

PROBLEME DER MIKROSKOPISCHEN HOLZFORSCHUNG

Von PROF. DR. JOSEF KISSER, Wien
(Vorstand des Botanischen Institutes der Hochschule
für Bodenkultur in Wien.)

Hierzu 2 Abbildungen auf S. 42

Seit urdenklichen Zeiten ist das Holz eines der wichtigsten und vielseitigsten verwendbaren Roh- und Werkstoffe des Menschen. Es ist daher nur natürlich, daß seiner Erforschung stets ein besonderes Interesse zugewendet wurde, welche mit der Ausweitung der Verwendung des Holzes einerseits und mit seiner zunehmenden und immer mehr fühlbaren Verknappung andererseits eine stete Vertiefung erfahren hat. Im besonderen gilt dies auch für die mikroskopische Erforschung des Holzes. Diese befindet sich daher in einem erfreulichen lebendigen Fluß mit vielseitigen theoretischen und praktischen Ausstrahlungen, sowohl in bezug auf den histologischen Aufbau des Holzes als auch hinsichtlich der Struktur und des Feinbaues der verholzten Zellwand, bei der das zelluloseische Grundgerüst von „Holzsubstanz“ oder „Lignin“ inkrustiert und dadurch in chemischer, struktureller und physikalischer Hinsicht gegenüber reinen Zellulosewänden tiefgreifend verändert erscheint.

Trotz der weiten Verbreitung der Verholzung hat merkwürdigerweise ihre funktionelle Bedeutung bisher noch keine umfassende kritische Behandlung erfahren. Ich werde an anderer Stelle darauf noch ausführlicher zu sprechen kommen und begnüge mich hier mit folgenden Feststellungen: PORSCH (1926) sieht die Hauptbedeutung der verholzten Zellwände in ihrem hohen Wasserhaltungsvermögen, MOLISCH (1931/32) dagegen in ihrer erhöhten Widerstandskraft gegen biologische Einflüsse, wie solche von Bakterien, Pilzen, Enzymen u. dgl. Aus der Tatsache, daß von der Verholzung funktionell und topographisch ganz verschiedene Elemente betroffen werden, daß ferner durch die Lignifizierung die Quellbarkeit der Membranen herabgesetzt und schließlich ihre Festigkeit erhöht wird, ergibt sich aber, daß die ökologische Bedeutung der Verholzung nicht durch das Herausgreifen einer beliebigen Eigenschaft der verholzten Wand erfaßt werden kann, sondern eine Klärung nur unter Berücksichtigung aller mit der Verholzung verbundenen sekundären Veränderungen zu erreichen ist.

Die Vielfältigkeit des histologischen Gefüges der einzelnen Holzarten kommt bereits im makroskopischen Strukturbild deutlich zum Ausdruck. Schon dieses kann sowohl rein botanisch als auch technologisch vieles zeigen, wobei im einzelnen Falle die grundlegenden Schnittführungen, wie der Quer- oder Hirschschnitt, der Sehnen- oder Fladerschnitt und der Spalt- oder Spiegelschnitt heranzuziehen sind. Diese Schnittführungen vermögen mancherlei auszusagen, ob Nadel- oder Laubholz, über Ring- oder Zerstreutporigkeit, über die Wachstumsverhältnisse, über kenntliche und unkenntliche Markstrahlen sowie Scheinstrahlen, Parenchymbinden und

sonstige charakteristische Strukturen, stockwerkartigen Aufbau, Markflecken, Splint und Kern, gewässerten Kern, Frost- und Wundkern, über Farbe und Glanz des Holzes, Fehler des Holzes durch Pilzinfektion, Harzgallen, Verkienung, Mistelbefall, eingewachsene und Durchfall-Äste, eingewachsene Fremdkörper, ferner über Drehwuchs, Wellen- oder Wimmerwuchs, Maserung und vieles andere. Ohne Zuhilfenahme weiterer optischer Hilfsmittel ist schon auf Grund solcher Struktureigentümlichkeiten eine rasche Orientierung über ein Holz, vielfach auch seine einwandfreie Identifizierung möglich oder sie dienen der Feststellung der Qualität oder der Eignung eines Holzes für bestimmte Zwecke.

Wenn erforderlich, muß das Holz vor der makroskopischen Prüfung geblättert werden. Derart vorbereitetes Holz läßt dann auch feinere Untersuchungen unter der Lupe oder mit Hilfe eines Auflichtmikroskopes zu. Die Anwendung eines solchen ist notwendig, wenn es sich um die Erfassung und Auswertung feinerer Strukturunterschiede handelt, wie z. B. beim Studium der Jahrringbreiten.

Die Jahrringbreite eines Holzes ist das Spiegelbild der in den einzelnen Jahren herrschenden Wachstumsbedingungen. Dementsprechend wird daher ein Baum unter günstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen stärkere Zuwächse, also breitere Jahrringe aufweisen als in sehr trockenen Sommern, in denen sie auf ein Minimum herabsinken können. Die unter dem Einfluß wechselnder Umweltsbedingungen erfolgte wechselnde Aufeinanderfolge engerer und breiterer Jahrringe gilt daher nicht nur für den einzelnen Baum, sondern muß sich in gleicher Weise bei allen Bäumen seines klimatisch einheitlichen Gebietes finden.

Von dieser Überlegung ausgehend, hat DOUGLAS in langjähriger mühevoller Arbeit den Versuch einer Jahrringchronologie für ein bestimmtes Gebiet von Nordamerika unternommen; durch vergleichende Untersuchungen an *Pinus ponderosa* ist es ihm gelungen, die Aufeinanderfolgen unterschiedlich breiter Jahrringe für die letzten 2000 Jahre derart genau festzulegen, daß es ihm möglich war, Hölzer unbekannter Datierung aus diesem Gebiet, die innerhalb dieses Zeitraumes erwachsen waren, chronologisch richtig einzuordnen. Es bedarf wohl keiner näheren Begründung, welche Bedeutung dieser Methode für die Urgeschichte, Kulturgeschichte sowie Wald- und Klimageschichte zukommt. An ihrem Ausbau wird unentwegt gearbeitet und der Vereinigung amerikanischer Jahrringforscher steht für die Veröffentlichung ihrer diesbezüglichen Forschungsergebnisse eine eigene Zeitschrift „Tree Ring Bulletin“ zur Verfügung.

Den Versuch einer mitteleuropäischen Jahrringchronologie hat HUBER (1941) unternommen. Infolge vielfach eng umgrenzter örtlicher Verschiedenheiten liegen hier die Verhältnisse wesentlich komplizierter und erst die Zukunft wird zeigen, ob auch für Mitteleuropa dieser Weg erfolgreich beschritten werden kann.

In den weitaus meisten Fällen erfolgt die mikroskopische Untersuchung von Holz in durchfallendem Licht. Gelten für das Holz auch im Wesen die

gleichen Untersuchungsmethoden wie für andere botanische Objekte, so erheischt doch die präparative Seite schon wegen der Härte des Materials ganz besondere Verfahren.

Holz kann der mikroskopischen Untersuchung in durchfallendem Lichte auf ganz verschiedene Weise zugänglich gemacht werden, wie durch Zerlegung in die einzelnen Zellelemente mit Hilfe geeigneter Mazerationsverfahren, durch Verarbeitung zu Dünnschliffen und durch Zerlegung in dünne Schnitte.

Betrachten wir diese Verfahren vom Gesichtspunkte der unveränderten Erhaltung des chemischen und physikalischen Membranzustandes sowie der Zellinhaltsstoffe, so haftet der Mazeration, so wertvoll sie auch für bestimmte Zwecke sein mag, der große Nachteil an, daß durch die immerhin energische chemische Behandlung tiefgreifende Veränderungen hervorgerufen werden, wenn auch die grob morphologischen Strukturen dabei erhalten bleiben (vgl. KISSER 1931 a, LOHWAG 1937).

Dünnschliffe, die früher die einzige Möglichkeit darstellten, härteste Hölzer zu mikroskopieren, sind zwar frei von sekundären Veränderungen, doch sind ihrer Feinheit und Ausdehnung gewisse enge Grenzen gesetzt. Dazu kommt noch der Nachteil der Langwierigkeit und Umständlichkeit der diesbezüglichen Verfahren sowie der relativ große Materialverbrauch, so daß man sich ihrer nur dort bedienen wird, wo es der gegebene Zweck erfordert und andere Methoden versagen (bezüglich der Methodik siehe KISSER 1931 b).

Die erfolgreiche Schnitthanfertigung setzt entsprechende Schneideinstrumente und einen günstigen Schneidezustand des zu verarbeitenden Materials voraus. Für die Bearbeitung von Holz kommen nur Mikrotome stabiler Bauart und geeignete sorgsam und richtig geschärfte Messer in Betracht (KISSER 1932). Bei der Weiterentwicklung der Mikrotome wird man in Hinkunft diesen Bedürfnissen der Holzuntersuchung mehr als bisher Rechnung tragen und den Maschinencharakter der Mikrotome mehr betonen müssen.

Von den zur mikroskopischen Untersuchung gelangenden Holzschnitten ist zu verlangen, daß sie die Verhältnisse in einer möglichst unveränderten Form, entsprechend dem natürlichen Zustand, wiedergeben. Diese Forderung ist erfüllbar, wenn grünes Holz verarbeitet wird, nicht aber restlos, wenn Holz in lufttrockenem Zustand vorliegt. Infolge seiner Härte und Sprödigkeit ist solches vielfach einer direkten Bearbeitung nicht zugänglich und besonders die Querschnitte versagen; deshalb bedarf es vor der Präparation einer entsprechenden schonenden Erweichung. Zu diesem Zwecke sind verschiedene Verfahren entwickelt worden, die sich ungezwungen in zwei Gruppen zusammenfassen lassen, in die physikalischen und in die chemischen Erweichungsmethoden (KISSER 1941).

Die physikalischen Erweichungsmethoden verleihen dem Holz eine gewisse Geschmeidigkeit ausschließlich durch Zufuhr von Wasser und eine dadurch bewirkte neuerliche Aufquellung der entquollenen Membranen. Dabei kann der höchste Grad von Geschmeidigkeit durch Einwirkung von

kochendem Wasser oder strömendem Wasserdampf erreicht werden, welcher aber bei Erkalten des Materials wieder wesentlich zurückgeht. Wenn sich durch Zufuhr von Wasser bei Zimmertemperatur aber auch nach Einwirkung von kochendem Wasser oder Wasserdampf nicht mehr der ideale Schneidezustand des grünen Holzes erreichen läßt, so hängt dies wohl damit zusammen, daß beim Trocknen Veränderungen im submikroskopischen Zellwandgefüge vor sich gehen, indem die Micelle optimal parallel gerichtet werden und ein Teil der vorher für die Hydratation frei zur Verfügung gestandenen Kohäsionskräfte sich an benachbarten Micelloberflächen abgesättigt haben (FREY-WYSSLING 1935). Damit hängt wohl auch zusammen, daß sich dampfgebogenes Holz auch durch langandauerndes Kochen nicht mehr vollkommen gerade strecken läßt. Daneben mag beim Trocknen von Holz auch die Denaturierung gewisser Membrankolloide eine Rolle spielen. Wird jedoch die Austrocknung von grünem Holz durch Infiltration mit Glycerin verhindert, so läßt sich der ursprüngliche Schneidezustand fast unverändert erhalten.

Die chemischen Erweichungsmethoden (z. B. mittels Chlordioxyd, Wasserstoffsuperoxyd, Karbolsäure, Fluorwasserstoffsäure, Einwirkung von Alkohol unter Druck bei hoher Temperatur u. dgl.) greifen die Membransubstanzen unmittelbar an und zerstören entweder das Lignin oder verändern die Zellulose, ohne jedoch im allgemeinen das morphologische Strukturbild der einzelnen Zellelemente zu beeinträchtigen.

Neben den sich immer mehr steigern den wissenschaftlichen und praktischen Bedürfnissen hat sicherlich auch die Entwicklung zweckentsprechender und einfacher Präparationsmethoden wesentlich zur Förderung der mikroskopischen Holzforschung beigetragen. Durch die intensive mikroskopische Bearbeitung der überaus zahlreichen tropischen Holzarten ist die Schaffung einer systematischen und vergleichenden Holz-anatomie in greifbare Nähe gerückt. Gleichzeitig ermöglicht die mikroskopische Holz-forschung die Auswahl solcher Hölzer, die sich für gewisse technische Verwendungs-zwecke besonders eignen, wie z. B. auf Grund der Faserlänge für die Papierfabrikation, für die Herstellung von Faserplatten u. dgl. Jedenfalls ist die mikroskopische Untersuchung für die verschiedensten Veredlungs-produkte des Holzes, beim Studium der Holzimprägnierung, für die Papier-untersuchung, ja man kann fast sagen für die ganze holzverarbeitende Industrie heute ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden.

Je mehr an die Heranziehung bisher noch nicht oder nur in untergeordnetem Maße verwendeter Holzarten gedacht wird, desto mehr macht sich auch das Bedürfnis nach ihrer raschen und sicheren Bestimmung geltend. Es ist das Verdienst der im Jahre 1931 gegründeten „International Association of Wood Anatomists“, auf dem Gebiete der mikroskopischen Holz-forschung wie der Erforschung der Holzpflanzen überhaupt bahnbrechendes geleistet zu haben. Von ihr ging auch die Anregung zur Schaf-fung eines „Glossary of terms used in describing woods“ durch ein eigenes Nomenklaturkomitee aus, wodurch die in der Holzanatomie üblichen Fach-

ausdrücke international festgelegt wurden, ferner die Standardisierung der gebräuchlichen Bezeichnungen für die Größenordnungen der Holzelemente. Einen weiteren Fortschritt bedeutete ferner die von CLARKE (1938) zur Bestimmung von Hölzern eingeführte Lochkartei, durch welche die mikroskopische Holzbestimmung auf eine ganz neue Basis gestellt und wesentlich vereinfacht wurde. Schließlich hat die mikroskopische Holzforschung durch das von Prof. SAMUEL J. RECORD im Jahre 1925 begründete und herausgegebene Magazin „Tropical woods“ eine mächtige Förderung erfahren.

Daß auch die Identifizierung wenigstens mancher Hölzer in stark zerkleinertem, aber auch pulverisiertem Zustand möglich ist, haben die Untersuchungen von KISSER und SEKYRA (1939) gezeigt. Bei der Lösung mancher kriminalistischer Fragen, bei der Staubanalyse, bei der Prüfung von gewissen Holzprodukten (Sägemehl, Holzmehl, Steinholz, plastischem Holz u. dgl.), kurz überall dort, wo Holz in weitgehend zerkleinertem Zustand vorliegt, gewinnen die in der genannten Arbeit aufgezeigten mikroskopischen Untersuchungsmöglichkeiten Bedeutung.

Den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion der Holzelemente hat zum ersten Male HABERLANDT (1924) in seiner physiologischen Pflanzenanatomie klar herausgestellt, wobei allerdings nur deren direkt sichtbares mikroskopisches Strukturbild berücksichtigt wird. Eine wesentliche Vertiefung unseres diesbezüglichen Wissens brachte die in ihren Auswirkungen so vielseitige Aufdeckung des submikroskopischen Gefüges der verholzten Zellwandungen wie der pflanzlichen Zellwände überhaupt, um deren Erforschung sich vor allem FREY-WYSSLING (1935, 1940 a) große Verdienste erworben hat.

Das heute schon weitgehend abgerundete und in den wesentlichen Punkten festgefügte Bild, das wir uns über den Feinbau der pflanzlichen Zellmembran machen können, ist das Ergebnis der sinnvollen Anwendung ganz verschiedener, sich aber überschneidender und gegenseitig ergänzender Methoden, wie der polarisationsmikroskopischen Untersuchungsmethoden, der Röntgenuntersuchung, der Elektronenmikroskopie, von Lösungs-, Quellungs- und histochemischen Reaktionen gewisser Färbungsmethoden sowie der Fluoreszenzmikroskopie einschließlich der Fluorochromierungsverfahren. Dazu kommen noch die allgemeinen Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der hochpolymeren Verbindungen, die sich auch auf die Zellulose- und Ligninchemie so fruchtbar ausgewirkt haben und eine wichtige Grundlage und Voraussetzung für die Membranstrukturforschung geschaffen haben.

Die gegenwärtige Auffassung über das submikroskopische Strukturbild der verholzten Zellwand läßt sich nach FREY-WYSSLING (1940 a) etwa folgendermaßen zusammenfassen:

Mittellamelle, primäre Wand und sekundäre Wand sind hinsichtlich ihres Feinbaues weitgehend verschieden. Mikroskopisch sichtbare Schichtungen oder Lamellierungen der Sekundärwände sind Folgen inhomogenen Appositionswachstums. Fibrilläre Strukturen oder durch Zerlegung der Membranen frei werdende Fibrillen haben nichts mit definierten Bauelementen

der Membran zu tun, sondern sind infolge ihres dichteren Gefüges leicht isolierende Spaltstücke des an sich zusammenhängenden submikroskopischen Micellargerüsts.

Das Grundgerüst der verholzten Membran bildet die aus Glukoseeinheiten hochpolymer aufgebaute Zellulose, die ihrer Struktur nach ein Kettenmolekül darstellt. Die einzelnen Kettenmoleküle sind zu größeren, aber immer noch submikroskopischen Einheiten vereinigt, in denen kristallisierte Zellulose (Micelle) von amorpher Zellulose unterbrochen wird, wodurch eine kapillare Lockerstruktur zustande kommt (MARK 1940). Die Micelle sind aber alle kontinuierlich untereinander verbunden, so daß wir von einem zusammenhängenden Micellargerüst oder einer Micellartextur sprechen können.

Die gröberen und feineren Lockerstellen bilden ein submikroskopisches zusammenhängendes Kapillarsystem, das dichter oder lockerer von Inkrusten (Lignin) erfüllt ist, die dadurch ihrerseits wieder ein das Zellulosegerüst durchsetzendes zusammenhängendes Gerüstwerk bilden. In ihrem ganzen Aufbau entspricht somit die verholzte Wand einem armierten Eisenbeton, wobei das zugfeste Zellulosegerüst dem Eisen, das druckfeste Lignin dem Beton entspricht.

Der ange deutete Zusammenhang zwischen Bau und Funktion der Holzelemente kommt nun auch im Feinbau der Wände zum Ausdruck, indem sich in baumechanischer Hinsicht eine enge Beziehung zwischen Funktion der Zellen und Anordnung der Micelle ergibt, die sich vielfach mikroskopisch sichtbar durch den Verlauf von Streifungen, Tüpfelverlauf u. dgl. äußern kann. Einer zusammenfassenden Behandlung dieses Fragenkomplexes ist es noch vorbehalten, zu prüfen, welche Veränderungen der Feinbau der Zellwände bei den verschiedenen funktionellen Übergangsformen der einzelnen Elemente des Holzkörpers erfährt, wie etwa, um nur ein Beispiel zu nennen, beim Übergang der Holzfasern zum strukturell ganz anders gearteten Holzparenchym.

Es ist auffallend, daß die seit langem allgemein bekannte und besonders dem Holzfachmann geläufige Tatsache des oft stark unterschiedlichen Schwindens der verschiedensten Hölzer in tangentialer und radialer Richtung noch immer keine restlos befriedigende Erklärung gefunden hat. Bei Tannenholz haben KISSER und LOHWAG (1937) zeigen können, daß die tangentialen Wände des Spätholzes stärker quellbar sind als die radialen, wogegen FREY-WYSSLING (1940 b) dieser Tatsache bei der Erklärung der Anisotropie des Schwindmaßes nur eine geringe Bedeutung beimißt, und für diese in erster Linie die gegenüber den radialen Wänden steilere Neigung der Schraubengänge an den tangentialen Wänden verantwortlich macht. Ich werde in anderem Zusammenhang auf diese Frage noch zurückkommen und weise hier nur kurz darauf hin, daß neben der stärkeren Quellbarkeit die tangentialen Wände der Spätholztracheiden des Tannenholzes gleichzeitig auch schwächer verholzt sind und ein lockereres Gefüge aufweisen, wie sich vor allem auch durch verschiedene metachromatische

Färbungen leicht nachweisen läßt. Infolge dieses unterschiedlichen Gefüges werden bei Befall von Tannenholz durch den Pilz *Fomes Hartigii* die tangentialen Wände rascher abgebaut, wodurch die dabei auftretenden auffallenden Abbauerscheinungen nun ebenfalls ihre Aufklärung gefunden haben. Damit eröffnen sich neue und weitere Ausblicke für die feinere Analyse der Wirkung holzerstörender Pilze auf die einzelnen Zellelemente und manches bisher ungeklärtes Tatsachenmaterial ist einer kausalen Betrachtungsweise zugänglich geworden.

Bei der Unterscheidung zellulosischer und verholzter Zellwände spielt die bekannte und bewährte Chlorzinkjod-Reaktion eine dominierende Rolle; die erstern werden dabei violett, die letzteren gelb bis gelbbraun gefärbt. Aber auch verholzte Wandungen können sich violett färben, wenn sie mechanisch stärker beansprucht wurden, da dabei das Ligningerüst von dem Zellulosegerüst abgesprengt wird und die vorher gesperrten Oberflächen der Zellosemicelle für das Chlorzinkjod zugänglich werden. Dadurch kann die Chlorzinkjod-Reaktion zum Nachweis von mechanisch aufgeschlossenem Holz nach mechanischer Beanspruchung mit Erfolg herangezogen werden. In diesem Zusammenhang gewinnen auch die metachromatischen Färbungen eine ganz besondere Bedeutung (vgl. ZIEGENSPECK 1940, KISSER 1941). Auf Grund der Färbungsbilder ist anzunehmen, daß gleichzeitig mit der mechanischen Aufschließung auch eine Erweiterung der submikroskopischen Kapillarräume verbunden ist.

Es wurde früher schon darauf hingewiesen, daß ganz allgemein die Zellwände eine Lockerstruktur besitzen, die auch nach Inkrustierung mit Lignin erhalten bleibt. Sie weist von den feinsten Spalträumen bis zu den elektronenmikroskopisch (RUSKA 1940) und in einzelnen Fällen auch lichtmikroskopisch sichtbaren gröberen (BAILEY and KERR 1937) Lockergebieten alle Übergänge auf. Das Vorherrschen der einen oder anderen Größenordnung muß daher notwendigerweise wesentliche Dichteunterschiede in den verschiedenen Membranen bedingen, die sich mit Hilfe metachromatischer Farbstoffe nachweisen lassen und die gleichzeitig Rückschlüsse auf die Weite des submikroskopischen Kapillarsystems zulassen.

Die Härte eines Holzes ist daher nicht einfach durch die Art und mengenmäßige Verteilung der das Holz aufbauenden verschiedenartigen Zellelemente bedingt, wie etwa durch das Vorherrschen stark verdickter Holzfasern, sondern als weiteres maßgebliches Moment kommt noch die Dichte der Membranen der Holzfasern hinzu. Diese Tatsache, die bisher kaum beachtet wurde, erscheint mit Hilfe metachromatischer Färbungen einer experimentellen Prüfung zugänglich, wie mir diesbezügliche Untersuchungen bereits gelehrt haben. Welchen Einfluß die Dichte des Zellwandgefüges auf Härte und Festigkeit eines Holzes nimmt, zeigt uns am deutlichsten das Kernholz, bei dem durch nachträgliche Ausfüllung des submikroskopischen Kapillarsystems eine weitgehende Homogenisierung der Zellwände und außerdem durch gänzliche oder teilweise Ausfüllung der Zellhohlräume mit Kernstoffen eine weitgehende Homogenisierung des ganzen Holzkörpers erreicht wird.

Die wenigen im Vorstehenden aufgezeigten oder angeschnittenen Probleme sind als kleiner Ausschnitt aus dem großen Gebiet der mikroskopischen Holzforschung zu werten. Sie erheben daher nach keiner Richtung hin Anspruch auf Vollständigkeit, was auch nicht angestrebt wurde. Trotzdem sind sie geeignet, Umfang und Bedeutung des ganzen Gebietes und vor allem auch die Vielheit seiner Auswirkungen und Ausstrahlungen darzulegen. Daneben lassen sie mit besonderer Klarheit erkennen, daß die mikroskopische Erforschung des Holzes eine besondere Mannigfaltigkeit und Vielseitigkeit der Methodik erfordert und daß daher gerade hier neue Erkenntnisse und methodische Fortschritte innigst miteinander verquickt sind.

Literatur:

- Bailey I. W.* and *Kerr Th.*, Journ. of the Arnold Arboretum **18**, 1937, 261.
- Clarke S. H.*, New Phytol., **37**, 1938, 369.
- Frey-Wyssling A.*, Die Stoffausscheidungen der höheren Pflanzen, Berlin 1935.
- Die Naturwiss., **28**, 1940, 385 bis 394 (a).
- Holz als Roh- und Werkstoff, **3**, 1940, 43—45 (b).
- Haberlandt G.*, Physiologische Pflanzenanatomie, 6. Aufl., Leipzig 1924.
- Huber Br.*, Mitt. d. Hermann-Göring-Akad. d. Deutsch. Forstwiss., **1**, 1941, 110—125.
- Kisser J.*, Die Mazerationsmethoden für rezente Pflanzengewebe, in: *Abderhalden E.*, Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden. Abt. XI, T. 4, 1931, 285 bis 330 (a).
- Kisser J.*, Die Anfertigung von Dünnschliffen von rezenten pflanzlichen Materialien, ebenda 1931, 237—252 (b).
- Die botanisch-mikrotechn. Schneidemethoden, ebenda, 1932, 391—738.
- Bot. Archiv, **42**, 1941, 100—148.
- und *Lohwag K.*, Mikrochemie, **23**, 1937, 51—60.
- und *Sekyra L. W.*, Arch. f. Kriminologie, **103**, 1939, 19—32.
- Lohwag K.*, Ztschr. f. wiss. Mikroskopie, **54**, 1937, 95—96.
- Mark H.*, Journ. physic. Chem., **44** 1940, 764—788.
- Molisch H.*, Ztschr. f. Bot., **25**, 1931/32, 583—595.
- Porsch O.*, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., **44**, 1926, 137—142.
- Ruska H.*, Kolloid Ztschr., **92**, 1940, 276—285.
- Ziegenspeck H.*, Protoplasma, **35**, 1940, 237—264.

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: 1946/1947

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Kisser Josef

Artikel/Article: [Probleme der mikroskopischen Holzforschung. 18-25](#)