Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht der Zehnten Realschule (Höheren Bürgerschule) zu Berlin. Ostern 1901.

Die ersten Folgen der Verwundung des Stengels dicotyler Holzgewächse durch Schnitte in der radialen Längsrichtung.

Von

Emil Löckell,
Oberlehrer.

Mit einer Tafel.

Bibliothek des Städt. Gymnasiums Düsseldorf

Berlin 1901.
R. Gaertners Verlagsbuchhandlung
Hermann Heyfelder.

1901. Programm Nr. 126.

qbe
53 (1901)

126 ↯

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

UNIVERSITÄTS- UND LANDESBIBLIOTHEK DÜSSELDORF

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

In den letzten Jahrzehnten sind die Folgen der Verwundung von Stengelteilen mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Die meisten der einschlägigen Arbeiten beschäftigen sich vorzugsweise mit der Frage nach der Beschaffenheit und der Zersetzung des Wundholzes[1]), andere verbreiten sich allgemeiner über die Erscheinungen, welche nach der Verwundung eintreten[2]), wieder andere betrachten ihre Beobachtungen über Stengelwunden nicht als Hauptzweck, sondern stellen dieselben in den Dienst weiterer physiologischer Forschung[3]).

Im Gegensatz zu diesen Abhandlungen verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, in beschreibender Weise nur die ersten Folgen der Verwundung des Stengels diesjähriger oder vorjähriger Zweige durch radiale Längsschnitte darzustellen.

Die Zeit der Untersuchung fiel in die Periode des lebhaftesten Wachstums, d. h. vom April bis Mitte August. Die verwundeten Stengelteile wurden gewöhnlich schon nach einigen Wochen abgeschnitten und sogleich untersucht; nur bei wenigen Pflanzen (Ptelea trifoliata, Acer Pseudoplatanus) berücksichtigte ich auch ältere Zustände, um Rückschlüsse auf die jüngeren machen zu können. Untersucht wurden, wenn auch z. T. nur auf bestimmte Erscheinungen hin:

Acer platanoides, Acer Pseudoplatanus, Catalpa Kaempferi, Cytisus Laburnum, Daphne Mezereum, Nerium Oleander, Philadelphus coronarius, Ptelea trifoliata, Quercus pedunculata, Ribes nigrum, Robinia Pseudacacia, Sambucus nigra, Sambucus racemosa, Spiraea sorbifolia, Ulmus campestris, Vitis vinifera.

Der Grad der Ablenkung unmittelbar nach der Verwundung wurde bei diesen allen festgestellt, bei der Beobachtung anderer Punkte waren Philadelphus, Quercus, Ulmus und Vitis nicht berücksichtigt worden. In Bezug auf alle hier besprochenen Punkte wurde nur Acer Pseudoplatanus studiert.

Der im Text in Klammern gesetzte Pflanzenname bedeutet, daß sich die an dieser Stelle gegebenen Bemerkungen zunächst, wenn auch nicht ausschließlich, auf diese Pflanze beziehen. Die häufig vorkommenden Begriffe „innen" und „außen" haben auf die Lage zur

---

[1]) Robert Hartig, Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin 1878 p. 66 u. 140. — Prillieux, Wundholz im Mark von Stecklingen. Compt. rend. 1874 p. 1190. — G. Kraus, Ausscheidung der Schutzholz bildenden Substanz an Wundflächen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1884 Bd. II p. 53. — F. Temme, Über Schutz- und Kernholz. Thiel's Landw. Jahrb. 1885 Bd. XIV p. 465—484.

[2]) Frank, Krankheiten der Pflanzen. 1880, 2. Abschn. Kap. 2, A u. B p. 19—136. — R. Hartig, Baumkrankheiten. Berlin 1882, 2. Abschn. § 14 p. 131—140.

[3]) Hugo de Vries, Über Wundholz. Flora 1876. — Robert Hoffmann, Wirkung mechanischer Kräfte auf die Teilung, Anordnung und Ausbildung der Zellen. Inaug.-Diss. 1885.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Mittelaxe des ganzen Stengels Bezug. Die Bezeichnungsweise der einzelnen Gewebe und ihrer Elemente folgt Schwendener.

Gang der Untersuchung. Die Verwundung von dies- oder vorjährigen Stengelteilen wurde in der Weise vorgenommen, daß mit einem spitzen und scharfen Messer rechteckige Stücke der Rinde vorsichtig entfernt wurden; die längere Seite dieser Rechtecke war der Längsaxe des Zweiges parallel. Hierdurch wurde das Holz vollständig entblößt — einige bald vertrocknende, am Holz haftende Reste der Rinde und des Verdickungsringes nicht gerechnet. Nirgends fand später eine von diesen Geweberesten ausgehende Bekleidung durch neue Rinde statt. In einigen Fällen (vgl. p. 16) führte ich den Schnitt absichtlich bis zum Mark und entfernte auch das darüber liegende Holz, um das Verhalten des Marks bei Verwundungen studieren zu können, zumal bei solchen Pflanzen, welche noch innerhalb vom Holz Siebröhren besitzen (Nerium).

Die Untersuchung bezog sich ausschließlich auf Längswunden; successive Querschnitte, zuweilen auch Längsschnitte derselben wurden angefertigt und zum Teil sogleich studiert, oder, in Glycerin gebettet, aufbewahrt.

Erscheinungen vor dem Eintritt von Zellteilungen.

In den meisten Fällen riß das Gewebe in der Zone des Verdickungsringes vom Wundrand her auf eine beträchtliche Entfernung ein, entweder durch ungeschickte Führung des verwundenden Messers oder infolge der starken tangentialen Spannung, welcher namentlich die äußeren Schichten der Rinde unterliegen. Die abgestorbenen, gebräunten Reste der den Riß unmittelbar umgebenden Zellen lassen erkennen, daß diese teilweise Abtrennung eines Stückes der Rinde nicht erst bei der Herstellung des Querschnitts, sondern sogleich bei der Verwundung eingetreten war.

Ablenkung. Es ist eine bekannte Thatsache, daß die erste Folge der Verwundung in der Längsrichtung ein durch Tangentialspannung verursachtes Klaffen der Wunde ist, welches sich auf dem Querschnitt als eine Ablenkung der radialen Reihen aus ihrer ursprünglichen Richtung kundgiebt (Fig. 1). Diese Ablenkung beginnt erst außerhalb des Holzringes, sie nimmt um so mehr ab, als sich die Entfernung von der Wunde vergrößert, und wird in einem gewissen Abstande vom Wundrand, zuweilen erst an der Stelle, welche der Mitte der Wunde diametral gegenüberliegt, $= 0°$.

Bei den Stengelteilen solcher Pflanzen, deren Epidermis, bezw. der dieselbe vertretende Kork, sich bei der Herstellung der Wunde jedesmal ablöste, wie bei Daphne und Sambucus racemosus, trat eine unbedeutende oder gar keine Ablenkung ein. Bei allen anderen von mir untersuchten Pflanzen zeigten die Querschnitte durch die Wunde eine deutliche Ablenkung der Radialreihen, welche im Mittel folgende Werte hatte:

Nerium Oleander . . .	$7\frac{1}{2}°$	Ulmus campestris . .	20°	Acer platanoides . . .	27°
Catalpa Kaempferi . .	10°	Ptelea trifoliata . . .	$22\frac{1}{2}°$	Robinia Pseudacacia .	30°
Quercus pedunculata .	10°	Ribes nigrum	25°	Acer Pseudoplatanus .	32°
Spiraea sorbifolia . . .	10°	Philadelphus corona-		Sambucus nigra . . .	$37\frac{1}{2}°$
Vitis vinifera	20°	rius	25°	Cytisus Laburnum . .	$42\frac{1}{2}°$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Werte für die beiden Ahornarten wurden aus Querschnitten durch 15 (Acer Pseudoplatanus) bezw. 13 (Acer platanoides) Wunden ermittelt, bei den übrigen aus einer geringeren Zahl. Bei Sambucus nigra und Cytisus fand ich als größte Ablenkung 45°. Diese Ablenkung wurde nur an solchen, der Wunde zunächstliegenden Radialreihen gemessen, welche weder vom Holze abgerissen, noch durch abnorme Ausdehnung angrenzender Reihen ihre geradlinige Richtung verloren hatten.

Im allgemeinen ist die Ablenkung gering, wenn noch gar kein, oder nur sehr zarter (Catalpa) Kork gebildet ist. Bei Sambucus nigra fand allerdings starke Ablenkung statt, trotzdem nur die Epidermis und wenige dünnwandige Korkzellen vorhanden waren. Im übrigen jedoch waren in den Fällen stärkerer Ablenkung, so namentlich bei Cytisus, sehr dickwandige Korkzellen gebildet.

Absterbende Gewebeteile. Die Zellen, welche unmittelbar an den Wundrand oder den ihn erweiternden Riß in der Zone des Verdickungsringes stoßen, sterben schnell ab; in der Umgebung des Risses, wo die Zellwände noch zart sind, auch die zunächst dahinter liegenden. Aber auch das ganze Gewebe, aus welchem der durch jenen Riß losgelöste Rindenlappen besteht, hat ein anderes Aussehen erhalten, als die normalen Gewebeteile. Der Inhalt sowohl, als auch die Wandungen der Zellen haben sich dunkler gefärbt und sind ein wenig zusammengeschrumpft; dieses ebenso wie die beginnende Verzerrung der Zellwände zeigt an, daß auch jenes losgetrennte Stück der Rinde im Absterben begriffen ist. Die Grenze zwischen dem absterbenden und dem noch weiter zu verwendenden Gewebe liegt im allgemeinen in einer Radialebene, eine gewisse Strecke von dem Wundrande entfernt, doch so dicht an diesem, daß sie kaum andere Teile der Rinde, als den losgetrennten Rindenlappen abschneidet.

Wachstum der Zellen. Diejenigen entwickelungsfähigen Zellen in der Nähe des Wundrandes, welche weit genug von diesem entfernt sind, um nicht dem zerstörenden Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt zu sein, die vielmehr vor jenem durch das vertrocknende Gewebe geschützt sind, beginnen nun in auffallender Weise zu wachsen. Da durch die Verwundung die Tangentialspannung und damit auch der Radialdruck am Wundrande aufgehoben sind, so erfolgt das abnorme Wachstum der hier gelegenen Zellen in tangentialer und radialer Richtung; es ist am stärksten in der Zone des Verdickungsringes und macht sich um so mehr geltend, je jünger die von dem Wachstum betroffenen Zellen sind. Es ist selbstverständlich, daß nur Zellen mit lebendem Plasma in dieser Weise wachsen können, ebenso unter den lebenden Zellen nur diejenigen, welche nicht durch eine starre Verdickung der eigenen Membran oder derjenigen der Nachbarelemente am Wachstum verhindert werden. Daher trifft man am Wundrande oft auffallend große, erst dicht vor der Verwundung angelegte Gefäße und Tracheiden (Daphne, Acer Pseudoplatanus, Robinia), welche sich infolge der Verletzung des Stengels stark ausgedehnt haben, während ältere Tracheen nicht mehr gewachsen sind.

Die ausgebildeten Holzparenchymzellen wachsen in der Regel ebenfalls nicht mehr; wo sie jedoch normal als Thyllen in die benachbarten Gefäße eindringen, wie bei den älteren Gefäßen von Robinia, da stellt sich dieser Vorgang am Wundrand schon bei den jüngeren Gefäßen ein.

Die Zellen des Holzmarkstrahles verhalten sich wie das Holzparenchym; die des Rindenmarkstrahles wachsen namentlich tangential stark aus und zwar, wenn der Markstrahl sehr breit ist, in allen seinen nebeneinander liegenden Elementen in gleicher Weise (Acer platanoides).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die älteren Zellen des Rindenparenchyms dehnen sich nur tangential und zwar fast ausschließlich in der eine Zellenlage breiten Grenzschicht zwischen absterbendem und erhalten bleibendem Gewebe.

Die Markzellen strecken sich auch, selbst in größerer Entfernung von der Wunde, dieser entgegen.

Die Zellen des Verdickungsringes in der Nähe der Wunde dehnen sich am auffälligsten aus; sie zeigen die bedeutendste Formveränderung, welche durch stärkeres Wachstum der nach der Wunde hin liegenden Radialwand bedingt wird. Die letztere bewirkt durch dieses einseitige Wachstum eine Schiefstellung der äußeren Tangentialwand und wölbt sich selbst dem Wundrande entgegen.

Gewebeverschiebung. Die ungleichmäßige Ausdehnung der einzelnen Elemente des Verdickungsringes bei der Wunde veranlaßt eine mäßige Veränderung der Richtung mehrerer Radialreihen der Rinde in demselben Sinne, wie es bei der Ablenkung unmittelbar nach der Verwundung geschah. Zu dieser Verschiebung gesellt sich infolge des tangentialen Wachstums der Rindenparenchymzellen bei der Wunde ein in der inneren Rinde stärker als in der äußeren hervortretendes Vordrängen nach dem Wundrand hin.

Die ersten Zellteilungen.

Ort der ersten Teilung. Wundmeristem. Die beschriebenen Wachstumserscheinungen der einzelnen Formelemente sind die Vorläufer der Zellteilung. Die ersten abnormen Zellteilungen können an verschiedenen Stellen in der Nähe des Wundrandes eintreten, so bei Daphne im Verdickungsring, bei Acer Pseudoplatanus in der Rinde auf der Innenseite der primären Bastplatten und dicht bei diesen. In jedem Falle aber entstehen in kurzer Zeit hintereinander oder zugleich zwei verschiedene Teilungsherde, von denen der eine in der Rinde, der andere im Verdickungsringe dicht am Wundrand liegt. Beide werden Anfangspunkte von Meristemen, die sich von hier aus in einer dem Wundrand parallelen Ebene nach außen und innen hin ausdehnen.

In der Rinde entsteht das Wundkorkmeristem; es breitet sich sehr schnell von der Peripherie des Stengels am Wundrand entlang bis zur inneren Grenze der Rinde aus.

Der im Verdickungsring liegende Teilungsherd giebt zwei Meristemen den Ursprung, von denen das eine sich nach außen hin, das andere nach innen zu vergrößert. Jenes wollen wir als Wundrindenmeristem, dieses als Wundholzmeristem bezeichnen. Sie entstehen dadurch, daß einige der am meisten dem Wundrand genäherten Zellen des Verdickungsringes sich in der gewöhnlichen Folge teilen, indem abwechselnd nach außen und innen je eine Zelle abgeschieden wird. Die nach außen fallenden Zellen werden zu Wundrindenmeristem, die nach innen hin entstandenen zu Wundholzmeristem.

Das Wundholzmeristem und seine Derivate.

Strahlenförmige Anordnung. Zellteilung. Je nachdem mehr oder weniger Zellen des Verdickungsringes zu Mutterzellen des Wundholzmeristems geworden sind, erstreckt sich dieses über eine größere oder kleinere Zahl von (abgelenkten) Radialreihen. Eine der letzteren zeigt gewöhnlich stärkeres Wachstum nach der Wunde hin, als die übrigen. Die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zellen des Wundholzmeristems verhalten sich in Bezug auf ihr Wachstum ebenso wie ihre Mutterzellen, die Verdickungsringzellen, indem sie sich dem Wundrand entgegenstrecken, während sie zugleich auf dieser Seite stärker wachsen, als auf der entgegengesetzten. Dadurch werden sie aus ihrer ursprünglichen Lage gedreht, so daß die an den Verdickungsring stoßenden die stärkste Drehung erleiden. Auf dem Querschnitt zeigt dieses Gewebe eine fächerförmige Strahlung. Die Meristemzellen strecken sich nur in der Richtung der Fächerstrahlen, und gleichzeitig erfolgen gewöhnlich Teilungen in einer hierzu senkrechten Richtung. So werden die fächerförmig angeordneten Zellen in ebenso orientierte Zellreihen verwandelt, welche fortgesetzt in der Strahlungsrichtung wachsen und von neuem geteilt werden. Nach den ersten Teilungswänden senkrecht zur Strahlungsrichtung treten gewöhnlich bald solche parallel zu derselben auf, und zwar zunächst in der Peripherie des Strahlenbündels, so daß auf diese Weise die Anzahl der Fächerstrahlen vermehrt wird. Den Teilungswänden parallel zur Längsachse des Stengels schließen sich solche an, welche die Zahl der Zellen in der Längsrichtung des Stengels vermehren. Die meisten derselben sind senkrecht zu dieser gestellt, ein parenchymatisches Gewebe erzeugend; nur an einzelnen Stellen wird durch schräge Wände prosenchymatisches Gewebe gebildet. Im ersten Falle sind die Tochterzellen wenig länger als breit, im letzteren Falle meist mehrmals länger als breit, jedenfalls aber beträchtlich kürzer als die normale Zelle des Verdickungsringes.

Das stärkste Wachstum tritt in den mittleren Fächerstrahlen ein, so daß die Radialreihen, auf welche sich das Wundmeristem erstreckt, an dieser Stelle des Querschnittes nach dem Wundrand hin knieförmig herausgebogen sind. Je näher eine dieser Radialreihen dem Wundrande liegt, um so mehr verlängert sie sich, und um so weiter rückt auch ihre knieförmige Biegung nach außen. Verbindet man diese herausgebogenen Stellen der einzelnen Radialreihen, so erhält man eine Gerade, die senkrecht zu der Richtung verläuft, welche die Radialreihen sogleich nach der Verwundung annahmen. Diese Gerade bezeichnet die Richtung des stärksten Wachstums im Wundholzmeristem. In den Fällen, wo die Ablenkung sogleich nach der Verwundung bedeutend ist, wie bei Acer Pseudoplatanus und Acer platanoides, springt daher der Wundrand mehr nach außen vor, als dort, wo die primäre Ablenkung der radialen Reihen geringer ist, wie bei Catalpa. Nicht immer zeigt sich die fächerförmige Strahlung schon nach den ersten Teilungen, stets aber tritt sie früher oder später hervor.

Die Richtung der ersten Teilungswände ist fast ausnahmslos entweder senkrecht zu den (abgelenkten) Radialreihen, oder sie ist tangential. Die nächstfolgenden Wände verlaufen aber nicht immer den abgelenkten Radialreihen parallel, sondern sie fallen oft deutlich in Ebenen, welche man sich durch die Längsachse des Stengels gelegt denken kann (Acer Pseudoplatanus), zeigen also eine gewisse Unabhängigkeit von der Wundstrahlung. Nur bei der Minderzahl der untersuchten Pflanzen zeigte die Richtung der ersten Teilungswände eine vorwiegende Unabhängigkeit von der Strahlungsrichtung, d. h. von der Verwundung. Die weiteren Teilungen gehen nach den verschiedensten Richtungen vor sich, vorzugsweise aber senkrecht zur Strahlungsrichtung.

Die innersten Strahlen des durch Einschiebung neuer Strahlen und wiederholte Zellteilung vergrößerten Strahlenbüschels legen sich an die am meisten nach der Wunde hin gelegene, normales Verhalten zeigende Radialreihe an; ihre senkrecht zur Strahlungsrichtung fallenden Wände haben schon eine annähernd tangentiale Lage, die äußeren sind den Zellen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

des Verdickungsringes benachbart, und es findet an dieser Stelle ein allmählicher Übergang zwischen dem letzteren und dem Wundholzmeristem statt. Zugleich erscheint hier ein Teil der jungen Meristemzellen, ähnlich den Zellen des Verdickungsringes, stärker als an anderen Stellen des Wundholzmeristems in der Längsrichtung des Stengels gestreckt und deutlich prosenchymatisch, so daß die Grenze beider Meristeme schon jetzt fast gänzlich verwischt ist (Acer Pseudoplatanus, Acer platanoides, Robinia, Ptelea).

Die aus dem Wundholzmeristem hervorgegangenen Zellen bleiben vorläufig dünnwandig und meristematisch. Erst etwa vier Wochen nach der Verwundung beginnt die Ausbildung zu Dauergewebe.

Markstrahlinitialen. Erstreckt sich das Wundholzmeristem auf Markstrahlinitialen, so zeigen diese gewöhnlich eine lebhafte Reaktion auf die Verwundung (Acer platanoides). Nicht selten treten in ihnen früher abnorme Teilungen auf, als in dem benachbarten Gewebe. Im allgemeinen erfolgen hier zunächst tangentiale Teilungen, oder solche parallel zur Radialrichtung; die jungen Zellen strecken sich entweder und werden zu gewöhnlichen Markstrahlzellen, oder sie wachsen beträchtlich nach der Wunde hin, teilen sich dann durch Wände parallel dem Wundrand und nachher durch jüngere in die verschiedensten Richtungen fallenden Wände. In dieser Weise werden namentlich die nach der Verwundung zuerst nach innen abgeschiedenen Markstrahlzellen geteilt, während die äußeren normale Form erhalten. Alle Derivate der Markstrahlinitialen bleiben parenchymatisch und in der Längsrichtung des Stengels kurz; wie die übrigen Zellen des Wundholzmeristems verharren auch sie längere Zeit in einem meristematischen Zustand. Bemerkenswert erscheint nur, daß ein Markstrahl sehr oft die Grenze zwischen normalem und abnormem Gewebe bezeichnet.

Wundholzmeristem aus jungem Holzparenchym. Bei mehreren Pflanzen (Acer Pseudoplatanus, Catalpa, Robinia) erstreckt sich das Wundholzmeristem bis in das Holz hinein. Auch hier sind es nicht die dem Wundrand selbst angehörigen Holzparenchymzellen, welche sich in abnormer Weise verändern, sondern erst die dahinter liegenden, sehr jungen Holzparenchymzellen. Jene sterben gewöhnlich ab, zuweilen aber bilden sie sich in regelmäßiger Weise zu dickwandigen Zellen aus. Diese verhalten sich in jeder Beziehung ebenso, wie die aus dem Verdickungsring hervorgegangenen Wundholzmeristemzellen; sie schieben infolge starker Ausdehnung und Teilung die sie vom Wundrande trennenden Holzzellen vor sich her, diesem entgegen, und bleiben ebenfalls anfangs zartwandig und meristematisch. In einem Falle (Catalpa) beobachtete ich, daß eine Tochterzelle einer meristematisch gewordenen Holzparenchymzelle nach der Wunde hin dickwandig geworden war, während sie auf der entgegengesetzten Seite zartwandig blieb.

An das Wundholzmeristem grenzendes Gewebe. Zwischen dem Wundholzmeristem und den meist abgestorbenen Zellen des Wundrandes findet sich noch ein schmaler meristematischer Streifen, welchen ich wegen seiner abweichenden Zellteilung und wegen seiner Unbeständigkeit nicht zum Wundholzmeristem rechnen möchte. Im wesentlichen fällt dieser Streifen mit dem jüngsten Teile einer oder mehrerer Radialreihen zusammen, von denen die letzten nach dem Wundrande hin gewöhnlich zerrissen sind. Die Zellen wachsen hier zunächst nach demselben Gesetze, wie diejenigen des Wundholzmeristems dem Wundrand entgegen; dann werden sie infolge des Wachstums des Wundholzmeristems in der Längsrichtung des Streifens stark ausgedehnt und ausschließlich senkrecht zu dieser Richtung geteilt, während sich der ganze Gewebestreifen nach dem Wundrand hinausbiegt. Die am Holze haftenden Teile zerrissener

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Radialreihen wachsen, von dem Gewebe des Wundholzmeristems gedrängt, in ihrer Längsrichtung zu einem nach dem Wundrande hin strahlenden Büschel aus, in welchem zahlreiche Teilungen senkrecht zur Strahlungsrichtung stattfinden. Die Zellen dieses Gewebestreifens bleiben dünnwandig, und nach einiger Zeit tritt hier eine allgemeine Desorganisation ein, indem die am freiesten gelegenen vertrocknen, die dahinter liegenden verschleimen. Immerhin erfüllen sie trotz ihrer kurzen Lebensdauer die wichtige Aufgabe, das zarte Wundholzmeristem vor dem schädigenden Einfluß der Atmosphäre zu schützen.

An die Stelle des zuletzt beschriebenen Gewebes treten allmählich die unmittelbar hinter ihm liegenden, durch die Thätigkeit des Wundholzmeristems hervorgebrachten Zellen; diese verhalten sich ebenso wie jene.

Wundholz. Bei weitem die meisten aus dem Wundholzmeristem hervorgegangenen Zellen verdicken dagegen einige Wochen nach der Verwundung ihre Wand und werden zu Wundholz. Dies geschieht zuerst in einzelnen zerstreut liegenden Zellen in der Nähe des Verdickungsringes. Von hier schreitet die Verdickung der Zellwände nach dem normalen Holz hin fort. Hat in irgend einer Zelle einer Strahlenreihe die Verholzung begonnen, so folgen am schnellsten die Nachbarzellen, welche demselben Strahl angehören, in der Ausbildung zu Wundholz nach. Bald findet eine Berührung zwischen den einzelnen Gruppen junger Wundholzzellen statt, bis schließlich ein in seinen Teilen und mit dem normalen Holz zusammenhängender abnormer Holzkörper entstanden ist.

An der Grenze des vor und nach der Verwundung entstandenen Holzes bei der Wunde häufen sich oft monokline Krystalle von Kalkoxalat in auffallender Weise (Ptelea). Die am meisten nach innen liegenden Wundholzzellen haben eine geringere Wanddicke als die äußeren, sie sind longitudinal kürzer, von unregelmäßiger Gestalt und nur einfach getüpfelt. Dann folgt durch Gummi rötlich gefärbtes Wundholz, welches zum allergrößten Teile aus großen isodiametrischen, mäßig verdickten, einfach getüpfelten Holzparenchymzellen besteht, die sich an einzelnen Stellen in der Strahlungsrichtung strecken und zu Markstrahlen gruppieren. Das übrige Wundholz wird — von seiner strahlenförmigen Anordnung auf dem Querschnitt abgesehen — dem normalen Holz um so ähnlicher, je weiter das erstere nach außen liegt; nur die Gefäße bleiben selten, schmal und ihre einzelnen Glieder kurz. Auch die Markstrahlen treten hier immer deutlicher und zahlreicher hervor.

Wundholzmeristem an der Oberfläche der Wunde. Eine schmale Schicht dicht am Wundrand behält allein längere Zeit ihren meristematischen Charakter, indem sie fortwährend durch vorwiegend centrifugale[1]) Teilungen neues Wundholz produziert. Oft hört in dieser Zellschicht plötzlich jede Neubildung auf und alle nicht zu Holz gewordenen Zellen sterben ab. Alsdann beginnt eine wiederum vom Verdickungsring ausgehende Produktion neuen Wundholzmeristems.

Bleibt aber ein auch noch so kleiner Teil des Wundholzmeristems erhalten, so ententwickelt dieses unter sehr lebhaften Teilungen eine große Zahl wieder zu Wundholz werdender Zellen. Es sprengt endlich die über ihm liegenden absterbenden Gewebereste des Wundrandes und wächst schnell dem Rande der anderen Seite der Wunde entgegen. Der so hervorbrechende Längswulst (Kallus) hat annähernd die Oberfläche eines Cylinders, er ist mit absterbenden Zellresten bedeckt, darunter liegt die schmale noch bestehende Schicht des Wund-

[1]) In Bezug auf das Innere des Wundgewebes.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

holzmeristems. Diese bildet nach der Wunde hin nur wenige dünnwandige, bald absterbende Zellen.

Das Wundrindenmeristem und seine Derivate.

Entstehung des Wundrindenmeristems. Die ersten Anfänge des Wundrindenmeristems entstehen gleich denen des Wundholzmeristems im Verdickungsring. Bald aber beteiligen sich auch diejenigen Zellen der Rinde, welche mit denselben in den gleichen radialen Längsschnitt fallen würden, an der Herstellung des Wundrindenmeristems. Von dieser Umwandlung in Teilungsgewebe können, mit Ausnahme der Epidermiszellen, der Bast-, Sklerenchym- und der Kollenchymzellen, alle Elemente der Rinde ergriffen werden, welche lebende Zellen vorstellen, selbst wenn ihre Wandung mäßig verdickt ist. Siebröhren vermögen sich nicht zu teilen. Fallen diese oder Zellen mit verholzter Wand in die Zone des Wundrindenmeristems, so erleidet dasselbe hier für einige Zeit eine Unterbrechung, wenn jene Elemente, wie z. B. breite Bastplatten, zu umfangreichen Gruppen zusammenstehen. Dann beschreibt das Bildungsgewebe auf dem Querschnitt einen Bogen um dieselben, der erst nach einigen Wochen zu stande kommt. Kleinere Bastplatten werden vom Wundmeristem sogleich umschrieben.

Die Bildung des Wundrindenmeristems schreitet vom Verdickungsring aus nach außen hin fort, jedoch nicht in regelmäßiger Folge, sondern oft sprungweise; bald aber kommt auch hier eine geschlossene Verbindung der einzelnen Bildungscentren zu stande. Zuletzt reicht das Wundrindenmeristem vom Verdickungsring bis zu den äußeren Rindenschichten, häufig sogar bis zur Epidermis.

Das Wundrindenmeristem umfaßt gleich dem Wundholzmeristem mehrere Radialreihen; das stärkste abnorme Wachstum zeigt sich gewöhnlich in derjenigen Radialreihe, deren innerer Teil am lebhaftesten Wundholzmeristem produziert.

Strahlenförmige Anordnung. Zellteilung. Die Zellen des Wundrindenmeristems strecken sich, wie alle entwickelungsfähigen, in der Wunde gelegenen Zellen, nach dem Wundrand hin und dehnen sich auf dieser Seite stärker aus, als auf der entgegengesetzten Seite. Dieses ungleichmäßige Wachstum führt wieder, wie im Wundholzmeristem, zu einer Verschiebung der einzelnen Elemente. Da ferner die inneren (jüngeren) Rindenzellen einer (abgelenkten) Radialreihe nach allen Seiten hin lebhafter wachsen, als die äußeren, so verändert jede Reihe ihre Richtung, indem sie in ihrem inneren Teile um so mehr nach dem Wundrand hin gedrängt wird, je näher sie demselben liegt. Schon vor dem Eintritt abnormer Teilungen läßt sich daher auf dem Querschnitt in dem Wundrindenmeristem eine nach innen und dem Wundrand hin gerichtete Strahlung bemerken. Bei solchen Wunden, wo nach der Herstellung derselben sogleich eine bedeutende Ablenkung der Radialreihen stattgefunden hatte, ist die Richtung der Strahlen nach dem Wundrand hin noch deutlicher ausgesprochen, als sonst. Der äußere Punkt, von welchem die Strahlung ausgeht, ist wegen der unbedeutenden Beteiligung der äußeren Rinde an wundmeristematischen Vorgängen unmittelbar innerhalb der Bastplattenregion zu suchen.

Der Vergrößerung der Zellen des Wundrindenmeristems folgen bald Zellteilungen. In den Strahlen, welche weiter von dem Wundrande entfernt sind, verlaufen diese Teilungen vorzugsweise parallel der Strahlungsrichtung; in den übrigen dagegen, so namentlich in den

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vom Holze losgerissenen Radialreihen, in der Hauptsache zuerst senkrecht zu dieser Richtung. Jene verbreitern, diese verlängern die Strahlen. Wie aber jene zur Einfügung neuer Strahlen führen, so folgen auch bald in den mehr nach dem Wundrande hin strebenden Strahlen Teilungen parallel zur Strahlungsrichtung, so daß auch hier neue Strahlen eingeschaltet werden.

Wenn das Gewebe im Verdickungsring vom Wundrand her eingerissen war, so erstreckt sich das Wundrindenmeristem auch auf einige vom Holze losgetrennte Radien und drängt durch seine starke Umfangszunahme in den jüngeren Partieen das abgelöste Rindenstück nach außen. Die innere, ursprünglich tangential liegende Fläche des letzteren gelangt dadurch in eine Lage, welche annähernd einer Radialebene entspricht.

Die Zellen, welche durch die Thätigkeit des Wundrindenmeristems hervorgebracht sind, verdicken ihre Wandung viel schneller, als die Derivate des Wundholzmeristems. Wir haben hier den merkwürdigen Fall, daß Elemente eines Bildungsgewebes verstärkte Wandungen besitzen. Die Zellbildung geht gewöhnlich in der Weise vor sich, daß sich eine Wundrindenmeristemzelle ausdehnt, durch eine zarte Wand halbiert und dann jede Hälfte zu einer Zelle wird, welche sich wie ihre Mutterzelle verhält. Diese Teilung wiederholt sich längere Zeit, sicherlich bis zur Vereinigung der beiden seitlichen Wundränder, um zuletzt ganz aufzuhören.

Wundrinde. Die Wundrindenmeristemzellen oder Wundrindenzellen, wie man sie nennen muß, wenn sie keine weiteren Teilungen mehr eingehen, unterscheiden sich von den normalen Rindenzellen durch die trübe, bräunliche, von Gummibildung herrührende Färbung ihres Inhalts. Sie enthalten um so mehr Chlorophyll, je näher sie der Oberfläche liegen, ob nun diese durch den Wundrand oder die normale Peripherie vorgestellt wird. Bei gleicher Entfernung von der Oberfläche ist ihr Chlorophyllgehalt annähernd derselbe. Wir sehen daher die Chlorophyllfärbung bei der Wunde weiter nach innen vordringen, als gewöhnlich. Zwischen diesen parenchymatischen Wundrindenzellen entstehen durch Abrundung ihrer Ecken und Kanten Intercellulargänge, welche sich an vielen Stellen zu geräumigen Lücken oder Spalten erweitern und auf eine ergiebige Durchlüftung hindeuten. Eine offene Communication der in diesen Intercellularräumen eingeschlossenen Luft mit der äußeren Atmosphäre habe ich nirgends feststellen können. Wahrscheinlich stehen dieselben nur durch die Vermittelung der Durchlüftungsräume ober- und unterhalb der Wunde in Verbindung mit der Außenwelt. Da der Chlorophyllgehalt der Wundrindenzellen nirgends bedeutend ist, so sind sie nicht als eigentliche Assimilationszellen zu betrachten. Ihre Hauptfunktion liegt vielmehr darin, daß sie eine Verbindung zwischen den Stoffleitungsbahnen des unverletzten Stengelgewebes herstellen. Ein besonderes Leytom scheint überall zu fehlen und das Wundrindenparenchym die Leitung aller plastischen Bildungsstoffe zu übernehmen.

Sklerenchym. Bei Acer Pseudoplatanus und Robinia entstehen aus dem Wundrindenmeristem z. T. Sklerenchymzellen; bei den übrigen untersuchten Pflanzen habe ich Wundrindenzellen mit stark verdickter Wandung nicht gefunden. Diese Wundsklerenchymzellen gleichen im wesentlichen den zwischen die Bastplatten eingestreuten normalen Sklerenchymzellen. Ihre Wand ist nur mäßig verdickt; bei Robinia kommen zerstreut auch solche vor, deren Lumen infolge starker Verdickung sehr klein geworden ist. Die Wand der Wundsklerenchymzellen ist von einfachen Tüpfeln durchzogen, ihre Farbe ist weiß oder bräunlich. Ihr Inhalt besteht in den ersten Wochen aus lebendem Protoplasma, stirbt aber bald ab.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei Acer trat die Verstärkung der Wand schon nach zwei Wochen ein, bei Robinia wenig später. Die Verdickung wird in den nächsten Wochen zusehends stärker.

Abgesehen von wenigen vereinzelten Wundsklerenchymzellen vereinigen sich diese nach Art der Bastzellen zu größeren Gruppen, welche meistenteils eine annähernd kugelförmige Gestalt besitzen. Wundbastzellen werden nicht gebildet, sie werden durch Wundsklerenchym ersetzt. Ebenso, wie das Wundholzmeristem scheinbar einen nach innen umbiegenden Zweig des Verdickungsringes vorstellt, scheint auch die Region der Bastplatten nach innen umzulenken, jedoch werden die Bastplatten, wie gesagt, durch die Gruppen von Wundsklerenchym vertreten. Außerhalb der Bastplattenzone kommen, der geringeren Menge der hier erzeugten Wundrinde entsprechend, Wundrindensklerenchymzellen nicht mehr vor.

Ob bei Acer platanoides, Daphne und Spiraea ebenfalls Sklerenchym aus dem Wundrindenmeristem erzeugt wird, konnte die Untersuchung nicht ergeben, da hier die verwundeten Stengelteile nur bis zu zwei Wochen an der Pflanze gelassen wurden. Bei Catalpa, Cytisus, Ptelea und Nerium war an drei bis vier Wochen alten Schnittwunden noch kein Wundrindensklerenchym vorhanden; spätere Zustände wurden hierauf nicht untersucht.

Krystallbehälter. Den Wundrindensklerenchymzellen legen sich regelmäßig Krystallbehälter an (Acer Pseudoplatanus, Robinia); aber auch wenn zusammenhängende Sklerenchymzellen noch nicht entstanden sind oder ganz fehlen (Acer platanoides), können zahlreiche Krystallbehälter in der Wundrinde vorhanden sein. Bei Catalpa, Nerium, Cytisus, Sambucus, Ptelea bemerkte ich keine auffällige Häufung von Krystallen bei der Wunde. Die bei Acer Pseudoplatanus und Robinia in der Nähe des Wundrandes zusammengedrängten Krystalle bestehen aus oxalsaurem Kalk. Gewöhnlich ist nur ein großer Krystall in einer parenchymatischen dünnwandigen Zelle enthalten; mehrere solcher Zellen sind zu longitudinalen Krystallfasern vereinigt.

Das Wundkorkmeristem und seine Derivate.

Ort und Zeit der Entstehung. Schon bevor das Wundkorkmeristem auftritt, ist der Ort seiner Entstehung als eine Grenzfläche kenntlich, welche die sich dunkler färbenden absterbenden Teile der Rinde dicht am Wundrand von der übrigen lebensfähigen Rinde scheidet.

Etwa zwei Wochen nach der Verwundung können wir die ersten Wundkorkwände bemerken; dieselben erscheinen zuerst in einigen Zellen innerhalb der primären Bastplatten, meist in unmittelbarer Nähe derselben, nach voraufgegangener Streckung in der Richtung zum Wundrand hin. Schnell folgen nun weiter nach innen liegende Zellen in der Wundkorkteilung nach; zuletzt dringt diese auch nach außen, über die primären Bastplatten hinaus, vor. Die Wundkorkinitialen vereinigen sich nun zu einer einzelligen Lage, welche im allgemeinen mit einer Radialebene in der Nähe des Wundrandes zusammenfällt.

Wenn aber, wie bei Daphne und Sambucus so häufig, die Epidermis oder das sie vertretende Periderm bei der Verwundung abreißen, so verlaufen die Wundkorkteilungen in einer Fläche, welche sich in der äußeren Rinde von der Schnittwunde abwendet und dem Rand der Rißwunde parallel, d. h. tangential wird. Fallen Bastplatten in die Wundkorkmeristemschicht, so bildet letztere einen Bogen um diese, durch welche sie dem absterbenden Gewebe zugefügt werden; jedoch unterbleibt bei sehr breiten Bastplatten ihre Abtrennung durch Wundkork oft mehrere Wochen lang (Cytisus).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Das Wundkorkmeristem erstreckt sich von der normalen Stengelperipherie bis zu den Derivaten des Wundholzmeristems; es entsteht nur in lebenden Rindenzellen, gleichgiltig ob dieselben der normalen oder der Wundrinde angehören. In den Epidermiszellen wurde auch in solchen Fällen, wo diese Initialen normaler Korkteilungen werden können (Nerium), kein Wundkork erzeugt[1]). Die Elemente der Rindenmarkstrahlen verhalten sich in Bezug auf die Wundkorkteilung wie die gewöhnlichen Rindenzellen, ebenso die Collenchymzellen (Sambucus). Sklerenchymzellen und Siebröhren sind gleich den Bastzellen von der Wundkorkteilung ausgeschlossen. In den aus dem Wundholzmeristem hervorgegangenen Zellen kann niemals eigentlicher Wundkork entstehen[2]), wohl aber tritt hier eine Verkorkung in den dicht am Wundrand liegenden Zellen ein.

Teilungsfolge und Verkorkung. Die Wundkorkteilungen sind im ganzen der Wundkorkmeristemfläche parallel und schreiten im allgemeinen centrifugal vor.

Die centrifugale Teilungsfolge geht in geschützter Lage am längsten ununterbrochen fort. An freier liegenden Stellen dagegen verkorken bald die äußeren Teilungswände und die unter der hintersten Korkzelle liegende Zelle wird Initiale; in dieser tritt dann wieder centrifugale Teilung ein. Hier ist also nicht, wie bei der Entwicklung des normalen Korkes, der centrifugalen Teilungsfolge durch den Beginn der Verkorkung ein Ziel gesetzt[3]).

Aus der sich auf normalen Kork beziehenden Bemerkung Sanio's, daß die Lage der Korkmutterzellen bestimmend für die Art der Korkteilung ist, läßt sich folgern, daß auch die Menge des in der gleichen Zeit gebildeten Korks bei geschützter Lage geringer ist, als bei offener. Das Letztere gilt also auch für den Wundkork. In den Fällen, wo die Wundkorkmutterzellen nur von wenigen Zellresten bedeckt sind, welche keinen hinreichenden Schutz vor den Einflüssen der die Pflanze umgebenden Luft gewähren, wird schnell Luftabschluß durch verkorkte Zellwände notwendig. Wenn aber die Wundkorkmutterzellen durch größere Gewebepartieen, namentlich durch solche von widerstandsfähiger Art, wie die Bastplatten, vom Wundrand getrennt sind, so kann die centrifugale Wundkorkteilung längere Zeit fortgesetzt werden, ohne daß eine Verkorkung nötig wird.

Bei Acer Pseudoplatanus verkorken an freiliegenden Stellen sogleich die erste oder die beiden ersten Wände, während hinter einer Bastplatte bei sechs Teilungswänden noch keine Verkorkung stattgefunden hatte. Ähnliche Verhältnisse konnte ich bei Acer platanoides, Sambucus nigra und Cytisus feststellen. Bei Cytisus waren in freier Lage

von 3—4 Teilungswänden 1—2 verkorkt,
„ 5—7 „ 3 „ ,

während hinter einer Bastplatte

von 7 Teilungswänden nur 1 verkorkt war.

Liegt die Wundkorkmutterzelle sehr wenig gedeckt, so erlischt in ihr nicht selten die Korkteilung nach ein- oder zweimaliger Septierung und sogleich erfolgter Verkorkung vollständig, und die zunächst dahinter liegende Rindenzelle wird zur Wundkorkmutterzelle. Alsdann verkorkt auch die Wand zwischen dieser und der nächst äußeren Zelle.

---

[1]) Nach Frank können sich auch Epidermiszellen an der Wundkorkbildung beteiligen (Fr. Krankh. der Pflanzen p. 101).

[2]) Vgl. die abweichende Meinung von Frank (Fr. Krankh. der Pflanzen p. 116).

[3]) Sanio, Vgl. Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Korkes in Pringsh. Jahrbücher II 39, 1860.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei Nerium ist es für die Verkorkung der Wundkorkzellen ohne Belang, ob sie geschützt oder frei liegen, denn hier waren in vielen offen gelegenen Zellen schon bis sechs Teilungen erfolgt, ohne daß Verkorkung der jungen Teilzellen eingetreten war.

Die Verkorkung der Wundkorkzellen dringt wie beim normalen Kork stets in centripetaler Richtung vor. Die Zahl der Teilungswände des Wundkorkmeristems, welche parallel zum Wundrand verlaufen, erreicht oft eine bedeutende Höhe. Bei Wunden, welche erst zwei bis drei Wochen alt waren, konnte man nicht selten schon 20 oder mehr Teilungswände bemerken. Senkrecht zu den vorigen schließt sich eine geringere Zahl von Wänden an, und zwar sowohl solche, welche zugleich senkrecht zur Längsachse des Stengels stehen, als auch andere parallel zu dieser. Jene sind nicht zahlreicher, als beim normalen Kork, sie entsprechen nur dem Längenwachstum des Stengels; diese schieben sich vorzugsweise an solchen Stellen ein, wo sich die Oberfläche der Wunde durch reichliche Gewebildung beträchtlich vergrößert.

Gewöhnlich verkorkt nur ein kleiner Teil der Derivate des Wundkorkmeristems, die meisten Tochterzellen desselben bilden sich zu Rindenzellen aus, die wir, den normalen Verhältnissen entsprechend, Wundkorkrindenzellen oder Wundphelloderm nennen wollen.

Wundkork. Die Wundkorkzellen gleichen im allgemeinen den normalen Korkzellen, doch sind sie in der Regel stärker nach dem Wundrand hin gestreckt, als jene in der Richtung zur Stengeloberfläche. Wegen der zarten Beschaffenheit ihrer Wand sind ihre Umrisse oft verzerrt.

Der Wundkork schließt sich dem normalen Kork dicht an. Hierbei verkorkt eine Gruppe von Grenzzellen dieser beiden Dauergewebe und die unmittelbar hinter ihnen liegenden Initialen beschreiben einen Bogen von mehr oder weniger scharfer Krümmung, in welchem das normale und das Wundkorkmeristem in einander übergehen. Starke Zerrungen, welche hier durch den Gegensatz in dem Fortschreiten der normalen und der Wundkorkteilung entstehen könnten, werden dadurch vermieden, daß in der Nähe des normalen Korks nach jeder Wundkorkteilung die der Oberfläche näher liegende Tochterzelle verkorkt und die von ihr bedeckte Zelle zur Initiale wird. Man würde diese Teilungsfolge als centripetal zu bezeichnen haben, wenn nicht gelegentlich auch hier zwei oder mehrere hintereinander liegende unverkorkte Tochterzellen die ursprünglich centrifugale Folge verrieten. Immerhin besteht hier ein Übergang zwischen beiden Arten der Korkteilungsfolge. Mit dieser Thatsache hängt wohl auch zusammen, daß im allgemeinen in der äußeren Rinde der Wundkork, in der inneren das Wundphelloderm überwiegt.

Bei Nerium, wo bekanntlich die Epidermis die Korkmutterzellschicht vorstellt, unterbleibt die Korkteilung etwa in 13 dem Wundkorkmeristem benachbarten Epidermiszellen ganz, oder es entsteht doch in einzelnen dieser Zellen höchstens eine tangentiale und sogleich verkorkende Wand. Die gemeinsame Wand der Epidermis und der subepidermalen Rindenzellen verkorkt auf der Außenseite und es werden in den letzteren Wundkorkwände in centrifugaler Reihenfolge gebildet. Dieselben sind unter jenen 13 Epidermiszellen tangential, an der Stelle aber, wo das Wundkorkmeristem stark nach innen hin umbiegt, finden sich sogleich Teilungen parallel zur Wundoberfläche, ebenso weiter nach innen.

Wundphelloderm. Die Wundphellodermzellen gleichen den Wundrindenzellen in jeder Hinsicht, wenn man von der Art ihrer Entstehung absieht. Sie besitzen ebenfalls die Fähigkeit, sich durch wiederholte Teilungen — namentlich parallel zum Wundrand — zu

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vermehren und können bei einer Verletzung der darüberliegenden Zellen zu Wundkorkmutterzellen werden.

Sklerenchymatische Wundphellodermzellen. Die Neigung zur Bildung von Sklerenchym ist im Wundphelloderm deutlicher ausgesprochen als in den normalen Korkrindenzellen[1]). Von den hierauf untersuchten Pflanzen besitzt nur Ptelea sklerenchymatische normale Phellodermzellen, die hier nur eine Lage ausmachen; dagegen fand ich bei Ptelea, Robinia und Acer Pseudoplatanus regelmäßig sklerenchymatische Wundphellodermzellen und zwar oft zu dreien hintereinander in Gruppen vereinigt, welche parallel der Längsachse des Stengels nur kurz, auf dem Querschnitt und parallel dem Wundrand länger sind. Bei den übrigen von mir untersuchten Pflanzen war weder im normalen noch im Wundphelloderm Sklerenchym vorhanden. Die Wundphellodermzellen schließen sich bei denjenigen Pflanzen, welche Wundrindensklerenchym besitzen, diesem dicht an; sie bilden dann den Belag desselben nach dem Wundrand hin. Aber auch sonst kommen am Wundrand entlang sklerenchymatische Wundkorkrindenzellen in Gruppen oder einzeln vor. Dieselben treten bei Robinia und Acer Pseudoplatanus an der ganzen Wundkorkzone entlang auf; bei Ptelea scheinen sie innerhalb der primären Bastzone zu fehlen. Sie sind im allgemeinen größer und kantiger, als die sklerenchymatischen Wundrindenzellen (Acer Pseudoplatanus, Robinia) oder als die normalen sklerenchymatischen Korkrindenzellen, im übrigen einfach getüpfelt und nur anfangs mit lebendem Inhalt.

Krystalle im Wundphelloderm. Bei Acer Pseudoplatanus und Acer platanoides, ferner bei Robinia fiel mir die große Menge von Krystallen im Wundphelloderm auf; dieselben bestehen durchweg aus oxalsaurem Kalk. Sie befinden sich in kleinen, dünnwandigen, gewöhnlich durch Teilung von Wundphellodermzellen hervorgegangenen und in Reihen parallel der Längsaxe des Stengels angeordneten Zellen. Sind die Zellen größer, so enthalten sie auch wohl zwei Krystalle (Robinia). Bei Acer Pseudoplatanus kommen sie auf allen Seiten der sklerenchymatischen Wundphellodermzellen vor, bei Robinia vorzugsweise zwischen Sklerenchym und Wundkork. Das Wundphelloderm von Ptelea führt nur sehr selten einzelne Krystalle, häufiger Drusen von Kalkoxalat. Bei den übrigen untersuchten Pflanzen scheinen Krystalle im Wundphelloderm zu fehlen.

Übergang zur Bildung normalen Gewebes.

Das aus Wundrinden- und Wundkorkrindenzellen bestehende Gewebe außerhalb des Wundholzes wird in ebenso großer Menge hergestellt wie das letztere. Zwischen beiden hebt sich bald als Fortsetzung des Verdickungsringes nach der Wunde hin eine aus zartwandigen Zellen zusammengesetzte, tangential laufende Gewebezone ab, die sowohl dem Wundholz-, als auch dem Wundrindenmeristem zugerechnet werden kann (Fig. 4 u. 5 u). Die von diesem meristematischen Gürtel produzierten Rinden- und Holzelemente werden nun den normalen Gewebeteilen immer ähnlicher, je länger seine Thätigkeit dauert. Hierbei machen die vom Wundrand am weitesten entfernten Elemente den Anfang und die übrigen folgen um so eher nach, je größer ihr Abstand von der Wundoberfläche ist. In der inneren Wundrinde tauchen allmählich wieder Bastzellen und Siebröhren auf, die Sklerenchymzellen werden seltener, die

[1]) Nach Sanio (l. c. p. 47) verholzen Korkrindenzellen niemals.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

radiale Anordnung wird deutlicher. Im Wundholz nehmen die büschelförmig angeordneten Strahlen in ihren äußeren Enden radiale Richtung an; zugleich tritt das Holzparenchym zurück und Markstrahlen heben sich von dem zuletzt vorwiegend aus Tracheiden, Libriform und kurzen, schmalen Gefäßen bestehenden übrigen Gewebe ab.

Allein am Wundrand ist das Kallusgewebe selbst noch dann durchaus abnorm, wenn schon eine Verwachsung beider Wundränder stattgefunden hat.

Verletzung des Marks.

An einigen diesjährigen Stengeln von Sambucus nigra, Acer Pseudoplatanus und Nerium war das verwundende Messer durch das Holz bis in das Mark gedrungen. Die Folge war, daß bei Sambucus das Mark noch schneller vertrocknete, als sonst. Bei den beiden anderen Pflanzen dagegen wuchsen alle Zellen eines größeren Abschnitts des Marks bei dem Wundrand diesem entgegen, teilten sich parallel zu demselben und erzeugten so Reihen, welche senkrecht zum Wundrand gerichtet waren und ein wulstartiges Vorspringen der Wunde (Kallus) bewirkten.

Acer Pseudoplatanus. Bei Acer Pseudoplatanus bemerkte ich auf einem Querschnitt durch eine etwa vier Wochen alte Wunde in der Mitte der abnorm wachsenden Gewebepartie des Marks eine Gruppe von etwa zwölf tracheidenartigen Zellen mit mäßig verdickter Wandung und gehöften Tüpfeln in derselben. Diese Gruppe war allseitig von einem Kranze meristematischer Zellen umgeben, welche sich nach dem Wundrand hin deutlich in Reihen senkrecht zu diesem angeordnet hatten. Verfolgt man, von jener Gruppe dickwandiger Zellen ausgehend, einige dieser Reihen, so gelangt man auf dem Wege zum Wundrand hin zu Zellen mit mäßig verdickter, keine gehöften Tüpfel aufweisender Wandung. Alle Zellen dieser Markwucherung sind viel kleiner als die normalen Markzellen, aus denen sie hervorgegangen sind; sie unterscheiden sich von diesen ferner durch die mangelnde Abrundung ihrer Ecken und Kanten, sowie durch ihren trüben bräunlichen, Gummi führenden Inhalt.

Nerium Oleander. Das Mark des Stengels von Nerium besitzt bekanntlich Leptombündel, welche sich auf dem Querschnitt zu einem Kranze anordnen und sowohl von dem Holz, als auch von einander durch einige longitudinal gestreckte, parenchymatische, Stärke führende Zellen getrennt sind. Infolge der Verwundung waren nach drei Wochen bis zu weiter Entfernung von dem Wundrand die meisten innerhalb vom Holz gelegenen Zellen nach der Wundoberfläche hin gewachsen und durch häufige Teilungen senkrecht zu der Wachstumsrichtung vermehrt. Dadurch sind wieder Reihen entstanden, welche um so mehr nach dem Wundrand hin gerichtet sind, je näher sie demselben liegen. Es sind hier im ganzen drei Wundmeristome zu unterscheiden:

Das äußerste (Fig. 6 u. 7 d) ist zwischen den einzelnen Leptombündeln und unmittelbar außerhalb derselben entstanden; als seine Mutterzellen sind die langgestreckten Parenchymzellen an der Innengrenze des Holzes zu betrachten. Von den letzteren zeigen jedoch die äußersten unmittelbar an das Holz stoßenden keine abnorme Veränderung. Dieses Meristem besteht aus zahlreichen, schmalen, longitudinal gestreckten prosenchymatischen Zellen mit schwach verdickter Radialwand und zarter Tangentialwand. Eine Ausbildung dieser Zellen zu Dauergewebe hat bisher noch nicht stattgefunden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Das zweite Wundmeristem (Fig. 6. u. 7 c) ist durch Teilung der ziemlich dickwandigen, großlumigen, abgerundeten Markzellen parallel dem Wundrand hervorgegangen und liegt auf der Innenseite der Leptombündel. Die jungen Teilungswände liegen weiter auseinander und die Länge der einzelnen Zellen ist etwa um die Hälfte kleiner, als in dem äußeren Wundmeristem des Marks. Die jungen Wände erreichen schnell eine mäßige Verstärkung; trotzdem bleiben alle Tochterzellen längere Zeit meristematisch.

Das dritte Wundmeristem (Fig. 6 u. 7 b) schließt sich den vorigen nach dem Wundrand hin an; es ist dies ein Wundkorkmeristem mit centrifugaler Teilungsfolge. In einzelnen Reihen sind schon sechs Zellwände parallel dem Wundrand entstanden. An einigen Stellen war allein die dem Wundrand am nächsten liegende Tochterzelle verkorkt, an anderen nur die benachbarten, nach dem Wundrand hin folgenden und absterbenden Markzellen, während die Tochterzellen des Wundkorkmeristems unverkorkt geblieben waren, zum größeren Teile ihre Wandung verdickt hatten und den Tochterzellen des vorher beschriebenen Meristems in jeder Beziehung glichen.

Alle Derivate dieses Wundkorkmeristems zeichnen sich durch verhältnismäßig großes Lumen, die Wundkorkzellen durch dünne Wandung aus. Die geringe Zahl der letzteren ist wieder dadurch erklärlich, daß das Wundkorkmeristem durch eine größere Menge abgestorbener Markzellen geschützt wird.

Welcher Art die in Dauergewebe übergegangenen Tochterzellen dieser drei Meristeme sind, habe ich aus Mangel an Material nicht feststellen können. Immerhin läßt sich aus dem Vorliegenden eine gewisse Analogie zwischen den Wundmeristemen innerhalb und außerhalb vom Holzkörper erkennen. Die Elemente des äußersten markständigen Wundmeristems bleiben nämlich ebenso wie diejenigen des Wundholzmeristems längere Zeit zartwandig, wenn wir von der schwachen Verdickung ihrer Radialwände absehen; sie erinnern gleich dem Wundholzmeristem auf dem Querschnitt an die Zellen des Verdickungsringes. Die Elemente des zweiten, nach innen folgenden markständigen Wundmeristems gleichen denen des Wundrindenmeristems darin, daß sie schnell ihre Wandung verdicken, scheinbar in Dauergewebe übergehen, aber dennoch meristematisch bleiben. Der Parallelismus zwischen den Wundkorkmeristemen des Marks und der Rinde ist so deutlich, daß der Unterschied zwischen beiden nur in ihrer Lagerung zu bestehen scheint.

Gummibildung.

Die als Gummibildung bekannte Degeneration von Gewebeteilen tritt bei allen von mir hierauf untersuchten Pflanzen etwa mit dem Beginn abnormer Zellteilung in und bei der Wunde ein.

Gummibildung im Holze. Ganz allgemein ist die Gummibildung im Holze. Hier nimmt dieselbe einen bedeutenden Umfang an, denn wohl ein Viertel des ganzen Querschnittes durch den verwundeten Zweig zeigt im Holze diese Erscheinung. Die Gummibildung beginnt an verschiedenen Punkten des Holzes zugleich, sie erstreckt sich auf sämtliche Elemente des Holzes. Bei Acer Pseudoplatanus und wahrscheinlich auch bei Robinia ergreift sie zuerst das Holzparenchym; hier stirbt das Plasma ab, gleichzeitig wird die Wand nach voraufgehender Quellung zu Gummi gelöst und dieses ergießt sich in die benachbarten Gefäße und Tracheiden. Ebenso verhalten sich die Thyllen von Robinia.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei Ptelea dagegen bemerkte ich an mehreren Stellen zwischen zwei mit Gummi gefüllten Gefäßen eine noch unversehrt gebliebene Markstrahlzelle; es ist daher anzunehmen, daß hier die Desorganisation nicht im Holzparenchym anfängt. Bei dieser Pflanze führt wahrscheinlich zunächst die Auflösung der Mittelamelle zweier benachbarter Tracheen zu einer Isolation der letzteren, erst dann schreitet die Verflüssigung nach dem Innern der Tracheen bis zur vollständigen Lösung derselben fort.

Wenn auch im Wundholz reichlich Gummi abgesondert wird, so liegt doch der Hauptherd der Gummierzeugung etwas weiter vom Wundrand entfernt im normalen Gewebe an der Grenze zwischen den schon vor der Verwundung vorhandenen und dem erst nachträglich gebildeten Holze.

An dieser Stelle finden sich bei Ptelea verzweigte, sehr geräumige und longitudinal gestreckte, vielleicht die Wunde ihrer ganzen Länge nach begleitende Gänge, welche ganz mit zähem hellgrauen Gummi erfüllt sind.

Die Elemente des Holzes, welches die Wand des Gummikanals vorstellen, sind auf dem Querschnitt abgeplattet, in der Peripherie des Kanales gestreckt und nach Art einer Schutzscheide zusammengestellt. Diese Gestaltveränderung dürfte eine Folge des Druckes sein, welchen das massenhaft produzierte und wegen seiner Dickflüssigkeit nur langsam fortgeleitete Gummi auf die schon weich gewordenen Zellwände ausübt. Daß der Inhalt dieser Gänge in der That Gummi und nicht Pflanzenschleim oder Harz ist, bewies einerseits die Gelbfärbung mit Jod und Schwefelsäure, andererseits der Umstand, daß Alkannatinktur keine Färbung bewirkte.

Gummibildung in der Rinde. Überall findet sich eine partielle Umwandlung des Zellinhalts der Wundrindenzellen und der Wundkorkrindenzellen in Gummi, so namentlich bei denen, welche nahe dem Wundrand liegen. Diese Degeneration giebt sich durch eine Trübung und Braunfärbung des Zellinhaltes zu erkennen und ergreift die Stärkekörner; sie erstreckt sich nur selten auf das Plasma selbst und scheint der Lebensfähigkeit desselben keinen Eintrag zu thun.

Bei Acer Pseudoplatanus, Spiraea und Ptelea kommt außerdem eine streng lokalisierte, mit der Herstellung von Kanälen verbundene Gummierzeugung vor. Solche Kanäle bemerkte ich bei Acer Pseudoplatanus, einzeln sowohl in der Wundkorkrinde, als auch innerhalb der normalen Rinde nicht weit von dem Wundrand, bei Spiraea einzeln in der Wundrinde, bei Ptelea zu zweien in der Zone der Bastfasern innerhalb der normalen Rinde bei der Wunde. Successive Querschnitte durch die Kanäle ergaben, daß dieselben überall parallel der Längsaxe des verwundeten Stengels gestreckt sind und bei Ptelea sogar die Länge der Wunde erreichen.

Ein Querschnitt durch einen in der normalen Rinde von Acer Pseudoplatanus bei dem Wundrand entstehenden Gummigang ließ erkennen, daß die Bildung desselben in dieser Höhe mit der Vergrößerung einer sich von innen an eine primäre Bastplatte anlegenden Rindenzelle A begann (Fig. 8). Dieselbe teilte sich durch eine Tangentialwand, dann die äußere und größere Tochterzelle durch vier Radialwände, fünf neue Zellen bildend. In der dritten dieser Zellen entstand nur eine Tangentialwand, in der vierten, von der Wunde aus gerechnet, zwei dicht neben einander liegende Tangentialwände. Das Lumen der unmittelbar außerhalb von den letzteren liegenden Zelle hat sich mit gelbem Gummi vollständig gefüllt. Ein Stück der Wand dieser Zelle (in der Figur punktiert) hat sich ganz aufgelöst, ihre

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

übrigen Wände sind gallertartig verdickt. Zwei, von dem Wundrand aus gerechnet, über die Zelle A hinaus liegende und sie berührende Zellen haben sich ferner durch je eine zarte, zum Umfang der Zelle A concentrisch liegende Wand geteilt.

Ein anderer, durch die weiteste Stelle desselben in der Bildung begriffenen Kanals geführter Querschnitt zeigt von dem vorigen einige Abweichungen. Hier begann die Gummierzeugung offenbar in zwei neben einander liegenden Rindenzellen. Dieselben teilten sich aber nicht zuvor; sondern während ihre Wand stark aufquoll, traten in ihrer Umgebung Teilungen ein. Sechs Rindenzellen, welche die Anfangszellen der Gummibildung kranzartig umgaben, wuchsen nämlich in ebensovielen durch die Längsachse des Kanals gelegten Ebenen senkrecht zu diesem und teilten sich dann durch Wände, welche concentrisch zum Umkreis des Kanals verlaufen und centripetal in Bezug auf den letzteren entstanden. Die Auflösung hat die mittleren Partieen des Kanals noch nicht ergriffen, die inneren sind aber schon vollständig mit Gummi gefüllt. Diejenigen concentrischen Teilungswände an der Außenseite des Kanals, welche sich nicht auflösen, verkorken endlich, wie ältere Zustände beweisen, und bieten so einen Schutz gegen das weitere Umsichgreifen der Desorganisation.

Die Gummikanäle in der Wundrinde von Acer Pseudoplatanus und Spiraea verhalten sich im wesentlichen wie die eben beschriebenen.

Bei Ptelea sind die beiden beobachteten cylindrischen Gummigänge durch ihre große Weite und Länge ausgezeichnet und übertreffen hierin die normalen bei dieser Pflanze in der äußeren Rinde vorkommenden Ölschläuche. Sie nehmen fast die ganze Breite der die Bastzellen enthaltenden Tangentialzone ein, liegen in gleichem Abstand von der Oberfläche und sind von einander um ihre eigene Breite entfernt. Jeder dieser Gummikanäle besitzt einen ähnlichen Querschnitt wie der von Acer Pseudoplatanus zuletzt beschriebene, aber die einzelnen Querschnitte geben hier immer wieder das gleiche Bild: Die Wand von etwa vier bis sechs der hier sehr zerstreut vorkommenden und schwach verdickten Bastfasern ist erweicht, aufgequollen und stark lichtbrechend, ihr Lumen fast geschwunden. Von diesen gehen etwa zwölf Strahlen nach allen Seiten des Querschnitts hin aus, deren jeder infolge vier- bis achtmaliger centripetaler Teilung (in Bezug auf den Gummikanal) senkrecht zur Strahlungsrichtung aus meist dünnwandigen Zellen besteht, welche namentlich im Umfange des Kanals concentrisch zu diesem stark gestreckt sind. Die innersten dieser Teilzellen lösen sich allmählich auf, die darauf folgenden verkorken, und die äußersten im Umfang des Kanales gelegenen werden zu phellodermartigen Zellen. An einigen Stellen bilden sich die letzteren zu Sklerenchymzellen um, welche in ihrem langgestreckt-rechteckigen Querschnitt mehr den sklerenchymatischen Wundkorkrindenzellen als dem normalen sklerenchymatischen Phelloderm gleichen und auch wie diese in ein oder zwei Lagen dicken Gruppen zusammenstehen können. Spätere Zustände habe ich nicht untersucht, jedoch ist es wohl möglich, daß sich in der Folge die Zahl dieser Sklerenchymzellen vermehrt und auf diese Weise eine feste Scheide hergestellt wird.

Ein wichtiger Unterschied zwischen den Gummikanälen des Holzes und der Rinde liegt in der Art ihrer Entstehung. Jene entstehen einfach durch Auflösung von nur solchen Gewebeelementen, welche sich ohne Beziehung auf den Gummigang entwickelt haben; eine eigentliche Scheide fehlt. Diese werden dadurch konstruiert, daß nicht nur schon fertige Elemente desorganisiert werden, sondern daß auch hiermit eine Neubildung von Zellen verbunden ist, welche z. T. der Gummosis anheimfallen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bedeutung des Gummi für die Wundheilung. Das im Holze entstandene Gummi leistet dadurch, daß es das nicht von Wundkork überzogene wunde Holz gegen die äußere Luft abschließt, der Pflanze einen wesentlichen Dienst[1]). Dagegen ist es sehr zweifelhaft, ob die Erzeugung von Gummi in der Rinde von irgend welcher Bedeutung für die Wundheilung ist. Wenn diese Bedeutung darin liegen sollte, daß es Schutz gegen die schädlichen Einwirkungen der Atmosphäre böte, so wäre nicht einzusehen, warum sich über einen solchen Gummigang der Wundkork in derselben Stärke dahinzieht, wie an anderen Stellen des Wundrandes. Ferner ließe sich hiermit die oft weite Entfernung der Gummigänge vom Wundrand nicht in Einklang bringen. Auch die Einhüllung der Gummikanäle in ein besonderes Korkgewebe läßt vielmehr folgern, daß das Gummi in der Rinde ein nutzloses, ja wahrscheinlich schädliches Excret ist, welches von der Berührung mit intakten Gewebeteilen ferngehalten werden soll.

Verwachsung der Wundränder.

Die beiden aus Wundgewebe bestehenden, der Axe des Stengels parallelen Wülste wachsen einander mehr oder weniger schnell entgegen. Wenn die Verwundung frühzeitig im Jahre beigebracht wurde, oder wenn nur ein schmaler Rindenstreifen abgelöst worden war, vereinigen sich die beiden Wülste noch vor der kalten Jahreszeit. Im anderen Falle erfolgt die Verwachsung erst im nächsten Jahr. Jedenfalls ruht die Erzeugung von Wundgewebe ebenso wie diejenige des normalen im Winter. Die Vorgänge bei der Verwachsung der Wundränder sind bei Acer Pseudoplatanus etwa folgende:

Berührung. (Fig. 5.) Die beiden Wundränder berühren sich mit dem Wundkork in einer parallel zur Längsaxe verlaufenden Geraden. Das weitere Wachstum des Kallusgewebes bewirkt wegen des gegenseitigen Druckes beider Längswülste eine Abplattung derselben in der Nähe der ursprünglichen Berührungslinie, es wird eine Berührungsebene hergestellt, welche durch die Längsaxe des verwundeten Stengels geht. Diese erstreckt sich auf der Innenseite nur so weit, wie der Wundkork reicht, d. h. bis zur tangentialen Verlängerung des Verdickungsringes. Der Teil des Wundholzmeristems nämlich, welcher als eine schmale Schicht dicht am Wundrand liegt (vgl. p. 9), stirbt nach der Berührung ab, und sämtliche von ihm erzeugte, noch dünnwandige Wundholzelemente verdicken ihre Wandung. Dadurch ist der Vermehrung des Wundholzes auf dieser Seite ein Ziel gesetzt und eine Berührung der beiden Wundholzkörper kann hier nicht stattfinden. Es bleibt daher ein von der Atmosphäre abgeschlossener, mit Luft erfüllter Raum übrig, der innen durch normales, außen durch Wundholz begrenzt wird.

Verwachsung. Die Erzeugung von neuem Wundgewebe beschränkt sich jetzt fast ganz auf den zartwandigen Gewebestreifen, welcher die tangentiale Fortsetzung des Verdickungsringes ausmacht (Fig. 4 u. 5 u). Dieser meristematische Streifen produziert in der Nähe der Berührungsebene neues Gewebe in viel größerer Menge, als in weiterer Entfernung von derselben und zwar ebensowohl nach der Berührungsfläche hin, als nach außen und innen. Überdies setzt sich dieses Gewebe aus sehr weitlumigen Zellen zusammen. Infolge dieser ungleichen Zellproduktion entsteht ein sowohl nach der Berührungsebene, als auch nach außen

[1]) Vgl. die p. 3 citierte Arbeit von Temme.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und innen gerichteter Druck. Derselbe ist oft so stark, daß er ein Aufreißen des normalen Holzkörpers bis zum Mark bewirken kann. Wegen des gegenseitigen Widerstandes, den die beiden Kalluswülste einander entgegensetzen, ebenso wegen der Festigkeit des Wundholzkörpers kann nun das reichlich erzeugte Wundgewebe nur nach außen hin wachsen. Wir sehen daher dieses auf der Außenseite in der Nähe der Berührungsebene vorspringen und auf dem Querschnitt einen Sattel bilden. Gleichzeitig werden die Bastplatten, und die sie nach der Berührungsfläche hin vertretenden tangential gestreckten Sklerenchymgruppen nach außen hin gedrängt. Die vertrocknenden Gewebereste, welche die Scheidewand zwischen den beiden Längswülsten ausmachen, werden durch den radialen Druck zerrissen, nach außen geschoben und auf diese Weise allmählich entfernt; nur wenige Reste bleiben zurück. So vermag nun das lebende Gewebe beider Kalluswülste mit einander unmittelbar in Berührung zu treten und zu verschmelzen.

Auffallend ist ein innerhalb des Sattels liegender, großer, keilförmiger, aus Sklerenchymzellen zusammengesetzter Gewebekörper, dessen Schärfe nach innen gewendet ist. Seine Elemente erscheinen als Fortsetzung der Bast- und Wundsklerenchymzone, welche hier aus der tangentialen in die radiale Richtung umbiegt. Dieser mächtige, keilförmige Körper wird außen von Wundphelloderm, Wundkorkmeristem und Wundkork, innen von dem Wundmeristem begrenzt; er stellt seiner Festigkeit, seiner Form und Lage nach einen geeigneten Schlußstein des aus Wundgewebe über dem normalen Stengelgewebe konstruierten Gewölbes vor.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit hervorzuheben. Dieselben sind folgende:

1) In der Wunde entstehen drei Meristeme: Wundholzmeristem, Wundrindenmeristem und Wundkorkmeristem.

2) Die Derivate der Wundmeristeme ordnen sich auf dem Querschnitt in Strahlen, welche nach dem Wundrand hin gerichtet sind.

3) In der Wundrinde entsteht bei Acer Pseudoplatanus, Ptelea und Robinia Sklerenchym als Ersatz des stets fehlenden Bastes.

4) Die Wundkorkmeristemteilung ist an der Oberfläche und bei Gummigängen im allgemeinen centrifugal in Bezug auf das nicht desorganisierte Gewebe.

5) Das Wundkorkmeristem erzeugt außer dem Wundkork große Mengen von Wundkorkrindenzellen.

6) Im verwundeten Mark können Meristeme entstehen, welche den Teilungsgeweben außerhalb desselben analog sind (Nerium).

7) Überall in der Wunde findet Gummibildung statt.

8) Das in der Rinde entstandene Wundgummi ist als ein nutzloses Excret zu betrachten, während das im Holze erzeugte Wundgummi durch Luftabschluß der Gefäße die Heilung der Wunde begünstigt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Erklärung der Abbildungen.

Die beigegebenen Abbildungen sind bis auf Fig. 7 schematisch.

Fig. 1—5. Entwicklung des Kallus in fünf zeitlich aufeinanderfolgenden Zuständen, auf Querschnitten dargestellt.

w Wundrand. ah vor der Verwundung vorhandenes Holz. jh nach der Verwundung erzeugtes normales Holz. whm Wundholzmeristem. wh Wundholz. r normale Rinde. ar vor der Verwundung vorhandene Rinde. jr nach der Verwundung gebildete normale Rinde. wrm Wundmeristem. wr Wundrinde und Wundphelloderm.

k normaler Kork. wkm Wundkorkmeristem. wk Wundkork. wph Wundphelloderm.

m Markstrahlen. t absterbendes Stück der Rinde.

v Verdickungsring. u Übergangsmeristem.

b Bastplatten. ws primäres, ws_1 sekundäres Wundsklerenchym.

hgk Holzgummikanal. rgk Rindengummikanal.

Fig. 1. Zustand der Wunde vor Eintritt der Zellteilungen. Die Ablenkung der Radialreihen infolge tangentialer Spannung ist an der Richtungsveränderung der Markstrahlen (m) zu erkennen.

Fig. 2. Anlage der drei Wundmeristeme. Das Wundkorkmeristem (wkm) ist in seiner Entwicklung weiter vorgeschritten als das Wundrinden- (wrm) und das Wundholzmeristem (whm) und hat bereits Wundkork (wk) und Wundphellogen (wph) erzeugt.

Fig. 3. Strahlenförmige Anordnung der Gewebeelemente. Bildung von Wundsklerenchym (ws). Entstehung von Gummikanälen im Holz und in der Wundrinde (hgk, rgk).

Fig. 4. Das Wundholzmeristem (whm) bildet im Vergleich zu der großen Masse von Wundholz (wh) nur noch eine schmale Schicht an der Oberfläche desselben. Wundrinde und Wundkorkrinde (wph), durch eine vermehrte Zahl primärer Wundsklerenchymgruppen (ws) getrennt, haben sich beträchtlich vergrößert. In der Wundrinde sind sekundäre Wundsklerenchymgruppen (ws_1) angelegt. Auf der Außenseite des Wundholzes ist ein Übergangsmeristem (u) entstanden, welches in größerer Entfernung von dem Wundrand nach Art des Verdickungsringes normales Holz- und Rindengewebe erzeugt.

Fig. 5. Verwachsung der beiderseitigen Längswülste. Wundholz- und Wundrindenmeristem sind erloschen, statt ihrer produziert das Übergangsmeristem (u) bei der Verwachsungsebene abnormes, im übrigen normales Holz- und Rindengewebe. Anhäufung von Wundsklerenchym (ws) an der Außenseite der Verwachsungsstelle.

Fig. 6. Querschnitt durch einen Teil des verwundeten Marks von Nerium Oleander, drei Wochen nach der Verwundung. Es sind drei Meristeme entstanden (b, c, d),

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

von denen das am meisten der Oberfläche genäherte (b) Wundkork- und Wundphellogenartiges Gewebe erzeugt.

a Absterbendes Gewebe. h Holz. m Mark. w Wundrand.

Fig. 7. Radialer Längsschnitt durch das Mark derselben Wunde von Nerium (in der Linie AB vgl. Fig. 6).

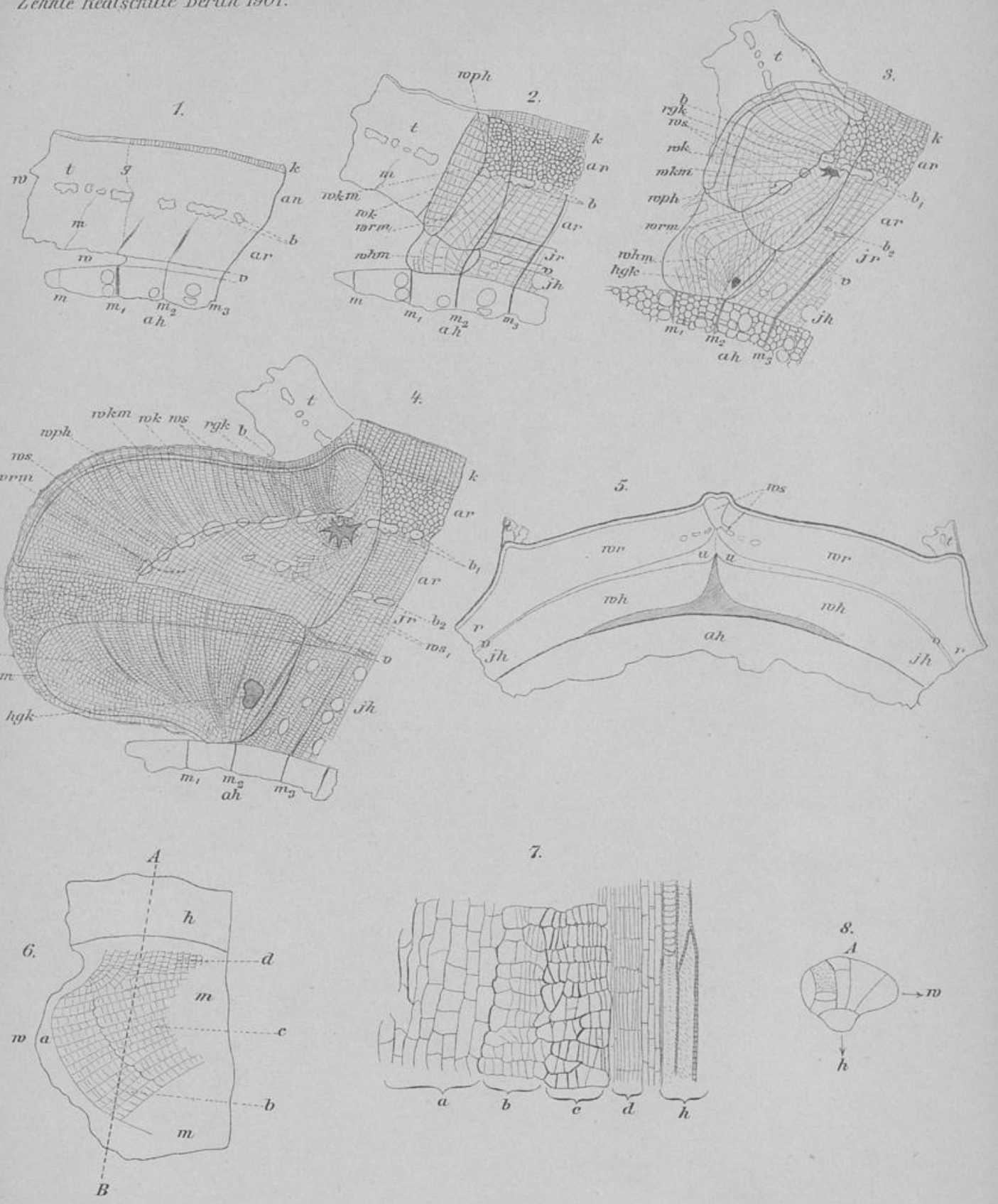
Fig. 8. Querschnitt durch einen in der Entstehung begriffenen Gummikanal in der normalen Rinde von Acer Pseudoplatanus. h bezeichnet die Richtung, in welcher das Holz, w diejenige, in welcher der Wundrand liegt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Druck von W. Pormetter in Berlin.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

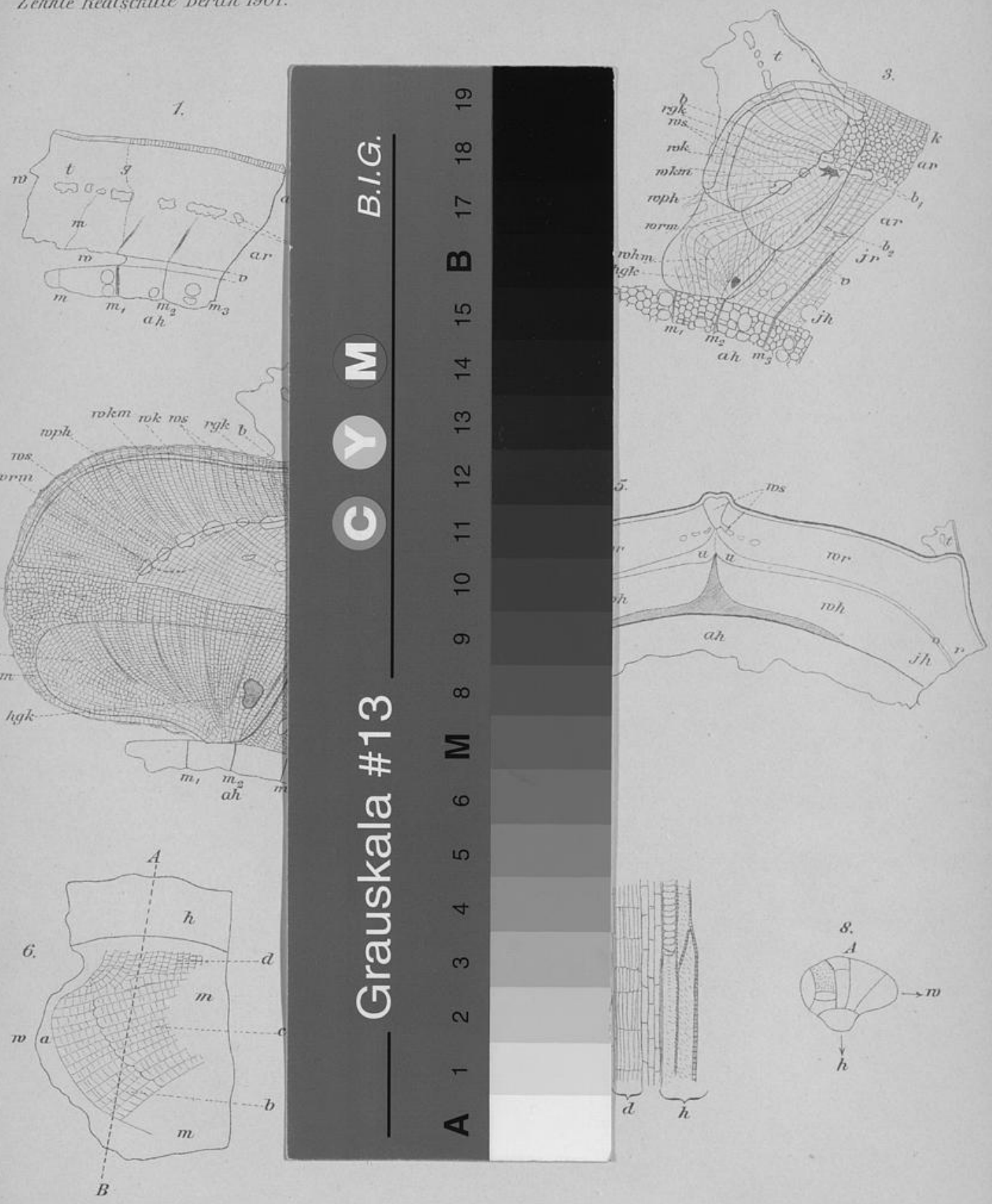
Zehnte Realschule Berlin 1901.



F. Kayser, lith. Anst. in Berlin S. 42.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zehnte Realschule Berlin 1901.



F. Kayser, lith. Anst. in Berlin S. 42.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf