FLORA.

59. Jahrgang.

№ 4. Regensburg, 1. Februar 1876.

Inhalt. Hugo de Vries: Ueber Wundholz. (Fortsetzung.) — A. de Krempelhuber: Lichenes Brasilienes. (Continuatio.) — Literatur. — Anzeigen.

Ueber Wundholz.

Von Dr. Hugo de Vries.

(Fortsetzung.)

Secundäres Wundholz. Wenn in Ringelungen, welche im Frühjahr gemacht sind und deren Wundrand sich ohne Callusbildung vernarbt hat, secundäres Wundholz auftritt, so ist dieses gewöhnlich nur in wenig ausgeprägter Weise der Fall. Man trifft dann eine dünne Schicht von Holzfasern in dem äussersten Theil des Wundholzes an, welche entweder continuirlich ist, oder dem Verlauf der Gefässzellenstränge entsprechend, im Tangentialschnitt sich strangartig zeigt. Die Länge ihrer Elemente entspricht überall der Länge der in gleicher Höhe befindlichen Elementarorgane des primären Wundholzes, übertrifft diese aber immer ein wenig, was durch das Spitzenwachsthum der Holzfasern verursacht wird. An solchen Versuchszweigen fand ich die isodiametrischen Zellen am Wundrande und das Holzparenchym des primären Wundholzes mit Stärke gefüllt. (z. B. *Viburnum Opulus.*)

Regensburg Bot. Gart.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0051-6

Wundholz an Ringwunden mit Callusbildung am oberen Rande. Der Calluswulst wächst sehr rasch aus dem durchschnittenen Rindengewebe hervor, seine dem Holzkörper benachbarten Zellenreihen wachsen in unmittelbarer Nähe an diesem entlang; die getödtete Oberfläche des Holzes verhindert ein Anwachsen aber vollständig. Ich habe solche Wülste untersucht, welche wenigstens stellenweise sich bis in einer Entfernung von 1 Cm. und mehr von der ursprünglichen Schnittfläche aus über das entblösste Holz ausdehnten. Die Fig. 15 stellt einen Radialschnitt durch einer solchen Wulst an einem Zweige von *Fraxinus excelsior* vor, β gibt die Lage des oberen Schnittrandes an, von hier bis weit unterhalb γ war die Rinde abgelöst und die Oberfläche des Holzes getödtet. Alles unterhalb β neugebildete Gewebe ($\beta\delta\varepsilon$) gehört also zum Calluswulst, dessen Rindenschicht aber nicht in die Zeichnung aufgenommen ist (c = Cambium). Oberhalb β ist auf der Innenseite primäres, nach aussen secundäres, überall aber kurzzelliges Wundholz abgebildet, — die langzellige Zone fängt erst oberhalb der oberen Grenze der Figur an.

Nach kürzerer oder längerer Zeit bildet sich im noch homogenen Gewebe des Callus, in geringer Entfernung von seiner Oberfläche eine Korkschicht, welche die innere Partie nach aussen schützt. In etwas grösserer Entfernung von der Oberfläche befindet sich die meristematische Schicht des Callus, welche sich nach oben an das Cambium des Wundholzes anschliesst, und selbst zum Cambium der Holzneubildungen im Callus wird. Die Entstehung jener meristematischen Schicht, und die Art und Weise wie sie sich nach oben an das Cambium anschliesst, sind noch offene Fragen, deren Beantwortung meinem Zwecke fern lag.

Das primäre Wundholz weist den nämlichen Bau auf, wie bei den ohne Callus vernarbten Ringwunden, erreicht aber nur eine viel geringere Dicke. Sein unterer aus gleichförmigen isodiametrischen Zellen gebildeter Theil ist vom angrenzenden Callusgewebe fast nicht zu unterscheiden; das primäre Wundholz geht also ohne scharfe Grenze in das Callusgewebe über. In unserer Fig. 15, wo nur ein Theil des kurzzelligen Holzes aufgenommen werden konnte, sieht man deutlich wie in der innersten Schicht die Zellenlänge mit der Entfernung von der Wunde (β) nach oben zunimmt. In den meisten Fällen lassen sich das kurzzellige und das langzellige faserfreie Holz sowie deren Uebergänge in einander und nach oben in das normale Holz, sowohl auf Querschnitten als auf Längsschnitten deut-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0052-1

lich erkennen, und zeigen dann die früher beschriebenen Eigenschaften.

Das secundäre Wundholz entsteht zunächst aus einer Cambiumschicht, welche an der oberen Grenze des Wundholzes aus Cambiumzellen von normaler Länge besteht; in der unteren Zone ist das Cambium durch Quertheilung kurzzellig geworden, aber ihre einzelnen Zellen haben sich zugespitzt und sind spindelförmig geworden. In der Nähe des Callus, so wie in diesem selbst sind die Cambiumzellen isodiametrisch. Auf diese Formenreihe der Cambiumzellen kann man mit Sicherheit schliessen aus den Formen der innersten Zellen des secundären Wundholzes, welche ohne erhebliche Formänderung aus dem Cambium hervorzutreten pflegen. Auf die Reihenfolge der Erscheinungen im Wundholzcambium schliesse ich selbstverständlich aus der Anordnung seiner Produkte in radialer Richtung.

Das Auftreten von Gefässzellensträngen im Callus. Die erste, auffallende Erscheinung bei der Bildung des Callusholzes bieten die Stränge von Gefässzellen. Diese endigen nicht mehr, wie im primären Wundholz am oberen Rande der ursprünglichen Ringwunde, sondern setzen sich über diesen bis weit in das Callusgewebe hinunter fort. (Fig. 15. Radialschnitt durch einen Calluswulst von *Fraxinus excelsior;* EG Gefässzellenstränge, welche wegen ihres gebogenen Verlaufs nur stellenweise in der Ebene der Zeichnung sichtbar sind.) Hier besitzen ihre gefässähnlich getüpfelten Zellen zunächst noch die polyedrische Form der Calluszellen, bald aber spitzen sich die neu entstehenden an ihrem oberen und ihrem unteren Ende zu und erscheinen daher im Tangentialschnitt kurz-spindelförmig, im Radialschnitt aber gewöhnlich länglich viereckig. Dann fangen auch die parenchymatischen Zellen an sich zuzuspitzen, schieben ihre Enden nebeneinander vorbei, und verengern sich dementsprechend, im Tangentialschnitt betrachtet, ein wenig. Jedoch haben nicht alle in dieser Zeit aus dem Calluscambium hervortretenden, einfach getüpfelten Zellen diese Umwandlung erlitten; viele behielten die polyedrische oder rundliche Form. Diese stehen in kleinen Gruppen zusammen, und stellen die Anfänge der Markstrahlen dar (Fig. 15 M), während die Zuspitzung der übrigen als eine Differenzirung zu Holzparenchymzellen betrachtet werden kann. Der Unterschied zwischen den Markstrahlenzellen und diesen spindelförmigen Holzparenchymzellen tritt nun immer

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0053-7

deutlicher hervor, während auch die Gefässzellen sich immer schärfer zuspitzen.

Vergleichen wir die so im Callus ausgebildete Gewebeschicht mit dem primären Wundholz, so leuchtet ein, dass sie genau den Bau desjenigen kurzzelligen faserfreien Holzes besitzt, dessen Cambiumzellen durch mehrfache Theilung verkürzt sind. (Vergl. z. B. *Caragana arborescens* Taf. II. fig. 6.) Eine weitere Bestätigung dieser Uebereinstimmung liefert der Querschnitt, indem auch hier die Gefässstränge oft allseitig von Parenchym umgeben und ähnlich zerstreut sind wie dort. Die innersten Schichten, deren Zellen noch keine Zuspitzung besitzen, stimmen ebenso mit dem isodiametrischen Gewebe des primären Wundholzes überein (Vergl. Taf. II. fig. 8). Ich habe schon erwähnt, dass diese allmählig vor sich gehende Veränderung in gleicher Weise in der Höhe des isodiametrischen primären Wundholzes stattfindet; hieraus folgt, dass das dortige secundäre kurzzellige Wundholz nach unten in das ebenso gebaute Callusholz übergeht.

Das Auftreten von Holzfasern. Dieser faserfreien Periode folgt nun in der ganzen Ausdehnung des Wundholzes, mit alleiniger Ausnahme der untersten Theile des Calluswulstes, eine neue durch das Auftreten von Holzfasern charakterisirte Periode. Der Uebergang zwischen beiden Perioden scheint je nach Umständen verschieden zu sein; oft schliessen sich die Gefässzellenstränge dicht aneinander an, oft treten die ersten Holzfasern zerstreut auf der Aussenseite einzelner solcher Stränge auf. In allen bis jetzt beobachteten Fällen aber schliessen die Holzfasern sehr bald zu einer continuirlichen Schicht zusammen. In dieser sind im Anfang die Gefässzellen und Holzparenchymzellen noch sehr häufig, und die Markstrahlen noch zahlreich und breit; bald aber nehmen die Holzfasern sehr an Zahl zu, und drängen dadurch die übrigen Bestandtheile des Holzes annähernd auf das im normalen Holz der betreffenden Species herrschende Verhältniss zurück. Von da an besitzt das neugebildete Holz wenigstens im Querschnitt schon anscheinend nahezu normalen Bau; auf Längsschnitten sieht man aber, dass es noch aus sehr kurzen Elementarorganen besteht.

Die Längenzunahme der Cambiumzellen. Während obige Veränderungen in den Zahlenverhältnissen der einzelnen Elementarorgane vor sich gehen, erleidet auch die Länge der Cambiumfasern

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0054-3

und ihrer Abkömmlinge in dem kurzzelligen Wundholze eine sehr wesentliche Veränderung. Um diese gehörig zu würdigen, wollen wir zunächst das kurzzellige Cambium mit dem normalen vergleichen, und denken uns dabei beide stets auf Tangentialschnitten betrachtet. Das kurzzellige Cambium ist durch ein- drei- oder mehrmalige Quertheilung aus dem normalen Cambium entstanden, es enthält also auf derselben Fläche zwei, vier und mehr Male so viel Zellen als das normale. Das Calluscambium entspricht dem durch mehrfache Quertheilung entstandene Wundcambium der untersten Abtheilung der unteren primären Zone; für ihn gilt also das letztere gleichfalls. Soll nun aus solchem kurzzelligen Wundcambium normales Cambium regenerirt werden, so muss also: 1) die Länge der einzelnen Cambialfasern um das zwei- vier- resp. mehrfache zunehmen, und 2) die Zahl der Cambialfasern auf einer gegebenen Fläche entsprechend abnehmen. Jede tangentiale Holzschicht des Wundholzes kann nun abgesehen von der Differenzirung ihrer Elementarorgane, gewissermassen als ein Bild der Cambiumschicht betrachtet werden, aus der sie entstanden ist; und wenn auch dieses Bild durch das Spitzenwachsthum der Holzfasern und das Dickenwachsthum der Gefässzellen seine Genauigkeit zum Theil eingebüsst hat, so ist diese Veränderung im Wundholz doch gegenüber den oben erwähnten Veränderungen im Cambium selbst so gering, dass man aus successiven Tangentialschnitten des Wundholzes auf die fraglichen Veränderungen im Cambium ohne weiteres schliessen darf [1]). Eine solche Untersuchung zeigt nun, dass in den oberen Regionen des kurzzelligen Wundholzes im Laufe eines Sommers allmählig nahezu die normale Länge und Zahl der Cambiumfasern wieder hergestellt wird. In den untersten Theilen, sowie im Calluscambium, geht zwar die allererste Zuspitzung und Verlängerung rasch vor sich, dann aber nimmt die Länge nur sehr langsam noch um ein Geringes zu, ohne im Lauf des Sommers auch nur annähernd die normale Länge zu erreichen. Die Zahl der Cambiumfasern ändert sich dabei ganz ihrer Länge entsprechend.

Die Zahl der Cambialfasern kann selbstverständlich nur dadurch vermindert werden, dass eine gewisse Anzahl durch das ausgiebige Längenwachsthum der übrigen verdrängt wird. Dementsprechend zeigt der Tangentialschnitt des kurzzelligen Faserge-

1) Man wird hierzu vorzugsweise solche Arten wählen, deren Holzfasern kein merkliches Längenwachsthum zeigen, wie z. B. *Corylus*. Das Dickenwachsthum der Gefässe ist im Wundholz, zumal anfangs, noch äusserst unbeträchtlich.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0055-9

webes Holzfasern der verschiedensten Längen zwischen einander; von den kürzeren darf man annehmen, dass ihre Cambialfasern bald von den umliegenden verdrängt werden würden.

Querwände in den Holzparenchymzellen, und reihenförmige Anordung der Gefässzellen mit Durchbohrung der Querwände pflegen in irgend erheblicher Menge erst zu Anfang der Periode der Holzfaserbildung aufzutreten.

Zusammenfassung. Vergegenwärtigen wir uns in Kürze die jetzt beschriebenen Vorgänge während der Wundholzbildung innerhalb und oberhalb der Calluswülste am oberen Rande von Ringwunden. Das primäre Wundholz besitzt nur geringe Entwickelung, sein anatomischer Bau ist aber derselbe wie bei anderen Ringwunden. Das secundäre Wundholz stimmt in der ersten innersten Schicht nahezu mit dem primären überein, die folgenden Schichten nähern sich aber immer mehr dem normalen Holzbau. Diese Annäherung geht in Bezug auf das Zahlenverhältniss der Elementarorgane und auf deren Form rasch vor sich, indem schon nach Ablagerung einer ziemlich dünnen Schicht annähernd die normalen Verhältnisse erreicht werden. Dabei zeigen die auf einander folgenden Schichten die nämliche Reihenfolge der Erscheinungen, wie die übereinanderliegenden Zonen des primären Wundholzes von der Wunde nach oben durchmustert. In Bezug auf die Länge der Zellen geht die Annäherung an den normalen Holzbau viel langsamer vor sich und ist beim Auftreten der Holzfasern noch lange nicht beendet, wodurch hier kurzzelliges Holzfasergewebe entsteht, was im primären Wundholz nicht vorkommt.

Zu der obigen Beschreibung dienten hauptsächlich Versuche mit *Fraxinus excelsior* (Fig. 15); mehrfache Bestätigungen und Erweiterungen lieferten mir *Corylus Avellana, Viburnum Opulus*, u. a.

Wundholz am unteren Rande von Ringwunden. Bekanntlich geht unterhalb einer Ringelung die Holzbilung unter gewissen Umständen während kurzer Zeit weiter, wir dürfen also auch hier Wundholz erwarten. In der That findet es sich an der bezeichneten Stelle oft vor, zumal an solchen Versuchszweigen, welche im Frühling vor Anfang der normalen Holzbildung geringelt wurden. So beobachtete ich es an im April geringelten Zweigen von *Sorbus Aucuparia* und *Viburnum Opulus*. Aber auch an solchen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0056-5

Ringwunden, welche im August oder September gemacht wurden, fand ich bisweilen Wundholz am unteren Rande des Ringschnittes (z. B. bei *Corylus Avellana* und *Viburnum Opulus*).

Die neugebildete Holzschicht ist immer äusserst dünn; ihr Wachsthum hört bald auf. Dementsprechend kann auch kein secundäres Wundholz in ihr entstehen, und auch die etwaige Anwesenheit eines Calluswulstes am Schnittrande keinen Einfluss auf sie haben. In anatomischer Hinsicht hat dieses Gewebe genau denselben Bau wie das primäre Wundholz am oberen Wundrande, die verschiedenen Zonen sind hier in gleicher Reihenfolge, von der Wunde aus durchmustert, da, und gehen abwärts auch hier in normales Wundholz über. Es scheint mir daher, dass eine eingehende Beschreibung ihres Baues überflüssig ist.

Aehnliche, äusserst dünne Wundholzschichten erhielt ich, wenn ich im Frühjahr, kurz vor dem Anfang des normalen Dickenwachsthums doppelte Ringelungen machte. An jedem Versuchsast wurden dabei zwei ringförmige Entrindungen vorgenommen; die Entfernung der beiden Wunden betrug einige Cm. bis einige Decm. Ich sorgte dafür, dass sich zwischen beiden Wunden kein Seitenzweig und keine Knospe befand, um die Nährstoffquellen für das Wundholz am oberen Rande der unteren Ringwunde auf die Reservenährstoffe des Holzes und des Bastes zu beschränken. Gewöhnlich veranlasste nun auch die untere Ringwunde sowohl an ihrem oberen als an ihrem unteren Rande die Bildung einer dünnen Wundholzschicht, welche nach oben, resp. nach unten in normales Holz überging. Der anatomische Bau des Wundholzes stimmte auch hier an beiden Stellen bis in Einzelheiten mit der innersten Schicht des Wundholzes oberhalb der oberen Ringelung überein. Ich beobachtete es an beiden Stellen, oder an einer von beiden Stellen bei *Viburnum Opulus, Sorbus Aucuparia, Carpinus Betulus*, *Fraxinus excelsior* u. A.

Ferner habe ich im Sommer Zweige gleichzeitig mit dem Ringeln des grössten Theiles ihrer Blätter beraubt; die schlecht ernährten, primären Wundholzschichten solcher Zweige unterschieden sich nur in der Dicke, nicht im anatomischen Bau von denen nicht entblätterter Aeste (z. B. *Acer Pseudoplatanus*); secundäres Wundholz entstand in ihnen nicht.

(Fortsetzung.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0057-0

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 59

Autor(en)/Author(s): de Vries Hugo

Artikel/Article: Ueber Wundholz 49-55