

Morphologische und physiologische Untersuchungen an *Ceropegia Woodii* Schlechter.

Von

Joseph Glabisz.

Mit Tafel IX—XI und 30 Abbildungen im Text.

A. Äussere Morphologie.

Ceropegia Woodii Schlechter wurde von J. Medley Wood in Durban auf den Felsen des Grönberges in Natal, in einer Höhe von ungefähr 1800 Fuß über dem Meere, im Februar 1881 gefunden¹⁾. Eine farbige Abbildung von ihr befindet sich in „Curtis' botanical magazine“. No. 663. Tab. 7704.

Ceropegia Woodii gehört zu der Familie der *Asclepiadaceae* und ist eine zierliche, herabhängende, ausdauernde, immergrüne Pflanze (Fig. 1, Taf. XI: *Ceropegia Woodii* Schlechter. Habitusbild. Vergr. $\frac{1}{10}$), die aus einer knolligen Grundachse hervortritt. Die Knollen haben meistens eine kugelige oder ovale Gestalt, sind fleischig und erreichen eine Größe von 3 bis 4 cm im Durchmesser. Die Wurzeln entspringen reichlich aus allen Teilen der Knolle, doch sind die Seitenteile bevorzugt, indes die Unterseite häufig wurzellos bleibt. Sie sind fadenförmig, von der Basis bis zur Spitze fast von gleichem Durchmesser (ca. 1 mm). Bei in Töpfen kultivierten Pflanzen erreichen sie eine Länge bis zu 25 cm; meistens jedoch sind sie kürzer und weniger verzweigt. Aus einer Knolle entspringen meistens mehrere, zwei bis vier Sprosse, welche eine beträchtliche Länge — 4 bis 5 m und mehr — erreichen können. Sie sind beim normalen Wachstum unverzweigt, bindfadenartig, unbehaart, mit Ausnahme der Corolla, der ganz jungen Blätter und der Drüsenzotten, und von der Basis bis zur Spitze von gleichem Aussehen. Die Internodien sind zylindrisch, von rötlich-grüner Farbe, welche durch Anthocyan hervorgerufen wird, und durchschnittlich 1 mm dick. Ihre Länge nimmt von der Spitze bis zur

¹⁾ Gartenflora. 1900. S. 529.

Basis des Sprosses zu; meist schwankt sie zwischen 6 bis 10 cm, erreicht aber bei älteren Pflanzen eine Länge bis 20 cm.

Das Internodium geht allmählich in den höherstehenden Knoten über; das nächstfolgende setzt sich dagegen scharf von der Basis der beiden Blätter ab. Der Knoten, von derselben Farbe wie die Internodien, ist ungefähr doppelt so dick wie diese, also 2 mm. Er ist zwischen der Ansatzstelle der Blätter mehr flach, dagegen an den Seiten mehr hervorgewölbt. Sehr häufig ist er verdickt, auch knöllchenartig entwickelt. Die Knöllchenbildung fängt schon frühzeitig an, sie ist schon an den jungen Knoten, dem dritten, vierten oder fünften von der Spitze aus gerechnet, wahrnehmbar. Sie beginnt mit dem Herausbrechen zweier sich gegenüberstehender Wurzelanlagen etwas unterhalb der zwischen den beiden Ansatzstellen der Blätter gelegenen Teile des Knotens. Die Verdickung nimmt nicht regelmäßig mit dem Alter der aufeinanderfolgenden Knoten zu, sondern an beliebigen Stellen des Sprosses können sich ein oder mehrere Knoten zu im Vergleich mit der Zartheit der Pflanze mächtigen Knöllchen entwickeln. An frei in der Luft herabhängenden Pflanzen kann man solche bis zu 2 cm im Durchmesser beobachten. Andere Knoten wieder entwickeln sich gar nicht weiter, sodaß man an einem Sproß Knöllchen der verschiedensten Größen finden kann. Je mehr ein Knoten sich zur Knolle verdickt, desto mehr verschwindet die ursprüngliche Farbe; er wird infolge eingetretener Korkbildung dunkelgrau.

Das lebhafteste Wachstum besitzen die Sprosse im Frühjahr und Sommer, sie wachsen aber auch im Herbst und Winter; dagegen ist es mit der Ausbildung der Knoten zu Knöllchen gerade umgekehrt; die Vergrößerung derselben fällt namentlich in die Wintermonate. Wie schon bemerkt, geht der Knöllchenbildung das Austreiben von Wurzeln, welche als kleine Hervorwölbungen an dem Knoten sichtbar werden, voraus. In dem Maße, als der Knoten sich dann verdickt, brechen weitere Wurzeln hervor, und zwar an der ganzen Oberfläche des Knöllchens. Ihre Zahl schwankt nach der Größe der Knöllchen von zwei bis zwanzig und darüber. Die Wurzeln haben jedoch bei frei herabhängenden Pflanzen ein beschränktes Wachstum, sind durchschnittlich nur 1 mm lang und verharren in diesem latenten Zustande, bis sie in günstigere Verhältnisse gelangen.

Aus dem apikalen Teil des Knotens entspringen die gestielten ganzrandigen Blätter, welche zu dekussierten Paaren geordnet sind, wie es der Querschnitt durch den Sproßscheidungspunkt in Figur 2 zeigt. An ausgewachsenen Sprossen ist diese dekussierte Stellung nicht mehr zu erkennen, da alle Blätter ihre Oberseite dem Licht zukehren und dadurch eine teilweise Drehung der Internodien verursachen; auch in der Natur sind die Sprosse an Felsen herabhängend und nur von einer Seite beleuchtet.

Der Blattstiel ist bei jüngeren wie älteren Blättern fast gleich lang, zirka 1 cm; sein Durchmesser entspricht im Allgemeinen der Dicke des Blattes, nimmt jedoch von dem Blattgrund bis zur Spitze etwas zu. Auf der Oberseite des Blattstieles zeigt sich eine leichte

Einfurchung, welche gegen den Blattgrund hin seichter wird und fast ganz verschwindet. Die Farbe des Stieles ist gleich der der Internodien und Knöllchen.

Die Blattspreiten sind im nicht ausgewachsenen Zustand länger als breit, bei älteren Blättern hat sich dagegen das Verhältnis geändert. Diese erreichen eine Länge bis zu 2 cm und

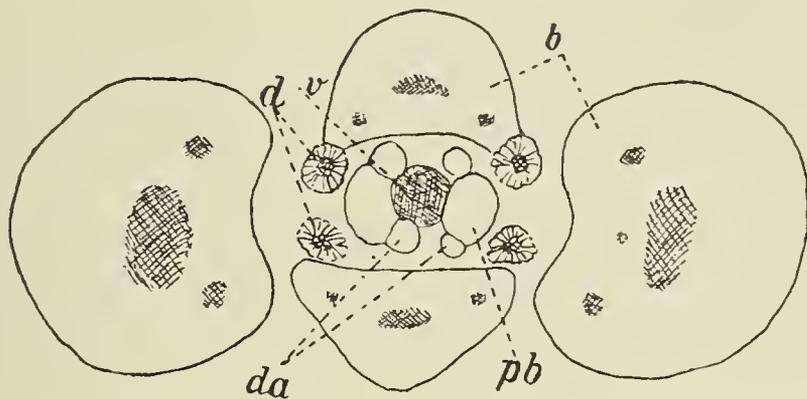


Fig. 2. Querschnitt durch einen Sproßscheidung.

b Blätter, *pb* Primordialblätter, *v* Vegetationspunkt, *d* Drüsenzotten, *da* Drüsenanlagen. Vergr. $\frac{40}{1}$.

darüber, sie sind fleischig, bis 2 mm dick. Dem Blatt eilt eine Spitze, nach Raciborski¹⁾ als Vorläuferspitze bezeichnet, im Wachstum voraus. Dieselbe übersteigt meistens die Länge von 1 mm nicht, ist schon an ganz jungen Blättern entwickelt und zeigt in der weiteren Entfaltung der Spreite keine nennenswerte Streckung. Sie ist viel derber und fester als die Spreite, nament-

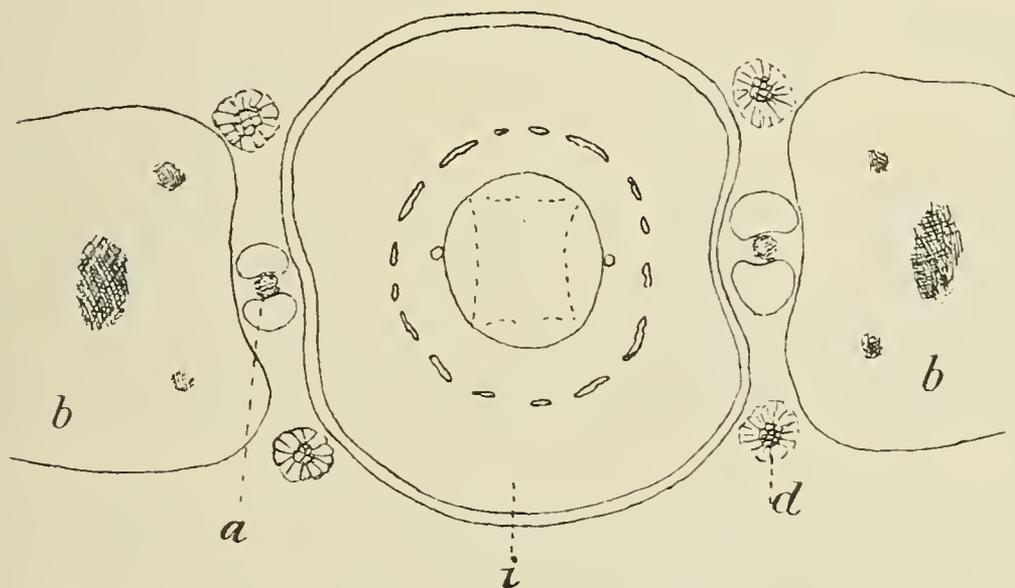


Fig. 3. Querschnitt durch einen Sproß gleich unterhalb des Knotens.

b Blätter, *i* Internodium, *a* Achselknospen, *d* Drüsenzotten. Vergr. $\frac{26}{1}$.

lich in den jungen Blättern der Knospe, welche nach oben zusammengeschlagen einen Schutz des Vegetationsscheitels bewerkstelligen²⁾. Die Blattspreiten sind sehr schön gefärbt, ihre Oberseite ist grau-grünlich, mit zierlich zerstreuten, dunkelgrünen Flecken, ohne einen Überzug von Wachs. Die Farbe stammt von den unter der durchsichtigen Cuticula gelegenen Zellschichten. Die

¹⁾ Raciborski, Über die Vorläuferspitze. (Flora. Bd. 87. 1900. S. 1.)

²⁾ Vergleiche Göbel, K., Organographie der Pflanzen. Jena 1898. S. 505.

Unterseite ist bei jungen Blättern mehr grün, bei älteren dagegen grünlich-rot bis rot, welche Färbung auf Anthocyan zurückzuführen ist. Nebenblätter kommen nicht vor, doch konnten am Grunde des Blattstieles rechts und links seitlich zwei Drüsenzotten konstatiert werden (Fig. 2, *d*; Fig. 3, *d*), welche mit bloßem Auge als hellere Punkte erscheinen, zwischen welchen sich die Achselknospe befindet (Fig. 3, *a*; Fig. 4, *a*).

Der Sproß wächst bei normalen Verhältnissen nur mit einem Vegetationspunkt weiter, an welchem die Blattanlagen als seitliche Auswüchse in Gestalt eines Höckers entstehen. Schon an dem höchststehenden Primordialblatte sind die Anlagen der Drüsenzotten als je ein seitlicher Auswuchs des Blattgrundes (Nebenblätter?) vorhanden, wie aus Figur 2 zu ersehen ist. Dieselben erreichen ihre definitive Ausbildung viel früher als die Blätter, sind schon

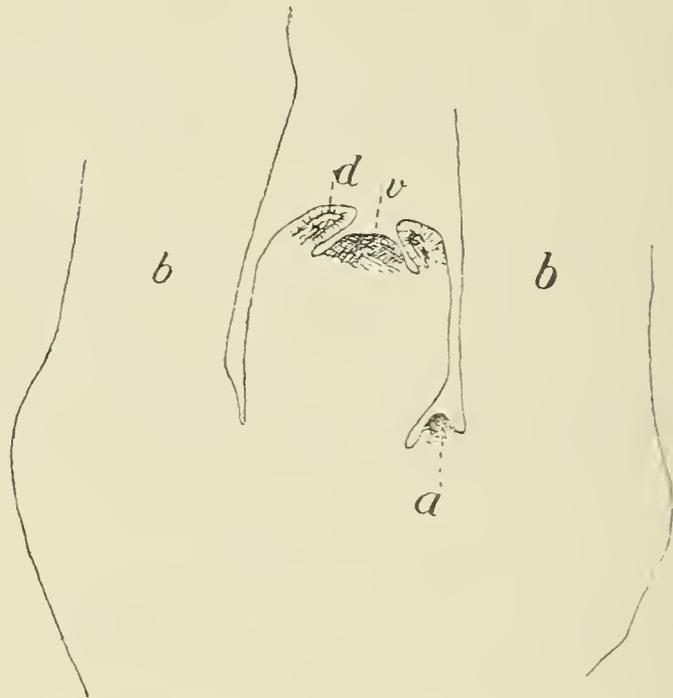


Fig. 4. Längsschnitt durch einen Sproßscheidung.

b Blätter, *v* Vegetationspunkt, *d* Drüsenzotten, *a* Achselknospe. Vergr. $40\times$.

in dem Sproßscheidung ausgewachsen und fungieren als Schutz für den Vegetationspunkt, indem sie sich über denselben hervorwölben (Fig. 4, *d*).

Unter dem Schutze der älteren Teile entstehen am Vegetationspunkt in den Achseln der Blätter die Seitensproßknospen, sie werden später angelegt als jene (Fig. 4, *a*). Sie entwickeln sich jedoch in der Regel nicht zu Seitensprossen, sondern verharren in einem entwicklungsfähigen Zustand und entfalten sich nur unter besonderen Umständen, sind also Ruheknospen¹⁾. Beiknospen kommen ebenfalls vor. Die Achselknospen würden einen nicht genügenden Schutz vom Blattgrund, welcher keine Verbreiterung aufweist, aus haben; sie sind auch nicht in das Gewebe der Sproßachse versenkt, dafür gewähren ihnen die Drüsenzotten, welche rechts und links von ihnen inseriert sind, einen guten Schutz (Fig. 3, *d*).

Die Drüsenzotten, welche sich am Sproßscheidung befinden, wie

¹⁾ Schenk, A., Handbuch der Botanik. Breslau 1882. S. 355.

auch diejenigen am Blattgrunde aller älteren Blätter, besitzen an ihrem Fuß und an ihrer Oberfläche, doch hier weniger, fadenförmige, unverzweigte Haare, welche sich meistens über den Vegetationspunkt krümmen und dadurch die Bedeutung der Drüsenzotten als Schutzorgan erhöhen (Fig. 5, *t*). Auch an Blättern, aber nur an ganz jungen noch im Sproßscheidung sich befindenden, kommen Haare von derselben Gestalt wie die der Drüsenzotten vor (Fig. 5, *t*: ein Längsschnitt durch einen Sproßscheidung, seitlich getroffen, so daß ein Blatt, eine Drüsenzotte des gegenüberliegenden Blattes und ein seitlicher Teil des Vegetationspunktes sichtbar ist). Treiber¹⁾, welcher fünf Arten der Gattung *Ceropegia* untersucht hat, gibt an, daß keine von ihnen Trichomgebilde zeige, von kleinen papillenartigen Vorwölbungen einzelner Epidermiszellen abgesehen, und gibt dies als Merkmal für diese Gattung an. Bei *Ceropegia Woodii* Schlechter finden sich auch nirgends Trichomgebilde, außer bei ganz jungen Blättern und allen Drüsenzotten. Sie bilden jedoch auf den jungen Blättern keinen dichten Überzug, sondern stehen vereinzelt da und dienen wie die der Drüsenzotten zur Erhöhung des Schutzes der zarten Gewebeteile; sie fallen nach genügender Erstarkung der Cuticula ab. Ob dieses Verhalten auch anderen *Ceropegia* zukomme, zumal bei allen Gattungen der *Asclepiadaceae* einfache Haare vorkommen²⁾, ist bei Treiber nicht erwähnt, da er über den Vegetationspunkt nichts angibt.

In den Gewächshäusern blüht *Ceropegia Woodii* Schlechter reichlich den ganzen Sommer über, vom März bis November; auch tritt Fruchtbildung ein, aber nur sehr selten. Im hiesigen Botanischen Garten der Universität, wo sie seit fünf Jahren kultiviert wird, wurde sie ausschließlich auf vegetativem Wege vermehrt, was sehr leicht durch Aussetzen von Stengelknollen geschieht.

Die Blüten, meistens in der Vier- oder Dreizahl, stehen in gestielten, doldig zusammengezogenen, cymösen Aggregaten, sind zwittrig, vollkommen strahlig, mit fünfgliedrigen Quirlen und erreichen eine Länge bis zu 2 cm. Sie sind schön gefärbt. Die am Grunde kugelige Kronröhre ist rötlich-violett, die in der Jugend zusammenhängende Corolla dunkelrot. Die Kelchblätter sind klein, schmal und zugespitzt. Die Blütenstände stehen nicht in den Blattachsen, sondern entspringen aus dem oberen Teil des Knotens, zwischen den beiden Blättern, in gleicher Höhe wie diese.

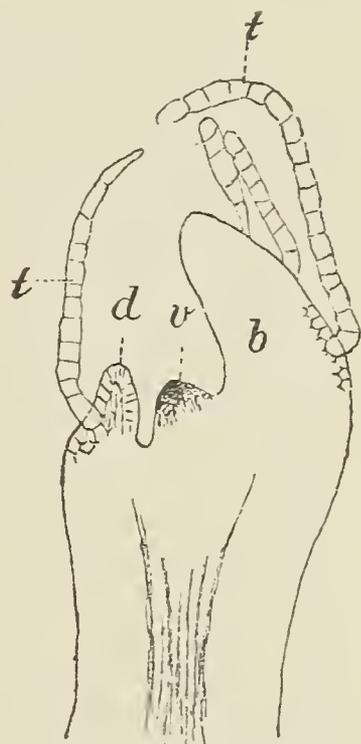


Fig. 5. Längsschnitt durch einen Sproßscheidung.
b Blatt, *v* Vegetationspunkt,
d Drüsenzotte, *t* Haare.
 Vergr. $\frac{40}{1}$.

¹⁾ Treiber, K., „Über den anatomischen Bau des Stammes der *Asclepiadaceen*.“ (Bot. Centralbl. Bd. 48. 1891. S. 213 u. 313.)

²⁾ Nach Engler, „Die natürlichen Pflanzenfamilien.“ Teil IV. Abt. 2. Leipzig 1895. S. 192.

B. Innere Morphologie.

Einleitung.

Die Familie der *Asclepiadaceae* ist wegen ihrer abweichenden anatomischen Verhältnisse schon häufig Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Manche ihrer Eigenschaften wurden daher schon ziemlich früh bekannt, sodaß heute eine ganze Anzahl spezieller Beobachtungen vorliegt; namentlich haben das innere Leptom, das Hadrom, die Milchröhren und der Bast die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt. K. Treiber¹⁾ hat die ganze Familie in vergleichend anatomischer Hinsicht behandelt. Auf die einzelnen, hier inbetracht kommenden Abhandlungen wird im Laufe der Arbeit hingewiesen werden.

Zur Untersuchung von *Ceropegia Woodii* verwendete ich sowohl frisches, als auch Alkoholmaterial in Celloidin und Paraffin eingebettet. Je nachdem es sich geeignet erwies, wurden Hand- oder Mikrotomschnitte ausgeführt. Namentlich für das Feststellen der Entwicklung der Knöllchen und Wurzeln waren Serienschritte notwendig. Das für diesen Zweck verwendete Material wurde mit absolutem Alkohol fixiert, worauf die Objekte in ein Gemisch von gleichen Teilen absoluten Alkohols und Chloroforms, dann in reines Chloroform übertragen wurden; in beiden verblieben sie solange bis sie untergesunken waren. Darauf wurde zum Chloroform im Wärmeschrank Paraffin von 46° C. Schmelzpunkt während fünf bis sechs Tagen zugesetzt und nach Verdunstung des Chloroforms durch reines „46° C. Paraffin“ und nach einigen Tagen durch „52° C. Paraffin“ ersetzt. Statt Chloroform wurde auch Benzol, Xylol, Cedernöl verwendet, auch eine Doppeleinbettung mit Celloidin-Paraffin wurde versucht, doch ergab das erstere die besten Resultate, namentlich für die Internodien, welche wegen ihrer Bastfasern beim Schneiden zerrissen wurden. Gefärbt wurde mit Alaunkarmin-Methylgrün und Haematoxylin-Safranin, meistens jedoch mit letzteren Farbstoffen.

I. Entwicklung der Gewebe.

Figur 6A stellt einen Querschnitt durch das erste, sich abhebende Internodium im Sproßscheiden dar. Sie repräsentiert die drei primären Meristeme, welche sich aus dem Urmeristem differenzieren haben.

1. Die Zellen des einschichtigen Protoderms *pt*, welche sich durch eine regelmäßige Zickzacklinie von dem darunter liegenden Bildungsgewebe abgrenzen, erscheinen im Längsschnitt quadratisch. Sie teilen sich nur in tangentialer Richtung und erzeugen die einschichtige Epidermis.

¹⁾ Treiber, K., l. c. S. 207.

2. Das Grundmeristem *gm*, welches aus abgerundeten verhältnismäßig großen Zellen besteht, weist nur wenige kleine Interzellularen auf. Das äußere Grundmeristem besteht aus fünf bis sechs Zellschichten, von welchen sich die primäre Rinde (Fig. 6 B *pr*) ableitet; aus dem inneren geht das Mark (*m*) hervor.

3. Das Procambium (Fig. 6 A *pc*), das sich durch Englumigkeit, lückenlosen Verband und Eckigkeit der Zellen vom Grundmeristem unterscheidet, bildet einen einheitlichen Hohlzylinder. Im Längsschnitt sind seine Zellen langgestreckt, mit etwas schief gestellten Querwänden. Aus demselben differenzieren sich — auch nach Treiber¹⁾, welcher einige *Asclepiadaceen* darauf hin untersucht hat — das Hadrom, Leptom, Cambium, die Bastbündel und das Leptomparenchym. Zuerst werden auf der innersten Grenze

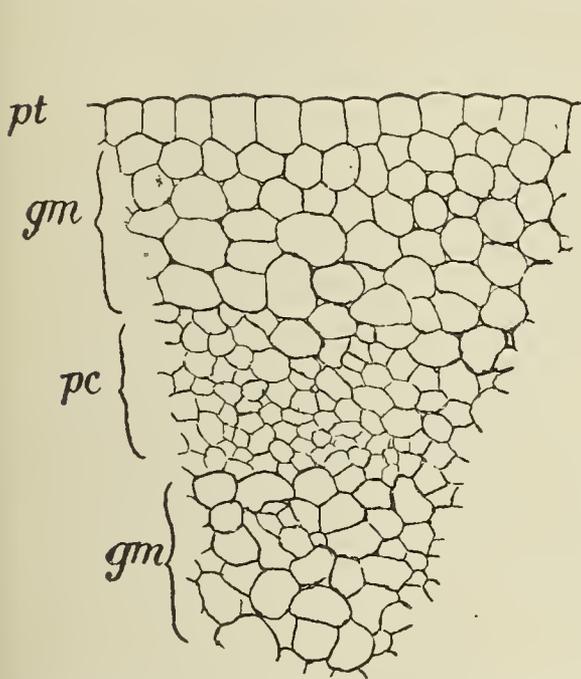


Fig. 6 A. Internodiumquerschnitt im Sproßscheidung.

pt Protoderm, *gm* Grundmeristem, *pc* Procambium. Vergr. $\frac{230}{1}$.

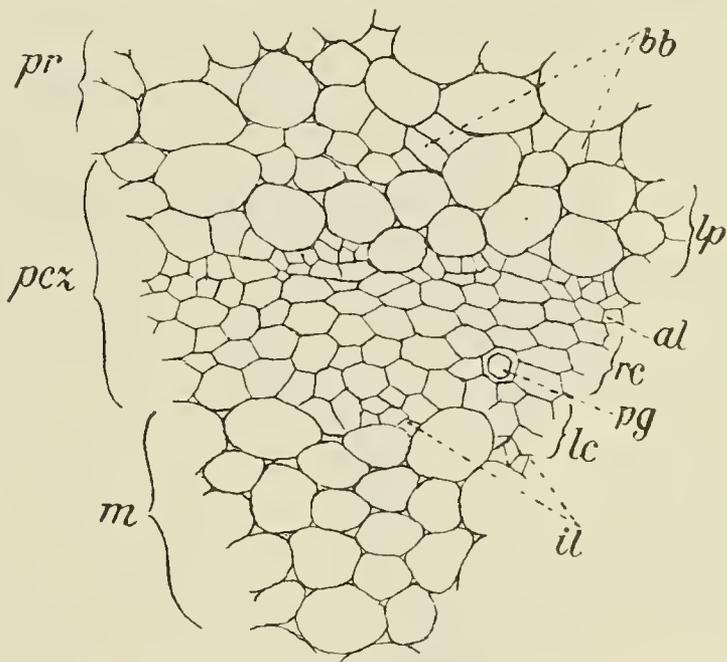


Fig. 6 B. Internodiumquerschnitt etwas vom Sproßscheidung entfernt.

pr primäre Rinde, *m* Mark, *pcx* Zellschichten, die aus dem Procambium hervorgegangen sind, *il* inneres primäres Leptom, *bb* Bastbündel, *lp* Leptomparenchym, *al* äußeres primäres Leptom, *pg* primäres Gefäß, *rc* Reihencambium, *lc* Leptomcambium. Vergr. $\frac{230}{1}$.

sehr kleine Zellen sichtbar, das innere primäre Leptom (Fig. 6 B *il*), auf der äußersten entstehen Zellgruppen, welche sich noch durch die unter ihnen gelegenen sich vergrößernden Zellen (*lp*), besser abheben, die Bastbündel (*bb*). Dann treten kleinzellige Gewebepartien unter den sich vergrößernden und abrundenden Zellen auf, welche das primäre äußere Leptom darstellen (*al*). Jetzt werden an vier Stellen zwischen den beiden Leptomen primäre Gefäße (*pg*) sichtbar, meistens je eines, welche Anordnung den decussiert stehenden Blättern entspricht; dann bilden sich weitere zwischen diesen vier Stellen unregelmäßig zerstreute. Die Schichten zwischen dem äußeren Leptom und den primären Gefäßen und zwischen letzteren und dem inneren Leptom werden zum Cambium; das äußere ordnet sich aber erst später in Reihen zum Reihen-

¹⁾ Treiber, K., l. c. S. 243.

cambium (*rc*) an; das innere wird zum Leptomcambium (*lc*), wie es Treiber¹⁾ genannt hat.

Vor der Besprechung der einzelnen Gewebeteile erscheint es von Vorteil, die Anordnung der Gewebegruppen auf dem Querschnitt durch das Internodium kurz anzuführen. Derselbe weist einen Ring bicollateraler Gefäßbündel auf, wie dies Mohl²⁾ für die Familie der

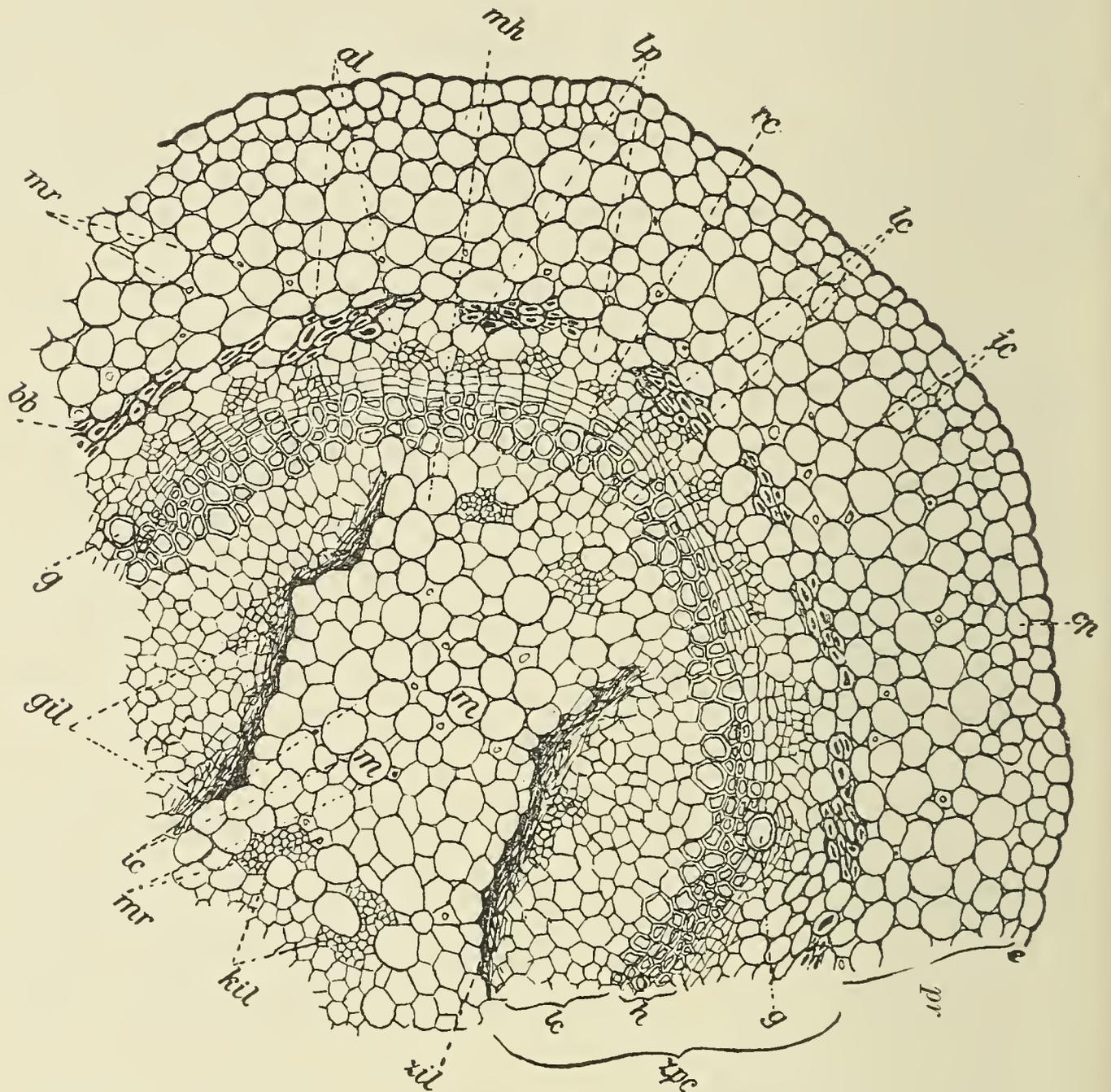


Fig. 7. Querschnitt durch ein älteres Internodium.

e Epidermis, *pr* primäre Rinde, *ep* äusserste Zellschicht der primären Rinde, *ic* Interzellularen, *mr* Milchröhren, *bb* Bastgruppen, *lp* Leptoparenchym, *al* äusseres Leptom, *rc* Reihencambium, *h* Hadrom, *g* Gefäss, *kil* kleine Partien des inneren Leptoms, *zil* zerdrückte Leptomzellen, *m* Mark, *mh* Markhörner. Vergr. $\frac{80}{1}$

Asclepiadaceen entdeckt hat. Die Aueinanderfolge der Gewebe von außen nach innen ist folgende: Eine einschichtige Epidermis (*e*); eine fünf bis sechs Schichten aufweisende primäre Rinde (*pr*); Gruppen von Bastzellen (*bb*) durch Parenchymzellen getrennt; ein Ring von Reihencambium (*rc*); Hadrom (*h*); Leptomcambium (*lc*); inneres Leptom (*zil* und *kil*); Mark (*m*).

¹⁾ Treiber, K., l. c. S. 247.

²⁾ Mohl, Hugo v., Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. (Botanische Zeitung. 1855. S. 873.)

II. Die einzelnen Gewebe.

1. Aus dem Protoderm entstandene Gewebe.

Auf dem Querschnitt durch das Internodium (Fig. 8, *e*) sind die Epidermiszellen etwas breiter als tief, also umgekehrt wie beim Protoderm, was auf die Vergrößerung des Internodiumdurchmessers zurückzuführen ist, zumal keine Tangentialteilungen beobachtet werden können; im Längsschnitt erscheinen sie fast quadratisch. Ihre inneren wie äußeren Membranen sind im Vergleich zu denjenigen der primären Rinde stärker entwickelt. Die Außenwände sind leicht konvex gekrümmt und mit einer ziemlich dicken Cuticularschicht (*cn*) versehen, welche von einer dünnen Cuticula (*c*) überkleidet ist. Einzelne Zellen sind papillenartig nach außen vorgewölbt (*pa*). Für den Blattstiel und den Knoten gilt dasselbe,

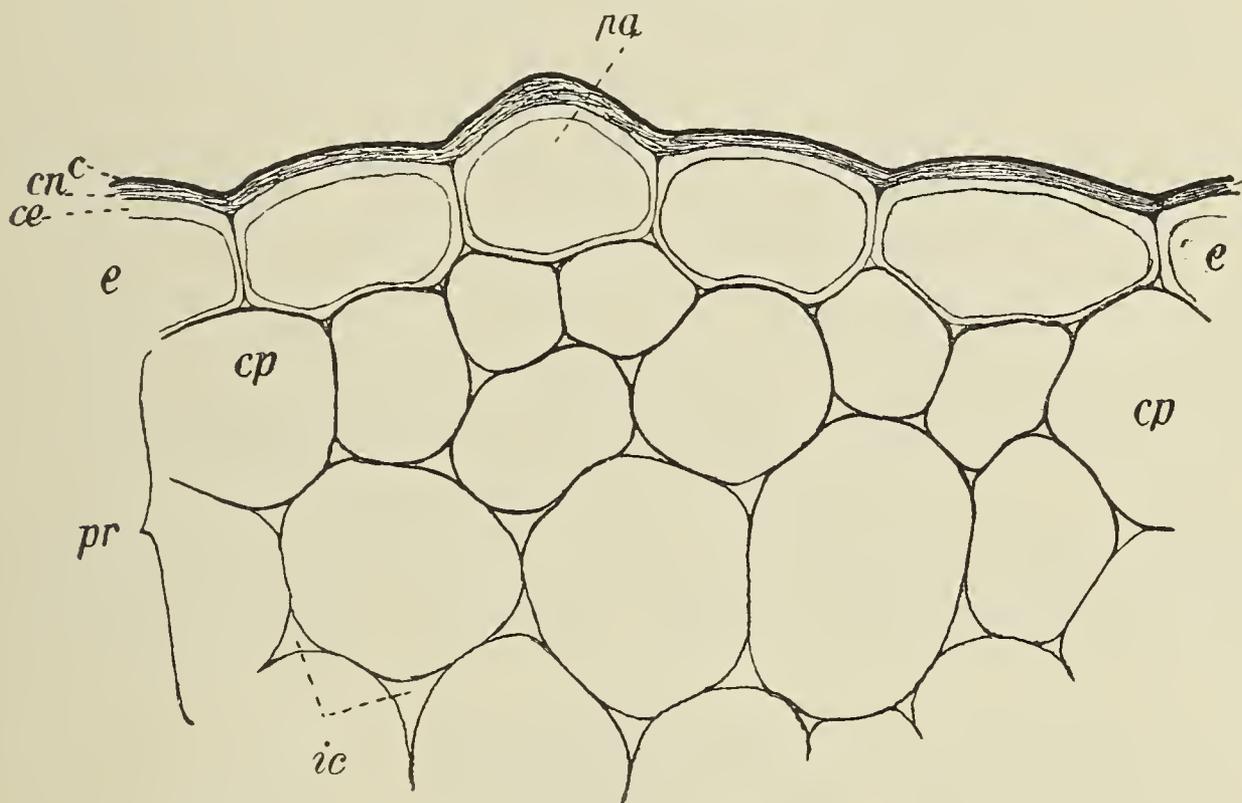


Fig. 8. Querschnitt durch ein Internodium.

e Epidermis, *pa* papillöse Epidermiszelle, *c* Cuticula, *cn* Cuticularschicht, *ce* Zellulose-schicht, *pr* primäre Rinde, *cp* äusserste Zellschicht der primären Rinde, *ic* Interzellularen. Vergr. $400/1$.

nur daß der letztere viel häufiger papillöse Vorwölbungen aufweist. Die Epidermiszellen der Blätter sind flach (Fig. 14, *e*), die Cuticularschicht ist dünner als beim Internodium, und nur an den Blatträndern zeigen sich Vorwölbungen und dickere Außenwände. Die Seitenwandungen sind gewellt, auf der Unterseite des Blattes (Fig. 9A) mehr als auf der Oberseite (B). Von oben gesehen zeigen die Außenschichten eine Streifung. Anthocyan kommt in den Epidermiszellen nicht vor.

Die große Mehrzahl der Spaltöffnungen befindet sich auch hier auf der Unterseite der Blätter (Fig. 9A), auf der Oberseite ist ihre Zahl bedeutend kleiner (B). Sie kommen auch an allen übrigen oberirdischen Teilen der Pflanze vor. Dieselben besitzen den für die Angiospermen typischen Bau (Fig. 10: Querschnitt durch ein junges Internodium). Die Schließzellen liegen meistens

im gleichen Niveau mit den übrigen Epidermiszellen. Auf ihrer der Spalte zugekehrten Seite besitzen sie starke Membranverdickungen, namentlich oben und unten, wo sie vorspringende Höcker bilden, wodurch die zwei bekannten Hohlräume, durch die Zentralspalte (z) von einander getrennt, der Vorhof (vh) und der Hinterhof (hh), entstehen. Die Rückenwände (r) sind unverdickt und wölben sich konvex in das Lumen der benachbarten Nebenzellen. Die Atemhöhle (ah) wird von einer oder zwei Zellen umfaßt, indes die Schließzellen meistens durch drei, manchmal auch vier Nebenzellen begrenzt sind (Fig. 9 A; B), denen sich etwa noch die nächst-

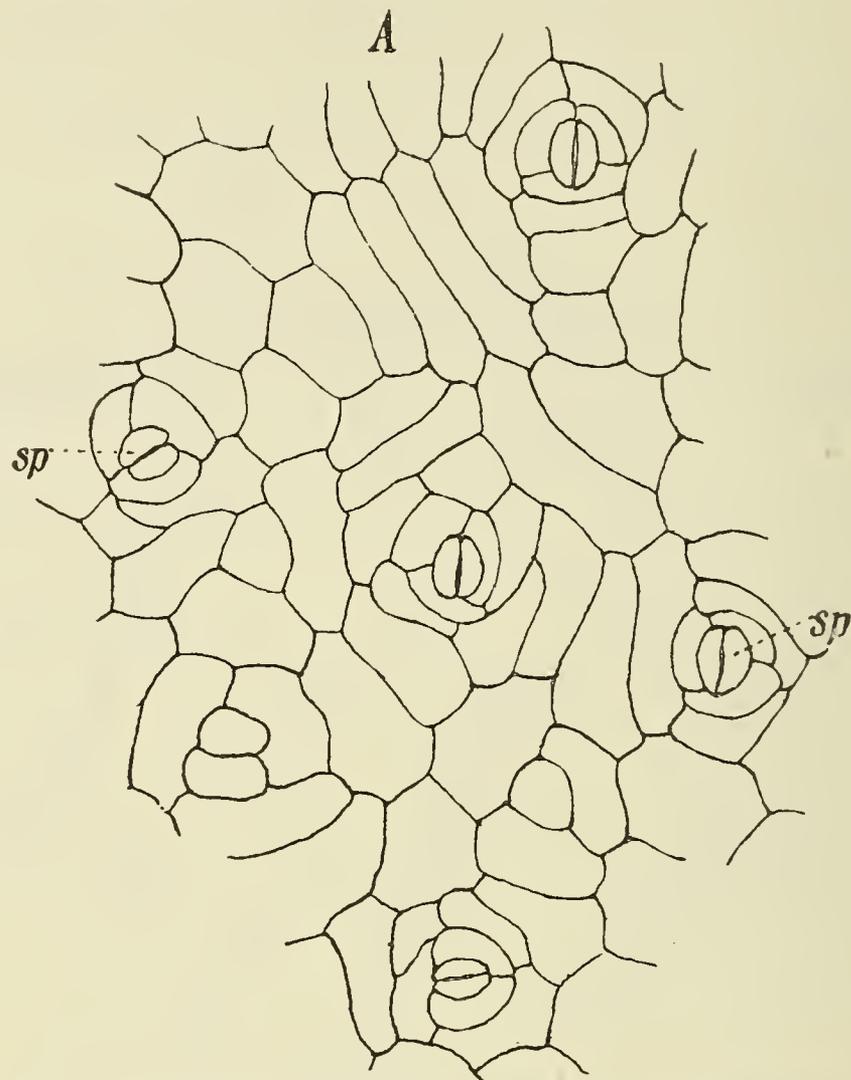


Fig. 9 A. Flächenansicht der Epidermis mit Spaltöffnungen von der Blattunterseite.

sp Spaltöffnungen. Vergr. $135/1$.

folgenden Zellen anreihen; doch ist eine bestimmte Anordnung der weiteren Epidermiszellen nicht zu erkennen.

Haare kommen, wie schon früher erwähnt, nur bei *Ceropegia Woodii* Schlechter und nur an ganz jugendlichen Organen, Drüsenzotten und ihrem Fuß, vor. Eine geringe Anzahl von jungen Epidermiszellen wachsen zu einzelnstehenden Haaren aus. Diese bilden mehrzellige, dünnwandige, meist gekrümmte Zellfäden (Fig. 5, t). Die erste Teilungswand verläuft in gleicher Ebene mit den Außenwandungen der Epidermis und schnürt die Fußzelle des Haares ab, welche nicht unter das Niveau der übrigen Epidermiszellen versenkt ist. An der Bildung der Drüsenzotten beteiligen sich außer den Epidermiszellen nur wenige unter dieser

gelegene Zellschichten (Fig. 11 A). Die Epidermiszellen der Zotte sind tief und flach, nach innen schmaler werdend, und umgeben die Zentralzellen kranzförmig (Fig. 11 B, *e*). Sie haben

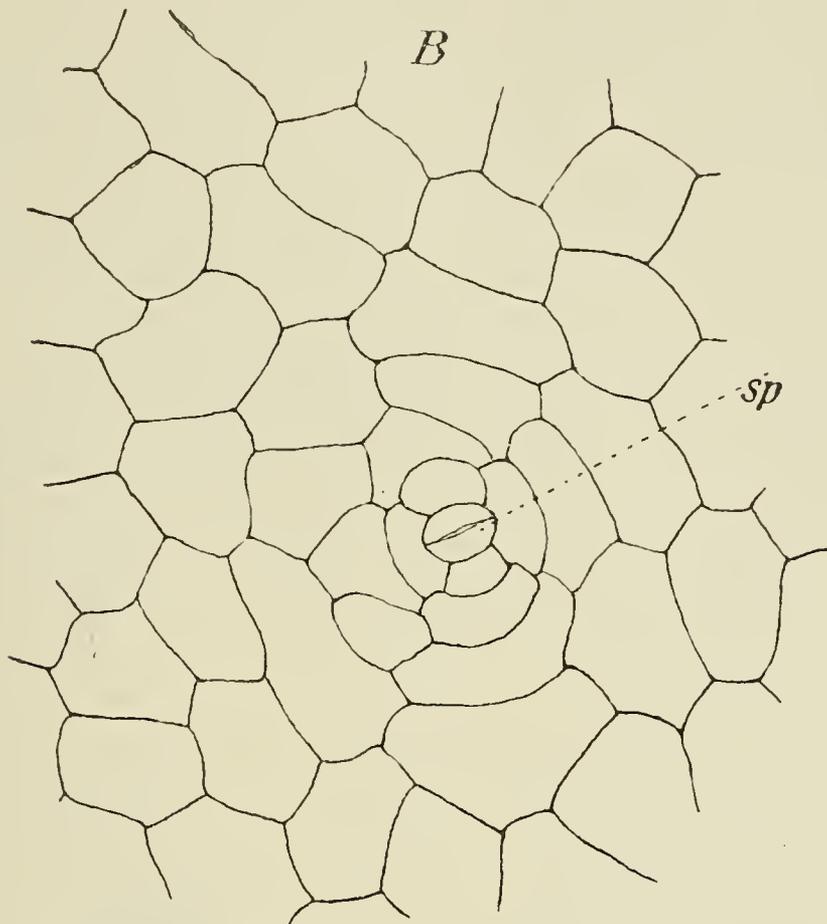


Fig. 9 B. Flächenansicht der Epidermis mit Spaltöffnungen von der Blattoberseite.

sp Spaltöffnungen. Vergr. $135/1$.

dünne Wände, nur die Außenmembranen werden etwas verdickt. Die im Innern gelegenen Zellen, welche subepidermalen Ursprungs

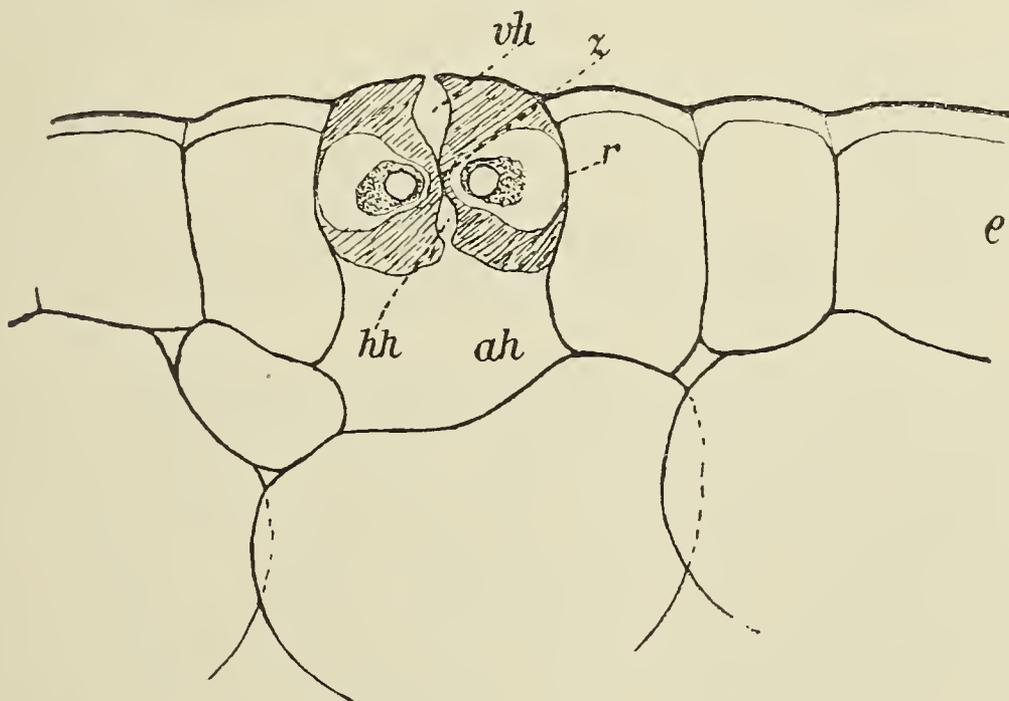


Fig. 10. Querschnitt durch ein junges Internodium.

e Epidermis, *z* Zentralspalte, *vh* Vorhof, *hh* Hinterhof, *r* Rückenwände, *ah* Atemhöhle. Vergr. $550/1$.

sind, sind dünnwandig, im Querschnitt abgerundet (Fig. 11 B, *ix*), von kleinen Interzellularen begleitet. Im Längsschnitt erscheinen sie gestreckt und mit schief gestellten Querwänden (Fig. 11 A, *ix*).

2. Aus dem Grundmeristem entstandene Gewebe.

Die primäre Rinde, welche zwischen der Epidermis und den Bastgruppen sich ausbreitet, besteht aus fünf bis sechs Zelllagen (Fig. 7, *pr*). Im allgemeinen setzt sie sich aus kompakten, dünnwandigen, meist abgerundeten, auch ovalen, im Längsschnitt in Reihen angeordneten, wenig gestreckten Parenchymzellen zusammen. Collenchymatisch verdickte Sklerenchym- und Steinzellen, wie sie sich bei vielen anderen *Asclepiadaceen* finden¹⁾, kommen hier nicht vor. Nur die äußere, der Epidermis anliegende Schicht weist kleinere, dichter aneinanderstoßende Zellen auf (Fig. 7, *cp*), welche eine kaum merkliche Wandverdickung haben (Fig. 8, *cp*); mit Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure nehmen die Zellwände keine hellblaue Färbung an. Sie unterscheiden sich auch

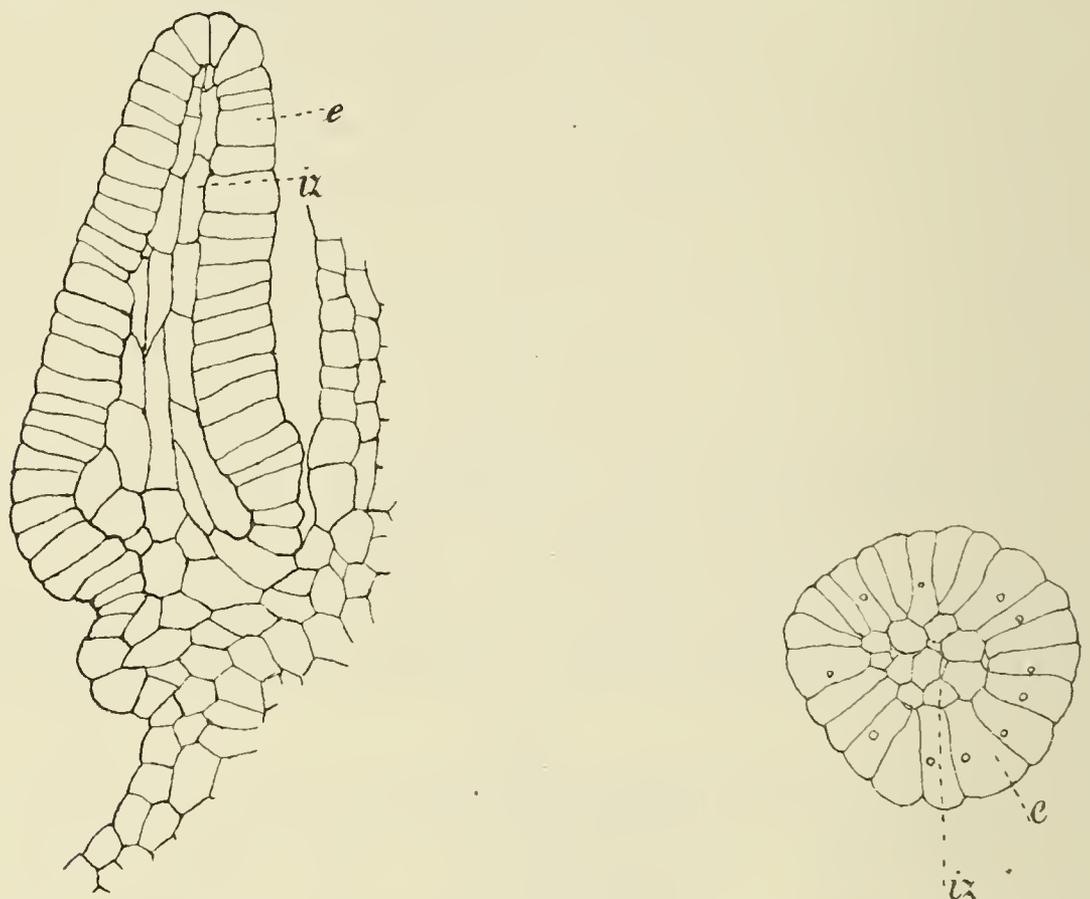


Fig. 11 A. Drüsenzotte im Längsschnitt. Fig. 11 B. Drüsenzotte im Querschnitt.
e Epidermiszellen, *iz* Innenzellen. Vergr. $135/1$.

durch ihren Inhalt von den tiefer gelegenen Zellen. Die primäre Rinde ist ziemlich chlorophyllreich, bildet also ein Assimilationsgewebe; doch nimmt der Gehalt an Chlorophyllkörnern nach innen allmählich ab. Stärkekörner sind überall reichlich vorhanden. Anthocyan, welches das grünlich-rote äußere Aussehen bewirkt, färbt viele Zellen, namentlich die der äußeren Schichten, intensiv rot. Die für Anthocyan bei A. Zimmermann²⁾ angegebenen Reaktionen treten auch hier sehr schön ein. In Wasser, Alkohol und Äther löst es sich vollkommen. Bei Zusatz von stark verdünnter Kalilauge erscheint es blau-grün, und bei nachträglichem Säurezusatz nimmt es wieder die ursprüngliche rote Färbung an.

¹⁾ Vergleiche Treiber, K., l. c. S. 215.

²⁾ Zimmermann, A., Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892. S. 104 u. 229.

Die äußerste Zelllage ist merkwürdigerweise sehr chlorophyllarm und ohne Anthocyan; ebenso sind Stärkekörner sehr spärlich. Eine Schutzscheide, welche, wie Treiber¹⁾ angibt, an die Bastfasern angrenzt, ist nicht zu erkennen; Chlorophyll- und Stärkekörner sind in den inneren Zellen überall in annähernd gleicher Menge vorhanden, und auch die Form der Zellen ist dieselbe, nur daß die unmittelbar an den Bast stoßenden Zellen mit letzterem keine Interzellularen bilden (Fig. 16 A, *ss*). Sonst sind Interzellularen in der primären Rinde reichlich vorhanden, aber nicht groß (Fig. 8, *ic*).

Das Mark hat infolge des Vorhandenseins des innern Leptoms die Gestalt eines vierstrahligen Sternes, dessen zentraler Teil mehr oder weniger elliptisch ist und mit den vier Hörnern zwischen die Leptomteile bis zum Hadrom vordringt. Es besteht aus dünnwandigen, rundlichen, wenig gestreckten Parenchymzellen mit vielen Interzellularen, welche die der primären Rinde an Größe



Fig. 12. Kalkoxalat-Krystalle.

A *Kd* Krystalldruse, B *K* Einzel- und Zwillingskrystall.

Vergr. $135/1$.

etwas übertreffen. Stärkekörner sind in den Markzellen reichlicher vorhanden als in der Rinde.

Kalkoxalat-Krystalle²⁾ kommen in Rinde wie Mark sowohl in Form von Drusen (Fig. 12 A, *Kd*) als von Einzel- und Zwillingskrystallen (Fig. 12 B, *K*) vor.

Die Grundparenchymzellen des Blattstieles (Fig. 13) mit ebenfalls dünnwandigen, abgerundeten und wenig gestreckten in Reihen angeordneten Zellen und vielen kleinen Interzellularen zeigen dieselben Eigenschaften wie die Rindenzellen. Sie funktionieren auch als Assimilationsgewebe, sind stärkereich und enthalten Anthocyan, welches nach der Mitte des Stieles abnimmt, sodaß die im Innern befindlichen Zellen nicht mehr gefärbt sind; die an die Epidermis grenzende Schicht ist kleiner und besitzt wenig mehr verdickte Membranen (*cp*). Sie weist sehr wenig Chlorophyll und kein Anthocyan auf.

Die dorsiventralen Blätter besitzen einen ziemlich einfachen Bau. Das Palisadengewebe (Fig. 14, *pl*), welches ungefähr zwei

1) Treiber, K., l. c. S. 217.

2) Treiber, K., l. c. S. 305.

Drittel der Blattdicke ausmacht, besteht aus mehreren, senkrecht zur Oberfläche gestreckten Lagen zylindrischer, dünnwandiger Parenchymzellen, welche ziemlich breit und im Allgemeinen nicht viel mehr als zweimal so lang wie breit sind. Sie sind in lockerem

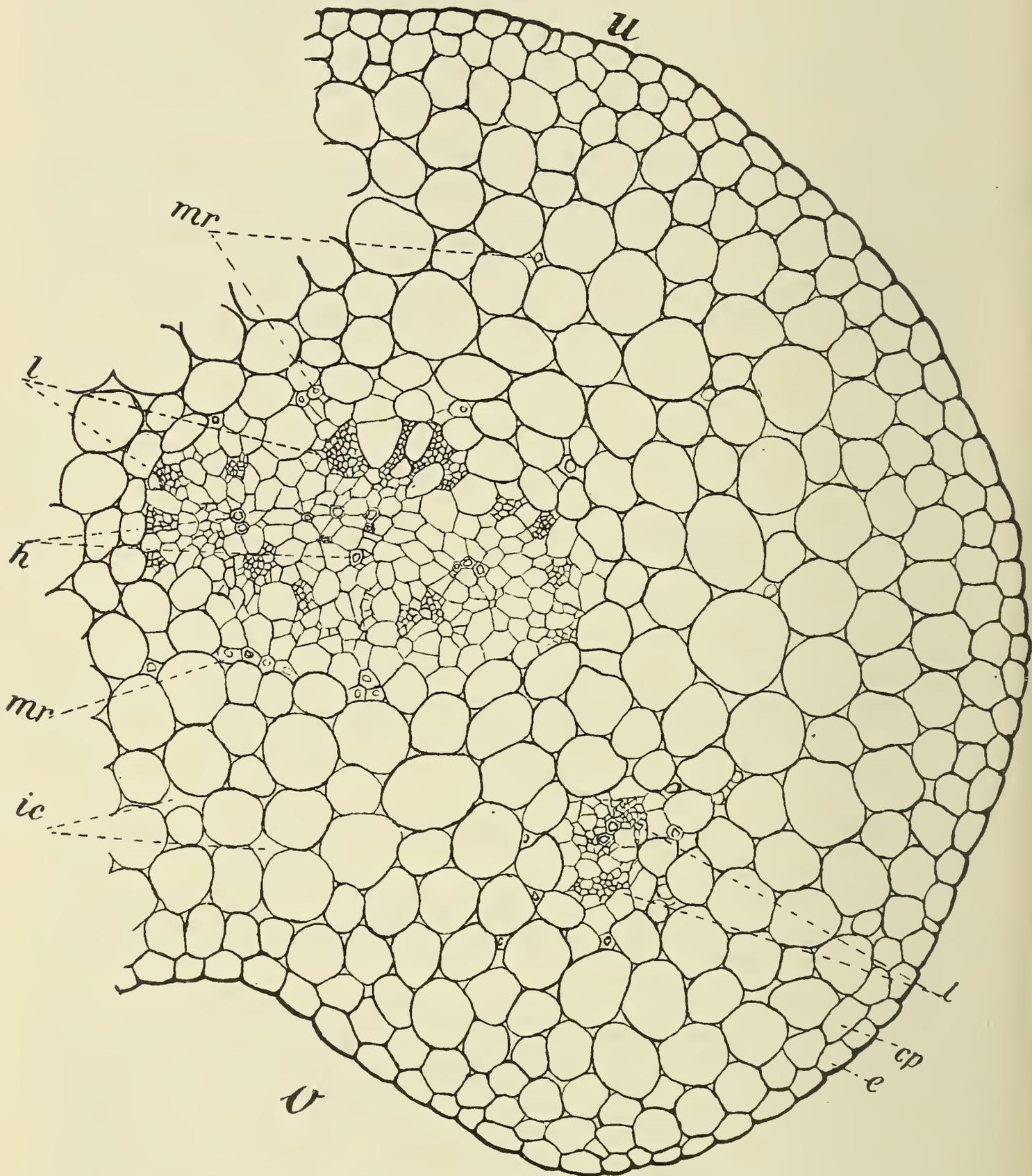


Fig. 13. Querschnitt durch einen Blattstiel.

o entspricht der Oberseite des Blattes, *u* entspricht der Unterseite des Blattes, *e* Epidermis, *cp* äusserste Zellschicht des Grundparenchyms, *ic* Interzellularen, *mr* Milchröhren, *h* Hadrom, *l* Leptom. Vergr. $\frac{80}{1}$

Zusammenhang, seitlich meist isoliert. An die Epidermis stoßen sie mit einer nicht sehr regelmäßigen, viel kürzeren Zellschicht, welche weniger Chlorophyll besitzt. Sie gehen allmählich in die Schwammparenchymzellen über. Diese sind abgerundet, elliptisch, dünnwandig, chlorophyllärmer, viele große Interzellularen zwischen

sich lassend. Ihr Inhalt ist, namentlich an ältern Blättern, durch Anthocyan rot gefärbt und zwar in den an die Epidermis stoßenden Zellen intensiver als in den innern. Die Reaktionen auf Anthocyan treten auch hier sehr deutlich und schön auf.

Die Milchröhren durchziehen als ununterbrochene, langgestreckte, reich verzweigte Röhren alle Pflanzenteile. Sie sind nach de Bary¹⁾ bei den *Asclepiadaceen* stets ungegliedert; in der für die Familie typischen Gestaltung finden sie sich auch bei *Ceropegia Woodii* und sind mit einer unverdickten, glatten Wand versehen, die auf Cellulose reagiert; sie besitzen einen plasmatischen Wandbelag und zahlreiche Zellkerne. Als Saft führen sie eine milchige Flüssigkeit. Nach den Untersuchungen von Chauveaut²⁾ entstehen sie aus Initialen, welche die ersten differenzierten Elemente im Embryo darstellen; sie treten in der Knotenebene auf und liegen kreisförmig an der Peripherie des Zentralzylinders, durch eine oder mehrere Parenchymzellen voneinander getrennt. Diese Initialen verlängern sich zu Schläuchen und verästeln sich stark, indem sie sich in die Interzellularen des Grundgewebes hineinzwängen, um das Milchsaftgefäßsystem der erwachsenen Pflanze zu bilden. Sie treten zerstreut, ohne gewisse Partien zu bevorzugen, in Mark und Rinde reichlich auf (Fig. 7, *mr*), ihr Verlauf ist meistens ein vertikaler; sie verzweigen sich aber häufig und bilden zuweilen Queranastomosen (Fig. 15). Im Internodium verlaufen die Milchröhren des Markes isoliert von denen der Rinde und dringen nicht durch den Gefäßbündelzylinder hindurch;

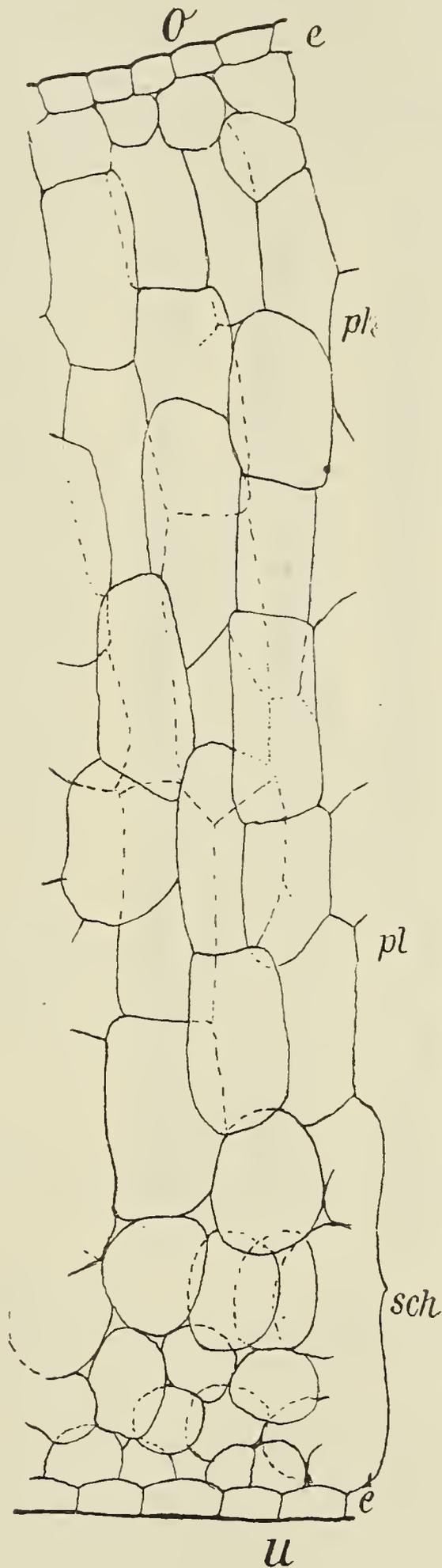


Fig. 14. Querschnitt durch ein Blatt.
o Oberseite, *u* Unterseite, *e* Epidermis,
pl Palisadengewebe,
sch Schwammparenchym. Vergr. $\frac{80}{1}$.

¹⁾ De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der *Phanerogamen* und *Farne*. Leipzig 1877. S. 134.

²⁾ Chauveaut, Gustave, Recherches embryogéniques sur l'appareil lacti-

dagegen sind im Knoten, wo der Holzkörper sich in vier Teile auflöst, quere, an den Unterbrechungsstellen verlaufende Verbindungsröhren sehr häufig. Im Blattstiel begleiten sie hauptsächlich die Gefäßbündel, finden sich aber auch vereinzelt im Grundparenchym (Fig. 13, *mr*). Oscar Mayus¹⁾ faßt die Resultate seiner Untersuchungen über den Verlauf der Milchgefäße bei den Blättern der *Asclepiadaceen* folgendermaßen zusammen: „Die Milchgefäße begleiten stets die Gefäßbündel bis in die kleinsten Endigungen, deren Bahnen entsprechend diesen oft Netzanastomosen bilden und in den größeren Blattnerven zahlreiche H-förmige Verbindungen untereinander bilden. In der Regel kommt ein Austritt aus den Gefäßbündelbahnen nicht vor. Ebenso sind keine blatt-eigenen Milchröhren vorhanden.“ Bei *Ceropegia Woodii* konnten die Milchröhren nur in der Parenchymscheide der Blattnerven gefunden werden (Fig. 20, *mr*). Beim Aufhellen mit 60% wässriger Jod-Chloralhydratlösung, welche Methode Mayus²⁾ anwendete, gelang es nicht, die dicken Blätter durchsichtig zu machen und den Verlauf der Milchröhren zu erkennen, außer der Aderung (Fig. 26). Auch sekundäre Bildungen, wie die Wurzeln an den Knoten und Knollen, sind von Milchröhren durchzogen, welche von dem primären Milchröhrensystem abstammen.

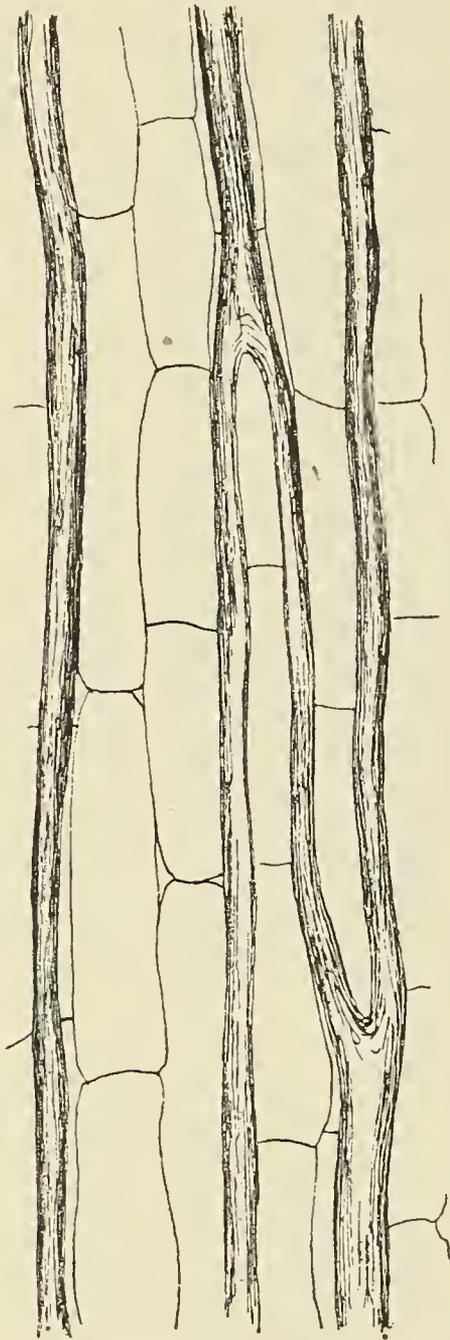


Fig. 15. Milchröhren im Mark und Queranastomosen.

Vergr. $\frac{135}{1}$.

3. Aus dem Procambium entstandene Gewebe.

Der an die primäre Rinde stoßende Ring, welcher sich aus dem Procambium differenziert, wird von den Bastgruppen gebildet (Fig. 7, *bb*). Die einzelnen Gruppen, welche parallel zur Epidermis gestreckt und durch eine oder zwei Parenchymzellen von einander getrennt sind, bestehen aus einer verschiedenen Anzahl von Zellen, bis zu 15. Dieselben sind nicht regelmäßig angeordnet, bilden meistens zwei, auch nur eine oder drei Lagen, schließen eng zu-

fère des *Euphorbiacées*, *Urticacées*, *Apocynées* et *Asclépiadées*. (Annales des sciences nat. Botanique. Sér. 7. Tom. 14. 1891. S. 1. Nach dem Referat von L. Klein, Botanisches Centralblatt. Bd. 48. 1891. S. 334.)

¹⁾ Mayus, Oscar, Beiträge über den Verlauf der Milchröhren in den Blättern. (Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Band 18. 1905. S. 271.)

²⁾ Mayus, O., l. c. S. 281.

sammen und auch an die angrenzenden Parenchymzellen (Fig. 16 A). Die einzelnen Bastzellen sind von langgestreckter, spindelförmiger Gestalt mit pfriemenförmig zugespitzten Enden; ihre Wandungen sind gleichmäßig stark verdickt. Das Lumen ist sehr klein, manchmal ganz verengt. Die Mittellamellen sind zart und heben sich deutlich von den sekundären Verdickungen, welche eine regelmäßige Schichtung erkennen lassen, ab (Fig. 16, *bz*). Manchmal findet man an den Bastzellen lokale Erweiterungen, welche Protoplasma eingekapselt haben¹⁾ (Fig. 16 B). Die von Treiber²⁾ für die

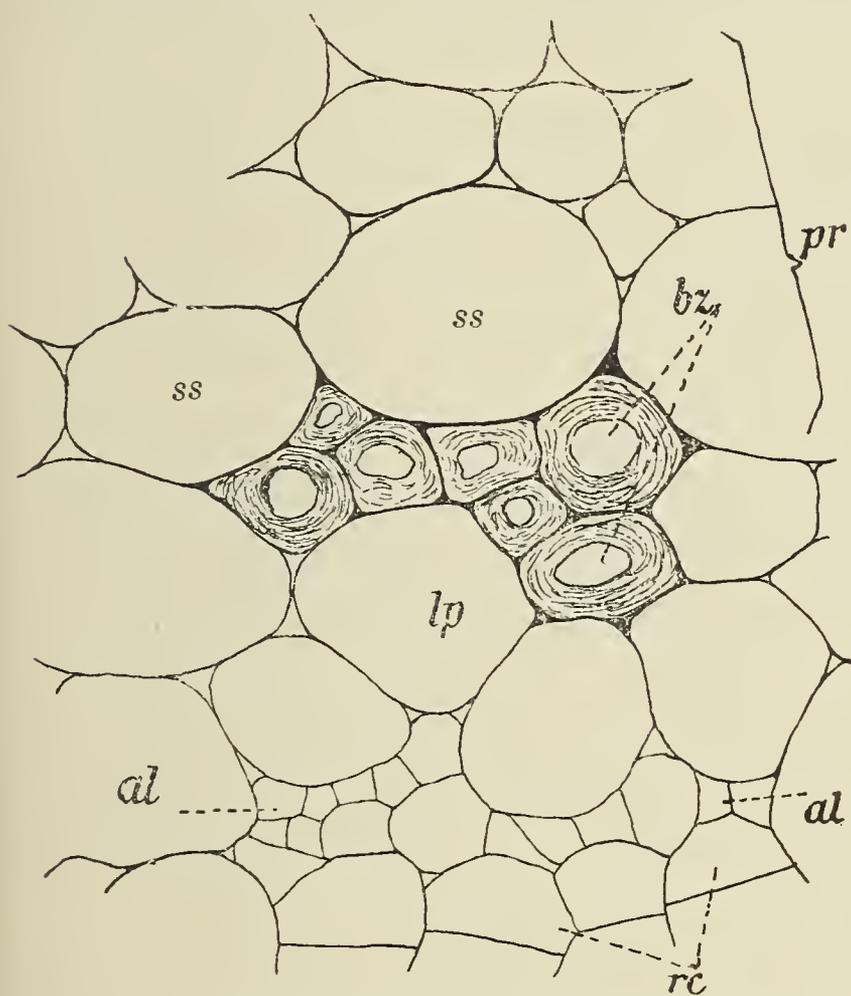


Fig. 16 A. Bastgruppe und die angrenzenden Gewebe.

bz Bastzellen, *pr* primäre Rinde, *lp* Leptoparenchym, *al* äusseres Leptom, *rc* Reihencambium.
Vergr. $400/1$.



Fig. 16 B. Lokale Anschwellungen von Bastzellen mit eingekapseltem Protoplasma.

Vergr. $135/1$

Bastzellen, welche nach seinen Angaben allen *Asclepiadaceen* eigen sind, erwähnte Reaktion (mit Jod in Jodkalilösung hell-ziegelrote Färbung), stimmt auch für *Ceropegia Woodii*, außerdem färben sie sich mit Chlorzinkjod etwas dunkler und werden nach längerem Einwirken dunkelrot. Mit Jod und nachträglicher Zugabe von konzentrierter Schwefelsäure tritt Hellblaufärbung ein. Es ist noch zu bemerken, daß die Bastzellen sich in den Stengelknoten nicht finden; sie fehlen dort, wo der Hohlzylinder des Gefäßbündels sich in vier Teile spaltet und zwei von ihnen in die Blattstiele übergehen.

¹⁾ Vergleiche Krabbe, G., Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur und des Wachstums vegetabilischer Zellhäute. (Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. XVIII. 1887. Heft III. S. 346.)

²⁾ Treiber, K., l. c. S. 245.

An die Bastgruppen grenzt nach innen eine Parenchym-scheide, welche, weil sie sich an das äußere Leptom anlegt, als Leptom-parenchym bezeichnet werden kann (Fig. 7, *lp*). Dasselbe besteht aus einem Ring von parenchymatischen Zellen in ein bis zwei Lagen. Die Zellen sind im Allgemeinen etwas kleiner als die der primären Rinde, auch abgerundet, aber meistens oval; sie lassen kleine Interzellularen, in welche auch die Milchröhren hineinwachsen, zwischen sich. Im Längsschnitt sind sie gestreckter als die übrigen Parenchymzellen. Sie führen reichlich Stärke und besitzen auch etwas Chlorophyll.

Das Leptom, welches als äußeres und inneres auftritt, besteht aus ziemlich engen an den Siebplatten etwas erweiterten

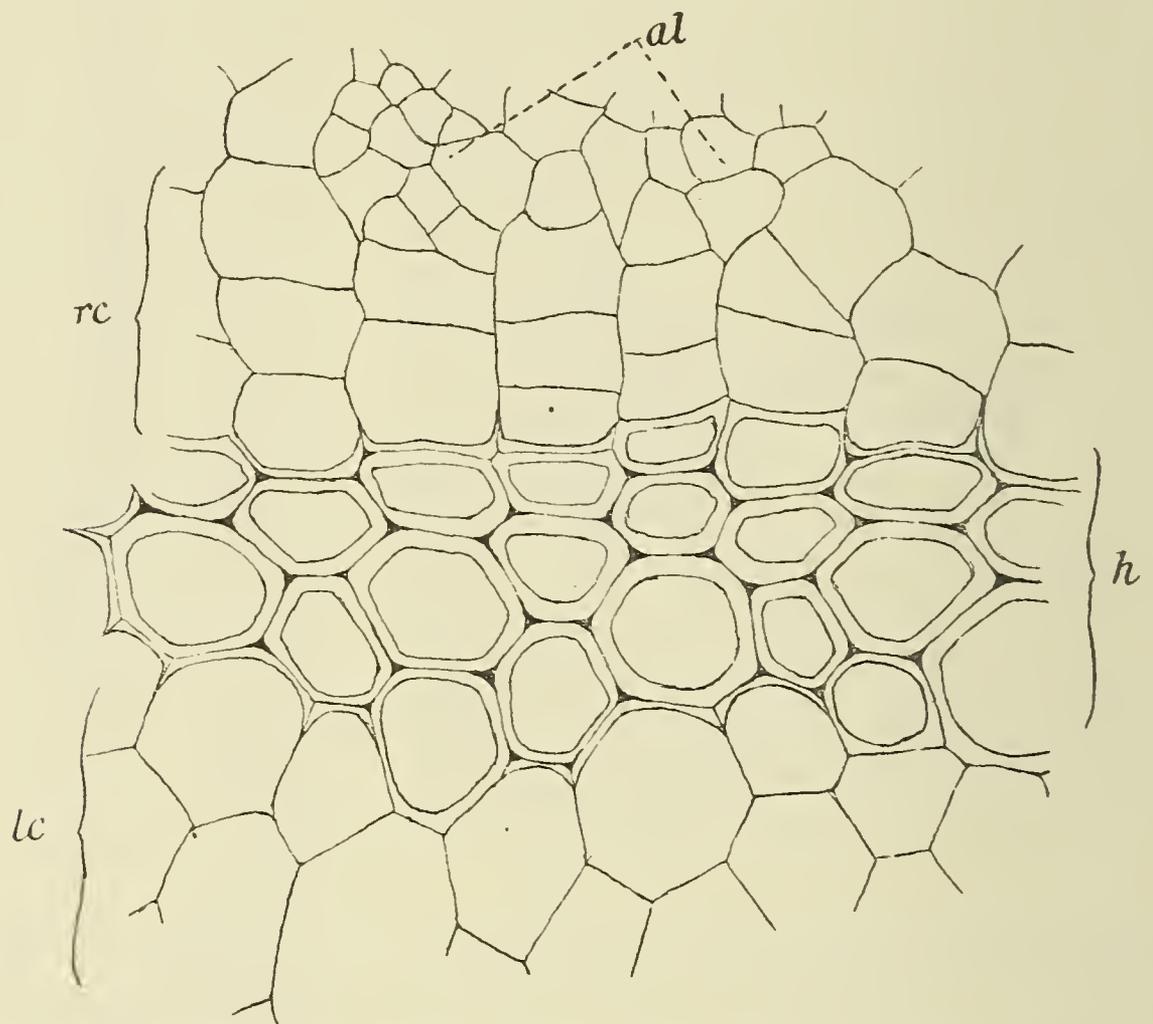


Fig. 17. Reihencambium, Hadrom und die angrenzenden Gewebe.
rc Reihencambium, *h* Hadrom, *al* äusseres Leptom, *lc* Leptomcambium. Vergr. $400\times$.

Siebröhren, englumigen und langgestreckten Geleitzellen und Cambiformzellen. Kristalle wurden nicht gefunden, wie auch Treiber¹⁾ dieselben nur als bei den *Periploceae* vorkommend angibt.

Das äußere Leptom ist zu Gruppen im Kreise angeordnet (Fig. 7, *al*); diese sind durch eine oder zwei Parenchymzellen voneinander getrennt. Es behält seinen ursprünglichen Zustand auch später bei und zeigt im Gegensatz zum inneren Leptom vom Cambium aus keine nennenswerte sekundäre Zunahme (Fig. 16 A, *al*). Es wird vom Hadrom durch den geschlossenen Ring des Reihencambiums (Fig. 9, *rc*) geschieden.

Das Reihencambium besteht meistens aus viereckigen, sehr

¹⁾ Treiber, l. c. S. 306.

dünnwandigen, dicht aneinanderstoßenden Zellen und setzt sich in jüngeren Internodien aus wenigen Lagen von Zellen zusammen, die aber lebhaft Teilung zeigen, und in älteren Internodien häufig viele Schichten aufweisen. Seine Zellen sind immer, wie der Name es schon andeutet, in Reihen angeordnet. Im Längsschnitt erscheint es schmal, langgestreckt, mit sehr wenig schiefgestellten Querwänden. Dasselbe erzeugt nach innen das sekundäre Hadrom und nach außen kaum merklich das sekundäre äußere Leptom.

Vor der Besprechung des Hadromringes möge das innere Leptom, welches von Mohl¹⁾ entdeckt und von Petersen²⁾ als charakteristisch für die *Asclepiadaceen* erkannt wurde, mit dem

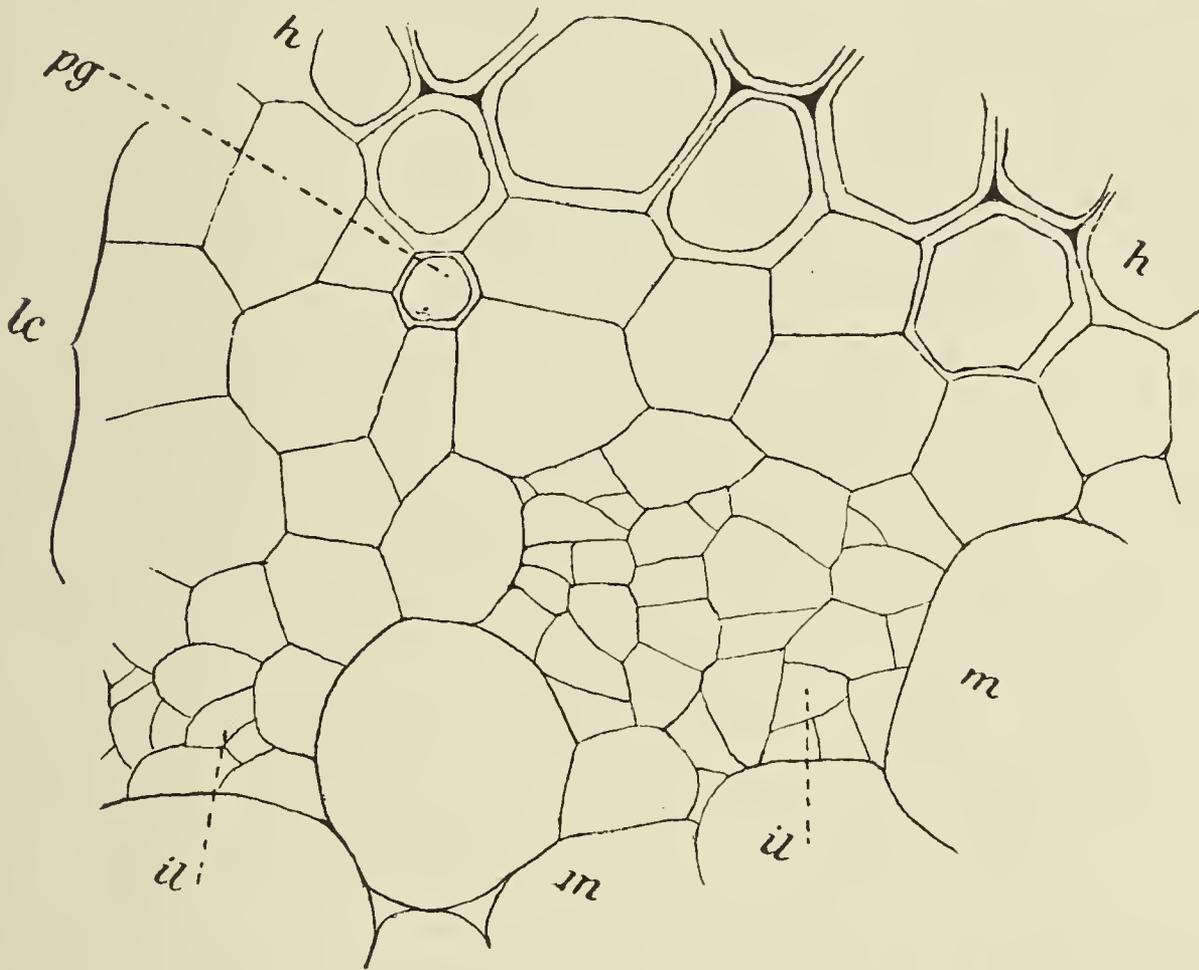


Fig. 18. Leptomcambium, inneres Leptom und die angrenzenden Gewebe.

lc Leptomcambium, *il* inneres Leptom, *m* Mark, *h* Hadrom, *pg* primäres Gefäß.
Vergr. $\frac{400}{1}$.

Leptomcambium folgen. Das innere Leptom bildet keinen Ring, sondern ist an vier Stellen vorhanden, entsprechend der elliptischen Gestalt des Markes, und zwar finden sich zwei größere Partien an den Enden der kurzen Achse der Ellipse (Fig. 7, *gil*) und zwei kleinere an den Enden der langen Achse (*kil*). Die beiden großen Teile entsprechen auch den zwei stärker entwickelten Abschnitten des Hadroms. Zwischen den vier Teilen des innern Leptoms und dem Hadromringe hat sich aus dem Procambium das Leptomcambium differenziert, welches Treiber so benannt hat, weil es

¹⁾ v. Mohl, Hugo, l. c. S. 890.

²⁾ Petersen, O. G., Über das Auftreten bicollateraler Gefäßbündel in verschiedenen Pflanzenfamilien und über den Wert derselben für die Systematik. (Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. Band 3. 1882. S. 384.)

nach außen hin keinerlei Gewebe produziert¹⁾. Die vier Leptomteile mit ihren Cambien sind von einander durch Markhörner getrennt, welche bis zum Hadrom reichen und eine Breite von meistens zwei oder drei Zellen besitzen, manchmal auch mehr (Fig. 7, *mh*). In jüngern Internodien sind die vier Leptomteile nicht zusammenhängend, sondern bilden Gruppen, welche durch Parenchymzellen getrennt sind (Fig. 18, *il*), die beiden großen Teile meistens fünf, sechs, auch mehr oder weniger, die beiden kleinen fast immer je zwei Gruppen. Früh beginnt jedoch das Leptomcambium mit seiner Tätigkeit und scheidet das sekundäre Leptom ab, namentlich an den zwei großen Gruppen, sodaß sich die Gruppen vereinigen und die an das Mark stoßenden Leptomzellen zerdrückt werden und kaum noch ein Lumen erkennen lassen. Nach der Vereinigung bilden die beiden großen Teile des Leptoms zwei Bogen, welche mit ihren Konvexseiten einander zugekehrt sind. Die beiden kleineren Teile dagegen bleiben länger unzerdrückt; die Tätigkeit des Cambiums ist auch hier eine geringere, die beiden Gruppen bleiben länger unvereinigt. Die Bestandteile des inneren Leptoms sind dieselben, wie die des äußeren, dagegen unterscheidet sich das Leptomcambium wesentlich von dem Reihencambium. Vor allem ist seine beschränkte Tätigkeit hervorzuheben; es dient lediglich dazu, das innere Leptom zu vermehren, und nimmt an keinen weiteren sekundären Bildungen Anteil. Die Gestalt der Zellen ist auch eine andere, als im Reihencambium; sie sind meistens sechseckig und größer (Fig. 18, *lc*); im Längsschnitt auch gestreckt, aber etwas breiter.

Die primären Gefäße des Hadroms werden an vier Stellen kreuzständig angelegt; dann treten auch einzelne dazwischen auf; ihre Membranen sind ringförmig auch spiralg verdickt. Später bildet sich vom Cambium ein gleichmäßiger sekundärer Hadromring; die primären Gefäße liegen nach innen in dem Leptomcambium (Fig. 18, *pg*); welches aus zwei bis drei Zelllagen besteht; dasselbe zeigt in jüngeren Internodien keine Unregelmäßigkeit in seinem Bau, sondern ist überall gleich stark. Erst später werden zwei Stellen in der Weiterausbildung bevorzugt; es sind immer die, welche den größeren Teilen des inneren Leptoms gegenüberliegen, also auch in der kleinen Achse der Markellipse sich befinden. Hier wird zunächst nach außen vom Ring je ein Gefäß angelegt (Fig. 7, *g*), worauf sich noch mehrere bilden, sodaß zwei starke Wülste am Ring entstehen, die sich hauptsächlich aus Tracheen aufbauen. Die übrigen Abschnitte des Ringes erfahren zu dieser Zeit schon keine weitere Vergrößerung mehr, sodaß die beiden stark entwickelten Teile durch dünne, gleichmäßige Bogen verbunden bleiben. Diese bestehen im Gegensatz zu den stark entwickelten Gefäßteilen aus Tracheiden, welche mit Hoftüpfeln besetzt sind (die Tracheen zeigen einfache Perforation)²⁾. Echtes

¹⁾ Treiber, K., l. c. S. 247.

²⁾ Vergleiche Solereder, H., Über den systematischen Wert der Holzstruktur bei den *Dicotyledonen*. (Inaugural-Dissertation.) München 1885. Seite 19 u. 175.

Libriform fehlt. Das Reihencambium schließt an das Hadrom überall dicht an. Der innere Bau ist also ein bilateraler.

Von je einem Internodium zum andern alternieren die langen Achsen der Markellipse mit den kleinen, sodaß in zwei aufeinander folgenden Internodien dieselben Achsen aufeinander senkrecht stehen; ebenso erfahren im Knoten die großen und kleinen Teile des inneren Leptoms, sowie die stark entwickelten Gefäßteile des Hadromringes eine Drehung um 90°. Diese Drehung erfolgt im Knoten auf folgende Weise: Im unteren Abschnitt des Knotens teilt sich das Gefäßbündel in vier Gruppen (wenn ein floraler Zweig entspringt in fünf, Fig. 19), in zwei größere, welche der kurzen Achse der Markellipse, dem großen Teile des inneren Lep-

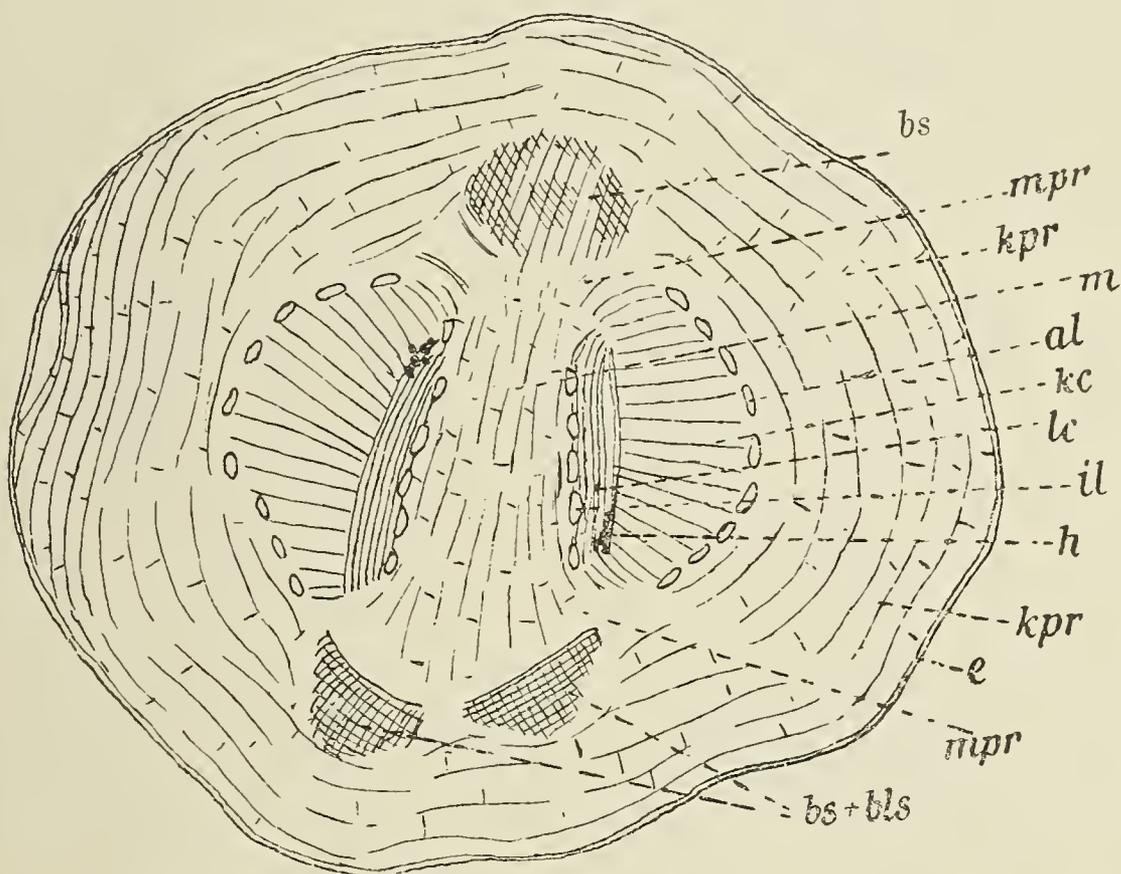


Fig. 19. Querschnitt durch ein kleines Knöllchen.

e Epidermis, *kpr* primäre Rinde des Knöllchens, *m* Mark, *mpr* Verbindungsstellen der primären Rinde und des Markes, *bs* Blattstielstränge, *bls* Blütenstielstrang, *al* äußeres Leptom, *kc* Knöllchencambium, *h* Hadrom, *lc* Leptomcambium, *il* inneres Leptom.
Vergr. 26₁ (schematisch).

toms und dem stark entwickelten Gefäßteile des Hadromringes entsprechen, und zwei kleine mit der langen Achse der Markellipse, den kleinen Teilen des inneren Leptoms und den gleichmäßig entwickelten Verbindungsbogen des Hadromringes korrespondierende. Die beiden kleineren Gruppen nehmen einen seitlichen Verlauf (Fig. 19, *bs* u. *bls*) und gehen in die gegenständigen Blätter über. Dadurch wird die Markellipse viel länger gestreckt, und die vier Markhörner verbinden sich mit der primären Rinde (Fig. 19, *mpr*); hier tritt eine reiche Verzweigung auf, auch eine Verbindung des Milchröhrensystems, wodurch sich die im Internodium isoliert verlaufenden Mark- und Rindenmilchröhren vereinigen. Wenn ein floraler Sproß aus dem Knoten entspringt, so nimmt sein Gefäßbündel auch aus einer der kleinen Gruppen den Ursprung; es entspringt nämlich aus einem Knoten nur immer ein floraler Sproß. Die

größeren Gruppen des Gefäßbündels, aus welchen die Adventivwurzeln und zum Teil die Knöllchenverdickung, wenigstens an der Zerklüftungsstelle des Knotens, sich bilden, erfahren sofort in dem Maße, als sich die kleinen Gruppen seitlich nach oben in die Blattstiele begeben, eine Vierteldrehung, also um 90° ; und noch im

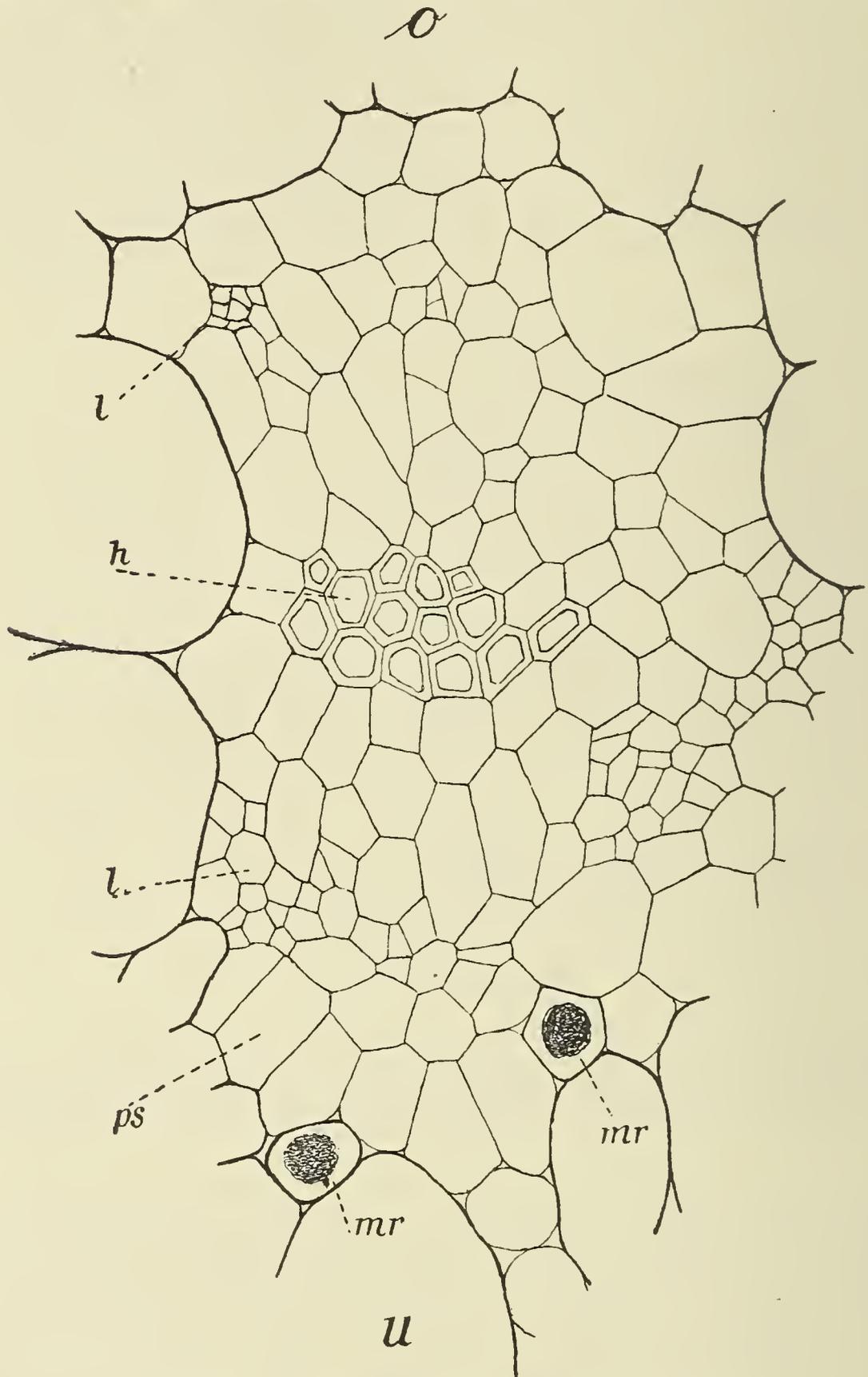


Fig. 20. Querschnitt eines Hauptnervs.

o Blattoberseite, *u* Blattunterseite, *mr* Milchröhren, *ps* Schutzscheide, *l* Leptom, *h* Hadrom. Vergr. $400/1$.

Knoten kommen sie über die Stelle zu liegen, wo die Blätter entspringen. Dabei bildet sich das Gefäßbündel wieder zum Hohlzylinder aus, der dem des unteren Knotens gleichwertig, nur in allen Teilen um 90° verschoben ist. Daß die kleine und große Achse des Markzylinders dadurch auch eine Drehung erfahren und

die entsprechenden Achsen auf einander senkrecht stehen müssen, ergibt sich aus dem vorher Gesagten.

Im Blattstiel sind drei Gefäßbündel vorhanden: ein zentraler Hauptstrang und zwei seitliche Nebenstränge, welche rechts und links von der Blattfurche liegen (Fig. 13). Die Gefäßbündel sind von einer einschichtigen Parenchym-scheide umschlossen, welche sich nur sehr wenig von dem Grundparenchym unterscheidet. Ihre Zellen schließen dichter zusammen und weisen etwas weniger Chlorophyll auf, dagegen mehr Stärke. Die Gefäßbündel sind nach dem bicollateralen Typus gebaut. Zu innerst liegt das Hadrom, dessen Teile unregelmäßig zerstreut sind; an die Parenchym-scheide grenzt das Leptom, in Gruppen angeordnet, die durch ein bis zwei Parenchymzellen getrennt sind; es bildet also einen unterbrochenen Ring. Auf der Seite, welche dem äußeren Leptom im Stengel entspricht, ist hier das Leptom stärker entwickelt als auf der gegenüberliegenden, die ins innere Leptom des Stengels übergeht. Zwischen dem Gefäß- und Siebteil liegt das Cambium. Die Beschaffenheit und das Aussehen der einzelnen Teile der Gefäßbündel sind ähnlich denen des Internodiums.

Der Hauptstielstrang tritt als Hauptnerv, die beiden Nebestielstränge als Seitennerven in das Blatt ein. Alle drei verzweigen sich reichlich in miteinander anastomosierende Nerven verschiedener Ordnung (Fig. 26). Das Blatt ist also netznervig. Was den Bau der Nerven anbetrifft, so kehren die Verhältnisse der Bicollarität wieder. Die Figur 20, welche den Hauptnerv darstellt, zeigt, daß die Schutzscheide keinen kontinuierlichen Ring darstellt, sondern auf zwei Stellen beschränkt ist, welche der Ober- und der Unterseite des Blattes zugekehrt sind. Zu innerst liegt das Hadrom, ein Bündel bildend; um dieses herum, ebenso wie beim Blattstiel, das Cambium; zwischen diesem und der Parenchym-scheide das Leptom, welches viel stärker auf der Ober- als auf der Unterseite entwickelt ist; also kehren dieselben Verhältnisse wieder wie im Blattstiel, nur noch in verstärktem Maße.

4. Knöllchenbildung.

Wie schon in dem Abschnitt über äußere Morphologie gesagt wurde, entwickeln sich normal die Knoten zu Knöllchen; aber auch andere Organe der Pflanze, so Internodien, Blattstiele und Blatt-spreiten, können durch entsprechende Behandlung, so durch Verdunkelung und Abtrennung zur Knöllchenbildung veranlaßt werden. Die Figur 19 stellt schematisch einen Querschnitt durch ein kleines Knotenknöllchen dar, aus demselben ist zu ersehen, daß das Cambium und die primäre Rinde es vornehmlich sind, welche in Teilung gehen und die Verdickung verursachen; das Mark, Hadrom und die Leptome nehmen keinen merklichen Anteil, was auch aus der Darstellung der folgenden Figuren hervorgehen wird. Daß das Mark, Hadrom und die Leptome an der Knöllchenbildung nicht beteiligt sind, zeigen deutlich die Figuren 21 und 22 (Querschnitte

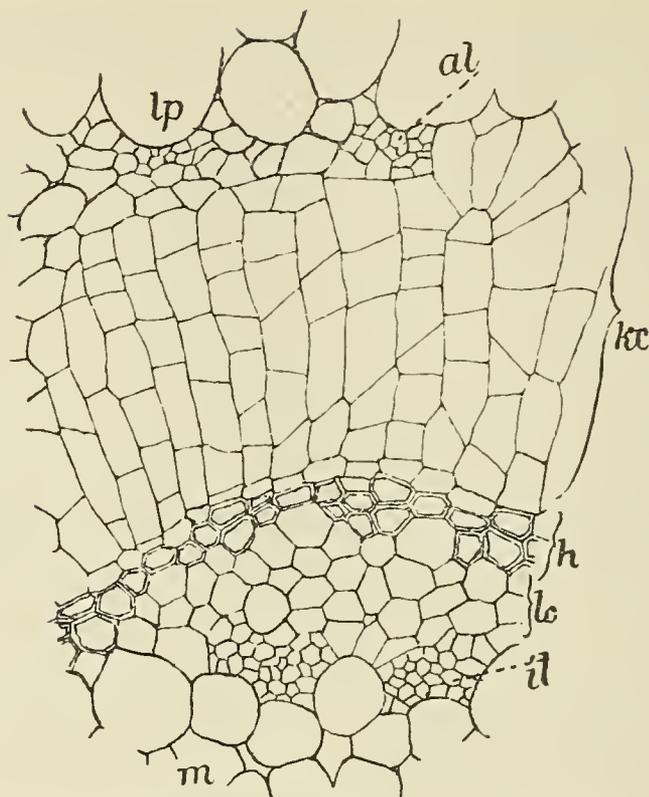


Fig. 21. Querschnitt durch einen Teil eines verdickten Internodiums.
lp Leptoparenchym, *al* äußeres Leptom, *kc* Knöllchencambium, *h* Hadrom, *lc* Leptom
 cambium, *il* inneres Leptom, *m* Mark.
 Vergr. $\frac{60}{1}$.

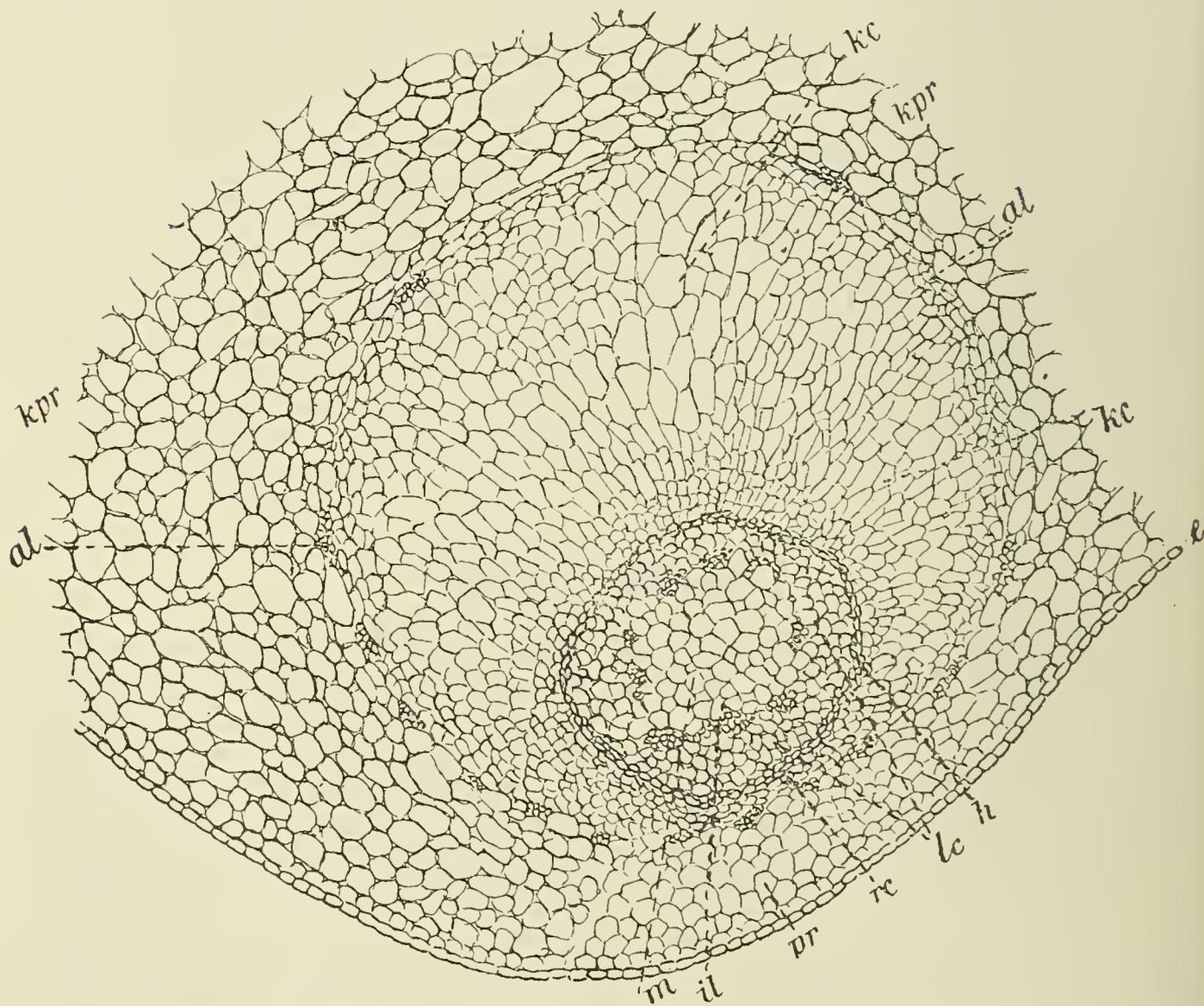


Fig. 22. Querschnitt durch ein verdicktes Internodium.
e Epidermis, *pr* primäre Rinde, *kpr* primäre Rinde des Knöllchens, *al* äußeres Leptom,
rc Reihencambium, *kc* Knöllchencambium, *il* inneres Leptom, *m* Mark.
 Vergr. $\frac{45}{1}$.

durch verdickte Internodien). Der Hadromring (Fig. 22, *h*) ist nicht gesprengt, also konnten das Mark wie die anderen von ihm eingeschlossenen Zellgruppen nicht in Teilung gegangen sein. Das Cambium erfährt eine lebhafte Teilung durch Tangentialwände, so daß eine radiale Strahlung entsteht (Fig. 21, *kc*). Das äußere Leptom (Fig. 21 und 22, *al*) wird durch das Knöllchencambium, in dem Maße wie dieses sich geteilt hat, von dem Hadrom getrennt. Die einzelnen äußeren Leptomgruppen (Fig. 22, *al*) entfernen sich voneinander, entsprechend der weiteren Vermehrung des Knöllchencambiums, immer mehr; die Zahl der Gruppen nimmt

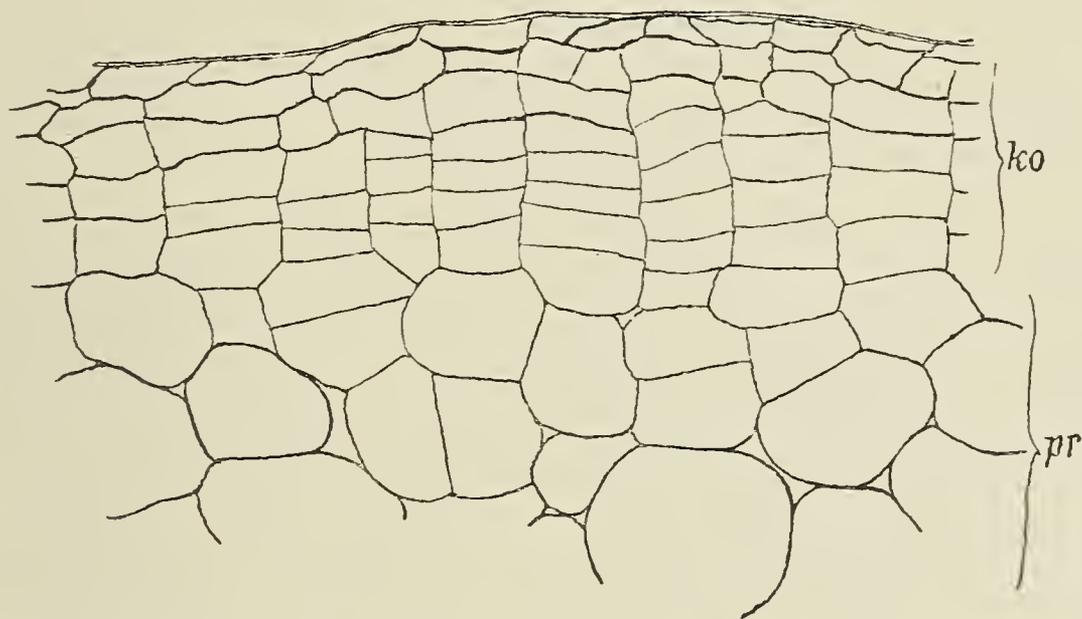


Fig. 23. Querschnitt durch ein Knöllchen mit Korkbildung.
ko Korkzellen, *pr* primäre Rinde. Vergr. $100/1$.

nicht zu, wie auch die Anzahl der Leptomzellen. Die primäre Rinde nimmt außer dem Cambium einen regen Anteil bei der Knöllchenbildung; ihre Zellen teilen sich lebhaft, nehmen auch an Größe zu (Fig. 22, *kpr*).

Durch die in die Dicke wachsenden Sproßteile wird die Epidermis gedehnt und bald gesprengt. Es bildet sich an Stelle dieser ein Phellogen aus, welches durch tangentielle Wände nach außen tafelförmig gestaltete, zusammenschließende, in radialen Reihen angeordnete Zellen abgibt; welches die Korkzellen sind (Fig. 23, *ko*); dieselben bewirken die dunkelgraue Färbung der Knöllchen.

C. Kulturversuche.

I. Versuchszweck und Versuchsanstellung.

Wie schon im ersten Teil bemerkt, bildet *Ceropegia Woodii* Schlechter an den Knoten Stengelknöllchen und Beiwurzeln, welche letztere bei frei in der Luft herabhängenden Pflanzen ein beschränktes Wachstum haben und durchschnittlich nur 1 mm lang werden. Ferner wurde erwähnt, daß die Pflanze bei ungestörtem

Gedeihen nur mit einem Vegetationspunkt weiter wächst, also nur langgestreckte, unverzweigte, bis mehrere Meter lange Sprosse darstellt.

Außer der Feststellung der anatomischen Verhältnisse war mir die Aufgabe gestellt worden, die Bedingungen der Knöllchenbildung, des Austreibens der Beiwurzeln, der Achselknospen und schließlich die Bedeutung der Knöllchen für die Vermehrung festzustellen.

Was die Versuchsanstellung für diese kurz angegebenen Hauptfragen, welchen sich im Laufe der Ausführung noch weitere hinzugesellten, so die Frage nach der Erzeugung von Knöllchen und anderen Bildungen durch andere Sproßteile als Knoten (Internodien, Blattstiele, -spreiten etc.) anbetrifft, so wurde dieselbe in später zu beschreibender Weise variiert.

Bei Beginn der experimentellen Untersuchungen mußte in erster Linie für ein genügendes Material von Sprossen gesorgt werden, was jedoch nicht schwierig war, da die Beschaffenheit der Pflanze es ohne große Mühe erlaubt, durch Zerschneiden in soviel Stücke, als Knoten vorhanden sind, und Aussetzen derselben in feucht gehaltene Kulturerde, in nicht langer Zeit lange und kräftige Sprosse zu bekommen. Gerade diese jungen Sprosse bieten das geeignetste Material für Versuche, da bei ihnen die Knöllchenbildung noch wenig oder garnicht begonnen hat.

Die Ausführung der Kulturen war, von Details vorläufig abgesehen, folgende: Bei schon längere Zeit in Töpfen vegetierenden Pflanzen wurden bei den einen alle Knoten und Vegetationsspitzen der herunterhängenden Sprosse eingegipst, bei andern nur die Sproßspitzen, und drittens wurden normal weiter wachsende als Vergleichsobjekte zugezogen. Darauf wurden Sprosse mit ihren Grundknollen und reichlichem Wurzelwerk in Kulturkisten, welche mit derselben Erde ausgefüllt waren, wie die Töpfe, so eingepflanzt, daß die Sprosse auf der Erde lagen. Bei je zwei Sprossen wurden hier eingegipst: 1. alle Knoten und Vegetationsspitzen, 2. nur die Vegetationsspitzen und 3. nichts. Diese Versuche wurden sowohl im Licht, als in der Dunkelkammer ausgeführt, die frühere Serie von Topfversuchen hingegen nur bei Lichtzutritt. Nun folgten Versuche mit abgeschnittenen Sprossen, die also keine Grundknollen besaßen, in Wasser und Nährsalzlösungen (Fig. 1, Taf. IX). Es wurden auch hier immer Kulturen bei Lichtzutritt und in der Dunkelkammer, sowie auch bei nur teilweiser Verdunkelung angestellt. Als Lösungen wurden Zucker-, Glycerin-, anorganische Nährsalzlösungen und Leitungswasser verwendet. Gleichzeitig mit diesen Versuchen wurden auch abgeschnittene Sprosse, in Glashäfen auf Wasser und den oben genannten Lösungen schwimmend, bei Tageslicht und Lichtabschluß der Beobachtung unterworfen. Es möge jedoch gleich hier bemerkt werden, daß diese letztgenannten Kulturen zu keinem stichhaltigen Resultat führten, da die Sprosse oder einzelne Sproßteile zu schnell zugrunde gingen. Diese Versuche verfolgten in erster Linie den Zweck, festzustellen,

welche Lösung die Knöllchen- und Beiwurzelbildung begünstige und ob dabei Belichtung respektive Verdunkelung von Einfluß sei.

Um weitere Einsicht in das Verhalten der *Ceropegia* zu bekommen, wurden auch kleinere Sproßteile auf ihre Regenerationsfähigkeit geprüft. Dies geschah vor allen Dingen auf Sand, welcher mit genügend Nährstoffen durchtränkt war, und zwar bei Lichtabschluß und Lichtzutritt. Zugleich wurden einzelne Sproßteile auch auf Wasser und Lösungen gelegt. Schon hier möge das Regenerieren der Blätter, welche manche Eigentümlichkeiten in der Knöllchen- wie Wurzelbildung zeigten, hervorgehoben sein.

II. Versuche mit ganzen Pflanzen in Erde.

1. Sprosse frei herabhängend.

Es ist außerordentlich häufig, daß Organanlagen bei Pflanzen sich beim ungestörten Verlauf der Entwicklung nicht entfalten. Sie verbleiben vielmehr als schlummernde Knospen und werden nur unter bestimmten Bedingungen zur Weiterentwicklung angeregt. Dieses Verhalten trifft bei der behandelten Pflanze in hohem Maße zu. Sie besitzt in jeder Blattachsel schlummernde Seitensproßknospen, welche bei frei herabhängenden Sprossen sich nicht entwickeln. Die zuerst angestellten Versuche verfolgten unter anderm auch die Aufgabe, festzustellen, inwieweit und wann sich diese Knospen zu Seitensprossen entwickeln; doch kann diese Frage hier nicht erschöpfend behandelt, sondern nur in bestimmter Richtung erörtert werden; es wird in späteren Kapiteln noch einiges zu berücksichtigen sein.

Ältere Pflanzen — damit soll gesagt werden, daß es nicht Sprosse waren, welche während der Versuchszeit gewachsen waren, wie jene, welche in den späteren Versuchen ausschließlich zur Verwendung kamen, sondern solche, die schon seit geraumer Zeit in den Töpfen kultiviert worden waren und an ihrem dichten Wurzelwerk leicht als solche erkannt werden konnten — wurden in ihren Töpfen gelassen und die frei herabhängenden Sprosse bei Lichtzutritt auf das Entfalten der Achselknospen geprüft. Die Sprosse hatten Grundknollen von durchschnittlich 1,5 bis 2 cm Durchmesser; gewöhnlich gehörten einer Knolle ein oder zwei Sprosse an. Zum Versuche wurden drei Töpfe mit lauter unverzweigten Sprossen verwendet. In Topf No. 1, welcher sieben Sprosse hatte, wurden alle Vegetationsspitzen vergipst. Beim Topf No. 2 mit sechs Sprossen wurden alle Vegetationsspitzen und Knoten vergipst; und beim dritten Topf das Wachstum ungestört gelassen. Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, daß den Versuchspflanzen genügend Nährstoffe und Wasser gegeben wurde, wie auch die warme und feuchte Gewächshausluft für sie eine günstige Stätte zum Vegetieren repräsentierte. Ihr Verhalten wurde vom 17. Mai bis zum 5. August verfolgt. Das Resultat mit Topf No. 1 war folgendes:

Tabelle No. 1.

Knoten No.	Spross No. 1.	Spross No. 2.	Spross No. 3.	Spross No. 4.	Spross No. 5.	Spross No. 6.	Spross No. 7.
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	2	0
3	0	0	0	0	1		0
4	2	2	1	0	2		0
5	2		2	1	0		2
6				2	0		
7				2			

In der ersten Kolonne sind die Knoten angegeben, von der Basis bis zur Spitze gerechnet, die Vegetationsspitze nicht mitgezählt, und in den wagerechten Reihen die Anzahl der zur Entwicklung gelangten Achselknospen an den entsprechenden Knoten. Die vergipsten Vegetationsspitzen haben anfangs häufig den Gips zersprengt, wurden aber immer von neuem eingegipst, sodaß keine weiter gewachsen ist, obgleich die meisten am Ende des Versuchs noch lebenskräftig waren und nach Entfernung des Gipses ihr Wachstum fortsetzten, doch nicht mit voriger Schnelligkeit und Regelmäßigkeit; sie verkümmerten mehr und mehr.

Die Korrelation zwischen Wachstum der Achselknospen und der Sproßspitzen kam bei Hemmung der Weiterentwicklung der letztern schon nach zwölf Tagen dadurch zum Ausdruck, daß die Achselknospen austrieben. Durch Vergipsen der zuerst ausgetriebenen wurde ein Entwickeln von weiteren Achselknospen bewirkt. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, sind aus dem der Vegetationsspitze am nächsten gelegenen Knoten immer die zwei Achselknospen des Blattpaares zur Entfaltung gekommen; sie waren es auch, welche zuerst austrieben. Erst durch Hemmung ihres weiteren Wachstums hat die korrelative Wirkung die weiteren Anlagen zur Entfaltung gebracht. Aus diesem Verhalten der Achselknospen ist deutlich zu erkennen, daß bei dem Auswachsen der Knospen die Korrelation mit der Vegetationsspitze, wie der Knospen untereinander eine maßgebende Rolle spielt, und daß die Reaktion zuerst bei den der Vegetationsspitze nächstliegenden Achselknospen einsetzt und erst später auf die folgenden übergreift, also der Strom der zur Sproßbildung verwendbaren Stoffe allmählich gezwungen wird, den tiefer gelegenen Knospen zuzuströmen. Man könnte noch die nicht zur Entfaltung gelangten Achselknospen zum Austreiben zwingen; doch wurde der Versuch unterbrochen, weil die schon ausgetriebenen Seitensprosse sehr häufig den Gips zersprengten und in einer einzigen Nacht ein Blattpaar entwickelten, und sodann die Achselknospen der Seitensprosse austrieben.

Topf No. 2, an dessen Sprossen alle Knoten und Vegetationsspitzen vergipst wurden, zeigte hingegen ein ganz anderes Ver-

halten. Er hatte sechs Sprosse von ähnlicher Beschaffenheit wie die im Topfe No. 1. Da hier aber durch das Vergipsen nicht nur das Weiterwachstum der Vegetationsspitze, sondern auch das Entfalten der Achselsprosse verhindert wurde, so mußten entweder Adventiosprosse aus anderen Organen der Sprosse sich entwickeln, oder, was auch vermutet wurde, neue Sprosse aus der Grundknolle austreiben. Nur an drei Knoten aller Sprosse — was jedoch ohne Bedeutung ist — haben sich Achselknospen entwickelt, weil der Gips durch die sich zu Knöllchen entwickelten Knoten sehr häufig gesprengt wurde. Wo jedoch die Versuche keine Störung erlitten, verwirklichte sich die zweite der oben genannten Vermutungen, d. h. aus der Grundknolle begannen neue Sprosse auszutreiben, und zwar dauerte es bei der Wachstumshemmung aller sproßerzeugenden Teile längere Zeit, volle 18 Tage, bis die Sproßbildung an der Grundknolle begann. Nach und nach trieb die Grundknolle eines jeden der sechs Sprosse einen neuen Sproß aus; aus einer Grundknolle gingen sogar deren zwei hervor. Sie wurden ebenfalls alle vergipst, zeigten aber eine größere Kraft und machten sich häufig von ihrem Verbands los, sodaß einige Blätter sich entfalten konnten, obschon der Gipsverband täglich erneuert wurde. Es kam auch vor, daß die Vegetationsspitzen sich in der Gipshaube umbogen und rückwärts herauszwängten. Infolge des Außerfunktionsetzens der ursprünglichen Sprosse fingen diese an zu welken und verloren zuletzt alle Blätter; nur die neu gebildeten, kräftigen Sprosse blieben am Leben und trieben sogar Seitensprosse, obgleich ihre Knoten vergipst worden waren. Aus anderen Organen der Pflanze sind während der ganzen Versuchsdauer niemals neue Sprosse hervorgegangen, immer nur aus den Achselknospen, worauf später nochmals eingegangen werden wird. Die Grundknollen, aus welchen sich die neuen Sprosse entwickelten, sind ja auch nichts anderes als umgebildete Knoten.

Beim dritten Topf, wo die Sprosse unbehindert weiter wachsen konnten, ist keine einzige Achselknospe zur Entfaltung gekommen; die Sprosse erreichten eine ziemliche Länge und stellten je einen einzigen Fadensproß dar. Auch aus der Grundknolle trieben keine neuen Sprosse.

Was die Knöllchen- und Beiwurzelbildung bei diesen oben besprochenen Versuchen anbetrifft, so kann hier nur eine allgemeine Betrachtung folgen, zahlenmäßige Angaben werden bei späteren Versuchen geboten. Zwischen Topf No. 1 und No. 2 war in der Entwicklung der Knöllchen und Beiwurzeln anfangs kein Unterschied zu konstatieren. Erst eine länger andauernde Verhinderung der Achselknospenentfaltung, also auch des Verbrauchs der Baustoffe, hatte zur Folge, daß, im Gegensatz zu Topf No. 3, die sich anhäufenden Nährstoffe der Sprosse von Topf No. 1 Neubildungen hervorriefen. Es wurden nämlich hier eine größere Anzahl von Knoten zu Knöllchen verdickt und, Hand in Hand damit, auch mehr Beiwurzeln erzeugt.

Bei den Sprossen des Topfes No. 2, wo alle Knoten vergipst waren, ließ sich schon viel früher ein stärkerer Zuwachs der

Knoten erkennen als bei den anderen Töpfen. Dies hat wohl seinen Grund darin, daß von vornherein ein Austreiben der Achselknospen verhindert wurde und die aufgenommenen und verarbeiteten Stoffe der Knöllchen- und Beiwurzelbildung zu Gute kamen. Die Expansionskraft der an Umfang zunehmenden Knöllchen war auch eine viel größere als die der Achselknospen; daher waren sie auch imstande, die Gipskruste zu zersprengen und sich zu vergrößern. Infolge des fortwährenden erneuten Eingipsens nehmen aber die Sprosse an Lebenskraft ab und fangen an zu welken; die Blätter fallen ab, und die weitere Entwicklung der Knöllchen hört auf. An anderen Teilen der Pflanze (Blätter, Sproßinternodien) ist weder Verdickung noch Beiwurzelbildung erfolgt.

2. Sprosse auf Erde liegend.

In unseren Gewächshäusern wird *Ceropegia Woodii* Schlechter als frei in der Luft hängende Pflanze gezüchtet; in Wirklichkeit ist sie aber, wie gleich am Anfang gesagt wurde, eine an Felsen herabkriechende Pflanze. Man kann sie auch nicht als orthotrop ansehen, obgleich sie senkrecht nach unten wächst; denn dies erfolgt nur, wenn sie keine Unterlage findet und ist alsdann durch ihre Zartheit und den langen, fadenförmigen Bau bedingt. Sie ist vielmehr plagiotrop, gedeiht auch kräftiger und üppiger, wenn man sie kriechend auf Erde wachsen läßt. Um ihr Verhalten auch in dieser Form des Vegetierens kennen zu lernen und wenigstens ein Urteil darüber zu bekommen, wie sie in Wirklichkeit in der freien Natur gedeiht, wurden Sprosse mit bewurzelten Grundknollen in Kulturkästen, welche mit humus- und nährstoffreicher Erde gefüllt waren, so eingepflanzt, daß die Sprosse horizontal auf die Erde zu liegen kamen. Diese Versuche hatten auch den Zweck, noch andere wichtige Fragen zu prüfen, weswegen sie mehrfach variiert wurden. Es wurden wieder Parallelversuche im Tageslicht und bei völligem Lichtabschluß ausgeführt. Die Versuchsdauer umfaßte die Zeit vom 26. Mai bis zum 10. August 1905. Bei zwei ersten Sprossen mit je einer Grundknolle wurde sowohl bei der Licht-, als auch bei der Dunkelkultur nichts vergipst; bei je zwei anderen wurden nur alle Vegetationsspitzen, und bei einem dritten Paar die Vegetationsspitzen und alle Knoten in Gips verpackt. Dazu wurden möglichst gleiche Exemplare ausgesucht, alle stammten vom laufenden Jahre, weswegen die Knöllchen- und Beiwurzelbildung bei ihnen noch wenig oder gar nicht begonnen hatte. Die Sprosse waren durchschnittlich 25 cm lang und zählten acht bis zwölf Knoten. Zuerst mögen die Versuche in Licht und dann die im Dunkeln folgen, nebst einem Vergleich der beiden Kulturreihen.

a. Versuche am Licht.

A. Das Wachstum der beiden unvergipsten Sprosse war anfangs identisch mit dem der aus Töpfen frei herunterhängenden; die Sprosse wuchsen nur mit einer Vegetationsspitze weiter, wie auch die Entwicklung der Knoten zu Knöllchen und die Bei-

wurzelbildung mit den Topfpflanzen übereinstimmte. Die Beiwurzeln blieben jedoch nicht auf einem bestimmten Stadium stehen, wie bei den hängenden Sprossen, sondern entwickelten sich weiter und bildeten kräftige, auch verzweigte Wurzeln in der Erde.

Wie schon früher bemerkt, beginnt die Knöllchenentwicklung mit der Anlage von zwei Beiwurzeln, welche in den Zwischenräumen zwischen den Ansatzstellen der Blätter entspringen. Diesem Verhalten entsprechend wuchsen aus einem Knoten fast immer zwei Wurzeln in den Boden, auch später nicht mehr. Die Ausbildung der Knoten zu Knöllchen war an angewurzelten Knoten eine weit- aus bevorzugte, sodaß sich hier mit der Zeit starke Knöllchen entwickelten.

Ebenfalls verschieden von den frei herabhängenden Pflanzen war das Verhalten inbezug auf das Austreiben der Achselknospen. Es entwickelte sich nämlich oft eine ganze Anzahl und sie wurden zu starken Seitensprossen, welche an Wachstum den Hauptsproß übertrafen. Um ein klares Bild über das Gesagte zu bekommen, mögen einige Versuchsergebnisse tabellarisch zusammengestellt folgen:

Tabelle No. 2.

Datum	Sproß No. 1.					Sproß No. 2.				
	Knoten- zahl des Haupt- sprosses	Entwickelte Beiwurzeln		Ausgetriebene Achselknospen		Knoten- zahl des Haupt- sprosses	Entwickelte Beiwurzeln		Ausgetriebene Achselknospen	
		Am Knoten No.	Ihre Zahl	Am Knoten No.	Knoten- zahl der Seiten- sprosse		Am Knoten No.	Ihre Zahl	Am Knoten No.	Knoten- zahl der Seiten- sprosse
26. V.	12	0	0	0	0	11	0	0	0	0
10. VI.	14	7 9	1 1	7	1	13	6 8	1 1	6	2
28. VI.	15	7 8 9	2 2 2	6 7 8 9 10	4 3 4 1 2	17	6 7 8	2 2 1	4 5 6 10	4 2 7 1
10. VIII.	17	7 8 9 10	3 2 2 2	6 7 8 9 10 11	10 9 11 1 8 1	19	6 7 8 10	2 2 1 1	4 5 6 10	11 5 12 3

In gleicher Höhe mit der Knotennummer des Hauptsprosses ist die Anzahl der in die Erde gewachsenen Beiwurzeln und die Zahl der Knoten der Seitensprosse angegeben. Es möge gleich hervorgehoben werden, daß die Achselknospen erst dann austreiben, wenn schon Beiwurzeln entwickelt waren. Ihr Entfalten ist auch nicht anders zu erklären als dadurch, daß sie durch die am selben Knoten entsprungenen Beiwurzeln eine stärkere und schnellere Zufuhr von Nährstoffen erhielten. Die Blätter des Hauptsprosses, wie auch später die der Seitensprosse, erreichten viel größere

Dimensionen als die der hängend kultivierten Individuen, weswegen sie auch mehr Assimilate produzieren, und diese zum kräftigen Aufbau und zum Austreiben der Knospen verwendet werden konnten. Das Verbleiben der Seitensprosse im Knospenzustand, wie dies bei den herunterhängenden Exemplaren vorkommt, steht also auch in Beziehung zum Verhalten anderer Teile des Organismus. Daß die Beiwurzeln bei frei herabhängenden Sprossen in ihrer Entwicklung stehen bleiben, ist auf die Hemmung durch ungünstige äußere Bedingungen zurückzuführen, weswegen die Anlagen, wie z. B. die des Efeus¹⁾, wenn er ohne Unterlage kultiviert wird, imgrunde genommen nicht als latente aufgefaßt werden können. In den genannten Versuchen sind nur diejenigen Anlagen zur vollen Ausbildung gelangt, welche mit der Erde in Berührung kamen; es sind namentlich genügende Feuchtigkeit, sowie der Bodenreiz selbst, welche das Weiterwachstum bedingen; die Verdunkelung nimmt keinen Anteil dabei, wie weiter unten besprochene Versuche zeigen. Aus Tabelle No. 2 geht hervor, daß es nicht die ältesten Knoten waren, welche Wurzeln getrieben hatten, sondern die mittleren, und zwar deswegen, weil die ältesten mit der Erde nicht in Berührung kamen, die Sprosse beschrieben einen kleinen Bogen, bis sie auf die Unterlage zu liegen kamen. Daß es auch nicht die jüngsten waren, erklärt sich durch deren Mangel an schon entwickelten Anlagen. Namentlich diejenigen Knoten, welchen die Bodenwurzeln entsprangen, nahmen reichlich an Umfang zu und wuchsen zu kräftigen Knöllchen heran, produzierten aber keine Beiwurzeln mehr, wie die Knollen, denen die günstigen Bedingungen zur normalen Entfaltung der Wurzelanlagen fehlten.

Die Verzweigung des Hauptsprosses ging, wie es auch die Tabelle zeigt, von den Achselknospen derjenigen Knoten oder der Knöllchen, deren Beiwurzeln Boden gefaßt haben, oder wenigstens der benachbarten Knoten aus. Die Seitensprosse wuchsen auch kräftig weiter, da ihnen durch die unmittelbare Stoffzufuhr reichlich Material zum Aufbau zur Verfügung gestellt wurde und überholten sogar beträchtlich den Hauptproß. Knöllchen- und Wurzelbildung, sowie weitere Verzweigung trat bei ihnen ebenfalls ein.

Aus diesem Versuch ist vor allen Dingen zu ersehen, daß die Entwicklungshemmung der Beiwurzeln an frei herabhängenden Sprossen durch ungünstige Verhältnisse bedingt wird, und jene Hemmung als auslösender Reiz die Erzeugung weiterer Beiwurzelanlagen bewirkt. Das Nichtaustreiben der Achselknospen ist wieder auf die unzureichende Zufuhr von Baustoffen zurückzuführen.

B. Im Gegensatz zu dem eben beschriebenen Versuche sind bei den zwei Sprossen, deren Vegetationsspitzen vergipst waren, die Achselknospen an den der Vegetationsspitze nächstliegenden Knoten zuerst zum Austreiben gebracht worden. Schon nach zwölf Tagen, also nach derselben Zeitdauer wie bei dem Topfversuche No. 1, haben sich Achselknospen entfaltet; sie wurden sofort vergipst. Die Entwicklung der Beiwurzeln war dieselbe wie an un-

¹⁾ Vergleiche Goebel, K., Organographie der Pflanzen. 1898. S. 476.

vergipsten Sprossen, nur daß hier aus mehr Knoten Wurzeln in die Erde wuchsen, wie auch mehr Knöllchenbildung eintrat. Für die weitere Ausbildung der Achselknospen kamen in diesem Versuche zwei Momente inbetracht: das Vergipsen und die Beiwurzeln, welche in die Erde gewachsen waren. Daher entsprangen die Seitensprosse nicht nur aus den höheren Knoten, durch das Vergipsen der Vegetationsspitzen verursacht, sondern auch aus jenen, deren Beiwurzeln in die Erde gewachsen waren; doch war die durch das Vergipsen hervorgerufene Reaktion eine kräftigere, da die Versuchsobjekte, inbetrreff des Austreibens der Achselknospen, mehr dem Topfversuch No. 1 als dem vorherbeschriebenen Versuche A glichen.

C. Bei den zwei Sprossen, an welchen alle Vegetationsspitzen und Knoten vergipst waren, war das Verhalten vollkommen gleichwertig dem Topfversuch No. 2. Es kamen aus den Grundknollen neue Sprosse zur Ausbildung. Die Knöllchen- und Beiwurzelbildung war anfangs eine intensivere als bei Versuch A und B. Durch das häufige Zersprengen des Gipsverbandes, der zwar immer wieder erneuert wurde, gelang es indessen einigen Beiwurzeln, in die Erde zu wachsen. Die Hauptsprosse fingen daher nicht zu welken an und verloren auch ihre Blätter nicht, wie bei Topfversuch No. 2; vielmehr entwickelten sich ihre Knoten infolge der vermehrten Nährstoffzufuhr zu mächtigen Knöllchen. Dieser Versuch zeigt deutlich, daß, wenn alle Vegetationspunkte in ihrer Entwicklung gehemmt werden, die Knöllchenbildung begünstigt wird.

b. Versuche im Dunkeln.

Als Dunkelkammer diente ein im Gewächshaus vermauerter, dicht abgeschlossener Raum, wo sich die Dampfheizungsrohren befanden. Die Temperatur war hier nicht so günstig, wie im Gewächshaus selbst, auch viel mehr schwankend, was wohl nicht ohne Einfluß auf die Resultate geblieben ist. Die Dunkelkammer im Laboratorium hatte zu niedrige Temperatur, weswegen sie nicht zu den Versuchen benutzt werden konnte.

D. Zwei vollkommen unvergipste Sprosse zeigten im Dunkeln folgendes Verhalten:

Tabelle No. 3.

Datum	Sproß No. 1.					Sproß No. 2.				
	Knotenzahl des Hauptsprosses	Entwickelte Beiwurzeln		Ausgetriebene Achselknospen		Knotenzahl des Hauptsprosses	Entwickelte Beiwurzeln		Ausgetriebene Achselknospen	
		Am Knoten No.	Ihre Zahl	Am Knoten No.	Knotenzahl der Seitensprosse		Am Knoten No.	Ihre Zahl	Am Knoten No.	Knotenzahl der Seitensprosse
26. V.	7	0	0	0	0	9	0	0	0	0
10. VI.	8	4 5	2 1	—	—	10	3 6	1 2	3 6	0 1

Das weitere Verhalten der Sprosse konnte nicht verfolgt werden; sie starben wegen der ungünstigen Temperatur und des Lichtabschlusses langsam ab.

Es kamen hier nur diejenigen Beiwurzelanlagen zur Entwicklung, deren Knoten mit der Erde in Berührung kam, bei den anderen blieben die Wurzeln nach ihrem Hervorbrechen aus dem Knoten auf derselben Entwicklungsstufe wie bei den am Licht kultivierten Sprossen stehen, das Verdunkeln übte keinen begünstigenden Einfluß aus. Die Achselknospen trieben auch erst dann aus, als schon Beiwurzeln in die Erde gewachsen waren; das Verhalten in dieser Beziehung war also gleich den Sprossen A. Das Weiterwachsen der Haupt- und Seitensprosse war dagegen ein langsames als bei A.

Bei den ausgetriebenen Seitensprossen haben sich die Internodien und Blattstiele viel mehr verlängert als bei Lichtkulturen, die Blattspreiten sind dagegen klein und unentwickelt geblieben. Die Farbe der etiolierten Sprosse war eine weiße bis hell-gelbe, die Formation des Chlorophylls unterblieb, wie auch kein Anthocyan nachgewiesen werden konnte; dasselbe Verhalten zeigten auch die weiter gewachsenen Hauptsprosse. Die Überverlängerung ist als ein Versuch der Pflanze aufzufassen, der Dunkelheit zu entfliehen, wie dies Godlewski dargetan hat¹⁾. Wie bei vielen anderen kriechenden Sprossen, so z. B. bei *Vinca major*, *Polygonum aviculare*²⁾, ändert sich auch bei *Ceropegia Woodii* der transversale Geotropismus derart, daß im Dunkeln eine mehr oder minder vertikale Lage zustande kommt. Die etiolierten Sprosse nehmen eine senkrecht aufsteigende Richtung an, nicht nur die horizontal liegenden, sondern auch die herabhängenden, indem sowohl der weiter wachsende Hauptsproß, als auch die Seitensprosse durch scharfe knieförmige Umbiegung vertikal weiter wachsen (Tafel X, Fig. 1). Wenn man solche etiolierte Sprosse an Licht bringt, so kehren sie langsam in die normale Lage zurück.

Die Knöllchenbildung begann bei allen Dunkelkulturen eher und reichlicher. Daß die Dunkelheit in hohem Grade begünstigend wirkt, zeigten sehr schön die Sprosse, welche nur teilweise verdunkelt waren; diese Versuche werden später besprochen werden. Hier sei auch auf die Versuche von Vöchting „Über die Bildung der Knollen“ verwiesen³⁾, wo Vöchting namentlich an der Kartoffel nachgewiesen hat, daß Verdunkelung im hohen Maße auf die Knöllchenbildung von Einfluß ist.

E. Bei den zwei Sprossen, an welchen die Vegetationsspitzen vergipst waren, sind nicht wie bei den entsprechenden Lichtversuchen (B) die Achselknospen vor den Beiwurzeln zur Entwicklung gekommen. Schon acht Tage nach Beginn des Versuchs trieben einige Beiwurzeln der älteren Knoten in die Erde; Achselknospen

1) Godlewski, Biologisches Centralblatt. Band 9. 1889. S. 481.

2) Vergleiche Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. Band 2. 1904. S. 677.

3) Vöchting, Über die Bildung der Knollen. (Bibliotheca botanica. Heft 4. 1887. S. 39.)

wuchsen erst nach 27 Tagen aus, und zwar an den jüngsten Knoten, wie bei B; nicht wie bei A an den Knoten, wo Beiwurzeln entwickelt waren oder den nächstliegenden. Die begünstigende Wirkung des Vergipsens auf das Austreiben der Achselknospen war also vom größeren Einflusse als die durch die Beiwurzeln, welche in die Erde gewachsen waren (Nährstoff- und Wasseraufnahme).

Die Knöllchenbildung war reichlicher als bei Versuch D, sie übertraf auch, wenigstens anfangs, die bei B. Das Absterben der Sprosse begann, wie auch bei den zuletzt beschriebenen Sprossen, an den Spitzen und griff immer weiter zurück. Die Blätter fielen ziemlich früh ab, weil sie ja durch den Lichtabschluß außer Funktion gesetzt waren; zuletzt blieb nur die Grundknolle übrig, welche auch in Zersetzung überging.

F. Die durch Verdunkelung an Sprossen mit vergipsten Vegetationsspitzen und Knoten hervorgerufenen Störungen waren so groß, daß sie zu keinen Neubildungen mehr befähigt waren; auch aus der Grundknolle trieben keine neuen Sprosse. Die vorhandenen blieben noch eine kurze Zeit am Leben, gingen dann aber schnell zugrunde.

Aus den in diesem Abschnitt II besprochenen Versuchen folgt, daß die Entwicklungshemmung von Beiwurzel-Anlagen und von Achselknospen bei frei herabhängenden Pflanzen auf ungünstige Bedingungen zurückzuführen ist, und daß die Entwicklung dieser Organe in gegenseitiger Beziehung steht. Für das Weiterwachsen der Beiwurzeln ist namentlich genügende Feuchtigkeit notwendig; das Verdunkeln hat keinen fördernden Einfluß. Die Knöllchenbildung wird durch Lichtabschluß begünstigt; auf das Weiterwachsen der Sprosse wirkt Lichtabschluß hemmend. Durch Vergipsen der Vegetationsspitzen wird die Entfaltung der Achselknospen, namentlich an den nächstfolgenden Knoten, veranlaßt; die Knöllchenbildung ist alsdann eine reichlichere. Vollkommenes Vergipsen wirkt auf die Knöllchenbildung begünstigend und veranlaßt die Grundknollen zum Austreiben neuer Sprosse.

III. Versuche mit abgeschnittenen Sprossen in Lösungen.

Nachdem nun eine allgemeine Übersicht über das Verhalten der *Ceropegia Woodii* gewonnen worden ist, soll dazu übergegangen werden, die Wirkungen einiger Lösungen auf Knöllchen- und Beiwurzelbildung, sowie auf das Austreiben der Achselknospen zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden Sprosse ohne Grundknollen verwendet, damit die sonst in diesen angesammelten Reservestoffe nicht zur Geltung kämen und die Wirkung beeinträchtigten. Von Topfpflanzen wurden frisch gewachsene, möglichst junge Sprosse

von durchschnittlich 30 cm Länge abgeschnitten und in Fläschchen, welche mit den zu prüfenden Flüssigkeiten angefüllt waren, durch einen durchbohrten Kork, mit dem basalen Ende eingeführt (Taf. IX, Fig. 1), wobei die Sprosse an der Berührungsstelle mit dem Kork mit Watte umwickelt wurden. Sie waren immer unverzweigt (Taf. X). Es wurden wiederum Parallelversuche im Licht und im Dunkeln und auch bei teilweiser Verdunkelung angestellt.

Wie aus den früheren Versuchen hervorgeht, veranlaßt das Vergipsen der Sproßspitzen nicht nur das Austreiben der Achselknospen, sondern begünstigt auch die Knöllchen- und Beiwurzelbildung, weswegen auch bei allen hier verwendeten Sprossen die Sproßspitzen außer Funktion gesetzt wurden, um dadurch einen besseren Einblick in die Beeinflussung durch die Lösungsmittel zu gewinnen. Es wurden jedoch hier die Sproßspitzen nicht vergipst, da sie zu häufig den Gips zersprengten und weiterwuchsen, sondern sie wurden abgeschnitten, wie auch jede ausgetriebene Achselknospe gleich nach ihrer Entfaltung ebenfalls entfernt wurde. Die Reaktion, welche durch die mechanische Hemmung des Wachstums einer Knospe verursacht wird, ist ja eine ähnliche wie beim Wegschneiden der Knospe¹⁾; doch kommt bei letzteren außerdem der Wundreiz mit seinen Folgen hinzu, was jedoch bei diesen Versuchen nicht inbetracht kommt.

Als Nährflüssigkeiten wurden verwendet: reines Leitungswasser, welches je nach zwei Tagen durch frisches ersetzt wurde; $\frac{1}{2}$ ‰ und $1\frac{1}{2}$ ‰ Rohrzuckerlösung und 1 ‰ Glycerinlösung, alle mit sterilisiertem Wasser. Diese Lösungen mußten täglich gewechselt werden, da sonst die Sprosse an ihrem basalen Teil, mit welchem sie in die Lösung tauchten, zugrunde gegangen wären, weil sich sehr rasch Pilzkulturen bildeten. Als weitere Lösung kam die Knop'sche Nährlösung zur Verwendung, enthaltend in einem Liter destilliertem Wasser: 16 gr Ca-nitrat, 4 gr Mg-sulfat, 4 gr K-nitrat, 1 gr K-phosphat; sie wurde je nach zwei Tagen frisch zugegeben.

Wie schon am Anfang dieses Abschnittes bemerkt, wurden für diese Versuche nur junge Sprosse von den Topfpflanzen abgeschnitten. Bei diesen Sprossen war noch keine Achselknospe zur Entfaltung gekommen, wie auch die Knöllchenbildung noch nicht begonnen hatte; Beiwurzeln waren nur an den älteren Knoten als kleine Hervorwölbungen bemerkbar. Die Sprosse repräsentierten also ein gutes Material für die Beobachtung der weiteren Ausbildung der Organe.

Es wurden gleichzeitig immer fünf Kulturen angestellt, entsprechend den fünf Lösungen (inklusive Leitungswasser), und häufig wiederholt. Am besten gediehen die Sprosse in Leitungswasser, gingen dagegen häufig in der Nährlösung und 1 ‰ Glycerinlösung zugrunde, in den Zuckerlösungen seltener. Zuerst mögen die Lichtkulturversuche angeführt werden, und zwar nur diejenigen, bei

¹⁾ Vergleiche Pfeffer, W., l. c. Band 2. S. 202. Goebel, K., Allgemeine Regenerationsprobleme. (Flora. Band 95. 1905. S. 394.)

welchen während der ganzen Versuchsdauer alle fünf Sprosse lebenskräftig blieben; bei den übrigen Versuchsreihen ist das Resultat ein ähnliches.

1. Versuche am Licht.

a. Mit beblätterten Sprossen.

In den folgenden drei Tabellen No. 4, 5 und 6 sind die Resultate dreier Versuchsreihen aus verschiedenen Zeiten des Jahres zahlenmäßig dargestellt.

Tabelle No. 4.

Datum	Art der Kultur	Knotenanzahl der Sprosse von der Spitze bis zur Basis	Ausgetriebene Achselknospen	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der verdickten Knoten in comm. (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemerkungen
30. Juni 1905. (Nach 18 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	3	2				
		2	.	.	.				
		3	.	.	.				
		4	.	.	.				
		5	.	.	.		6,7	3,1	4,6
		6	.	.	.				
		7	2	.	.				
		8	2	.	.				
		9	2	.	.				
		Zuckerwasser (1/2%)	1+	.	2	.			
		2	.	1	.				
		3	.	2	.				
		4	.	.	.				
		5	.	2	2	0	11	8,3	
		6	.	2	.				
		7	.	1	2				
		8	.	.	.				
		9	.	1	.				
		10	.	.	.				
	Zuckerwasser (1 1/2%)	1	.	.	.				
		2	.	.	.				
		3	.	.	.	4	0	0	
		4	1	.	.				
		5	1	.	.				
	Nähr-lösung*)	1	.	.	.				
		2	.	.	.				
		3	1	.	.	6	0	0	
		4	1	.	.				
		5	1	.	.				
	Glycerinwasser (1%)	1+	.	.	.				
		2	.	3	.				
		3	.	2	3-3,5				
		4	.	.	.	0	10	25	
		5	.	1	.				
		6	.	1	.				
		7	.	.	.				
16. August 1905. (Nach 96 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	7	5				
		2	2	.	.				
		3	.	.	3-3,5				
		4	1	.	.				
		5	2	1	4,5-6	16,7	23,3	348,2	
		6	.	5	4,5-5				
		7	4	2	2,5-3				
		8	4	4	5,5-6				
		9	2	2	.				
		Zuckerwasser (1/2%)	1+	.	3	.			
		2	.	2	.				
		3	.	.	.				
		4	.	2	.				
		5	.	6	3-3,5	0	29	44	
		6	.	4	.				
		7	.	7	3,5-4				
		8	.	1	.				
		9	.	4	.				
		10	.	.	.				
	Zuckerwasser (1 1/2%)	1	.	.	2,5				
		2	.	2	.	6	4	16,2	
		3	1	.	.				
		4	1	.	.				
		5	1	.	.				
	Nähr-lösung	1	.	.	.				
		2	.	1	.				
		3	2	1	2-2,5	12	8	19,8	
		4	2	2	2				
		5	2	.	.				
	Glycerinwasser (1%)	1+	.	.	.				
		2	.	3	.				
		3	.	4	3,5				
		4	.	1	.	1,4	17,1	46,1	
		5	.	2	3-2,5				
		6	.	1	.				
		7	.	1	.				
24. September 1905. (Nach 145 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	9	9				
		2	2	.	.				
		3	.	1	3,5-4				
		4	1	.	.				
		5	1	2	5-7	18,9	33,3	880,9	
		6	3	7	5-6				
		7	4	2	3				
		8	4	7	6-7				
		9	2	2	3,5-4,5				
		Zuckerwasser (1/2%)	1+	.	3	.			
		2	.	2	.				
		3	.	3	.				
		4	.	2	.				
		5	.	6	3-3,5	0	32	52,2	
		6	.	4	2,5				
		7	.	7	3,5-4				
		8	.	1	.				
		9	.	4	.				
		10	.	.	.				
	Zuckerwasser (1 1/2%)	1	.	.	2,5				
		2	.	2	.	6	4	16,2	
		3	1	.	.				
		4	1	.	.				
		5	1	.	.				
	Nähr-lösung	1	.	1	.				
		2	.	2	2-2,5	12	12	31,5	
		3	2	3	2-2,5				
		4	2	.	.				
		5	2	.	.				
	Glycerinwasser (1%)	1+	.	.	.				
		2	.	3	.				
		3	.	4	3,5				
		4	.	1	.	2,9	20	85,3	
		5	.	2	.				
		6	.	2	.				
		7	2	2	2				

*) Die Knopsche Nährlösung ist in den Tabellen immer nur mit „Nähr-lösung“ bezeichnet.

Tabelle No. 5.

Datum	Art der Kultur	Knoten- zahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Ausgetriebene Achselknoten	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknoten. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der verdickten Knoten in cbmm (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemer- kungen	
5. September 1905. (Nach 11 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	1	.					
		2+	.	.	.	.
		3	.	.	.	.
		4	.	.	.	.
		5	2,2	1,1	0	
		6	1	.	.	.				
		7	1	.	.	.				
		8				
		9				
	Zuckerwasser (1/2 0/0)	1+	.	2	.					
		2	.	.	.	4-4,5				
		3	.	1	.	.				
		4				
		5	.	.	2	.				
		6	.	2	.	3,5-4	0,8	10	73,6	
		7	.	1	.	.				
		8	.	2	.	3,5				
		9	.	1	.	.				
		10	.	1	.	.				
		11				
		12	1	.	.	.				
	Zuckerwasser (1 1/2 0/0)	1+	.	1	.					
		2+	.	2	.					
		3	1,4	7,1	5,9	
4		.	.	.	.	
5		.	.	.	2					
6		.	2	.	.					
7		1	.	.	.					
Nähr- lösung	1+	.	.	.	.	
	2	.	.	.	.	
	3	.	2	.	2					
	4	.	.	.	.	2,5	2,5	5,2	
	5	.	.	.	.	
	6	.	.	.	.	
	7	1	.	.	.					
	8	1	.	.	.					
Glycerin- wasser (1 0/0)	1+	.	1	.	.					
	2+	.	1	.	.					
	3	.	1	.	.					
	4	.	2	.	3-3,5	1,2	10	39,2		
	5	.	1	.	.					
	6	.	2	.	3					
	7	.	.	.	.	
	8	1	.	.	.					
11. November 1905. (Nach 67 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	5	2					
		2+	.	1	2					
		3	2	.	3					
		4	1	2	4-4,5					
		5	3	2	4-6	13,3	20	266		
		6	1	4	5-7					
		7	2	4	.					
		8	1	.	.					
		9	2	.	.					
	Zuckerwasser (1/2 0/0)	1+	.	7	6-7					
		2	.	.	4,5-5,5					
		3	.	1	.					
		4	.	2	.					
		5	.	6	4-5					
		6	.	10	6	1,6	40	381,6		
		7	.	5	3,5-4					
		8	.	8	5					
		9	.	2	.					
		10	.	2	.					
		11	1	2	.					
		12	1	3	.					
	Zuckerwasser (1 1/2 0/0)	1+	.	1	.					
		2+	.	2	.					
		3	.	1	3					
4		1	2	4-4,5	10	17,1	200,9			
5		1	2	3,5-4,5						
6		3	2	4,5-5						
7		2	2	.						
Nähr- lösung	1+	.	.	.	.	
	2	.	.	.	.	
	3	.	2	.	2					
	4	.	1	.	.	6,2	5	20,5	Basis des Sprosses in Nährlösung abgestorben.	
	5	.	1	.	2					
	6	1	.	.	2,5					
	7	2	.	.	.					
	8	2	.	.	.					
Glycerin- wasser (1 0/0)	1+	.	1	.	.					
	2+	.	2	.	.					
	3	.	2	2,5						
	4	.	3	3,5	1,2	21,2	98,2			
	5	.	3	3-3,5						
	6	.	4	3,5-4						
	7	.	2	.						
	8	1	.	.	.					
								Basis des Sprosses in Glycerin abgestorben.		

Tabelle No. 6.

Datum	Art der Kultur	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Ausgetriebene Achselknospen	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamthalt der verdickten Knoten in cbmm. (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemerkungen
26. Dezember 1905. (Nach 55 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	4	3,5—4	1,8	27,3	254,4	
		2	.	.	.				
		3	.	5	3,5—4				
		4	.	4	2				
		5	1	7	7—8				
		6	.	.	.				
		7	.	1	.				
		8	.	3	2				
		9	.	3	.				
		10	.	2	.				
		11	1	1	.				
26. Dezember 1905. (Nach 55 Tagen.)	Zuckerwasser (1/2 0/0)	1+	.	5	3,5—4	0	21	95,5	
		2	.	2	.				
		3	.	6	5				
		4	.	.	.				
		5	.	.	.				
		6	.	.	.				
		7	.	4	2				
		8	.	3	.				
		9	.	1	.				
		10	.	.	.				
26. Dezember 1905. (Nach 55 Tagen.)	Zuckerwasser (1 1/2 0/0)	1+	.	.	.	2	17	118,8	
		2+	.	.	.				
		3	.	5	4—4,5				
		4	.	.	.				
		5	.	6	5				
		6	.	4	3				
		7	.	2	.				
		8	.	.	.				
		9	1	.	.				
		10	1	.	.				
26. Dezember 1905. (Nach 55 Tagen.)	Nährlösung	1+	.	.	.	1,6	20	58,9	
		2	.	1	.				
		3	.	5	3—3,5				
		4	.	2	.				
		5	.	.	.				
		6	1	4	3—3,5				
26. Dezember 1905. (Nach 55 Tagen.)	Glycerinwasser (1 0/0)	1+	.	.	.	0	12,9	79,1	
		2	.	2	2				
		3	.	1	.				
		4	.	2	2,5—3				
		5	.	3	4—4,5				
		6	.	1	.				
		7	.	.	.				
7. Februar 1906. (Nach 98 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	5	5—5,5	1,8	47,3	843,5	Die diesen Angaben entsprechenden Sprosse sind in Tafel X, Fig. 2 bis 5 photographiert, ausgenommen desjenigen der Glycerinkultur, welcher schon teilweise abgestorben war.
		2	.	.	.				
		3	.	5	4—5				
		4	.	5	3,5—4				
		5	1	18	10—12				
		6	.	3	3				
		7	.	1	.				
		8	.	4	3				
		9	.	5	4—5				
		10	.	4	3				
		11	1	2	.				
7. Februar 1906. (Nach 98 Tagen.)	Zuckerwasser (1/2 0/0)	1+	.	6	5	0	39	638,9	
		2	.	3	.				
		3	.	14	10				
		4	.	2	.				
		5	.	2	.				
		6	.	3	2				
		7	.	5	4—4,5				
		8	.	3	.				
		9	.	1	.				
		10	.	.	2,5—5				
7. Februar 1906. (Nach 98 Tagen.)	Zuckerwasser (1 1/2 0/0)	1+	.	.	.	2	32	423,8	
		2+	.	5	5				
		3	.	8	6—6,5				
		4	.	1	.				
		5	.	7	6—6,5				
		6	.	4	3				
		7	.	3	.				
		8	.	2	.				
		9	1	2	.				
		10	1	.	.				
7. Februar 1906. (Nach 98 Tagen.)	Nährlösung	1+	.	.	.	1,7	30	216,6	Sproß etwas verschrumpt.
		2	.	1	.				
		3	.	6	5				
		4	.	2	.				
		5	.	3	.				
		6	1	6	5				
7. Februar 1906. (Nach 98 Tagen.)	Glycerinwasser (1 0/0)	1+	.	.	.	0	15,7	93,5	Teilweise abgestorben.
		2	.	2	2,5				
		3	.	2	.				
		4	.	2	2,5—3				
		5	.	3	4,5				
		6	.	2	.				
		7	.	.	.				

Die Knoten sind von der Basis bis zur Spitze gezählt und diejenigen, welche sich in der Lösung befanden, mit einem Kreuz bezeichnet. Auf gleicher Linie mit der Knotennummer ist die Anzahl der ausgetriebenen Achselknospen, welche gleich nach ihrer Entfaltung entfernt wurden, angegeben; ferner die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln und des Durchmessers der verdickten Knoten in mm. In den zwei folgenden Rubriken ist die Gesamtzahl der Achselknospen und Beiwurzeln, auf zehn Knoten berechnet angeführt, um dadurch einen besseren Überblick über die Wirkungen der Lösungen, inklusive Leitungswasser, zu gewinnen. Aus den Durchmessern der verdickten Knoten ist zuerst der Durchmesser des „Gesamt-Knöllchens“ (Summa aller verdickten Knoten) berechnet worden, nach der Formel $d_1^3 + d_2^3 = D^3$. (Der Durchmesser im Kubus einer aus mehreren verschmolzenen Kugel ist gleich der Summe aller Durchmesser im Kubus). Aus diesem Durchmesser des „Gesamtknöllchens“ ist sein Inhalt in cbmm nach der Formel: $V = \frac{\pi}{6} d^3 = 0,5236 \cdot d^3$ (das Volumen einer Kugel ist gleich ihrem Durchmesser im Kubus mal 0,5236) berechnet worden, ebenfalls auf zehn Knoten. Die Berechnungen wurden immer nur mit einer Dezimalstelle auf eine Dezimalstelle ausgeführt, statt mit 0,5236 wurde mit 0,52 multipliziert. Der Durchmesser der einzelnen verdickten Knoten wurde möglichst genau gemessen; es wurden auch zwei Durchmesser genommen, weil die Knöllchen nicht nach allen Richtungen gleichmäßig ausgebildet waren. Die angegebenen Zahlen beanspruchen daher keine mathematische Genauigkeit, worauf es ja auch nicht ankam, es sollte einfach die Differenz der Gesamtknöllchenbildung zwischen den einzelnen Lösungen und die Gesamtzunahme festgestellt werden. Nach der angegebenen Versuchsdauer ist nicht nur die Beschaffenheit der Sprosse an dem betreffenden Tage angegeben, sondern auch das zugezählt, was früher entstanden ist, namentlich was die ausgetriebenen Achselknospen anbetrifft.

Aus den drei Tabellen ist erstens zu ersehen, daß das Verhalten der Sprosse während verschiedener Jahreszeiten nicht gleich ist. Im Frühjahr und Sommer findet das Austreiben der Achselknospen häufiger statt als im Herbst und Winter; dagegen ist in den letzteren Jahreszeiten die Knöllchen- und Wurzelbildung eine reichlichere. Dieses Verhalten gibt sich auch bei den Topfpflanzen kund, indem die Sprosse derselben im Sommer ein viel schnelleres Wachstum aufweisen und mehr Knoten erzeugen als im Winter; dagegen die Knöllchen- und Wurzelbildung im Winter in den Vordergrund tritt. Am Anfang der Versuchszeit kommen mehr Achselknospen zur Entfaltung als später; es ist eine immer längere Zeit notwendig zum Austreiben der Achselknospen, je mehr die Reaktion auf die basalen Knoten übergreift. Manchmal kommen aus einem Blattwinkel zwei Achselknospen zur Entwicklung. Es wurde schon bei Besprechung der äußeren Morphologie darauf hingewiesen, daß sich manchmal sogar schon Beiknospen vorfinden.

Wie aus Tabelle No. 1 hervorging, treiben immer zuerst die der Sproßspitze nächstliegenden Achselknospen aus, was sich auch

bei diesen Versuchen bestätigte. Die Achselknospen treiben aus, bevor die Knöllchen- und Beiwurzelbildung beginnt; später ist dagegen die Entwicklung der letzteren eine intensivere und steigt immer mehr an, natürlich nur bis zu einem gewissen Grade, was schon dadurch bedingt wurde, daß die Versuchssprosse an Lebenskraft abnahmen und immer mehr Blätter verloren. Die Erzeugung einer größeren Zahl von Beiwurzeln geht im allgemeinen parallel der Verdickung der Knoten. Es sei hier bemerkt, daß in den Tabellen nur diejenigen Beiwurzeln angeführt worden sind, welche gezählt werden konnten, also die schon hervorgebrochenen und in ihrer Entwicklung stehen gebliebenen; ihre Länge betrug bis $1\frac{1}{2}$ mm, überschritt diese Grenze nur selten. In der Beiwurzelbildung und Knotenverdickung ist eine Bevorzugung der basalen Knoten zu bemerken; doch ist dies nicht Regel; es sind häufig die in der Mitte, auch am Ende befindlichen Knoten, welche sich am meisten verdickt haben. Nur in Leitungswasser und in Zuckerwasser haben sich auch die Knoten, welche in der Flüssigkeit waren, zu Knöllchen ausgebildet; bei den übrigen Lösungen konnte eine Verdickung nicht ermittelt werden; dasselbe gilt für die Beiwurzeln, sie nahmen nur bei diesen Flüssigkeiten an Zahl zu und entwickelten sich weiter. Namentlich im Leitungswasser wuchsen sie zu langen Wurzeln aus; in der Zuckerlösung blieben sie hingegen immer kurz. Es wird also durch eine normale Beleuchtung die Bildung und das Auswachsen der Wurzeln nicht aufgehoben, wie an den durch Wasser umspülten Partien der abgeschnittenen Sprosse zu sehen ist¹⁾. In der Knop'schen Nährlösung und im 1% Glyzerinwasser blieben sie meistens in dem gehemmten Zustand stehen und es entwickelten sich keine neuen. Die Beiwurzeln der Knoten, welche mit Watte umgeben waren, entwickelten sich auch weiter, da die Watte immer von der mit Wasserdampf gesättigten Luftschicht feucht gehalten wurde. Dies geschah sowohl bei Dunkel-, wie bei Lichtkulturen, was auch ein Beweis dafür ist, daß das Stehenbleiben der Beiwurzeln auf einem gewissen Stadium auf geringe Feuchtigkeit zurückzuführen ist. Die Wurzelspitzen zeigten hier deutlich den Hydrotropismus, indem die Beiwurzeln wagerecht der Watte angeschmiegt weiterwuchsen²⁾.

Was das Gedeihen der Kulturen anbetrifft, so blieben die Sprosse im Leitungswasser am längsten lebenskräftig, und es gingen nur selten welche zugrunde; die in den Zuckerlösungen gediehen auch gut, in der $1\frac{1}{2}$ % Lösung weniger, die Sprosse starben häufig ab. Ebenso gingen die Sprosse, welche in Nährsalz- und 1% Glyzerinwasser kultiviert wurden, sehr häufig und manchmal schon nach kurzer Zeit zugrunde, weswegen immer neue Versuche angestellt werden mußten. In der letzten Rubrik „Bemerkungen“ ist immer angegeben, wann die Sprosse abzusterben anfangen.

Um über die Wirkungen der fünf Flüssigkeiten auf das Austreiben der Achselknospen und die Bildung der Beiwurzeln und

¹⁾ Vergleiche Pfeffer, W., l. c. Band 2. S. 106.

²⁾ Vergleiche Pfeffer, W., l. c. Band 2. 1904. S. 605.

der Knöllchen eine klare Vorstellung zu bekommen, wurden aus den Tabellen No. 4, 5 und 6 Durchschnittszahlen berechnet und in Tabelle No. 7 zusammengestellt.

Tabelle No. 7.

Nach Tagen	Art der Kultur	Achselknospen	Beiwurzeln	Verdickte Knoten in cbmm	Bemerkungen
Nach 15 Tagen.	Leitungswasser	4,3	2,1	1,9	
	Zuckerwasser $\frac{1}{2}$ ‰	0,5	11,4	53,6	
	Zuckerwasser $1\frac{1}{2}$ ‰	2,6	4,8	4	
	Nährlösung	4,2	1,7	3,5	
	Glyzerinwasser 1 ‰	0,8	10,9	37,1	
Nach 60 Tagen.	Leitungswasser	6,9	23,9	257,9	
	Zuckerwasser $\frac{1}{2}$ ‰	0,7	29,8	222,9	
	Zuckerwasser $1\frac{1}{2}$ ‰	5,5	16,9	154,8	
	Nährlösung	3,6	13,1	41,3	Die Basis des Sprosses — Tabl. No. 5 — fing an abzusterben.
	Glyzerinwasser 1 ‰	0,5	16,5	79,6	Die Basis des Sprosses — Tabl. No. 5 — fing an abzusterben.
Nach 100 Tagen.	Leitungswasser	9,6	36,3	614,2	
	Zuckerwasser $\frac{1}{2}$ ‰	0	34,9	351,9	
	Zuckerwasser $1\frac{1}{2}$ ‰	4,1	18,7	226,7	
	Nährlösung	7,1	19,5	121,7	Der Sproß — Tabelle No. 6 — war teilweise abgestorben.
	Glyzerinwasser 1 ‰	0,8	16,9	71,9	Der Sproß — Tabelle No. 6 — war teilweise abgestorben.

Es sollte damit auch bezweckt werden, die in den drei Tabellen vorkommenden Unregelmäßigkeiten auszugleichen; denn daß solche sich bei solchen Versuchen fast immer einstellen, lehrt die Erfahrung. Es spielen eben dabei noch andere Momente mit, welche die Weiterausbildung der Sprosse beeinflussen, so die Lebenskraft der Sprosse, die am Tage der Versuchsanstellung schon vorhandenen Beiwurzelanlagen, die Jahreszeit, in welcher die Versuche zur Ausführung kamen u. s. f. In dieser Durchschnittstabelle sind die Zahlen auch auf zehn Knoten berechnet. In dem ersten Abschnitt (nach 15 Tagen) sind die Angaben der Tabelle No. 4 (nach 18 Tagen) und der Tabelle No. 5 (nach 11 Tagen) zusammengezogen und auf eine Versuchsdauer von 15 Tagen berechnet. In dem zweiten Abschnitt (nach 60 Tagen) wurden die Angaben der Tabelle No. 5 (nach 67 Tagen) und in die der Tabelle No. 6 (nach 55 Tagen) auf eine Zeitdauer von 60 Tagen zusammengezogen. Der dritte Abschnitt stellt den Durchschnitt aus den Zahlen der Tabelle No. 4 (nach 96 Tagen) und der Tabelle No. 6 (nach 98 Tagen) dar, welche auf 100 Tage Versuchsdauer berechnet wurden. Die Versuchsdauer wurde in Tabelle No. 7 in drei Perioden eingeteilt, da die Wirkungen der Lösungen, wie aus den drei vorhergehenden Tabellen zu ersehen ist, am Anfang der Versuchszeit nicht dieselben waren, wie am Ende. Bei Besprechung wird auch immer auf die Originaltabellen hingewiesen werden. Die Sprosse 2 bis 5 der Tafel X entsprechen der Tabelle No. 6, sie wurden am 7. Februar photographiert; ihre Aufeinanderfolge ist dieselbe wie in der Tabelle, Sproß 2 wurde in Leitungswasser, Sproß 3 in $\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser, Sproß 4 in $1\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser und Sproß 5 in Nährsalz gezogen. Der Sproß der 1% Glycerinwasser-Kultur ist nicht photographiert, weil er zu dieser Zeit schon anfangt, zugrunde zu gehen.

In der zweiten Periode (Tabelle No. 4 und 5) haben an den Leitungswasser- und Nährsalz-Kulturen am meisten Achselknospen ausgetrieben; diesen folgen die $1\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser-Kulturen. Bei den $\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser- und 1% Glycerinwasser-Kulturen kam (Tabelle 4) gar keine Achselknospe zur Entfaltung, wie auch diese Kulturen in Tabelle 5 die letzte Stelle einnehmen. In der zweiten Periode (Tabelle 5 und 6) ist die Entwicklungsintensität der Achselknospen bei den Leitungswasser-Kulturen beträchtlich, wie namentlich aus Tabelle 5 hervorgeht; die Nährsalz-Kulturen bleiben hinter diesen zurück, übertreffen aber in bezug auf Achsel sproßbildung die Kulturen des $1\frac{1}{2}\%$ Zuckerwassers. Bei den $\frac{1}{2}\%$ Zucker- und 1% Glycerinwasser-Kulturen kommen überhaupt in der ganzen Versuchsdauer nur sehr wenige oder auch keine Achselknospen zur Entfaltung. In Leitungswasser entwickeln sich noch in der dritten Periode Achselknospen, doch weniger wie in den beiden ersten, auch bei den Nährsalz-Kulturen ist noch ein Zunehmen zu konstatieren, dagegen kamen bei den $1\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser-Kulturen keine zum Austreiben.

Der Einfluß der Flüssigkeiten auf die Beiwurzelbildung ist von dem auf das Austreiben der Achselknospen verschieden, man kann fast sagen, ein umgekehrter. In der ersten Periode, Tabelle 4 und 5, stehen in dieser Beziehung die $\frac{1}{2}\%$ Zucker- und 1%

Glyzerinwasser-Kulturen an erster Stelle; diesen folgen die $1\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerwasser-Kulturen, und die letzte Stelle nehmen die Leitungswasser- und Nährsalz-Kulturen ein. Im Gegensatz zum Entfalten der Achselknospen ist von der ersten bis zur zweiten Periode bei der Beiwurzelbildung nicht ein Fallen, sondern ein Steigen zu konstatieren. Die $\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerlösungs-Kulturen sind auch in dieser Periode (Tabelle 5 und 6) an erster Stelle, doch findet sich bei den Leitungswasser-Kulturen ein beträchtlicheres Steigen, sodaß, was die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln anbelangt, diese derjenigen der 1 ‰ Glyzerin-Kulturen gleich kommt oder sie sogar übersteigt. Bei den $1\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerlösungs-Kulturen machen die hervorgebrochenen Beiwurzeln eine größere Zahl aus als bei den 1 ‰ Glyzerinwasser-Kulturen, sodaß man sie an die dritte Stelle setzen kann. Die Sprosse der anorganischen Nährlösungen produzieren auch fast ebensoviel Beiwurzeln wie die der letztgenannten Lösungen, doch bleiben sie in bezug auf die Aufeinanderfolge hinter jenen zurück. In der dritten Periode (Tabelle No. 4 und 6) steigt die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln an, doch nicht in dem Maße wie von der ersten zur zweiten. Bei den Leitungswasser-Kulturen findet noch eine beträchtliche Zunahme statt, sodaß sie die anderen überflügeln und den ersten Platz einnehmen; die Sprosse der $\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerwasser-Kulturen bleiben hinter denselben zurück. Bei den drei anderen Kulturen werden nur noch wenige Beiwurzeln produziert, am meisten noch bei den Nährsalz-Kulturen.

Die Entwicklung der Knoten zu Knöllchen geht im allgemeinen parallel der Beiwurzelproduktion. In der ersten Periode (Tab. No. 4 und 5) haben sich am meisten die Knoten der Sprosse, welche in $\frac{1}{2}$ ‰ Zucker- und 1 ‰ Glyzerinwasser gezogen wurden, verdickt; fast keine merkliche Verdickung ist bei den Sprossen im Leitungswasser und in der anorganischen Nährlösung eingetreten. Für die zweite Periode (Tab. No. 5 und 6) gilt das bei den Beiwurzeln Gesagte, nur daß die Leitungswasser-Kulturen die $\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerwasser-Kulturen im Durchschnitt übertroffen haben. In der dritten Periode (Tab. No. 4 und 6) ist bei den Sprossen des Leitungswassers eine starke Vergrößerung der Knoten wahrnehmbar; sie steigt bei längerer Versuchsdauer noch weiter an, wie aus Tabelle No. 4 (nach 145 Tagen) zu ersehen ist, sodaß sie die in anderen Lösungen kultivierten Sprosse weit übertrifft. Im Verhältnis zu der Beiwurzelbildung ist sie ebenfalls beträchtlicher. Die $\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerlösungs-Kulturen folgen in der Knöllchenbildung gleich wie in der Beiwurzelbildung denen im Leitungswasser; doch halten Knöllchen- und Beiwurzelbildung gleichen Schritt. Bei den $1\frac{1}{2}$ ‰ Zuckerwasser- und Nährsalz-Kulturen findet auch noch ein starker Zuwachs statt; dagegen bleiben bei den 1 ‰ Glyzerinwasser-Kulturen die verdickten Knoten auf derselben Stufe stehen wie in der zweiten Periode.

Aus dem Gesagten und der Durchschnitts-Tabelle No. 7 ist zu folgern, daß das Leitungswasser das Austreiben der Achselknospen im Vergleich zu den übrigen Lösungen am meisten fördert, daß am Beginn des Versuches die meisten Achselknospen sich entwickeln, und auch später immer neue zur Entfaltung kommen. In der ersten Periode treiben aus den Sprossen der anorganischen

Nährlösung ebensoviel Achselknospen aus wie beim Leitungswasser; in der folgenden Zeit etwas weniger; die des 1½ 0/0 Zuckerwassers im ganzen noch weniger, namentlich in der ersten Periode; dagegen ist eine stärkere Zunahme in der zweiten zu konstatieren, sodaß hier die Nährsalz-Kulturen zurückbleiben. ½ 0/0 Zuckerwasser und 1 0/0 Glycerinwasser wirkt hemmend auf das Austreiben der Achselknospen, es kommen nur wenige am Anfang zur Entfaltung.

In der Beeinflussung der Beiwurzelbildung gehen diese beiden zuletzt genannten Lösungen in der ersten Periode den andern weit voraus; sie wirken begünstigend. Beim ½ 0/0 Zuckerwasser nimmt die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln immer zu; beim 1 0/0 Glycerinwasser in der zweiten Periode weniger wie dort und bleibt dann konstant. An den Knoten der Leitungswasser-Kulturen ist in der ersten Periode nur eine geringe Beiwurzelbildung zu beobachten; sie steigt aber später rasch an, sodaß in der dritten Periode mehr hervorgebrochen sind als beim ½ 0/0 Zuckerwasser. 1½ 0/0 Zuckerwasser steht in der Wirkung während der ersten Periode zwischen den letztgenannten Flüssigkeiten: die Produktion nimmt in der zweiten Periode stark, in der dritten wenig zu.

Für die Verdickung der Knoten gilt dasselbe, nur daß beim Leitungswasser eine noch stärkere Zunahme zu beobachten ist. Auch beim 1½ 0/0 Zuckerwasser ist in der dritten Periode im Vergleich zu den hervorgebrochenen Beiwurzeln ein beträchtlicher Zuwachs der Knoten zu bemerken.

Die Aufeinanderfolge der fünf Lösungen, inbegriffen Leitungswasser, inbezug auf die Beeinflussung der Beiwurzel- und Knöllchenbildung und des Entfaltens der Achselknospen in den drei Perioden würde mithin folgende sein:

Tabelle No. 8.

Perioden	Achselknospen	Beiwurzeln	Verdickte Knoten
Erste Periode.	Leitungswasser	½ 0/0 Zuckerwasser	½ 0/0 Zuckerwasser
	Nährlösung	1 0/0 Glycerinwasser	1 0/0 Glycerinwasser
	1½ 0/0 Zuckerwasser	1½ 0/0 Zuckerwasser	1½ 0/0 Zuckerwasser
	1 0/0 Glycerinwasser	Leitungswasser	Nährlösung
	½ 0/0 Zuckerwasser	Nährlösung	Leitungswasser
Zweite Periode.	Leitungswasser	½ 0/0 Zuckerwasser	Leitungswasser
	1½ 0/0 Zuckerwasser	Leitungswasser	½ 0/0 Zuckerwasser
	Nährlösung	1½ 0/0 Zuckerwasser	1½ 0/0 Zuckerwasser
	½ 0/0 Zuckerwasser	1 0/0 Glycerinwasser	1 0/0 Glycerinwasser
	1 0/0 Glycerinwasser	Nährlösung	Nährlösung
Dritte Periode.	Leitungswasser	Leitungswasser	Leitungswasser
	Nährlösung	½ 0/0 Zuckerwasser	½ 0/0 Zuckerwasser
	1½ 0/0 Zuckerwasser	Nährlösung	1½ 0/0 Zuckerwasser
	1 0/0 Glycerinwasser	1½ 0/0 Zuckerwasser	Nährlösung
	½ 0/0 Zuckerwasser	1 0/0 Glycerinwasser	1 0/0 Glycerinwasser

Die Wirkungen, welche die Flüssigkeiten auf die Ausbildung der Sprosse ausüben, sind nicht während der ganzen Versuchsdauer die gleichen; beim Leitungswasser ist z. B. die Kurve im allgemeinen eine aufsteigende; beim $\frac{1}{2}\%$ Zucker- und 1% Glycerinwasser erreicht sie, was die Knöllchen- und Wurzelbildung anbelangt, in der ersten Periode den Höhepunkt. Beim ersteren steigt sie in der zweiten Periode ziemlich stark an, erreicht hier das Maximum, fällt dann bei den Achselknospen und Beiwurzeln, hält sich fast in derselben Höhe bei der Knöllchenbildung usw.

Die Leitungswasser-Kulturen bestätigen, daß Nahrungsmangel formative Veränderungen an der Pflanze verursacht¹⁾. Das Verhalten der Sprosse der Nährsalz-Kulturen war im allgemeinen identisch mit dem Resultat des Topfversuchs No. 1, wo alle Sproßspitzen vergipst waren; hier wie dort hatten die Sprosse genügend Nährstoffe zur Verfügung, was wohl auch ein Grund dafür ist, daß sich die Beiwurzeln in der anorganischen Nährlösung selbst nicht weiter entwickelten, weil wohl auch die Aufnahme der Nährstoffe durch die Schnittfläche genügte. Die Entwicklung dieser Kulturen könnte man etwa als die normale bezeichnen. Daß Rohrzucker und Glycerin auf die Beiwurzel- und Knöllchenbildung einen begünstigenden Einfluß ausgeübt haben, geht aus dem Vergleich mit den Nährsalz-Kulturen hervor; dagegen wirkten sie auf das Austreiben der Achselknospen hemmend. Aus der Beschreibung weiterer Kulturergebnisse wird auch hervorgehen, daß nicht nur die organischen Stoffe als Reizmittel dienen, sondern daß *Ceropegia Woodii* befähigt ist, wenigstens mit Rohrzucker, als einziger gebotener Nahrung Neubildungen zu erzeugen und eine zeitlang zu existieren.

Infolge des Abschneidens der Sproßspitzen blieben an den Sproßenden Internodienstummeln; diese gingen allmählich zugrunde²⁾; auch die basalen Stummeln sterben fast immer ab. An drei Leitungswasser-Kulturen blieben die letzteren jedoch durch die ganze Versuchsdauer lebenskräftig und produzierten dicht oberhalb der Schnittfläche eine respektive zwei Beiwurzeln. Mit der Zeit bildete sich an diesen Stellen eine merkliche Verdickung aus. Daß die Internodien auch außerhalb der Flüssigkeit zur Beiwurzelbildung veranlaßt werden können, geht aus zwei Wasser-Kulturen hervor. In Tafel IX, Figur 1 ist ein verzweigter Sproß einer Leitungswasser-Kultur photographiert, welcher mächtige Knollen gebildet hat; die Versuchsdauer reichte vom 10. Juni bis zum 18. November (an welchem Tage die Aufnahme gemacht wurde), betrug also 161 Tage. Erst am 30. September war an einem Internodium, und zwar an seinem apikalen Ende, ein kleiner Höcker zu bemerken, der sich zu einer 0,5 mm langen Beiwurzel ausbildete. Später ist auch am anderen Internodium an derselben Stelle eine Bei-

¹⁾ Vergleiche Pfeffer, W., l. c. Band 2. S. 133.

²⁾ Vergleiche Pfeffer, W., l. c. Band 2. S. 203 und 278.

wurzel hervorgebrochen, wie aus der Figur 1 zu ersehen ist. Die zweite Kultur dauerte vom 10. Juni bis zum 16. Dezember, also 189 Tage. Die Reaktion trat hier zur selben Zeit, wie am ersten Sproß ein, und es wuchs die Anlage zu einer 2 mm langen Beiwurzel heran.

b. Mit unbeblätterten Sprossen.

In denselben Flüssigkeiten und auf dieselbe Weise wie bei den Versuchen mit beblätterten wurden auch beim Tageslicht Versuche mit unbeblätterten Sprossen angestellt. Die Resultate sind in Tabelle 9 zusammengestellt:

Tabelle No. 9.

Datum	Art der Kultur	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Ausgetriebene Achselknospen	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtinhalt der verdickten Knoten in cbmm. (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemerkungen
17. August 1905. (Nach 21 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	.	.				
		2	.	.	.				
		3			
		4			
		5	3	0	0
		6			
		7			
		8	1	.	.	.			
		9	1	.	.	.			
		10	1	.	.	.			
	Zuckerwasser (1/2 %)	1+	.	1	.				
		2	.	.	.				
		3	.	.	.				
		4	.	2	2	1,4	7,1	5,9	
		5	.	.	.				
		6	.	1	.				
		7	1	1	.				
	Zuckerwasser (1 1/2 %)	1	.	1	.				
		2	.	1	.				
		3	.	.	.				
		4	.	1	.				
		5	.	.	.	3,3	3,3	5,9	
		6	1	.	.				
		7	1	.	.				
8		1	.	2					
9		.	.	.					
Nährlösung	1+	.	.	.					
	2+	.	.	.					
	3	.	.	.					
	4	.	.	.					
	5	.	.	.		2,2	0	0	
	6	.	.	.					
	7	.	.	.					
	8	1	.	.					
	9	1	.	.					
Glycerinwasser (1 %)	1	.	.	.					
	2	.	.	.					
	3	.	.	.		1,4	0	0	
	4	.	.	.					
	5	.	.	.					
	6	1	.	.					
1. November 1905. (Nach 97 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	.	.				
		2	.	.	.				
		3	.	.	.				
		4	.	1	.				
		5	.	1	.		7	9	50,1
		6	.	2	2,5				
		7	1	.	.				
		8	2	1	3—2,5				
		9	2	3	3				
		10	2	1	3—4				
Zuckerwasser (1/2 %)	1+	.	.	.					
	2	.	.	.					
	3	.	.	.					
	4	.	5	4—4,5	5,7	21,5	85,28		
	5	1	3	3					
	6	.	1	.					
	7	3	4	2—2,5					
Zuckerwasser (1 1/2 %)	1	.	1	.					
	2	.	1	.					
	3	.	1	.					
	4	.	2	.					
	5	.	1	2	6,6	12,2	78,3		
	6	1	.	.					
	7	1	1	.					
	8	2	3	3,5—4					
	9	2	1	4—4,5					
Nährlösung	1+	.	.	.					
	2+	.	.	.					
	3	.	.	.				Sproß abgestorben.	
	4	.	.	.					
	5	.	.	.					
	6	.	.	.					
	7	.	.	.					
	8	.	.	.					
	9	.	.	.					
Glycerinwasser (1 %)	1	.	.	.					
	2	.	.	.					
	3	.	.	.				Sproß abgestorben.	
	4	.	.	.					
	5	.	.	.					
	6	.	.	.					

Da die Sprosse der Assimilationsorgane beraubt waren, konnten sie nur noch durch die in der primären Rinde befindlichen Chloroplasten Assimilate erzeugen, andererseits stand ihnen in den Zucker- und Glycerin-Kulturen organische Nahrung zur Verfügung. Die Sprosse waren bestrebt, die verlorenen Teile zu ersetzen, indem sie blatttragende Seitensprosse erzeugten¹⁾. Bei den Sprossen der $\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser-Kulturen sind mehr Achselknospen zur Entfaltung gekommen als bei den beblätterten Sprossen; das Bestreben der Sprosse, die Assimilationsorgane neu zu bilden, war größer als die hemmende Wirkung, welche $\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasser auf die Ausbildung der Seitensprosse ausübt. Wenn nicht die ganzen Blätter, sondern nur die Blattspreiten abgeschnitten wurden, so fielen nach kurzer Zeit die Blattstiele als funktionslos gewordene Organe ab²⁾. Eine Neubildung von Blatterspreiten ist nie eingetreten.

Außer beiden Zuckerwasser-Kulturen gingen die Sprosse der anderen Kulturen schon nach relativ kurzer Zeit zu Grunde; am längsten hielten sich noch die des Leitungswassers. Daß bei den letzteren noch beträchtliche Neubildungen eingetreten sind (Tabelle No. 9), ist namentlich darauf zurückzuführen, daß die in der primären Rinde sich reichlich vorfindenden Chloroplasten genügend Assimilate produzieren mußten, und daß schon ein Vorrat von Reservestoffen aufgespeichert war. Die Sprosse der Nährsalz-Kulturen starben immer schon nach kurzer Zeit ab, ohne daß bei ihnen eine Beiwurzel- oder Knöllchenbildung eintrat; nur einige Achselknospen kamen zur Entfaltung. Wir können uns vorstellen, daß durch die im Vergleich zur geringen Assimilation zu reichliche Aufnahme von anorganischen Stoffen eine Störung im Stoffwechselgetriebe verursacht, welche den Tod der betreffenden Organe zur Folge hat. Die Zuckerwasser-Kulturen erzeugten sowohl am Anfang der Versuchszeit als später mehr Beiwurzeln; ebenso war die Knotenverdickung eine reichlichere. Daraus kann nur geschlossen werden, daß die Sprosse den ihnen dargebotenen Rohrzucker weiter verarbeitet und als Baustoff verwendet haben. Wie aus den gleich zu beschreibenden Dunkelkulturen hervorgeht, ist die Pflanze sogar befähigt, mit Rohrzucker als einziger organischer Nahrung wenigstens eine Zeit lang zu gedeihen; es ist also damit zugleich gezeigt, daß sie unter Verarbeitung des Zuckers die am Aufbau beteiligten Kohlenstoffverbindungen zu bilden und wenigstens bis zu einem gewissen Grade alles zu erreichen vermag, was für den Lebensprozeß notwendig ist³⁾. Die einprozentigen Glycerin-Kulturen sind immer, ohne Neubildungen hervorgebracht zu haben, abgestorben, sowohl am Licht als im Dunkeln; diese Kohlenstoffverbindung kommt also als Nährstoff nicht in Betracht, wie überhaupt der Nährwert der

¹⁾ Vergleiche Göbel, K., Über Regeneration im Pflanzenreich. (Biologisches Centralblatt. Band 22. 1902. S. 387.)

²⁾ Vergleiche Pfeffer, W., l. c. Band 2. S. 203 und 278. Auch Jost, Ludwig, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1904. S. 403.

³⁾ Vergl. Pfeffer, W., l. c. Band 1. S. 269, 349, 353.

verschiedenen Kohlenstoffverbindungen ein sehr ungleicher ist¹⁾, sie wirkt nur am Anfange der Versuchsdauer (Tabelle No. 4, 5, 6) für die Wurzel- und Knöllchenbildung anregend.

Wie in dem Abschnitt über „Versuchsanstellung“ gesagt ist, wurden die Sprosse durch einen durchbohrten Kork in die Fläschchen mit den Flüssigkeiten eingeführt und zur Befestigung die Internodien an der Stelle, wo sie den Kork berührten, mit Watte umwickelt. An vier unbeblätterten Sprossen, nämlich an zwei Wasser- und zwei Zuckerlösungskulturen, verdickten sich an diesen Stellen die Internodien stark, es brachen auch einige Beiwurzeln hier hervor (Tafel IX, Fig. 2 und 3). Bei den Sprossen mit Blättern blieben die Internodien immer unverdickt; auch trat keine Beiwurzelbildung ein. Daß die Knöllchenbildung gerade an diesen mit Watte umwickelten Internodien eintrat, veranlaßte die Prüfung der Frage, ob diese Verdickung vielleicht unter der begünstigenden Wirkung des Verdunkelns entstanden sei. Es wurden daher später auch Versuche in dieser Richtung angestellt.

2. Versuche im Dunkeln.

Wie schon früher gesagt wurde, hatten die Dunkel-Kulturen gegenüber den Lichtversuchen unter zu niedriger Temperatur zu leiden. Da auch nicht genügend Sprosse vorhanden waren, wegen großem Verbrauch für andere Versuche, wurden anfangs solche nur im Leitungswasser, 1 $\frac{1}{2}$ % Zuckerwasser und in anorganischer Nährlösung angestellt; im Winter wurden dann Versuchsreihen mit allen fünf Flüssigkeiten wiederholt, doch starben alle wegen zu hoher Temperatur in wenigen Tagen ab. (Die Dampfheizungsrohren des Gewächshauses waren durch den Raum, welcher als Dunkelkammer diente, durchgeleitet.) Bezüglich der Einwirkung des Lichtabschlusses auf die Knöllchen- und Wurzelbildung würden diese Versuche sowieso keine stichhaltigen Resultate ergeben, da die Sprosse der meisten Lösungen wegen des Verhinderns, Assimilate zu bilden, in nicht langer Zeit absterben mußten. Für diese Frage waren die Kulturversuche beim teilweisen Lichtabschluß maßgebend. Hier jedoch handelte es sich in erster Linie darum, zu erforschen, inwieweit die Sprosse vegetieren und Neubildungen hervorbringen könnten beim Verhindern der Assimilations-tätigkeit, worüber die drei genannten Lösungskulturen einen teilweisen Aufschluß ergaben.

¹⁾ Vergl. Pfeffer, W., l. c. Band 1. S. 367.

a. Mit beblätterten Sprossen.

(Hierzu Tabelle No. 10a und b.)

Tabelle No. 10a.

Datum	Art der Kultur	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Ausgetriebene Achselknospen	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamthalt der verdickten Knoten in cbmm. (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemerkungen	
10. September 1905. (Nach 16 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	2	.					
		2	.	2	.					
		3	.	.	.	.
		4	.	.	.	.	1,3	5	0
		5	.	.	.	.
		6	.	.	.	.
		7	.	.	.	.
		8	1	.	.	.				
	Zuckerlösung (1½%)	1+	.	2	2,5					
		2	.	2	.					
		3	.	1	.					
		4	.	.	.		0	10	9	
		5	.	1	.					
		6	.	2	.					
		7	.	1	.					
		8	.	.	.					
		9	.	.	.					
	Nährlösung	1+	.	1	.					
		2	.	1	.					
		3	.	.	.					
		4	.	1	.					
		5	1	2	2		1,1	5,6	4,6	
		6	.	.	.					
		7	.	.	.					
		8	.	.	.					
		9	.	.	.					
	1. Oktober 1905. (Nach 37 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	2	.				Sproß fing an abzustorben.
2			.	2	.					
3			.	.	.	.
4			.	.	.	.	1,3	5	0
5			.	.	.	.
6			.	.	.	.
7			.	.	.	.
8			1	.	.	.				
Zuckerwasser (1½%)		1+	.	2	2,5					
		2	.	2	.					
		3	.	2	.					
		4	.	2	.					
		5	.	2	2		0	17,8	13,6	
		6	.	2	.					
		7	.	2	.					
		8	.	2	.					
		9	.	.	.					
Nährlösung		1+	.	1	.					
		2	.	1	.					
		3	.	.	.					
		4	.	1	.					
		5	1	2	2		1,1	5,6	4,6	
		6	.	.	.					
		7	.	.	.					
		8	.	.	.					
		9	.	.	.					

Sproß teilweise abgestorben.

Tabelle No. 10b.

Datum	Art der Kultur	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Ausgetriebene Achselknospen	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamthalt der verdickten Knoten in cbmm. (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemerkungen
7. September. (Nach 12 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	2	.	0	5,7	0	
		2	.	.	.				
		3	.	2	.				
		4	.	.	.				
		5	.	.	.				
		6	.	.	.				
		7	.	.	.				
	Zuckerwasser (1½%)	1	.	.	.	0	4,3	0	
		2	.	1	.				
		3	.	.	.				
		4	.	1	.				
		5	.	.	.				
		6	.	1	.				
		7	.	.	.				
	Nährlösung	1+	.	2	.	1,4	7,1	0	
		2	.	1	.				
		3	.	.	.				
		4	.	2	.				
		5	.	.	.				
		6	.	.	.				
		7	.	.	.				
4. Okt. (N. 39 Tag.)	Leitungswasserkultur zu Grunde gegangen.								
	Zuckerwasser (1½%)	1	.	2	.	0	14,3	0	
		2	.	1	.				
		3	.	2	.				
		4	.	2	.				
		5	.	1	.				
		6	.	2	.				
		7	.	.	.				
Nährlösungskultur zu Grunde gegangen.									

Die Leitungswasserkulturen erzeugten am Anfang Neubildungen (Tabelle 10a vier Beiwurzeln und eine Achselknospe; Tab. 10b vier Beiwurzeln), aber die Sprosse verloren bald die Blätter und gingen langsam zugrunde. Sie waren nur solange befähigt, Neubildungen zu produzieren und sich am Leben zu erhalten, als die aufgespeicherten Betriebsstoffe ausreichten, dann starben sie an der Basis beginnend langsam ab. Das Verhalten der Sprosse in anorganischer Nährlösung war gleich wie in Leitungswasser; mit nur anorganischer Nahrung war ihr Weiterbestehen unmöglich. Dagegen erzeugten die Sprosse in Zuckerwasser nicht nur am Anfang Neubildungen, namentlich Beiwurzeln, sondern die Produktion stieg später noch, und die Sprosse konnten am Leben erhalten werden; zwar verloren sie langsam ihre Blätter als funktionslos gewordene Organe.

b. Mit unbeblätterten Sprossen.

(Hierzu Tabelle No. 11a und b.)

Tabelle No. 11a.

Datum	Art der Kultur	Knoten- zahl der Sprosse von der Basis b. z. Spitze	Ausgetriebene Achselknospen	Hervor- gebrochene Bei- wurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in cbmm	Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der hervor- gebrochenen Beiwurzeln. (Auf 10 Knoten berechnet)	Gesamtinhalt der verdickten Knoten in cbmm. (Auf 10 Knoten berechnet)	Bemer- kungen
5. September 1905. (Nach 11 Tagen.)	Zucker- wasser (1½%)	1+	.	2	.				
		2	.	2	.				
		3	.	1	2				
		4	.	.	.				
		5	.	1	.	3	9	4,2	
		6	1	.	.				
		7	.	2	.				
		8	1	.	.				
		9	.	1	.				
		10	1	.	.				
	Nähr- lösung	1	.	2	.				
		2	.	.	.				
		3	.	.	.				
		4	.	.	.				
		5	.	.	.	1,1	2,2	0	
		6	.	.	.				
		7	.	.	.				
		8	.	.	.				
		9	1	.	.				
3. Okt. 1905. (N. 39 Tag.)	Zucker- wasser (1½%)	1+	.	2	2,5				
		2	.	2	.				
		3	.	4	3				
		4	.	2	2				
		5	.	.	.	5	14	26,3	
		6	1	1	.				
		7	1	2	.				
		8	1	.	.				
		9	1	1	.				
		10	1	.	.				
Nährlosungskultur zu Grunde gegangen.									
Tabelle No. 11b.									
7. Sept. 1905. (N. 12 Tag.)	Zucker- wasser (1½%)	1+	.	3	.				
		2	.	.	.				
		3	.	1	.	1,7	8,3	0	
		4	.	.	.				
		5	.	1	.				
		6	1	.	.				
	Nähr- lösung	1	.	1	.				
		2	.	1	.				
		3	.	1	.	0	2,9	0	
		4	.	.	.				
		5	.	.	.				
		6	.	.	.				
		7	.	.	.				
5. Okt. (Nach 40 Tagen.)	Zucker- wasser (1½%)	1	.	3	2				
		2	.	.	.				
		3	.	2	.	1,7	11,7	6,9	
		4	.	1	.				
		5	.	1	.				
		6	1	.	.				
Nährlosungskultur zu Grunde gegangen.									

Die Leitungswasserkulturen sind nicht angegeben, weil die Sprosse, ohne Neubildungen hervorgebracht zu haben, zugrunde gingen. Die Kulturen in anorganischen Nährlösungen erzeugten ohne Blätter weniger neue Organe als mit solchen, da durch das Entfernen derselben ihnen weniger organische Stoffe zu Gebote standen; sie starben auch früher ab. Das Verhalten der 1½% Zuckerwasser-Kulturen ist ein ähnliches wie bei den beblätterten Sprossen, nur daß durch das Abschneiden der Blätter die Sprosse hier zum Austreiben von Achselknospen veranlaßt wurden, aus demselben Grunde, wie bei den Lichtkulturen ohne Blätter. Die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln war anfangs eine größere, stieg aber später weniger an. Die Schlußfolgerungen, die sich aus diesen Ergebnissen ziehen lassen, sind schon bei Besprechung der Lichtkulturen angeführt worden (b. Mit unbeblätterten Sprossen), sodaß hier nur darauf verwiesen werden mag.

3. Versuche bei teilweisem Lichtabschluss.

a. Ein Teil der Sprosse ist verdunkelt.

Auf die gleiche Weise wie bei den schon besprochenen Kulturversuchen wurden auch hier in den fünf Flüssigkeiten Kulturen ausgeführt. Sprosse mit Blättern, bei welchen die Sproßspitzen und die herausgewachsenen Seitensprosse abgeschnitten wurden, wurden mit ihren apikalen Hälften in Tuben aus schwarzem Karton eingeführt, und die Durchbohrung alsdann dicht mit Watte ausgefüllt, um ein vollkommenes Verdunkeln zu erreichen; die basalen Hälften waren hingegen dem vollen Tageslicht ausgesetzt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle No. 12 angegeben, welche auf dieselbe Art zusammengestellt ist wie die früheren Tabellen; nur sind die Neubildungen im Hellen und im Dunkeln getrennt berechnet, und zwar auf fünf Knoten.

Diese Versuche haben sehr schön gezeigt, wie aus der Tabelle No. 12 und der Abbildung Tafel X, Figur I, welcher Sproß der Leitungswasserkultur entnommen ist, hervorgeht, daß die Dunkelheit im hohen Maße begünstigend auf die Knöllchenbildung wirkt. Bei allen Kulturen ist keine Verdickung der im Hellen sich befindlichen basalen Knoten eingetreten; dagegen sind bei den apikal gelegenen Knoten mächtige Knöllchen entstanden, obgleich, wie aus den früheren Versuchen hervorging, die basalen sonst bei der Knöllchenbildung bevorzugt sind. Der Gesamtinhalt der im Dunkeln verdickten Knoten überstieg weit den der Lichtkulturen. Die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln war entsprechend den Verdickungen eine große, überstieg aber die der Lichtkulturen nicht. Die Beiwurzeln entwickelten sich wie beim Lichtzutritt auch beim Lichtabschluß nicht weiter; sie blieben auf dem gehemmten Zustand stehen. Verdunkelung wirkt also nicht fördernd auf das Wachstum der Beiwurzeln; diese werden nur durch genügende Feuchtigkeit zum Weiterwachsen veranlaßt.

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, erzeugten auch die am Licht befindlichen Knoten ziemlich reichlich Beiwurzeln, wenigstens

Tabelle No. 12.

Datum	Art der Kultur	Ob dunkel oder hell	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Ausgetriebene Achselknospen	Hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Gesamtzahl der im Dunkeln wie die der im Hellen ausgetriebenen Achselknospen. (Auf 5 Knoten berechnet)	Gesamtzahl der im Dunkeln wie die der im Hellen hervorgebrochenen Beiwurzeln. (Auf 5 Knoten berechnet)	Gesamthalt der im Dunkeln wie der im Hellen verdickten Knoten in cbmm. (Auf 5 Knoten berechnet)	Bemerkungen	
											hell
24. Dezember 1905. (Nach 61 Tagen.)	Leitungswasser	hell	1+	.	4	2					
		hell	2	.	2	.	0	15	5,2		
		hell	3	.	2	.					
		hell	4	.	4	.					
		dunkel	5	2	13	8,5					
		dunkel	6	1	6	6	5	30	1091,1		
		dunkel	7	1	4	3-4					
		dunkel	8	.	1	.					
	Zuckerwasser (1/2%)	hell	1+	.	1	.	0	1,6	0		
		hell	2	.	.	.					
		hell	3	.	.	.					
		dunkel	4	.	5	5-5,6					
		dunkel	5	.	3	3	3,3	18,3	200,9		
		dunkel	6	2	3	2,5-3					
	Zuckerwasser (1 1/2%)	hell	1+	.	1	.	0	5	0		
		hell	2	.	.	.					
		hell	3	.	2	.					
		dunkel	4	.	2	4					
		dunkel	5	.	3	3	0	11,6	85,8		
		dunkel	6	.	2	2					
	Glycerinwasser (1%)	hell	1+	.	.	.	0	1,2	0		
		hell	2	.	1	.					
		hell	3	.	.	.					
		hell	4	.	.	.					
dunkel		5	.	3	3,5						
dunkel		6	.	3	5	1,6	11,6	152,4			
Nährlösung	hell	1+	.	.	.	0	1,6	27,8			
	hell	2	.	1	3,5						
	hell	3	.	.	.						
	hell	4	.	.	.						
	dunkel	5	.	4	4-3,5	5	17,5	165,6			
	dunkel	6	2	3	4-4,5						
24. Dezember 1905. (Nach 92 Tagen.)	Leitungswasser	hell	1+	.	4	2					
		hell	2	.	2	.	0	16,2	10		
		hell	3	.	3	.					
		hell	4	.	4	.					
		dunkel	5	2	26	11					
		dunkel	6	1	8	7-8	5	48,7	2286,7		
		dunkel	7	1	4	4-4,5					
		dunkel	8	.	1	.					
	Zuckerwasser (1/2%)	hell	1+	.	1	.	0	1,6	0		
		hell	2	.	.	.					
		hell	3	.	.	.					
		dunkel	4	.	6	6-7					
		dunkel	5	.	3	4-3,5	3,3	20	318,9		
		dunkel	6	2	3	3-4					
	Zuckerwasser (1 1/2%)	hell	1+	.	1	.	0	5	0		
		hell	2	.	.	.					
		hell	3	.	2	.					
		dunkel	4	.	4	4-4,5					
		dunkel	5	.	3	3,5	0	15	117,2		
		dunkel	6	.	2	2,5					
	Glycerinwasser (1%)	hell	1+	.	.	.	0	2,5	0		
		hell	2	.	1	.					
		hell	3	.	.	.					
		hell	4	.	1	.					
dunkel		5	.	3	3,5-4						
dunkel		6	1	5	5-5,5	3,3	15	167,2			
dunkel	7	1	1	2							

Dieser Spross ist an demselben Tage photographiert. Taf. X. Fig. 1.

am Anfang der Versuchsdauer. Wenn man die Produktion von Beiwurzeln der Knoten am Licht und im Dunkeln bei Beachtung der reichlichen Knöllchenbildung im Dunkeln gegenüberstellt, so ergibt sich auch, daß Lichtabschluß die Bildung der Beiwurzeln nicht begünstigt.

Die Blätter fielen an den im Dunkeln befindlichen Sproßteilen allmählich ab. Über das Verhalten der etiolierten Sprosse wurde schon früher gesprochen, hier möge noch einmal auf die Figur 1, Tafel X hingewiesen werden.

Daß die verdunkelten apikalen Sproßteile nicht abstarben, wie bei den Kulturen bei völligem Lichtabschluß, ist leicht einzusehen, weil ihnen genügend Nähr- und Baustoffe zuflossen, namentlich Assimilate. Der Einfluß der Lösungen, inbegriffen Leitungswasser, auf die Neubildungen, war übrigens hier ein ähnlicher, wie bei den Lichtkulturen.

b. Verdunkelung von Internodien.

Wie erwähnt, haben sich bei einigen Sprossen der Lichtkulturen ohne Blätter Verdickungen an denjenigen Stellen der Internodien gebildet, wo dieselben mit Watte unwickelt waren; auch trat hier Beiwurzelbildung ein. Da bei den Sprossen aller übrigen Kulturen niemals Knöllchenbildung an Internodien beobachtet worden war, wurden hierüber Versuche angestellt. An Sprossen von vier Versuchsreihen, zwei mit Blättern und zwei ohne solche, wurde bei jedem abwechselnd ein Internodium verdunkelt und eins unverdunkelt gelassen. Bei je einer weiteren Versuchsreihe mit beblätterten und unbeblätterten Sprossen wurden die Internodien zuerst mit Watte unwickelt und darüber mit schwarzem Papier, bei den beiden anderen Versuchsreihen nur mit schwarzem Papier, um sicher zu gehen, daß nicht die Watte als Reiz auf die Knöllchenbildung und Wurzelbildung wirke, sondern die Knöllchen nur wegen der begünstigenden Wirkung des Verdunkelns entstehen.

Bei den zwei Versuchsreihen mit beblätterten Sprossen entwickelten sich die Sprosse normal. Es traf bei ihnen keine Knöllchen- und Wurzelbildung ein; die Neubildungen waren vollkommen identisch mit denen der Tabellen No. 4, 5 und 6, auch was die Beeinflussung durch die verschiedenen Flüssigkeiten anbetrifft.

Dagegen erzeugten die Sprosse ohne Blätter sowohl an den mit Watte und schwarzem Papier (Tabelle No. 13) als an den nur mit schwarzem Papier (Tabelle No. 14) unwickelten Internodien Beiwurzeln und Anschwellungen. Daraus ersieht man, daß nicht die Watte als Reiz gewirkt hat, sondern der Lichtabschluß. Die hierzu gehörenden Tabellen No. 13 und 14 sind ähnlich zusammengestellt wie die vorhergehenden. Da jedoch die Gesamtzahl der ausgetriebenen Achselknospen und herausgebrochenen Beiwurzeln, wie auch die Verdickung der Knoten nur eine geringe war, sind diese Rubriken weggelassen. Um die Knöllchen- und Beiwurzelbildung an den Internodien zu veranschaulichen, ist erstens außer der Knotenzahl die Internodienzahl der Sprosse von der

Tabelle No. 13.

Datum	Art der Kultur	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Internodienzahl		Ausgetriebene Achselknospen	Aus den Knoten hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Hervorgebrochene Beiwurzeln aus Internodien	Verdickte Internodien		Bemerkungen
			verdunkelt	nicht verdunkelt					Größter Durchmesser der Verdickung in mm	Länge der Verdickung in mm	
20. Januar 1906. (Nach 23 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	1+	
		2	.	.	.	.	.	.	.
		3	.	.	.	.	.	.	.	.
		4	3	.	.	.	.	.	.	.
		5	.	.	.	.	.	.	.	.
		6	5	.	.	.	.	.	.	.
		7	.	6	.	.	.	.	.	.
	Zuckerwasser (1/2%)	1	.	1	.	.	.	.	.	.
		2	.	2	.	.	.	.	.	.
		3	3	.	.	.	.	.	.	.
		4	.	4	.	.	.	.	.	.
		5	5	.	.	.	.	.	.	.
		6	.	6	.	1	.	.	.	.
		7	.	7	.	.	.	.	.	.
	Zuckerwasser (1 1/2%)	1+	.	1+	.	.	.	.	.	.
		2	.	.	.	.	1	.	.	.
		3	.	3	.	.	.	.	.	.
		4	.	4	.	.	1	.	.	.	
		5	.	5	.	.	.	.	.	.
		6	6	.	.	1	.	.	.	.
		7	.	7	.	.	.	.	.	.
	Nährlösung	1+	.	1+	.	.	.	.	.	.
		2	.	2	.	.	.	.	.	.
		3	.	3	.	.	.	.	.	.
4		4	.	.	.	.	.	.	.
5		.	5	.	.	.	.	.	.
6		6	.	.	.	.	.	.	.
7		.	7	.	.	.	.	.	.
8		8	.	.	1	.	.	.	.
Glycerinwasser (1%)	1	.	1	.	.	.	.	.	.
	2	.	2	.	.	.	.	.	.
	3	.	3	.	.	.	.	.	.
	4	3	.	.	.	.	.	.	.
	5	.	4	.	.	.	.	.	.
	6	5	.	.	.	.	.	.	.
	7	.	6	.	1	.	.	.	.
28. April 1906. (Nach 121 Tagen.)	Leitungswasser	1+	.	1+	.	1	3,5	.	.	.	
		2	.	1+	.	.	.	.	.	.
		3	.	2	.	.	.	.	.	.
		4	3	.	.	1	.	1	1,5—2	18	
		5	.	4	.	.	.	.	.	.
		6	5	.	.	.	.	1	2,5—3	22
		7	.	6	.	1	.	.	.	.
	Zuckerwasser (1/2%)	1+	.	1+	.	.	.	1	.	.	
		2	.	2	.	2	.	.	.	.
		3	3	.	.	.	.	1	2,5	6
		4	.	4	.	.	.	.	.	.
		5	5	.	.	.	.	2	1,5	11
		6	.	6	.	2	2	.	.	.	
		7	7	.	.	.	.	2	1,5—2	17
Zuckerwasser (1 1/2%)	1+	.	1+	.	.	.	.	.	.
	2	.	.	.	.	1	.	.	.	
	3	.	3	.	.	1	.	.	.		
	4	.	4	.	.	1	.	.	.		
	5	.	5	.	.	.	.	.	.
	6	6	.	.	1	.	.	.	.
	7	.	7	.	1	.	.	.	.

Hierzu Fig. 25 mit denselben Knoten- und Internodienzahlen bezeichnet.

Fing an zu Grunde zu gehen.

Nährlösung- und Glycerinwasserkultur zu Grunde gegangen.

Tabelle No. 14.

Datum	Art der Kultur	Knotenzahl der Sprosse von der Basis bis zur Spitze	Internodienzahl		Ausgetriebene Achselknospen	Aus den Knoten hervorgebrochene Beiwurzeln	Durchmesser der verdickten Knoten in mm	Hervorgebrochene Beiwurzeln aus Internodien	Verdickte Internodien		Bemerkungen	
			verdunkelt	nicht verdunkelt					Größter Durchmesser der Verdickung in mm	Länge der Verdickung in mm		
23. Dezember 1905. (Nach 27 Tagen.)	Leitungswasser	1	.	1+	.	.	.	.	.	.
		2	.	2	.	.	.	.	.	.
		3	3	.	.	.	.	.	.	.	.
		4	.	4	.	.	.	.	.	.	.
		5	5	.	.	.	.	.	.	.	.
		6	.	6	1	.	.	.	.	.	.
	Zuckerwasser (1/2%)	1	.	1+	.	.	.	.	.	.	.
		2	2	.	1	2	2,5	.	.	.	.
		3	3	.	.	.	.	.	.	.	.
	Zuckerwasser (1 1/2%)	1	.	1+	.	.	.	.	.	.	.
		2	2	.	1	1	.	.	1,5-2	5	.	
		3	3	.	.	.	.	.	.	.	.
	Nährlösung	1	.	1+	.	.	.	.	.	.	.
		2	.	2	.	.	.	.	.	.	.
		3	.	3	.	.	.	.	.	.	.
		4	4	.	.	.	.	.	.	.	.
		5	.	5	.	.	.	.	.	.	.
		6	6	.	1	.	.	.	.	.	.
	Glyzerinwasser (1%)	1+	.	1+	.	.	.	.	.	.	.
		2	.	2	.	.	.	.	.	.	.
		3	.	3	.	.	.	.	.	.	.
		4	4	.	.	.	.	.	.	.	.
		5	5	.	.	.	.	.	.	.	.
6		.	6	.	.	.	.	.	.	.
7		7	.	1	.	.	.	.	.	.
21. März 1905. (N. 125T.)	Leitungswasser	1	.	1+	.	.	.	2	.	.		
		2	.	2	.	1	.	.	.	.
		3	3	.	.	.	1	.	3	1,5-2,5 fast ganz		
		4	.	4	.	2	3	.	.	.		
		5	5	.	.	.	.	.	.	.
		6	.	6	.	.	.	.	.	.

Die übrigen Kulturen zu Grunde gegangen.



Fig. 24.
Unbeblätterter
Sproß einer $\frac{1}{2}\%$
Zuckerwasser-
Kultur mit
Knöllchen- und
Beiwurzelbildung
an verdunkelten
Internodien.
Vergr. $\frac{1}{4}$.

Basis bis zur Spitze angegeben, sodaß die Zahlen der aufeinanderfolgenden sich zwischen zwei Knoten befindlichen Internodien auch zwischen die entsprechenden Zahlen der Knoten zu stehen kamen; außerdem sind die Internodien, entsprechend der Verdunkelung oder Nichtverdunkelung, unter verschiedene Rubriken angeordnet. Die mit einem Kreuz bezeichneten Knoten und Internodien befanden sich in der Flüssigkeit. Ferner wurden für die Beiwurzel- und Knöllchenbildung zwei spezielle Rubriken geschaffen, deren eine in zwei Teile geteilt ist; die Neubildungen sowohl der Knoten wie der Internodien sind wagerecht in derselben Reihe, unter der betreffenden Rubrik mit den entsprechenden Knoten- und Internodien angegeben.

Im Vergleich mit der Tabelle No. 9 entstanden hier viel weniger Neubildungen aus den Knoten, die Verdunkelung hatte zur Folge, daß die Bau- und Reservestoffe sich nicht nur in den letzteren ansammelten, sondern auch in den verdunkelten Internodien, wo sie das Material zu Verdickungen und Beiwurzelbildungen lieferten. Die Knöllchen der Knoten als auch der Internodien sind ja Reservestoffmagazine. Daß nur die Verdunkelung die Knöllchen- und Beiwurzelbildung veranlaßt, geht daraus hervor, daß aus keinem nicht verdunkelten Internodium Neubildungen entstanden sind. Nur bei den Sprossen der Leitungs- und Zuckerwasser-Kulturen sind (wie aus den Tabellen No. 13 und 14 hervorgeht) Verdickungen und Beiwurzeln entstanden; die Sprosse der anderen Kulturen blieben zu kurze Zeit lebenskräftig (siehe oben), um solche produzieren zu können. Es war nämlich eine längere Zeit des Einwirkens der Verdunkelung notwendig, bis die Internodien reaktionsfähig wurden. Die Verdickungen an den Internodien waren nicht an bestimmte Stellen lokalisiert, sondern breiteten sich immer über einen kürzeren oder längeren Teil derselben aus; sie begannen auch etwa an zwei oder mehr Stellen und nahmen dann manchmal den größten Teil des verdunkelten Internodiums ein. In Figur 24 ist ein Teil des Sprosses der $\frac{1}{2}\%$ Zuckerwasserkultur abgebildet; die Zahlen an den Knoten und Internodien entsprechen denen in der Tabelle No. 13; Internodium 3 und 5 waren verdunkelt, sie zeigen die Beiwurzel- und Knöllchenbildung; jedoch sind in dieser Figur nur die stärker verdickten Partien angedeutet worden. Aus diesem Verhalten der Sprosse sieht man, daß Verdunkelung

in hohem Maße begünstigend auf die Knotenbildung wirkt, was auch die Resultate der Tabelle No. 12 bestätigen.

Daß sich nur bei den Sprossen ohne Blätter durch Verdunkelung Beiwurzeln und Verdickungen an den Internodien erzielen ließen, nicht an jenen mit Blättern, hat seinen Grund wohl darin, daß durch die direkte Zuleitung der Assimilate die Knoten mehr angeregt wurden, diese aufzuspeichern und zu verwenden, als die Internodien.

4. Versuche mit Sprossen auf Nährlösungen.

Sowohl im Hellen als auch im Dunkeln wurden Sprosse, bei welchen die Sproßspitzen abgeschnitten waren und jeder sich entwickelnde Seitensproß beizeiten entfernt wurde, mit und ohne Blätter in Schalen gelegt, welche mit den zu prüfenden fünf Flüssigkeiten angefüllt waren. Die Sprosse hatten jedoch eine viel kürzere Existenz als in den Fläschchenkulturen. Die Sprosse schwammen nämlich nur anfangs auf den Flüssigkeiten, sanken später immer mehr unter. In der ersten Zeit produzierten sie noch Neubildungen, indem Achselknospen sich entfalteten und Beiwurzeln hervorbrachen; Knöllchenbildung trat hingegen nur in sehr geringem Maße ein; die Sprosse gingen dann langsam zugrunde. Das Verhalten der beblätterten und unbeblätterten Sprosse in den Lösungen (inklusive Leitungswasser) war ähnlich wie bei den Fläschchenkulturen. Am meisten Seitensprosse trieben die Sprosse in Leitungswasser, 1½% Zuckerwasser und in der anorganischen Nährlösung aus. Die reichlichste Beiwurzelbildung fand sich bei den Sprossen im Leitungswasser, ½% und 1½% Zuckerwasser. Am schnellsten starben die Sprosse in der anorganischen Nährlösung und im 1% Glycerinwasser ab. Die im Dunkeln ausgewachsenen Achselknospen zeigten negativen Geotropismus und waren etioliert; von denselben blieben die Sprosse der Zuckerlösungen am längsten am Leben, die der anderen produzierten nur sehr wenig oder auch gar keine Neubildungen und gingen in kurzer Zeit zugrunde.

IV. Versuche mit einzelnen Sprosstteilen.

1. Versuche mit Internodien und Knoten.

Isolierte Internodien und Sproßstücke mit einem und zwei Knoten wurden auf feuchtgehaltenen Sand gelegt, sowohl bei Lichtzutritt wie in der Dunkelkammer. Von 20 im Hellen ausgelegten Internodien sind 14 zu Grunde gegangen; bei vieren haben sich an je einem Ende an der Schnittfläche Verdickungen gebildet, welche zu Knöllchen von 3—4 mm im Durchmesser anwachsen; Beiwurzeln sind nicht hervorgebrochen. An zwei Internodien haben sich nicht nur Knöllchen an der Schnittfläche gebildet, sondern es ist auch aus diesen je eine Beiwurzel hervorgebrochen (Taf. IX, Fig. 4). Daß Internodien zur Knöllchen- und Beiwurzelbildung

befähigt sind, haben die Kulturen mit verdunkelten Internodien gezeigt. Es wurde oben gezeigt, daß Beiwurzeln auch bei zwei Sprossen der Fläschchenkulturen aus Internodien hervorgebrochen waren ohne Verdunkelung, infolge des Entfernens aller Vegetationsspitzen, auch der begünstigenden Wirkung des Leitungswassers (Nahrungsmangel); bei der langen Einwirkung griff die Reaktion auf die Internodien über. Hier bei den abgetrennten Internodien wurde die Knöllchen- und Beiwurzelbildung durch die Unterbrechung des Zusammenhanges bewirkt¹⁾, daß diese Gebilde an der Schnittfläche und nicht an anderen Stellen entstanden, veranlaßt durch den Wundreiz²⁾. In der Dunkelkammer ist bei einigen Internodien an der Schnittfläche auch Knöllchen- und Beiwurzelbildung eingetreten, doch mußten eine große Anzahl von Internodien ausgelegt werden, bis positive Resultate erhalten wurden.

Ein Weiterwachsen der Beiwurzeln aus den Internodien konnte nicht erreicht werden, obgleich ihnen genügend Feuchtigkeit zur Verfügung stand; die in ihnen vorhandenen Stoffe reichten nur aus, um eine Reaktion zu bewirken, aber nicht, um die Beiwurzeln vollkommen auszubilden. Die Internodien fingen bei längerem Liegenlassen an dem nicht reagierenden Ende zu schrumpfen an und starben langsam ganz ab. Sproßbildung trat niemals ein — auch nicht bei den Internodien, welche in den Doppelschalen auf die Flüssigkeiten gelegt wurden. Beiwurzelbildung konnte hingegen bei diesen Kulturen erzielt werden, doch nur am Licht, im Dunkeln gingen die Internodien alle zu Grunde.

Wenn Internodien mit einem oder zwei Knoten ohne Blätter ausgelegt wurden, so trat bei diesen nur eine geringe Verdickung und Beiwurzelbildung an den Knoten ein; daß letztere nicht an den Internodien oder an deren Schnittflächen entstanden, ist schon durch die normale Organisation³⁾ verursacht; die Knoten sind die prädisponierten Organe für diese Bildungen. Auch kleine Sprosse trieben aus den Achselknospen der Knoten aus. Doch entwickelten sie sich nicht zu ganzen Pflanzen, da ihnen wegen des Fehlens der ursprünglichen Blätter zu wenig Baumaterial zufließt. Das Verhalten war am Licht und im Dunkeln dasselbe.

Wurden Knoten mit ihren beiden Blättern in feuchten Sand ausgelegt, so erzeugten sie viele Beiwurzeln, welche zu starken Wurzeln auswuchsen; die Knoten verdickten sich zu großen Knöllchen, und aus den Blattwinkeln trieben die Achselknospen aus (Taf. IX, Fig. 5), welche sich normal weiter entwickelten und kräftige Sprosse lieferten. Ob die Internodien an den Knoten gelassen oder abgeschnitten wurden, war ohne Einfluß. Diese Methode wurde auch zur vegetativen Vermehrung der Pflanze benutzt.

¹⁾ Nach Untersuchungen von Goebel, K., Allgemeine Regenerationsprobleme. (Flora. Bd. 95. 1905. S. 390.)

²⁾ Vergleiche Goebel, K., Morphologische und biologische Bemerkungen. Bd. 92. 1903. S. 133.

³⁾ Vergleiche Goebel, K., Über Regeneration im Pflanzenreich. (Biologisches Centralblatt. Bd. 22. 1902. S. 491.)

Sprosse konnten immer nur aus den Blattachsen erhalten werden, aus keinem anderen Teil der Pflanze, auch aus den Blättern nicht; obgleich sehr viele ausgepflanzt wurden. Wenn die ausgetriebenen Achselknospen entfernt wurden, so gingen neue Sprosse hervor, durch wiederholtes Entfernen konnten mehrere Sprosse aus einer Blattachse zum Entstehen gebracht werden. Die Erklärung dafür liegt einfach darin, daß in der Blattachse, wo sich sonst die Achselknospe des Seitensprosses befindet, das Gewebe des Stammvegetationspunktes eine Zeit lang im embryonalen Zustand verharrt und eine Anzahl von Sprossen in progressiver Reihenfolge bilden kann¹⁾.

Daß Sprosse nur aus den Blattachsen entstehen, beweisen auch Versuche, welche mit schon ausgebildeten Knollen angestellt wurden. Grundknollen von Topfpflanzen, deren Sprosse und Wurzeln alle abgeschnitten waren, wurden in feuchten Sand eingepflanzt, die einen mit ihrem apikalen Pol, also demjenigen, welcher den Blattachsen entspricht, und die andern mit dem basalen nach oben. Bei den Knollen, welche mit dem apikalen Pol nach oben zu liegen kamen, entwickelten sich die Sprosse und zwar aus dem apikalen Pol, also dem den Blattachsen entsprechenden Teil; sie krümmten sich negativ geotropisch und zeigten Etiolement, bis sie ans Licht kamen. Aus anderen Teilen der Knolle entwickelten sich keine Sprosse. Für die Wurzeln gilt dasselbe wie bei den vorhergehenden Versuchen; sie brechen aus allen Teilen der Knollen hervor, doch sind die Seitenteile bevorzugt.

2. Versuche mit Blättern.

Es mögen zuerst die Versuche mit Blättern so besprochen werden, wie sie aufeinander gefolgt sind, bevor versucht wird, eine Deutung der Resultate zu geben. Bei der Versuchsanstellung wurden, wo nicht speziell darauf hingewiesen wird, die Blätter auf oder in feuchtgehaltenen, mit genügend Nährstoffen durchtränkten Sand gelegt. Die Versuche a bis f nahmen am 27. Juli ihren Anfang und zwar bei Lichtzutritt.

a) 25 ganze Blätter wurden in Sand eingesetzt, so daß die Stiele in Sand und die Spreiten auf Sand zu liegen kamen. Bis zum 22. August bildete sich bei allen Blättern am basalen Ende des Stieles eine merklich größere oder kleinere Verdickung; bei zehn Blättern entstand außer derselben nichts weiter; bei zwölf wuchs aus dem basalen Ende des Blattstieles je eine 0,2 bis 1,3 cm lange Wurzel hervor; bei dreien entwickelte sich noch je eine solche in der Mitte des Stieles.

Am 2. September zeigten die Blätter folgendes Verhalten: Zwei Blätter waren zu Grunde gegangen; bei drei war keine Wurzelbildung eingetreten, sie starben später ab; bei 16 entsprangen eine bis drei Wurzeln aus dem basalen Ende des Stieles, welcher Teil sich zu Knöllchen von 2,5 bis 4 mm verdickt hatte;

¹⁾ Vergleiche Goebel, K., Organographie der Pflanzen. Jena 1898. S. 619.

bei vier Blättern entsprangen zwei oder drei Wurzeln aus dem Mittelstück des Stieles, bei welchen Blättern sich die Verdickung über den ganzen Stiel verbreitete, namentlich über das basale Ende.

Am 21. November waren noch 17 Blätter lebenskräftig. Bei den meisten entsprangen die starken meist unverzweigten bis zu zehn cm langen Wurzeln zu 2 bis 6 aus dem zu einem starken Knöllchen von 3 bis 7 mm Durchmesser herangewachsenen basalen Ende des Stieles. Eines dieser Blätter ist auf Tafel IX, Figur 6 photographiert; bei der geringeren Zahl von Blättern, wo die Wurzeln aus den basalen, wie aus den anderen Teilen des Stieles hervorkamen (Tafel IX, Figur 7), war der ganze Stiel mehr oder weniger verdickt. Später gingen einige von diesen Blättern zu Grunde; der Rest hielt sich den ganzen Winter über frisch, und bis zum August des nächsten Jahres trat keine wesentliche Veränderung an ihnen ein. Die Wurzeln vermehrten sich und wuchsen weiter, wie die Knöllchen auch an Umfang zunahmen und einen Durchmesser von über einen cm erreichten, aber keine Sprosse erzeugten, wie solche auch niemals aus Blättern erhalten werden konnten.

b) 25 ganze Blätter wurden mit der Oberseite auf trocken gehaltenen Sand gelegt, sodaß die Stiele nach oben ragten. Am 2. September waren fünf von ihnen abgestorben und bei vier keine Wurzelbildung eingetreten; bei 15 war aus dem basalen Ende des Stiels je eine 1 bis 1,5 mm lange Wurzel hervorgebrochen; bei einem Blatt hatten sich außerdem zwei aus dem Mittelteil des Stiels entwickelt. Merklich hat sich fast bei allen Blättern das basale Stielende etwas verdickt. Die aus diesen Blättern hervorgebrochenen Wurzeln sind später nicht weitergewachsen, sie blieben auf demselben gehemmten Zustand stehen, wie die Beiwurzeln der Stengelknöllchen; die Verdickungen nahmen auch nicht mehr zu. Mit der Zeit starben alle Blätter ab. Daß auch hier die Hemmung der Wurzelbildung nur auf ungenügende Feuchtigkeit zurückzuführen ist, wie bei den Stengelwurzeln, geht aus einem Parallelversuch hervor. Es wurden nämlich Blätter auf dieselbe Weise ausgelegt, nur daß sie immer begossen und mit Glasscheiben bedeckt wurden; die aus den meisten Blattstielen hervorgebrochenen Wurzeln wuchsen weiter und erreichten in kurzer Zeit den Sand. Bei diesen Blättern war die Knöllchenbildung an den Stielen eine nur sehr geringe und nahm auch nicht zu, wie auch keine weiteren Wurzeln hervorbrachen. Sie blieben lange Zeit, manche sogar den Winter über, am Leben, aber es trat keine weitere Veränderung an ihnen ein. Daß hier die Knöllchenbildung im Verhältnis zu Versuch a eine so geringe war, hat wohl seinen Grund teilweise auch darin, daß sie dort durch die Verdunkelung begünstigt, hier durch das Licht gehemmt war.

c) Je 30 Blätter wurden teils mit ihren Stielen, wie bei a, in feuchten Sand ausgepflanzt, teils mit der Oberseite auf Sand gelegt. Bei der Hälfte der Blätter beider Gruppen wurde die Hauptader an der Basis, bei der anderen Hälfte wurden einige Nebenadern durchschnitten. Anfangs gingen mehrere Blätter zu

Grunde. Bei den übrigen traten die Neubildungen auf dieselbe Art ein wie bei a und b. Die Spreiten blieben unverändert, die Schnittflächen vernarbten.

d) 25 Blätter, bei welchen der Stiel mit zwei Schnitten (Fig. 25, Blatt 6) entfernt war, wurden mit dem basalen Ende bis in halbe Höhe der Spreite in Sand gesteckt. Mehrere gingen schon nach kurzer Zeit zu Grunde, bei den anderen vernarbten die Schnittflächen. Es war bei diesen Blättern eine längere Zeit notwendig, bis Knöllchen- und Wurzelbildung eintrat, als bei den vorhergehenden. Am 4. Oktober waren noch 14 Spreiten lebenskräftig. Bei allen hatten sich an den beiden Schnittflächen ein oder zwei kleine Knöllchen gebildet, und bei 12 Blättern entsprangen aus dem basalen Ende der Knöllchen eine bis drei Wurzeln. Später nahmen die Knöllchen noch etwas an Größe zu, wie auch noch mehr Wurzeln hervorkamen (Tafel IX, Fig. 8).

e) Bei ebensoviel Blättern als bei d wurden die Spitzen abgeschnitten und mit dem apikalen Ende in Sand gesetzt. Ihr Verhalten war ein ähnliches, wie bei denen der Versuche b. Die Wurzeln entsprangen aus dem basalen Ende des Stiels. Die meisten blieben gehemmt; einige wuchsen, da sie immer feucht gehalten wurden, in den Sand. Die Schnittflächen der Spreiten vernarbten; nur bei einem Blatt wuchs aus der Schnittfläche in der Nähe der Hauptader eine 7 mm lange Wurzel hervor und wuchs weiter. Eine Verdickung der Spreite war nicht zu bemerken. Das Blatt wurde am 21. November photographiert (Tafel IX, Figur 9). Die noch übriggebliebenen Blätter dieses Versuchs wurden weiter kultiviert, doch starben alle, ohne weitere Neubildungen hervorgebracht zu haben, mit der Zeit ab. Auf dieselbe Weise wurden später noch viele Blätter ausgesetzt; doch wuchs keine Wurzel mehr direkt aus der Schnittfläche hervor.

f) Von Raciborski¹⁾ wurde an Blättern gewisser *Asclepiadaceen* eine Wiedergeburt der gewaltsam entfernten Vorläuferspitze nachgewiesen. Bei *Ceropegia Woodii* ist eine Regeneration derselben niemals eingetreten. Es wurden sowohl Blätter auf und in Sand gelegt, als auch auf die Lösungen in den Doppelschalen. Doch zeigten sie immer dasselbe Verhalten wie ganze Blätter. Die Schnittflächen vernarbten; aber eine Wiedergeburt der Vorläuferspitze wurde nicht beobachtet.

g) Blatthälften, Stücke der Lamina und Stiele wurden auf und zum Teil in Sand ausgesetzt; doch ging alles zugrunde, ohne Neubildungen hervorgebracht zu haben.

h) Bei Lichtabschluß ergaben die Versuche a bis f, was die Insertion der Wurzeln anbetrifft, dasselbe Resultat wie die Lichtkulturen. Knöllchenbildung trat bei ihnen ebenfalls, je nach der Versuchsanstellung in größerem oder geringerem Maße ein, anfangs sogar etwas früher, durch die Verdunkelung begünstigt. Doch starben die Blätter schon nach kurzer Versuchsdauer ab. Auch

¹⁾ Raciborski, l. c. S. 10.

entwickelten sich, wie bei Versuch b, die hervorgebrochenen Wurzeln bei den im Trockenen ausgelegten Blättern nicht weiter.

i) Sowohl am Licht als auch im Dunkeln wurden ganze Blätter und Blattstücke mit der Ober- und Unterseite auf die fünf Lösungen in den Doppelschalen gelegt. Doch ergaben sie nichts Nennenswertes, wie auch die meisten schon nach kurzem faulten. Später wurden noch mehr Blätter, welche von den Sprossen früherer Kulturversuche herstammten, in denselben Variationen, namentlich in Sand ausgesetzt, um die Ergebnisse noch weiter zu prüfen; sie waren im allgemeinen dieselben.

Erwähnt möge noch eine Versuchsreihe sein, welche am 28. Dezember 1905 auf feuchtgehaltenem Sand bei Lichtzutritt an-

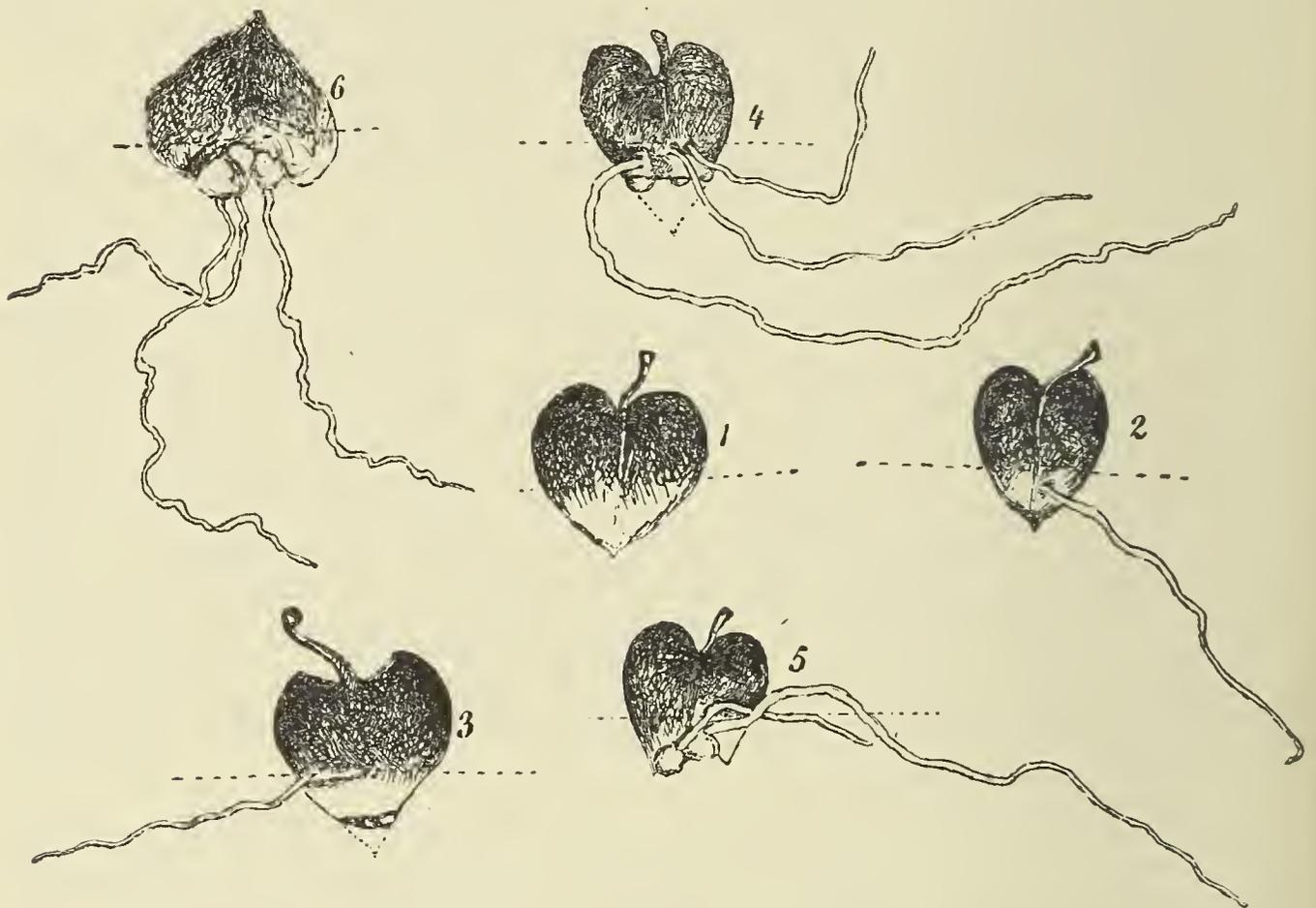


Fig. 25. Blätter mit Wurzeln von Sandkulturen (Erklärung im Text). Vergr. $\frac{1}{1}$.

gestellt wurde und bei welcher zwei Versuchsmethoden neu hinzukamen und eine schon früher angewendete ein anderes Ergebnis gab.

k) 15 ganze Blätter wurden mit dem apikalen Ende der Spreite in Sand gesetzt. Bei einigen brachen aus dem basalen Ende des Stieles Wurzeln hervor, welche im gehemmten Zustand verweilten. Nur bei zweien wuchsen sie in die Erde hinein. Knöllchenbildung trat nur sehr wenig an dem basalen Ende des Stieles ein. In den beiden folgenden Versuchsmethoden waren die Neubildungen am Stiel ähnlich. Die Blätter verblieben den ganzen Winter und Frühjahr über im Sand, ohne weitere Veränderungen zu zeigen. Am 26. Juni 1906 waren noch sechs Blätter am Leben. Bei allen diesen war der apikale Teil der Spreite, soweit er in der Erde war, hell, chlorophyllos und etwas verdickt geworden (Fig. 25, Blatt 1). Am Stiel war keine Knöllchenbildung eingetreten. Aus

dem basalen Teil der Verdickung, gerade an der Grenze, hatte sich aus einem Blatt eine 3 cm lange Wurzel entwickelt (Figur 25, Blatt 2). Später wuchs noch an zwei Blättern an derselben Stelle je eine Wurzel hervor. Die Verdickungen am apikalen Ende der Spreite erreichten eine ungefähr doppelte Dicke, wie der basale, assimilierende Teil über der Erde.

l) 38 Blätter, bei welchen die Spitze der Spreite mit einem Schnitt entfernt war, wie bei e, wurden mit dem apikalen Ende in Sand gepflanzt. Hier, wie auch bei m, trat die Knöllchenbildung früher ein als bei k. Bis zum 3. April 1906 waren 17 Blätter zu Grunde gegangen; bei zwölfen war keine Veränderung zu bemerken; bei neun hatten sich aus der Schnittfläche kleine Hervorwölbungen, Knöllchen, 1—2 an einem Blatt, gebildet; der in der Erde befindliche Teil der Spreite war auch etwas angeschwollen [Tafel IX, Figur 10 (von der Oberseite) und 11 (von der Unterseite)]. Wurzelbildung war an der Lamina bis dahin nicht zu bemerken. Bis zum 5. Mai hatten sich bei allen übriggebliebenen 16 Blättern an der Schnittfläche der Spreite kleine Knöllchen gebildet, die Verdickung des in der Erde befindlichen apikalen Teiles der Lamina hatte zugenommen, und bei zwei Blättern war aus dem basalen Ende der Verdickung je eine 1,5—2 cm lange Wurzel gewachsen. Am 26. Juni zeigte die Verdickung des in der Erde sich befindenden Abschnitts der Lamina mindestens die doppelte Breite, wie der basale, über der Erde befindliche Teil. Die Knöllchen an den Schnittflächen hatten an Größe etwas zugenommen. Aus zehn Blättern entsprangen eine bis mehrere Wurzeln, doch immer nur aus dem basalen Ende der knöllchenartigen Verdickung der Spreite, und zwar in gleichem Maße auf der Unter- als auf der Oberseite der Blätter (Fig. 25, Blatt 3 von der Unterseite und Blatt 4 von der Oberseite). Bei einem Blatt entwickelten sich sogar je eine Wurzel auf der Ober- und auf der Unterseite. Aus der Schnittfläche der Spreiten ging bei keinem Blatt eine Wurzel hervor, auch nicht aus der Mitte der Verdickung der Lamina, sondern immer aus ihrem basalen Ende.

m) Bei 36 Blättern wurden die Spitzen der Spreiten längs der Hauptader halbiert, und ebenso wie bei k und l mit dem apikalen Ende in Sand gesetzt. Am 3. April 1906 waren noch 21 Blätter vorhanden. Bei allen hatte sich bis zu dieser Zeit (Tafel IX, Fig. 12 [von der Unterseite] und Fig. 13 [von der Oberseite]) die Spitze verdickt, und aus den beiden Schnittflächen waren ein oder zwei kleine Knöllchen hervorgegangen. Wurzelbildung fehlte bis dahin. Bei den bis zum 26. Juni noch übriggebliebenen sechs Blättern (Fig. 25, Blatt 5) waren bei fünf aus dem basalen Teil der Knöllchen eine oder zwei Wurzeln gewachsen. Die Verdickung der Spitze hatte noch ziemlich zugenommen.

Hieran mögen noch die Ergebnisse der Versuche mit Blättern, bei welchen die Stiele entfernt und welche mit dem basalen Teil der Lamina in Sand gepflanzt worden waren, angeschlossen werden, weil bei diesen die Wurzeln (Fig. 25, Blatt 6) immer aus dem unteren, basalen Teil der Knöllchen den Ursprung nahmen, also

hier wie bei den Blättern mit halbiertes Spitze entsprungen, obgleich die Lage der Blätter eine umgekehrte war. Ehe dazu übergegangen wird, eine wenigstens teilweise Erklärung über die Ergebnisse dieser Versuche zu geben, seien einige allgemeine Probleme über die Regenerationserscheinungen, speziell die, welche sich auf Blätter beziehen, erwähnt.

Der Reiz, welcher die Neubildungen an Stücken von Pflanzen, z. B. an Blättern hervorruft, führt Goebel¹⁾ einmal auf die Verwundung als solche und dann auf die Unterbrechung des Zusammenhanges mit anderen Organen, speziell auf die Unterbrechung der Leitungsbahnen zurück. Daß Verwundung Veranlassung zur Neubildung geben kann, zeigen ja die Erscheinungen der Vernarbung (im weitesten Sinne). Daß aber bei der Regeneration nicht die Verwundung als solche in erster Linie in Betracht kommt, sondern die Aufhebung des Zusammenhanges mit anderen Organen, stellte Goebel an einer Anzahl von Fällen fest, so an dem Verhalten bewurzelter *Bryophyllum*-Blätter.

Namentlich durch Vöchtings²⁾ Untersuchungen ist die Aufmerksamkeit der Forscher auf jene Erscheinungen gelenkt worden, die man als Polarität zu bezeichnen pflegt. Diese äußert sich darin, daß bei Sproßstecklingen am apikalen Ende die Sproßbildung, am basalen die Wurzelbildung bevorzugt ist, während sich Wurzelstecklinge umgekehrt verhalten, und bei Blättern, worauf es hier speziell ankommt, in den typischen Fällen überhaupt keine Polarität hervortritt, sondern sowohl Wurzel- als Sproßbildung am basalen Ende auftreten. Nach Goebel³⁾ ist die Polarität bei der Regeneration der Ausdruck der in den Pflanzen vorhandenen Baustoffverteilung. Die Bevorzugung der Basis an Blättern hängt damit zusammen, daß in ihnen normal eine Wanderung der Baustoffe in basipetaler Richtung stattfindet.

Lindemuth⁴⁾ hat Blätter von 65 Arten zur Bewurzelung gebracht; doch nur bei 15 von diesen ist Sproßbildung eingetreten, es ist also nur ein kleiner Teil von Blättern befähigt, Sprosse hervorzubringen. Die Blätter von *Ceropegia Woodii* erzeugen, wie aus den Versuchen hervorgeht, leicht Wurzeln, sind aber nicht imstande, Sprosse zu bilden, welches Verhalten von Goebel als „unvollständige Regeneration“ bezeichnet wird. Daß auch bei ihnen keine Polarität hervortritt und die Wurzeln größtenteils an der Basis entstehen, also die Stromrichtung der Baustoffe für ihre Entstehung maßgebend ist, zeigen die Blätter, welche mit dem Stiel in Sand und die, welche mit der Oberseite auf Sand gelegt wurden.

¹⁾ Goebel, K., Morphologische und biologische Bemerkungen (Flora. Bd. 92. 1903. S. 133) und Allgemeine Regenerationsprobleme. (Flora. Bd. 95. 1905. S. 390.)

²⁾ Vöchting, H., „Über Organbildung im Pflanzenreich“. Teil 1. 1878.

³⁾ Goebel, K., Allgemeine Regenerationsprobleme. (Flora. Bd. 95. 1905. S. 407 und 409.)

⁴⁾ Lindemuth, H., Weitere Mitteilungen über regenerative Wurzel- und Sproßbildung auf Laubblättern (Blattstecklingen). (Gartenflora. 1903. S. 622.)

Bei beiden entstanden, obgleich die letzteren verkehrt lagen, die Wurzeln zunächst nur an der Basis des Stieles, erst später folgten diesen im Laufe der Zeit an manchen Blättern noch weitere Wurzeln auf der ganzen Länge des Stieles bis in die Nähe der Lamina, welches Verhalten auch Voechting¹⁾ für die Blätter von *Heterocertron diversifolium* angibt. An der Lamina selbst waren, wenn der Stiel entfernt war, die Wurzeln ebenfalls nur an der Basis inseriert, sie entsprangen immer aus den basalen Teilen der Knöllchen, welche sich aus den Schnittflächen gebildet haben. Auch bei allen übrigen Blättern, unbekümmert, zu welcher Jahreszeit sie zu den Untersuchungen von den Sprossen abgeschnitten wurden und welcher Versuchsreihe sie angehörten, gingen die Wurzeln anfangs nur aus dem basalen Teil des Stieles hervor. Nur bei einem einzigen Blatt (Taf. IX, Fig. 9) brach direkt eine

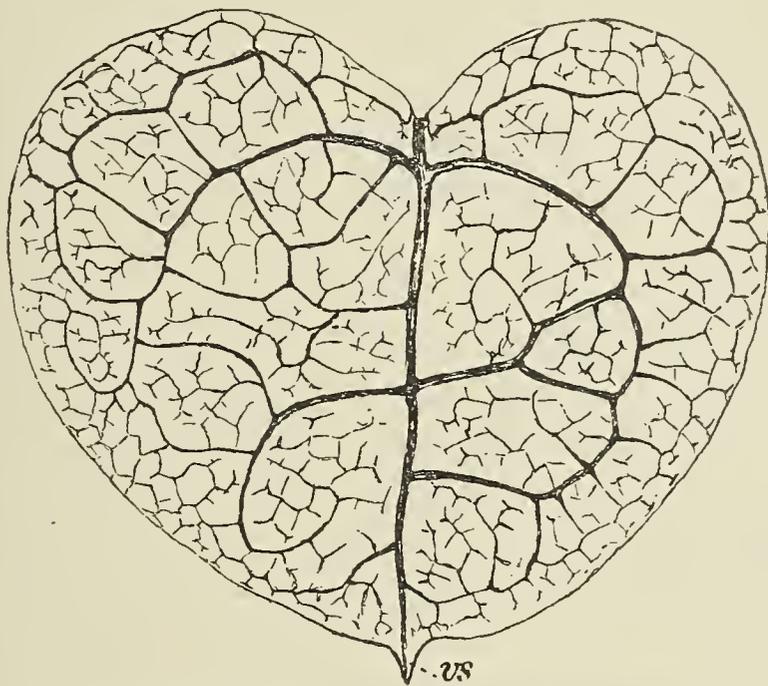


Fig. 26. Nervatur eines Blattes.
vs Vorläuferspitze. Vergr. $\frac{15}{1}$.

Wurzel aus der Schnittfläche der Spreite hervor, und zwar nicht aus der Hauptader, sondern aus dem seitlichen Teil. Wie aus den Versuchen namentlich von Voechting und Goebel hervorgeht, entspringen die Neubildungen nicht nur aus der Basis der interkalar wachsenden Blätter, sondern auch, wenn Blattstücke verwendet werden, aus der Basis der letzteren. Die Wurzeln entspringen bekanntlich immer endogen, für ihren Ursprung ist der Verlauf der Adern ausschlaggebend. In Figur 26 ist die Nervatur eines Blattes gezeichnet. Die Adern verlaufen nicht nur vom basalen zum apikalen Ende, dazwischen verbunden durch zahlreiche Anastomosen, sondern beschreiben häufig Bogen, sogar schon die Seitennerven erster Ordnung, sodaß ihr Verlauf ein umgekehrter wird. Auch die letzten Verzweigungen der Nervatur verlaufen unregelmäßig nach dem basalen wie apikalen Ende des Blattes zu. Wenn die Spitze eines Blattes mit solcher Nervatur entfernt wird,

¹⁾ Voechting, H., l. c. S. 101.

werden nicht nur die apikalen Enden der Nerven abgeschnitten, sondern es geschieht auch das Umgekehrte, sodaß das basale Ende einer Ader sich an der Schnittfläche und das apikale sich weiter in der Spreite drin befinden kann. Daß die Stromrichtung für das Entstehen der Wurzeln ausschlaggebend ist, geht aus den Ergebnissen an allen wurzeltreibenden Blättern hervor. Beim eben angeführten Fall war sie aller Wahrscheinlichkeit nach auch maßgebend, indem aus dem basalen Ende eines Nervs die Wurzel den Ursprung genommen hat. Dabei konnte auch der Wundreiz mitgewirkt haben, was daraus hervorgeht, daß er nicht nur Veranlassung zur Vernarbung, sondern auch zur Knöllchenbildung geben kann.

Ebenso wie für die Wurzelbildung ist die Stromrichtung für die Knöllchenbildung leitend. Die Knöllchen entstehen immer an der Basis der Stiele, und wenn diese abgeschnitten werden, an der Basis der Lamina; erst später ergreift die Verdickung weitere Teile des Stieles und der Lamina. Die Knöllchenbildung geht sogar der Wurzelbildung voraus, sodaß für die Weiterentwicklung der Wurzeln schon ein genügendes Material an Baustoffen vorhanden ist.

Schon komplizierter und schwieriger ist die Erklärung für die Blätter der Versuchsmethoden k, l und m. Auch bei diesen Blättern entstanden anfangs nur an der Basis der Stiele Knöllchen und Wurzeln. Daß die meisten auf dem gehemmtten Zustand stehen geblieben sind, kommt hier nicht in Betracht, doch übte dies einen ausschlaggebenden Einfluß auf das weitere Verhalten der Blätter aus; denn bei denjenigen, deren Wurzeln Boden gefaßt hatten, fand keine weitere Wurzelbildung an der Lamina statt. Also war den hier in Betracht kommenden Blättern der Versuchsreihen k, l und m wegen zu geringer Feuchtigkeit die Möglichkeit entzogen, die Wurzeln an den für sie prädisponierten Stellen zu entfalten. Auch die Knöllchenbildung war an diesen Stellen durch den Lichtzutritt gehemmt, obgleich sie normaler Weise an der Basis der Stiele sich bilden sollte, da ja die Stromrichtung die basipetale ist. Infolge der hemmenden Wirkung der Beleuchtung auf die Knöllchenbildung und der für das Entfalten der Wurzeln zu geringen Feuchtigkeit, wie andererseits durch die infolge Verdunkelung bewirkte Förderung der Knöllchenbildung wurde die Stromrichtung verändert. Daß sie sich verändert hat, geht daraus hervor, daß die Knöllchenbildung an dem apikalen, in der Erde befindlichen Teil vor der Wurzelbildung eintrat, also die Baustoffe für die Verdickungen nur aus dem basalen assimilierenden Teil der Blätter herkommen konnten. Zuerst erfolgte die Knöllchenbildung bei den Versuchsreihen l und m direkt aus den Schnittflächen hervor, und zwar eher als bei der Versuchsmethode k. Dies ist wohl auf den Wundreiz zurückzuführen, welcher an diesen Stellen eine schnellere und reichlichere Teilung der Zellen bewirkte. Daß er aber für die Knöllchenbildung nicht ausschlaggebend ist, zeigt die Versuchsmethode k, bei welcher sich der

apikale Teil der Lamina bei Abwesenheit jeglicher Verletzung um das Doppelte verdickt hat.

Das Entspringen der Wurzeln dieser Blätter aus dem apikalen Teil der Lamina war eine direkte Folge der Veränderung der Stromrichtung. Daß sie immer nur an dem basalen Teil der Verdickungen inseriert waren, kann mithin dahin gedeutet werden, daß die basalen Teile des Blattes für die Wurzelbildung die bevorzugten sind, was auch wohl damit im Zusammenhang steht, daß bei den interkalar wachsenden Blättern gegen die Basis zu immer jüngere Zonen liegen würden.

Ob die Erklärung des Ursprungs der Wurzeln aus dem basalen Teil der Verdickungen eine zutreffende ist, muß dahingestellt bleiben. Daß aber die Stromrichtung maßgebend ist für die Knöllchen- und Wurzelbildung, haben die angestellten Versuche aufs neue dargetan.

V. Zusammenfassung.

1. Sprosse treiben nur aus den Blattachsen der Knoten hervor; an Internodien, Blattstielen und Blattspreiten konnten solche nicht erzielt werden. Für die Knöllchen- und Beiwurzelbildung sind die Stengelknoten die prädisponierten Entstehungsorte. Bei bestimmter Versuchsanstellung (nach Isolierung) treten diese Bildungen auch an Internodien und Blättern auf.

2. Frei herabhängende Sprosse wachsen nur mit der Sproßspitze weiter; sie bilden normal an Knoten Stengelknöllchen und Beiwurzeln. Die Beiwurzeln haben ein beschränktes Wachstum, sie werden durchschnittlich nur 1 mm lang. Die Zahl der hervorgebrochenen Beiwurzeln entspricht der Größe der Knöllchen.

3. Bei auf Erde liegenden Sprossen bleiben die Beiwurzeln nicht dauernd im Wachstum gehemmt, sondern wachsen weiter und bilden kräftige auch verzweigte Wurzeln in der Erde. Es treiben auch Achselknospen aus und zwar meistens aus den Knoten, welche in die Erde gewachsene Beiwurzeln besitzen. Die Seitensprosse wachsen kräftig weiter.

4. In Leitungswasser kultivierte Sprosse zeigen reichliche Knöllchen- und Beiwurzelbildung; die Zahl der ausgetriebenen Achselknospen ist eine große; also werden die Sprosse durch Nahrungsmangel zu Neubildungen angeregt. Rohrzucker und Glycerin üben einen begünstigenden Einfluß auf die Knöllchen- und Beiwurzelbildung aus, dagegen wirken sie auf das Austreiben der Achselknospen hemmend. *Ceropegia Woodii* ist befähigt, mit Rohrzucker als einziger Nahrung Neubildungen zu erzeugen und wenigstens eine Zeit lang zu existieren; mit Glycerin nicht. Mit nur anorganischer Nahrung, ohne Assimilation, war das Weiterbestehen der Sprosse unmöglich.

5. Das Nichtaustreiben der Achselknospen ist auf unzureichende Zufuhr von Baustoffen und Wasser zurückzuführen. Infolge Hemmung des Wachstums der Sproßspitze werden die Achsel-

knospen der jüngeren Knoten zum Austreiben gebracht; wenn diese an der Entwicklung gehindert sind, werden neue erzeugt. Infolge Hemmung des Wachstums der Sproßspitze und des Austreibens der Achselknospen werden die Grundknollen zum Austreiben neuer Sprosse veranlaßt. Lichtabschluß ist auf das Austreiben der Achselknospen ohne Einfluß, auf das Weiterwachsen der Sprosse wirkt es hemmend. Durch die reichliche Wasser- und Nährstoffaufnahme begünstigen die Beiwurzeln, welche in die Erde gewachsen sind, das Austreiben der Achselknospen. Die Wachstumshemmung an den Vegetationsspitzen übt eine größere Wirkung auf das Austreiben der Achselknospen aus, als es die in die Erde gewachsenen Beiwurzeln tun (Wasser- und Nährstoffaufnahme). Infolge des Abschneidens der Blätter werden die Sprosse bestrebt, diese durch Austreiben von Achselknospen zu ersetzen.

6. Die Entwicklungshemmung der Beiwurzeln ist auf geringe Feuchtigkeit zurückzuführen. Jene Hemmung bewirkt als auslösender Reiz die Erzeugung weiterer Beiwurzeln. Für das Weiterwachsen der Beiwurzeln ist genügende Feuchtigkeit notwendig; Lichtabschluß wirkt nicht fördernd. Das Auswachsen der Beiwurzeln verringert das Hervorbrechen weiterer Beiwurzeln.

7. Die Wachstumshemmung der Vegetationsspitzen begünstigt die Knöllchenbildung; die Begünstigung ist noch größer, wenn sowohl die Vegetationsspitzen in ihrer Entwicklung gehemmt werden als auch das Austreiben der Achselknospen verhindert wird. Die Knöllchenbildung wird durch Lichtabschluß begünstigt, sogar veranlaßt.

8. Die Stromrichtung ist maßgebend für die Entstehung der Knöllchen und Wurzeln bei Blättern.

Literaturverzeichnis.

- De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der *Phanerogamen* und *Farne*. Leipzig 1877.
- Chauveaud, Gustave, Recherches embryogéniques sur l'appareil lactifère des *Euphorbiacées*, *Urticacées*, *Apocynées* et *Asclépiadées*. (Ann. sc. nat. Sér. 7. Tom. 14. 1891). Nach dem Referat von L. Klein. Botanisches Centralblatt. Band 48. 1891.
- Engler, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil IV. Abteilung 2. Leipzig 1895. Gartenflora. 1900.
- Godlewski, Biologisches Centralblatt. Band 9. 1899.
- Goebel, K., Allgemeine Regenerationsprobleme. (Flora. Band 95. 1905.)
- , Morphologische und biologische Bemerkungen. (Flora. Bd. 92. 1903.)
- , Über Regeneration im Pflanzenreich. (Biologisches Centralblatt. Bd. 22. 1902.)
- , Organographie der Pflanzen. Jena 1898.
- Jost, Ludwig, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1904.
- Krabbe, G., Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur und des Wachstums vegetabilischer Zellhäute. (Pringsheims Jahrbücher. Bd. 18. 1887.)
- Lindemuth, Weitere Mitteilungen über regenerative Wurzel- und Sproßbildung auf Laubblättern (Blattstecklingen). (Gartenflora. 1903. Heft 32.)

- Mayus, Oscar, Beiträge über den Verlauf der Milchröhren in den Blättern. (Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Bd. 18. 1905.)
- v. Mohl, Hugo, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. (Botanische Zeitung. 1855.)
- Petersen, O. G., Über das Auftreten bicollateraler Gefäßbündel in verschiedenen Pflanzenfamilien und über den Wert derselben für die Systematik. (Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. Bd. 3. 1882.)
- Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. Band 1 u. 2. 1904.
- Raciborski, Über die Vorläuferspitze. (Flora. Bd. 87. 1900.)
- Schenk, A., Handbuch der Botanik. Breslau 1882.
- Solereder, H., Über den systematischen Wert der Holzstruktur bei den *Dicotyledonen*. (Inaugural-Dissertation.) München 1885.
- Treiber, K., Über den anatomischen Bau des Stammes der *Asclepiadaceen*. (Botanisches Centralblatt. Bd. 48. 1891.)
- Vöchting, Hermann, Über die Bildung der Knollen. (Bibliotheca botanica. Heft 4. 1887.)
- , Über Organbildung im Pflanzenreich. Band 1. 1878.
- Zimmermann, A., Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.

Erklärung der Tafeln.

- Taf. IX. Fig. 1. Verzweigter Sproß einer Kultur in Leitungswasser nach 161 Tagen Versuchsdauer photographiert. An zwei Internodien sind aus dem apikalen Ende Beiwurzeln hervorgebrochen. Diese Figur zeigt auch die Versuchsanstellung der Fläschchenkulturen. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 2. Basales Stück eines unbeblätterten Sprosses einer Kultur in Leitungswasser. Beiwurzel- und Knöllchenbildung am Internodium, welches mit Watte umwickelt war. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 3. Basales Stück eines unbeblätterten Sprosses einer Kultur in Zuckerwasser. Beiwurzel- und Knöllchenbildung am Internodium, welches mit Watte umwickelt war. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 4. Isoliertes Internodium. Knöllchen- und Beiwurzelbildung an der Schnittfläche. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 5. Isoliertes Knöllchen mit Blättern. Reichliche Beiwurzelbildung und ausgetriebene Achselknospe. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 6. Blatt mit Knöllchen- und Beiwurzelbildung am basalen Ende des Stieles. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 7. Blatt mit Knöllchen- und Beiwurzelbildung an der ganzen Länge des Stieles. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 8. Blattspreite mit Knöllchen- und Beiwurzelbildung am basalen Ende. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 9. Blatt, bei welchem das apikale Ende der Spreite abgeschnitten ist. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 10 u. 11. Blätter, bei welchen das apikale Ende der Spreite abgeschnitten ist. Knöllchenverdickungen an der Schnittfläche. Vergr. $\frac{1}{1}$.
- „ Fig. 12 u. 13. Blätter, bei welchen das apikale Ende der Spreite durchschnitten ist. Knöllchenverdickungen an der Schnittfläche. Vergr. $\frac{1}{1}$.

Taf. X. Fig. 1. Sproß einer Kultur in Leitungswasser, nach 92 Tagen Versuchsdauer photographiert; entspricht der Tabelle No. 12. Apikaler Teil des Sprosses verdunkelt. Gesamtzahl der im Hellen ausgebrochenen Beiwurzeln (auf 5 Knoten berechnet) 16,2; der im Dunkeln 48,7. Gesamtvolumen der im Hellen verdickten Knoten (auf 5 Knoten berechnet) 10 cbmm; der im Dunkeln 2286,7 cbmm. Etiolierter Seitensproß aus einem apikalen Knoten. Vergr. $\frac{2}{3}$.

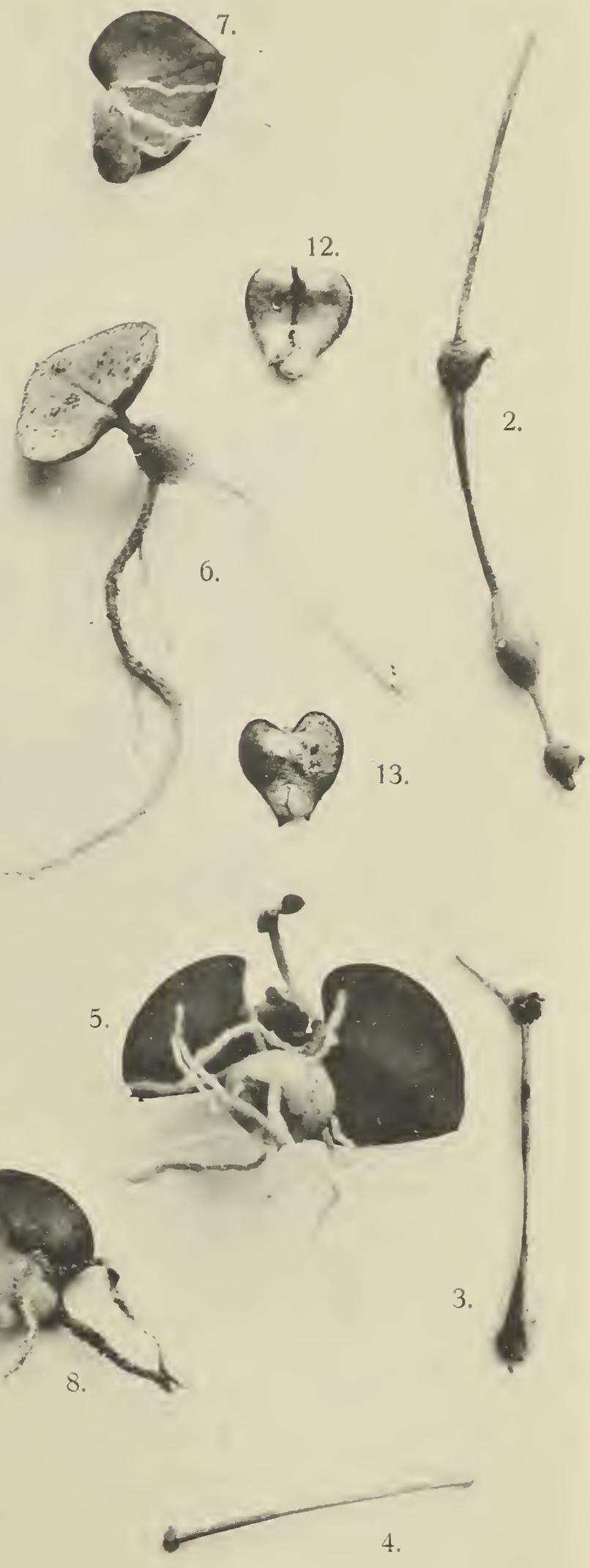
Sproß 2, 3, 4 und 5, Kulturen am Licht entnommen, nach 98 Tagen Versuchsdauer photographiert, gehören derselben Versuchsreihe an, entsprechen der Tabelle No. 6. Reihenfolge der Sprosse nach der Intensität der Knöllchen- und Beiwurzelbildung. Berechnungen auf 10 Knoten:

„ Fig. 2. Sproß einer Kultur in Leitungswasser. Hervorgebrochene Beiwurzeln 47,3; Gesamtvolumen der verdickten Knoten 843,5 cbmm. Vergr. $\frac{2}{3}$.

„ Fig. 3. Sproß einer Kultur in $\frac{1}{2}$ % Zuckerwasser. Hervorgebrochene Beiwurzeln 39; Gesamtvolumen der verdickten Knoten 638,9 cbmm. Vergr. $\frac{2}{3}$.

„ Fig. 4. Sproß einer Kultur in $1\frac{1}{2}$ % Zuckerwasser. Hervorgebrochene Beiwurzeln 32; Gesamtvolumen der verdickten Knoten 423,8 cbmm. Am basalen Knoten in Zuckerwasser entwickelte Beiwurzeln. Vergr. $\frac{2}{3}$.

„ Fig. 5. Sproß einer Kultur in Knop'scher Nährlösung. Hervorgebrochene Beiwurzeln 30; Gesamtvolumen der verdickten Knoten 216,6 cbmm. Am basalen Knoten in Knop'scher Nährlösung hervorgebrochene Beiwurzeln nicht weiter entwickelt. Vergr. $\frac{2}{3}$.







1.

2.

3.

4.

5.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [BH_23_1](#)

Autor(en)/Author(s): Glabisz Joseph

Artikel/Article: [Morphologische und physiologische Untersuchungen an Ceropogia Woodii Schlechter. 65-136](#)