FLORA.

59. Jahrgang.

№ 8. Regensburg, 11. März 1876.

Inhalt. Hugo de Vries: Ueber Wundholz. (Fortsetzung.) — A. Geheeb: Bryologische Notizen aus dem Rhöngebirge. — Anzeige. — Einläufe zur Bibliothek und zum Herbar.

Ueber Wundholz.

Von Dr. Hugo de Vries.

(Fortsetzung.)

§. 6. Verwundung der äusseren Bastschichten.

In dem vorigen Paragraphen haben wir gesehen, dass eine quere Verletzung der äussersten cambialen Schichten an abgelösten Rindenstreifen hinreicht, um Wundholz entstehen zu lassen. Wenn man nun umgekehrt die Schichten des Bastes von aussen ab bis auf diese innersten vorsichtig abträgt, wird dann auch Wundholz entstehen? Die folgende Versuchsreihe beantwortet diese Frage verneinend.

Schneidet man an einem kräftigen Zweig von *Salix purpurea* mit einem Rasirmesser allmählig und vorsichtig die Rinde schichtenweise weg, bis da, wo ungefähr die gelbe Farbe des Gewebes verschwindet, so gelingt es oft, alles Bastgewebe bis auf die innerste Bastfaserschicht vollständig zu entfernen. Leicht kommen dabei stellenweise Verletzungen des Cambiums vor; diese scha-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0115-2

den aber nicht, wenn die Versuchsstelle hinreichend gross ist und die genannten Verletzungen des Cambiums nur keine quere sind. Eine Längsspaltung des Cambiums kann sogar nützlich sein, um bei der späteren mikroskopischen Untersuchung die Grenze des vor und des nach Anfang des Versuchs gebildeten Holzes leicht aufzufinden. Den Beweis, dass die nach obiger Vorschrift vorgenommene Entrindung wirklich genau die erwähnte Tiefe erreicht, liefert die sofortige mikroskopische Prüfung von einigen der so vorbereiteten Zweige. Diese lehrt ferner, dass auf der Innenseite der innersten Bastfaserschicht oft nur eine äusserst dünne, noch fast undifferenzirte Schicht des Weichbastes liegt und dass also dort die Entfernung des Bastes ohne quere Verwundung des Cambiums so vollständig gelungen ist, als sie überhaupt im Experimente ausführbar ist.

Nachdem die Zweige an der Pflanze so hergerichtet waren, habe ich die Versuchsstellen mit Wachstuch umwunden, um sie vor Austrocknung zu schützen. Nach etwa drei Wochen zur Untersuchung abgeschnitten, zeigten sie die Wundstelle gänzlich mit Callus überdeckt. Die neugebildete Holzschicht hatte schon eine nicht unbeträchtliche Dicke und enthielt stellenweise zwei Gefässe auf einer radialen Linie. Sie bestand, auf Tangentialschnitten und Querschnitten untersucht, in jeglicher Höhe der etwa 6 Cm. langen entrindeten Stelle aus Elementarorganen von der normalen Länge, welche hauptsächlich Holzfasern und runde Gefässe waren. Auf Querschnitten erkannte ich, dass die Gefässe zahlreicher, die Holzfasern radialweiter waren, als in der kurz vor Anfang des Versuchs abgelagerten Holzschichte, eine Thatsache, welche nicht überraschen kann, wenn man bedenkt, in wie hohem Maasse der Rindendruck durch die Entfernung der äusseren Bastschichten abgenommen haben muss.

Auch ausserhalb der Wundblösse nach unten zu, zeigte sich das neugebildete Holz normal.

Wir kommen also zu der Schlussfolgerung, dass weder die Quertheilungen des Cambiums, noch die Aenderungen in der relativen Zahl seiner verschiedenartigen Produkte, welche bis jetzt als Folgen von queren Verwundungen des Bastes und des Cambiums zusammen beschrieben worden sind, allein durch Vernichtung des Bastes verursacht werden können.

Zu demselben Resultate führten mich Versuche mit *Evonymus europaeus*, *Acer Pseudoplatanus* u. a.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0116-7

§. 7. Zusammenfassung der anatomischen Ergebnisse.

In dem Vorhergehenden habe ich bei einer Reihe von verschiedenartigen Verwundungen die Holzschichten untersucht, welche in der ersten Zeit nach der Verwundung in der Umgebung der Wundstelle abgelagert werden. Die anatomischen Befunde lassen die Wunden in zwei Gruppen zusammenstellen, wobei zunächst die etwaige Entstehung von Callus und Callusholz ausser Betracht bleiben mag. In der einen Gruppe von Wunden zeigte sich das in der Umgebung neugebildete Holz nur insofern vom normalen Holz verschieden, als der Verminderung des Rindendruckes durch die Verwundung entsprach: das Holz war gefässreicher und seine Fasern in radialer Richtung weiter als normal.[1]) Die der zweiten Gruppe angehörigen Wunden hatten einen viel bedeutenderen Einfluss auf das in ihrer Nähe zunächst entstehende Holz ausgeübt. Der Mangel an Holzfasern und weiten Gefässen, der vorwiegend parenchymatische Bau, dazu in der nächsten Nähe der Wunden noch die abnormale Kürze aller Zellen u. s. w., prägten diesem Wundholz einen höchst eigenthümlichen, leicht kenntlichen Charakter auf.

In die erste Gruppe gehören folgende untersuchte Verwundungen:

1. Längsspaltungen, welche genau der Zweigachse parallel verlaufen. (Flora 1875 p. 97).
2. Ablösung des Bastes vom Holz, ohne quere oder schiefe Verletzung des Cambiums (wo also der abgelöste Streifen von zwei genau der Zweigachse parallelen Längsspalten begrenzt, oben und unten am übrigen Bast befestigt und innerlich nirgends verletzt ist). (§ 5.)
3. Verletzung der äusseren Bastschichten ohne Verwundung des Cambiums. (§ 6.)

In die zweite Gruppe gehören:

1. Ringförmige Entrindungen; das Wundholz befindet sich auf der Oberseite und gewöhnlich auch auf der Unterseite der Wunde. (§ 1 & 2.)
2. Quere Einschnitte; das Wundholz befindet sich auf der Oberseite und Unterseite, nicht aber rechts und links von der Wunde. (§ 3.)

1) Cf. Flora 1875, p. 97, und Archives Neérlandaises T. XI. 1876, p. 1—51.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0117-3

3. Schiefe Einschnitte; Wundholz beiderseits; es erstreckt sich aber nirgends weiter, als die Projection des schiefen Schnittes auf den Querschnitt. (§ 4.)
4. Verwundung des Cambiums an abgelösten Längsstreifen der Rinde. Wundholz oberhalb und unterhalb dieser Querwunde. (§ 5.)

Bei der Betrachtung dieser beiden Gruppen muss es auffallen, dass in der ersten nur Längswunden, in der zweiten nur Querwunden vorkommen. Die schiefen Wunden sind hier als quere zu betrachten, da sie nur in ihrer Projection auf den Querschnitt die fragliche Wirkung ausüben. Oder noch besser, sie sind als Combinationen von Längs- und Querwunden zu betrachten, was zumal aus den Folgen etwas schief verlaufender Längsspalten deutlich hervorgeht. Ebenso können alle übrigen, hier nicht behandelten Wunden als Combinationen von Längs- und Querwunden betrachtet werden.

Wir haben also folgende Arten von Wundholz zu unterscheiden, wenn wir diesen Begriff allgemein für alle abnormale Holzbildungen in der Nähe von Wunden anwenden:

1. *Wundholz an Längswunden;* das Holz ist weitzelliger, reicher an Gefässen und entsprechend ärmer an Holzfasern als normales Holz, von dem es sonst nicht erheblich abweicht (Wunden der ersten Gruppe).

2. *Wundholz der Querwunden;* die innerste primäre Schicht weicht in zahlreichen Punkten vom normalen Holzbau ab. Unter diesen sind hervorzuheben: Das Vorwiegen des Holzparenchyms bei vollständigem Fehlen der Holzfasern und echten Gefässe, die strangartige Anordnung der Zellen mit gefässähnlich getüpfelter Wandung und die abnormale Kürze der Zellen in nächster Nähe der Wunde.

Die folgenden secundären Schichten bilden mit fast unmerklicher Abstufung den Uebergang zum normalen Holz (Wunden der zweiten Gruppe).

3. *Callusholz.* Ausgehend vom undifferenzirten parenchymatischen Gewebe des Callus, stimmt es im Bau seiner nachfolgenden Schichten mit dem secundären Wundholz der Querwunden überein.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0118-9

Das Wundholz der Längswunden ist in einem früheren, oben citirten Aufsatze von mir behandelt worden, und hier nur der Uebersichtlichkeit wegen mit aufgeführt. Dagegen bilden das Wundholz der Querwunden, sowie das Callusholz den eigentlichen Gegenstand dieser Arbeit, deren wesentlichste Resultate ich jetzt versuchen will, übersichtlich zusammenzustellen.

Das primäre Wundholz ist immer scharf vom vorhergebildeten normalen Holz abgegrenzt, nach aussen geht es allmählig in das secundäre über. Es erstreckt sich von der Wunde aus nach oben und unten gewöhnlich über wenige Centim. und stellt meist auch nur eine wenige Zellen dicke Schicht dar. Nur wenn Ringwunden ohne Callus vernarbten, wurde es in dickerer Schicht beobachtet. Die Mächtigkeit des secundären Wundholzes ist aber meist eine bedeutend grössere. Seine Ausdehnung (in tangentialquerer und longitudinaler Richtung) ist bei Ringwunden, ferner an allen rasch und vollständig vernarbenden Wunden keine grössere, als die des primären Wundholzes und des Callusgewebes, m. a. W. es wird nur auf der Aussenseite des ersteren und innerhalb des letzteren gebildet. Bleibt aber die Wunde längere Zeit offen, so können alle sie zunächst umgebenden Partien in Mitleidenschaft gezogen werden, indem sich um sie herum die bekannten Holzwülste bilden, welche, immer an Grösse zunehmend, in günstigen Fällen schliesslich die entblösste Wundfläche überwallen. Wir betrachten hier aber nur die ersten Anlagen dieser Gebilde, also die vor dem ersten Winter nach der Verwundung entstandenen Wundholzschichten.

Ich schreite jetzt zu der Besprechung des anatomischen Baues des Wundholzes.

Der Bau der dünnen primären Schicht ist je nach der Entfernung von der Wunde sehr verschieden, man kann darnach zwei Zonen unterscheiden, welche aber an ihrer Grenze allmählig in einander übergehen. Der Wunde zunächst liegt die kurzzellige Zone, ihr folgt die langzellige. In der ersteren unterscheide ich die zwei folgenden Unterabtheilungen:

a) Kurzzelliges Holz mit polyedrischen Zellen. Es zeigt den grössten Einfluss der Wunde, denn durch Quertheilungen im Cambium sind seine Zellen, im Tangentialschnitt betrachtet, isodiametrisch; dabei sind sie alle einander vollständig gleich, am nächsten mit den Markstrahlenzellen des normalen Holzes übereinstimmend. Nur selten zeigen einzelne ohne Form-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0119-7

abweichung Tüpfeln, wie sie im normalen Holze in den Gefässen vorkommen (vergl. Tafel II, Fig. 7 und 8).

b) Kurzzelliges Holz mit spindelförmigen Zellen (Taf. II, Fig. 5 und 6). Die Cambiumzellen sind je nach der Entfernung von der Wunde durch eine oder mehrere Querwände getheilt; ihre so entstandenen Tochterzellen spitzten sich wieder zu; dementsprechend ist das Gewebe ein kurzzelliges, und zwar ist die Zellenlänge um so geringer, je näher der Wunde die Zellen liegen. Die Markstrahlen sind sehr gross, die Grundmasse des Gewebes besteht aus Holzparenchymfasern (zumal aus ungetheilten, also sogenannten Ersatzfasern) und ist von zahlreichen dünnen, netzartig unter sich verbundenen Strängen von engen Gefässzellen durchzogen. Holzfasern[1]) fehlen (Taf. II, Fig. 14).

Die langzellige Zone des primären Wundholzes entsteht aus Cambiumzellen von normaler Länge; ihre Elemente haben also gleichfalls normale Länge. Die Grundmasse besteht aus Holzparenchym (und Ersatzfasern); *die engen Gefässzellen*[1]) *sind in* ihr zu strangartigen Gruppen *verbunden, Holzfasern und weite* Gefässe fehlen (Taf. I, Fig. 3 und 4).

Nach oben geht diese Zone *allmählig in das normale Holz* desselben Jahresringes über, indem sich hier eine Strecke befindet, in welcher die Grundmasse aus Holzparenchym und Holzfasern besteht, welche letztere mit der Entfernung von der Wunde immer an Zahl zunehmen; man kann dieses Gewebe auch als obere Abtheilung des langzelligen Wundholzes auffassen (Tafel I. Fig. 1).

Im secundären Wundholz ist der Bau der auf einander folgenden Schichten ein verschiedener, die innersten gleichen in vielen Punkten der Zone des primären Wundholzes oder dem Callus, auf welche sie nach aussen folgen, die nachfolgenden nähern sich in ihrem Bau immer mehr dem normalen Holz, bis auf sie endlich vollständig normales Holz folgt.

Entsprechend den beiden Zonen des primären Wundholzes unterscheide ich auch hier zwei Abtheilungen:

---

1) Die faserartigen Tracheiden *Sanio's* verhalten sich immer wie die Libriformfasern; ich nenne beide der Bequemlichkeit wegen mit dem alten Namen Holzfasern. Die gefässähnlichen Tracheiden *Sanio's* verhalten sich immer wie die Gliederzellen der engen Gefässe *Sanio's*, welche bekanntlich nicht reihenförmig aneinander gelagert zu sein pflegen; ich fasse beide unter dem Namen enge Gefässzellen zusammen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0120-8

a) Die langzellige Zone. Sie entsteht aus demselben Cambium, als die langzellige Zone des primären Wundholzes; ihre Zellen haben also von vornherein die normale Länge. Sie ist gewöhnlich nur eine schmale Uebergangsschichte zu dem bald auftretenden normalen Holz und fehlt nicht selten ganz, wie z. B. oft bei schiefen Einschnitten (Fig. 18).

b) Die kurzzellige Zone. Sie entsteht aus dem kurzzelligen Cambium der entsprechenden Zone des primären Wundholzes und im Callusgewebe; sie fängt also mit abnormal geringer Zellenlänge an. Ihre innerste Schicht besteht aus parenchymatischer Grundmasse mit Gefässzellensträngen, vom primären Wundholz kaum zu unterscheiden. Rasch vermehren sich diese Stränge; ihnen folgt ebenfalls rasch die Bildung von Holzfasern und nach kurzer Frist werden nur noch Schchten abgelagert, in denen das Verhältniss der verschiedenen Elementarorgane annähernd das normale ist. Die Elemente sind aber noch sehr klein; ihre Länge nimmt durch Spitzenwachsthum einzelner und Verdrängung anderer Cambiumzellen fortwährend aber langsam zu. Bei einseitigen klaffenden Wunden findet diese Verlängerung gewöhnlich in einer zur Zweigachse geneigten, mit dem Wundrande mehr oder weniger parallelen Richtung statt. Ist die normale Länge wieder erreicht, so folgt selbstverständlich normales Holz dem Wundholz (Fig. 15 d—c; Fig. 16 d—c).

Versuchen wir es nun, die im Obigen kurz dargestellten Abweichungen des Wundholzes vom normalen Holzbau unter bestimmte Gesichtspunkte zusammenzufassen, so haben wir die beiden folgenden Gruppen von Erscheinungen scharf zu trennen:

a) Die Quertheilung und das Längenwachsthum der Cambiumzellen.

b) Die Formausbildung der zu Dauerzellen werdenden Cambiumtochterzellen.

Quertheilung der Cambiumzellen finden wir nur in der der Wunde am nächsten liegenden Zone; die Zahl der Querwände nimmt mit zunehmender Entfernung von der Wunde ab. Die Folgen dieser Quertheilung sind schon in der ersten nach der Verwundung gebildeten Holzschicht sichtbar; sie muss sich also in kürzester Frist nach der Verwundung vollzogen haben.

In der unmittelbaren Nähe der Wunde bleiben die Zellen (im Tangentialschnitt betrachtet) polyedrisch, im übrigen kurzzelligen

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0121-4

Holz spitzen sie sich durch Längenwachsthum zu. Im kurzzelligen secundären Holz nimmt die Länge der Cambiumzellen und der aus ihnen hervortretenden Dauerzellen während der ganzen Dauer seiner Ablagerung fortwährend bis zur normalen Grösse zu. Auf Spitzenwachsthum der Cambiumzellen ist auch die schiefe Richtung der Elementarorgane im secundären Wundholz so vieler klaffenden Wunden zurückzuführen. Diese Verlängerung hat hier offenbar eben in jener schiefen Richtung stattgefunden.

Die Häufigkeit des quergetheilten Holzparenchyms im langzelligen primären Wundholz, und die vereinzelt auftretenden Querwände in den jüngsten vor der Verwundung angelegten Holzfasern sind Erscheinungen, welche jedenfalls mit den Quertheilungen im Wundcambium nahe verwandt sind.

Die Formausbildung der aus dem Cambium entstehenden Dauerzellen des Holzes ist eine um so mannigfachere, je weiter von der Wunde aus man das Wundholz untersucht. Diese Regel gilt vom primären Wundholz, aber auch (in radialer Richtung) vom secundären. Dieses durchläuft nämlich, in Bezug auf die Mannigfaltigkeit der Formausbildung seiner Zellen, dieselbe Reihenfolge, welche das primäre mit zunehmender Entfernung von der Wunde zeigt. Selbstverständlich fängt es dabei an jeder Stelle mit dem dort im primären Wundholz gegebenen an; überschlägt also z. B. in seiner langzelligen Zone die Erscheinungen des kurzzelligen Holzes.

Hierbei sind folgende speciellere Punkte hervorzuheben:

a) Das Zahlenverhältniss zwischen den Markstrahlenzellen und dem übrigen Gewebe ändert sich mit der Entfernung von der Wunde (rasch) zu Gunsten des letzteren. In unmittelbarer Nähe der Wunde entstehen ausschliesslich den Markstrahlenzellen ähnliche Elemente [1]).

b) In geringer Entfernung von der Wunde, so wie in der innersten Schicht des kurzzelligen secundären Wundholzes ist die Grundmasse rein aus Zellen des parenchymatischen Systems gebildet; in ihr befinden sich strangartige Gruppen von engen Gefässzellen, deren Ausdehnung mit der Entfernung von der Wunde zunimmt.

---

1) Dass dieses Gewebe kein Callus ist, obgleich es denselben anatomischen Bau besitzt, erhellt daraus, dass es in radialer Richtung zur Zweigachse aus dem Cambium hervorgeht. Der Callus pflegt senkrecht oder schief zur Wundfläche hervorzuwachsen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0122-0

c) Holzfasern und weite runde Gefässe entstehen nur in ziemlich grosser Entfernung von der Wunde, und auch da um so seltener je näher der Wunde. [1]) Sie fehlen den innersten Schichten des secundären kurzzelligen Wundholzes.

Anhang. In Bezug auf die mitgetheilten Regeln verhalten sich alle untersuchten Laubhölzer gleich; aus ihrer ziemlich bedeutenden Zahl (etwa 50) darf also mit Wahrscheinlichkeit auf die allgemeine Gültigkeit der gewonnenen Resultate für die Wundholzbildungen an queren Wunden bei den Laubhölzern geschlossen werden. In Bezug auf den Bast und auf die Nadelhölzer erlaube ich mir ein paar kurze Bemerkungen anzuknüpfen.

Da selbstverständlich der Bast fast immer mit zur mikroskopischen Betrachtung gelangte, hatte ich vielfach Gelegenheit mich zu überzeugen, dass auch im Wundbast die Zellenlänge geringer und das relative Verhältniss seiner Elementarorgane ein anderes ist, als im normalen Bast. Auch mit Coniferen habe ich einige Versuche angestellt, nach denen ich glaube zu der Annahme berechtigt zu sein, dass sie sich in Bezug auf die Länge der Zellen im Wundholz ähnlich verhalten wie die Dicotylen. Für das relative Verhältniss der Elementarorgane lassen sich die Ergebnisse selbstverständlich nicht einfach übertragen; doch fand ich, dass die Harzgänge im Wundholz oft zahlreicher sind als im normalen Holz, und sich darin also wie Holzparenchym verhalten. Dieses stimmt zu Sanio's Auffassung, der sie bekanntlich zum parenchymatischen System rechnet. Die bekanntlich reichlichen Harzmengen, welche an Wundstellen bei Nadelhölzern so oft beobachtet werden können, entspringen vielleicht zum grossen Theil diesen Harzgängen des Wundholzes.

Ganz ähnliche Abweichungen vom normalen Holzbau, wie die beschriebenen Wundholzbildungen, zeigt auch das Holz in den Wülsten, welche an den Rändern von mit Bindfaden stark umwundenen Stellen an Zweigen entstehen. Diese Abweichungen treten hier aber nicht plötzlich, sondern allmählig auf. Die Beschreibung meiner hierüber gemachten Untersuchungen behalte ich mir für eine spätere Gelegenheit vor.

(Schluss folgt.)

---

1) Nach einigen vereinzelten Beobachtungen scheint auch das Zahlenverhältniss anderer Elementarorgane im Wundholz abweichen zu können.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0123-6

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 113-121