden Außenkraft.

Auch über deren Natur suchte ich einiges zu erfahren. Stehen die Brutzwiebel-tragenden Stöcke im Wald, in Gebüsch oder im hohen Gras, so ist es ohne weiteres verständlich, daß hier das abfallende Laub, die Zweige oder der Wind die Ursache des Abspringens sind. Das wurde am Standort mehrmals beobachtet. Wo aber Laub, Zweige und die mechanische Wirkung des Windes als Auslöseursachen nicht herangezogen werden konnten, da schien die Wucht der fallenden Regentropfen und des Hagels eine Rolle spielen zu können. Es fällt immer wieder auf, daß am Standort alle Brutknospen, die ein gewisses Alter erreicht haben, vom Stock abgelöst sind. Die jüngste Zone nur, eventuell einige der vorhergehenden, werden in der Natur angetroffen. Wohl nur eine überall mögliche Ursache, z. B. Niederschläge, ist dafür verantwortlich zu machen. Die Versuche allerdings, die diese Annahme bestätigen sollten, ergaben nicht das erwartete Resultat. Die starken Regengüssen mehrfach ausgesetzten Stöcke haben keine Brutzwiebel verloren.

Die Regentropfen besitzen freilich bei ihrer wechselnden Größe eine verschiedene Wucht, was ebenso zu berücksichtigen ist wie der Umstand, daß eingetopfte und im Botanischen Garten im Freiland eingepflanzte Stöcke zum Versuch verwendet wurden. Es könnten also

ungünstige Versuchsbedingungen den negativen Erfolg mit sich gebracht haben. Die wagrecht abstehenden Brutzwiebeln mit ihren nach aufwärts gekehrten löffelförmigen Flächen bieten allzusehr geeignete Angriffsflächen für fallende Regentropfen und Hagel, als daß diese unter allen Umständen völlig wirkungslos über die Pflanzen niedergehen sollten. Vielleicht tritt die Wirkung der Regentropfen vorwiegend in Verbindung mit der mechanischen Wirkung des Windes bei den Stürmen im Gebirge zutage.

Der Keimungsvorgang.

Wurden abgeschleuderte Brutzwiebeln am Licht im feuchten Raum (Sommer) auf Filtrierpapier ausgelegt, so keimten sie sehr bald, ganz gleich, in welcher Lage sie sich befanden. Dabei bricht (im Juni, Juli nach 4—7 Tagen, im September oder noch später erst nach 3—4 Wochen) die junge Wurzel am Brutzwiebelgrund hervor und gleichzeitig neigen sich die drei großen Blättchen, veranlaßt durch das Wachstum am Sproßvegetationspunkt, auseinander. Durch das Herauswachsen des Sprosses rückt auch das an der sprungreifen Brutzwiebel schon häufig wahrnehmbare kleine Blättchen (3a) des dritten Blattpaares am Sproß höher. Also schon hier setzt — genau betrachtet — der Uebergang von der dekussierten zur spiraligen Blattstellung ein. Während dieses Blättchen beim Wachstum noch klein bleibt, erreichen die beiden nächstjüngeren bereits nahezu normale Laubblattgröße. Stirbt bei der Keimung auf Filtrierpapier die erste ausgebildete Wurzel ab, was übrigens sehr häufig der Fall ist, so kommen die höher in der Brutzwiebel oder noch andere unterdessen angelegte Wurzeln zum Durchbruch. Es konnten an Brutknospen bis zu sechs Wurzeln am Filtrierpapier ausgebildet werden. Auch noch viel höher werden am auswachsenden Sproß Wurzeln in der Einzahl ausgetrieben.

Werden frisch gebrochene Brutknospen unter sonst gleichen Umständen im Dunkeln zum Keimen ausgelegt, so unterscheiden sich die so gewonnenen Keimlinge recht beträchtlich von den Kontrollexemplaren. Sie sind typisch vergeilt. Die Sproßachse ist dünn und vollkommen farblos, ihre Internodien stark verlängert (Fig. 7). Die Blättchen bleiben klein und gelb. Auszunehmen sind manchmal die untersten drei Blättchen am jungen Sproß wegen ihrer schwachen Grünfärbung. Sie waren schon an der sprungreifen Brutzwiebel als Blatthöcker oder kleine Blättchen vorhanden. Nebenher sei noch erwähnt, daß die 49 Tage alten Dunkelkulturen gegenüber den Lichtkulturen auffallend kurze Wurzeln zeigten. Eine Wiederholung der Versuche konnte infolge der vorgerückten Jahreszeit nicht mehr vorgenommen werden. Es bleibt zweifel-

haft, ob dies eine zufällige Erscheinung ist oder ob sie durch die Lichtverschiedenheit bedingt wird.

Die Differenzen zwischen Licht- und Dunkelkulturen sind zu groß, die Vergeilung der im Dunkeln gezogenen Keimpflänzchen zu typisch, um noch daran zu zweifeln, daß hier Ergrünungsfähigkeit bei Lichtabschluß fehlt. Liro (1911) — zitiert nach dem Referat in Justs Jahresbericht 1912, S. 827 — führt gerade die Brutzwiebeln von *Lycopodium Selago* (neben *Pteris aquilina*) als ein Beispiel an, bei dem eine Abwanderung des Chlorophylls aus den Brutknospenblättchen vor sich geht. Auf Grund meiner morphologisch-anatomischen Erfahrungen an diesem Objekte sehe ich mich dazu veranlaßt, mit Nachdruck darauf hinzuweisen, daß die Brutzwiebeln von *Lycopodium Selago* keine geeigneten Objekte für die Abwanderungsmöglichkeit des Chlorophylls darstellen.

Sind nämlich die Brutzwiebeln im Dunkeln zum Keimen gebracht worden, so sind die drei untersten Blättchen (3a, 4a und 4b, Fig. 7 B) an den Spitzen grün gefärbt und nur die höheren ganz gelb. Man kann sehr leicht zur Annahme verleitet werden, in dieser Erscheinung den Ausdruck der Wanderungsfähigkeit des Chlorophylls zu sehen. Aus meinen Keimungsversuchen geht aber deutlich hervor, daß die Ergrünung der drei untersten Blättchen im Dunkeln nur dann zu beobachten ist, wenn ältere Brutknospen, also solche, die sehr lange auf der Mutterpflanze gestanden haben, zum Versuch genommen werden. Da bei der anatomischen Untersuchung solcher Brutknospen immer schon die Blatthöcker oder gar noch weiter vorgeschrittene Entwicklungsstadien der in Rede stehenden Blättchen angetroffen werden, was bei äußerlicher Betrachtung nicht festgestellt werden kann, so ist der Schluß berechtigt, daß bei im Dunkeln herangezogenen Keimpflänzchen die Ergrünung noch aus der Zeit des Verweilens auf der Mutterpflanze herrührt. Das um so mehr, als ein exakter Beweis für die Abwanderungsmöglichkeit des Chlorophylls in irgendeiner Pflanze bisher nicht erbracht ist.

Auch am natürlichen Standort habe ich einige Keimlinge angetroffen, die aus in dunkle Spalten geratenen Brutzwiebeln entstanden waren. Der im Dunkeln befindliche Teil des Sprosses zeigte die gleiche typische Vergeilung, während der ans Licht vorgedrungene Sproßteil normales Aussehen aufwies.

Schon vorhin habe ich angemerkt, daß Brutzwiebeln feucht gehaltener Stöcke noch auf der Mutterpflanze auskeimen. Dabei ist häufig ein Wachstum nur am Sproßvegetationspunkt zu beobachten. Es wurden Keimlinge erhalten, die die Größe des in Fig. 7 A abgebildeten erreichten, ohne aber die Wurzeln durchbrechen zu lassen. Das war

jedoch nicht ausnahmslos der Fall. Auch 1—3 Wurzeln kamen zuweilen bereits auf der Mutterpflanze zum Vorschein. Bei dieser Gelegenheit konnte auch beobachtet werden, daß das Austreiben der Wurzeln ein Ablösen und Abfallen der Brutknospen nicht bewirken kann. Anfangs war auch diese Möglichkeit in Erwägung gezogen worden.

Interessant schien ferner die Frage zu sein, bis zu welchem Grad die Knöllchen das Austrocknen vertragen. Eine größere Zahl solcher, die 17 Tage hindurch lufttrocken (Juni-Juli) aufbewahrt waren, wurden noch 6 Tage frei intensiver Besonnung ausgesetzt und nachher zur Keimung auf Filtrierpapier ausgelegt. Alle 20 ausgelegten Knöllchen keimten aus, wenn auch erst nach doppelt bis fünffach so langem Zeitraum als frisch gebrochene. Die Wiederaufnahme des Wachstums ging auch nicht gleichzeitig vor sich. Vier Knöllchen waren erst nach 28 Tagen ebenso weit, wie frisch ausgelegte nach 7 Tagen. Weitere 10 der lufttrockenen Knöllchen wurden im Exsikator (Chlorkalzium) 5 und 14 Tage aufbewahrt. In keinem der beiden Fälle wurde aber Keimung erzielt. Sie quollen wie die übrigen auf und zeigten auch sonst keine Unterschiede. Später jedoch traten allerlei Pilzkolonien auf ihnen auf und sie gingen schließlich in Verwesung über. Daraus geht hervor, daß die Brutzwiebeln eine mäßige Trockenheit eine beschränkte Zeit hindurch vertragen können, daß sie aber, wenn diese zu weit getrieben wird, ihre Keimfähigkeit einbüßen. Sie bleiben relativ lange lebensfähig, wenn sie in feuchter Atmosphäre, wie sie in Glashäusern herrscht (Warmhaus), über den Winter aufbewahrt werden. Die anfangs Oktober 1922 am Licht und im Dunkeln ausgelegten Brutzwiebeln sind jetzt noch — nach 6 Monaten — frisch. Ein Wachstum ist fast überhaupt nicht erfolgt, es liegt anscheinend eine Winterruheperiode vor, da seit Oktober trotz der Warmhaustemperatur kein wahrnehmbarer Zuwachs erfolgt ist.

Schluß.

Die im vorhergehenden beschriebenen Brutzwiebeln von *Lycopodium Selago*, *L. lucidulum* und wohl auch der übrigen *Lycopodium*arten, die solche tragen (*L. serratum*, *L. miniatum*, *L. reflexum*) sind in ihrer Wirkungsweise als Vermehrungsorgane als der zweite, interessantere Modus der vegetativen Verbreitung innerhalb der Gruppe *Lycopodium* jenem gegenüberzustellen, bei dem diese, wie bei *Lycopodium clavatum*, durch lange, kriechende und verzweigte zugleich wurzelnde Sprosse erzielt wird.

Berücksichtigt man dann noch die Ergebnisse der Bruchmannschen Untersuchungen (1910), die sich mit der Ruheperiode und Keimung der Sporen, der Entwicklung der Prothallien und der Keimpflänzchen be-

schäftigt haben, so wird man bei der Besiedlung eines Standortes der vegetativen Vermehrungsweise eine größere Rolle zuschreiben müssen als der durch Sporen, da sich die Entwicklung zu einem selbständigen Individuum in einem relativ so kurzen Zeitraum abspielt, wogegen die Entwicklung über die Eizelle ungleich längere Zeit in Anspruch nimmt. Denn die Ruheperiode der Sporen von 3—5 Jahren, das Stocken der Prothalliumentwicklung beim Fünfzellenstadium, wenn der die Weiterentwicklung anregende, endophytische Pilz nicht vorhanden ist, das Heranwachsen des Prothalliums bis zur Reife der Geschlechtszellen, die Befruchtung, das Heranwachsen des Embryos — alle diese Komplikationen und langdauernden Prozesse geben vielmehr Gelegenheit, daß ungünstige Verhältnisse die Zahl der überlebenden Individuen herabsetzen. Ob die mit der geschlechtlichen Fortpflanzung einhergehende Vermehrung aus noch anderen, jetzt noch nicht bekannten Gründen weniger erfolgreich ist als die bloß vegetative Vermehrung durch Brutzwiebeln, ist bisher wohl nicht zu entscheiden. Es fiel bei den großen *Lycopodium*-beständen auf, daß unter der großen Anzahl der näher untersuchten Keimpflänzchen alle — selbst noch 5 cm hohe, schon mehrfach gegabelte Pflanzen — mit den noch an ihnen verbliebenen Brutzwiebelblättchen ihren vegetativen Ursprung verrieten. Pflänzchen, die ihre Entwicklung über die haploide Phase genommen haben könnten, sind nicht gefunden worden.

Pflanzenphysiologisches Institut
d. Deutschen Univ. Prag II. Viničová 3a.

Literaturverzeichnis.

1. G. Arcangeli, *Sul Lycopodium Selago*. Livorno 1874. (War mir nicht zugänglich.)
2. G. W. Bischoff, *Die kryptogamischen Gewächse*. Nürnberg 1828.
3. K. Bittner, Über Chlorophyllbildung im Finstern bei Kryptogamen, *Österr. bot. Zeitschrift* 1905. Bd. LX.
4. H. Bruchmann, Die Keimung der Sporen und die Entwicklung der Prothallien von *Lycopodium clavatum*, *annotinum* und *Selago*, *Flora* 1910, n. F. I.
5. C. Cramer, Über *Lycopodium Selago*, *Pflanz. phys. Unters. H. 3*. Zürich 1855. (War mir nicht zugänglich)
6. K. Goebel, *Organographie der Pflanzen*, 2. Aufl. Jena 1915—1918.
7. J. Hedwig, *Theoria generationis usw.* Leipzig 1798.
8. F. Hegelmaier, Zur Morphologie der Gattung *Lycopodium*, *Botan. Zeitung* 1872. Bd. XXX.
9. Jeffrey, The structure and development of the stem in Pteridoph. a. Gymnosp., *Phil. Trans. R. Soc., London, Serie B, Vol. 195*, 1902.
10. J. J. Liro, Beiträge zur Kenntnis der Chlorophyllbildung bei den Gymnospermen und Pteridophyten, *Ann. Acad. Scient. Fenn., Helsingfor* 1911. (War mir im Original nicht zugänglich, zitiert nach *Justs Bot. Jahresber.* 1912, II, S. 827.)
11. E. Pritzel, in *Engler-Prantl, Die natürl. Pflanzenfamilien I, 4*. Leipzig 1904.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [116](#)

Autor(en)/Author(s): Czurda [Denk] Viktor

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der Brutzwiebeln von Lycopodium Selago und L. lucidulum 457-475](#)