FLORA.

63. Jahrgang.

№ 6. **Regensburg, 21. Februar** **1880.**

Inhalt. Dr. Joh. Ev. Weiss: Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln. — G. Limpricht: Die deutschen *Sauteria*-Formen. — Literatur. — Personalnachrichten.

Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln.

Von

Dr. Johann Ev. Weiss.

(Mit Tafel III und IV.*)

Die von mir im verflossenen Sommer vorgenommene mikroscopische Untersuchung unterirdischer Pflanzenorgane, meist fleischig verdickter Wurzeln, lässt es vielleicht mit Rücksicht auf die gewonnenen Ergebnisse wünschenswerth erscheinen, einen kurzen Bericht darüber zu geben; denn einerseits bin ich in der Lage, neue Thatsachen zu liefern, wie ich aus der mir zu Gebote stehenden einschlägigen Literatur ersehe; andererseits werden mehrere frühere Beobachtungen anderer Forscher eine weitere Bestätigung finden.

Die im ersten Theil meiner Arbeit zu besprechenden Pflanzenwurzeln, welche ich bezüglich ihres Dickenwachsthums einer eingehenderen Untersuchung unterzog, sind: *Cochlearia Armoracia* L., *Oenothera biennis* L., *Brassica Napus* L. var. *esculenta* DC., *Brassica Rapa* L., *Raphanus sativus* L. und *Bryonia dioica* Jacq.

Alle diese, drei verschiedenen Familien angehörigen Pflanzen zeigen eine eigenthümliche, nachträglich eintretende Bildung secundärer Gewebeformen im Xylem und bei Rhizomen auch im Marke, die anatomisch zwar

*) Folgen mit nächster Nr. Anm. d. R.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0083-9

wesentliche Modifikationen zeigen, physiologisch aber vollständig gleichwerthig sind.

A.

Cochlearia Armoracia L.

Ueber den anatomischen Bau dieser Pflanze konnte ich in der mir zu Gebote stehenden Literatur keine Angabe finden, und da De Bary[1]) in seinem Werke bei Betrachtung des anomalen secundären Dickenzuwachses der Dicotylen diese Pflanze nicht aufführt, muss ich annehmen, dass eine eingehendere anatomische Untersuchung derselben bis dahin nicht stattfand; wohl aber fand ich im botanischen Jahresbericht von 1874 die Bemerkung, dass unter den *Cruciferen* nach Caspary *Cochlearia Armoracia* aus wahren Wurzeln Laubsprosse bilde. Ich fand ebenfalls 20—30 cm. unterhalb der Blätterkrone beblätterte Seitensprosse; die anatomische Untersuchung ergab aber, dass diese Pflanze bis 1 Fuss tief im Boden steckende Rhizome besitzt, an welchen sich Laubsprosse entwickeln; diesem Umstande ist es auch zu verdanken, dass diese Pflanze so schwer auszurotten ist, weil die Rhizome stets wieder neue Triebe bilden. Aus diesem Grunde trage ich Bedenken gegen die Angabe Caspary's. Die Wurzeln dieser Pflanze erreichen ebenfalls eine ziemliche Dicke, aber nie beobachtete ich daran Laubsprosse.

Da ich aus dem genauen Studium des Rhizoms und der Wurzel gerade dieser Pflanze die Anomalie des Dickenwachsthums der übrigen, oben angeführten Pflanzen erkannte, so muss ich etwas näher auf die Anatomie und Entwicklungsgeschichte derselben eingehen.

Rhizom.

In einem jungen, $5^1/_2$ mm. dicken Rhizom ist Xylem und Mark $3^1/_2$ mm., Phloëm und primäre Rinde 2 mm. mächtig. Die Phellogenbildung beginnt in der ersten oder zweiten Zellreihe innerhalb der Epidermis; seine Entwicklung zu verfolgen war mir weder hier noch auch bei den übrigen untersuchten unterirdischen Pflanzenorganen möglich, da in Folge der meist bedeutenden Dilatation so grosse Unregelmässigkeiten in der Anordnung der peripherischen Gewebe auftreten, dass einer derartigen Untersuchung unüberwindliche Hindernisse sich in

[1]) De Bary, „Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0084-5

den Weg stellen; ich bemerke nur, dass ich sehr häufig die Korkbildung bei den Wurzeln in der secundären Rinde auftreten sah. Innerhalb des Phellodermas sind 2—3 Zellreihen schwach collenchymatisch; die noch übrige primäre Rinde ist 10—12 Zellreihen mächtig; ihre Zellen sind schon in diesem Stadium, mehr in der äusseren, weniger in der inneren Partie in tangentialer Richtung gestreckt und durch radiale, seltener tangentiale Längswände getheilt.

In einem älteren, 10 mm. dicken Rhizom finden sich in der primären Rinde einige Sklerenchymzellen (dickwandige verholzte Parenchymzellen); das übrige Parenchym hat sich allseitig ausgedehnt und abgerundet, wodurch kleinere und grössere Intercellularräume entstehen. In einem Rhizom von 22 mm. Durchmesser ist die Phellogenbildung in die secundäre Rinde übergetreten und die ganze primäre Rinde abgestossen; eine Endodermis (Schutzscheide) sah ich nicht.

Die secundäre Rinde besitzt über den grösseren Gefässbündeln wenigzellige Gruppen von dickwandigem Baste (langgestreckte, starkverdickte und verholzte Prosenchymzellen); die übrigen dünnwandigen Elemente des Phloëms liegen in radialen Reihen und sind nach aussen zu etwas tangential gestreckt und weitmaschiger, als die Partien in der Nähe des Cambiums (Reihencambiums); dickwandige Elemente finden sich in der sekundären Rinde nicht, ausgenommen den bereits erwähnten dickwandigen Bast; nur im Phelloderm (vom Phellogencambium nach innen gebildetes, nicht verkorktes Parenchym) der alten Rhizome trifft man einige Sklerenchymzellen. Die Siebröhren liegen in Bündeln engmaschigen Gewebes, welche eben dadurch leicht erkenntlich sind, dass in dem Raum weniger vom Cambium gebildeter Zellen durch allseitige Verticaltheilung viele Zellen entstehen, deren Wände vielfach dünner sind, als die der übrigen Phloëmzellen; die Siebplatten selbst sind oft schwer zu erkennen. Diese Siebröhrenbündel sind in der inneren Partie des Phloëms am deutlichsten; weiter nach aussen werden die Elemente dieser Zellgruppen durch die erwähnte, wenn auch nicht bedeutende tangentiale Streckung etwas verzerrt.

Wie im Phloëm, so sind auch im Xylem, welches bei der Dickenzunahme des ganzen Organs unverhältnissmässig stark sich entwickelt, die Radialreihen bis in die inneren Partien leicht erkenntlich; verholzte Elemente kommen in den äusseren Partien, die Tracheen (Gefässe) abgerechnet, nicht vor; nur an

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0085-1

der Markscheide, innerhalb und um die primordialen Gefässe, findet sich ein in jungen Rhizomen fast ununterbrochener, durch die spätere Dilatation aber vielfach zerklüfteter Ring verholzter Prosenchymzellen (Libriformfasern), die sich nur durch die Lage vom dickwandigen Baste unterscheiden; ausnahmsweise kommen noch um die innersten, aus Reihencambium gebildeten Gefässgruppen verholzte Xylemzellen vor. Die Radialreihen werden vielfach vermehrt, indem die Cambiummutterzellen sich durch radiale Längswände theilen.

Die ursprünglich auf dem Querschnitt rechteckige Gestalt der durch das Cambium gebildeten Zellen, sowohl des Phloëms als des Xylems, geht in geringer Entfernung vom Cambium verloren, indem die Zellen sich unter Bildung verhältnissmässig grosser Intercellularräume abrunden; nur die Zellen unmittelbar um die Gefässgruppen behalten stets ihre rechteckige Gestalt bei. Die Gefässgruppen bestehen meist nur aus ganz wenigen Gefässen.

Die Zellen des Markes, welche sich in jüngeren Rhizomen durch Theilung nach allen Seiten vermehren, erweitern sich später unter gleichzeitiger Abrundung und Bildung grösserer Intercellularräume.

Manchmal ist, besonders gegen die Blätterkrone hin, eine Markhöhle vorhanden; jedoch fehlt sie auch sehr häufig.

Die Markstrahlen (Xylemstrahlen) sind meist 1, seltener 2 oder gar 3 Zellen mächtig. Soweit die Anordnung der Gewebe, wie der Horizontalschnitt sie zeigt.

Die Länge der Zellen des Xylems ist nicht bedeutend, wie dies durchgängig bei den fleischigen, unterirdischen Pflanzenorganen der Fall zu sein scheint; ihre Gestalt ist im Rhizom und in der Wurzel dieser Pflanze spindelförmig, wenigstens bis zur Dicke von 10 mm.; im Phloëm freilich tritt gegen das Phelloderma hin bei dickeren Rhizomen und Wurzeln eine Horizontaltheilung ein, die ich bei einer anderen Pflanze, wo dasselbe stattfindet, ausführlicher besprechen werde.

Nach den bis jetzt angegebenen Daten besässe das Rhizom den ganz normalen Bau einer dicotylen Pflanze, und wer sich mit der Untersuchung eines dünnen Stengelstückes, etwa bis zur Dicke von 10 mm., begnügt, beobachtet möglicher Weise eine andere Erscheinung nicht.

In vielen Fällen jedoch sieht man in Rhizomen von 6—8 mm. Durchmesser, fast regelmässig bei einer Dicke von mehr

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0086-7

als 10 mm., eigenthümliche Bündel engmaschiger Zellen im Marke, besonders am Rande desselben, und im Xylem, mit concentrischer Anordnung der Elemente.

Ein Querschnitt durch ein 20 mm. dickes Rhizom gab mir diese Bündel engmaschigen Gewebes als concentrische Gefässbündel zu erkennen. Ihre Entstehung ist folgende:

In einem jungen Rhizom von 6 mm. Dicke sah ich im Marke, welches sich in diesem Stadium durch Folgemeristem auch sonst allseitig vermehrt, dass einzelne oder zwei bis vier nebeneinander liegende Zellen sich ungemein oft durch senkrechte, mit der Axe des Rhizoms parallel laufende Wände rasch hintereinander theilen, wodurch ein sehr engmaschiges Zellgewebe entsteht; in einzelnen derartig getheilten Zellen oder Zellgruppen sah ich 20 und mehr Zellen entstehen, von welchen einige auf der Horizontalwand eine grosse Zahl schwarzer Punkte zeigten. Verfolgt man die Entwicklung derartiger Zellcomplexe weiter, so beobachtet man, dass diese Gruppen von secundärem primordialen Phloëm[1]) sich nach einiger Zeit an ihrer Peripherie mit Reihencambium umgeben (Taf. III, Fig. 1), welches nunmehr die Weiterbildung übernimmt, indem Xylem nach der Peripherie des einzelnen Bündels, Phloëm nach dessen Centrum hin gebildet wird. Die Zahl dieser secundären concentrischen Gefässbündel im Marke

[1]) Die complicirten Verhältnisse, die hier im Marke, noch mehr aber im Xylem der oben angeführten Pflanzen obwalten, zwingen mich zu dem Worte „secundär" meine Zuflucht zu nehmen; übrigens werden ja auch diese nachträglichen Abweichungen vom normalen Stammbau „secundäre" genannt. Das wäre nun nicht schlimm, so lange man es nur mit secundären Gefässbündeln zu thun hat; allein bei *Oenothera biennis* muss ich die Bezeichnung „secundär" auch für die Phloëmbündel, die sich ganz analog verhalten, der Consequenz wegen benützen. Da aber das vom Reihencambium gebildete Phloëm ebenfalls als secundäres Phloëm bezeichnet wird, so hätten wir dieselbe Bezeichnung für zwar gleiche, aber sowohl der Lage als Entstehung nach verschiedene Gewebe. Weil nun die durch das Procambium hervorgehenden Gebilde „ursprüngliche" genannt werden, so dürfte es nach meiner Ansicht richtiger sein, statt dass man z. B. das aus Procambium gebildete Xylem primäres Xylem (Vergleiche Sachs, Lehrbuch der Botanik, IV. Auflage, Seite 132) und das aus Reihencambium gebildete secundäres Xylem benennt, die procambialen Bildungen einfach als primordiales Xylem und Phloëm, die cambialen aber als primäres Xylem und Phloëm zu bezeichnen. In diesem Sinne mögen auch diese von mir gebrauchten Ausdrücke gedeutet werden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0087-2

des Rhizoms ist oft eine ganz bedeutende, oft auch eine verhältnissmässig geringe.

In dem 5 mm. im Durchmesser haltenden Marke des 22 mm. dicken Rhizomes zählte ich über 30 derartige secundäre Getäss- oder Phloëmbündel. Wenn ich den Ausdruck Phloëmbündel gebrauche, so geschieht es aus dem Grunde, weil das Phloëm stets die erste, bei *Oenothera biennis* L. sogar die einzige Bildung ist; denn secundäres Reihencambium und davon gebildetes Xylem tritt erst etwas später bei *Cochlearia Armoracia* auf. Die Gefässe, einzeln oder bis zu 10 in Gruppen vereinigt, sind auch in diesen secundären Bildungen allein verholzt; nur ganz selten finden sich 1 oder 2 dickwandige Bastzellen im Centrum des Gefässbündels. Von Gefässen beobachtete ich nur Porengefässe.

Ganz auf dieselbe Weise wie im Marke bilden sich auch im Xylem durch zahlreiche Verticaltheilungen meist mehrerer nebeneinander liegender, unverholzter Xylemzellen (Taf. III, Fig. 2.) Phloëmbündel, die sich bald mit Reihencambium umgeben und so zu Gefässbündeln werden. Sie treten, wenigstens 10—12 Zellreihen vom primären Reihencambium und 4—6 Zellen von den Gefässen entfernt, auf; ihre Zahl ist meist eine ganz bedeutende; Porengefässe finden sich bei ihnen erst sehr spät. Mit der Zunahme des Xylems an Mächtigkeit vermittels des primären Reihencambiums hält die Bildung secundärer xylemständiger Gefässbündel gleichen Schritt, aber stets liegen die ersten Anlagen dazu 10—15 Zellreihen vom primären Cambium entfernt.

Die vom primären Cambium gebildeten Gefässgruppen liegen in concentrischen Kreisen, und dazwischen sieht man in älteren Rhizomen diese secundären Gefässbündel liegen. Auf dem Längsschnitte kann man die Querplatten der Siebröhren bei ziemlich starker Vergrösserung erkennen, besonders wenn man sie mit den ganz gleich gebauten Siebröhren des vom primären Cambium gebildeten Phloëms vergleicht. Die übrigen Elemente der secundären Gefässbündel sind etwas gestreckt, jedoch kann ihre Länge nicht viel die Länge der Mark- und primären Xylemzellen übertreffen, da ihre Enden sich nicht sonderlich zuspitzen.

Die Ausdehnung der secundären Gefässbündel ist manchmal ziemlich bedeutend; ich zählte in den grössten Gefässbündeln oft 25—30 Xylem- und Phloëm-Zellreihen. Bezüglich der Grösse

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0088-8

gilt im Allgemeinen die Regel, dass die im Mark zuerst entstandenen und die in der innersten Partie des Xylems gelegenen secundären Gefässbündel am grössten sind, und dass ihre Grösse gegen das primäre Cambium hin allmählig abnimmt; jedoch entstehen gerade bei dieser Pflanze sowohl im Marke als auch in den innersten Xylempartien beständig neue secundäre Gefässbündel, so dass ziemlich grosse und eben entstehende neben einander zu liegen kommen.

Die secundären Gefässbündel anastomosiren vielfach mit einander, was man sowohl auf Querschnitten, ganz besonders aber auf Längsschnitten beobachten kann; horizontal verlaufen sie jedoch sehr selten.

Wie das erste Auftreten dieser secundären Bildungen nicht an eine bestimmte Dicke des Rhizoms gebunden ist, so auch nicht an einen bestimmten Ort; denn in einem 10 mm. dicken Rhizom, 93 mm. von der Blätterkrone entfernt, zählte ich in dem mit einer Höhlung versehenen Marke nur 3 secundäre Phloëmgruppen (Cambium und Xylem war noch nicht gebildet) in ihrer ersten Entwicklung, in den inneren Partien des Xylems dagegen fanden sich schon viele mit Reihencambium versehene secundäre Gefässbündel; 18 mm. von der Blätterkrone entfernt war ihre Zahl auch im Marke grösser und die Stränge im Xylem waren mächtiger entwickelt.

Damit habe ich auch schon angedeutet, dass diese secundären Bildungen von der Blätterkrone an nach abwärts sich entwickeln, was aus dem Umstande erhellt, dass sie nach unten an Grösse sowohl, als auch an Zahl abnehmen.

Den Punkt, von dem sie ausgehen und nach unten wachsen, habe ich noch nicht mit voller Bestimmtheit ermitteln können; ich vermuthe jedoch, da sie vor dem Abgange der Fibrovasalstränge in die untersten Blätter in grösster Menge vorhanden sind und von da an, je mehr Gefässbündel in die weiter nach oben gelegenen Blätter abgehen, desto seltener werden und endlich ganz verschwinden, dass sie hier mit dem Phloëm und Xylem der Blattspurstränge, sei es desselben oder eines höheren Internodiums, in Verbindung treten; dies fordert übrigens auch die physiologische Bedeutung als Transportwege für die Reservestoffe.

Ich bemerke noch, dass die Zellmembranen der jungen und nicht besonders dicken unterirdischen Pflanzenorgane beim Durchsichtigmachen vermittels Kalilauge sehr stark quellen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0089-7

Wurzel.

Die ziemlich dicken Wurzeln dieser Pflanze unterscheiden sich anatomisch vom Rhizom durch den Mangel von Mark und Markscheide mit dem erwähnten Belege bastähnlicher Prosenchymzellen (Libriformfasern) und durch den Mangel des Bastbeleges innerhalb der primären Rinde.

Mit Ausnahme der Tracheen finden sich also in der Regel verholzte Zellen nicht, weder im Xylem noch Phloëm; ganz selten finden sich ganz kleine Gruppen von Holzprosenchym um die innersten Gefässgruppen. Der primardiale Gefässbündelcylinder ist di—pentarch, d. h. die Gefässbildung beginnt an 2—5 Stellen innerhalb des Pericambiums.

Bei einem Durchmesser von 4—6 mm. beobachtete ich oft den normalen Bau einer fleischigen Dicotylenwurzel; in dickeren Wurzeln jedoch treten 6—10 Zellreihen von den primordialen Gefässen und 15—25 Zellreihen vom primären Reihencambium entfernt ebenfalls aus einer oder wenigen Zellen durch zahlreiche Längswände gebildete Phloëmbündel auf, um die sich bald auch Reihencambium bildet. In einer 6 mm. dicken Wurzel sah ich viele derartige secundäre Bildungen, wobei wieder der allgemeinen Regel zufolge die grössten nach dem Centrum der Wurzel, die kleinsten nach dem primären Reihencambium hin gelegen sind, obwohl sich auch hier zwischen den grösseren eben entstehende Fibrovasalbündel finden. Wenn ich oben anführte, dass im Rhizom vielfach erst bei einer Dicke von 10 mm. diese secundären concentrischen Gefässbündel sich finden, so stehen diese Angaben keineswegs damit im Widerspruch, dass sie in den Wurzeln bereits bei geringerer Dicke auftreten; denn zu einer 6 mm. dicken Wurzel gehört ein bedeutend dickeres Rhizom. Ausdrücklich bemerke ich noch, dass diejenigen Wurzeln, deren zugehöriges Rhizom diese secundären Bildungen noch nicht hatte, ebenfalls derselben entbehrten.

Bis jetzt habe ich stets angegeben, dass zwischen dem primären Reihencambium und dem ersten Auftreten dieser secundären Bildungen immer mindestens 10—15 Zellreihen liegen; damit ist auch von vorneherein die Vermuthung ausgeschlossen, dass diese secundären Bildungen vom primären Reihencambium aus gebildet werden; denn die Siebröhrenbündel im primären Phloëm entstehen unmittel-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0090-1

bar am Cambium, hier aber treten diese secundären Gebilde in einem fertig gebildeten Gewebe auf.

Die Anordnung der Gefässe oder Gefässgruppen in den secundären Fibrovasalsträngen ist mit Rücksicht auf die Axe des Rhizoms oder der Wurzel, ebenso auch des betreffenden Gefässbündels eine willkürliche.

Dass durch die sich vergrössernden secundären Bildungen die ursprünglichen Radialreihen im Xylem verschoben werden, ist selbstredend; die Gefässgruppen des primären Xylems erkennt man stets an den genau radialen Reihen der sie umgebenden, rechteckigen Xylemzellen.

Während bei *Cochlearia Armoracia* die secundären Gefässbündel nicht in unmittelbarer Nähe der Gefässgruppen, sondern unregelmässig zerstreut im Xylem entstehen, sind sie bei den folgenden Pflanzen an die Nähe der primardialen und primären Gefässe gebunden.

Nur der fleischig angeschwollene Stengel des Kohlrabi (*Brassica Rapa* L. var. *gongylodes* L.) verhält sich ähnlich.

Hier sieht man nämlich im Marke, welches sich fast ausschliesslich an der Dilatation betheiligt, eine grosse Zahl solcher secundärer concentrischer Gefässbündel, die bei zunehmender Dicke Gefässgruppen enthalten.

Ihre Entstehungsweise ist ganz ebenso, wie ich sie für *Cochlearia* angegeben. Die Verholzung der mittleren und inneren Theile dieser Gemüsepflanze beruht auf der bedeutenden Zunahme der Gefässgruppen in den secundären Gefässbündeln.

Auch bei *Gentiana lutea* L. beobachtete ich vor mehreren Jahren, als ich Assistent bei Herrn Professor von Nägeli war,[1]) concentrisch angeordnete Gewebebildungen im Xylem der fleischig verdickten Wurzel; ich konnte jedoch damals den unumstösslichen Beweis, dass diese Gewebebildungen secundäres Phloëm seien, nicht erbringen. Es ist mir jedoch jetzt nicht mehr zweifelhaft, dass auch in der Wurzel dieser Pflanze secundäre Phloëm- und Gefässbündel gebildet werden.

[1]) Ich glaube eine Indiscretion nicht zu begehen, wenn ich dies anführe, weil die jetzige Deutung eine von der damaligen wesentlich verchiedene ist.

(Fortsetzung folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0091-7

Fig. 2.
(610 ×)

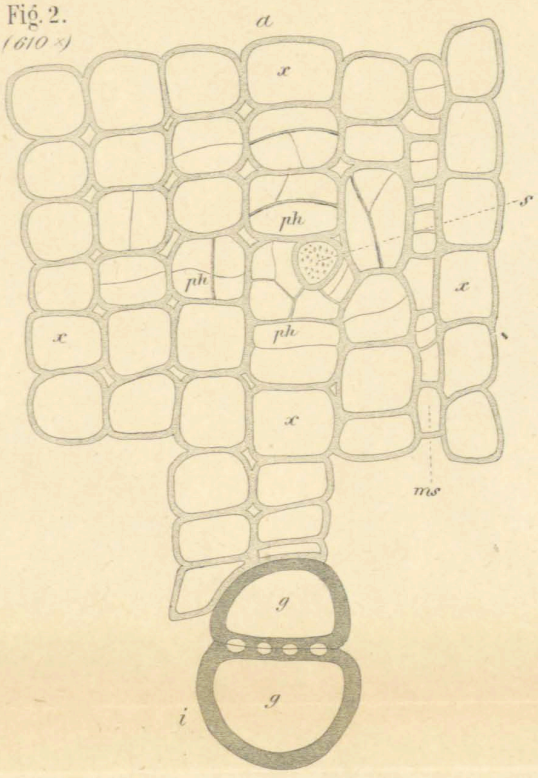


Fig. 4.
(610 ×)

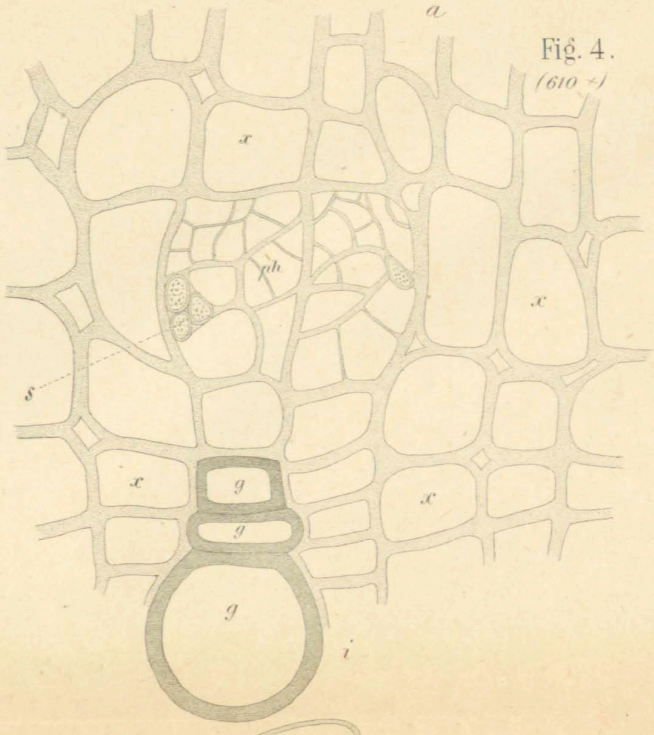


Fig. 3.
(610 ×)

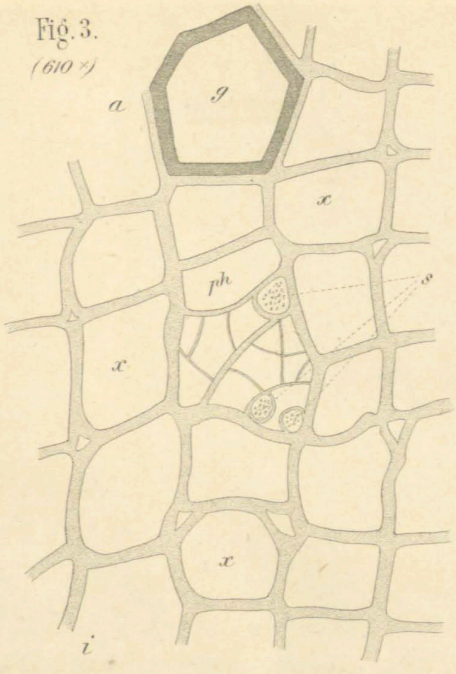
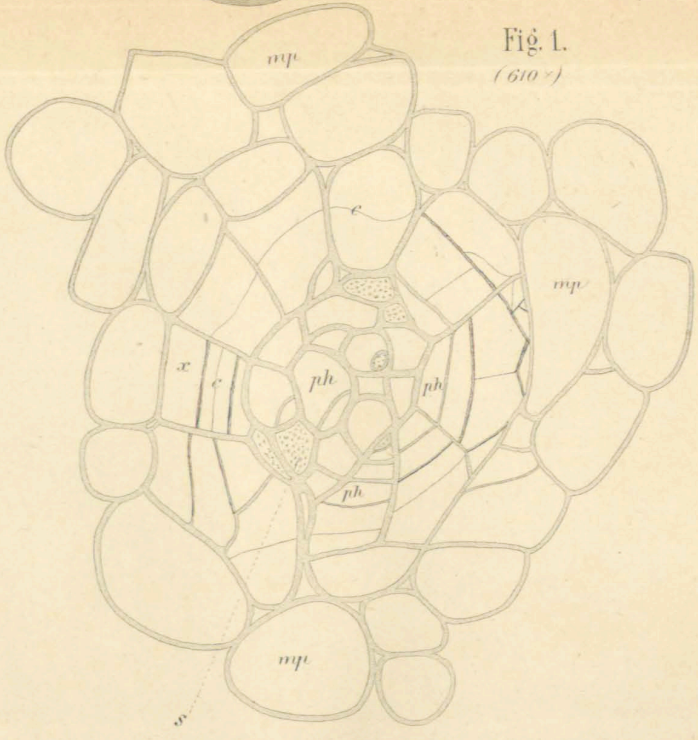


Fig. 1.
(610 ×)



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0586-4

Fig. 5.
(610 ×)

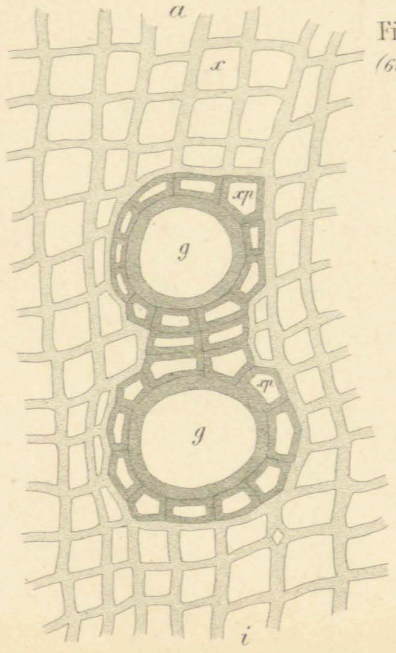


Fig. 6.
(c. 400 ×)

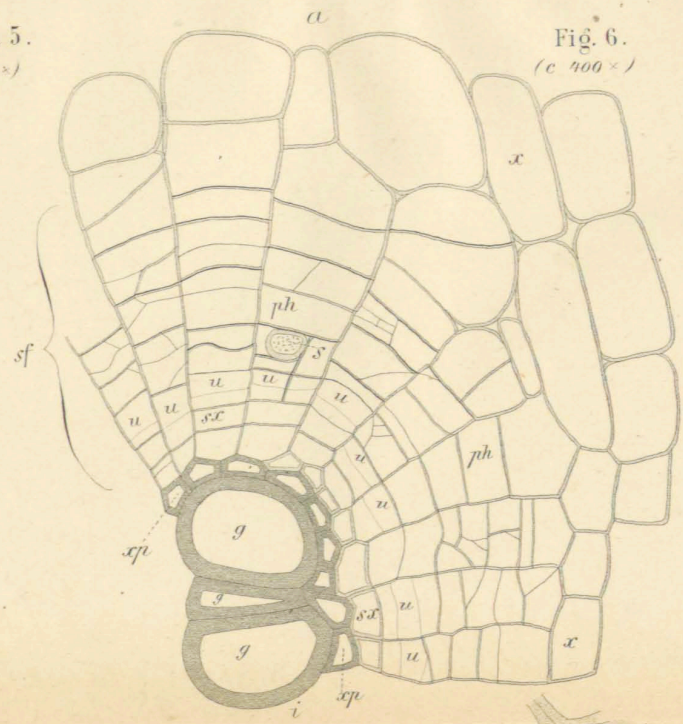


Fig. 7.
(305 ×)

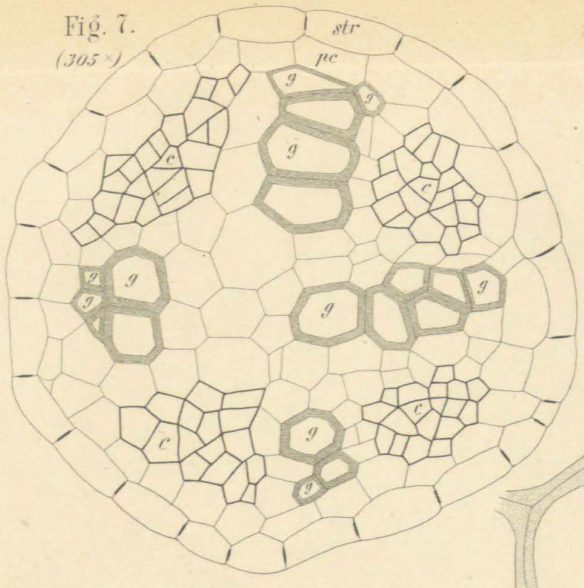
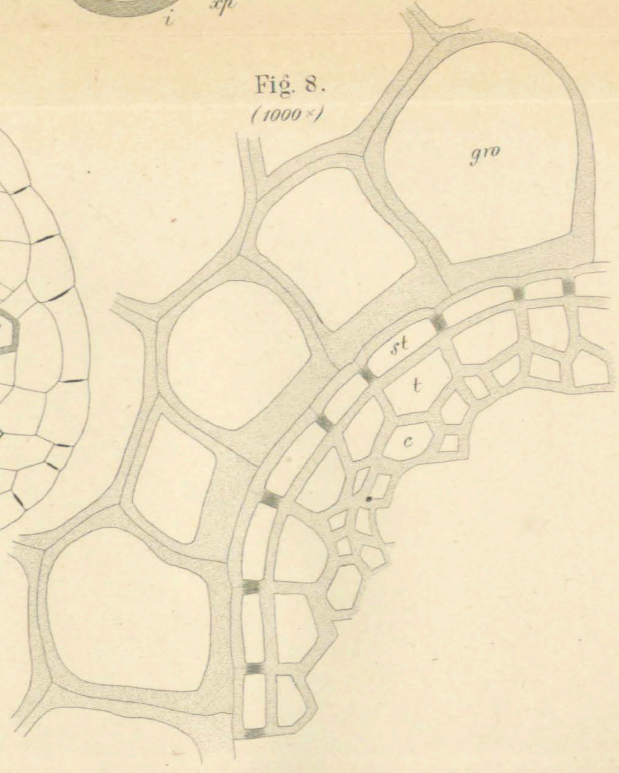


Fig. 8.
(1000 ×)



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: 63

Autor(en)/Author(s): Weiss J. E.

Artikel/Article: Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln 81-89