

BOTANISCHES INSTITUT

der Universität Wien

Bibliothek

J.-Nr.

28.084

Sign.

C 539/1

hyper Same

beiträge

zur

vergleichenden Anatomie

der

Polemoniaceen.

60
Kristall p
abw. siff

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen naturwissenschaftlich - mathematischen Facultät

der

Grossh. Bad. Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Gustav Wölfel

aus Geesthaecht (Hamburg).

Heidelberg.

Buchdruckerei Moriell (Inh.: H. Moriell).

1901.



Meinen lieben Eltern

in Ehrfurcht und Dankbarkeit

gewidmet.

Einleitung.

Bei den Polemoniaceen treten vier, allerdings mehrfach durch Uebergänge mit einander verbundene Formen in die Erscheinung, und zwar diejenigen

- 1) der einjährigen Kräuter,
- 2) der perennierenden Stauden,
- 3) der aufrechten Holzpflanzen,
- 4) der kletternden Gewächse.

Die ersten drei Typen besitzen endständige, theils mehr theils weniger reich verzweigte Inflorescenzen, die vierte, die Gattung *Cobaea*, dagegen achselständige Einzelblüten.

In Wuchs und Aussehen besteht zwischen *Cobaea* einerseits, und manchen kletternden Bignoniaceen andererseits, eine grosse Uebereinstimmung; beide zeigen gleiche Stellung der Blüten, beide besitzen gefiederte ganzrandige Blätter, deren letzte Fiederblättchen zu Ranken geworden sind.

Es soll nun untersucht werden, ob den morphologischen Aehnlichkeiten solche des anatomischen Bau's entsprechen, auf Grund derer *Cobaea* eventuell

von den Polemoniaceen zu trennen und den Bigno-
niaceen zuzuteilen wäre.

Ferner sollen die vorhandenen Lücken, die die
anatomische Bearbeitung dieser Familie aufweist,
nach Möglichkeit ergänzt werden.

Bislang hat man sich mit ersterer speciell nicht
sonderlich beschäftigt, wenn auch Schlepegrell¹⁾,
Solereder²⁾ und Peter³⁾ die Stämme zahlreicher
Polemoniaceen untersucht haben.

In der Hauptsache war von dieser Familie be-
kannt erstens das Vorkommen collateralen Gefäss-
bündel, ferner das Auftreten einreihiger Markstrah-
len, mit Ausnahme von *Cobaea*, bei welcher letzterer
Gattung auch abweichend von den übrigen Pole-
moniaceen die Gefässe sehr weitlumig sind. Ferner
war festgestellt, dass der Kork, falls vorhanden, in
den äussersten Zelllagen des Phloems entsteht, und
in letzterem mehr oder minder häufig Bastfasergrup-
pen angetroffen werden.

Der Blattbau ist nur vereinzelt und beiläufig
von Solereder²⁾ und Petit⁴⁾ studiert.

Ausserdem finden sich noch einzelne Angaben
über die Behaarung von *Gilia tricolor* und *Collomia*
linearis in einem Aufsatz von Martinet⁵⁾, und solche

¹⁾ Schlepegrell, Vergl. Anatomie der Tubifloren, Bot.
Centralblatt 1892, I. S. 199—200 u. 225—230.

²⁾ Solereder, Syst. Anatomie der Dicotyl., S. 623.

³⁾ Peter, Nat. Pflanzenf., IV. T. Abt. 3a, S. 41—42.

⁴⁾ Petit, Pétiole des Dicotyl., Mém de la Soc. des sc. phys.
et nat. de Bordeaux Sér. 3 T. III, S. 346.

⁵⁾ Martinet, Org. de secrét. des vegetaux, Annales des
sciences naturelles Sér. 5, T. IV. 1872 S. 146.

über das Vorkommen drüsiger Zähnchen bei *Pol. coeruleum* in einer Schrift Reinke's¹⁾.

Die Wurzel hat überhaupt noch keine Bearbeitung gefunden, und die Samen sind nur auf ihre Quellungserscheinungen hin näher von Peter²⁾ untersucht.

Die Ergebnisse einer planmässigen Bearbeitung der Polemoniaceen von diesen Gesichtspunkten aus sollen hier niedergelegt werden.

Die Anregung zu dieser Untersuchung verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh. Hofrat Professor Dr. Pfitzer. Es sei mir auch an dieser Stelle gestattet, demselben für die stete Leitung und Ueberwachung meiner Arbeit, sowie für das Interesse an derselben meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen.

Ausgeführt wurde die Arbeit im Sommersemester 1900 und Wintersemester 1900/1901 im botanischen Institut zu Heidelberg.

An Material standen mir Pflanzen aus dem Heidelberger und Hamburger botanischen Garten zur Verfügung, ausserdem solche aus dem Herbarium des botanischen Instituts. Diese getrockneten Pflanzen wurden nach kurzem Aufkochen in eine Mischung von Wasser, Glycerin und Alcohol gebracht, um sie so zum Schneiden geeigneter zu machen.

Die Arbeit ist in drei Teile gegliedert; im ersten Teil sollen die einzelnen Gattungen in anatomischer Hinsicht besprochen, im zweiten der Versuch gemacht werden, die Gattungen und Arten

¹⁾ Reinke, Secretionsorgane, Pringsheim's Jahrbücher Bd. X. 1876. S. 156.

²⁾ Peter, Natürl. Pflanzenfamilien, IV. T. Abt. 3a. S. 41.

mit einander zu vergleichen und nach ihren gemeinsamen Merkmalen zu gruppieren, während ein Schlussabschnitt auf dasjenige aufmerksam macht, was die Polemoniaceen im anatomischen Bau an Besonderheiten bieten.

I. Anatomischer Teil.

Gattung: **Phlox.**

Untersucht wurden:

- Phlox aristata Mich. (Wurzel, Stengel, Blatt).
„ divaricata L. „ „ „).
„ Drummondii Hook(„ „ „ Samen).
„ glaberrima L. (Stengel, Blatt).
„ maculata L. („ „).
„ paniculata L. (Wurzel, Stengel, Blatt).
„ pilosa L. (Stengel, Blatt).
„ procumbens Gray („ „).
„ reptans Mich. (Wurzel, Stengel, Blatt).
„ sibirica L. („ „ „).
„ subulata L. (Stengel, Blatt).

Wurzel.

Auf dem Querschnitt einer jungen Wurzel von Ph. divaricata und Ph. aristata folgt auf eine aus schwach tangential gestreckten, nach aussen mässig

vorgewölbten und äusserst schwach verdickten Zellen bestehende Epidermis als nächste Lage die äussere Endodermis, ebenfalls aus vollständig dünnwandigen, schon etwas mehr tangential gedehnten Elementen aufgebaut, die lückenlos aneinander schliessen, an Grösse aber sämtliche sonst in der primären Anlage vorhandenen Zellen übertreffen.

Das etwa sechs- bis achtschichtige, nicht deutlich in Reihen angeordnete Rindengewebe, von dem centralen Gefässbündel durch eine aus länglich rechteckigen Zellen gebildete Schutzscheide getrennt, zeigt unverdickte, mässig weitleumige, an Grösse ziemlich gleiche Parenchymzellen mit zahlreichen Intercellularräumen.

Die Mitte der Wurzel wird von einem diarchen Gefässbündel eingenommen; die Zahl der primären Gefässe beträgt fünf bis sieben und sind dieselben etwas weiter als die angrenzenden Siebröhren und übrigen Phloemelemente. Letztere erscheinen im Querschnitt als zartwandige, kleine Zellen ohne primäre Bastfasern.

Nach eingetretener Cambialthätigkeit entstehen nicht nach allen Richtungen hin gleichmässig Gefässe und Holzfaserzellen, es tritt vielmehr an verschiedenen Stellen eine Bildung von sekundären Markstrahlen auf, die teils mehr teils weniger tief zwischen die verholzten Elemente eingreifen.

Besonders deutlich sind diese Markstrahlen bei *Phlox paniculata*¹⁾. An zwei einander gegenüberliegenden Punkten, und zwar gerade vor den ältesten und engsten Gefässen entstehen dünnwandige Zellen, die sich keilförmig und radiat angeordnet in den Xylemkörper hinein erstrecken. Mit dem Dickenzuwachs der Wurzel hält auch die Vergrösserung dieser Gewebekomplexe gleichen Schritt, ohne dass

¹⁾ Fig. I.

an den betreffenden Stellen zeitweilig wieder Holzfasern oder Gefässe gebildet werden.

Bei *Ph. sibirica*, einer Geröllpflanze, findet eine einseitige Entwicklung des Xylems statt, durch die der Holzkörper excentrisch wird.

Die Gefässe, schwächer als die Holzfaserzellen vertreten, übertreffen diese an Lumen. Im Xylemkörper lässt sich bei allen untersuchten Species eine einigermassen radiäre Anordnung der Elemente erkennen. Die Gefässe liegen im Holz ziemlich gleichmässig verstreut; eine Ausnahme macht *Ph. Drummondii*, bei der sich auch die Gefässe sehr deutlich in Reihen einstellen. Ihre Wandungen zeigen schwach gehöfte, gekreuzte oder horizontal gerichtete, nicht in scharf hervortretende Vertikallinien gestellte Poren, die bei *Ph. divaricata* mehr breit gezogen sind; in Folge dessen erinnern die Gefässe entfernt an Treppengefässe.

Die Durchbrechungen sind überall einfach, kreisrund bis elliptisch und mässig schräg gestellt.

Die Holzfaserzellen, auf dem Querschnitt in der Richtung des Radius zusammengedrückt und nicht besonders dickwandig, bestehen zum grössten Teil aus nicht sehr lang gezogenen Tracheiden mit schwach gehöften, gekreuzten Poren, zum Teil aus sehr stark prosenchymatisch zugespitzten Librifasern mit spaltenförmigen Poren.

Holzparenchym findet sich bei den untersuchten Species nur vereinzelt und besteht dann aus länglich rechteckigen Zellen mit mässig verstärkten Wandungen und kleinen rundlichen Hoftüpfeln.

Die im Holzkörper vorhandenen secundären Markstrahlelemente von ungefähr kubischer Gestalt sind nur vereinzelt mit rundlichen Poren versehen.

In älteren Stadien zeigt die Wurzel ein sechs Zelllagen stark entwickeltes, der Bastfasern ebenfalls entbehrendes secundäres Phloem.

An das bei *Ph. paniculata*, *Ph. aristata* und *Ph. divaricata* noch erhaltene Rindenparenchym grenzt die äussere Endodermis, deren Zellen ziemlich gross, weiltumiger als die der übrigen Rinde und tangential gestreckt sind; ihre Wandungen sind bei *Ph. aristata* und *Ph. divaricata* unverdickt. Bei *Ph. paniculata* zeigen die Zellen dieser Endodermis eine besonders auffallende Form; sie sind nach der Peripherie der Wurzel zu regelmässig bogenförmig vorgewölbt und an den äussern Wandungen besonders stark verdickt. In einheitlich geschlossener Kette, an einigen wenigen Stellen von Durchlasszellen unterbrochen, umschliessen sie den grössten Teil der Wurzel.

Bei *Ph. Drummondii* und *Ph. reptans* ist durch innerhalb der Schutzscheide entstandenen Kork das äussere Rindengewebe abgeworfen.

Bei *Ph. sibirica* endlich tritt eine ungleichseitige Peridermbildung auf. Während auf der Seite, an welcher der Holzkörper schwächer entwickelt ist, das Phloem Kork erzeugt, durch den nicht allein die primäre Rinde, sondern auch das gesammte sekundär entstandene Phloem abgeworfen wird, bleibt letzteres auf der konvexen Seite erhalten, da erst zwischen ihm und der inneren Endodermis Phellogen entsteht, und so nur die primäre Rinde abstirbt.

Stengel.

Die Epidermis eines sehr jungen Stengels von *Ph. divaricata* besitzt etwas tangential gestreckte,

nicht sehr hohe, schwach verdickte Zellen, die von einer zarten Cuticula überzogen sind. Mit Zunahme des Alters findet nun eine Veränderung und Verstärkung dieser Zellen statt. Die Epidermis zeigt dann sehr stark längs gestreckte, nur sehr wenig vorgewölbte Elemente, deren Tangentialwände sehr mächtig, deren Radialwände aber nur schwach verdickt sind. Bei *Ph. Drummondii*, *Ph. reptans* und *Ph. divaricata* zeigen alle Wandungen zahlreiche bald grössere bald kleinere spaltenförmige Poren; ausserdem lassen sich bei *Ph. Drummondii* zu einreihigen, mehrzelligen, einfachen Haaren ausgewachsene Epidermiszellen beobachten, ebenso an jüngeren Stengeln von *Ph. subulata*; bei letzterer Species sind auch, wie Schlepegrell¹⁾ an *Ph. bifida* gefunden hat, diese Zellen häufig papillenartig ausgezogen.

Die Zahl der Zelllagen des folgenden Rindengewebes, das nur höchst undeutlich in Reihen liegt, ist bei den einzelnen Species sehr verschieden; wir finden bei *Ph. reptans* und *Ph. subulata* deren zwölf, während die übrigen Vertreter dieser Gattung nur sechs bis sieben Schichten zählen lassen. Ebenso ist auch die Ausbildung dieser Elemente eine ungleiche; bei den meisten Arten von *Phlox* sind die Zellen des Rindenparenchyms nur mässig collenchymatisch verdickt. *Ph. subulata*²⁾ und *Ph. procumbens* dagegen besitzen ein bis auf die äusseren zwei bis drei der Assimilation dienenden Zellschichten verholztes und mässig verdicktes Gewebe, dessen parenchymatische Zellen auf dem Längsschnitt etwas in die Länge gezogen sind und zahlreiche sehr schräg gestellte Poren besitzen. Einzelne Sclerenchymfasern finden sich hier bei *Ph. glaberrima*.

¹⁾ Schlepegrell, a. a. O. S. 199—200.

²⁾ Schlepegrell, a. a. O. S. 200.

Während in jüngeren Stengeln eine Schutzscheide noch nicht deutlich hervortritt, ist sie in älteren Stadien leicht sichtbar und zeigt dann tangential gestreckte, sehr regelmässige, dünnwandige Zellen mit den charakteristischen Caspary'schen Punkten.

Das ursprünglich vorhandene grosszellige, zartwandige Markgewebe bleibt auch in älteren Stengelteilen bei den meisten Vertretern dieser Gattung ungefähr ebenso erhalten. In der Nähe der primären Gefässe freilich findet eine schwache Verholzung der dünnwandigen Markzellen statt, die mit Grössenzunahme der letzteren nach innen allmählich schwindet. *Ph. paniculata* und *Ph. divaricata* besitzen ein sehr verdicktes, bei ersterer Species noch nebenbei stark verholztes Markgewebe, dessen einzelne Zellwände mit zahlreichen elliptischen Poren besetzt sind.

Ph. glaberrima zeigt im Mark noch einige verstreut liegende, ziemlich weitleumige Sclerenchymfasern mit deutlich sichtbarer Schichtung und verzweigten Poren.

Das in jungen Stengeln wohl in Folge sehr frühzeitig auftretender Tangentialteilung sehr deutlich in Reihen angeordnete etwa sechs bis acht Zelllagen starke Phloem zeigt später wenig gleichmässige Elemente, die namentlich in ihren äusseren Lagen häufig verdickte Wandungen besitzen und von aussen nach innen an Grösse abnehmen.

Die von Schleppegrell¹⁾ angeführte Verholzung des Phloem's, mit Ausnahme einiger Nester englumiger Zellen, konnte meinerseits bei der Gattung *Phlox* nicht beobachtet werden.

Secundären Bastfasern begegnet man äusserst selten. Bei *Ph. glaberrima* zieht sich an der Innenseite der Endodermis ein bald mehr bald weni-

¹⁾ Schleppegrell, a. a. O. S. 200.

ger stark unterbrochener Ring solcher Zellen hin; sie sind sehr englumig und besitzen auf den stark verdickten Wandungen zahlreiche spaltenförmige Poren. Bei *Ph. procumbens* liegen einzelne kleine Bastfasergruppen im Phloem verstreut.

Der ringförmige Holzkörper, bei den kriechenden und ausdauernden Arten, wie *Phlox subulata* und *Ph. procumbens* sehr kräftig, bei der einjährigen *Ph. Drummondii* schwach, bei den übrigen untersuchten Species mässig stark entwickelt, zeigt überall einen sehr deutlich radiären Bau und gleichmässige Ausbildung.

Schlepegrell¹⁾, der angiebt, in kriechenden resp. liegenden Stengeln bei *Ph. subulata* einen ungleich entwickelten Holz- und Bastkörper angetroffen zu haben, sieht hierin eine Differenzierung in Ober- und Unterseite und nimmt an, dass derselben entsprechend die Ausbildung von Xylem und Phloem eine ungleiche sei. Querschnitte durch mehrere auf einander folgende Internodien lassen erkennen, dass die verschieden starke Entwicklung von Holz- und Bastkörper mit dem Austreten der decussierten Seitensprosse in Verbindung steht, und dass sich somit die ungleichseitige Ausbildung des Xylemkörpers, die mit einer elliptischen Abplattung des Markcylinders Hand in Hand geht, von einem Knoten zum andern um neunzig Grad verschiebt.

Die schon durch ihre Reihenanordnung auffallenden engsten Gefässe springen bei Arten mit mässig entwickeltem Holzkörper wenig strahlenförmig ins Mark vor; bei *Ph. subulata* und *Ph. procumbens* ist dies überhaupt nicht der Fall.

Die sekundären Gefässe, im Vergleich zu den übrigen Holzelementen nur sehr spärlich vertreten,

¹⁾ Schlepegrell, a. a. O. S. 225.

liegen teils einzeln teils zu mehreren vereint im Xylem verstreut und lassen keine deutliche Reihenanzordnung erkennen. Die Wandungen besitzen zum Teil zahlreiche gehöfte, rundliche oder gekreuzte Poren, die mehr oder weniger dicht gedrängt stehen, zum Teil etwas breiter gezogene, gerade orientierte Poren, die in undeutliche Spirallinien sich einstellen.

Die Perforationen sind bei allen untersuchten Species einfach, grösstenteils elliptisch und schräg gestellt.

Die Holzfaserzellen, auf dem Querschnitt in tangentialer Richtung gestreckt, sind meist sehr lang gezogene Librifasern; ihre stark verdickten Wandungen zeigen nicht gleichmässig verteilte schräg gerichtete Schlitzporen.

Die hier nur schwach vertretenen Tracheiden mit den schon bei den Gefässen angeführten Verdickungen sind kurz und wenig zugespitzt.

Holzparenchym ist nur sehr vereinzelt anzutreffen; die ziemlich dickwandigen Zellen besitzen kleine rundliche Hoftüpfel.

Einreihige Markstrahlen, die Schleppegrell¹⁾ bei der gesamten Gattung Phlox gefunden zu haben angiebt, konnten bei keiner meinerseits untersuchten Species beobachtet werden. Die oberflächliche Betrachtung des Querschnittsbildes von Phlox lässt allerdings dunkler erscheinende Zellreihen erkennen, die man auf den ersten Blick wohl für Markstrahlen halten könnte, trotzdem sie wie die übrigen Xylemzellen verholzt und ihnen an Grösse vollständig gleich sind. Ein Längs- oder besser noch ein Tangentialschnitt zeigt aber wohl zahlreiche typisch gebaute Holzfaserzellen und Gefässe, von den sonst so leicht kenntlichen Markstrahlen aber keine

¹⁾ Schleppegrell, a. a. O. S. 205.

Spur. Auch der völlige Mangel an Stärke dürfte diese Ansicht bestätigen; Reaktionen mit Jod hatten keinen Erfolg.

Peridermbildung tritt bei dieser Gattung nur vereinzelt auf und zwar bei *Ph. subulata* und *Ph. sibirica*. Bei beiden Species entsteht in älteren Stengeln, wie auch Schlepegrell¹⁾ bei *Ph. subulata* und Peter²⁾ bei *Ph. stellaria* beobachtet haben, zwischen Phloem und Schutzscheide Phellogen, so dass durch den gebildeten Kork die ganze primäre Rinde abgeworfen wird.

Ein Auftreten von Periderm bei *Ph. aristata* und *Ph. pilosa*, von Schlepegrell¹⁾ angeführt, konnte nicht beobachtet werden.

Blatt.

Der Bau aller untersuchten Blätter ist dorsiventral.

Die Epidermis der beiden Blattflächen ist stets einschichtig; ihre Zellen erscheinen auf dem Flächenschnitt meist länglich gestreckt und greifen mit ihren gewellten Rändern bald tief (*Ph. aristata*, *Ph. reptans* und *Ph. procumbens*) bald weniger tief und unregelmässig (bei den übrigen Species) ineinander. Nur *Ph. glaberrima* und *Ph. subulata* zeigen von der Fläche gesehen sehr gleich gestaltete Zellen mit regelmässig gebuchteten Rändern.

Die Wandungen der auf dem Querschnitt tangential gestreckten Zellen zeigen sich verschieden stark ausgebildet. Innen- und Seitenwände sind überall dünn-

¹⁾ Schlepegrell a. a. O. S. 205.

²⁾ Peter, Natürl. Pflanzenfam. IV. T. Abt. 3 a. 1891 S. 41.

wandig, anders die Aussenflächen; während letztere bei *Ph. reptans*, *Ph. glaberrima*, *Ph. aristata*, *Ph. pilosa* und *Ph. procumbens* sehr, bei *Ph. sibirica*, *Ph. subulata* und *Ph. maculata* wenig verdickt sind, zeigen die übrigen Arten an dieser Stelle keine Verdickung. *Ph. paniculata*, *Ph. reptans*, *Ph. divaricata* und *Ph. procumbens* besitzen zahlreiche deutlich sichtbar länglich elliptische Poren auf den Quer- und Längswänden der Epidermiszellen. An den Blatträndern und am Hauptnerv sind die Oberhautzellen quadratisch und nach aussen stärker vorgewölbt. Eine zarte, schwach wellig gestreifte Cuticula überzieht die Epidermis.

Trichome und zwar einfache mehrzellige Spitzhaare finden sich nur bei *Ph. sibirica*, *Ph. aristata*, *Ph. pilosa* und *Ph. Drummondii*; bei letzterer Species erreichen sie mit vierzehn Zellen die grösste Länge; ferner kommt bei dieser Pflanze noch als besondere Erscheinung hinzu, dass die Epidermiszellen nicht mit ihrer ganzen Aussenfläche vorgewölbt sind, sondern nur aus deren Mitte die Haare heraustreten lassen.

Die Verteilung der einfachen und äusserst gleich gestalteten Spaltöffnungen ist auf Ober- und Unterseite nicht dieselbe. Bei *Ph. subulata*, *Ph. sibirica* und *Ph. aristata* sind solche auf beiden Seiten, bei den übrigen Species nur auf der Unterseite sehr reichlich vertreten. Die Spaltöffnungen haben normale Form und, wie schon Solereder¹⁾ angiebt, keine Nebenzellen. Sie entstehen bei *Ph. subulata*, indem sich nach der Spitze des Blattes zu etwa dreieckige Zellen abtrennen, die dann später durch Längsteilung die beiden Schliesszellen bilden. Bei der gesammten Gattung *Phlox* stellen sich die Spaltöffnungen in die Längsrichtung.

¹⁾ Solereder, Syst. Anat. der Dicotyled. S. 623.

Das Pallisadenparenchym, durchweg gut ausgebildet, ist an der Blattoberseite meistens zwei-, an den Blatträndern dreischichtig, und stellen sich hier die Pallisadenzellen unter geringer Verkürzung strahlenförmig auf das äusserste Gefässbündel ein. *Ph. reptans* besitzt durchgängig ein dreischichtiges derartiges Gewebe. Die Zellen stossen mit geradlinigen Rändern aneinander und sind durchschnittlich zwei bis dreimal, bei *Ph. divaricata* drei bis viermal so lang als breit. Die äussere Schicht ist kaum länger als die zweite. Ueber dem Blattnerve wird das Pallisadenparenchym, mit Ausnahme von *Ph. subulata* und *Ph. sibirica*, von dünnwandigem, chlorophyllfreien Gewebe unterbrochen.

Das Schwammparenchym ist hinsichtlich des Baues der Zellen und der vorhandenen Intercellularräume überall gleich beschaffen. Die einzelnen, in mehrere Zipfel ausgezogenen Zellen berühren sich mit ihren Vorsprüngen und führen sämtlich Chlorophyll.

In stiellosen Blättern, wie sie den meisten Phlox zukommen, wird der Hauptnerve von einer aus länglich gestreckten, dünnwandigen, lückenlos aneinander schliessenden Zellen gebildeten Mesophyllscheide umschlossen. Innerhalb dieser umgiebt bei *Ph. maculata*, *Ph. divaricata* und *Ph. reptans* ein teils unterbrochener Ring stark collenchymatisch verdickter Zellen das innen liegende Gewebe.

In dem im Querschnitt sichelförmigen Gefässbündel zieht sich der Unterseite des Blattes zugekehrt das äusserst kleinzellige, englumige, etwa achtschichtige Phloem bis an die äussersten Ränder des Xylems hin. Hierauf folgt ein überall streng radiates Xylem, das bei *Ph. pilosa* und *Ph. divari-*

cata an vier bis fünf Stellen von markstrahlartigem dünnwandigen Gewebe unterbrochen wird.

Die ältesten und engsten Gefässe stellen sich auch hier deutlich in Reihen und springen auffallend strahlenförmig in das anstossende kleinzellige Gewebe vor.

Das Xylem hat die beim Stengel angegebene Zusammensetzung und Form der Zellen.

Samen.

Eine stark verdickte gebräunte Testa, deren einzelne Zellen kaum noch zu erkennen sind, umgibt ein sehr entwickeltes Endosperm. Die äusserst regelmässigen, im Querschnitt sechseckigen Zellen dieses Nährgewebes besitzen sehr mächtig verdickte Wandungen und enthalten reichlich Stärke. Der central gelegene, mässig ausgebildete Keimling lässt auf dem Längsschnitt zwar überall deutlich die Histogene erkennen, sehr wenig sichtbar aber den Stammvegetationspunkt hervortreten.

Eine Verschleimung der Testa, von Peter¹⁾ bezweifelt, liegt bei der Gattung Phlox allerdings nur in geringem Maasse vor. Erst nach längerem Liegen im Wasser tritt eine Quellung der äusseren Zellen ein, indem sie allmählich ohne Austreten von Spiralfasern aufquellen und sich teilweise in weniger deutlichen Gruppen vom Samen loslösen.

Walliserak zitirt Hofmeister als Pflanzenbaukunde (p 216)

¹⁾ Peter, a. a. O. S. 41.

Gattung: *Polemonium*.

Untersucht wurde:

- Pol. *coeruleum* L. (Wurzel, Stengel, Blatt, Samen).
- „ *humile* Willd. ex Roem (Stengel, Blatt).
- „ *mexicanum* Benth. („ „).
- „ *pauciflorum* Wats. (Wurzel, Stengel, Blatt).
- „ *pulchellum* Benth. (Stengel, Blatt).
- „ *reptans* L. („ „).

Wurzel.

Eine junge Wurzel von *Pol. coeruleum* bietet folgendes Bild:

Die Epidermis zeigt im Querschnitt Zellen, die schwach tangential gestreckt und teilweise zu dünnen Wurzelhaaren ausgewachsen sind, die äussere Endodermis solche mit mehr radialer Streckung und von ziemlicher Grösse; beide Zellschichten besitzen schwach verdickte Wandungen. Die primäre Rinde, etwa fünf bis sechs Zelllagen stark, zeigt keine Reihenordnung. Eine normale, aus tangential gestreckten, zartwandigen Zellen gebildete innere Schutz-

scheide umschliesst das centrale diarche Gefässbündel, das sieben primäre Gefässe aufweist und seitlich von einem normalen, kleinzelligen Phloem begrenzt wird.

Die weitere Ausbildung des Holzkörpers zeigt eine gewisse Uebereinstimmung mit Phlox.

Beide untersuchten Species lassen an älteren Wurzeln, in denen schon eine rege Thätigkeit des Cambiums stattgefunden hat, ein sehr unregelmässig entwickeltes Xylem erkennen.

Bei Betrachtung auf dem Querschnitt fällt zuerst auf, dass der Holzkörper bei *Pol. coeruleum* wenig, bei *Pol. pauciflorum* stärker excentrisch ist, und ferner, dass auch hier das Cambium nach innen nicht nur Holzelemente entstehen lässt, vielmehr in grösseren oder kleineren Abständen bald wenige bald viele unverdickte und unverholzte Zellen ins Holz hineinschickt.

Während beim Auftreten solchen markstrahlartigen Gewebes in der Gattung Phlox eine ziemliche Regelmässigkeit und Uebereinstimmung zu konstatieren war, und dasselbe Cambium nicht bald verholzte bald unverholzte Elemente entstehen liess, ist bei *Polemonium* von einer derartigen Regelmässigkeit nichts zu bemerken. Mitten im verholzten Gewebe, umschlossen von Gefässen und Holzfaserzellen finden sich solche Gruppen dünnwandiger Zellen. Eine radiäre Anordnung des Xylems ist nicht zu erkennen. Die Gefässe haben bald dasselbe bald ein wenig grösseres Lumen als die übrigen Elemente; sie stehen nicht deutlich in Reihen, wohl aber lassen sich auf dem Querschnitt zwei leicht sichtbare Kreise von Gefässen beobachten, ein Zeichen dafür, dass im ganzen Wurzelumfang das Cambium zu gleicher Zeit hat Gefässe entstehen lassen; letztere sind auch sonst

noch im Holzkörper vielfach verstreut. Mit einfachen, sehr breit gezogenen, zum Teil in sehr auffallenden Vertikallinien angeordneten Poren sind die Wandungen der Gefässe dicht besetzt, und erinnern letztere hier in weit höherem Maasse als bei *Phlox divaricata* an Treppengefässe. Gekreuzte Poren sind nicht vorhanden, die Durchbrechungen wieder einfach, von der bekannten Gestalt und mässig schräg orientiert.

Die Holzfaserzellen, auf dem Querschnitt nach keiner Richtung besonders verkürzt, bestehen zum grössten Teil aus vielfach sehr spitz ineinander greifenden Tracheiden mit den bei den Gefässen beschriebenen Verdickungen. Die Librifasern, nur in geringer Zahl vorhanden, besitzen langgestreckte Form, stark verdickte Wandungen und weniger breit gezogene, schräg gestellte Poren.

Holzparenchym ist nicht vertreten.

Die als markstrahlartige Gewebe bezeichneten dünnwandigen Zellen sind hier sehr in die Länge gezogen und prosenchymatisch zugespitzt; die Wandungen besitzen keine Poren.

Das Phloem, bei dieser Gattung etwa sechzehn bis zwanzig Zelllagen stark, zeigt namentlich in der Nähe des Cambiums noch sehr deutliche Reihenordnung. Bastfasern fehlen.

Innerhalb der Endodermis, an der äusseren Grenze des Phloems tritt Korkbildung auf; infolge dessen wird die primäre Rinde abgeworfen.

Stengel.

Die Epidermis zeigt in jüngeren Stengeln äusserst gleichmässige, etwa quadratisch geformte un-

verdickte Zellen, die sich nur wenig nach aussen vorwölben; an älteren Sprossstücken ist zugleich mit einer tangentialen Streckung eine starke Verdickung ihrer Innen- und Aussenwände eingetreten. Einreihige Spitzen- wie Drüsenhaare, letztere mit ungetheilten Köpfchen, sind, wenn auch nicht in grosser Menge, bei *Pol. humile*, *Pol. pauciflorum* und *Pol. pulchellum* zu bemerken.

Die äusserste Lage der nun folgenden primären Rinde zeichnet sich durch grosse Regelmässigkeit in Bau und Grösse ihrer Elemente aus; letztere sind ungefähr doppelt so gross als die Zellen der Epidermis und unverdickt. Die übrigen sechs bis sieben Schichten dieses Gewebes bestehen bei allen untersuchten Species aus dünnwandigem grosszelligem Parenchym, von dem Gefässbündeln durch eine deutlich sichtbare, aus unverdickten, tangential gestreckten Zellen aufgebaute Endodermis getrennt.

Eine Verholzung des stark entwickelten und verdickten Mark's ist bei *Pol. coeruleum*, *Pol. pauciflorum* und *Pol. humile* zu bemerken.

In der Nähe des Xylems ist es, weil hier noch sehr kleinzellig und englumig, von dem sekundär entstandenen Holz kaum zu unterscheiden. Erst nach der Mitte des Stengels hin nimmt die Grösse der Zellen zu, die Verholzung der hier mässig verdickten Wandungen ab. Auf den Längsschnitt sind die Markzellen länglich rechteckig und in Reihen übereinander geordnet, ihre Wandungen mit zahlreichen zerstreuten Poren besetzt. Von dieser Verholzung des Markgewebes bei den eben angeführten Arten sind nur einige kleine Zellgruppen ausgenommen, die zwischen den ältesten und engsten Gefässen liegen. Ebenso wie im verholzten, so fallen auch im vollständig unverholzten dünnwandigen Mark z.

B. bei *Pol. pulchellum* diese Nester englumiger Zellen auf. Schon Solereder¹⁾, der bei einigen Polemoniaceen dieselbe Beobachtung gemacht hat, lässt durchblicken, dass man es hier vielleicht mit innerem Phloem zu thun haben könnte, zumal die ziemlich nahe verwandte Familie der Solanaceen bicollaterale Gefässbündel besitzt. Genauere Untersuchungen ergaben aber ein negatives Resultat, da auf dem Längsschnitt mit den bekannten Callusfarbstoffen (Corallin, Anilinblau) keine Färbungen der Siebplatten eintraten. Man muss daher diese Zellen trotz ihrer verhältnismässigen Kleinheit und trotz ihrer Differenzierung von dem sie manchmal ganz umschliessenden, verdickten und verholzten Mark als zu letzterem gehörig betrachten.

Der bei allen Polemoniaceen nur schwach entwickelte Gefässbündelring besitzt ein etwa zehn- bis zwölfschichtiges noch deutlich in Reihen liegendes, unverdicktes, mässig weitlumiges, secundäres Phloem, das, wie Schlepegrell²⁾ schon anführt, häufig Nester auffallend kleiner und enger Zellen einschliesst. Bei *Pol. coeruleum* und *Pol. reptans* finden sich vereinzelt, mitten im Phloem, Gruppen verholzter Faserzellen, die sehr englumig und prosenchymatisch zugespitzt sind. Ihre stark verdickten Wandungen besitzen einfache schräg gerichtete Poren. Die Zellen dieser Gruppen, die nur vereinzelt auftreten, sind sehr centrisch angeordnet.

Der Holzkörper ist deutlich radiär. Die innersten Gefässe, auch hier in leicht sichtbaren Reihen liegend, springen im Querschnitt theils mehr theils weniger strahlig ins Mark vor. Im secundären Holz sind die Gefässe nur sehr spärlich vertreten und un-

¹⁾ Solereder, a. a. O. S. 623.

²⁾ Schlepegrell, a. a. O. S. 206.

regelmässig verstreut; sie sind mässig weitleumig und ihre Wandungen mit schwach gehöften, quer gerichteten Poren, die bei *Pol. pulchellum*, *Pol. pauciflorum* und *Pol. humile* äusserst breit gezogen sind und teils deutlich in Spirallinien stehen, besetzt.

Die Durchbrechungen der Gefässe sind bei *Pol. coeruleum* und *Pol. mexicanum* einfach elliptisch und sehr schräg gestellt; bei *Pol. pulchellum*¹⁾, *Pol. pauciflorum*, *Pol. reptans* und *Pol. humile* haben sie die Form mehrspangiger Leitern, und sind bei der letzten Spezies die einzelnen Spangen stumpfwinklig gebogen.

Die auf dem Querschnitt tangential gestreckten Holzfaserzellen sind fast nur Libriformfasern mit sehr verdickten Wandungen und schräg, fast senkrecht gestellten Poren,

Tracheiden mit den bei den Gefässen besprochenen Verdickungen treten nur vereinzelt auf. Holzparenchym und Markstrahlen fehlen.

Blatt.

Sämtliche Blätter der Gattung *Polemonium* sind dorsiventral gebaut.

Auf dem Flächenschnitt betrachtet besitzen die Zellen der durchgängig einschichtigen Epidermis meistens länglich rechteckige Form. Bei *Pol. coeruleum*, *Pol. pauciflorum*, *Pol. reptans* und *Pol. pulchellum* sind die Zellränder sehr gewellt und greifen unregelmässig ineinander; bei *Pol. humile* und *Pol. mexicanum* dagegen grenzen die polygonalen Zellen mit glatten Flächen aneinander.

¹⁾ Fig. II,

Die Wandungen der auf dem Querschnitt tangential gestreckten Epidermiszellen sind bei *Pol. coeruleum* besonders stark, im übrigen kaum verdickt, ausgenommen an den Blatträndern und in der Nähe der Hauptnerven; hier sind bei allen Species die Zellen wieder unter Grössenabnahme etwas vorgewölbt, und ihre Aussenwandungen wenig verdickt.

Eine schwach wellig gestreifte Cuticula überzieht die Ober- und Unterseite des Blattes.

Trichomen begegnet man bei *Pol. pauciflorum*, *Pol. pulchellum* und *Pol. humile*. Diese drei Species besitzen Drüsenhaare mit einzelligen ungetheilten Köpfchen. Die Basis bilden gewöhnlich ein, selten wie bei *Pol. pauciflorum* zwei Epidermiszellen. Die der Cuticula eigene Streifung lässt sich auch auf den Haaren verfolgen.

Die Spaltöffnungen beschränken sich bei *Pol. coeruleum* und *Pol. reptans* auf die Unterseite; bei den übrigen Vertretern sind sowohl Ober- wie Unterseite, letztere in weit stärkerem Maasse, mit ihnen besetzt. Sie zeigen normale Form und entstehen wie bei *Phlox* näher angegeben, stellen sich aber nicht in eine Richtung.

Das Pallisadenparenchym ist ein-, an den Blatträndern zweischichtig und läuft auch hier strahlenförmig auf das Gefässbündel zu. Die Zellen sind gewöhnlich zweimal so lang als breit. Die nächstfolgenden, schon dem Schwammparenchym angehörigen Zellen erinnern noch entfernt an Pallisaden und können als sogenannte Sammelzellen bezeichnet werden. Im übrigen stimmt das Schwammgewebe mit dem von *Phlox* genau überein, führt auch wie dieses Chlorophyll. Zu erwähnen wäre nur noch, dass es bei *Pol. pauciflorum* und *Pol. pulchellum* mit dem Pallisadenparenchym äusserst lose verbunden ist.

Der Blattnerve zeigt wieder im Querschnitt ein sichelförmiges Gefässbündel. Von einer Mesophylloscheide umschlossen, zieht sich das etwa achtschichtige, nur höchst undeutlich in Reihen liegende Phloem bis an die äussersten Ränder des Xylem's hin. Letzteres, sehr radiär angelegt, zeigt kein markstrahlartiges Gewebe. Die primären Gefässe werden nach der Oberseite des Blattes hin bei *Pol. reptans* von collenchymatisch verdicktem, bei den anderen Species von dünnwandigem Grundgewebe begrenzt. Bei *Pol. coeruleum* entsteht durch eine Verholzung dieser dünnwandigen Zellen, die im Längsschnitt gesehen parenchymatisch geformt sind und auf ihren Wandungen rundliche, sehr unregelmässig verteilte Poren besitzen, ein zusammenhängendes verholztes Gewebe, das im Innern nur wenige dünnwandige unverholzte Zellen umschliesst.

Das Xylem hat dieselbe Zusammensetzung wie im Stengel.

Samen.

Der anatomische Bau des Endosperms und Embryo's stimmt vollständig mit dem von *Phlox* überein.

Die stark verschleimte Testa quillt, wie schon Peter¹⁾ anführt, alsbald bei Zutritt von Wasser unter Hervortreten zahlreicher feiner spiralbandähnlicher Fasern vollkommen auf.

¹⁾ Peter, a. a. O. S. 41.

Gattung: *Gilia*.

Untersucht wurde:

<i>Gilia achilleifolia</i> Benth.	(Wurzel, Stengel, Blatt.)
„ <i>aggregata</i> Spreng.	(Stengel, Blatt.)
„ <i>androsacea</i> Steud.	(Wurzel, Stengel, Blatt.)
„ <i>capitata</i> Dougl.	(Stengel, Blatt, Same.)
„ <i>multicaulis</i> Benth.	(Wurzel, Stengel, Blatt.)
„ <i>rigidula</i> L.	(„ „ „)
„ <i>tricolor</i> Benth.	(„ „ „)

Wurzel.

Die Epidermis einer sehr jungen Wurzel von *Gilia achilleifolia* besteht im Querschnitt aus quadratischen Zellen, die nach aussen wenig vorgewölbt, und deren Wandungen nicht oder nur höchst schwach verdickt sind. Die äussere Endodermis setzt sich aus dünnwandigen etwas länglich gestreckten Zellen zusammen. Das Rindengewebe besitzt vollkommen den schon bei *Phlox divaricata* beschriebenen Bau. Eine Reihenordnung der Zellen liegt nicht vor. Im Innern ist ein diarches Bündel mit neun primären

Gefässen und ein kleinzelliges, zartwandiges Phloem eingeschlossen.

Nach eingetretener Cambialthätigkeit findet bei der Gattung *Gilia* keine Bildung markstrahlartigen Gewebes statt, vielmehr entstehen aus dem Cambium nach dem Centrum der Wurzel hin nur Holzelemente.

Auf dem Querschnitt sind wieder die nur mässig häufigen secundären Gefässe durch ihre Weite kenntlich. Die Anordnung der Holzelemente ist sehr radiat und liegen hier auch die Gefässe etwas deutlicher in Reihen, wenngleich stellenweise kleine Gruppen die Regelmässigkeit im Bau des Holzes stören.

Bei *Gilia androsacea* und *G. achilleifolia* ist der Holzkörper etwas excentrisch.

Die Gefässwandungen sind mit zahlreichen einfachen, schwach gehöften gekreuzten Poren versehen, die nicht in genau gerichteten Reihen liegen und horizontal gerichtet sind. Sehr breit gezogenen Poren begegnet man nur vereinzelt. Die Gefässdurchbrechungen sind einfach, elliptisch, ziemlich klein und sehr schräg gestellt.

Die Tracheiden, an Zahl weit von den Librifasern übertroffen, sind mässig lang, laufen nicht sehr spitz zu und besitzen schräg oder gerade gestellte gehöfte Poren.

Die Librifasern selbst, verhältnissmässig weiltumig und nicht sehr stark verdickt, zeigen die charakteristische längsgestreckte Form und sind mit schrägen, in ein bis zwei undeutlichen Reihen gestellten einfachen Schlitzporen versehen. Holzparenchym ist nicht vorhanden.

In den älteren Wurzeln der untersuchten Species tritt zwischen Endodermis und dem etwa acht

Zelllagen starken Phloem, dessen Elemente nach der Peripherie zu allmählig stärkere Verdickungen aufweisen, und das keine secundären Bastfasern besitzt, Phellogen auf; durch den entstandenen Kork wird die gesammte primäre Rinde beseitigt.

Stengel.

Die Epidermis zeigt im Querschnitt quadratische, mässig vorgewölbte Zellen, deren Innen- und Ausenwandungen stark, deren Seitenwände schwach verdickt sind. Bedeckt wird sie von einer zarten Cuticula mit schwach wellig verlaufender Streifung. Trichome treten bei verschiedenen Species auf und zeigen dann ebenfalls verdickte Wandungen und deutliche Streifung. Während bei *G. androsacea* nur einreihige Spitzenhaare angetroffen werden, finden sich bei *G. tricolor* vereinzelt, bei *G. rigidula* zahlreiche Drüsenhaare mit meist vier-, teilweise auch zwei- und einzelligen Köpfchen. Ausserdem sind bei der letzten Species die einzelnen Zellen der Haare sehr gedrunken und erscheinen von oben her zusammengedrückt.

Das sechs- bis achtschichtige Rindengewebe besteht, ebenso wie die darauf folgende Schutzscheide, aus dünnwandigen, gleich grossen Zellen, die sich bei *G. androsacea* durch ihre Regelmässigkeit ganz besonders deutlich von dem gesammten anderen Gewebe abheben.

Das grosszellige, zartwandige, nur bei *G. tricolor* und *G. rigidula* wenig verholzte und verdickte Mark setzt sich bei dieser Gattung deutlich vom anstossenden Xylem ab, wengleich man auch hier

wieder in der Nähe der innersten Gefässe äusserst dünnwandigem, kleinzelligem Gewebe begegnet. Die auf dem Querschnitt polygonalen Zellen zeigen auf dem Längsschnitt eine länglich-rechteckige Gestalt und häufig auf ihren Wandungen kreisrunde bis elliptische Poren.

Zwischen dem Phloem und der Schutzscheide zieht sich bei *G. achilleifolia* und *G. tricolor* eine Kette kaum verdickter, schwach verholzter, sehr lang gezogener, prosenchymatisch zugespitzter Zellen hin. Das Phloem selbst, in jüngeren Stengeln äusserst regelmässig angelegt, besteht bei diesen beiden Vertretern, wie bei *G. multicaulis* aus zartwandigen Zellen, die, etwa fünf bis sechs Lagen stark, geschlossen den Holzkörper umgeben. Aehnlich verhält sich *G. androsacea*, nur dass hier eine starke collenchymatische Verdickung der Phloemzellen eingetreten ist. Bei den drei anderen Arten stellt das Cambium, nachdem es eine Zeit lang normal Holzelemente gebildet hat, zwischen und teilweise vor den Gefässbündeln seine Thätigkeit ein und sclerotisiert wie auch der grösste Teil des Phloems. Vor den Bündeln finden sich dann, von diesen verdickten Elementen umschlossen, kleinere oder grössere Gruppen englumiger dünnwandiger Zellen, die durch ihre Reihenanzordnung erkennen lassen, dass das Cambium hier noch erhalten geblieben ist.

Auf dem Längsschnitt erscheinen diese sclerotisierten Zellen äusserst langgezogen und prosenchymatisch zugespitzt; ihre Wandungen besitzen nicht sehr zahlreiche spaltenförmige Poren.

Der nur mässig kräftig entwickelte Xylemkörper ist deutlich radiär. Die ältesten Gefässe sind bei der Gattung *Gilia* besonders auffällig in Reihen angeordnet und springen sehr regelmässig ins Mark

vor. Da doch gewöhnlich die primäre Anlage eines Bündels keine Reihenanordnung erkennen lässt, vielmehr in den Geweben die verschiedenen Zellen regellos aneinander schliessen, konnte man zu der Vermutung kommen, dass alle derartig gruppierten Elemente secundären Ursprungs seien. Entwicklungsgeschichtlich lässt sich aber nachweisen¹⁾, dass schon in den jüngsten Stadien, wo von einer Cambialthätigkeit noch nicht die Rede ist, eine deutlich hervortretende Reihenanordnung vorliegt.

Die wenigen secundären Gefässe sind ziemlich eng; sie besitzen teils schwach gehöfte, gekreuzte, teils horizontal gerichtete Poren, die in einigermaßen sichtbaren Spirallinien die Wandungen umziehen.

Die Durchbrechungen der Gefässe sind meist einfach, mässig schräg gestellt und länglich eiförmig. Bei *G. aggregata* finden sich teils ein-, teils mehrspangige Perforationen und zwar erstere in der Modifikation, dass von der mittleren Leiste nach oben und unten oder aber nur nach einer Seite hin zapfenartige Gebilde ausgewachsen sind.²⁾

Die Tracheiden und Librifasern, letztere bedeutend stärker vertreten, erscheinen auf dem Querschnitt in der Richtung des Radius zusammengedrückt. Die sehr englumigen Librifasern besitzen auf ihren stark verdickten Wandungen senkrecht gestellte, einfache, die Tracheiden zahlreiche, schwach schräg gerichtete, gehöfte Poren.

Holzparenchym ist nicht vorhanden, ebenso fehlen die Markstrahlen.

¹⁾ Fig. IV.

²⁾ Fig. Va und Vb.

Blatt.

Die Epidermis der dorsiventral gebauten Blätter, in der Gattung *Gilia* durchweg einschichtig, besteht aus Zellen, deren Ränder von der Fläche gesehen bald stärker, bald schwächer gewellt erscheinen und ungleich in einander greifen.

Nur *G. androsacea* mit ihren äusserst regelmässig gebuchteten Zellen macht hierin eine Ausnahme. Die Wandungen der auf dem Querschnitt tangential gestreckten Epidermiszellen sind nur sehr schwach oder gar nicht verdickt.

An den Rändern des Blattes und in der Nähe der Hauptnerven tritt, allerdings zugleich mit einer geringen Wölbung, eine mässige Erstarkung der Aussenwände auf.

Eine sehr deutlich gestreifte Cuticula bedeckt als zartes Häutchen die Epidermis.

Trichome, und zwar einfache, zweizellige Spitzenhaare, finden sich nur bei *G. androsacea*; aus einer Epidermiszelle hervorgegangen, zeigen sie in der unteren Zelle eine wellig, in der oberen eine schräg verlaufende Streifung.

Während sonst bei keiner einzigen untersuchten Species auch nur Spuren von Krystallen zu beobachten waren, speichert *G. tricolor* — es wurde frisches Material in Wasser untersucht — in äusserst wenigen Epidermiszellen ziemlich zahlreiche nadel-förmige Krystalle auf, die teils lose zerstreut waren, teils sich strahlenförmig auf die Spaltöffnungen hin einstellten. Eine genauere Untersuchung auf ihre chemische Zusammensetzung liess sich in Folge spärlichen Auftretens nicht anstellen; nur soviel konnte man bestimmen, dass sie in Essigsäure und

Salzsäure löslich waren, unlöslich dagegen in Ammoniak, Kalilauge und Alkohol.

Die Verteilung der Spaltöffnungen ist bei allen untersuchten Blättern dieselbe; sie sind auf Ober- und Unterseite gleich stark vertreten und stellen sich alle in die Längsrichtung. Die Atëmhöhlen sind normal entwickelt und mässig weit. Das gut ausgebildete Pallisadengewebe ist auf der Oberseite immer zwei-, an den Blatträndern dreischichtig. Die Zellen sind zwei bis dreimal, bei *G. rigidula* ungefähr viermal so lang als breit; in letzterem Fall steht auch die innere Zellschicht den äusseren Pallisaden an Länge nach. Bei *G. tricolor* und *G. androsacea* ist das Pallisadenparenchym über dem Hauptnerven nicht wie bei den übrigen Arten durch dünnwandiges, chlorophyllfreies Gewebe unterbrochen.

Das folgende, etwa vier bis fünfschichtige Schwammgewebe zeigt den bei *Phlox* näher beschriebenen Bau.

Das sichelförmige Gefässbündel wird von einer Mesophyllscheide umschlossen. Innerhalb dieser zieht sich bei *G. capitata* und *G. achilleifolia* ein stellenweise unterbrochener Ring schwach verholzter, unverdickter Zellen hin; bei *G. aggregata* und *G. rigidula* finden sich nur vereinzelt Zellen mit derartig erstarkten Wandungen. Erstere, stark gestreckt, zeigen auf dem Längsschnitt deutlich parenchymatische Form und besitzen nur selten kleine rundliche Poren.

Das etwa fünfschichtige Phloem begrenzt wie bei den übrigen Gattungen in normaler Weise das Xylem; letzteres, sehr radiat angeordnet,¹⁾ stösst nach der Blattoberseite zu an dünnwandiges Gewebe.

¹⁾ Fig. VI.

Bau und Zusammensetzung des Holzkörpers gleichen denen im Stengel.

Samen.

Der anatomische Bau und die Verschleimung der Testa ist ganz wie bei Polemonium.

Gattung: *Collomia*.

Untersucht wurde:

- Collomia grandiflora*, Dougl. (Wurzel, Stengel, Blatt).
„ *linearis* Nutt. (Wurzel, Stengel, Blatt, Same).

Wurzel.

Collomia linearis zeigt an sehr jungen Wurzeln schwach tangential gestreckte, unverdickte, wenig vorgewölbte Epidermiszellen, die vereinzelt zu Wurzelhaaren ausgewachsen sind. Auf eine aus im Querschnitt ungefähr quadratisch geformten Elementen gebildete äussere Endodermis folgt ein etwa vier bis sechs Zelllagen starkes Rindenparenchym ohne jegliche Reihenanzordnung; die Zellen sind an Grösse sehr verschieden und unverdickt. Die regelmässig gebaute innere Schutzscheide umschliesst ein diarches Gefässbündel, dessen primäre Gefässe, etwa zehn an der Zahl, seitlich von dem kleinzelligen zartwandigen Phloem begrenzt werden.

An älteren Wurzeln findet eine äusserst regelmässige und nach allen Richtungen gleich starke Entwicklung des Holz- wie Bastkörpers statt. Ersterer zeigt sehr radiären Bau. Die Gefässe, an Weite die übrigen Holzelemente übertreffend, an

Zahl ihnen nachstehend, finden sich nur vereinzelt in Reihen angeordnet und sind meistens unregelmässig im Holz verteilt. Ihre Wandungen besitzen schwach gehöfte, horizontal gerichtete, sehr kleine Poren, die nirgends sehr in die Breite gezogen sind, und sich nur vereinzelt in undeutliche, schwach spiralig verlaufende Linien einstellen. Die Perforationen sind ziemlich klein und einfach.

Libriformfasern sind bei dieser Gattung bedeutend zahlreicher vertreten als Tracheiden und nicht besonders lang gestreckt, die Wandungen mässig verdickt und mit wenigen spaltenförmigen Poren besetzt. Bei den Tracheiden sind letztere klein, schwach gehöft, sehr dicht gestellt und meistens etwas schräg gerichtet.

Holzparenchym wurde bei beiden Species nicht gefunden. Das Phloem, an Schichtenzahl sehr stark, lässt häufig kleine Gruppen sehr englumiger zartwandiger Zellen wahrnehmen, welche von weiteren Elementen umschlossen werden; sonst zeigt es aber weder Verdickungen noch deutliche Reihenordnung; an seiner äusseren Grenze entsteht Phellogen; durch das gebildete Periderm wird Endodermis wie Rindengewebe abgeworfen.

Stengel.

Die verhältnismässig kleinen, nach aussen vorgewölbten Epidermiszellen sind im Querschnitt ungefähr quadratisch geformt, und ihre Aussen- und Innenwandungen stark verdickt. Bei *C. linearis* wachsen sie teilweise zu Trichomen aus. Einreihige, mehrzellige Spitzenhaare finden sich häufiger als Drüsen-

haare mit ein- bis vierzelligen Köpfchen. Martinet¹⁾ giebt an, bei *C. linearis* Drüsenhaare gefunden zu haben, deren Köpfchen mehrstöckig sind, und deren oberes Stockwerk sich aus sechszehn, deren unteres sich aus acht Zellen zusammensetzt. Derartig gebaute Trichome sind meinerseits nie beobachtet worden.

Eine zarte, schwach wellig gestreifte Cuticula bedeckt die Epidermis.

Das Rindengewebe, dessen äusserste Lage sich durch grosse Regelmässigkeit in Anordnung und Grösse ihrer Elemente auszeichnet, ist fünf- bis sechschichtig. Die im Querschnitt polygonalen Zellen sind schwach verdickt und zeigen keine Reihenfolge. Eine stellenweise Verholzung der Epidermis, sowie des Rindengewebes hat Schlepegrell²⁾ besonders bei *C. linearis* feststellen können; die mir zur Verfügung stehenden Pflanzen liessen nicht die geringste derartige Erstarkung der Wandungen erkennen.

Die folgende Schutzscheide ist wieder sehr regelmässig gebaut.

Das Markgewebe, bei der Gattung *Collomia* vollständig unverdickt, hebt sich deutlich vom Xylem ab, und zeigt hier wieder zwischen den ältesten Gefässen sehr kleine, zartwandige Zellen, die auf dem Querschnitt leicht wie Phloem erscheinen. Sie besitzen aber, wie auf dem Längsschnitt festgestellt wurde, länglich rechteckige Form und keine Siebplatten.

Das sechs bis sieben Zelllagen starke Phloem, das kaum eine Reihenanordnung erkennen lässt, ist in der Nähe der Endodermis schwach collenchymatisch verdickt, zeigt sonst aber normalen Bau.

¹⁾ Martinet, Org. de secrét. Ann. sc. nat. Sér. 5 T. XIV. 1872. S. 146.

²⁾ Schlepegrell, a. a. O. S. 207.

Der anschliessende Holzkörper ist mässig entwickelt, und springen die ältesten Gefässe strahlenförmig ins Mark vor. Auch die im Holzkörper verhältnismässig schwach vertretenen secundären Gefässe liegen bei *Collomia* deutlich in Reihen und bewirken so, dass das Xylem einen Bau besitzt, der durch seine Regelmässigkeit und radiäre Anordnung der Zellen besonders auffällt. Die nicht sehr weitlumigen Gefässe zeigen auf ihren Wandungen zahlreiche sehr kleine, einfach gehöfte Poren, die teilweise sehr deutlich in Spirallinien stehen. Breit gezogene und gekreuzte Poren wurden nicht bemerkt. Die Gefässperforationen, elliptisch oder kreisrund, sind stark schräg gestellt. Die nicht sehr zahlreichen Tracheiden zeigen die bei den Gefässen angeführten Verdickungen. Die Libriformfasern, auf dem Querschnitt betrachtet, teils quadratisch geformt, teils in radialer Richtung gestreckt, besitzen stark verdickte Wandungen mit äusserst kleinen, schräg gestellten Poren.

Holzparenchym ist nur ganz vereinzelt vorhanden, Markstrahlen fehlen.

Blatt.

Die Epidermiszellen der dorsiventral gebauten Blätter sind von der Fläche gesehen bei *C. linearis* schwach, bei *C. grandiflora* stärker gewellt, greifen aber bei beiden Species sehr unregelmässig in einander. Dieselben Zellen erscheinen auf dem Querschnitt tangential gestreckt, sind namentlich an den Blatträndern und in der Nähe der Hauptnerven stark vorgewölbt und besitzen bei *C. grandiflora*

stark, bei *C. linearis* schwach verdickte Aussenwandungen. Die Cuticula zeigt äusserst schwache Streifung.

Bei *C. linearis* finden sich zahlreiche, zweizellige, einreihige Spitzenhaare, bei *C. grandiflora* vereinzelte, stark ausgezogene Epidermiszellen.

Auch in der Verteilung der Spaltöffnungen stimmen beide Vertreter dieser Gattung nicht überein. Bei *C. linearis* sind erstere auf beiden Seiten gleich zahlreich, bei der zweiten Species fehlen sie auf der Oberseite oder kommen dort nur sehr selten vor. Alle, an Form und Grösse gleich, stellen sich in die Längsrichtung des Blattes.

Das sehr regelmässige Pallisadenparenchym ist zwei-, selten unter Verkürzung der Zellen an den Blatträndern dreischichtig. Die Pallisaden, zwei bis dreimal so lang als breit, stossen mit geraden Flächen aneinander.

Das sichelförmig gebogene Gefässbündel wird ausser von einer deutlichen, unverdickten Mesophyllscheide noch nach der Blattunterseite hin von einer Kette sehr stark verholzter und verdickter Elemente umgeben, die auf dem Längsschnitt trotz ihrer äusserst starken Streckung noch vollständig parenchymatische Gestalt erkennen lassen.

Das zartwandige, englumige, etwa sechs Zelllagen starke Phloem lässt keine Reihenanzordnung erkennen.

Die beiden Ränder des Xylems werden verbunden durch eine Brücke schwach verdickter und verholzter Zellen, die mit dem sehr radiär angelegten Holzkörper collenchymatisch verdicktes Grundgewebe einschliessen. Primäre wie secundäre Xylemelemente zeigen den beim Stengel genauer beschriebenen Bau.

Samen.

Im anatomischen Bau und in der Verschleimung der Samenschale stimmt *Collomia* mit der Gattung *Polemonium* vollkommen überein.

Gattung: *Cantua*.

Untersucht wurde:

Cantua pyrifolia Iuss. (Stengel, Blatt, Same).

Stengel.

Die Epidermis war abgeworfen; das folgende etwa achtschichtige Rindenparenchym mit zahlreichen Intercellularräumen fällt sofort durch seine überaus starke Verdickung und Verholzung auf. Die Wandungen der äussersten Zellen sind derartig verdickt, dass die Zelllumina zum Teil nur noch als kleine Punkte hervortreten. Auf dem Längsschnitt erscheinen die Zellen länglich und zeigen parenchymatische Form. Nach innen nimmt die Erstarkung der Zellwände allmählich etwas ab, ist aber doch immerhin noch überall leicht zu bemerken. Ebenso zeichnet sich die Endodermis mit ihren Uförmig verdickten, auf dem Längsschnitt parenchymatisch gestalteten Zellen durch starke Verholzung aus. Stets sind die Innen-, häufig auch die Aussenwandungen sehr stark verdickt, und finden sich nur einzelne wenige Zellen, die, vollständig dünnwandig, die Verbindung des Gefässteils mit der äusseren Rinde vermitteln.

Das centrale Mark besitzt einen ziemlichen Durchmesser und besteht aus grossen, nach der Peripherie allmählig an Lumen abnehmenden Zellen, die im Querschnitt die Gestalt höchst regelmässiger Sechsecke haben. Die Wandung der Markelemente ist durchweg mässig verdickt und verholzt und mit zahllosen rundlichen bis länglichen Poren besetzt. Auf dem Längsschnitt erscheinen die Zellen sehr kurz und sind etwas quergestreckt.

Das ungefähr zehnschichtige Phloem, kaum merklich in Reihen gestellt, umschliesst in normaler Weise einen sehr stark entwickelten Holzkörper. Die primären Gefässe treten bei *Cantua* nicht deutlich ins Mark vor, das Xylem schliesst vielmehr nach innen kreisförmig ab, und sind in Folge dessen auch die sonst bei fast allen Gattungen beobachteten, an Phloem erinnernden, zartwandigen Zellgruppen in der Nähe der ältesten Gefässe hier nicht zu finden.

Der Holzkörper zeigt auf dem Querschnitt betrachtet ein sehr regelmässiges Bild. Sämmtliche Holzelemente, einschliesslich des grössten Teils der secundären Gefässe, liegen in deutlichen radiären Reihen. Die secundären Gefässe mit weiterem Lumen besitzen zahlreiche kleine rundlich gehöfte Poren, die bis zur gegenseitigen Berührung zusammengedrängt sind. Bei den engen Gefässen sind die Poren mehr breit gezogen und vollständig horizontal gerichtet. Die Perforationen sind auch hier einfach und länglich eiförmig.

Die Librifasern, von den Gefässen durch ihre geringe Weite verschieden, sind im Querschnitt quadratisch und ziemlich dickwandig; sie sind meistens ziemlich lang gezogen und haben schräg, fast senkrecht gerichtete, in einer deutlichen Vertikallinie stehende Poren, Tracheiden und Holzparenchym

sind nur spärlich vorhanden, ebenso secundäre Markstrahlen, die sonst sämtlichen Gattungen fehlen.

Der Querschnitt durch einen Stamm von *Cantua* lässt kein markstrahlartiges Gewebe erkennen, vielmehr bietet sich dem Beobachter ein vollständig einheitliches Bild, wie es auch die vorbesprochenen Gattungen zeigten. Auf dem Tangential- wie Radialschnitt lassen sich die secundären Markstrahlen leicht durch ihre charakteristische Form erkennen. Ihr Zellinhalt nahm mit Jod tiefblaue Färbung an.

Blatt.

Die Epidermis der dorsiventral gebauten Blätter ist einschichtig. Die polygonalen Zellen stossen, von der Fläche gesehen, mit ungefähr geraden Wänden aneinander. Im Allgemeinen sind dieselben im Querschnitt tangential, an den Nerven dagegen etwas radial gestreckt und besitzen schwache Aussenwandung. Vereinzelt kommen mehrzellige, einreihige Spitzenhaare vor. Bedeckt wird die Epidermis von einer zarten Cuticula mit kaum sichtbarer Streifung.

Spaltöffnungen finden sich nur auf der Unterseite und sind nach allen Richtungen orientiert.

Die Zellen des einschichtigen Pallisadenparenchyms sind ungefähr dreimal so lang wie breit, und ihre Wandungen glatt.

Das etwa fünf bis sechschichtige Schwammgewebe zeigt wieder zipfelartig ausgezogene Zellen und mässig entwickelte Interzellularräume. Das sichelförmige Gefässbündel wird im Hauptnerv von einer aus tangential gestreckten, unverdickten Zellen gebildeten Mesophyllscheide umschlossen. Das etwa

fünf bis siebenschichtige Phloem und der radiär angelegte Holzkörper zeigen den bekannten Bau. Zwischen letzterem und der Scheide liegt wieder kleinzelliges, schwach collenchymatisch verdicktes Gewebe.

Samen.

Endosperm und Embryo verhalten sich vollkommen wie bei Phlox.

Eine Verschleimung der Testa, die Peter¹⁾ in Abrede stellt, liegt unbedingt vor.

Allerdings quellen die Zellen nicht wie bei den letzten besprochenen Gattungen unter Hervortreten feiner Spiralfasern und unter Verlust ihrer früheren Gestalt auf, sie bilden vielmehr nach längerem Liegen in Wasser zahlreiche kleinere oder grössere deutlich erkennbare Zeligruppen, die, nur noch schwach mit dem Samen verbunden, diesen dicht umgeben.

Die so verquollenen Zellen besitzen Tonnenform und sind mit äusserst regelmässigen Spiralverdickungen versehen, die aber nicht als Bänder heraustreten.

¹⁾ Peter, a. a. O. S. 41

Gattung: *Cobaea*.

Untersucht wurde:

Cobaea macrostemma Pav. (Wurzel, Stengel, Blatt).

„ *scandens* Cav. (Wurzel, Stengel, Blatt, Same).

Wurzel.

Eine sehr junge Wurzel von *Cobaea macrostemma* lässt auf dem Querschnitt eine Epidermis erkennen, deren Zellen ungefähr quadratisch geformt und nach aussen schwach vorgewölbt sind. Eine Verdickung der Wandungen liegt noch nicht vor. Die äussere Endodermis zeigt ebenfalls dünnwandige Elemente, die das übrige Gewebe an Grösse etwas übertreffen und sehr schwach tangential gestreckt sind. Die folgende, nicht in Reihen liegende, etwa fünf Zelllagen starke primäre Rinde, aus zarten, grossen Parenchymzellen gebildet, umschliesst die innere sehr regelmässige Schutzscheide. Das diarche Gefässbündel zählt acht primäre Gefässe, an beiden Seiten von zartwandigem, bedeutend kleinzelligeren Phloem begrenzt.

Auf dem Querschnitt einer älteren Wurzel, die schon beträchtlichen Zuwachs an Xylem und Phloem erfahren hatte, kann man auch wieder die Bildung

zartwandiger Zellgruppen beobachten, die aber nicht sehr tief eingreifen; das Cambium lässt in grösseren oder kleineren Abständen derartig dünnwandiges Gewebe nur in geringer Menge entstehen, so dass der Holzkörper nach der Peripherie der Wurzel hin wellig gebuchtet erscheint.

Die bei den übrigen Gattungen leicht sichtbare radiäre Anordnung des Xylems wird hier vermisst. Die Gefässe fallen durch ihre den Kletterpflanzen überhaupt eigene Weite auf und sind im Holz sehr wenig regelmässig verstreut; ihre Wandungen sind überall mit gehöften, horizontal gerichteten Poren besetzt, die, bei den weiten Gefässen in grosser Menge vorhanden, keine bestimmte Anordnung zeigen; bei einigen, namentlich engeren Gefässen kommt auch netzartige Wandverdickung vor.

Die Durchbrechungen sind einfach, kreisrund bis elliptisch und horizontal gerichtet.

An Holzfaserzellen finden sich bei *Cobaea* nur Tracheiden vor; sie besitzen, auf dem Querschnitt in der Richtung der Tangente zusammengedrückt, keine grosse Weite, sind ziemlich kurz und verhältnismässig spitz. Die Verdickungen der Wände stimmen mit denen der Gefässe überein, nur sind hier die Poren etwas mehr schräg gestellt. Holzparenchym, das bei den übrigen Gattungen überhaupt nicht oder nur vereinzelt angetroffen wurde, ist hier ziemlich stark vertreten. Es besteht aus ungefähr isodiametrischen Zellen mit starken Wandungen und kleinen, rundlichen Poren.

Das im Gegensatz zum Holzkörper deutlich in Reihen liegende Phloem ist etwa achtzehn bis zwanzig Zelllagen stark. Bastfasern wurden nicht bemerkt. Bei beiden Species wird schon im ersten Sommer die äussere Rinde durch zwischen Phloem und Endodermis entstandenen Kork beseitigt.

Stengel.

An einem grünen, noch stark wachsenden Stengel von *Cobaea* besteht die Epidermis aus etwas tangential gestreckten, kaum vorgewölbten Zellen, deren Aussenwandungen nur schwach verdickt sind, und die von einer zarten, wenig gestreiften Cuticula bedeckt werden.

Trichome finden sich nicht vor.

Unter der Oberhaut liegt dann ein mächtig entwickeltes, etwa fünfundzwanzigschichtiges Rindenparenchym; die Elemente der acht ersten Lagen besitzen ungefähr noch die Grösse der Epidermiszellen, gehen dann aber allmählich in grosszelliges, ebenfalls dünnwandiges Gewebe über. Reihenordnung ist nicht vorhanden. Die Endodermis setzt sich aus grossen, in radialer Richtung gestreckten Zellen zusammen.

Das Mark, das an älteren Stengeln nur einen geringen Durchmesser besitzt, ist bei beiden untersuchten Species unverholzt und dünnwandig; seine Zellen, in der Nähe des Xylems noch ziemlich kleinzellig, nehmen nach der Mitte des Stengels an Lumen zu und besitzen auf dem Querschnitt polygonale Gestalt. Im Längsschnitt sind dieselben länglich rechteckig und, wie überall, deutlich in Reihen übereinander gestellt.

Die äussersten, der Endodermis genäherten Zelllagen des etwa zwanzigschichtigen Phloem's bestehen aus Elementen, die in Folge starken Wachstums des Stengels etwas zusammengedrückt und stark collenchymatisch verdickt sind. Die übrigen Zellen, nur undeutlich in Reihen gestellt, sind etwas in der Richtung des Radius ausgezogen und dünnwandig. In Folge Auftretens kleinerer Gruppen unverholzter

und unverdickter Zellen am Rande des Xylems erscheint der Holzkörper, ähnlich wie bei der Wurzel, nach der Peripherie zu strahlenförmig gebuchtet. Die ältesten Gefässe zeigen die schon bei den anderen Gattungen angeführte, charakteristische Anordnung und lassen auch wieder kleinzelliges, dünnwandiges Gewebe zwischen sich. Sonst ist aber ein deutlich radiärer Bau des Xylems nicht zu erkennen. Die secundären Gefässe, die bei *Cobaea* im Verhältnis zu den übrigen Holzelementen stärker als bei den anderen untersuchten Gattungen vertreten sind, zeichnen sich wieder durch ihre grosse Weite aus. Die Gefässglieder sind ziemlich kurz, doch wurden solche mit grösserem Quer- als Längsdurchmesser, die Schleppegrell¹⁾ hier beschrieben, nicht gefunden; ihre Wandungen besitzen zahlreiche, ziemlich dicht gestellte gehöfte Poren, die bei weiten Gefässen in deutlichen Vertikallinien stehen; bei etwas englumigeren ist von einer derartigen Anordnung nichts zu bemerken. Ueberall sind die Poren aber etwas schräg gerichtet. Die Durchbrechungen sind einfach, meist kreisrund und horizontal gestellt. Librifasern kommen nicht vor; dagegen sind Tracheiden und Holzparenchym mit starken Wandungen zahlreich vertreten und erscheinen auf dem Querschnitt bald tangential, bald radial gestreckt. Die wenig langgezogenen Tracheiden sind mässig prosenchymatisch und mit zahlreichen horizontal gerichteten, gehöften Poren besetzt. Die Holzparenchymzellen zeigen auf dem Längsschnitt länglich rechteckige Gestalt und auf den Wandungen kleine runde Poren. In älteren Stengeln wird durch an der Grenze des Phloems entstandenen Kork die primäre Rinde beseitigt.

¹⁾ Schleppegrell, a. a. O. S. 207.

Blatt.

Die dorsiventral gebauten Blätter besitzen eine einschichtige Epidermis, deren Zellen in des Flächenansicht polygonale Form besitzen, und deren Ränder bei *C. scandens* ganz schwach gebuchtet erscheinen. Auf dem Querschnitt sind die Zellen in tangentialer, an den Blatträndern und in der Nähe der Hauptnerven schwach in radialer Richtung gestreckt und hier auch etwas vorgewölbt. Die Wandungen sind durchweg unverdickt. Die zarte Cuticula zeigt keine deutliche Streifung.

Die Spaltöffnungen beschränken sich nur auf die Blattunterseite und stellen sich in keine bestimmte Richtung ein; die mit ihnen in Verbindung stehenden Atemhöhlen sind, wie bei allen Polemoniaceen, mässig weit.

Das gut ausgebildete Pallisadengewebe ist ein-, an den Blatträndern undeutlich zweischichtig und besteht aus Zellen, die zwei bis dreimal so lang wie breit sind.

Das Schwammparenchym zeigt etwa vier Zellschichten und den bei Phlox näher angegebenen Bau; es führt auch hier durchweg Chlorophyll. Der das Blatt durchziehende Hauptnerv ist, wie auch Petit¹⁾ angiebt, halbmondförmig und von einer deutlichen Mesophyllscheide umgeben. An ein etwa sechsschichtiges Phloem stösst ein radiär angeordneter Holzkörper, von markstrahlartigen Zellreihen durchzogen.

Zwischen und vor den primären Gefässen befindet sich noch kleinzelliges, collenchymatisch verdicktes Gewebe.

¹⁾ Petit, Pétiole, Mém. de la Soc. des sc. phys. et nat. de Bordeaux Sér. 3 T. III. 1887, S. 346.

Der Xylemkörper besteht aus Gefäßen und Tracheiden mit den beim Stengel schon näher angeführten Verdickungen und Durchbrechungen.

Samen.

Die Quellungserscheinungen der Testa wie der innere Bau des Samens gleichen denen von Polemonium.

II. Vergleichende Uebersicht.

Vergleichen wir nun noch einmal Wurzel, Stengel und Blatt sämtlicher untersuchter Arten der Polemoniaceen, so fällt sofort die gleichmässige Beschaffenheit des anatomischen Baues auf.

I. Wurzel.

Die Epidermis der jüngeren Wurzeln wird überall von unverdickten, schwach tangential gestreckten Zellen gebildet. Auf eine äussere, sehr regelmässig gebaute Endodermis folgt bei allen Arten ein mehrschichtiges Rindenparenchym ohne Reihenanzordnung. Die innere Endodermis zeigt durchweg unverdickte, wenig tangential gestreckte Zellen. Das Gefässbündel ist überall diarch, die Zahl der primären Gefässe schwankt zwischen fünf bis zehn. Das Phloem hat keine primären Bastfasern, ist äusserst kleinzellig und zartwandig und liegt nicht in Reihen. In älteren Wurzeln ist bei den Gattungen Phlox, Cobaea und Polemonium im Xylem die Bildung dünnwandigen markstrahl-

artigen Gewebes zu bemerken, welches vom Cambium her keilförmig in den Holzkörper einspringt. Meistens ist letzterer sehr radiat gebaut und besteht zum grössten Teil aus Holzfaserzellen, die den Gefässen an Durchmesser und Lumen weit nachstehen. Eine Ausnahme macht die Liane *Cobaea* mit sehr zahlreichen und sehr weiten (116—134 μ) secundären Gefässen; das Xylem zeigt hier nicht sehr deutliche Reihenordnung. Holzparenchym ist bei der Gattung *Phlox* sehr schwach, bei *Cobaea* stark vertreten, den übrigen Gattungen fehlt es. Die Wandungen der Gefässe u. Tracheiden zeigen überall gehöfte, horizontal gerichtete oder gekreuzte Poren, die nur bei *Polemonium* in deutlichen Vertikallinien stehen. Einige Gefässe erinnern bei *Phlox* und *Polemonium* durch die sehr breit gezogenen Poren an Treppengefässe. Die Durchbrechungen sind durchweg einfach, ziemlich schräg gestellt und kreisrund bis elliptisch. Die Librifasern haben sehr unregelmässig verteilte spaltenförmige, das Holzparenchym nicht sehr zahlreiche kleine, rundliche, gehöfte Poren.

Die Korkbildung, durch welche die primäre Rinde der Wurzel meistens später beseitigt wird, tritt in den äussersten Lagen des Phloems, bei *Phlox sibirica* teilweise auch im Pericambium auf.

Stengel.

Alle Stengel der Polemoniaceen besitzen eine sehr zarte, schwach wellig gestreifte Cuticula. Die Zellen der Epidermis sind an Grösse sehr gleichmässig und mehr oder minder tangential gestreckt, bei *Collomia*, *Cobaea macrostemma*, den meisten Species der Gattung

Gilia im Querschnitt quadratisch. Die Zellen besitzen gewöhnlich gleich kräftig entwickelte Innen- und Aussenwandungen; die Seitenwände sind unverdickt. Deutlich erkennbare spaltenförmige Poren auf den Wandungen dieser Zellen finden sich bei *Phlox reptans*, *Ph. paniculata* und *Ph. Drummondii*. Längeren oder kürzeren spitz endenden Haaren begegnet man häufig; dieselben sind stets einreihig und mehrzellig; selten trifft man Drüsenhaare. Bei *Polemonium pauciflorum*, *P. pulchellum*, *P. humile*, *Gilia tricolor* und *Collomia grandiflora* besitzen sie ein einzelliges, bei *Collomia linearis* und *Gilia tricolor* ein zwei- bis vierzelliges Köpfchen; bei letzterer Species erscheinen die Haare sehr gedrungen. Bei *Phlox subulata* sind einige Epidermiszellen papillenartig vorgewölbt. Haar

Das primäre Rindenparenchym besteht bei allen untersuchten Arten aus zahlreichen Schichten auf dem Querschnitt polygonaler Zellen, die bei *Phlox subulata*, *Ph. procumbens* und *Cantua pyrifolia* mit Ausnahme von ein bis zwei der Epidermis anstossenden Zelllagen, gleichmässig verdickt und stark verholzt sind. Die meisten anderen Species der Gattung *Phlox*, wie auch *Collomia linearis* und *C. grandiflora* besitzen mehr oder weniger stark collenchymatisch verdicktes Rindengewebe. Die innere Endodermis ist überall deutlich, besonders bei *Gilia androsacea*; sie besteht durchweg aus dünnwandigen, tangential gestreckten Zellen mit den bekannten Caspary'schen Punkten. Nur die strauchige Gattung *Cantua* macht eine Ausnahme, hier sind stets die Innen-, häufig auch die Aussenwandungen gleichmässig stark verdickt und verholzt. Das Mark besitzt meistens einen ziemlichen Durchmesser; gering an Ausdehnung ist es bei *Phlox procumbens*, *Ph. reptans* und *Cantua pyrifolia*. Gewöhnlich ist es zartwandig, bei *Phlox subulata*, *Polemonium coeruleum*, *P. pauciflorum*, *P.*

pulchellum, *P. humile*, *Gilia tricolor*, *G. rigidula* und *Collomia grandiflora* nur in der Nähe des Xylems kaum verdickt, aber schwach verholzt, bei *Phlox paniculata* und *Cantua pyrifolia* endlich ist das gesammte Mark sehr stark verdickt und verholzt und besitzt bei diesen beiden letzten Species äusserst zahlreiche, bei den zuerst angeführten mässig viele runde oder längliche Poren. Die Markzellen liegen überall in Längsreihen.

Das Phloem zeigt bei allen untersuchten Gattungen schon in den jüngsten Stengeln deutliche Reihenanzordnung. Bei *Polemonium coeruleum* und *P. reptans* finden sich kleine Gruppen sehr regelmässig um ein Centrum radial angeordneter Faserzellen im Phloem verstreut, die auf dem Längsschnitt Librifasern sehr gleichen. Ferner sind *Gilia rigidula*, *G. aggregata* und *G. capitata*¹⁾ noch zu erwähnen, bei denen der grösste Teil des Phloems sclerotisiert ist, und nur noch kleine Gruppen englumigen zartwandigen Gewebes von diesen verdickten Zellen nesterartig umschlossen werden; letztere sind sehr langgezogen, dickwandig und parenchymatisch zugespitzt; ihre Wandungen zeigen spaltenförmige Poren. Der Holzkörper ist grösstenteils nicht sonderlich stark entwickelt. Eine Ausnahme machen die kriechenden ausdauernden Arten *Phlox subulata*, *Ph. procumbens* und die strauchige *Cantua pyrifolia*. Seine Anordnung ist mit Ausnahme von *Cobaea*, bei der, wie auch in der Wurzel, die radialen Zellreihen nicht so sehr sichtbar sind, schon in den jüngsten Anlagen radiär. Die Reihen der primären Gefässe laufen meistens strahlenförmig ins Mark aus, ihre Enden werden von kleinzelligem, dünnwandigem Gewebe umschlossen; bei *Phlox* und *Cantua* ist dagegen der Holzkörper gegen das Mark kreisförmig begrenzt.

¹⁾ Vergl. S. 32.

Die Gefässe sind bei allen Gattungen den Holzfaserzellen an Weite überlegen und ausser bei *Collochia* im Holzkörper unregelmässig verstreut; ihre Wandungen zeigen rundliche oder gekreuzte gehöft Poren, die vereinzelt wie bei *Polemonium pulchellum*, *P. pauciflorum*, *P. humile* sehr breit gezogen sind und grösstenteils in ziemlich deutlichen Spirallinien stehen. Die Perforationen der schräg, bei *Cobaea* horizontal gerichteten Wände sind grösstenteils einfach und kreisrund bis elliptisch, nur vereinzelt leiterförmig; die Durchbrechungen letzterer Art bei *Polemonium pulchellum*, *P. pauciflorum*, *P. reptans*, *P. humile* und *Gilia aggregata* sind verschieden lang und haben meistens vier bis zehn Spangen.

Die Tracheiden besitzen die bei den Gefässen näher angeführten Verdickungen, die nur vereinzelt auftretenden Holzparenchymzellen kleine, rundliche, die Librifasern spaltenförmige Poren.

In der Gattung *Cobaea* zeichnen sich die weiten (120—136 μ) Gefässe, deren Wandungen mit äusserst zahlreichen, unregelmässig verstreuten, horizontal gerichteten Poren besetzt sind, durch ihre kurzen Glieder aus, ferner ist hier viel Holzparenchym vorhanden.

Markstrahlen fehlen mit Ausnahme von *Cantua* sämtlichen Gattungen.

Kork tritt nur bei perennierenden und aufrechten Holzgewächsen auf und entsteht an der äussersten Grenze des Phloems.

Blatt.

Die Blätter aller Gattungen besitzen dorsiventralen Bau. Die zarte Cuticula ist deutlich gestreift.

Die Epidermiszellen sind auf dem Flächenschnitt meistens langgestreckt, und ihre Ränder sehr unregelmässig gebuchtet; eine Ausnahme machen *Phlox glaberrima*, *Ph. subulata* und *Gilia androsacea* mit ihren äusserst gleichmässig gewellten, *Polemonium humile*, *P. mexicanum*, *Cobaea scandens* und *C. macrostemma* mit ihren polygonal gestalteten Zellen. Auf dem Querschnitt zeigen die durchweg tangential gestreckten Epidermiszellen bei *Gilia achilleifolia*, *G. aggregata*, *Phlox reptans*, *Ph. glaberrima*, *Ph. aristata*, *Ph. pilosa*, *Ph. procumbens* eine stark verdickte Aussenwandung; bei allen übrigen untersuchten Polemoniaceen ist dieselbe, wie auch die Innen- und Seitenwände, dünnwandig oder nur äusserst wenig verstärkt. Poren bemerkt man wieder nur bei *Phlox paniculata*, *Ph. reptans*, *Ph. divaricata* und *Ph. procumbens*. An Trichomen finden sich meist einreihige mehrzellige Spitzenhaare mit der bei der Cuticula angeführten Streifung, sie ist besonders deutlich bei *G. androsacea*. Drüsenhaare mit ungeteilten Köpfchen besitzen *Polemonium pauciflorum*, *Pol. pulchellum* und *Pol. humile*. Die normal gebauten Spaltöffnungen haben keine Nebenzellen. Ihre Verteilung auf Ober- und Unterseite ist verschieden, auch in den einzelnen Gattungen nicht ganz konstant. Die Gattungen *Cantua*, *Cobaea*, *Collomia*, ferner zwei Species (*Pol. coeruleum*, *Pol. reptans*) der Gattung *Polemonium* und die meisten *Phlox*arten führen nur auf der Unterseite, die gesammte Gattung *Gilia*, die übrigen Arten der Gattung *Polemonium*, ferner *Phlox subulata*, *Ph. sibirica* und *Ph. aristata* auf beiden Seiten gleich viel Spaltöffnungen. Mit Ausnahme von *Polemonium* und *Cobaea* stellen alle untersuchten Polemoniaceen ihre Spaltöffnungen in die Längsrichtung des Blattes.

Nadelförmige Krystalle¹⁾ unbekannter Zusam-

¹⁾ Vergl. S: 34.

Haare

mensetzung besitzt *Gilia tricolor* in geringer Menge in der Epidermis.

Das Pallisadenparenchym ist durchgängig gut ausgebildet und meistens zwei-, bei einzelnen Vertretern an den Blatträndern, unter Verkürzung der Zellen, dreischichtig. Bei den Gattungen *Polemonium*, *Cobaea* und *Cantua* trifft man ein ein-, bei *Ph. reptans* ein dreischichtiges Pallisadengewebe; seine Zellen sind zumeist zwei bis dreimal, bei *Gilia rigidula* und *Phlox divaricata* drei bis viermal so hoch wie breit. Bei *Phlox subulata* und *Ph. sibirica*, wie bei *Gilia tricolor* und *Gilia androsacea* sind die Pallisaden dem Hauptnerv gegenüber nicht von chlorophyllfreiem Gewebe unterbrochen.

Das Schwammparenchym besteht durchweg aus zipfelartig ausgezogenen Zellen, die sich mit ihren Vorsprüngen berühren und mässig weite Inter-cellularräume einschliessen. Es führt immer Chlorophyll und trennt sich bei *Gilia androsacea* und *Gilia capitata* von dem Pallisadengewebe leicht ab.

Der im Querschnitt überall deutlich sichelförmige Hauptnerv wird von einer zartwandigen Mesophyllscheide umschlossen. Innerhalb dieser zieht sich bei *Phlox maculata*, *Ph. divaricata* und *Ph. reptans* ein Ring stark collenchymatisch verdickter, bei *Gilia capitata* und *G. achilleifolia* schwach verholzter unverdickter, bei der Gattung *Collomia* sehr stark verdickter und verholzter Zellen hin. Alle zeigen auf dem Längsschnitt parenchymatische Form. Das von normalem Phloem begrenzte Xylem wird bei *Phlox pilosa*, *Ph. divaricata* und der Gattung *Cobaea* an etwa vier bis sechs Stellen von markstrahlartigen, dünnwandigen Zellgruppen durchzogen, ist sehr radiat gebaut und zeigt ebenfalls die charakteristische Reihenanzahl der ältesten Gefässe. Das vom Holz-

körper eingeschlossene Grundgewebe ist meist zartwandig, selten collenchymatisch verdickt.

Nach den vorliegenden Resultaten könnte man nun unter Benutzung der kleinen bei den einzelnen Gattungen sich ergebenden Verschiedenheiten

- 1) die Gattungen Phlox und Cantua,
- 2) die Gattungen Gilia, Polemonium und Collomia in nähere Beziehung zu einander bringen, und
- 3) der Gattung Cobaea eine gesonderte Stellung einräumen.

Im Nachfolgenden sollen kurz die Gründe, die für eine derartige Gruppierung massgebend sein könnten, angegeben werden.

Vorauszuschicken ist, dass der Bau der Wurzel nicht zum Vergleich herangezogen werden kann, da hiervon bei Cantua kein Material zur Verfügung stand.

Die Blätter besitzen geringen Wert für diese Gruppierung, da sie in den einzelnen Gattungen sehr gleichmässig gebaut sind und nur in der Anordnung der Spaltöffnungen einen kleinen Unterschied zeigen. Letzterer erklärt sich wohl aus der verschiedenen Form der Blätter, die bei den Gattungen Polemonium und Cobaea sehr stark zerteilt, bei Phlox, Collomia und Cantua aber einfach, ganzrandig und ziemlich stark in der Längsrichtung gestreckt sind. Bei Gilia ist zwar das Blatt zerteilt, die einzelnen Lappen sind aber schmal lineal, nicht breit wie bei Polemonium und Cobaea.

Beginnen wir hier mit dem Samen und recapitulieren, was schon früher festgestellt wurde, nämlich, dass bei allen untersuchten Gattungen der innere Bau derselben zwar vollkommen übereinstimmt,

dass sich aber in Bezug auf die verschleimte Samenschale zwei Gruppen aufstellen lassen. Bei der einen lösen sich die Zellen erst nach längerem Liegen in Wasser theils mehr theils weniger vollständig von den Samen los, lassen hier aber immer noch deutlich ihre Zellform erkennen (Phlox, Cantua); bei der anderen Gruppe quillt die Testa zu einer schleimigen Masse mit zahlreichen spiraligen Fasern auf. (Polemonium, Gilia, Collomia und Cobaea).

Im Stengel zeigen die oben genannten drei Gruppen manche kleine Verschiedenheiten.

Wie bei Cantua, liegt auch bei der Gattung Phlox, wenn wir zunächst die einjährigen Arten nicht berücksichtigen, ein stark entwickelter Holzkörper vor; er zeigt bei beiden sehr radiäre Anordnung, schliesst nach dem Mark zu kreisförmig ab und lässt hier nichts von dem sonst beobachteten kleinzelligen Gewebe erkennen. Wenn auch die einjährigen Arten von Phlox einen nicht ganz so kräftigen Holzkörper aufweisen, ist bei ihnen doch das strahlenförmige Eintreten der engsten Gefässe ins Mark recht wenig deutlich. Ferner tritt bei der primären Rinde, wenn auch nicht überall, so doch bei einigen Arten der Gattung Phlox, ebenso wie bei Cantua eine Verdickung und Verholzung ein, während andere Species daselbst stärker collenchymatisch verdickte Zellen besitzen.

Auch bei den Gattungen Gilia, Polemonium und Collomia lassen sich mehrere charakteristische Merkmale anführen, so die schwache Ausbildung des Xylem's, die äusserst deutliche Reihenanordnung der primären Gefässe, und das Vorkommen des sehr kleinzelligen Markgewebes. Dann ist bei keiner dieser eben angeführten Gattungen eine Verholzung der äusseren Rinde zu bemerken, wenngleich auch

eine schwach collenchymatische Verdickung daselbst hin und wieder beobachtet werden kann.

Cobaea endlich lehnt sich zwar etwas an die eben besprochene Gruppe an, zeichnet sich aber doch durch die auffallende Grösse ihrer Gefässe, die auch im Vergleich mit den übrigen Gattungen an Zahl den sonst noch vorhandenen Holzelementen weniger nachstehen, und ferner durch die unregelmässigere Anordnung des Xylems so aus, dass sie auf eine Sonderstellung Anspruch machen kann.

Cobaea, die sich noch am meisten vom Familiencharakter entfernt, lässt aber doch weit grössere Uebereinstimmung mit den Polemoniaceen als mit den Bignoniaceen, mit denen sie verschiedene in der Einleitung angeführte morphologische Eigentümlichkeiten gemein hat, erkennen. In anatomischer Hinsicht gleicht sie den letzteren nur durch die horizontal gerichteten Durchbrechungen, während ihr die übrigen spezifischen Familieneigenschaften der Bignoniaceen, nämlich die wenigreihigen Markstrahlen und die deutliche Reihenanordnung der theils in concentrische Kreise gruppierten Gefässe, fehlen.

Schluss.

Zum Schluss mögen noch kurz die wenigen Erscheinungen, die ein allgemeines anatomisches Interesse haben, angeführt werden.

An der Wurzel ist das Vorkommen parenchymatischen Gewebes im Holzkörper zu erwähnen.

Am Stengel fehlen, mit Ausnahme von *Cantua*, die sekundären Markstrahlen. Ferner werden die primären Gefässe in Stengel und Blattnerve in deutlichen Radialreihen angelegt und springen in Folge dessen strahlenförmig und regelmässig ins Mark vor. Zwischen und vor den primären Gefässen wurden fast überall kleine Gruppen zartwandiger, sehr englumiger Zellen beobachtet, die sich sehr deutlich vom übrigen Mark abheben und auffallend an inneres Phloem erinnern. Die Perforationen sind häufig leiterartig und die Spangen teils stumpfwinkelig gebogen, teils zapfenartig ausgewachsen.

Der Samen besitzt eine stark verquollene Testa, die bald mehr bald weniger deutlich in spiralförmigen Fasern aufgeht.

Lebenslauf.

Am 12. September 1872 wurde ich, Gustav Wölfel, als Sohn des Apothekers Gustav Wölfel zu Geesthacht geboren. Ich gehöre der evangelischen Confession an und bin Hamburger Staatsangehöriger. Ich besuchte die Gymnasien zu Lübeck und Ratzeburg, wovon letzteres ich Ostern 1890 mit dem Berechtigungsschein zum einjährig-freiwilligen Militärdienst verliess. Nach halbjähriger Lehrzeit in der Domapotheke zu Ratzeburg trat ich in die Apotheke des Herrn Medizinalassessor Dr. Wimmel zu Hamburg ein. Ostern 1893 bestand ich daselbst mein Gehilfenexamen. Nach dreijähriger Conditionszeit in Hamburg, Berlin und Kiel bezog ich die Universität Leipzig, an der ich im Wintersemester 1897/1898 mein Staatsexamen ablegte. Meiner Militärpflicht genügte ich von Oktober 1898 bis Oktober 1899 als einjährig-freiwilliger Militärapotheker im Garnisonlazareth zu Altona. Von da ab studierte ich in Heidelberg. Ich besuchte während meiner Studienzeit die Vorlesungen und praktischen Uebungen bei den Herren Professoren und Docenten: Böhm, Bütschli, Curtius, Glück, Oswald, Pfeffer, Pfitzer, Schuberg, Wislicenus, Wiedemann.

Allen meinen hochverehrten Lehrern weiss ich mich zum grössten Dank verpflichtet.

Figurenerklärung.

- Fig. I. Querschnitt durch eine Wurzel von *Phlox paniculata* (213fach Vergrößerung).
- „ IIa & b. Perforationen von *Polemonium humile* (812fach Vergrößerung).
- „ III. Querschnitt durch einen älteren Stengel von *Gilia capitata* (273fach Vergrößerung).
- „ IV. Querschnitt durch einen sehr jungen Stengel von *Gilia capitata* (305fach Vergrößerung).
- „ Va & b. Perforationen von *Gilia aggregata* (812fach Vergrößerung).
- „ VI. Blattstielquerschnitt von *Gilia achilleifolia* (71fach Vergrößerung).
-

Tafel I.

Fig. I.

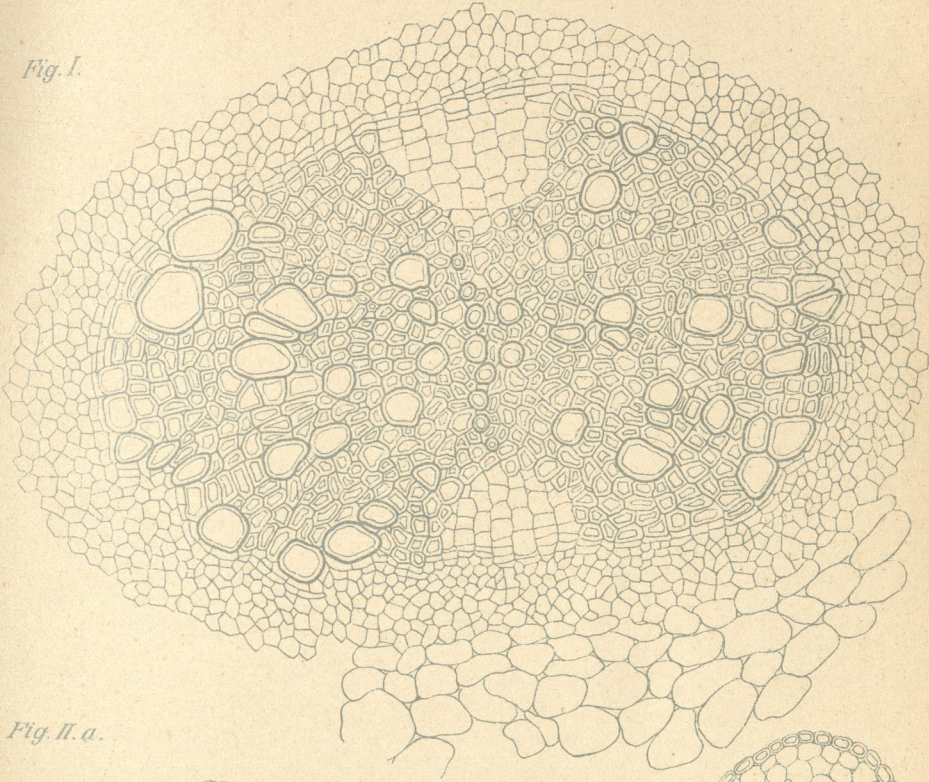


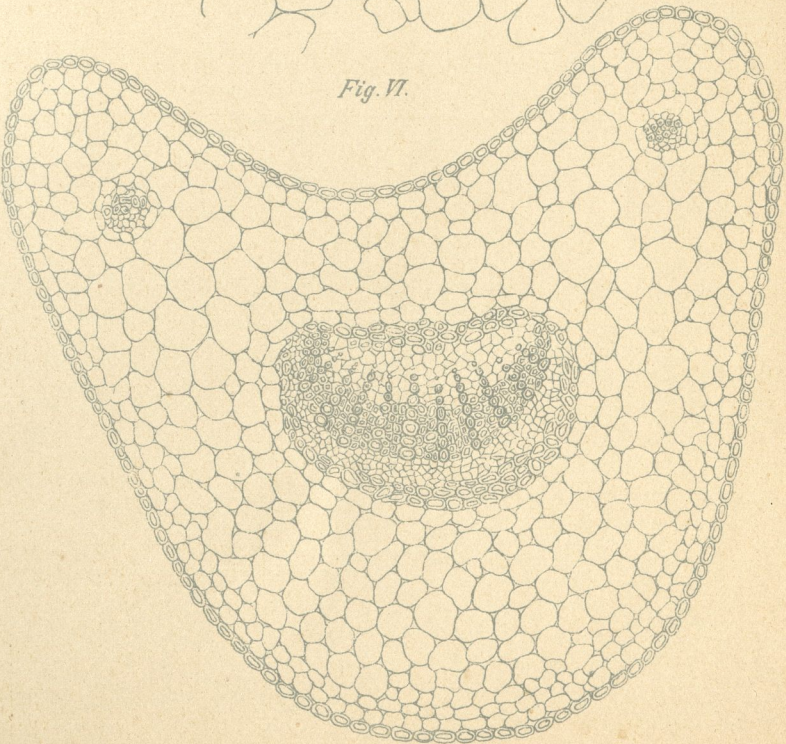
Fig. II. a.



Fig. II. b.



Fig. VI.



Tafel II.

Fig. IV.

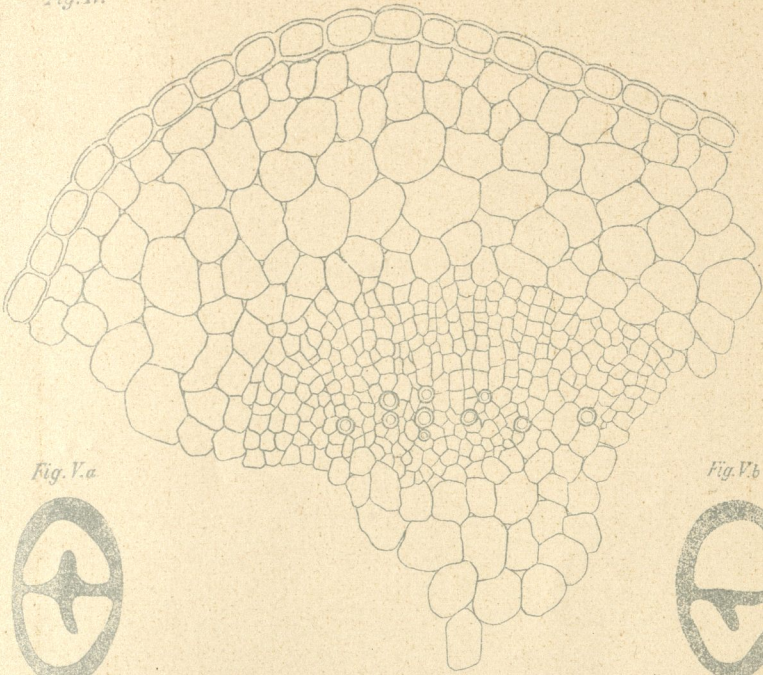


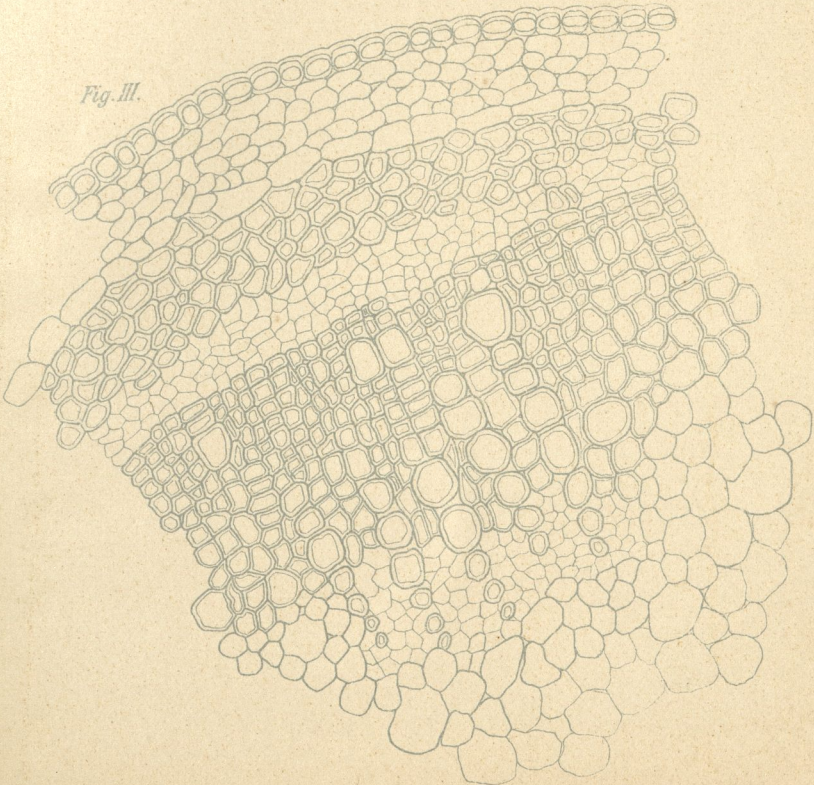
Fig. V.a



Fig. V.b



Fig. III.



UB Wien



+AM505989207