

FLUORESZENZUNTERSUCHUNGEN ÜBER VERHOLZUNG

Mit 2 Abbildungen

Von PROF. DR. CH. WIMMER, Dornbirn

I. Einleitung

Während meiner Tätigkeit als Leiter der botanischen Abteilung der staatlichen Versuchsanstalt für Holzindustrie in Mödling hatte ich Gelegenheit, auf verschiedenen Gebieten der modernen Holzforschung Erfahrungen zu sammeln. Es sei erlaubt, einen kurzen Überblick über die Probleme, die ich für aktuell halte, voranzustellen (vgl. zumal auch KISSER [3, 4]). Auf diesem großen, für Wissenschaft und Wirtschaft gleich wichtigen Felde kann man mehrere Teilgebiete unterscheiden:

- A. Kennzeichnung und Nachweis verholzter Elemente.
- B. Vorkommen und Verteilung verholzter Elemente in Zellen, in Geweben, in Organen, in Pflanzenindividuen, in systematischen Einheiten.
- C. Morphologische, physikalische, chemische und biologische Eigenschaften verholzter Elemente.
- D. Morphologische, physikalische, chemische und biologische Veränderungen der betreffenden Elemente bei der Verholzung und bei der Entholzung.
- E. Biologische (und postmortale?) Vorgänge in der ganzen Pflanze, welche zur Verholzung und zur Entholzung führen.
- F. Chemismus der Verholzungen kennzeichnenden Stoffe, ihrer Bausteine und Derivate.
- G. Postmortale morphologische, physikalische, chemische und technische Eigenschaften verholzter Elemente.
- H. Holzveredlung.
- I. Aus Holz hergestellte chemische und technische Produkte.
- K. Natürliche und künstliche Inkohlung.
- L. Fossiles Holz und verholzte Elemente in Pflanzenfossilien.
- M. Technische Werte des Holzes und seiner natürlichen und künstlichen Produkte.
- N. Pflanzliche Schädlinge des Holzes.
- O. Tierische Schädlinge des Holzes.

Die Möglichkeiten erfolgreicher Verwendung fluoroskopischer Methoden, besonders der Beobachtung der Eigenfluoreszenz, sind nach meinen Erfahrungen folgende: Zunächst müssen wir nochmals allgemein festhalten, daß die fluoroskopischen Methoden, besonders die mikrofluoroskopischen, wie keine anderen zur raschen und sicheren Auffindung von Elementen geeignet sind, welche chemisch oder physikalisch anders geartet sind als ihre Umgebung; daß sie aber eben infolge ihres Ansprechens auf geringfügigste, sonst nicht erfaßbare Unterschiede zur Kennzeichnung oder Erkennung eines

chemisch oder physikalisch gekennzeichneten Stoffes nicht geeignet sind; daß selbst Fluorochromierungen, denen sonst der Wert von Färbereaktionen zukommt, oft weitgehend von der Wasserstoffionenkonzentration ihres Lösungsmittels und der elektrischen Ladung des betreffenden Gewebeelementes, ja sogar der angewandten Konzentration ihrer Lösung abhängig sind. Unter diesen Voraussetzungen sind die fluoroskopischen Methoden zum Nachweis verholzter Elemente (*A* zum Teil), zur Feststellung ihres Vorkommens und ihrer Verbreitung (*B*), zur Feststellung von Veränderungen bei der Verholzung und bei der Entholzung (*D*) ganz hervorragend verwendbar, auch für gewisse Teilfragen betreffs der Eigenschaften verholzter Elemente (*C* und *G*) und des Chemismus der Verholzungen kennzeichnenden Stoffe (*F*). Besser als jede andere Methode verwendbar sind die fluoroskopischen Methoden für fast alle Fragen auf dem Gebiet der Imprägnation, teilweise auch Extraktion, Dämpfung u. ä. (*H* zum Teil), besonders auch für Untersuchungen aus Holz hergestellter technischer und zum Teil auch chemischer Produkte (*I* zum Teil). In Torf, in Lignit und auch noch in Braunkohle ergeben diese Methoden diagnostisch verwertbare Unterschiede (*K* zum Teil), besonders auch in anderen pflanzlichen Fossilien (*L* zum Teil). Auch zur Bestimmung technischer Werte lassen sich die auf feinste Unterschiede ansprechenden Leuchtreaktionen fluoroskopischer Methoden teilweise mit Vorteil verwenden (*M* zum Teil). In den Teilgebieten: pflanzliche und tierische Schädlinge lebenden und toten Holzes konnte ich fluoroskopische Methoden vielseitig verwenden (*N* und *O* zum Teil).

Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Untersuchungen wurden mit der „Lux UV“ der Optischen Werke C. REICHERT, Wien, durchgeführt. Das Pflanzenmaterial stammte aus der Umgebung Wiens, zum Teil auch aus Parkanlagen und Gewächshäusern Wiens. Die Modellsubstanzen (Ligninbausteine bzw. -derivate) stellte in liebenswürdiger Weise Herr Univ.-Prof. Dr. Anton v. WACEK, Wien, zur Verfügung, wofür ich ihm zu besonderem Dank verpflichtet bin¹⁾.

II. Beispiele für Jugendstadien der Verholzung

Meine mikrofluoroskopischen Untersuchungen hatten folgendes Ziel: Verfolg der Entstehung des Lignins (*sensu latiore*) in der Zellwand und des

¹⁾ Die zur Untersuchung gelangenden Mikrotomschnitte und mikrochemischen Präparate fertigte meist Herr cand. rer. nat. A. R. SCHOUTEN, Amsterdam, an, die umfangreichen Protokolle meiner Untersuchungsergebnisse schrieb Fräulein Dr. M. LUHAN, wofür ich hier beiden Mitarbeitern herzlich danke. Den Arbeitsplatz, das Fluoreszenzmikroskop, alle anderen notwendigen Instrumente, Chemikalien, Reagenzien usw. stellte mir Herr Univ.-Prof. Dr. Karl HÖFLER, Wien, zur Verfügung und ermöglichte mir so die Durchführung der Untersuchungsreihen. Dafür und für seine wertvollen Ratschläge bin ich ihm zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

Verholzungsvorganges mit den Methoden der modernen Fluoroskopie selbstverständlich auch anderen Mikromethoden. Die zur Untersuchung gelangenden Mikroausschnitte — vereinzelt auch Handschnitte — wurden nur aus lebenden Pflanzenteilen hergestellt. Aus jeder Schnittserie wurden immer einige Schnitte zuerst lebend in Hochquellwasser untersucht, andere fallweise in verschiedenen Einbettungsflüssigkeiten: in Wasser-Glycerin (1:1); in Ameisensäuremethylester, auch -butyl- und -propyl-ester; in Boraxglycerin (mit der gleichen Menge Wasser verdünnte kaltgesättigte Boraxlösung und Glycerin 1:1); in wässriger Chloralhydratlösung (60%ig) u. a. m. Andere Schnitte der gleichen Serie wurden immer zu Vergleichszwecken in 1:1 mit Wasser verdünnter Phloroglucin-Salzsäure nach CLARKE (1) untersucht (1 g kristallisiertes Phloroglucin in 800 ccm konzentrierter Salzsäure gelöst und mit Wasser auf 3000 ccm verdünnt — CLARKE verdünnt auf 1500 ccm). Bei auffallenden Unterschieden der Primärfluoreszenz im Schnitt vorhandener verholzter Elemente wurde auch die Kaliumpermanganatreaktion nach MÄULE (5) angewandt (Schnitte 5 Minuten in 1%ige Kaliumpermanganatlösung gelegt, dann 3 Minuten in verdünnter Salzsäure entfärbt, dann Salzsäure bis zu neutraler Reaktion des Waschwassers ausgewaschen und die Schnitte Ammoniakdämpfen ausgesetzt), in manchen Fällen auch die Hämatoxylinfärbung in mit Schwefelsäure vorbehandelten Schnitten nach KERR und BAILEY (2).

Ich konnte etwa dreißig Laubbölzer und einige Nadelhölzer eingehend und viele andere orientierend untersuchen, außerdem viele Pflanzen mit Steinzellidioblasten.

An solchen verholzenden Idioblasten wurde der Verholzungsvorgang zuerst studiert. Bei einer der untersuchten Pflanzenarten, zum Beispiel bei *Thea (Camellia) japonica* will ich die Untersuchungsergebnisse eingehender besprechen. Fast sämtliche geprüften Theaceen besitzen im Parenchymgewebe von Blatt und Stamm auffallende Steinzellidioblasten, welche sich aus fast isodiametrischen dünnwandigen Zellen zu meist mannigfaltig verzweigten, derbwandigen Steinzellen umbilden. Zuerst entstehen bei *Thea japonica* schwache Ausbuchtungen, welche dann zu häufig sich mehrfach verzweigenden, mehr oder weniger langen Fortsätzen heranwachsen, die sich zwischen die Nachbarzellen schieben. Schon die zarten Wände der von den Nachbarzellen morphologisch noch nicht unterscheidbaren Idioblasten zeigen zarte Blaufluoreszenz. Mit dem Alter wird die fluoroskopische Leuchtreaktion immer intensiver. Die vollentwickelten Zellen leuchten dann grell himmelblau. Im alternden, besonders im absterbenden Blatt zeigen manche Idioblasten schwächeres Leuchten in einem mehr graublauen Farbton. Abgesehen von diesem Spätstadium zeigen die Idioblasten im Parenchym des Blattes, ebenso des Stammes in ihrer ganzen Entwicklung den gleichen Farbton, nur die Leuchtkraft nimmt zu. Das Xylem, besonders die Holzgefäße, leuchten hingegen zuerst grünlichblau, später mehr hellblau, im absterbenden Blatt mehr graublau, niemals aber so grell himmelblau wie die vollentwickelten Idioblasten. Die verholzenden Elemente

des Xylems ändern während der Entwicklung den Farbton und die Intensität der Leuchtreaktion. Die farbkräftigste mikrochemische Reaktion, die modifizierte Phloroglucin-Salzsäure-Reaktion nach CLARKE (in dieser Arbeit fernerhin kurz Ph-S-Reaktion bezeichnet) ist erst in einem späteren Entwicklungsstadium für ein geschultes Auge erkennbar als die fluoroskopische Leuchtreaktion. Auch sie ergibt überdies Differenzierungen. Die Farbreaktion der heranwachsenden Idioblasten beginnt mit zartem Gelblichrosa und endet mit leuchtendem Kirschrot, die Farbreaktion der verholzenden Xylemelemente beginnt mit Zartrosa und endet mit einem bedeutend weniger intensiven Kirschrot. Beim Stehenlassen der Präparate bleibt die Primärfluoreszenz tagelang gleich stark, während die Farbreaktionen sich mehr oder weniger rasch ändern. Im Xylem nimmt die Farbintensität, ohne den Farbton zu ändern, rasch ab; bei den vollentwickelten Idioblasten verblaßt die Farbe langsamer ohne merkliche Änderung des Farbtons. Je jünger die Idioblasten sind, desto rascher verblaßt die Farbe und desto mehr ändert sie sich dabei zu gelblichem Farbton. Eine Beobachtung bei *Thea* und auch vielen anderen im Blattparenchym Steinzellen führenden Pflanzenarten möchte ich hier erwähnen: die nervnahen Idioblasten entwickeln sich immer früher als die nervfernen. Auch im Stamm zeigt der gleiche Schnitt verschiedenalterige Idioblasten.

Daß Steinzellidioblasten überdies auch andersfarbige Fluoreszenz zeigen können, dafür gibt ein Beispiel die Proteacee *Hakea lasiantha*. Schon ganz jungen Blättern leuchten die morphologisch noch nicht als solche erkennbaren, unentwickelten Idioblasten grellgrün — die verholzten Elemente des Hauptnervs stark blau. Dieser Farbunterschied bleibt bis zur vollen Entwicklung, die Intensität nimmt zu, die Farbtöne bleiben gleich. Erst im absterbenden Blatt zeigen die Idioblasten zunehmend bläulichgrün werdende, der Holzteil zunehmend graublau werdende Leuchtfarbe. Ich möchte noch ausdrücklich betonen, daß die Verschiedenfarbigkeit der primären Fluoreszenz verholzender Idioblasten und verholzender Xylemelemente im Blatt der Proteacee *Hakea lasiantha* (und vieler anderer) nur als Ausdruck irgendwelcher Verschiedenartigkeit des Holzstoffes der Idioblasten von dem der Xylemente gedeutet werden kann. Auch verschiedene andere Mikromethoden: Ph-S-Reaktion, Mäule-Reaktion usw. ergaben deutliche Verschiedenheiten, wenn auch nicht so auffällige wie die fluoroskopische Leuchtreaktion.

Auch andere Idioblasten zeigen schon lange, bevor sie sich durch Form oder Inhalt von den Nachbarzellen unterscheiden, meist eine von diesen abweichende Fluoreszenzfärbung. Die Wände der Ölzellenidioblasten z. B. zeigen bei vielen Pflanzen die ihnen eigene, meist prachtvoll kornblumenblaue Leuchtreaktion schon deutlich, wenn ihr Inhalt noch plasmatisch ist, dann, wenn die ersten kleinen Öltröpfchen erscheinen.

Um das Fortschreiten des Verholzungsvorganges in möglichst vielen Stufen beobachten zu können, wurden Holzpflanzen untersucht, welche möglichst lange Triebe machen. Ich bespreche als Beispiel die Beobachtungen

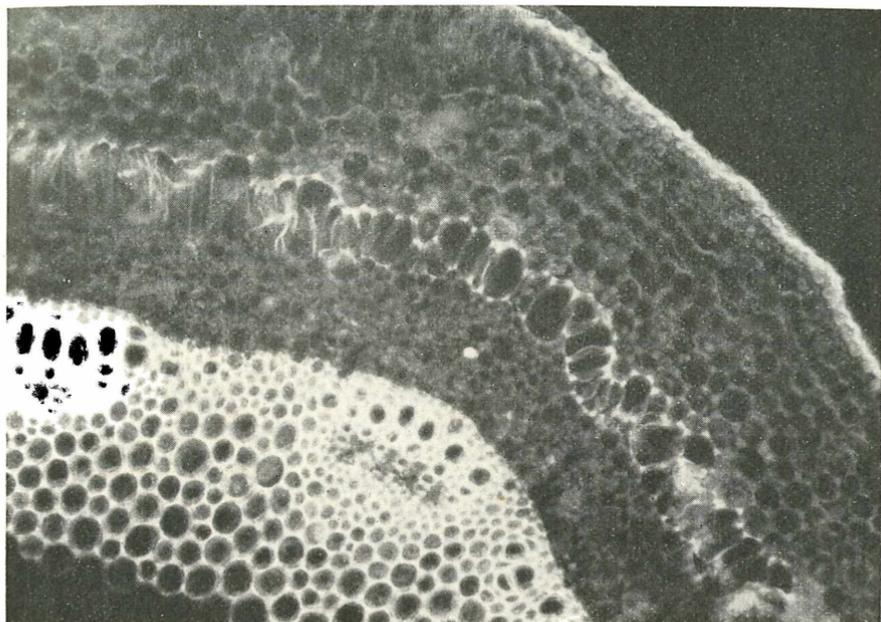


Abb. 1.

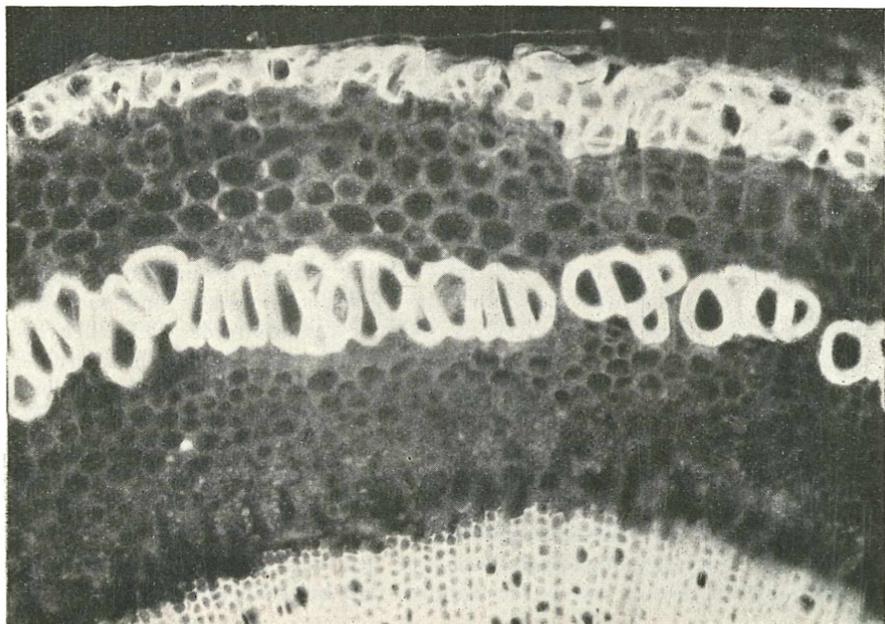


Abb. 2.

an der immergrünen, völlig winterharten *Lonicera Giraldui*. Diese Pflanze erzeugt in einer Vegetationsperiode drei und mehr Meter lange Triebe. Zunächst wurden Schnitte aus der Mitte zwischen je zwei der gegenständigen Blattpaare untersucht, von der Basis bis nahe dem Vegetationspunkt in der Triebspitze. Beobachtet wurde der Verholzungsvorgang sowohl an den Xylem-elementen als auch an einem auffallenden Sklerenchymring zwischen primärer und sekundärer Rinde, welcher bei dieser *Lonicera*-Art besonders schön ausgebildet ist. Es wäre hier, ebenso wie bei *Camellia*, außerordentlich verlockend, wenigstens in kurzen Worten auf die scheinbar verwirrende Mannigfaltigkeit der Farben der Wände und Inhalte der verschiedenen Zelltypen einzugehen und die bei ihrer Entwicklung zu beobachtenden Farbänderungen. Hier beschränke ich mich indes nur auf meine Beobachtungen am Xylem und dem Sklerenchymring. Die Stengelglieder noch innerhalb der eine „Endknospe“ bildenden, noch unentfalteten Blätter zeigen winzige, blau-grün fluoreszierende Gefäße, welche im nächsten Glied bereits blau leuchten. Weiterhin zeigen die Gefäße, die sich bildenden Holzfasern und auch die Markstrahlzellen immer intensiver werdendes blaues Leuchten ihrer Wände. Hervorzuheben ist, daß alle drei Elemente in der Kambialzone gleichzeitig zu leuchten beginnen, doch leuchten die dem Kambium abgewendeten Tangentialwände stärker als die dem Kambium zugewendeten. Interessanter ist der Sklerenchymring. Innerhalb der Endknospe tritt er bereits in Erscheinung als ein Ring von im Querschnitt kubischen, scheinbar inhaltsleeren Zellen, deren Wände allmählich grau zu leuchten beginnen. Außen dem Sklerenchymring angelagerte Zellen füllen sich immer mehr prall mit Stärke und beginnen durch drei Glieder immer stärker graugrün zu fluoreszieren. Im vierten Glied sind die den Sklerenchymring umgebenden Zellen prall mit Stärke erfüllt, ihre Wände fluoreszieren abnehmend grünlich, die noch äußerst zarten Wände des Sklerenchymringes zunehmend blau (Abb. 1). Im nächsten Glied zeigen die jetzt dicker gewordenen Wände der Zellen des Sklerenchymringes blaue Leuchtfarbe, die Wände der sie umgebenden Zellen abnehmende grünliche Farbe und abnehmenden Stärkegehalt. In den folgenden Gliedern werden die noch immer nur eine Reihe bildenden Zellen der Sklerenchymringes derbwandig und immer intensiver blau leuchtend, die sie außen umgebenden Zellen immer stärkerärmer. Zuletzt — Mitte Mai — im untersten Basalglied des Triebes leuchten die Zellen des Sklerenchymringes und auch die Xylemelemente intensiv blau (Abb. 2). An der Innenseite des Sklerenchymringes finden sich einzelne noch dünnwandige, ebenfalls blau fluoreszierende Zellen, vermutlich Anlage neuer Sklerenchymzellen. In älteren Trieben ist der Sklerenchymring mehrzellreihig. — Bei den hier besprochenen Untersuchungen an *Lonicera Giraldui* ist die Frage zu klären, welche Aufgabe der dem sich bildenden Sklerenchymring außen angelagerten Stärkescheide zukommt. Es hat den Anschein, daß diese vorübergehend lokalisierte Stärke der Bildung des Sklerenchymringes dient.

Aus den Untersuchungsergebnissen bei den verschiedenen untersuchten Holzgewächsen möchte ich nur erwähnen, daß bei manchen von ihnen die

gleichen Elemente des Holzteils verschiedenfarbig sind: am häufigsten grün bei beginnender, rein blau bei abgeschlossener Verholzung und manchmal wieder grün bei beginnender Entholzung.

Bei *Cornus sanguinea* leuchten die ältesten Gefäße grünlichblau, die jüngeren graublau bis blau, noch näher dem Kambium weißlichblau, die jüngsten gelb. Die im allgemeinen weniger intensiv leuchtenden Holzfasern zeigen dem Alter entsprechend gleiche Farbabstufung. Bei *Liriodendron tulipifera* leuchten die Gefäßwände himmelblau bis beryllgrün, besonders schön sichtbar im Blütenstiel der eben erblühenden Blüte 3 bis 4 mm unter dem Kelch. In *Clematis vitalba* leuchten im Frühjahr die Wände der Xylemelemente von violettblau bis grünblau. Damit möchte ich die Besprechung einzelner Beispiele abschließen.

Bei Zusammenfassung der bei den vielen untersuchten, hier nicht besprochenen und den paar besprochenen Arten gemachten Beobachtungen ist folgendes zu sagen. Die fluoroskopische Leuchtreaktion erweist sich immer allen anderen Reaktionen deutlich überlegen: Die Eigenfluoreszenz verrät verholzende Elemente bereits in einem Stadium, in welchem die Ph-S-Reaktion noch völlig versagt; und selbst wenn zarte Rosafärbung erstmals auftritt, ist sie nur einem sehr geschulten Auge erkennbar, während die Leuchtreaktion immer klar und deutlich kenntlich ist. Bezüglich der Verholzung selbst ist folgendes zu sagen. Sie tritt, deutlich nachweisbar, manchmal schon in ganz jungen Zellen auf, die noch lange nicht ihre volle Größe und ihre endgültige Gestalt erreicht haben. Die verschiedenen in einer Pflanze vorkommenden verholzenden Zellarten (Xylemelemente, Steinzellidioblasten u. a. m.) können gleichzeitig verholzen. Es können aber auch bei der einen Pflanzenart die Gefäße, bei einer anderen die Steinzellidioblasten usw. schon deutlich verholzt sein, wenn in den anderen Elementen noch keine Spur von Verholzung nachweisbar ist. Die einzelnen Zellen können ringsum gleichzeitig verholzen oder es verholzt z. B. die dem Kambium abgewendete Seitenwand zuerst und die dem Kambium zugewendete zuletzt. Auch bezüglich der Schnelligkeit des Verholzungs Vorganges ergeben sich Unterschiede. Meist schreitet die Verholzung einer Zelle gleichmäßig vorwärts, manchmal tritt sie mehr sprunghaft ein. Einmal zeigen schon ganz dünnwandige Zellen Verholzung, ein andermal tritt die Verholzung erst ein, wenn die Zellwand ihre endgültige Dicke erreicht hat. Ob alle diese Eigentümlichkeiten systematische Bedeutung haben, läßt sich trotz der großen Zahl der untersuchten Pflanzenarten nicht sagen, darüber können nur vergleichende systematische Untersuchungen Aufschluß geben. Ebenso über die systematische Bedeutung des Auftretens verschiedener Farben bei verschiedenen verholzenden Elementen (blau, grün, gelb), z. B. Steinzellidioblasten und Xylemelementen bei *Hakea lasiantha* u. a., oder der Veränderung der Leuchtreaktion im gleichen verholzenden Element im Laufe seiner Reifung, z. B. bei *Cornus sanguinea*.

III. Modellsubstanzen im UV-Licht

Besonders dieser Farbverschiedenheit kommt überdies vielleicht noch eine andere Bedeutung zu. Die Modellsubstanzen (Ligninbausteine bzw. -derivate), die — wie erwähnt — Univ.-Prof. Dr. WACEK zur Verfügung stellte, ergaben bei ihrer fluoroskopischen Untersuchung auch Verschiedenfarbigkeit (blau, grün). Zur Verfügung standen 15 Modellsubstanzen (vgl. WACEK und K. KRATZL [6]): Phenylazeton-, Veratrylazeton- und Guajacylazeton- α -sulfonsaures Natrium, Propiophenon-, Propioveratron- und Propioguajacon- α -sulfonsaures Natrium und - β -sulfonsaures Natrium (nur die β -Verbindung von Propioguajacon nicht); ferner Phenylazeton, Propioguajacon und α -oxy-Propioguajacon; dann Di-Methoxy-Phenylazeton und 3-Acetoxy-4-Methoxy-Phenylazeton, endlich α -Acetyl-Guajacyl- α -Azetonylazeton und Coniferin. Leider konnten die noch fehlenden vergleichbaren Verbindungen noch nicht untersucht werden — daher kann über die eventuell im chemischen Aufbau liegenden Ursachen beobachteter Verschiedenheiten der Fluoreszenzfarbe kaum etwas ausgesagt, sondern nur über Ergebnisse, bezogen nur auf die untersuchten Substanzen, berichtet werden. Die α -sulfonsauren-Natrium-Verbindungen waren stärker leuchtend als die vergleichbaren β -Verbindungen. Die Veratron- und Veratryl-Verbindungen waren mehr grau oder grünlich fluoreszierend, die vergleichbaren Guajacon- und Guajacyl-Verbindungen mehr blau oder himmelblau. Besonders auffallend, weil im Farbton mit Leuchtreaktionen an verholzenden Zellen übereinstimmend, war folgender Befund: Propioguajacon- α -sulfonsaures Natrium fluoresziert intensiv himmelblau; α -oxy-Propioguajacon grellgrün. Da ich die außerordentliche Empfindlichkeit der fluoroskopischen Leuchtreaktion wiederholt betont habe, welche manchmal geringste, mit keiner anderen Methode erfassbare Verschiedenheiten durch krasse Farbunterschiede anzeigt, manchmal aber verschiedene Stoffe in der gleichen Farbe aufleuchten läßt, würde ich diesen Befunden an Modellsubstanzen erst noch wenig Wert beilegen, wenn nicht gerade bei diesen Substanzen ein Zusammenhang mit den in verholzenden Membranen vorkommenden nach WACEK ziemlich erwiesenen wäre.

IV. Entholzung

Im Anschluß noch einiges über Entholzung. Die Holzprimanen zeigen bei vielen Holzpflanzen deutlichen Rückgang der Leuchtintensität, oft auch Veränderung der Leuchtfarbe (blau gegen grau oder grünlich). Verholzte Zellen aus dem Kot, dem Darminhalt, manchmal auch schon dem Mageninhalt von Nagetieren, aber auch von holzfressenden Insekten oder Insektenlarven zeigen ähnliche Veränderungen. Auch in alternden, besonders aber in absterbenden Pflanzenteilen zeigen sich ähnliche Veränderungen an verholzten Elementen. In allen diesen Fällen zeigt auch die Fh-S-Reaktion Rückgang der Entholzung an. Die von KÜSTER in seiner Anatomie der Gallen genannten Beispiele von Entholzung in Gallen konnten leider noch

nicht fluoroskopisch untersucht werden. Sehr interessant waren einige Vorversuche mit den Korrosionsfäule des Holzes erzeugenden Pilzen *Trametes Pini* und *Trametes radiciperda*. Auf Schnitte aus frischem Kiefernholz wurden im hängenden Tropfen Sporen und auch lebendes Myzel dieser Pilze aufgetragen. Es war zu erwarten, daß das von den wachsenden Hyphen dieser Pilze ausgeschiedene Gemisch von Enzymen, oft als „Hadromase“ bezeichnet, lokal Änderung der Leuchtreaktion und der Ph-S-Reaktion bewirken werde. Auch in den wenigen Vorversuchen dieser Art konnte eine Verblässung oder auch Farbänderung der Leuchtreaktion im Wirkungskreis der wachsenden Hyphen im Holz erkannt werden. —

Zum Schluß sei noch auf das auffallend verschiedene Verhalten der Mittellamellen zwischen verholzenden Zellen hingewiesen (ZIEGENSPECK [7]). Manchmal leuchten die Mittellamellen intensiver oder in anderer Farbe (meist mehr weißlich) als die übrige Zellwand, bei manchen Pflanzenarten ist und bleibt sie ohne Leuchtreaktion. Meist zeigt die Ph-S-Reaktion entsprechende Unterschiede.

Literatur

1. *Clarke S. H.*, The structure of the wood of ash. Princes Risborough, Dep. Sci. Ind. Res. For. Prod. Res. Labor Proj. 9 Progr. Rep. **IV** (1935).
2. *Kerr T.* and *Bailey J. W.*, Journ. of the Arnold Arboret. **15** (1934): 327; **16** (1935): 273.
3. *Kisser J.*, Probleme der mikroskopischen Holzforschung. Mikroskopie **1** (1946): 18.
4. — Methoden der mikroskopischen Holzforschung. Internat. Holzmarkt **38** (1947): 9.
5. *Mäule C.*, Das Verhalten verholzter Membranen gegen Kaliumpermanganat, eine Holzreaktion neuer Art. Fünfstücks Beitr. z wiss. Bot. **4** (1901).
6. *Wacek A. v.* und *Kratzl K.*, Modellversuche zum Ligninproblem. Österr. Chem. Ztg. **48** (1947): 36.
7. *Ziegenspeck H.*, Über die Zwischenzustände bei der Bildung verholzter Membranen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. **49** (1931): 381.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1948

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Wimmer Christian

Artikel/Article: [Fluoreszenzuntersuchungen über Verholzung. 225-233](#)