Arbeiten
aus dem pharmazeutischen Institut der Universität Bern.
Untersuchungen über die Sekrete.

Mitgeteilt von A. Tschirch.

**25. Experimental-Untersuchungen über die Bildung
der Harzgallen und verwandter Gebilde bei unseren
Abietineen.**

Von Dr. P. Nottberg.

(Eingegangen den 15. IV. 1897.)

Die Hauptmasse der Koniferenharze und Balsame, die pharmazeutisch und technisch verwertet werden, verdankt Verwundungen ihre Entstehung und entstammt „Harzgallen“ des Holzes oder „Harzdrusen“ der Rinde. An der Hand zahlreicher Versuche und umfangreicher und mannigfaltiger Verwundungen habe ich nun versucht, die Entstehung dieser *Harzgallen* und verwandter Gebilde bei unseren *Abietineen* auf experimentellem und entwicklungsgeschichtlichem Wege genauer festzustellen. Ich habe mich zunächst auf die Harzgallen des Holzes beschränkt. H. Mayr ist eigentlich der Einzige, welcher sich bisher eingehender mit den Harzgallen beschäftigt hat. Allein dieser Autor hat offenbar nur fertige Gallen untersucht, entwicklungsgeschichtliche Stadien scheinen ihm nicht vorgelegen zu haben. Auf Grund der von mir vorgenommenen zahlreichen Versuche bin ich nun zu wesentlich anderen Resultaten gelangt, als H. Mayr. Die beiden divergierenden Ansichten, die Mayr's und die meinigen, habe ich gegen Schluss meiner Arbeit einander gegenüber gestellt und mit einander verglichen. Ich begnüge mich hier darauf hingewiesen zu haben.

Im Laufe meiner Untersuchungen drängte sich mir die Ueberzeugung auf, dass auch die Rinde eine Rolle spielt bei der Erzeugung von harzgallenartigen Bildungen von sog. *Harzdrusen*, wie sie auch genannt werden. Ebenso wäre es für meine Arbeit sehr förderlich gewesen, wenn das Wesen der *Verkienung* genauer erforscht wäre, da in den meisten Fällen Verkienung als Begleiterscheinung der Harzgallenbildung auf-

tritt. Frank sagt in seinen „Krankheiten der Pflanzen“: „Ob Harzdrusen in einer direkten oder indirekten Beziehung zu einer stattgehabten Verwundung stehen, darüber fehlt es an Erfahrungen. Ich fand sie sowohl in verkientem Holze, als auch ringsum von normalen, nicht kienigen Holzschichten eingeschlossen.“

Das beste und zuverlässigste Mittel, um einiges Licht in diese Verhältnisse zu bringen, bot der kritisch angestellte Versuch, bestimmt gestellte Fragen, die uns der Baum durch seine pathologisch-anatomischen Veränderungen beantworten musste. Durch 436 Verwundungen an 5 verschiedenen *Abietineenarten* glaube ich einen ersten Schritt auf diesem Wege gethan zu haben. Wenn ich auch für diesmal die Beteiligung der Rinde beim Harzfluss und die Bildung der Rinden-Harzdrusen noch nicht berücksichtigen konnte, so gestatten die gefundenen Ergebnisse doch bereits, ein Bild mit vielen Einzelheiten von den Vorgängen, die sich bei der Genese einer Harzgalle abspielen, zu entwerfen.

Die Versuche waren so gewählt worden, dass ein Teil solchen Verwundungen entspricht, welchen die Bäume in der Natur auch preisgegeben sind. Die anderen Verletzungen hatte ich, wenn auch mehr willkürlich, doch so gewählt, dass dadurch eine möglichst verschiedene Einwirkung und Reizausübung auf das Cambialgewebe erstrebt wurde. Diese Verhältnisse und Beziehungen zwischen natürlichen Verwundungen, wie sie täglich in der Natur vorkommen und planmässig beigebrachten Verletzungen sind in der eigentlichen Arbeit, auf welche ich verweisen muss, ausführlich dargelegt. Hier will ich nur kurz die neun verschiedenen Verwundungsarten nennen: 1) Erwärmen und Schwälen; 2) Klopfen mit einem hölzernen Hammer; 3) Bruchwunden; 4) Schnittwunden; 5) Schälwunden; 6) Einkerbungen; 7) Schaben der Rinde; 8) Abreißen grösserer Rindenstücke; 9) Bohrwunden.

Für diese Versuche stand mir ein grosses Forstareal bei Bern zur Verfügung, das mir von der bürgerlichen Forstverwaltung in dankenswertester Weise zur Verfügung gestellt wurde. Von Bäumen wählte ich vor allem die Edeltanne, Fichte, Kiefer und Weymutskiefer, so dass also der gleiche Versuch an jedem der vier Baumarten meist 10—12 mal gemacht worden ist, um einen richtigen Durchschnitt zu erhalten. Einige Verwundungen wurden auch an der im Gebiete seltenen Lärche angebracht. Ich wählte Zweige von etwa $1\frac{1}{2}$ —3 cm Dicke. An jedem der verwundeten Aeste brachte ich ein Blechschildchen mit Nummer an und registrierte jeden einzelnen Versuch mit Datum genau in meinem Journal unter Berücksichtigung etwaiger mir beachtenswert erscheinender Nebenumstände. Die einzelnen Bäume markierte ich mittelst Oelfarbe durch verschiedene

Zeichen, die ich ebenfalls aufschrieb. Nach einer gewissen, in den einzelnen Fällen verschiedenen Reihe von Tagen sägte ich dann die betreffenden Aeste sauber ab und zwar meist 20—30 cm von der Wunde ab auf den Stamm zu. Das Datum wurde wieder eingetragen, ebenso etwaige Beobachtungen oder sich mir aufdrängende Begleitumstände. Sämtliche Verwundungen habe ich in den Kronen mittlerer und hoher Bäume vorgenommen, um sicher zu sein, dass mir Niemand die angebrachten Schildchen vertauschen konnte. Zum Hinauf- und Hinabsteigen benutzte ich Steigeisen, wie sie die Arbeiter beim Telegraphenbau anwenden.

Die Wirkungen der einzelnen Verwundungsarten bei den verschiedenen Koniferen sind allerdings der wichtigste und beweisendste Teil meiner Untersuchungen; es würde mich aber zu weit führen, wollte ich hier, wenn auch nur ganz kurz, darauf eingehen. Ich begnüge mich deshalb mit der Beschreibung des Gesamtbildes, welches sich gleichsam als der Grundtypus ergab, auf welchen sich alle Abweichungen und Modifikationen der einzelnen Fälle zurückführen lassen.

Ich konnte durch die Versuche feststellen, dass die Heilung der Wunde, und die Anlage der Harzgallen des Holzes, wie auch nicht anders zu erwarten, stets und ausschliesslich vom Kambium aus eingeleitet wird. Ich definiere demgemäss die Harzgalle als eine Bildung, welche als Folge der Verwundung vom Kambium im Holzteil erzeugt wird, also eine Reaktion der lebenden Pflanze auf den Verwundungsreiz darstellt. Die erste sichtbare Wirkung als Folge der Lebensthätigkeit des Baumes ist abgesehen vom Harzfluss die, dass das Kambium an Stelle der normalen Tracheiden zartwandige, harzerfüllte Parenchymzellen anlegt, welche die Wunde zu überwallen streben. Weiter nach aussen folgt alsdann ein Wundgewebe, welches ich in seiner Gesamtheit „*Tracheïdalparenchym*“ nenne und welches nach aussen allmählich wieder in normale Tracheiden übergeht. Alle Elemente dieses Tracheïdalparenchyms besitzen verdickte Membranen. Die dem zartwandigen Parenchym zunächst liegenden Zellen, namentlich in der Nähe des Wundrandes, sind noch gleichmässig verdickt; sie sind meist nur in geringer Zahl vorhanden. Die überwiegende Mehrzahl dieser Zellen ist dagegen ungleichmässig verdickt und mit einfachen Tüpfeln versehen. Es finden sich zuletzt alle Uebergänge in die normalen Holzzellen mit behöfteten Tüpfeln.

Sehen wir von den gleichmässig verdickten Elementen ab, so können wir innerhalb des der Wundstelle vorgelagerten Tracheïdalparenchyms dreierlei Zonen unterscheiden. Die innersten, also dem Wundherde zunächst liegenden und unmittelbar auf das zartwandige Parenchym folgenden Reihen stellen ungleichmässig verdickte, einfach

getüpfelte Elemente dar, welche Harz als Inhalt führen. Die Membranen dieser Zellen verschleimen später. Lässt man z. B. zu einem geeigneten dünnen Schnitte unter dem Mikroskop Chloralhydrat hinzufliessen, so gewahrt man deutlich ein Quellen der Zellwände. Sie buckeln und wölben sich in das Innere vor, allmählich gleichen sich auch die entstehenden Vertiefungen aus, und die ursprünglichen Zellwände durchziehen wie breite, farblose, stark lichtbrechende Bänder die gelben Harzmassen. Von den Tüpfeln ist nichts mehr zu sehen. Die primären und sekundären Membranen verschleimen zuerst, die tertiäre Membran bleibt am längsten erhalten. Ob die verschleimten Membranen später auch in Harz übergeführt werden, vermochte ich nicht nachzuweisen. Die Zellen der nächsten Zone sind genau ebenso gebaut, auch führen sie ebenfalls Harz als Inhalt. Aber hier kommt es nicht mehr zur Verschleimung der Membranen. Die Zellen der letzten Reihe endlich besitzen zwar die gleiche Form, aber sie führen weder Harz als Inhalt, noch verschleimen ihre Membranen. Diese Zonen harzführender und harzfreier Zellen sowie die des anschliessenden normalen Holzes sind aber naturgemäss keineswegs scharf gesondert und gleichmässig verlaufend, sondern der Uebergang ist überall ein allmählicher und teilweise völlig unregelmässiger.

Sobald die zartwandigen Zellen ihre definitive Grösse erreicht haben, tritt in ihrem Innern Harz auf. Bei den Elementen des Tracheïdparenchyms gehen die Verdickungen der Membranen und das Auftreten der Harztröpfchen Hand in Hand. Ihrem Baue nach müssen wir diese Zellen als „Harzzellen“ auffassen. Der Innenwand dieser Oelzellen liegt ein Beleg auf, welcher die für die „*resinogene Schicht*“, wie sie Tschirch für die Oelzellen der *Zimmt*rinde und *Myristica* nachwies und abbildete¹⁾, so charakteristischen Stäbchen und körnchenartigen Bildungen aufweist. Von dem Rande des Beleges in das Innere der Zellen dringen kleinere und grössere gelbe bis zimmtbraune Tröpfchen vor. Oft gewahrt man auch im Innern kleine braune, körnelige Massen abgelagert. Bei fortschreitender Harzproduktion wird endlich das ganze Lumen der Zelle erfüllt, und das Bild wird undeutlich.

Ausser dem Harz dieser Harzzellen des Wundparenchyms treten aber auch nach Verletzungen regelmässig im Innern der der Wundstelle zunächst liegenden Tracheïden des vorgebildeten Splintes gelbe Inhaltsmassen auf, welche in Alkohol unlöslich sind. Sie entstehen und verhalten sich auch mikrochemisch genau wie das *Wundgummi*

1) Tschirch und Oesterle Anatomischer Atlas der Pharmakognosie.

Temmes bei den Laubbäumen¹⁾. Man scheint diese Bildung von Wundgummi bei den Koniferen bisher übersehen zu haben. Diese Verstopfung der Tracheiden reicht oberhalb, unterhalb und seitlich ein gut Stück über die Wundstelle hinaus. Das dahinter liegende Kernholz verkient.

Eine weitere Folge der Verwundung ist die Anlage zahlreicher Harzgänge in dem jungen Ueberwallungsholze. Bei der *Fichte* ist dies am auffälligsten, weil dieser Baum die geringste Anzahl von vertikalen Harzkanälen besitzt. Bei der *Lärche* und den beiden *Kiefern* kommt diese ebenfalls regelmässig auftretende Vermehrung der Sekretbehälter im Ueberwallungsholze weniger deutlich zum Ausdruck. Besonders interessant ist das Verhalten der *Edeltanne*. Sie führt normal im Holze überhaupt keine Harzgänge. Verwundet man aber eine Edeltanne bis zum Kambium oder darüber hinaus, so werden bei der Ausheilung einmal alle die oben erwähnten anatomischen Veränderungen eingeleitet. Ausserdem aber treten auch eigentümlicher Weise oberhalb und unterhalb sowie seitlich vom Wundherde, also rings um die Verletzung herum, in dem neu gebildeten Holze Harzkanäle auf, welche somit pathologischer Natur sind. Ein ähnliches Verhalten war bisher nur für *Liquidambar*arten durch J. Möller nachgewiesen worden.²⁾ Diese Harzgänge anastomosiren seitlich mit einander. Die einzelnen Kanäle liegen perlschnurartig neben einander; sie werden nur durch die Markstrahlen getrennt, so dass also zwischen je 2 Harzgängen ein Markstrahl verläuft. Aber nur die der Wunde zunächst liegenden Kanäle führen wirklich Harz, die weiter abliegenden sind sekretarm oder völlig leer, indem sie zu blossen Interzellularräumen herabsinken resp. sich nie zu Sekretbehältern entwickeln. Ihrer Entstehung und ihrem Baue nach müssen wir sie als „*oblitoschizogene Harzkanäle*“ im Sinne Tschirch's auffassen.

Dieses allgemeine, durch die anatomische Untersuchung der von mir verletzten Aeste gewonnene Bild suchte ich zu vervollständigen durch Heranziehen fertiger Stadien, welche ich die ganze Zeit über im Walde und in den Bergen des Berner Oberlandes reichlich gesammelt hatte. Eine sehr grosse Anzahl von Harzgallen habe ich mit der Laubsäge teils der Quere, teils der Länge nach in flache Platten zerlegt und dann eingehend beide Seiten mit der Loupe betrachtet. So gewann ich Anhaltspunkte für die nachfolgende mikroskopische Untersuchung, bezüglich deren ich aber auf meine Arbeit verweisen muss. Da die Harzgallen je nach der Grösse, Tiefe und Form der Ver-

1) Vergl. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie.

2) Zeitschr. d. österreich. Apothekervereins 1869.

wundung oft die verzerrteste und wunderlichste Gestalt zeigen, so habe ich ausserdem über 50 solcher Harzgallen succedan zerschnitten, und zwar zumeist an Fichtenmaterial. Von dieser Konifere sind sie am leichtesten zu bekommen und gleichzeitig bringen sie die Verhältnisse am deutlichsten zur Anschauung. In den Schlitten eines zum Schneiden von Hölzern eigens konstruierten grossen Mikrotoms spannte ich ein Hobelmesser und machte Serien von Succedan-Schnitten (von etwa $\frac{1}{20}$ mm). Ich kontrollierte stets mit der Loupe und dem Mikroskop. Auf gleiche Weise habe ich auch die Länge der pathologischen Harzkanäle bei der Edeltanne verfolgt und den Bereich der Wundgummibildung ausserhalb des eigentlichen Wundheerdes festgestellt.

Wenn ich also noch einmal kurz das Gesagte wiederhole, so ergibt sich — alle Komplikationen ausgeschlossen — folgendes schematische Querschnittsbild einer Harzgalle: Das Kernholz ist verkient, ebenso der Splint in der Nähe der Wunde. Ausserdem sind die äussersten Reihen der Tracheiden des Splintes, welche unmittelbar hinter dem Wundheerde liegen, mit Wundgummi verstopft; sie bilden also gleichsam eine abschliessende, schützende Wand zwischen der Wunde und dem dahinter liegenden Holze. An der Wundfläche selbst ist aus den angerissenen Harzkanälen physiologisches Harz in kleinen Tröpfchen ausgetreten. Von den intakt gebliebenen Kambialzellen aus wird zartwandiges, harzführendes Parenchym gebildet, welches die Wunde zu überwallen strebt und an den nicht von Harz bedeckten Stellen mit dem alten Holz des Wundheerdes verwächst. Dann folgen nach aussen zu, namentlich an den Rändern der verletzten Stelle, einige wenige gleichmässig verdickte Elemente. Sie werden aber schon frühzeitig umfasst von ungleichmässig verdickten, einfach getüpfelten Parenchymzellen, welche an die Endospermelemente beim Kaffee erinnern. Diese Schicht ist von ziemlicher Mächtigkeit und sie geht nach aussen — also gegen die Rinde zu — allmählich wieder in normale Tracheiden über. Die Zellen dieses *Tracheïdalparenchym*s sind in Form und Grösse unter einander übereinstimmend. Es lassen sich aber gleichwohl drei mehrreihige Zonen unterscheiden. Die beiden innersten Zonen führen Harz, die äusserste ist dagegen harz- und plasmafrei. Von den beiden harzführenden Zonen wiederum geht die innerste (I), also diejenige, welche dem zartwandigen Parenchym anliegt, durch Verschleimung der Zellmembranen, wie oben beschrieben, zu Grunde. Sie liefert also die Hauptmenge des freien Harzes der Harzgalle. Die nun folgende Schicht (II) bleibt erhalten und ist schon mit blossen Auge, besser noch mit der Loupe, an jeder Harzgalle als umsäumende „kaffeebraune Zone“ sichtbar. Auf diese kaffeebraune Zone folgen die harzfreien Zellen (III) des *Tracheïdalparenchym*s und endlich wieder

normale Tracheiden des jungen Ueberwallungsholzes. Die hier zahlreich auftretenden Harzgänge scheinen mehr die Nachwirkung des Reizes zu sein, als ein Schutzmittel der Pflanze.

Ausser dem vorstehend Angeführten ergaben sich im Laufe der Arbeit noch eine Menge von Einzelheiten, welche, an sich meist unbedeutend und belanglos, in ihrer Gesamtheit doch einige aufklärende Streiflichter werfen auf die interessanten Vorgänge, die sich bei der Bildung der Harzgallen abspielen. Die eigentliche, ausführliche und auch die Litteratur eingehend berücksichtigende Arbeit wird demnächst in der forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift in München erscheinen. Es sind derselben der leichteren und schnelleren Uebersicht halber 12, meist schematische Textfiguren beigegeben und eine Tafel mit 7 autotypischen Reproduktionen nach von mir aufgenommenen Photographien von Harzgallen-Querschnitten.

Mitteilungen aus dem pharmazeutisch-chemischen Institut der Universität Marburg.

Ueber die Alkaloide der Lupinensamen.

Von Ernst Schmidt.

(Zweite Mitteilung¹).

72. Ueber das Lupinin und das Lupinidin der gelben Lupine.

Von Dr. L. Berend.

(Eingegangen den 15. IV. 1897).

Die Samen der gelben Lupine, *Lupinus luteus*, sind im Laufe der Jahre bereits von verschiedenen Chemikern einer Untersuchung unterzogen worden, ohne dass es jedoch bisher gelungen ist, namentlich die alkaloidartigen Bestandteile derselben zuverlässig zu charakterisieren. Schon die, die Elementarzusammensetzung jener Basen betreffenden Daten weichen in einer so überraschenden Weise von einander ab²), dass es den Anschein gewinnt, als sei die Isolierung und Reindarstellung derselben mit ganz besonderen Schwierigkeiten verknüpft.

¹) Vgl. dieses Archiv 1897, S. 192.

²) Vgl. daselbst S. 196.