Zeitschrift: Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums

Herausgeber: Bernisches Historisches Museum

Band: 41-42 (1961-1962)

Artikel: Erfahrungen bei der Konservierung von Feuchthölzern mit Arigal C (Ciba)

Autor: Haas, A. / Müller-Beck, H. / Schweingruber, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1043583

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ERFAHRUNGEN BEI DER KONSERVIERUNG VON FEUCHTHÖLZERN MIT ARIGAL C (CIBA)

A. HAAS, H. MÜLLER-BECK UND F. SCHWEINGRUBER

Seit der ersten Beschreibung der Holzkonservierung mit Arigal C (CIBA) in diesem Jahrbuch[1] sind im Bernischen Historischen Museum über 400 Holzgegenstände, vorwiegend neolithischen Alters, auf diesem Wege konserviert worden. Die dabei gemachten Erfahrungen führten zu verschiedenen technischen Verbesserungen des Arbeitsvorganges, die weiter unten beschrieben werden sollen. Zugleich erlauben sie aber auch eine objektive Beurteilung der Methode selbst.

Es sei in Erinnerung gerufen, daß die Arigal-C-Konservierung im Bernischen Historischen Museum bei der Suche nach einer einfachen, sicheren und zugleich billigen Präparationsmethode für Feuchthölzer entwickelt worden ist. Anlaß dazu waren die zahlreichen Holzfunde in der neolithischen Station Seeberg-Burgäschisee-Süd, die vor der wissenschaftlichen Bearbeitung unbedingt präpariert werden mußten. Dem standen nur beschränkte Mittel und Möglichkeiten gegenüber. Die bis dahin beschriebenen Konservierungsmethoden[2] erforderten aber sowohl einen hohen technischen als auch zeitlichen und finanziellen Aufwand, der diese beschränkten Möglichkeiten überstieg. Nach einer Anzahl systematischer Versuchsreihen wurde schließlich mit der Anwendung des wasserlöslichen Arigal C, einem vollständig synthetischen Kunstharzprodukt, der technisch entscheidende Schritt getan. Die ersten Resultate waren derart überzeugend, daß wir uns gänzlich auf die Entwicklung der Arigal-Konservierung konzentrierten und zur allgemeinen Information schon bald den oben erwähnten ersten Bericht vorlegen konnten. Daß damit nicht schon der technische Endzustand der Methode erreicht war, verstand sich von selbst. Immerhin führte der Bericht[3] zur Übernahme des Prinzips durch eine ganze Anzahl anderer Museen, die heute Arigal C unter Variierung der Technik bereits routinemäßig anwenden oder sich mit seinen Möglichkeiten vertraut machen.

Die Anwendung des Arigal C ist technisch in jedem Fall relativ einfach und unaufwendig. Allerdings bleibt eine sehr sorgfältige und saubere Arbeit — wie ja überall bei der Konservierung von Bodenfunden — erforderlich. Es besteht weder

1 JB.BHM 37/38, 1957/1958 (1959), S. 260–271.

2 *B. Brorson Christensen*, Om Konservering af Mosefundne Traegenstandne. Aarböger f. Nordsik Oldkyndighed og Historie 1951, S. 22–62. — *B. Brorson Christensen,* Konservering af Mosetrae vet Hjaelp af Tertiaer Butylalkohol. Aarböger f. N. O. og. H. 1956, S. 249–254.

3 Dazu kamen Zwischenberichte in: Der Präparator – Zeitschrift für Museumstechnik 7, 1961, S. 157–168, und in: Studies in Conservation 5, 1960, S. 150–158.

Explosions- noch Feuergefährlichkeit. Irgendwelche gesundheitsschädlichen Einwirkungen konnten nicht beobachtet werden.

Keines der behandelten Fundstücke weist wesentliche Formveränderungen oder Strukturzerstörungen auf. Der Schwund blieb in allen Fällen unter 1% quer und 0,5% längs. Er beträgt im Durchschnitt nach wie vor 0,25% quer und 0,1% längs zur Maserung bei einigermaßen normal erhaltenen Hölzern. Bei einer Anzahl von Gegenständen (rund 5%) erschienen nach der Präparation feine, strukturell bedingte Haarrisse. Diese Haarrisse erscheinen bei allseitig abgearbeiteten Holzfunden auch bei beträchtlicher Länge (Beilholme, Keulen u. ä.) nie, sie nehmen aber bei unbearbeiteten Stammstücken (Pfostenspitzen u. ä.) ab etwa 20 cm Stärke zu. Offenbar können hier innere Spannungen des Holzes durch Arigal C nicht mehr aufgefangen werden. Dabei erhebt sich zugleich die Frage, wieweit derartige Spannungen, die sich auch in der neuzeitlichen Holzverarbeitung nie völlig vermeiden lassen, in großen, ganzstückigen Hölzern überhaupt auf die Dauer aufgehoben werden können. In allen Fällen führten die Haarrisse aber zu keinen wesentlichen Formveränderungen der Gegenstände. Sie blieben durchweg unter 1,0 mm Breite und erreichten meist nicht 0,25 mm. Wir möchten aber betonen, daß Arigal-C-Einlagerungen bei unangeschnittenen Rundhölzern über 20 cm Durchmesser (die Länge spielt nur eine untergeordnete Rolle) keine ausreichende Gewähr für die Abstoppung eventueller im Holz vorhandener Spannungen mehr bieten. Bei behauenen Hölzern der gleichen Größenordnung (Bohlen und Balken) ergaben sich keinerlei wesentliche Schwierigkeiten. Bei der Behandlung von Holzgeräten mit geringerem Durchmesser oder mit geringerer Wandstärke, wie sie in allen prähistorischen Zusammenhängen ja die Norm ist, bestehen dagegen keinerlei eventuelle Rißgefahren. Richtige Anwendung der Methode natürlich vorausgesetzt.

Die ältesten, vor nunmehr fünf Jahren behandelten Hölzer lassen keine Veränderungen der Form, der Oberfläche oder der Struktur erkennen. Dabei blieben die meisten dieser Stücke in einer Baracke starken Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur ausgesetzt, die in einem normalen Museumsdepot kaum je zu erwarten sind. Die Alterungsbeständigkeit dürfte auf jeden Fall als hoch anzusehen sein. Diese Ansicht wird auch durch die Form der Arigal-Einlagerung in der Holzstruktur, die F. Schweingruber nachweisen konnte (s. u.), unterstützt. Das erstarrte Arigal C bildet im Zellenbau der Hölzer ein weitgehend selbständiges Stützskelett, das dicht genug ist, um die Form des umgebenden Holzes aufrechtzuerhalten. Das heißt, daß die Altersbeständigkeit des präparierten Holzstückes vollkommen von jener des Arigal C abhängt. Dessen Beständigkeit ist aber in zahlreichen Tests unter extremsten Bedingungen erprobt worden, da es als ausgesprochener Textilschutz gegen Verrottung im tropischen Klima entwickelt wurde.

Wie die Untersuchungen von F. Schweingruber eindeutig zeigen, wird das Holz selbst während oder nach der Präparation in keiner Weise verändert. Das gilt auch für die Färbung der einzelnen Gegenstände. Die Einlagerung des in sich selbst

farblosen Arigal C in der Holzstruktur führt lediglich zu einer Aufhellung der vorhandenen Grundfarbe. Diese Grundfarben unterscheiden sich in sehr typischer Weise von Holzart zu Holzart, wie das auch bei frisch gefällten Hölzern der Fall ist. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß die meist ja sehr alten Hölzer ins Graubraun bis Grau spielende Töne besitzen, während frische Hölzer eher gegen Gelbbraun, ja sogar Gelbweiß tendieren. Durch Einbringung von neuen Harzen, wie sie bei der in Kopenhagen erstmals entwickelten Alkohol-Äthyläther-Methode häufig vorgenommen wird, treten vor allem in sehr gut erhaltenen Hölzern wieder derartige warme Gelbtöne auf, die allerdings meist die charakteristischen Grundfarben der einzelnen Holzarten überdecken und unerkennbar machen. Der dabei entstehende neuwertige Eindruck der präparierten Holzgegenstände entspricht der tatsächlichen Färbung und der davon abhängigen Erscheinung nur selten. Normalerweise wirken die neolithischen Holzgegenstände, an denen die Zeit ja trotz der günstigen Lagerung keineswegs spurlos vorübergegangen ist, in der gleichen Art «vergraut», wie man sie etwa an stark benutzten Werkzeugstielen oder extremer an allen Holzbauten schon nach wenigen Jahren beobachten kann. Tönungen, die durchaus ihren Reiz haben können. Trotz der grundsätzlichen Einfärbungsmöglichkeiten[4] der mit Arigal C konservierten Hölzer, werden in Bern alle behandelten Holzfunde ungefärbt belassen. Lediglich dort, wo eine aufgerauhte und dadurch stärker gefährdete Oberfläche vorliegt, wird sie mit einem — im Bedarfsfalle wieder entfernbaren Überzug von farblosem Lack versehen. Dabei wird die Grundfarbe der Gegenstände wegen Dämpfung der Lichtbrechung in der Oberfläche wieder etwas kräftiger. Eine Glanzbildung des Lackes wird aber auf jeden Fall vermieden, um nicht den Eindruck der vorhandenen Oberfläche zu verändern.

Es liegt auf der Hand, daß die Arigal-C-Konservierung technisch noch durchaus verbesserungsfähig ist. Vielleicht gelingt es einmal, bei weiterer noch ausstehender Erfahrung mit derartig behandelten Hölzern auch Spannungen in größeren ganzstückigen Objekten unter Kontrolle zu bringen. Sicher ist dagegen heute schon, daß die Methode für Holzgeräte normaler Abmessung bei geringem Aufwand auch in kleineren Präparationslabors hervorragend geeignet ist. Selbst die geforderte Altersbeständigkeit darf mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit als gegeben betrachtet werden.

H. Müller-Beck

DER VERBESSERTE ARBEITSGANG

Wie bereits oben erwähnt, wurde die Rezeptur der Arigal-C-Konservierung in den ersten fünf Jahren ihrer Anwendung unter Eindruck der gesammelten Erfahrungen laufend verbessert. Dadurch wurde die Zuverlässigkeit der Konservierung weiter

4 *J. Brassel*, Das Färben von mit Arigal C konservierten Feuchthölzern. Jb.BHM 39/40, 1959/1960 (1961), S. 438–439.

erhöht und zudem eine absolut saubere Oberflächenbeschaffenheit — die anfangs einige Sorge bereitete — erreicht. An den Prinzipien der Konservierung hat sich dagegen nichts verändert. Der Ablauf gestaltet sich in Bern gegenwärtig wie folgt:

1. Sehr gute und gründliche Wässerung der Neufunde (bzw. bereits gelagerter Altfunde aus Formalin-Wasserbädern oder Spiritus). Normales Leitungswasser hat sich dabei unter pH-Kontrolle doch als unzureichend erwiesen. Vorzuziehen ist eine Durchlaufwässerung in destilliertem Wasser — alle zwei Stunden ein Durchfluß im Wässerungsbad —, das heute durch einen Ionenaustauscher wirtschaftlich hergestellt werden kann. Ist ein Durchlauf aus technischen Gründen nicht erreichbar, so muß das destillierte Wasser täglich erneuert werden. Die Wässerung soll mindestens während vier Tagen unter Kontrolle des pH-Anstieges erfolgen. Einbettung in ein Drahtnetz hat sich wegen der vor allem an weichen Hölzern auftretenden Druckmarken als unvorteilhaft erwiesen. Besser ist ein Aufstellen der Objekte frei im Glas, und zwar so, daß die das Holz durchziehenden Gefäßbündel senkrecht stehen, um einen Austausch des Wassers innerhalb der Zellstruktur zu erleichtern. Dabei ist natürlich darauf zu achten, daß Schnitt- oder Bruchflächen im Stirnholz nicht flach auf dem Gefäßboden aufsitzen. Die Gefäßform ist in Entsprechung zur Gestalt der Objekte zu wählen; so empfiehlt sich bei langen, schmalen, hohen Stücken, wie etwa Holmen, ein schmales hohes Glas usw. Bei günstiger Gefäßform läßt sich der Verbrauch an destilliertem Wasser bei trotzdem guter Wirkung erheblich reduzieren.
2. Die erste Tränkung erfolgt in einer 25prozentigen Lösung von Arigal C (Arigal C gelöst in destilliertem Wasser unter Erwärmung bis zu 80° C unter Einsatz eines Rührwerkes. Notfalls reicht auch wiederholtes Schütteln bis zum völligen Klarwerden der Lösung). Das Tränkungsbad, in das der zu behandelnde Gegenstand eingelegt wird, muß der fünffachen Gewichtsmenge des Stückes entsprechen (s. Anwendungsbeispiel unter 10). Eine Erhöhung der Konzentration der Lösung erbringt keineswegs bessere Resultate. Sie ist auf keinen Fall zu empfehlen, da die Lösung dabei instabil wird und das ganze Verfahren durch eventuell vorzeitiges Ausfällen gefährdet. Der Gegenstand muß so lange im Tränkungsbad verbleiben, bis er in ihm untersinkt. Das heißt, bis der Austausch des in den Holzzellen zunächst noch enthaltenen arigalfreien Wassers mit der 25prozentigen Lösung erfolgt ist. Das Untertauchen darf als einfache Kontrolle dieses Austausches angesehen werden (Schwerevergleich: Holz + Wasser sinkt im Wasser bei völliger Tränkung zwar ab, schwimmt aber zunächst in der spezifisch schwereren Arigal-Lösung bis zum weitgehend erfolgten Austausch). Nach dem Absinken müssen alle Hölzer zur Sicherung einer vollständigen Innentränkung mit der Arigal-Lösung für mindestens zwei weitere Tage im Bad verbleiben. Noch nicht abgesunkene Hölzer sind auf keinen Fall zur Weiterbehandlung geeignet. Größere Hölzer können unter Umständen erst nach zwei

Wochen absinken. Eine zeitlich ausgedehnte Tränkung schadet der Konservierung nicht. Allerdings muß bei extrem langen Tränkungszeiten die Lösung auf ihr chemisches Verhalten hin kontrolliert werden. Das geschieht am einfachsten und zuverlässigsten durch einen pH-Meter. Der pH-Wert in der Lösung sollte nicht wesentlich unter pH = 7,8 sinken. In der Nähe von pH = 7,2 findet bereits eine allmähliche Kondensation des Kunstharzes statt, die sich durch eine Trübung der Lösung bemerkbar macht. Trübe gewordene Lösungen sind in der Regel unbedingt zu erneuern. Nur falls das zu präparierende Objekt bereits mehrere Tage abgesunken verharrt hatte, kann die angetrübte Lösung nach Beigabe des Katalysators kurzfristig im nächsten Arbeitsgang (vgl. Absatz Nr. 3) noch verwendet werden. Bei der Tränkung empfiehlt sich eine Abdeckung des Behälters mit einer Glasscheibe, vor allem wenn mit größerem Anfall von Kohlensäure in der Luft (Industriezonen oder Nähe stark befahrener Straßen) zu rechnen ist. Die Tränkung unter 2 erfolgt bei normaler Zimmertemperatur.

Im Zuge der Tränkung in der katalysatorfreien Lösung zeigt sich sehr bald die Folge des Austausches zwischen dem im zu präparierenden Gegenstand befindlichen, trotz aller Wässerung stets noch leicht säuerlichen Wasser und der Arigal-Lösung. Das leichtere, aber relativ saure Wasser steigt im Gefäß nach oben, während die arigalhaltige, schwerere Lösung absinkt (vgl. Tabelle 1). Dieser Trennungsvorgang ermöglicht ein Absaugen des oberen Teiles des Gesamtbades (etwa ¼ des Volumens) und ihren Ersatz durch frische 25prozentige

TABELLE: *pH-Kontrolle (Austauschkontrolle)*

Zur ersten Tränkung nach 48 Stunden

Holz 1,2 kg = 6 l Lösung

Tiefe unter Lösungsspiegel	pH-Wert
0 cm	7,72
5 cm	7,77
10 cm	7,9
15 cm	8,0
20 cm	8,15
25 cm	8,49
30 cm	8,7
35 cm	9,0
40 cm	9,1
45 cm	9,15

pH-Durchschnitt 8,37
1,3 l abgesaugt und erneuert
Neues pH (nach Durchmischung) 8,75

Holz 0,8 kg = 4 l Lösung

Lösungshöhe	pH-Wert
4,0 l	7,6
3,5 l	7,62
3,0 l	7,8
2,5 l	8,0
2,0 l	8,2
1,5 l	8,55
1,0 l	8,9
0,5 l	9,1
0 l	9,2

pH-Durchschnitt 8,79
1 l abgesaugt und erneuert
Neues pH (nach Durchmischung) 8,9

Lösung von Arigal C. Dadurch wird der Teil des Bades mit erhöhtem Anteil von verdrängtem saurem Wasser mit seinem geringen pH-Gehalt, das zur vorzeitigen Ausfällung der Lösung führen kann, verworfen. Durch die Beifügung der neuen Arigal-Lösung wird der pH-Gehalt des Gesamtbades wieder wesentlich erhöht und das Bad selbst dadurch wieder stabilisiert.

3. Der Zusatz des Katalysators in die Lösung sowie die erneute Tränkung in der katalysatorhaltigen Lösung erfolgt nach dem oben beschriebenen Absinken des Holzes (+ mindestens zwei zusätzlichen Sicherheitstagen). Das Konservierungsobjekt wird zunächst dem einfachen Arigal-Bad entnommen, das seinerseits mit dem Katalysator (10% der Arigal-Menge in der Lösung) versetzt wird. Nach guter Durchmischung wird der Gegenstand wieder in die Lösung gebracht. Im Gegensatz zur katalysatorfreien Arigal-Lösung ist die Haltbarkeit der katalysatorhaltigen Lösung und damit die Tränkungszeit in ihr stark eingeschränkt. Sie beträgt nicht mehr als 35, maximal 40 Stunden. Danach beginnt die Ausfällung des Harzes, die bei Verbleiben in der Lösung vor allem an der Oberfläche des zu behandelnden Gegenstandes beginnt. Sollte ein derartiger Niederschlag wegen ungenügender Zeitkontrolle einmal auftreten, so läßt er sich durch sehr heißes Wasser gut abspülen. Sollte trotzdem noch Harz auf dem Objekt verbleiben, so kann man durch vorsichtiges Betupfen mit verdünnter Schwefelsäure den restlichen Niederschlag entfernen. Anschließend ist dann ein nochmaliges Spülen mit heißem Wasser notwendig, um die Einwirkung der Säure auf das noch unausgefällte Arigal abzuschwächen. Sonst kann das Objekt im normalen Arbeitsablauf weiterbehandelt werden.

   Bei der Tränkung in der katalysatorhaltigen Lösung ist auf größte Sauberkeit zu achten, da schon kleinste Fremdkörper die verfrühte Ausfällung einleiten können. Der Beginn einer Ausfällung wird durch deutliches Trübwerden der Lösung angekündigt, die sich bald zum Milchigwerden steigert.

   Die Glasbehälter, die bei der eben beschriebenen Tränkung verwendet werden, sind sofort nach deren Abschluß mit heißem Wasser, oder — in hartnäckigen Fällen — mit verdünnter Schwefelsäure zu reinigen.

   Tritt — wie oben unter Nr. 2 beschrieben — an der katalysatorfreien Lösung eine Ausfällungs-Erscheinung auf, nachdem das Konservierungsobjekt schon ein paar Tage abgesunken in ihr verharrt hatte, so läßt sich durch sofortige Beigabe des Katalysators (10% des Arigal-Gehaltes der ausfallenden Lösung) die Lösung wieder stabilisieren. Sie kann dann noch, wie im eben beschriebenen Normalfall (unter 3), als katalysatorhaltiges Bad benutzt werden. Allerdings beträgt die Haltbarkeit vor erneutem Beginn der Ausfällung jetzt nur noch 4 bis 6 Stunden. Ein unbeobachtetes Stehenlassen derartiger Lösungen — etwa über Nacht — ist auf jeden Fall ausgeschlossen. Es empfiehlt sich zudem eine häufigere Kontrolle des pH-Wertes in der Lösung, dessen zunehmendes Absinken die wieder beginnende Ausfällung ankündigt.

4. Fixierung im nassen Zustand: Nach Abschluß der Tränkung in der katalysatorhaltigen Lösung werden die Fundstücke dem Bad entnommen und, falls ein sichtbarer Überzug von ausgefälltem Arigal erkennbar ist, kurz mit heißem Wasser abgespült. Statt des früher verwendeten Baumwolltuches wird zum Einschlagen der Hölzer ein mit destilliertem Wasser leicht beträufeltes Stück gut saugfähigen Zellstoffes benutzt. Der angefeuchtete Zellstoff wird direkt auf das Holz aufgelegt und mit einem Haarpinsel in alle eventuell vorhandenen Vertiefungen eingedrückt. Während des Fixierungsprozesses nimmt der Zellstoff alles auf die Oberfläche austretende Arigal C auf und verhindert dadurch mit absoluter Sicherheit jeglichen weißlichen Niederschlag auf ihr.

   Feuchter Gegenstand und Umwicklung kommen sofort in einen mittelstarken Polyäthylen-Schlauch, der gut zugeknotet oder luftdicht verschweißt wird, so daß während des folgenden Arbeitsganges keine Feuchtigkeit entweichen kann. Die gut verschlossenen Beutel kommen in einem Wärmeschrank (in Bern eine Sonderanfertigung eines kombinierten Vakuum-Wärmeschrankes der Firma Heraeus) und werden dort bei 65° C während 48 Stunden belassen. Durch Wärmeaktivierung des Katalysators wird in dieser Zeit die Fixierung des Arigals im Holz bewirkt. Nach Abschluß der Fixierung können die Objekte von ihrer Umhüllung befreit werden. Sie sind jetzt außerordentlich fest, gleichzeitig aber noch vollständig mit Restlösung getränkt.

   Um auch einen noch immer möglichen leichten weißlichen Arigal-Niederschlag auf der Oberfläche des Konservierungsobjektes zu vermeiden, wird es vorsichtig mit einem weichen Lappen oder einer sehr weichen Bürste abgerieben.
5. Trocknen: Die ausgewickelten Hölzer werden bei normaler Zimmertemperatur offen getrocknet. Dabei ist aber zu beachten, daß die relative Feuchtigkeit im Trocknungsraum nicht unter 50% absinkt, damit in den Hölzern unnötige und eventuell zu Haarrissen führende Spannungen vermieden werden. Ein vollständiges Austrocknen größerer Stücke erfolgt erst nach ein bis zwei Monaten.
6. Die Praxis hat gezeigt, daß bei Gegenständen bis zu einem halben Kilo (500 g) Naßgewicht der gesamte Vorgang nach Abschluß von Absatz 4 und einer kurzen Trocknung (mindestens aber 24 Stunden) bei Zimmertemperatur ab Abschnitt 2 einmal wiederholt werden sollte. Um rasch eine neue vollständige Tränkung zu erzielen, ist diese im Vakuum vorzunehmen. Dadurch kann dem Holz die beim Trocknen eingedrungene Luft wieder entzogen werden, so daß es relativ rasch auf den Boden des Tränkungsgefäßes absinkt. Allerdings muß die Tränkung in der katalysatorfreien Lösung wegen der noch nachwirkenden Einflüsse des Katalysators aus dem ersten Behandlungszyklus je nach Holzbeschaffenheit (weich oder hart) auf drei bis vier Tage beschränkt bleiben. Das Verbleiben in der zweiten katalysatorhaltigen Lösung (wobei eine Beigabe von 5% der Arigal-Menge in der Lösung ausreicht) verringert sich auf 24 Stunden. Werden diese Toleranzen nicht eingehalten, bilden sich auf den Fundstücken

weißliche harte Niederschläge, die wegen der schweren Lösbarkeit des Arigal C in fixiertem Zustand ohne Beschädigung der Funde praktisch nicht mehr zu entfernen sind.

Bei größeren Objekten — von mehr als 500 g Naßgewicht — reicht auch eine zweimalige Tränkung in der Regel noch nicht aus. Hier ist eine dritte oder sogar vierte Wiederholung angezeigt. Allerdings kann dabei das Volumen der Lösungen soweit reduziert werden, daß die Gegenstände noch gerade vollständig überdeckt werden. Die zeitlichen Toleranzen verringern sich auch hier wie bei der ersten Wiederholung.

Sollten beim Trocknen nach einiger Zeit Risse in den Hölzern erscheinen (die Anzeichen einer stärkeren vom Arigal-Skelett nicht mehr aufgefangenen Spannung in der Struktur sind), so ist ebenfalls eine Wiederholung der Tränkung angezeigt. Da das Holz vor der endgültigen Fixierung quellfähig bleibt, können derartige Risse sehr oft durch eine weitere Wiederholung des Arbeitszyklus zum Verschwinden gebracht werden.

7. Die Oberfläche der vollständig konservierten Gegenstände bedarf grundsätzlich keiner weiteren Behandlung. An sich ist eine Einfärbung der Hölzer in beliebigen Tönen möglich[5]. Es dürfte sich aber in der Regel empfehlen, die farblich gegenüber dem Fundzustand unveränderten, durch die Einlagerung von Arigal C lediglich aufgehellten Objekte (vgl. F. Schweingruber) nicht willkürlich einzufärben. Um die Oberflächen von Schaustücken griff- und staubfest zu machen, genügt nach den Erfahrungen in Bern ein ein- bis zweimaliger dünner Anstrich mit Herbol, transparenter Seidenglanzlack, schleierfrei und sitzfest (der Firma Herbol Werke, Herbig Haarhaus AG, Köln). Diese farblose Lackierung bietet auch sehr rauhen, schon vor der Auffindung teilweise korrodierten Oberflächen einen ausreichenden Schutz und ist im Bedarfsfalle wieder entfernbar. Bei Verzicht auf eine Färbung und Beschränkung auf die farblose Schutzlackierung, die lediglich die vorhandene Tönung wieder intensiver erscheinen läßt, bleiben zudem die unterschiedlichen Grundfärbungen der einzelnen Holzarten gut erkennbar.
8. Fragmente präparierter Gegenstände lassen sich ohne weiteres mit normalen im Handel befindlichen Kunstharz-Kaltleimen kleben.
9. Ergänzungen an fertig präparierten Gegenständen können mit plastischem Holz vorgenommen werden. Dabei empfiehlt es sich grundsätzlich, dieses plastische Holz selbst herzustellen. Abfallhölzer, möglichst aus der gleichen Schicht und von der selben Baumart wie der zu ergänzende Fund, werden mit Arigal C im normalen Ablauf präpariert und danach auf Glaspapier zu feinem Pulver zerrieben. Dieses Pulver wird am besten mit dem gleichen Kunstharz-Kaltleim, der auch beim Kleben benutzt wird, gut verrührt, bis eine knetbare Masse ent-

5 *J. Brassel*, Jb.BHM 39/40, 1959/1960 (1961), S. 438–439.

steht. Die Bruchränder werden ebenfalls mit dem Kunstharz-Kaltleim leicht bestrichen und die Ergänzungsmasse nun einmodelliert. Entstehende Risse in der Ergänzung selbst (Trockenschwund) können nochmals auf die gleiche Art ausgebessert werden. Nach dem Antrocknen der Ergänzung muß die Oberfläche dem übrigen Objekt noch angeglichen werden, wobei durch leichte Ritzungen auch die Originaltextur nachgeahmt werden kann. Allerdings sollten die Ergänzungen für den Fachmann — wie auch bei anderen Fundgattungen üblich — noch klar erkennbar bleiben.

10. Anwendungsbeispiel von Arigal C (Mengenverhältnisse):

Zu 2: 25prozentige Lösung = in 100 ccm Lösung sind 25 g Arigal C aufgelöst (unter Erwärmung bis zu 80° C und Ansatz eines Rührwerkes oder wiederholtem Schütteln). Tränkungsverhältnis: 1 Teil Holz auf 5 Teile Arigal-Lösung. Beispiel: 100 g Holz (Naßgewicht) auf 500 ccm 25prozentige Arigal-C-Lösung.

Zu 3: Katalysator-Zugabe: 10% der Arigal-Menge. Beispiel: 500 ccm 25prozentige Arigal-Lösung, die 125 g gelöstes trockenes Arigal-C-Pulver enthält, werden mit 12,5 ccm Katalysator (= 10% der Trockenmenge) versetzt.

Nach der mehrfach wiederholten Konservierung sind die Stücke voll stabilisiert. Es ist dennoch angebracht, die Funde während der ersten 14 Tage der Nachtrocknung täglich auf eventuelle Veränderungen zu kontrollieren, die bei sorgfältiger Arbeit und Einhaltung der Maximalabmessungen, über die bisher ausreichende Erfahrungen vorliegen (vgl. H. Müller-Beck), kaum zu erwarten sind. Nach 14 Tagen treten in der Regel keine Veränderungen mehr auf. Bei großen Gegenständen kann die Beobachtung zur Sicherheit aber auch auf einen Monat ausgedehnt werden. Bei fertig konservierten Hölzern ist besonders darauf zu achten, daß diese nicht direktem Sonnenlicht ausgesetzt sind, da sonst Rißbildungen auftreten können.

A. Haas

ARIGAL-C-KONSERVIERUNG UND HOLZANATOMIE

A. Eignung der konservierten Hölzer zur mikroskopischen Präparation

Das Schneiden arigalkonservierter Hölzer bereitet erhebliche Mühe. Der großen Härte der Objekte wegen sind scharf und sorgfältig geschliffene Mikrotommesser bereits nach zwei bis drei Schnitten «stumpf» und müssen neu abgezogen werden.

Die Schnittherstellung ist jedoch nur in seltenen Fällen wirklich notwendig. Nur wenn Hölzer stark mit Arigal getränkt wurden und sich dabei die Tracheen füllten, ist ein Dünnschnitt nötig; denn nur so ist eine Durchlichtbetrachtung möglich (Arigal C tritt bei einer solchen Untersuchung farblich kaum in Erscheinung). Um die Art durchschnittlich getränkter Hölzer zu bestimmen, genügt eine einigermaßen ebene Bruchfläche oder ein sauberer Anschnitt. Dabei treten die anatomischen Einzelheiten unter dem Stereomikroskop genügend hervor. Kann ein

Lichtstrahl im flachen Winkel auf das Objekt gerichtet werden, gestalten die Schlagschatten die Oberfläche dermaßen plastisch, daß eine Bestimmung möglich ist.

Müssen dagegen tangentiale Holzflächen mit zu Rate gezogen werden, bieten sich Schwierigkeiten. Ohne Mühe läßt sich die Breite der Markstrahlen ermitteln; feinere Strukturen sind meist schwer zu beobachten, da das Arigal oft so dicht in den Zellhohlräumen liegt, daß dadurch feine Einzelheiten im Auflicht nicht mehr erkannt werden können.

Wie bei Holzkohlen, so ist es auch bei in Arigal C konservierten Hölzern möglich, gute in Harz eingeschlossene Dauerpräparate herzustellen; der Vorgang dabei ist folgender:

1. Klötzchen von etwa 1 cm Kantenlänge werden in heißem Paraffin getränkt bis keine Luftblasen mehr aufsteigen.
2. Anschließend wird das flüssige Paraffin im Vakuum in die letzten luftgefüllten Hohlräume gepreßt. Bei 30 mm Quecksilberdruck genügen dazu 3 Minuten.
3. Die durchtränkten Klötzchen werden im Mikrotom mit einer planen Anschnittfläche versehen.
4. Anschließend wird ein Stück angefeuchtetes Gummi-arabicum-Klebeband auf die Anschnittfläche aufgezogen.
5. Ein sorgfältig geschliffenes Messer wird nun 20 Mikron unterhalb des Klebebandes, an dem der entstehende Dünnschnitt haftet, durchgezogen. Dadurch wird erreicht, daß splittrige Teile nicht ausspringen und das Präparat sich nicht rollt.
6. Auf einem Objektträger (OT) wird ein Tropfen Eiweiß-Glyzerin (Hühnereiweiß – Glyzerin 1:1) verstrichen.
7. In Wasser wird der am Klebeband haftende Schnitt leicht vorgelöst.
8. Nachdem der OT durch eine Flamme gezogen wurde, um die Viskosität des Eiweiß-Glyzerins zu vergrößern, wird der Mikroschnitt mit seiner freien Fläche und dem noch an der Gegenfläche haftenden Klebeband daraufgelegt. Darnach haftet der Schnitt im Eiweiß-Glyzerin auf dem OT und das Papier des Klebebandes kann ohne Schwierigkeiten abgezogen werden.
9. Ein nochmaliges leichtes Erwärmen des OT hat eine vollständige Austrocknung des Präparates zur Folge.
10. In einer mit Xylol gefüllten Wanne wird das Paraffin aus dem Präparat in üblicher Weise entfernt.
11. Soll der Schnitt nicht eingefärbt werden, kann er nun direkt in Harz eingeschlossen werden. Andernfalls müssen nach einer vorgenommenen Färbung die Alkoholstufen berücksichtigt werden.

Als zeitsparende und qualitativ recht gute Methode zur Anfertigung von nicht so dauerhaften Präparaten erwies sich:

1. Ein Klötzchen von etwa 1 cm Kantenlänge wird im Mikrotom mit einer planen Anschnittfläche versehen.

2. Auf die Schnittfläche wird ein Stück Selbstklebeband (Scotch-Band) geklebt und gut angepreßt. Dann zieht man ein gutgeschliffenes Mikrotommesser 20 Mikron unterhalb des Bandes durch.
3. Nachdem ein kleiner Tropfen Glyzerin oder Immersionsöl auf einen Objektträger gebracht wurde, wird der wie oben vorbereitete Schnitt mit seiner freien Fläche daraufgelegt. Sogleich breitet sich das Öl im gesamten Präparat aus und die Ränder des Selbstklebebandes — das groß genug zu wählen ist — schließen den Schnitt luftdicht ab. Durch den Öleinschluß werden die Lichtbrechungserscheinungen auf ein Minimum reduziert. Somit wird es jetzt möglich, die Struktur des ganzen Gefüges, wie auch — jedoch nur in ganz dünnen Stellen — diejenige einer einzelnen Zelle zu betrachten.

B. Schwierigkeiten bei der Bestimmung konservierter Hölzer

Gerade bei neolithischen Holzproben ist es oft wichtig, die Merkmale des Radialschnittes zu konsultieren. Hier setzt die Arigal-Einbettung der Bestimmung eine Grenze. Da die Hölzer durch langsame Inkohlung in ihrem Zellwandaufbau gelockert sind, dringt das Arigal bei einer überoptimalen Tränkung in die mikroskopisch kleinen Hohlräume und macht feinere Einzelheiten, wie Markstrahlwände, leiterförmige Gefäßdurchbrechungen usw. unsichtbar. Während mit Eau de Javelle die störenden Inkrusten in unbehandelten Feuchthölzern gut gebleicht werden können, ist dies bei konservierten Stücken nicht mehr möglich. Gelegentlich können besonders günstig gelegene Rudimente leiterförmig perforierter Tracheen durch schräges Auflicht hervorgehoben werden. Selbst ohne die kostspielige Auflichteinrichtung kann der bereits oben erwähnte Schlagschatteneffekt durch seitliche Einstrahlung mittels einer Niedervoltleuchte erzielt werden.

Obgleich das eingelagerte Arigal die Hölzer stark aufhellt (d. h. die Rückstrahlung des Lichtes verstärkt), bleiben die Farbtöne, wenn auch in einem anderen Helligkeitsbereich, erhalten, wie der folgende Vergleich zeigt:

Art		*Feuchtholz, frisch*	*arigalkonserviertes Holz*
Eibe	Taxus spez.	dunkelbraun-rötlich	hellbraun mit rötlichem Schimmer
Tanne	Abies spez.	hellbraun-graugelblich	hellgelb-grau
Birke	Betula spez.	weiß-gelblich	weiß
Pappel	Populus spez.	gelb-grau	weiß-gelblich
Erle	Alnus spez.	braun-rötlich	hellgrau-rötlich
Hasel	Corylus spez.	gelb-braun	grau-gelb
Esche	Fraxinus spez.	gelb-braun	grau-gelb
Ulme	Ulmus spez.	dunkelbraun-rötlich	graubraun-rötlich

Besonders die Erhaltung der bei Bestimmungen wichtigen rötlichen Farbtöne ist beachtenswert.

Auch die Härtegrade der bereits konservierten Hölzer können bei der Bestimmung noch wegweisend sein:
relativ weich: Salix, Populus, Betula, Tilia, Alnus (etwas härter);
hart: Abies, Taxus, Fraxinus, Ulmus, Fagus, Acer;
sehr hart: Sambucus, Rosaceae, Quercus, Corylus.

C. Nachweis des Arigal C in der Holzstruktur

Bei dem Nachweis des in die präparierten Hölzer eingelagerten Arigal C treten völlig andere Probleme als bei der Holzartbestimmung in den Vordergrund. Ein Nachweis durch Einfärbungen[6] war nicht möglich, da die Holzfarbstoffe Arigal ebensogut tönen wie die organischen Bestandteile. Auch Untersuchungen unter dem Polarisationsmikroskop führten zu keinem Ziel, da Arigal wie Lignin isotrop sind, daher leuchtete das eingelagerte Arigal nicht in den Interferenzfarben auf.

Wie die folgenden Photos zeigen, tritt das Arigal im Durchlicht weitgehend zurück, führt aber zu unliebsamen durch Lichtbrechungserscheinungen hervorgerufenen Störungen.

Erst die Auflichtbetrachtung brachte unter dem Mikroskop brauchbare Ergebnisse. Wenn ein Lichtstrahl auf einen möglichst dünnen Schnitt gerichtet wird, leuchtet das Konservierungsmittel weiß auf und die nicht oder nur wenig von ihm überdeckten Holzbestandteile versinken im dunklen Untergrund. Der beste Effekt wird erzielt, wenn nur die Randstrahlen des Lichtkegels den Schnitt beleuchten, so daß der Untergrund völlig schwarz erscheint. Geringe Verschiebungen der Leuchte bewirken bereits erhebliche Veränderungen[7].

Nachfolgend seien die beigegebenen Photos einzeln erläutert. Die erste Abbildung jedes Paares wurde im Durchlicht, die zweite im Auflicht angefertigt.

6 Vgl. Jb.BHM 37/38, 1957/1958 (1959), S. 268–269.

7 Die ganze Auflichteinrichtung war im Falle der hier vorgenommenen Untersuchungen ein Provisorium, so daß das Licht nur mit erheblicher Mühe in gleichbleibendem Winkel auf dem Objekt zu halten war. Speziell beim Photographieren ergaben sich dadurch besondere Probleme in den Belichtungszeiten und der Filterwahl.

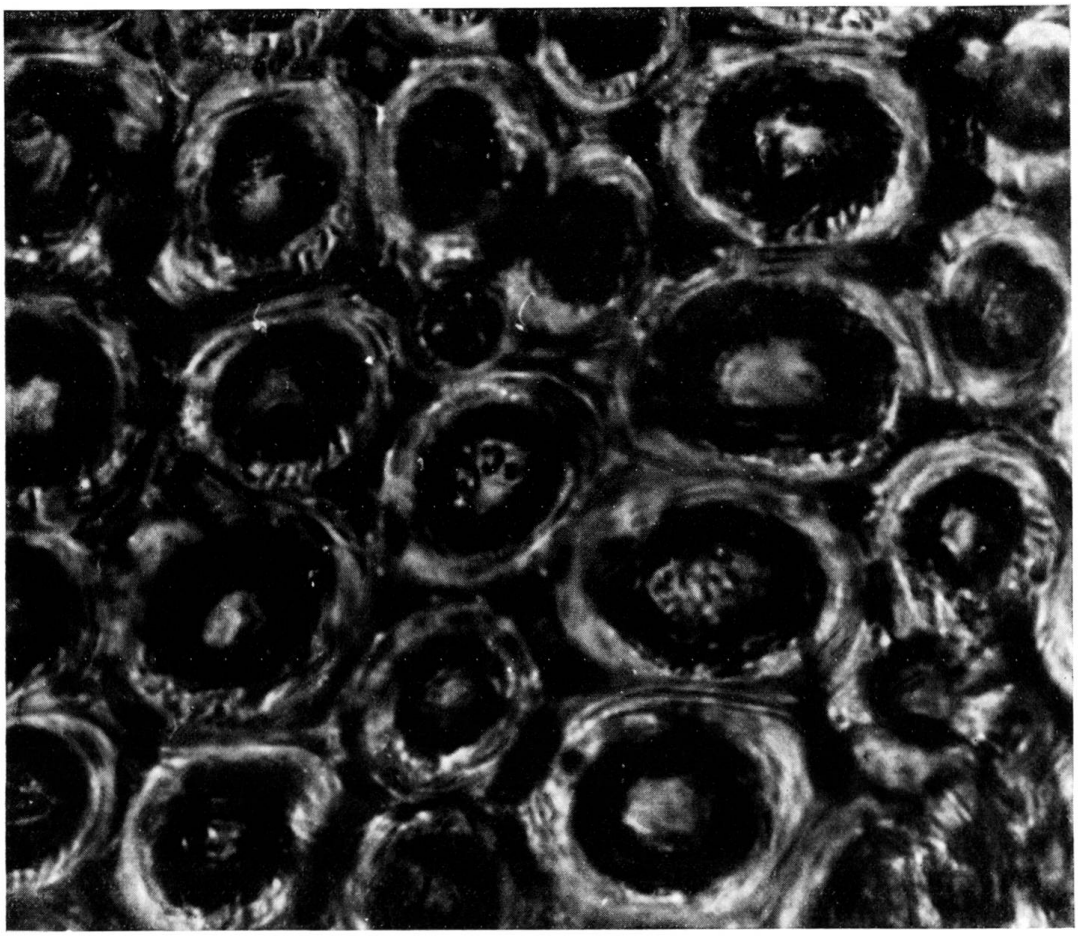


Abb. 1: *Taxus, Durchlicht,* 500 × vergrößert, Okular 10 ×, Phasenkontrastobjektiv 50 × (Ölimmersion), Blaufilter.

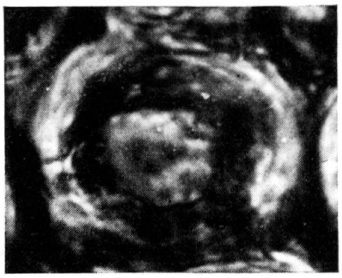
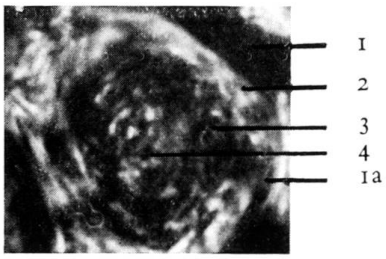


Abb. 1a ↑ Abb. 1b ↓



1. Organische Einlagerung in der dicken Primärlamelle (Abb. 1b).
2. Die gequollene Sekundärwand hat sich abgelöst und es ist ein Hohlraum zwischen der ersten und dritten Lamelle entstanden. Die Sekundärwand, die teilweise schon in Auflösung begriffen ist, besitzt gegen außen und innen keine scharfen Grenzen mehr. Besonders an den kleinen losgelösten Partikelchen wirken die Lichtbeugungserscheinungen stark, so daß der Raum nicht ganz frei erscheint (Abb. 1a und 1b).
3. Starke Inkrusten färben die ringförmig abgelöste Sekundärwand dunkel. In dicken Schnitten erzeugt das Arigal den gleichen Effekt (Abb. 1b).
4. Reste des ursprünglichen Zellumens (Abb. 1b).

Abb. 2: *Taxus, Auflicht*, 100× vergrößert, Okular 10×, Phasenkontrastobjektiv 10×, Blaufilter.

Um das Konservierungsmittel Arigal C lokalisieren zu können, müssen Schnitte von maximal 10 Mikron hergestellt werden. Sobald sie dicker sind, zeichnet sich Arigal auch im Durchlicht ab.

Arigal opalisiert im auffallenden Licht und ist somit als heller Flecken zu erkennen. In der Mitte einer jeden Zelle gibt der schwarze Punkt einen Hohlraum an, der von einem weißen Rand — der arigalhaltigen Sekundärwand — umgeben wird. Die groben Micellefasern in der Membran hängen nur noch locker aneinander, so daß das Arigal die Fasern tränken und umkleiden konnte. Im Hohlraum zwischen der Primär- und Sekundärmembran ist kein Arigal eingelagert. Hieraus läßt sich schließen, daß das Arigal zunächst nur in die eigentlichen Holzbestandteile eindringt und die Hohlräume, inklusive der Interzellularen frei läßt. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß das Holz nur optimal getränkt wurde. Bei überoptimaler Tränkung zur Kontrolle größerer Spannungen werden die größeren Räume, wie etwa Tracheen bei Laubhölzern, ausgefüllt.

Häufig erreichen Primärwände eine bedeutende Dicke. In ihrem fibrillaren Aufbau sind sie bedeutend feiner gestaltet als die sekundären Lamellen (Abb. 2a). Das beigegebene Schema (Abb. 2a), das eine getränkte Einzelzelle wiedergibt, verdeutlicht den quantitativen Arigal-Gehalt der Wandteile in Taxus. Die ontogenetisch jüngste Schicht, die ursprünglich wenig Stützfunktionen hatte, wird auch mit Hilfe der nur geringen Arigal-Einlagerung nicht in eine stützende Lamelle verwandelt. Die stark mit Arigal gefüllte Sekundärlamelle, schon primär vorwiegend mit stützenden Aufgaben betraut, wird mit Hilfe der Arigal-Einlagerung wieder dieser ursprünglichen Bestimmung zugeführt!

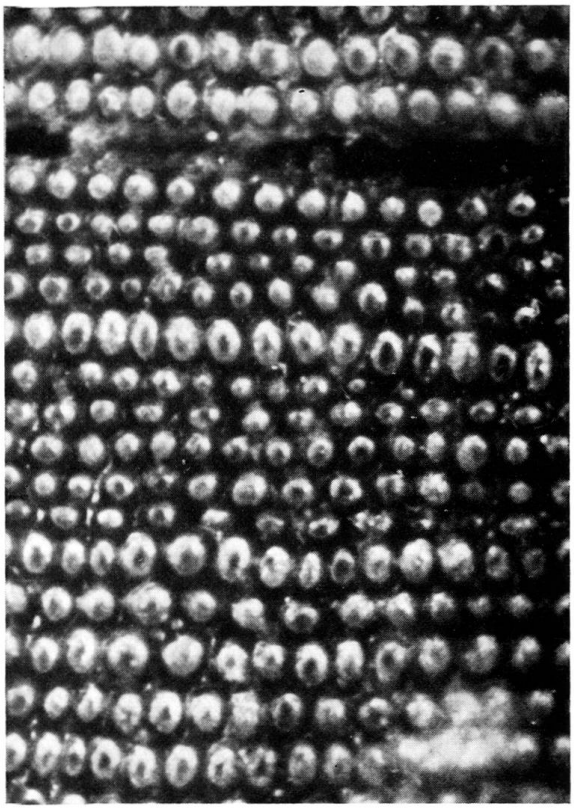


Abb. 2

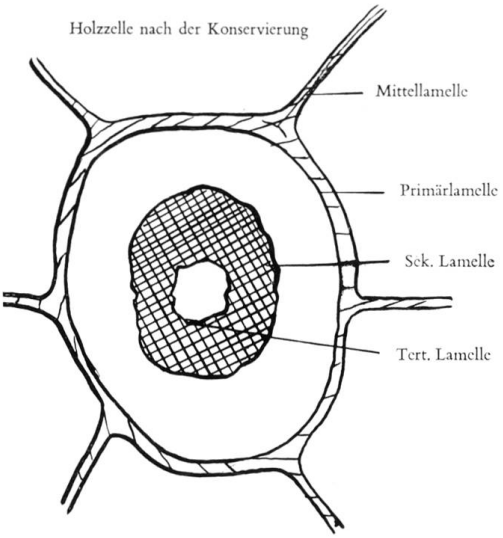
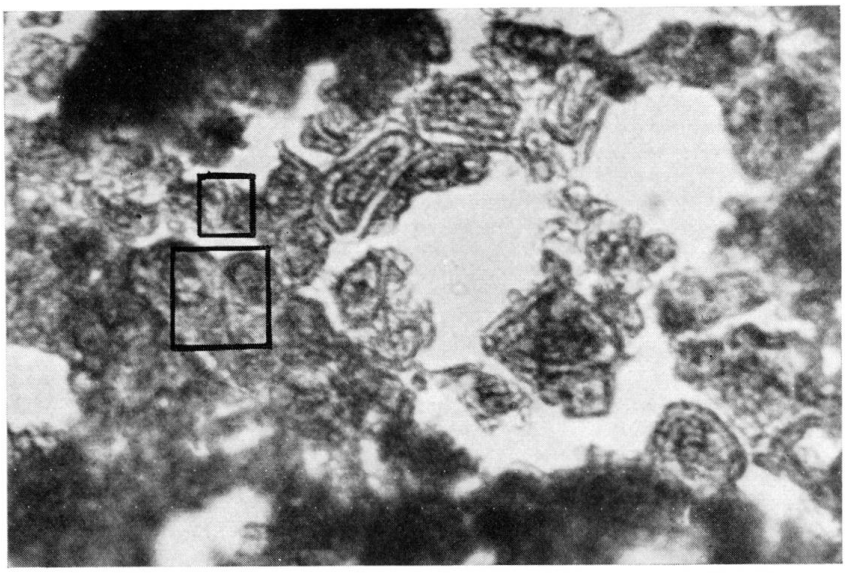


Abb. 2a



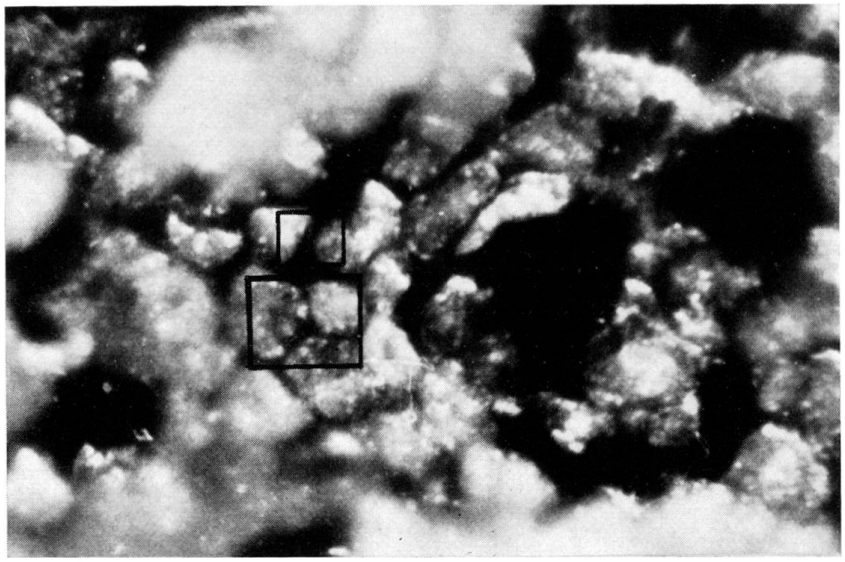
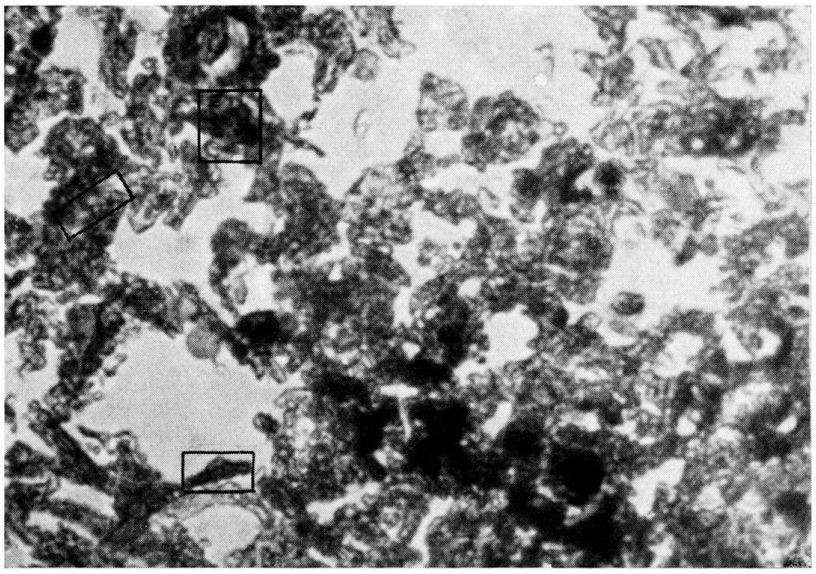


Abb. 3: *Sambucus, Durchlicht,* 100 × Abb. 4: *Sambucus, Auflicht,* 100 ×

Sämtliche Holzfasern sind der Quellung wegen ganz ausgefüllt. Die Sekundärwände sind stärker granuliert als die Primärwände. Wie auch bei Taxus, sind die Primärwände sozusagen arigalfrei.

1. Die Holzteile stoßen zusammen. Eine Primärwand ist kaum sichtbar.
   — Eine arigallose Lücke klafft zwischen den zwei Zellen und die Primärmembran leuchtet wenig auf. Stärker opalisierende Punkte deuten auf bessere Tränkung durch Arigal.
2. Der ganze Komplex stößt zusammen. Die Primärlamellen lassen sich vom gequollenen Holz nicht unterscheiden.
   — Die Zellen stehen isoliert da, weil das Arigal nur in die lockeren Teile der Sekundärmembran eingedrungen ist.

Auf diese Weise ließen sich noch mehrere Stellen prüfen.



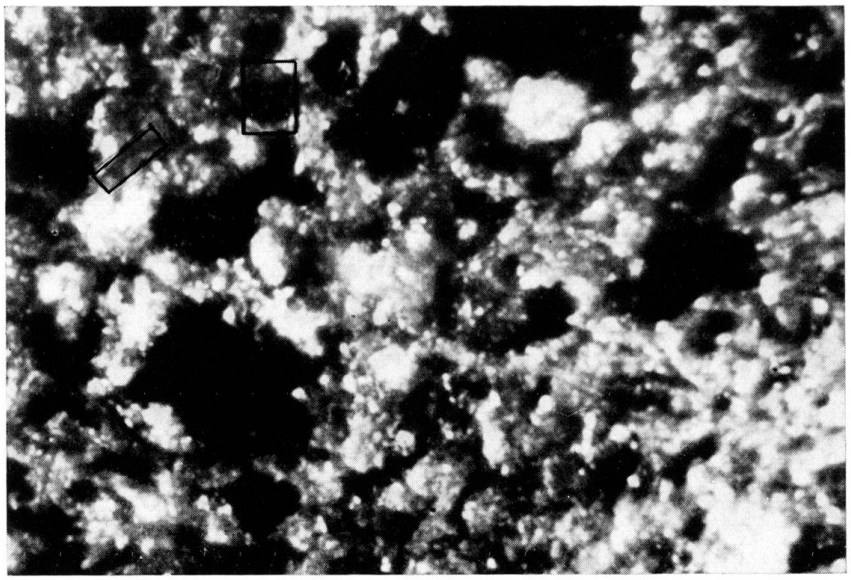


Abb. 5: *Quercus, Spätholz, Durchlicht,* 200 × Abb. 6: *Quercus, Spätholz, Auflicht,* 200 ×

1. Dunkel getönte Stelle, möglicherweise inkrustierte Sekundärlamelle.
   — Die Libriformgruppen in Quercus sind dicht, so daß das Eindringen des Arigals erschwert ist, darum ist diese Zelle nicht mit Arigal angereichert.
2. Schräg gestellte Primärwand.
   — Gute Abgrenzung, weil der Arigal-Gehalt klein ist.
3. Festes Holzpartikelchen,
   das aber nicht durchtränkt ist.

Man lasse sich durch die sehr hellen Stellen nicht einen größeren Arigal-Gehalt vortäuschen, denn die seitliche Beleuchtung bewirkt ein übermäßiges Aufleuchten der exponierten Stellen. Die große Brüchigkeit machte es unmöglich, ganz plane Schnitte zu erhalten.

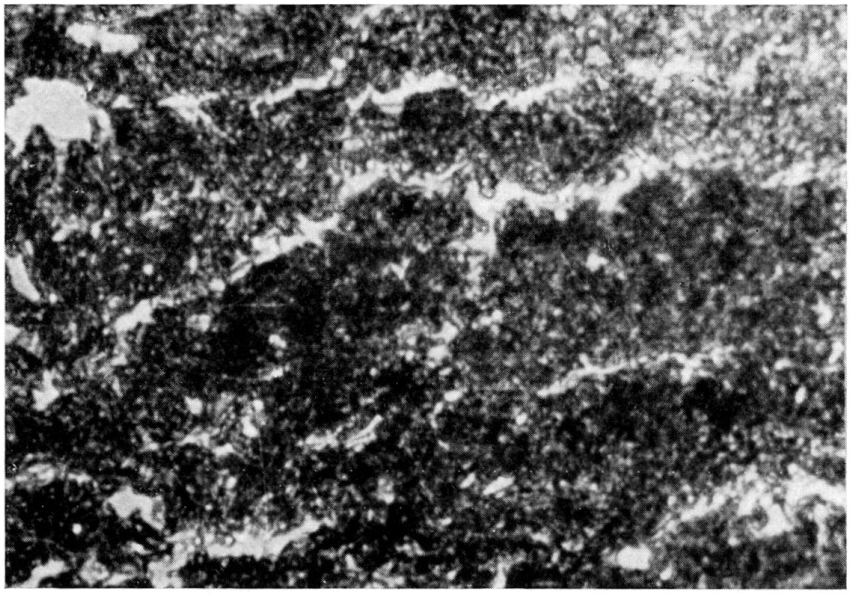


Abb. 7: *Alnus, Durchlicht,* 200 ×

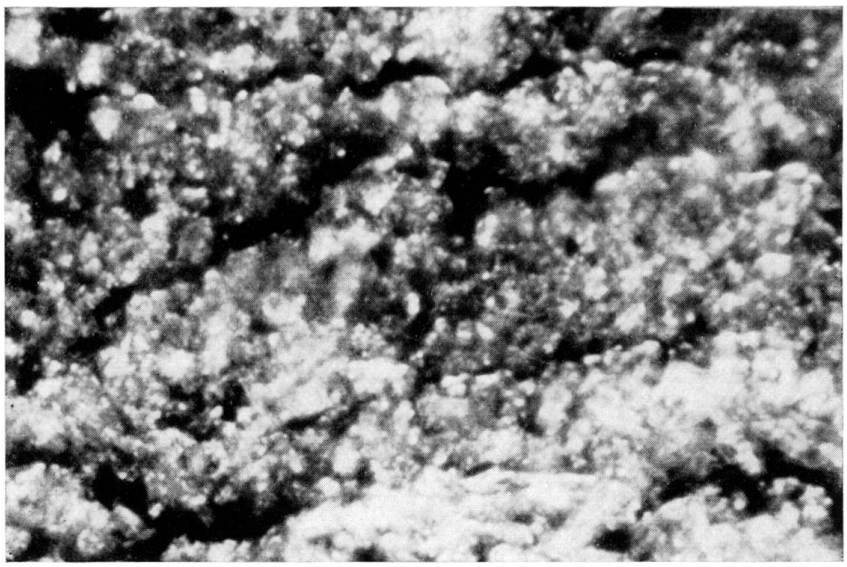


Abb. 8: *Alnus, Auflicht,* 200 ×

Alle Zellen sind stark abgebaut. Gleichwohl lassen sich einzelne Zellen unterscheiden.

Die Sägewirkung des Messers durchstieß ruckweise Gruppe um Gruppe, daher die horizontalen Lücken.

An Stelle der Schnitte ermöglichen saubere Bruchflächen eine einwandfreie Artbestimmung.

Abb. 9 und 10: *Populus*, etwa 200×

Feld: BC/56 und DE/23	Durchlicht. Alle Sekundärmembranen sind gequollen und haben sich von den primären Lamellen gelöst. Diese sind als schmale Bänder im freien Raum sichtbar. Der Schnitt ist dicker als 10 Mikron, darum zeichnet sich das Arigal derart stark ab.
BC/56 und DE/23	Auflicht. Diese Primärlamellen leuchten nicht auf, d. h. sie sind nicht arigalhaltig.
BC/34	Die Tracheenwand ist abgesplittert und kann nur im durchfallenden Licht erkannt werden, da sie, wie auch die primären Wände der Libriformfasern, ein dichtes fibrillares Gefüge besitzt.
DE/78	Die Quellung bewirkte bloß ein Loslösen der Zellwände. In der Mitte der Holzzelle ist noch ein Hohlraum. Im Auflicht zeigt sich, daß ein Großteil der häufig zu beobachtenden Hohlräume mit Arigal ausgefüllt ist. Dabei hat man sich die Füllung nicht als kompakte Zapfen, sondern als dünne Häute vorzustellen, die in ganz unregelmäßigen Abständen die Zelle quer zur Längsachse abriegeln. Somit wäre ein Durchlüften des konservierten Holzes unmöglich gemacht. Dennoch bestehen viele Lücken, speziell zwischen den Fibrillen, die für eine genügende Lüftung sorgen. Wenn ein konserviertes Holz in Wasser getaucht wird, saugt es dieses sofort auf. Dabei werden nicht mehr die Wege wie in rezentem Holz, sondern ganz beliebige Bahnen für die Wasserleitung gewählt. Das konservierte Holz wird durch die Konservierung nicht mehr in den rezenten Zustand versetzt, sondern fixiert nur den Zustand des Holzes, wie es im Moment der Ausgrabung war.
E/2 Kreuzungsfeld	Nur wenn ein Holz zu stark getränkt wird, füllen sich die Hohlräume.

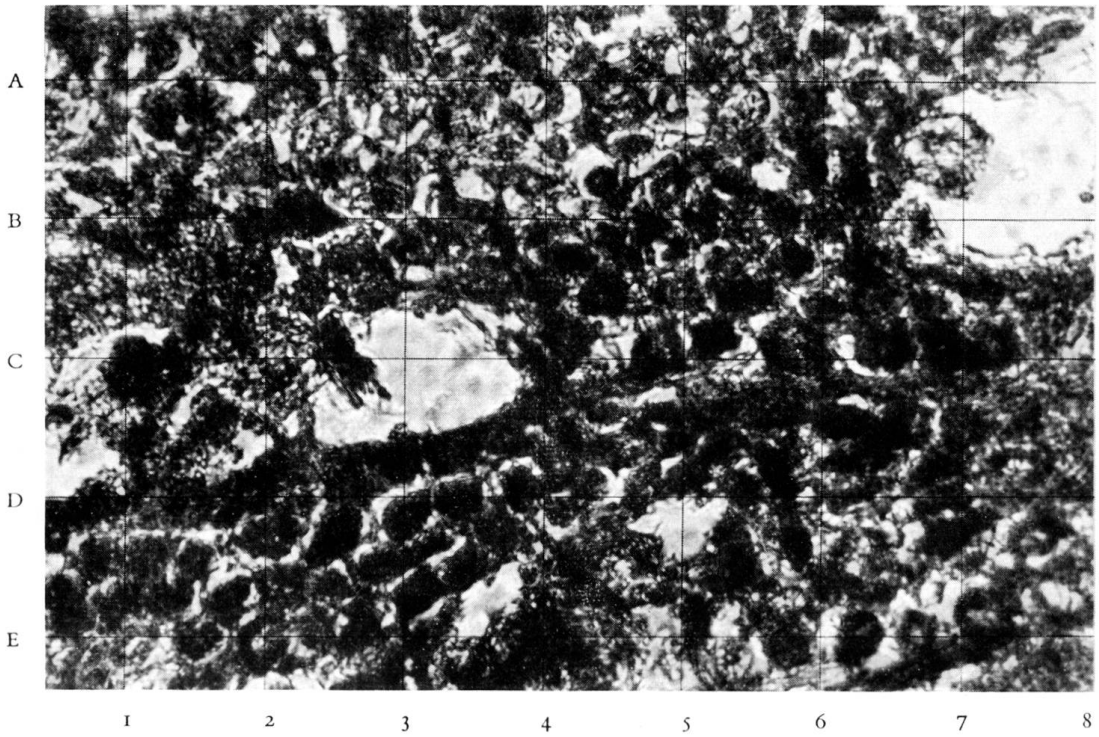


Abb. 9: *Populus, Durchlicht*

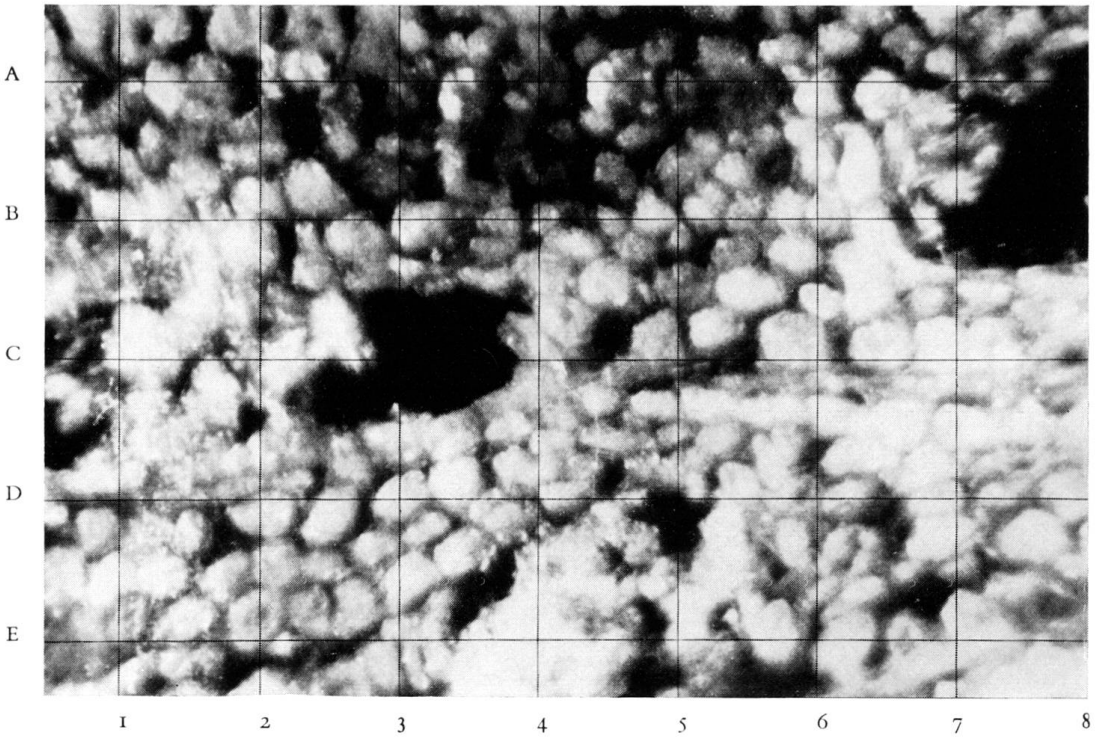


Abb. 10: *Populus, Auflicht*

Abb. 11 und 12: *Populus*, etwa 200×

A-D/34	Markstrahl, Durchlicht: Die stammaxiale Zellwand kann nicht mehr beobachtet werden, denn die Lichtbeugungserscheinungen, die in arigalkonserviertem Holz stark in Erscheinung treten, lassen den ganzen Markstrahl undifferenziert.
BC/34 Ecke oben links	Auflicht. Auch die parenchymatischen Wände nehmen Arigal auf. Besonders die dicken tangentialen Markstrahlwände enthalten ähnlich viel Arigal wie diejenigen der Libriformfasern.
BC/23 Ecke unten links	Wahrscheinlich ist hier bei der zweiten Tränkung Material, das nicht mehr von den Zellwänden aufgenommen werden konnte, abgelagert worden. Ebensolche Erscheinungen finden sich in den Feldern CD/34, CD/45.
AB/34	Im Durchlicht lassen sich die zwei Anwachsstellen der ursprünglichen primären Membran am Markstrahl erkennen. Hievon ist nur die untere wenig durchtränkt.
BC/45 linker Teil	Oftmals erscheinen die Zellen im Durchlicht vollständig deformiert. Erst im Auflicht kann durch die Lokalisierung des Konservierungsmittels die frühere Zellform erkannt werden. Selbst bei einer überoptimalen Tränkung können Zellverbände im Auflicht als zusammengehörendes Ganzes ermittelt werden, da die sekundären Wände in großer Deutlichkeit aufleuchten. Somit ist es ein leichtes, die primären Wände zu lokalisieren.

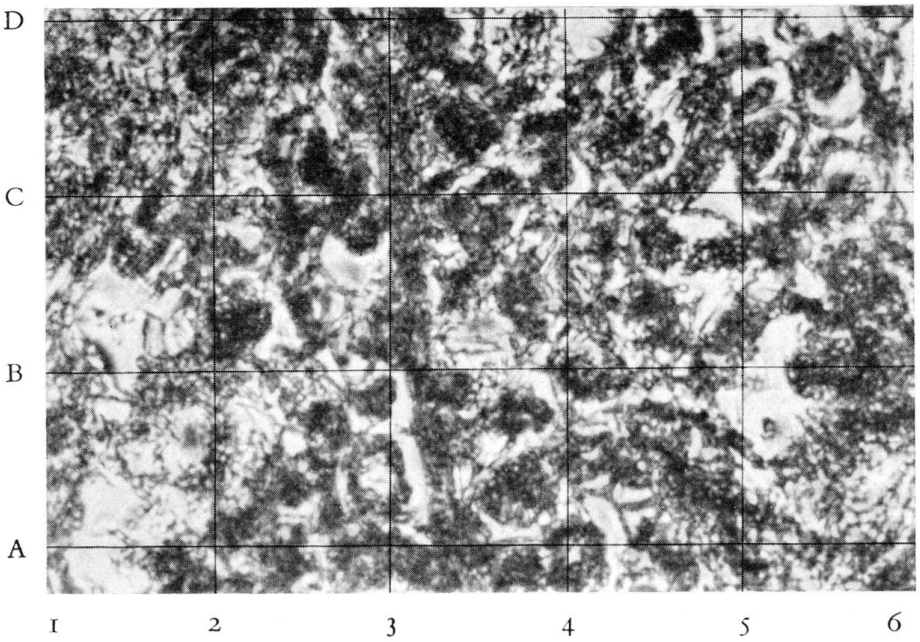


Abb. 11: *Populus, Durchlicht*

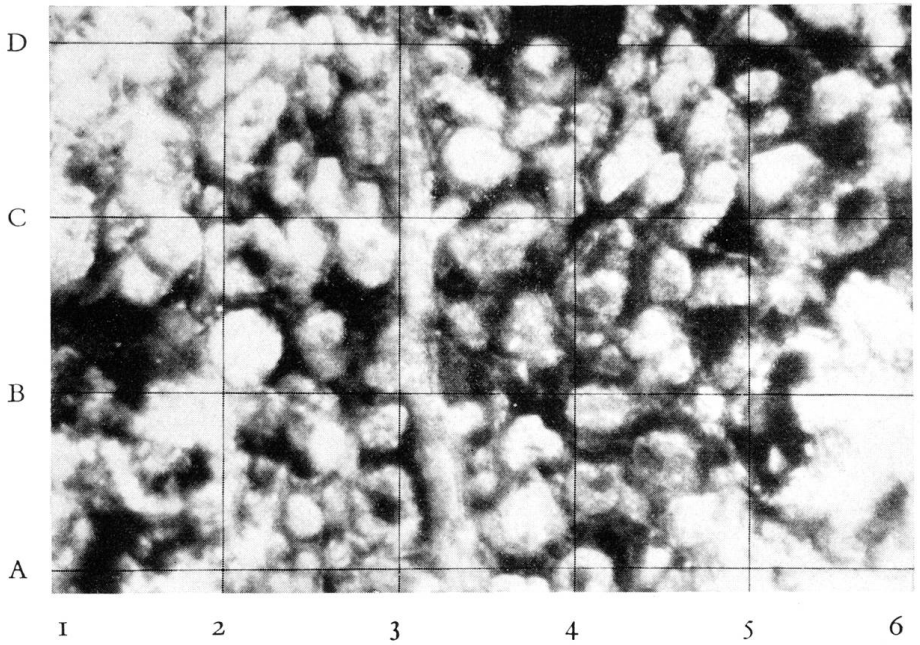


Abb. 12: *Populus, Auflicht*

Abb. 13 und 14: *Populus*, 200×

Der Schnitt ist ziemlich dick. Somit zeichnet sich im Durchlicht Arigal dunkel ab.

BC/23 Mitten in der dickwandigen Sekundärmembran ist noch eine Öffnung (Durchlicht), die nur locker mit Arigal gefüllt ist (Auflicht).

Im Durchlicht können keine Einzelheiten, ja nicht einmal die Zellen erkannt werden. Dagegen erscheinen im Auflicht die Zellen fast plastisch. Mit erstaunlicher Deutlichkeit treten im Auflicht die einreihigen Markstrahlen hervor, die im Durchlicht in der Fülle der Lichtbeugungsfelder nicht kontrastiert sind.

BC/3-5 Inmitten eines Gefäßes liegt ein Arigal-Splitter. Vor allem die Längsflächen arigalgetränkten Holzes opalisieren stark.

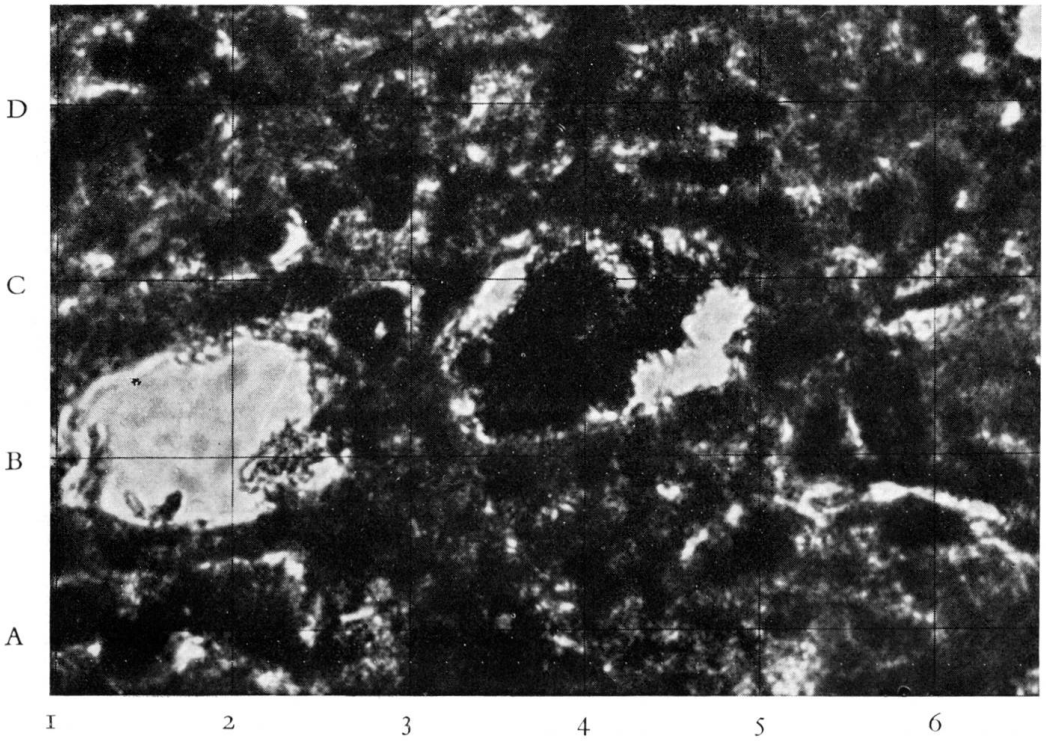


Abb. 13: *Populus, Durchlicht*

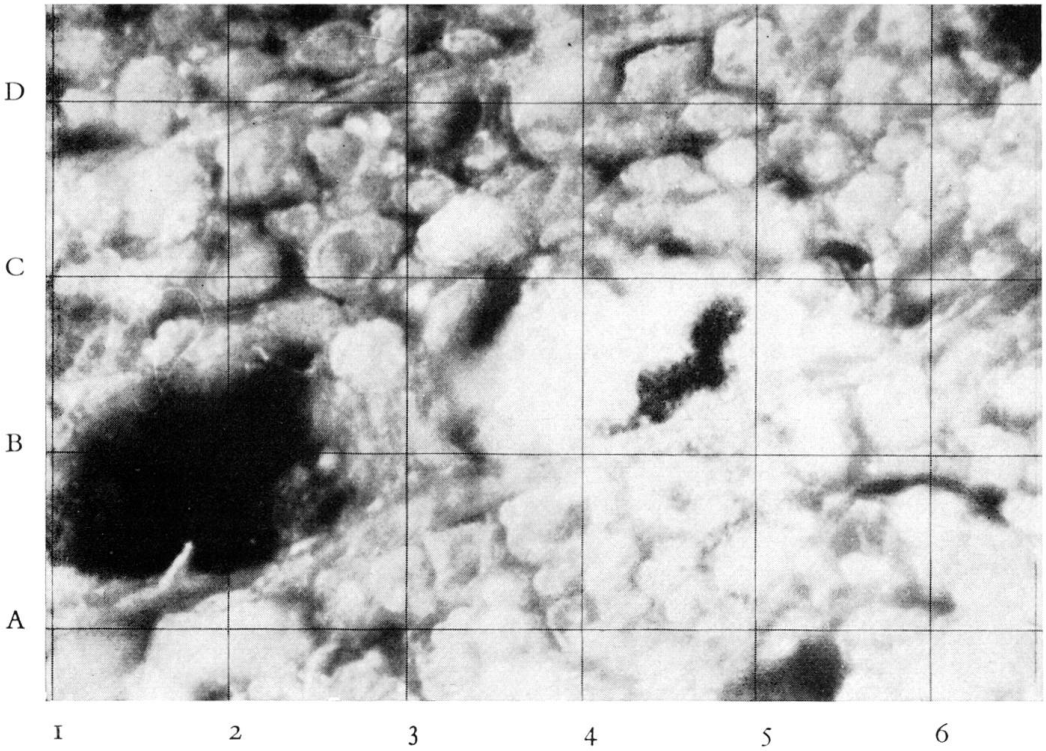


Abb. 14: *Populus, Auflicht*

Abb. 15 und 16: *Populus*, etwa 200×

Zwischen den beiden Markstrahlen BD und EF ist das Holzgefüge zerrissen und versplittert. Gerade bei den kleinen Splittern läßt sich der Arigal-Gehalt leicht feststellen. Der Splitter im Feld CD/23 stellt eine Längswand dar, wahrscheinlich eine Sekundärlamelle, die im Auflicht stark opalisiert. Ist ein Holz optimal getränkt, ließe sich in beschränktem Maße das Arigal lokalisieren. Wenn die Splitter im Feld CDE/34 auf beiden Photos verglichen werden, zeigt sich, daß die dunkel getönten Rudimente in der Regel, insofern es sich nicht um eine dicke Partie der Primärmembran handelt, mit mehr Arigal versehen sind als die hellen. Hie und da hängen im Feld B-D/3-6 einzelne Zellen noch zusammen. Gerade hier zeigt sich, der dunkleren Granulierung wegen, daß die primäre Wand weniger arigalhaltig ist als die sekundäre.

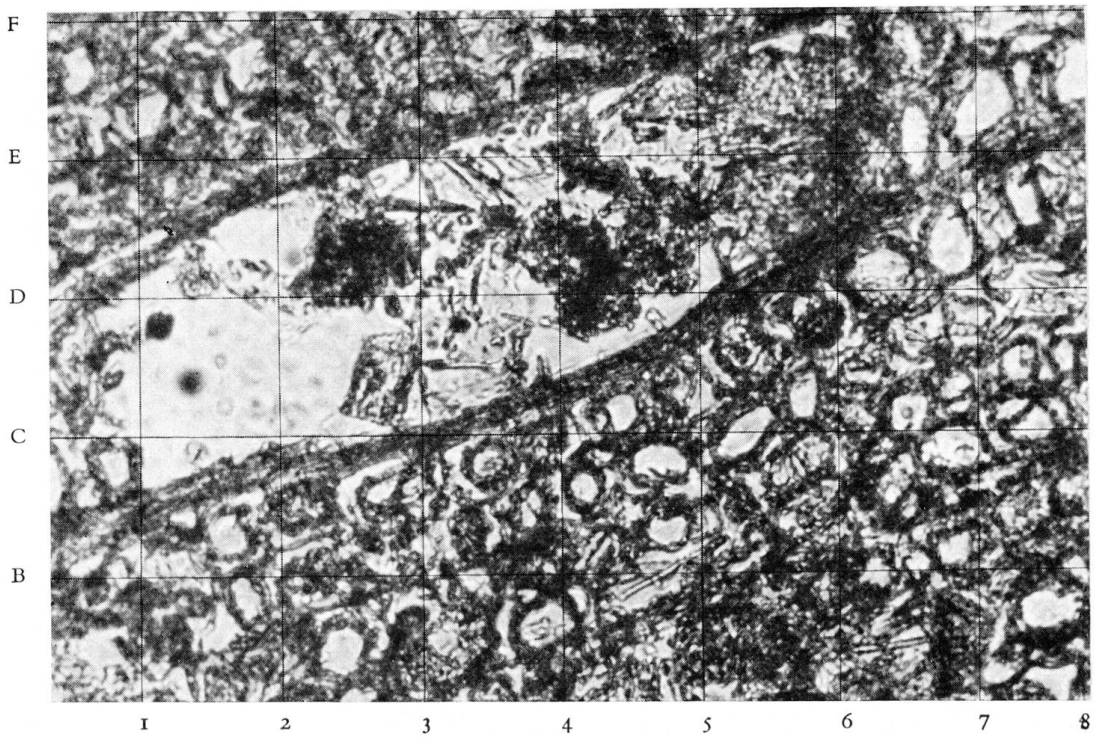


Abb. 15: *Populus, Durchlicht*

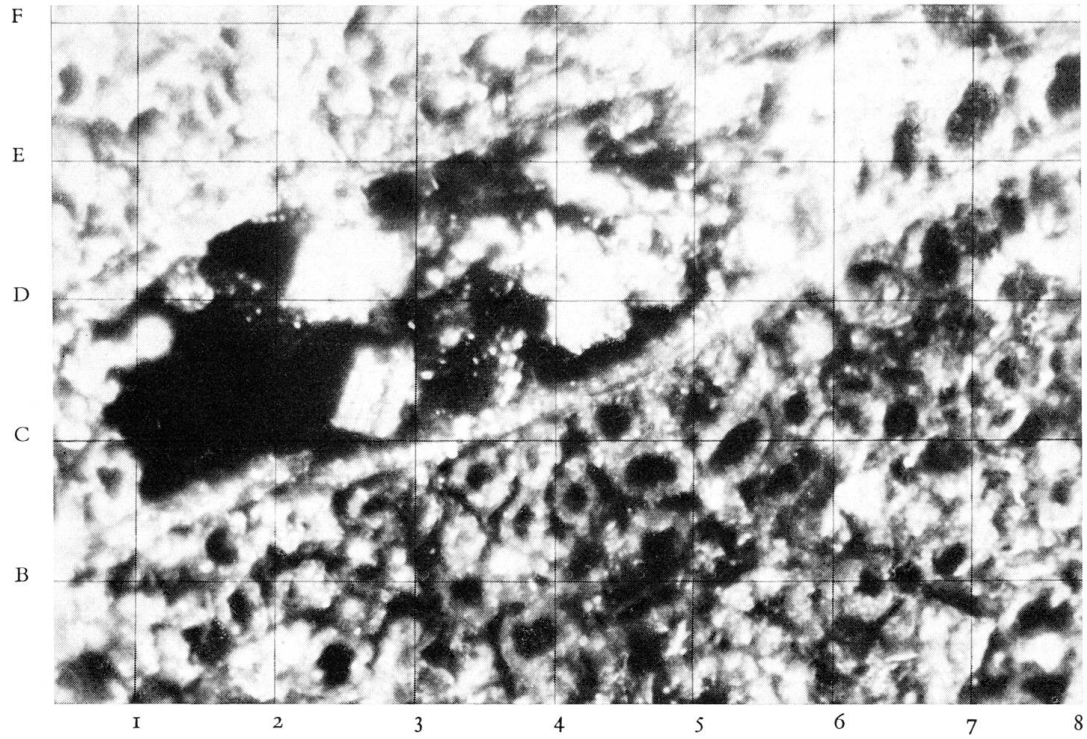
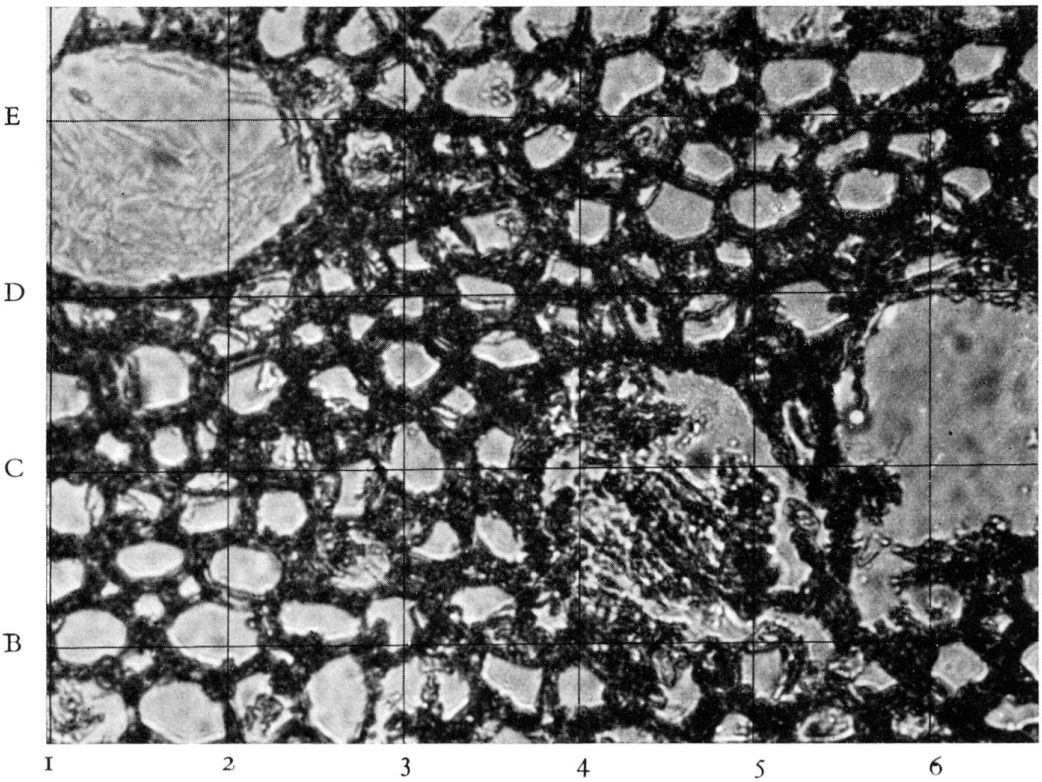


Abb. 16: *Populus, Auflicht*

Abb. 17 und 18: *Acer*, 200×

In den zwei Gefäßen im linken Bildteil liegt Arigal, wovon dasjenige im Feld DE/1-3 durch übermäßige Tränkung hautartig ausgefüllt worden ist. Das andere ist mit arigalhaltigen Splittern besetzt. Durchwegs ist das Arigal in die Holzbestandteile eingedrungen, jedoch vorwiegend in die Sekundärmembranen. Im Durchlicht lassen sich wohl die Zellumen erkennen, aber nicht die einzelnen Lamellen. Die Auflichtbestrahlung läßt die dünnen Grenzlamellen schön hervortreten (C-E/2-4).

Je dicker eine Primärwand ist, desto schlechter scheint das Eindringvermögen des Arigals zu sein. AB/34: Die abgrenzenden Membranen erscheinen im Auflicht grau. Sobald sie sich verdicken, treten sie ganz zurück (DE/34 Ecke oben links).


E
D
C
B
1
2
3
4
5
6

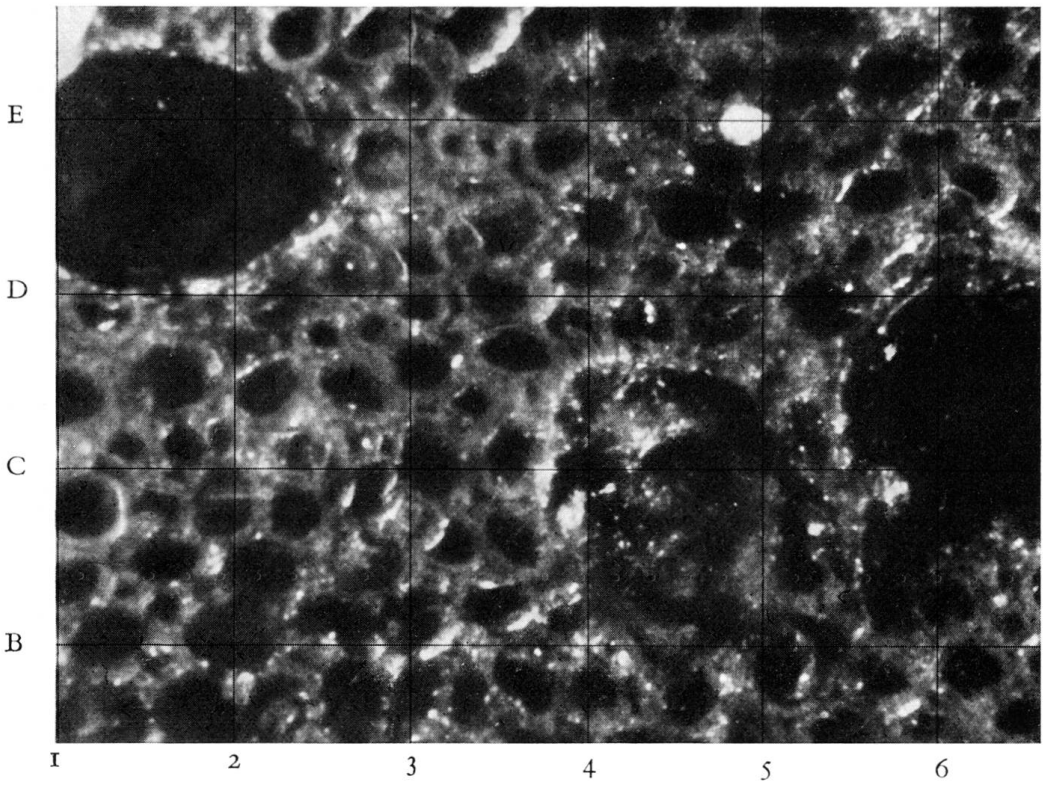
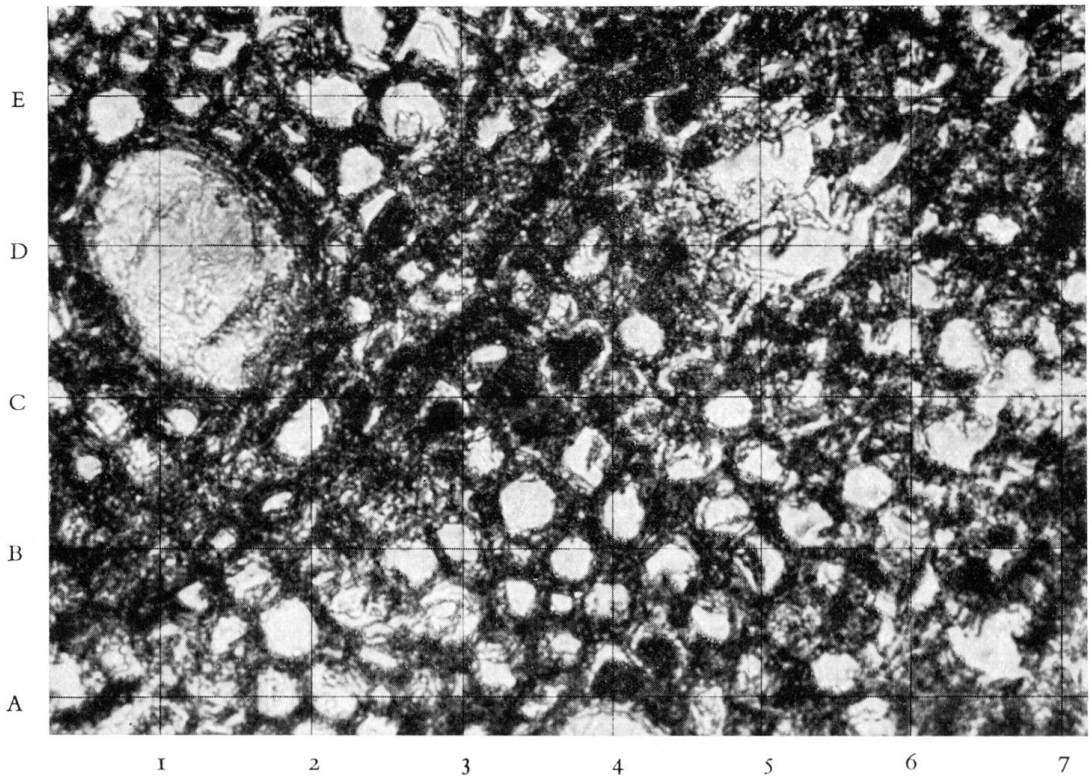

E
D
C
B
1
2
3
4
5
6

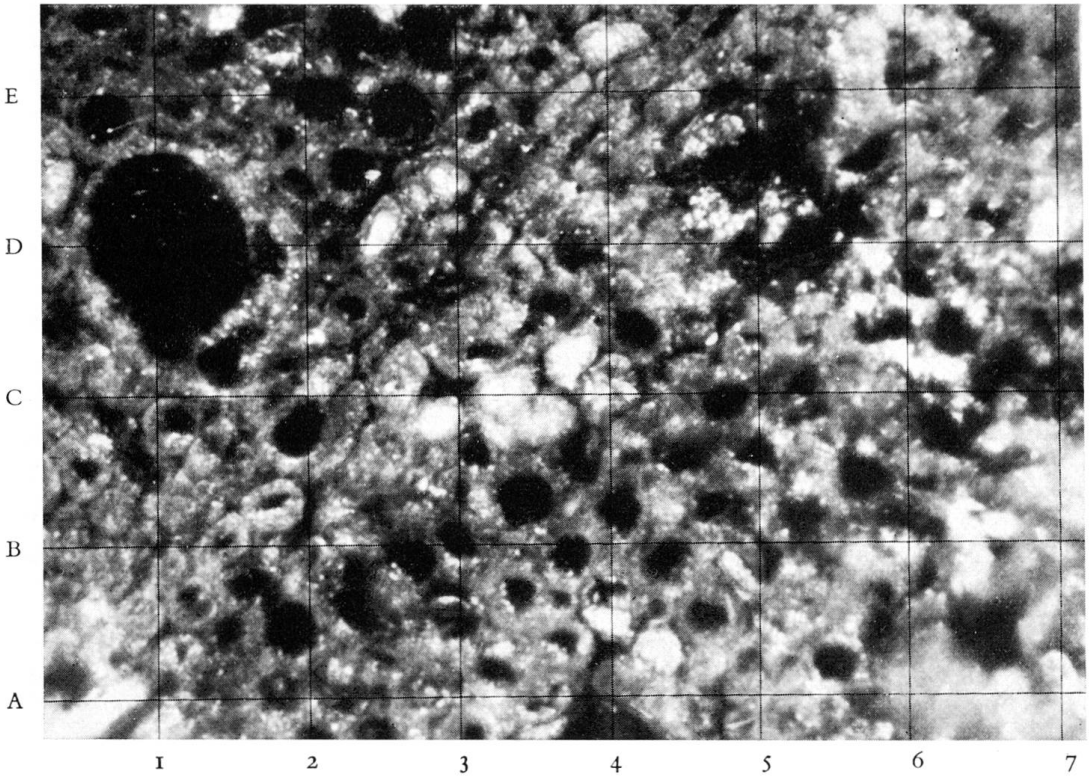
Abb. 19 und 20: *Acer*, etwa 200×

Jahrringgrenze von A/1 bis E/5.

Merkwürdigerweise hat sich gerade in den engen Zellwänden das überschüssige Arigal festgesetzt. Wenn in den großen Zellen das Konservierungsmittel nicht mehr von den Zellwänden aufgenommen werden kann, legt es sich möglicherweise röhrenförmig an die Zellwand. In der Zone der Jahrringgrenze ist die Möglichkeit eher gegeben, daß das vorerst noch dünnflüssige Arigal die ganze Zellfläche überspannt und im Moment, wo der Katalysator beigegeben wird, eben in dieser Form eindickt. Dazu vergleiche man die Zellen in den Feldern DE/23 und B-C/2-4. Wenn im Durchlicht ein Zellinhalt ganz schwarz erscheint, handelt es sich in den meisten Fällen um reines Arigal, denn solche Körper sind im Unterschied zu den getränkten Zellwänden nicht granuliert.

F. Schweingruber


E
D
C
B
A
1
2
3
4
5
6
7


E
D
C
B
A
1
2
3
4
5
6
7