FLORA.

63. Jahrgang.

No. 7. **Regensburg, 1. März** **1880.**

Inhalt. Dr. Joh. Ev. Weiss: Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln. (Fortsetzung.) — Anzeige.

Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln.

Von

Dr. Johann Ev. Weiss.

(Fortsetzung.)

B.

Oenothera biennis L.

Diese Pflanze besitzt in den kräftigeren Exemplaren am Ende der ersten Vegetationsperiode eine rübenförmige Pfahlwurzel, die eine Dicke von 10—12 mm. erreicht. Die Seitenwurzeln, von denen eine horizontal verlaufende besonders stark wird, entspringen in 2 Reihen an der Hauptwurzel.

Ein Querschnitt durch eine 12 mm. dicke Wurzel oberhalb der grossen Seitenwurzel zeigt folgenden Bau: Durch das Auftreten von Phellogen in der ersten innerhalb der Schutzscheide gelegenen Zellreihe ist die ganze primäre Rinde beseitigt. Die Phellogenbildung zeigt jene Eigenthümlichkeit, die man auch bei den übrigen *Onagraceen* Juss. beobachtet, dass nämlich eine weitere, d. h. radial gestrecktere Korkzelle mit einer engeren Cellulosezelle wechselt; ich nenne die engeren, mit stark lichtbrechenden Membranen versehenen Zellen Cellulosezellen, denn beim Behandeln mit concentrirter Schwefelsäure lösen sich die Membranen dieser Zellen auf, während

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0099-6

die Korkmembranen bekanntlich nicht gelöst werden. Der Beginn der Korkbildung ist derart, dass die innerhalb der Schutzscheide gelegene Zellreihe sich radial streckt, wobei häufig in den grösseren Zellen noch Radialwände auftreten; dann folgen zwei Tangentialwände, ob zu gleicher Zeit, oder nacheinander, konnte ich weder bei dieser Pflanze noch auch bei den beiden unten zu besprechenden *Epilobium*-Arten beobachten. Sicher ist nur, dass bei Beginn der Korkbildung die primäre Korkmutterzelle durch die 2 Tangentialwände in 3 Zellen sich theilt, wodurch die mittlere sofort zur Korkzelle wird, die äussere und innere aber Cellulosezellen bleiben; die äussere wird Dauerzelle, die innere stellt nunmehr die secundäre Korkmutterzelle dar, die sich nun wieder radial streckt und sich ebenso theilt. Radialwände treten im Verlaufe der Korkbildung sehr häufig in der jeweiligen Korkmutterzelle auf; ich beobachtete wenigstens keine Ausnahme. Als Unregelmässigkeit führe ich noch an, dass auch zwei Korkzellen neben einander liegend vorkommen, wenn nemlich nur eine Tangentialwand entsteht. Die Cellulosezellen bilden stets nach der inneren Korkzelle zu Intercellularräume. Phelloderma sah ich nicht.

Dem Gesagten zufolge besteht also die ganze Wurzel nur aus Phloëm und Xylem. Bei einem Durchmesser von 4 mm. ist der Radius des Phloëmringes ebenso gross, wie der des Xylemcylinders, bei 12 mm. Dicke aber ist der Radius des Xylems nochmal so gross, als der des Phloëms.

Die Tracheen abgerechnet gibt es auch hier verholzte Zellen fast nicht.

Die Elemente des Phloëms sind in der Nähe des Cambiums gestreckt, weiter nach aussen aber treten, wie man auf dem Längsschnitte sieht, Horizontalwände auf, wodurch die ursprüngliche, aus dem Cambium entstandene Zelle in 2 und noch weiter nach aussen durch Wiederholung der Theilung in 4 Zellen sich theilt. Gleichzeitig erfolgt in den innerhalb des Korkes gelegenen, etwas tangential gestreckten Phloëmpartien Theilung in verticaler Richtung; die so gebildeten, verhältnissmässig kurzen Zellen runden sich ab. Auch die Siebröhrenbündel (Siebröhren gibt es nur in den Bündeln engmaschigen Gewebes), die ausserhalb des Reihencambiums leicht zu erkennen sind, werden gegen das Korkgewebe hin etwas tangential gestreckt. Auch hier entstehen diese Siebröhrenbündel, ebenso wie bei *Cochlearia*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0100-2

Armoracia, ausserhalb des Reihencambiums durch zahlreiche Verticaltheilungen einer oder weniger neben einander liegender Zellen; die Siebröhren sind leicht zu erkennen. Vielfach finden sich im Phloëm, seltener im Xylem Raphiden.

In der zweijährigen Wurzel findet im Phloëm eine bemerkenswerthe Veränderung nicht statt.

Der primordiale Gefässbündelcylinder ist diarch; die Gefässe, um welche sich, jedoch sehr selten, noch verholzte Prosenchymzellen finden, liegen, zu grösseren oder kleineren Gruppen vereinigt, ziemlich regellos zerstreut im Xylem; um die Gefässe herum liegen, ebenso wie bei *Cochlearia Armoracia* Zellgruppen, welche sich meist nicht weiter verändern, nicht einmal Intercellularräume bilden; sehr selten nur beobachtet man, dass gerade von diesen Zellen sich einige radial zur zugehörigen Gefässgruppe strecken und tangential dazu theilen.

Das ganze übrige Xylem besteht aus ursprünglich gestreckten, später aber durch Horizontalwände in Parenchym umgewandelten Elementen, die sich abrunden und ziemlich grosse Intercellularräume bilden. Die Xylemstrahlen sind meist einreihig. Die Elemente des Xylems werden gegen Ende der ersten Vegetationsperiode enger.

Auch im Xylem dieser Pflanze finden sich Gruppen enger Zellen. Sie haben dieselbe Gestalt, wie die Siebröhrenbündel im Phloëm oder wie die Phloëmbündel in der Markscheide des Stammes bei den *Onagraceen*, nur dass diesen xylemständigen secundären Phloëmbündeln die dickwandigen Bastzellen fehlen, die sich in den markständigen Phloëmbündeln bei *Oenothera biennis* häufig finden.

Auch hier sind die secundären Phloëmbündel im Xylem eine nachträgliche Bildung, die mit der Weiterentwicklung des Reihencambiums, immer 10—15 Zellreihen von diesem entfernt, sich bilden. Bekanntlich entstehen die Ploëmbildungen am Rande des Markes zugleich mit dem primordialen Phloëm innerhalb der primären Rinde, also bei der Differenzirung eines Theiles des Urmeristems in Fibrovasalstränge.

An der Bildung eines solchen secundären Phloëmbündels betheiligt sich nur eine (Taf. III, Fig. 3) oder 2 (Taf. III, Fig. 4) selten 3 oder 4 Xylemparenchymzellen.

Die secundären Bildungen dieser Pflanze unterscheiden sich in doppelter Hinsicht von denen bei *Cochlearia*: nämlich es tritt secundäres Reihencambium um dieselben nie auf,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0101-8

es bleibt mithin bei der ursprünglichen Anlage; dann liegen sie meist nur 1—2 Zellreihen von den Gefässen oder Gefässgruppen entfernt, und zwar meist innerhalb oder ausserhalb derselben, selten rechts oder links davon. Um grössere Gefässgruppen sah ich häufig 6—8 solcher secundärer Bildungen; da sie meist nur den Raum einer oder zweier Zellen einnehmen, so bringen sie die Radialreihen des vom primären Reihencambium gebildeten Xylems nicht in Unordnung; sie sind aber auch sehr schwer zu erkennen, da die Wurzeln dieser Pflanze der Durchsichtigmachung grosse Schwierigkeiten entgegensetzen.

Bei Beginn der zweiten Vegetationsperiode werden im Xylem vorerst weitere Elemente gebildet, die mit Ausnahme der Tracheen unverholzt bleiben; weiter nach aussen verholzen jedoch alle Zellen, selbst die der Xylemstrahlen.

Nur soweit, als das Xylem in der zweiten Vegetationsperiode unverholzt bleibt, finden sich noch, jedoch seltener, secundäre Phloëmbündel; sehr selten sieht man in der innersten Partie des verholzten Xylems ein derartiges Ploëmbündel, das auch da von unverholztem Parenchym umgeben ist.

Aus physiologischen Gründen ist dieses Fehlen von secundärem, xylemständigem Phloëm zu erklären. Der Pflanze konnte es nur im ersten Jahre und mit Beginn der zweiten Vegetationsperiode darum zu thun sein, einen ausgedehnten Transportweg für die Reservestoffe zu besitzen; sobald der Blüthenschaft getrieben wird, muss die Bildung biegungsfester, mechanischer Elemente in Form von Holzfasern vorherrschen.

Im hypocotylen Stengelstück finden sich am Rande des Markes, wie im Stamme primordiale Phloëmbündel, jedoch ohne Bastfasern. Ferner liegt ausserhalb der primordialen Gefässbündel eine Partie von verholztem Prosenchym vom primären Reihencambium gebildet; weiter nach aussen folgt unverholztes Parenchym mit eingelagerten Gefässen, um welche sich hier, wenigstens in der innersten Partie, secundäre Phloëmbündel, meist den Raum einer Zelle der Radialreihe einnehmend, finden. Die primordialen markständigen Phloëmbündel liegen, entsprechend der Blattstellung, in 5 Gruppen innerhalb des primordialen Xylems. Die Frage, in wie weit diese secundären xylemständigen Phloëmbündel mit dem procambialen markständigen oder peripherischen Phloëm in Beziehung stehen,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0102-4

muss ich mir für eine spätere Untersuchung aufbewahren, da ich ganz junge Pflanzen bei meiner Untersuchung nicht zur Hand hatte.

Epilobium hirsutum L.

In den Stolonen dieser Pflanze beobachtet man am Rande des Markes 4 Partien (die Stolonen sind 4 kantig) primordialer Phloëmbündel ohne dickwandigen Bast; um diese Bündel bildet sich kein Reihencambium. Das primäre Xylem ist nicht mächtig und mit Ausnahme der primordialen Partie verholzt. Xylemständige secundäre Phloëmbildung findet sich in den Stolonen nicht. In der Wurzel ist das gesammte Xylem mit Ausnahme der Partie um die Ring- und Spiralgefässe verholzt; hier befindet sich dünnwandiges Parenchym. Einzelne Zellen dieses Parenchyms nun werden nachträglich in secundäres Phloëm umgebildet, so dass sich um die primordialen Gefässe secundäres Phloëm befindet; um letzteres tritt Reihencambium nicht auf. Dieses Phloëm ist auch hier kein aus Procambium oder Cambium hervorgegangenes, wie etwa die eingeschlossenen Phloëmmassen in den *Chenopodiaceen* und *Amarantaceen*; es entsteht bei *Epilobium* erst, wenn durch das Auftreten des primären Reihencambiums und durch die Bildung von primärem Xylem das primordiale Phloëm bereits nach aussen gedrängt ist; in sehr jungen Wurzelspitzen, in welchen jedoch das primordiale Phloëm und die primordialen Gefässe bereits ausgebildet sind. sieht man in ganz jungen Objecten noch kein, in etwas älteren eben auftretendes secundäres Phloëm.

Epilobium angustifolium L.

Meine Untersuchung beschränkte sich lediglich auf die im Boden befindlichen Stolonen.

Soweit die oberirdischen Caulome dieser Pflanze mit ihrem unteren Theile im Boden stecken, ist zu bemerken, dass die innere Partie des primären Xylems mit Ausnahme der Gefässe unverholzt und parenchymatisch ist; hier finden sich im Xylem wieder die secundären xylemständigen Phloëmbündel ohne Reihencambium und ohne Xylem, welche die radiale Anordnung des primären Xylems nicht beeinträchtigen.

Komplicirter ist jedoch der Bau der älteren, im Boden horizontal verlaufenden Stolonen; sie sind dreikantig, und die Anordnung des primären Xylems entspricht den drei Seiten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0103-0

Hier wechseln Partien von unverholztem Xylem und eingelagerten Tracheen mit verholzten Gewebecomplexen ab.

In dem unverholzten Xylem finden sich ebenfalls secundäre Phloëmbündel. Bemerkenswerth ist, dass in diesen unterirdischen Stolonen Phellogen auch vom Marke aus gebildet wird, wodurch zuerst durch die innerste Korklamelle das Mark vom Xylem geschieden wird; dann folgt gegen die Peripherie des Organs hin eine weitere Korkschicht, wodurch auf den 3 Seiten eine Partie Xylem abgeschnitten wird; derselbe Vorgang wiederholt sich weiter nach aussen im Xylem nochmals, und zwar tritt sie nach meinen Beobachtungen in dem unverholzten Gewebe auf. Die Phellogenbildung selbst geht auf dieselbe Weise vor sich, wie ich es für *Oenothera biennis* angegeben habe.

C.

Brassiaca Napus L. var. ***esculenta*** DC.

Die fleischige Verdickung gehört nicht der Wurzel allein an, auch das hypocotyle Stengelstück nimmt einigermassen daran Theil. Auch hier beruht die Dilatation auf übermässiger Xylembildung. Bezüglich der primären und secundären Rinde beschränke ich mich auf die Bemerkung, dass die Phellogenbildung in oder unmittelbar innerhalb der Epidermis beginnt, dass die Elemente der peripherischen Gewebe sich ganz besonders in tangentialer Richtung strecken und durch radiale Längswände theilen; in der secundären Rinde haben diese Angaben mehr für das Strahlenparenchym, weniger für die Phloëmstränge Geltung.

Primäre und secundäre Rinde wären nicht von einander zu unterscheiden, wenn nicht über den Phloëmsträngen kleinere Bündel von dickwandigem Baste sich fänden.

Der primordiale Gefässbündelcylinder ist di—triarch. Das Dickenwachsthum verläuft anfänglich ganz normal.

Die Tracheen abgerechnet kommen verholzte Zellen im Xylem meist nicht vor; nur um die primordialen Gefässgruppen finden sich bei manchen Wurzeln mehr oder weniger ausgedehnte Gruppen von Libriform.

Die um die Gefässe gruppirten Zellen des primären Xylems sind anfänglich prosenchymatisch, werden aber später durch Querfächerung parenchymatisch. Die Xylemstrahlen sind 3—5 Zellreihen stark.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0104-5

Auch hier beobachtet man das Auftreten von secundären xylemständigen Bildungen, 2—4 Zellen von den zunächstliegenden Gefässen und 15—20 Zellreihen vom Cambium entfernt. Wie bei *Oenothera biennis*, liegen sie auch hier meist ausserhalb oder innerhalb der zunächst liegenden Gefässgruppe, seltener rechts oder links davon; jedoch treten nicht um alle Gefässgruppen derartige secundäre Bildungen auf; es findet sich aber auch der Fall, dass oft 5—6 secundäre Gefässbündel um eine Gefässgruppe des primären Xylems zu liegen kommen. Anfänglich unterscheiden sich diese secundären Bildungen in nichts von den Siebröhrenbündeln des primären Phloëms; bald jedoch umgeben sie sich mit Reihencambium, wodurch erst concentrische Gefässbündel entstehen; das Centrum nimmt stets das verhältnissmässig mächtige Phloëm ein.

Während bei *Oenothera biennis* die den Gefässgruppen des Xylems anliegenden Zellen sich nur ganz selten radial zur betreffenden Gefässgruppe strecken und tangential dazu theilen, ist dies hier immer Fall. Durch diese nächträgliche Vermehrung des den Gefässen anliegenden Parenchyms werden die secundären Gefässbündel aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängt, indem sie weiter von den Gefässgruppen entfernt zu liegen kommen.

Bezüglich der Grössenverhältnisse der secundären Gefässbündel sei bemerkt, dass stets die zuerst, also um die Gefässgruppen des Wurzelcentrums, gebildeten secundären Gefässbündel die grössten sind; je weiter man gegen die Peripherie des primären Xylems kommt, desto kleiner werden sie, bis endlich in einer Entfernung von 15—20 Zellreihen innerhalb des Cambiums ihr Entstehen beobachtet wird.

Abgesehen davon, dass im hypocotylen Stengelstück Mark und Markkrone sich finden, verhält sich der Bau desselben ebenso, wie der der Wurzel.

Beim Uebergang der Wurzel in Stamm tritt Mark auf, indem sich die dem Centrum der Wurzel zunächstliegenden primordialen Gefässgruppen nach aussen wenden und zwar so lange, bis die am Pericambium zuerst entstandenen Gefässe der Wurzel im hypocotylen Stengelstück die innersten sind.

Man beobachtet ferner, dass sich von einem primordialen

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0105-1

Gefässbündel der Wurzel mehrere primordiale Gefässbündel für das hypocotyle Stengelstück abzweigen da, wo die Wurzel in den Stamm übergeht; mit anderen Worten, dass die primordialen Gefässbündel (Blattspuren) des Stammes beim Uebergang in die Wurzel sich in 2, 3 oder mehrere Gefässbündel vereinigen, je nachdem der primordiale Gefässbündelcylinder der Wurzel di- oder tri- oder polyarch ist.

Beim Uebergang der Wurzel in den Stamm sieht man ferner, dass um die primordialen Gefässgruppen und innerhalb derselben ein Libriformring auftritt, der bald mehr, bald weniger unterbrochen ist; auch um die etwas weiter nach aussen gelegenen Gefässgruppen findet sich häufig Libriform in kleineren oder grösseren Partien.

Mit der Zunahme des hypocotylen Stengelstückes an Dicke tritt eine ungemein starke radiale Streckung von 3—6 Parenchymzellen am Rande des Markes ein; diese gestreckten Zellen theilen sich durch tangentiale Wände oft 8—10 mal. Die dickste Pflanze dieser Art, die ich untersuchte, hatte 32 mm. im Durchmesser.

Ist einmal beim Uebergang der Wurzel in Stamm Mark vorhanden, so trifft man an dessen Rande, also innerhalb der primordialen Gefässe auch und rechts und links davon, ungemein stark entwickelte secundäre, concentrische Gefässbündel, die vielfach auch Porengefässe besitzen.

Nach dem primären Reihencambium hin nehmen diese secundären Bildungen an Mächtigkeit ab, gerade so, wie ich es für die Wurzel angegeben habe. Mit dem Abgang der Blattspuren verschwinden auch diese Bildungen allmählig, und zwar die mächtigsten zuerst, so dass sich nur ganz junge in höheren Internodien finden. Ich beobachtete auch hier secundäre Gefässbündel mit den Blattspuren nach der Peripherie abgehen, ohne jedoch über ihr weiteres Verbleiben mir bis jetzt Rechenschaft geben zu können.

Nicht selten sieht man auf dem Querschnitt dieser Pflanze, sowie auch bei *Cochlearia Armoracia*, *Brassica Rapa* und *Raphanus sativus* mit blossem Auge schwarze Punkte; ich untersuchte sie nicht näher, jedoch vermuthe ich, dass ein Degeneriren von Gefässgruppen mit dem umliegenden Gewebe die Ursache dieser schwarzen Punkte ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0106-7

D.

Brassica Rapa L. und *Raphanus sativus* L.

Da von Naegeli[1]) diese beiden Pflanzen eingehender untersuchte, kann ich mich möglichst kurz fassen.

De Bary[2]) erwähnt bei Besprechung des normalen Dickenzuwachses fleischig verdickter Wurzeln, dass bei diesen Pflanzen die inneren Partien des Xylems etwas näher zu untersuchen wären.

In dem 14 mm. dicken Stengel einer blühenden *Brassica Rapa* zeigt der Querschnitt den ganz normalen Bau der Dicotylen; weder im Marke noch im Xylem finden sich secundäre Neubildungen; anders verhält es sich in dieser Beziehung bei den verdickten Wurzeln.

Bei einem Durchmesser von 14 mm. treffen 2 mm. auf das Phloëm; 12 mm. auf das Xylem. Die primäre Rinde fehlt; die Phellogenbildung ist bereits in der secundären Rinde.

Die äussere Partie des Phloëms ist stark tangential gestreckt; die gestreckten Zellen theilen sich meist durch Radialwände; im Uebrigen verweise ich bezüglich des Phloëms auf die Angabe Nägeli's.

Die Siebröhrenbündel des Phloëms sowie die Gefässgruppen, (meist bilden 5—10 Gefässe eine Gruppe) des Xylems liegen in radialen Reihen und concentrischen Kreisen, wie auch Nägeli angegeben hat. In einer 34 mm. dicken Wurzel treffen 3 mm. auf das Phloëm; die Verdickung beruht also lediglich auf einer enormen Xylemwucherung.

Auch hier treten 12—18 Zellreihen vom Reihencambium und 2—5 Zellen von der nächstliegenden Gefässgruppe entfernt im Strangparenchym, Bündel von secundärem Phloëm auf; um jede Gefässgruppe finden sich 1 oder 2, oft aber, besonders in den inneren Partien, 4—6 solcher secundärer Bildungen.

Die um die Gefässgruppen gelegenen Parenchymzellen strecken sich radial mit Rücksicht auf die Gefässe, um die sie liegen, und theilen sich dann tangential dazu. Die secundären Phloëmbündel umgeben sich bald mit Reihencambium und nun vergrössert sich das Gefässbündel durch Bildung von secundärem Xylem und Phloëm.

[1]) Naegeli: Beiträge zur Wissenschaftlichen Botanik. I. Bd. Seite 25—26.

[2]) De Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0107-3

Die secundären Xylemzellen runden sich später ab, bilden luftführende Intercellularräume, so dass man sie von den Zellen des primären Xylems nicht mehr unterscheiden kann; nur die Verfolgung der Entwicklung setzt in den Stand, eine Entscheidung darüber zu treffen. Der Umstand, dass die Zellen, welche zwischen der Gefässgruppe des primären Xylems und dem secundären Gefässbündel sich, wie ich eben bemerkt habe, bedeutend strecken und theilen, und der Umstand, dass das in älteren Stadien ziemlich mächtige Xylem des secundären Gefässbündels sich abrundet und nach dem Auftreten von luftführenden Intercellularräumen in nichts sich von dem primären Xylem unterscheidet, bewirkt, dass man das secundäre Phloëm in älteren Stadien ziemlich weit von der dazugehörigen Gefässgruppe des primären Xylems entfernt trifft.

Die Ausdehnung der secundären Gefässbündel ist eine so bedeutende, dass in dicken Wurzeln oft 30—35 Zellreihen zwischen den Gefässen des primären Xylems und dem Centrum der secundären Gefässbündel liegen.

Doch damit ist die Reihe der nachträglichen Bildungen noch nicht abgeschlossen.

Es entstehen nämlich stets in dem durch Meristem vermehrten Parenchym um die Gefässgruppen des primären Xylems, wenn die fleischige Wurzel bereits eine bedeutende Dicke erreicht hat, von neuem Phloëmbündel, die ich als „tertiäre" bezeichnen will. Durch das Auftreten von Reihencambium werden sie bald zu tertiären Gefässbündeln; sie zeigen dieselbe Anordnung von Phloëm und Xylem, wie die secundären Bildungen.

Tracheen treten im secundären Xylem bei saftigen Pflanzen selten auf; häufig aber gruppenweise in minder üppigen Exemplaren. Es möge noch erwähnt werden, dass durch das secundäre Reihencambium manchmal 2 nahe aneinander liegende secundäre Phloëmbündel umschlossen werden. Dass diese secundären Bildungen mit einander anostomosiren, habe ich auch hier beobachtet.

Ebenso finden sie sich auch bei dieser Pflanze in grösster Zahl und am mächtigsten unterhalb der Blätterkrone; gegen die Wurzelspitze hin nehmen sie an Zahl und Grösse ab und im dünnsten Ende sieht man sie nur noch um die Ring- und Spiralgefässe.

Da, wie ich erwähnt habe, um eine Gefässgruppe des pri-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0108-8

mären Xylems fast regelmässig mehrere secundäre Gefässbündel auftreten, die sich oft ganz bedeutend ausdehnen, so ist es leicht begreiflich, dass die radiale Anordnung des primären Xylems gegen das Centrum der Wurzel hin vollständig verloren geht, einmal in Folge der Ausdehnung der secundären Bildungen, dann aber auch deshalb, weil das primäre Xylemparenchym sich ebenso wie etwa Mark oder Rinde vielfach theilt. Dadurch werden die Gefässgruppen des primären Xylems sowohl in radialer als tangentialer Richtung mehr und mehr von einander entfernt.

Raphanus sativus verhält sich bezüglich der Dickenzunnahme ganz ebenso, wie *Brassica Rapa*, so dass eine weitläufige Darstellung nicht nöthig ist; ich bemerke nur, dass die tertiären Bildungen hier seltener sind, weil auch die Wurzeln nicht so rasch sich entwickeln und nicht so saftreich sind, wie bei *Brassica Rapa*.

Ich habe noch den Fall zu betrachten, wobei die Pflanzen ohne fleischig verdickte Wurzeln von besonderer Grösse zu bilden, einen Blüthenschaft treiben. Ich fand in der hiesigen Gegend sehr häufig *Brassica Rapa* L., welche einen Blüthenschaft treibt, wenn die Wurzel noch nicht eine Dicke von 20 mm. erreicht hat. Es interessirte mich dabei nur die Frage, wie es in den dünnen, stark verholzten Wurzeln der ausgewachsenen Pflanze mit den secundären Bildungen im Xylem stehe.

Mit Ausnahme der beiden grossen primären Xylemstrahlen ist das Xylem zu $^3/_4$ verholzt. Nur der innere Theil, also das Centrum der Wurzel, ist mit Parenchym ausgefüllt. In diesem dünnwandigen Gewebe nun, das auch hier um die Gefässe sich vielfach streckt und theilt, liegen grössere und kleinere secundäre Bildungen; auch hier liegen die kleinsten weiter nach aussen und verschwinden da ganz, wo das Xylem verholzt ist; diese secundären Bildungen können in den verholzten Partien aus dem Grunde nicht mehr entstehen weil das Xylem schon verholzt unmittelbar innerhalb des Reihencambiums, also schon eher, als die ersten Anlagen zu den secudären Bildungen gemacht werden.

Gegen die Wurzelspitze hin sah ich nur in den primären Markstrahlen unmittelbar ausserhalb der primordialen Gefässe (manchmal auch rechts oder links davon), 1 oder 2 Bündel secundären Phloëms. Die primordialen Gefässe liegen nahe aneinander und um sie liegen nicht selten verholzte Prosenchym-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0109-7

zellen. Das übrige Xylem ist in den Wurzelspitzen ganz verholzt.

Auch ein sogenanntes ausgewachsenes Radieschen (*Raphanus sativus* L. var. *Radiola* DC.) untersuchte ich. Die Wurzel war ziemlich dick, etwa 20 mm. im Durchmesser.

Ganze Partien des Xylems um die Gefässgruppen waren verholzt, besonders gegen das primäre Reihencambium hin. In den dünnwandigen Partien des Xylems fand ich um die Gefässgruppen secundäres Phloëm, nie jedoch in den verholzten Partien.

Es ist klar, dass zwischen der spindelförmigen Wurzel von *Brassica Rapa*, die sofort einen Blüthenschaft treibt, und der rübenförmigen Wurzel des ausgewachsenen Radieschens auch im anatomischen Bau die verschiedensten Abstufungen vorkommen; das Eine steht fest, dass das secundäre Phloëm in dem Maasse auftritt, als die Wurzel an Durchmesser zunimmt und das dünnwandige Parenchym das Holzprosenchym überwiegt.

Merkwürdiger Weise fand ich auch bei *Sinapis alba* L. und *Sinapis arvensis* L. um die Ring- und Spiralgefässe ganz besonders aber unmittelbar ausserhalb derselben meist 1—5 ganz kleine Bündel secundären Phloëms; secundäres Reihencambium tritt aber um dieselben nicht auf; eine Ausdehnung ist ja weiter auch nicht möglich, denn das ganze Xylem verholzt schnell; die Holzzellen sind prosenchymatisch und ungefächert.

Während bei *Cochlearia Armoracia* secundäre Gefässbündel überall entstehen können, d. h. zu gleicher Zeit in den inneren und äusseren Partien des Xylems, sehen wir bei *Brassica* und *Raphanus* das Auftreten derselben an eine bestimmte Stelle, nemlich in der Nähe der Gefässgruppen, und an eine bestimmte Zeit, wenn vom primären Reihencambium durchschnittlich 12—20 Radialreihen Xylem gebildet sind, gebunden.

Vergleicht man die Resultate v. Nägeli's mit den meinigen, so ergiebt sich, dass Nägeli die besprochenen secundären und tertiären Bildungen entgangen sind, wofür der Grund ein zweifacher ist. Einmal sind die secundären Gefässbündel an und für sich, gerade bei diesen beiden Pflanzen, sehr schwer zu erkennen, weil sie nur in sehr dicken Wurzeln und auch da nur selten Tracheen enthalten. Nägeli spricht davon, dass im Xylem die Gefässe mit den zunächst liegenden nicht in Parenchym verwandelten Prosenchymzellen isolirt werden. Unter

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0110-8

iesen Prosenchymzellen meint Nägeli sicher nur die engnaschigen langgestreckten Gewebebündel, die ich als Fibrovasalstränge erkannte, allerdings erst dann, als ich ganz ähnliche Bildungen von secundären Fibrovasalsträngen in unzweifelhafter Weise bei *Cochlearia Armoracia* studirt hatte. Ferner scheint es mir, dass Naegeli nur junge und nicht allzu dicke Wurzeln untersuchte, wobei ihm diese Bildungen entgehen mussten, wie aus meinen ausführlichen Erörterungen erhellt.

E.
Bryonia dioica Jacq.

Diese Pflanze, deren zerstreut im Grundgewebe des krautartigen, windenden Stengels gelegenen Gefässbündel ein inneres Phloëm besitzen, hat eine fleischig verdickte Wurzel, die an sehr alten, kräftigen Pflanzen einen Durchmesser von 20 cm. und ein Gewicht von 10 Kgr. erreichen kann.

An der Hauptwurzel stehen die Seitenwurzeln in 2, 3 oder 4 Reihen, je nachdem der primordiale Gefässbündelcylinder di-, tri- oder tetrarch ist.

Wie bei allen bisher betrachteten Pflanzen, ist es auch hier das Xylem, welches sich vorzugsweise an der Dilatation betheiligt; bei einer Wurzel von 5 mm. Dicke treffen 4 mm. auf das Xylem, das übrige auf das Phloëm.

Auch bei dieser Pflanze sind die Elemente des Phloëms gegen die Peripherie hin stark tangential gestreckt; in den gestreckten Zellen beobachtet man vielfach radiale Längswände.

Die dünnwandigen Xylemzellen sind etwas in radialer Richtung gestreckt. Die Korkbildung beginnt unmittelbar innerhalb der primären Rinde.

Die Tracheen sind stark verholzt; ausserdem liegt rund um die Gefässe herum eine Reihe verholzter Zellen, nur selten sieht man sie dünnwandig.

Diese Pflanze besitzt ebenfalls im Xylem secundäre Neubildungen. Nach Stahl[1]) sollen Neubildungen von Folgemeristem, Xylem und Phloëm stattfinden. De Bary berichtet nicht weiter über diese mündliche Mittheilung. Ich trage demnach kein Bedenken, mich ausführlicher mit der Betrachtung der obwaltenden Verhältnisse zu beschäftigen, um so mehr, als

[1]) De Bary: Vergleichende Anatomie, Seite 623.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0111-4

bei dieser Pflanze diese Neubildungen sich wesentlich anders verhalten als bei den bisher betrachteten Pflanzen.

Mit Ausnahme der bereits erwähnten verholzten Zellen ist alles unverholzt; nur um die centralen Gefässgruppen trifft man manchmal grössere Gruppen von Libriform.

Die Gefässgruppen (meist 2, 3—7 Gefässe bilden eine Gruppe), liegen einmal in radialen Reihen, dann aber auch in concentrischen Kreisen.

Bei Beginn einer jeden Vegetationsperiode sind die Gefässgruppen am grössten und häufigsten, werden gegen Ende derselben aber immer kleiner und seltener.

Gehen wir vom primären Reihencambium aus gegen das Centrum des Xylems hin, so sieht man 12—18 Zellreihen vom Cambium entfernt keine Abweichung im Bau vom normalen Dicotylentypus; da secundäre Neubildungen nur um die Gefässgruppen vorkommen, so sieht man im äussersten concentrischen Kreise der Gefässgruppen noch nichts (siehe Taf. IV. Fig. 5); jedoch um die Gefässgruppen des zweiten, seltener erst des dritten concentrischen Kreises sieht man, wie sich die 2. oder 3. Zelle von dem zunächstliegenden Gefässe entfernt radial zur Gefässgruppe streckt und tangential dazu theilt. Zuerst thun dies nur die ausserhalb und innerhalb der betreffenden Gefässgruppe gelegenen Parenchymzellen, bald aber auch die rechts und links davon gelegenen, so dass sich ein vollständiger Ring bildet; die Theilung erfolgt stets in der Mitte der secundären Neubildung und bald bemerkt man, dass man es mit einem secundären Gefässbündel zu thun hat, dessen Reihencambium centrifugal zur betreffenden Gefässgruppe Phloëm, centripetal aber Xylem bildet; die Gefässgruppe des primären Xylems bildet stets das Centrum des secundären Gefässbündels (siehe Taf. IV. Fig. 6). Die ausserhalb des secundären Reihencambiums gelegenen Phloëmzellen theilen sich nach allen Seiten, wie es auch ausserhalb des primären Reihencambiums geschieht. Bezüglich der Siebröhren bemerke ich, dass sie bei dieser Pflanze ganz ausserordentlich deutlich ausgebildet sind; die Querplatten sind sehr stark verdickt; sie gleichen vollständig den Siebröhren des primären Phloëms. Die Zellen des primären Xylems bleiben ganz kurz und behalten lange die ursprüngliche Gestalt bei, d. h. sie sind etwas prosenchymatisch.

Die secundären Neubildungen erreichen auch hier eine be-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0112-9

deutende Ausdehnung. Tracheen sah ich im secundären Xylem nie auftreten.

Die secundären Neubildungen sind auch bei Beginn einer neuen Vegetationsperiode am mächtigsten. Um die in älteren Stadien weit von der zugehörigen Gefässgruppe entfernten secundären Phloëmpartien, die bündelweise gruppirt sind, beobachtete ich kein eigenes Reihencambium. Das Phloëm der secundären Gefässbündel erscheint in alten Stadien nur mehr in rundlichen Gruppen, weil alles Xylem in Dauergewebe übergeht und nicht mehr vom primären Xylem zu unterscheiden ist; das secundäre Reihencambium hat ebenfalls seine Thätigkeit eingestellt und selbst die grössere Partie des Phloëms (das Phloëmparenchym) sieht dem übrigen Dauergewebe gleich.

Ob sich später, wenn das ganze secundäre Xylem in Dauergewebe übergegangen ist, derselbe Vorgang wiederholt, wie bei *Brassica Rapa* und *Raphanus sativus*, beobachtete ich bei einer Wurzel von 93 mm. Durchmesser selbst in den inneren Partien nicht. Dass auch bei dieser Pflanze die grösste Masse der secundären Neubildungen gegen das obere Ende der Wurzel hin sich findet, bedarf nach dem Gesagten keiner weiteren Erörterung; der Zusammenhang der secundären Bildungen lässt sich bei dieser Pflanze nur an ganz jungen Pflanzen erkennen, die mir leider nicht zu Gebote standen.

Fasse ich die Resultate meiner bisherigen Untersuchung kurz zusammen, so ergibt sich mir Folgendes:

1. Bei allen betrachteten Pflanzenwurzeln fällt dem mächtig entwickelten Xylem die Aufgabe zu, als Aufbewahrungsort für Reservenahrung zu dienen; das Xylem ist demgemäss dünnwandig, parenchymatisch und nimmt an der Dilatation am meisten Antheil. In den Rhizomen und hypocotylen Stengelstücken dient auch das Mark als Reservenahrungsbehälter.

2. Bei allen diesen Pflanzen, die sehr rasch in die Dicke wachsen und ungemein viel Reservenahrung ablagern, ist ein rascher Transportweg für diese Reservestoffe nothwendig. Da das Parenchym die Stoffe vermittels Diffusion transportirt, die Siebröhren aber durch offene Poren, so sind gerade die secundären mark- und xylemständigen Phloëm- sc. Fibrovasalstränge von hoher Wichtigkeit für diese Pflanzen. Demnach wäre wohl anzunehmen, dass die Wurzeln von

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0113-5

Sinapis alba und *Sinapis arvensis* durch Kultur sich zu rübenförmigen Wurzeln umgestalten liessen.

3. Die secundären Bildungen sind mehr oder weniger mächtig, je nachdem die Pflanze längere oder kürzere Zeit lebt, früher oder später verholzt; bei *Sinapis arvensis* und *alba*, bei *Epilobium angustifolium* und *hirsutum* nur ganz gering; etwas ausgedehnter finden sie sich bei *Oenothera biennis*, besonders mächtig aber bei den übrigen betrachteten Pflanzen.

4. Die Mächtigkeit der secundären Bildungen hängt aber auch noch von der Dicke der Pflanze ab. *Brassica Rapa* verdickt ihre Wurzel innerhalb verhältnissmässig kurzer Zeit ganz bedeutend; bei ihr sehen wir die secundären Neubildungen auch am üppigsten.

5. Sobald die Pflanze einen oberirdischen Stengel treibt, hören die secundären Neubildungen auf und es treten dafür biegungsfeste Elemente auf, so bei *Oenothera biennis*, bei verholzten Rüben und Radieschen.

6. Secundäre Neubildungen finden sich nicht nur bei solchen Pflanzen, deren Caulom sogenanntes markständiges Phloëm besitzt, wie dies bei den *Gentianaceen* Juss., *Cucurbitaceen* J. und *Onagraceen* Juss. der Fall ist, sondern auch bei den *Cruciferen* Juss., welchen markständiges Phloëm fehlt.

7. Diese secundären Neubildungen nehmen in jedem Falle gegen die Wurzelspitze hin ab und stehen anscheinend mit dem primären, peripherischen oder markständigen Phloëm in directer Verbindung.

(Fortsetzung folgt.)

Anzeige.

In unserem Verlage ist erschienen:

Repertorium annuum literaturae botanicae periodicae curarunt G. C. W. Bohnensieg et Dr. W. Burck.

Tomus V. (1876) Preis M. 8.80. Früher erschienen: Tomus I. (1872) à M. 3.60, Tomus II. (1873) à M. 5.50, Tomus III (1874) à M. 7.60 und Tomus IV. (1875) à M. 7.60.

In Leipzig zu haben bei Herrn G. E. Schulz, in Paris bei Herrn Gauthier-Villars.

Haarlem, Februar 1880. De Erven Loosjes.

Redacteur: Dr. Singer. Druck der F. Neubauer'schen Buchdruckerei (F. Huber) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0114-1

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 97-112