

Grosser • Die Hölzer Mitteleuropas

© Verlag Dr. Kessel, Eifelweg 37, 53424 Remagen, 2007
Tel.: 02228-493
Fax: 01212-512382426
E-Mail: nkessel@web.de

Alle Rechte vorbehalten

Homepage: www.VerlagKessel.de, www.forstbuch.de, www.forestrybooks.com

Druck: www.business-copy.com

(alte ISBN: 3-540-08096-1 bzw. 0-387-08096-1 (Springer-Verlag))

ISBN: 3-935638-22-1

Dietger Grosser

Die Hölzer Mitteleuropas

Ein mikrophotographischer Lehratlas

Reprint der 1. Auflage von 1977
Verlag Kessel
www.VerlagKessel.de

Adresse des Autors:

Holzforschung München
Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik
Dr. Dietger Grosser
Winzererstr. 45
80797 München

Geleitwort zur ersten Auflage

Holz war für viele Regionen der Welt über historische Zeiträume einer der wichtigsten Roh-, Bau- und Werkstoffe. Wir gehören zu den ersten Generationen, die diese Tatsache gelegentlich vergessen.

Holz als Material durchlebt nach meiner Überzeugung in unserer Zeit eine kurze Periode der Unterschätzung, denn man wird sich sehr bald besinnen, daß uns mit ihm ein besonders massenreiches, bei vernünftiger Bewirtschaftung unserer Wälder auf Dauer zur Verfügung stehendes, einmalig vielseitiges Material geschenkt wurde, dessen Renaissance im Vergleich mit vielen anderen Materialien nicht ausbleiben kann.

Aber Holz ist nicht Holz, sondern seine Eigenschaften hängen in besonderem Maße von der Baumart, daneben aber auch vom Standort sowie von der Veranlagung und dem Alter des Einzelbaumes ab. Das macht den Umgang mit Holz gelegentlich schwer.

Um so erfreulicher ist es, daß Dr. Grosser aus dem Institut für Holzforschung der Universität München mit dem vorliegenden Lehratlas einen übersichtlichen, auch für den Ungeübten leicht nutzbaren Beitrag zur mikroskopischen und makroskopischen Bestimmung der mitteleuropäischen Holzarten liefert. Damit findet der längst vergriffene Atlas von E. Schmidt aus dem Jahre 1941 endlich eine völlig neu bearbeitete, erweiterte Fortsetzung.

Ich wünsche dem Buch eine weite Verbreitung – auch über den Kreis derjenigen hinaus, die sich beruflich mit Holz, mit Holzanatomie und Baumarten befassen.

München, Februar 1977

Prof. Dr. HORST SCHULZ
Vorstand des Instituts für Holzforschung
der Universität München

Vorwort zur ersten Auflage

Der vorliegende Lehratlas soll seiner Bezeichnung entsprechend zugleich Lehr- und Bestimmungsbuch sein. Als solches ist der Atlas in einen allgemeinen Teil mit einer Einführung in die Anatomie des Holzes und in einen speziellen Teil mit der Beschreibung des Holzbildes von über 70 in Mitteleuropa beheimateten und eingebürgerten Baum- und Straucharten untergliedert.

Im anatomischen Teil werden der makroskopische und insbesondere der mikroskopische Bau des Holzes ausführlich in Wort und Bild beschrieben. Die verwendeten holzanatomischen Begriffe entsprechen weitgehend den Definitionen der Nomenklatur der International Association of Wood Anatomists (IAWA). Besonderer Wert wurde auf instruktive Zeichnungen und Mikrographien gelegt, um dem Leser eine rasche Einarbeitung in die Zusammenhänge des Holzaufbaues zu ermöglichen. Als Bestimmungshilfen enthält der Atlas verschiedene, zum Teil großformatige und separat in einer Einstecktasche beigefügte Bestimmungsschlüssel, -tafeln und Merkmalsübersichten. Eine Anleitung zur Präparation von Holzproben vervollständigt den anatomischen Buchteil.

Bei den Holzartenbeschreibungen wurde besonders darauf geachtet, daß der Text und die zugehörigen Mikrographien stets auf zwei gegenüberliegenden Seiten stehen, so daß beim Studium einer Holzart ein lästiges Umblättern und Suchen nach den Abbildungen entfällt. Die Hölzer sind in alphabetischer Reihenfolge der Familien und innerhalb dieser die Gattungen ebenso angeordnet. Die wissenschaftlichen botanischen Bezeichnungen entsprechen dem neuesten Stand der Nomenklatur. Soweit notwendig, wurden auch veraltete, aber in der Literatur weitverbreitete Namen (Synonyme) berücksichtigt.

Die bewußt knapp gehaltenen Texte beschränken sich auf die Darstellung der wesentlichsten anatomischen Strukturen und Unterscheidungsmerkmale. Sie sind jeweils untergliedert in die Abschnitte „Allgemeines“ (mit Größen- und Verbreitungsangaben), „Makroskopisches Holzbild“ und „Mikroskopisches Holzbild“. Die Berücksichtigung der makroskopischen Strukturen leitet sich aus der Tatsache ab, daß letztlich jeder mikroanatomischen Holzbestimmung eine makroanatomische orientierend voraus geht. Die angegebenen Zahlenwerte sind Mittelwerte, sie setzen sich aus Literaturangaben und eigenen Untersuchungsergebnissen zusammen (vgl. S. 57 Kapitel „Vorbemerkungen“ zu den Holzartenbeschreibungen).

Die Bildtafeln umfassen in der Regel 3 bis 6 Mikrographien vom Quer-, Tangential- und Radialschnitt einer Holzart. Vom Querschnitt ist zumeist ein Übersichtsbild in 25facher Vergrößerung sowie ein Detailbild in 40- bis 120facher Vergrößerung wiedergegeben. Für den Tangential- und Radialschnitt wurde jeweils eine den Erfordernissen entsprechende Vergrößerung zwischen 40- und 600fach gewählt. Bei den ringporigen Nutzhölzern, wie z. B. Eiche, Edelkastanie, Esche und Ulme, wurde zugunsten eines größerformatigen und mehrere Jahrringe umfassenden Übersichtsbildes auf die höhere Vergrößerung des Querschnitts verzichtet. Nahe verwandte und ähnlich strukturierte Hölzer derselben Gattung sind zum Teil auf Aufschlagtafeln zusammengefaßt dargestellt.

Mit Ausnahme der im Auflicht hergestellten Querschnittübersicht der Waldrebe (Tafel 46) handelt es sich bei allen Mikrophotographien um Durchlichtaufnahmen. Als Vorlagen für diese dienten neben Präparaten aus der Sammlung des Instituts für Holzforschung der Universität München vornehmlich eigens für den Atlas hergestellte Dünnschnitte von botanisch einwandfrei bestimmten Holzmustern aus der Handmuster-Sammlung desselben Instituts sowie von Holzproben aus dem Botanischen Garten München. Darüber hinaus standen Präparate des ehemaligen Instituts für Holzkunde und Forstnutzung der Universität München zur Verfügung.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. H. v. Aufseß und Herrn Prof. Dr. D. Fengel für die Durchsicht des Manuskriptes und für wertvolle Verbesserungsvorschläge. Fr. E. Geier danke ich für die oft nicht einfache Präparation hochwertiger Mikroschnitte und Fr. E. Graessle und Herrn E. Glas für ihre Hilfe beim Anfertigen der Zeichnungen. Die umfangreichen phototechnischen Arbeiten führte in dankenswerter Weise Frau H. Bauer durch, deren große Erfahrung die ansprechende Bildqualität der Mikrophotographien ermöglichte.

München, Februar 1977

DIETGER GROSSER

Inhalt

A. Anatomie des Holzes		1
I. Makroskopischer Bau des Holzkörpers		1
1. Allgemeiner Aufbau		1
2. Schnittrichtungen		6
II. Mikroskopischer Bau der Nadelhölzer		9
1. Tracheiden (Längstracheiden)		13
2. Holzstrahlen		16
3. Längsparenchym (Parenchym)		19
4. Harzkanäle		19
5. Anmerkungen und Hilfen zum Bestimmen der mitteleuropäischen Nadelhölzer		21
III. Mikroskopischer Bau der Laubhölzer		23
1. Gefäße		26
2. Längsparenchym (Parenchym)		32
3. Holzstrahlen		36
4. Fasern		40
5. Anmerkungen und Hilfen zum Bestimmen der mitteleuropäischen Laubhölzer		42
IV. Präparation		50
B. Holzartenbeschreibungen		55
I. Vorbemerkungen		57
II. Nadelhölzer		59
Gemeiner Wacholder, Machandel	Juniperus communis L.	60
Tanne, Weißtanne, Edeltanne	Abies alba Mill.	62
Lärche, Europäische Lärche	Larix decidua Mill.	64
Fichte, Rotfichte	Picea abies (L.) Karst	66
Zirbelkiefer, Arve	Pinus cembra L.	68
Gemeine Kiefer, Föhre	Pinus sylvestris	70
Douglasie	Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco	72
Eibe	Taxus baccata L.	74
III. Laubhölzer		77
Bergahorn	Acer pseudoplatanus L.	78
Stechpalme, Hülse	Ilex aquifolium L.	82

Efeu	<i>Hedera helix</i> L.	84
Berberitze, Sauerdorn	<i>Berberis vulgaris</i> L.	86
Schwarzerle, Roterle	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	88
Birke, Weißbirke, Sandbirke	<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	90
Trompetenbaum	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	92
Buchsbaum	<i>Buxus sempervirens</i> L.	94
Gemeine Heckenkirsche, Beinholz	<i>Lonicera xylosterum</i> L.	96
Schwarzer Holunder	<i>Sambucus nigra</i> L.	98
Wolliger Schneeball	<i>Viburnum lantana</i> L.	100
Spindelbaum, Pfaffenhütchen	<i>Euonymus europaeus</i> L.	104
Kornelkirsche, Gelber Hartriegel	<i>Cornus mas</i> L.	106
Hainbuche, Weißbuche	<i>Carpinus betulus</i> L.	110
Haselstrauch, Gemeine Hasel	<i>Corylus avellana</i> L.	112
Hopfenbuche	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	114
Sanddorn	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	116
Nordamerikanischer Rhododendron	<i>Rhododendron maximum</i> L.	118
Edelkastanie, Echte K., Eßkastanie	<i>Castanea sativa</i> Mill.	120
Rotbuche, Gemeine Buche	<i>Fagus sylvatica</i> L.	122
Stieleiche, Sommereiche	<i>Quercus robur</i> L.	124
Traubeneiche, Winterliche	<i>Quercus petraea</i> Liebl.	124
Roßkastanie	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	130
Walnuß, Nußbaum	<i>Juglans regia</i> L.	132
Gleditschie, Christusdorn	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	134
Besenginster	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	136
Goldregen	<i>Laburnum anagyroides</i> Med.	138
Robinie, Falsche Akazie	<i>Robinia pseudoakacia</i> L.	140
Tulpenbaum	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	144
Weißer Maulbeerbaum	<i>Morus alba</i> L.	146
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	148
Liguster, Rainweide	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	150
Flieder	<i>Syringa vulgaris</i> , L.	152
Ahornblättrige Platane	<i>Platanus x acerifolia</i> (Ait.) Willd.	154
Waldrebe	<i>Clematis vitalba</i> L.	156
Kreuzdorn	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	158
Faulbaum, Pulverholz	<i>Rhamnus frangula</i> L.	160
Eingrifflicher Weißdorn, Hagedorn	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	162
Zweigrifflicher Weißdorn, Gemeiner W.	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir) DC.	162
Kirschbaum, Vogelkirsche, Süßk.	<i>Prunus avium</i> L.	166
Birnbaum	<i>Pyrus communis</i> L.	168
Heckenrose, Hundsrose	<i>Rosa canina</i> L.	172
Ebersche, Vogelbeere	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	174
Zitterpappel, Aspe, Espe	<i>Populus tremula</i> L.	176

Weißweide, Silberweide	Salix alba L.	178
Pfeifenstrauch, Falscher Jasmin	Philadelphus coronarius L.	180
Alpen-Johannisbeere	Ribes alpinum L.	182
Götterbaum	Ailanthus altissima (Mill.) Swingle	184
Pimpernuß	Staphylea pinnata L.	186
Seidelbast, Kellerhals	Daphne mezereum L.	188
Winterlinde	Tilia cordata Mill.	190
Sommerlinde	Tilia platyphyllos Scop.	190
Zürgelbaum,	Triesterholz, Celtis australis L.	194
Feldulme, Feldrüster	Ulmus carpinifolia Gleditsch	196
Bergulme, Bergrüster	Ulmus glabra Huds.	196
Flatterulme, Flatterrüster	Ulmus laevis Pall.	196

Verzeichnis der benutzten Literatur	203
Holzartenverzeichnis	211
Stichwortverzeichnis	215
Weitere Titel aus dem Verlag	219

A. Anatomie des Holzes

I. Makroskopischer Bau des Holzkörpers

1. Allgemeiner Aufbau

Holz ist das sekundäre Dauergewebe von Stämmen, Ästen und Wurzeln der Bäume und Sträucher, das durch eine als Kambium bezeichnete, ringförmige Bildungsschicht erzeugt wird. Unter stetiger Vergrößerung seines Umfanges scheidet das Kambium nach innen Holzzellen (Xylem) und nach außen Rindenzellen (Phloem) ab. Dabei bleibt der Rindenzuwachs gegenüber dem Holzzuwachs stark zurück. Ebenfalls als Holz wird das stark lignifizierte Gewebe der zu den Monokotyledonen gehörenden Palmen und Bambusarten eingestuft, obgleich diese kein kambiales Dickenwachstum aufweisen und somit definitionsgemäß kein Holz im eigentlichen Sinn ausbilden.

Der Holzkörper selbst besteht aus Millionen von Zellen unterschiedlicher Art, Größe, Form, Anzahl und Verteilung. Gleichartige Zellen treten gruppenweise als größere Verbände (Gewebe) auf Entsprechend den drei Funktionen des Holzteiles der Bäume und Sträucher, nämlich der mechanischen Festigung, Wasserleitung und Stoffspeicherung, können drei Gewebearten unterschieden werden: Festigungs-, Leit- und Speichergewebe. Das Festigungsgewebe setzt sich bei den Nadelhölzern aus Tracheiden zusammen, die aber gleichzeitig auch dem Transport des Wassers und der darin gelösten Nährstoffe dienen. Die Laubhölzer besitzen als festigende Elemente Librifasern und teilweise Fasertracheiden, gemeinsam auch als Holzfasern bezeichnet, während die Wasserleitung von mehr oder weniger weitlumigen Gefäßen übernommen wird. Das Speichergewebe schließlich besteht sowohl bei den Nadelhölzern als auch den Laubhölzern aus Parenchymzellen (Speicherzellen). Hinzu kommen gegebenenfalls noch Exkretionsgewebe wie Harzkanäle und Sondergewebe wie Wund- und Reaktionsholz. Die Hauptmenge der Holzzellen verläuft parallel zur Stammachse bzw. in „Faserrichtung“. Zu diesen achsenparallel orientierten Zellen liegen rechtwinklig, d. h. im stehenden Baum waagrecht, zahlreiche als Holzstrahlen bezeichnete Zellbänder. Sie sind – von einigen Ausnahmen bei den Nadelhölzern abgesehen – rein parenchymatisch und gewährleisten die radiale Leitung und Speicherung von organischen Stoffen aus der Rinde. Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Zell- und Gewebearten findet sich in den beiden folgenden Kapiteln, die den mikroskopischen Bau der Nadel- und Laubhölzer behandeln.

Aufbau, Anordnung, Form und Größe der Gewebe bzw. die aus den verschiedenen Zellarten resultierenden Strukturen, die wiederum zusammen das „Bild“ (Textur, Zeichnung) einer Holzart ergeben, sind vielfach bereits makroskopisch, d.h. mit bloßem Auge oder zumindest bei Lupenvergrößerung, erkennbar. Die Einzelzellen bleiben dagegen zumeist verborgen, und ihre Feinstruktur kann nur mit Hilfe des Mikroskops beobachtet werden. Lediglich die wasserleitenden Gefäßzellen erreichen bei zahlreichen Hölzern so große Durchmesser, daß sie auf dem Querschnitt als Poren und auf den Längsschnitten als Porenrillen auch makroskopisch sichtbar sind.

Auf dem Querschnitt eines berindeten Stammes können je nach Holzart unterschieden werden: 1. Die aus Borke und Bast zusammengesetzte Rinde, 2. der den Hauptteil bildende Holzteil mit Splint und Kern, Jahrringen oder Zuwachszonen einschließlich verschiedener Zell- oder Gewebekomplexe sowie 3. das im Inneren liegende Mark. Das zwischen Rinde und Holz gelegene Kambium ist makroskopisch nicht wahrnehmbar (Abb. 1).

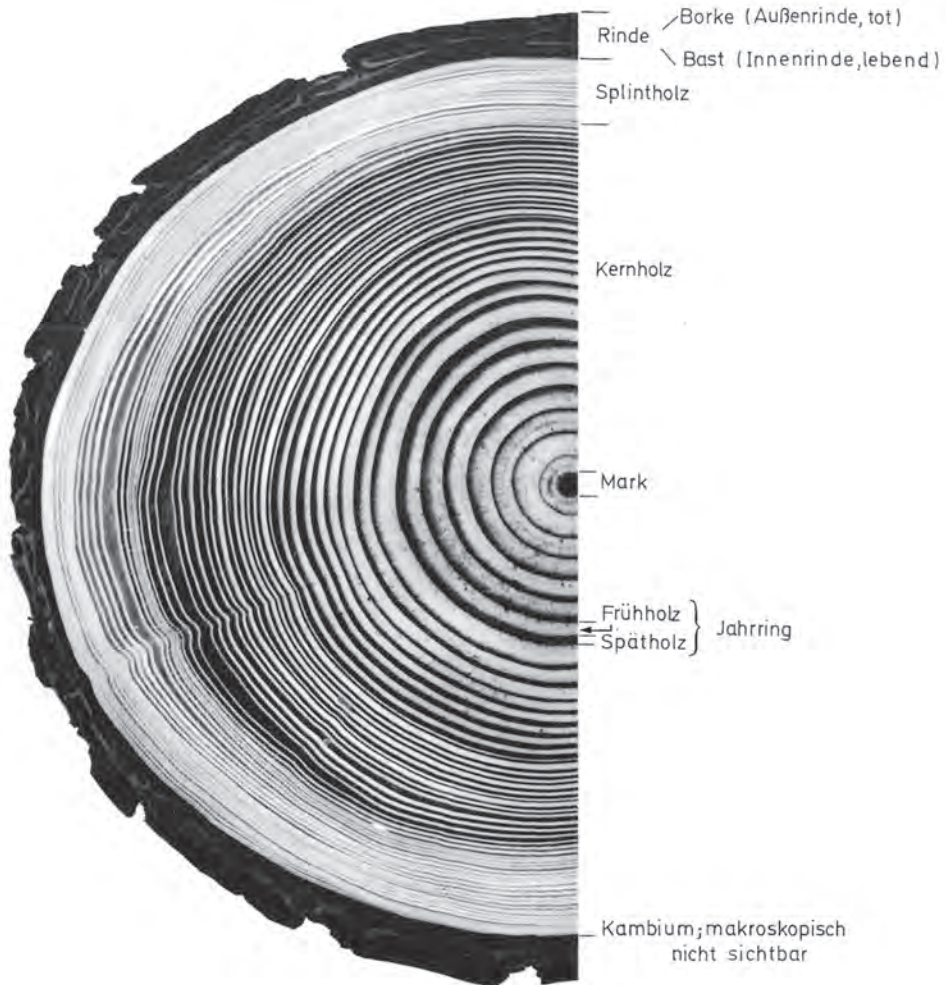


Abb. 1. Querschnitt durch einen Nadelholzstamm (Douglasie)

Mark

Das Mark stellt ein parenchymatisches Gewebe von rundlichem, eckigem oder strahligem Querschnitt mit meist nur wenigen mm Durchmesser dar. Es dient dem jungen Sproß zur Wasserleitung, stirbt aber bei einer Reihe von Holzarten frühzeitig ab. Bei anderen Holzarten, wie z. B. Erle, Birke, Rotbuche und Eiche, bleibt das Mark auch länger, bis zu 10 Jahren lebend und kann Stärke und Fette speichern.

Jahrringe und Zuwachszonen

Zuwachszonen entstehen als Folge eines durch Ruhepausen unterbrochenen Wachstums. In allen Klimagebieten mit winterlicher Vegetationsruhe sind diese Zonen als Regel dem jährlichen, ringförmigen Zuwachs eines Baumes gleichzusetzen. Daher werden sie Jahrringe genannt, und

aus ihrer Anzahl läßt sich das Alter des Holzes bzw. unter bestimmten Voraussetzungen das des Baumes ableiten. Laubabwerfende Bäume subtropischer und tropischer Gebiete bilden in Abhängigkeit vom Wechsel der Trocken- und Regenzeiten Zuwachszonen aus, die nicht den Jahrringen entsprechen. Hölzer aus immergrünen Tropenwäldern mit ununterbrochener Wachstumstätigkeit weisen fast oder überhaupt keine Zuwachszonen auf.

Sichtbar werden die Jahrringe dadurch, daß zu Beginn und gegen Ende einer Vegetationsperiode Zellen unterschiedlicher Art, Größe, Anzahl und Verteilung angelegt werden. Entsprechend wird innerhalb der Jahrringe zwischen Früh- und Spätholz unterschieden. Während das Frühholz den raschen Wassertransport zu Beginn der Vegetationsperiode sichert, kommt dem im Sommer angelegten Spätholz vornehmlich die Aufgabe der Festigung zu. Die unter-

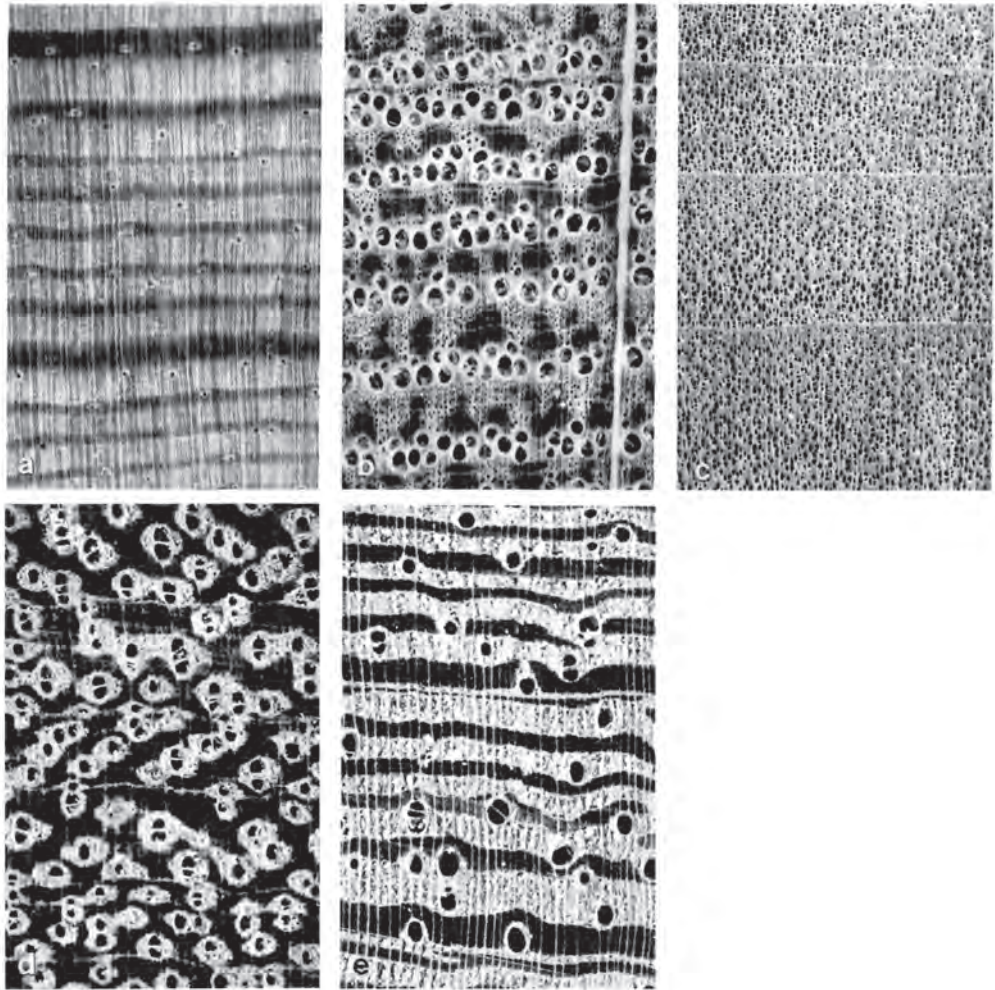


Abb.2a-e. Querschnitte verschiedener Holzarten, Auflicht 7x. (a) Nadelholz (Fichte); (b) ringporiges Laubholz (Eiche); (c) zerstreutporiges Laubholz (Pappel); (d) tropisches Laubholz mit feldartiger (aliformer) Parenchymanordnung (Afzelia); (e) tropisches Laubholz mit bandartiger Parenchymanordnung (Wenge)

schiedlichen Funktionen von Früh- und Spätholz erklären auch die bei zahlreichen Holzarten (besonders Nadelhölzer und ringporige Laubhölzer) deutlichen anatomischen Unterschiede zwischen den beiden Jahrringteilen. In den Nadelhölzern sind im Frühholz weitlumige, dünnwandige, im Spätholz hingegen englumige, dickwandige Zellen ausgebildet. Dieser ausgeprägte Unterschied in der Zellwanddicke führt zu den für die Nadelhölzer so charakteristischen Farb- und Härteunterschieden innerhalb des Jahrringes. Das lockere Frühholz ist heller, das dichte Spätholz dunkler gefärbt (Abb. 2a). Bei den Laubhölzern werden aufgrund der Anordnung und Größe der Gefäße über den Jahrring drei Gruppen unterschieden: ringporige, zerstreutporige und halbringporige Hölzer. Ringporige Holzarten wie Edelkastanie, Eiche, Esche, Robinie und Ulme besitzen im Frühholz besonders weite und zu einem Ring angeordnete Gefäße, denen zum Spätholz hin mehr oder weniger übergangslos sehr viel kleinere Gefäße folgen (Abb. 2b). Zerstreutporige Hölzer wie Ahorn, Birke, Erle, Linde, Pappel, Rotbuche und Weide weisen dagegen über den gesamten Jahrring wenige oder keine Unterschiede hinsichtlich der Verteilung und Größe der Gefäße auf. Entsprechend sind die Jahrringgrenzen häufig undeutlicher als bei den Nadelhölzern und ringporigen Laubhölzern (Abb. 2c, 3).

Markiert werden sie vornehmlich durch porenärmere Zonen, Reihen mit abgeflachten und dickwandigeren Zellen, die eine gewisse Verdichtung des letzten Spätholzes zur Folge haben, oder durch tangentielle Parenchymbänder. Halbringporige Hölzer wie Nußbaum und Kirschbaum nehmen eine Mittelstellung zwischen Ring- und Zerstreutporigkeit ein. Im einzelnen sind die verschiedenen Laubholztypen im Kapitel III definiert.

Außer der Verteilung und Größe der Gefäße können bei ausreichender Breite die Holzstrahlen, bei reichlichem Vorkommen das Längsparenchym sowie Harzkanäle oder Markflecken bei manchen Nadelhölzern bzw. Laubhölzern makroskopisch wahrgenommen werden.

Holzstrahlen kommen ausnahmslos in allen Nadel- und Laubhölzern vor, wobei Größe und Häufigkeit jedoch von Holzart zu Holzart stark variieren können. Sie bilden helle, feine, nur selten über 1 mm breite Linien (Abb. 2a-2e) und sind vom Außenrand des Stammes, vergleichbar den Speichen eines Rades, strahlenförmig zu dessen Mitte gerichtet. Jedoch führen nur die zuerst gebildeten und daher als primär bezeichneten Strahlen bis zum Mark. Alle später angelegten, sogenannten sekundären Strahlen stehen nicht mit dem Mark in Verbindung. Ihr Anfang ist um so mehr in Richtung Stammperipherie verschoben, je später sie aus dem Kambium hervorgegangen sind. Da der früher ausschließlich gebrauchte Begriff „Markstrahlen“ streng genommen nur auf die primären Strahlen anzuwenden und für die Masse der Strahlen nicht zutreffend ist, wird er in der neueren Literatur immer häufiger durch den anatomisch besseren Begriff „Holzstrahlen“ ersetzt. Das Erkennen oder Nichterkennen der Holzstrahlen mit bloßem Auge oder bei Lupenvergrößerung stellt ein wichtiges Bestimmungsmerkmal dar. Besonders breite und das Holzbild wesentlich beeinflussende Strahlen besitzen z. B. Eiche, Rotbuche, Platane, Waldrebe und Weinstock (Abb. 2b). Dagegen sind alle Nadelhölzer durch besonders feine Strahlen gekennzeichnet, die makroskopisch kaum mehr erkennbar sind und sich unter dem Mikroskop meist als nur eine Zelle breit erweisen (Abb. 2a). Eine besondere Art von Holzstrahlen stellen die für das Holz der Erle und Hainbuche charakteristischen Scheinholzstrahlen dar. Sie bestehen aus einer Vielzahl schmaler, sehr dicht gelagerter Einzelstrahlen und vermitteln dadurch den Eindruck eines einzelnen breiten, seitlich aber weniger scharf begrenzten Holzstrahls.

Längsparenchym wird immer dann makroskopisch sichtbar, wenn es in gehäufte Anordnung auftritt. Insbesondere weisen zahlreiche Tropenhölzer so reichlich Längsparenchym auf, daß es deren Holzbild entscheidend beeinflusst und ihm damit große diagnostische Bedeutung zukommt. Vom umgebenden Grundgewebe hebt es sich in der Regel in Form hellerer Felder und Bänder unterschiedlicher Anordnung ab (Abb. 2d, e). Einheimische Hölzer besitzen dagegen kaum nennenswerte und makroskopisch erkennbare Parenchymanteile, da es bei diesen zumeist nur fein verteilt als Einzelstränge oder kleinste Zellgruppen vorkommt. Nur bei wenigen Arten tritt

es reichlicher auf, entweder als feine, kurze Bändchen (Eiche, Nußbaum, Abb. 2b) oder als schmale, die Gefäßränder betonende Scheiden (Esche).

Harzkanäle bilden auf dem Querschnitt helle oder dunkle Punkte (Abb. 2a). Sie sind kennzeichnend für bestimmte Nadelhölzer wie Fichte, Lärche, Kiefernarten und Douglasie. Allgemein weniger bekannt ist, daß sich ihr Vorkommen nicht auf Nadelhölzer beschränkt. Auch tropische Laubhölzer führen Harzkanäle. Dazu zählen z. B. die Arten der in Südostasien weitverbreiteten Familie der *Dipterocarpaceae*, die wichtige Handelshölzer wie Meranti, Keruing oder Yang liefert. Andererseits gibt es eine Reihe von Nadelhölzern wie Eibe, Tanne und Wacholder, die in der Regel harzgangfrei sind.

Markflecken (Braunfleckigkeit) sind Wundgewebe, die auf dem Querschnitt als braune, tangential gestreckte Flecken in Erscheinung treten. Verursacht werden sie durch Kambium-Minierfliegen der Gattung *Phytobia* Lioy (Familie *Agromyzidae*), deren Larven im Kambium axial verlaufende Fraßgänge anlegen, die später durch unregelmäßiges, dunkle Kernstoffe enthaltendes Wundparenchym geschlossen werden. Da bestimmte Laubholzarten wie Birke, Erle, Pappel, Weide, verschiedene Obstbäume (Birnbäum, Apfelbaum), Weißdorn, Eberesche, Mehlbeere, Hasel und Hartriegel regelmäßig – wenn auch unterschiedlich häufig – Markflecken aufweisen, können diese diagnostisch verwertet werden.

Splint- und Kernholz

Mit dem Altern wird das Holz durch Verkernungsvorgänge in Splint- und Kernholz getrennt. Ersteres ist durch das Vorkommen lebender, physiologisch aktiver Holzzellen gekennzeichnet und hat Wasserleit- und Speicherfunktionen. Das Kernholz umfaßt die inneren Zonen im Holz und enthält in der Regel keine lebenden Zellen mehr. Grundvorgang der Verkernung ist das Absterben der parenchymatischen Zellen einschließlich der Auflösung ihres Stärkedepots. Begleitet wird die Verkernung häufig von der Einlagerung spezifischer, oft gefärbter Kernstoffe, Änderungen im Gas- und Wassergehalt, Verschuß der Hoftüpfel und Inkrustierung ihrer Membranen sowie Bildung von Thyllen. Tüpfelverschluß und Thyllenbildung (vgl. S. 36) können aber auch zeitlich weit vor dem Absterben der Parenchymzellen liegen.

Nach Art ihrer Kernholzbildung lassen sich die Baumarten wie folgt einteilen (Abb. 3):

1. Kernholzbäume mit regelmäßiger (= obligatorischer) Farbkernbildung.
Zu den Kernholzbäumen zählen Lärche, Kiefer, Eiche, Robinie, Kirschbaum und Nußbaum. Bei unregelmäßiger (= fakultativer), nur unter bestimmten Voraussetzungen erfolgender Farbkernbildung spricht man von Falschkernen. Solche kommen häufig als Rotkern bei der Rotbuche, als Braunkern bei der zumeist den Kern-Reifholzbäumen zugeordneten Esche sowie seltener bei einigen Splintholzbäumen wie Birke und Ahorn vor. Gekennzeichnet sind Falschkerne durch unregelmäßige Querschnittsformen mit oft wolkigen Ausbuchtungen.
2. Kern-Reifholzbäume mit einem auf den dunkler gefärbten Kern folgenden Streifen intermediären Holzes (Reifholz), das wasserärmer, aber vom Splint farblich nicht unterschieden ist. Als Kern-Reifholzbäume werden Ulme und häufig Esche angesehen.
3. Reifholzbäume mit hellem Kernholz, das vom Splint lediglich durch einen geringeren Wassergehalt, nicht aber farblich unterschieden ist. Zu dieser Gruppe gehören Fichte, Tanne, Birnbäum, Linde und Rotbuche.
4. Splintholzbäume ohne Farb- und Feuchtigkeitsunterschiede zwischen Außen- und Innenholz. Splintholzbäume sind Aspe, Bergahorn, Birke, Erle, Spitzahorn und Weißbuche.

Diese Einteilung basiert ausschließlich auf Unterschieden hinsichtlich Färbung und Feuchtigkeitsgehalt zwischen Außen- und Innenholz. Physiologisch gesehen bilden alle Bäume Kernholz mit mikroskopisch nachweisbaren Verkernungsmerkmalen bzw. einem physiologisch inaktiven Bereich aus.

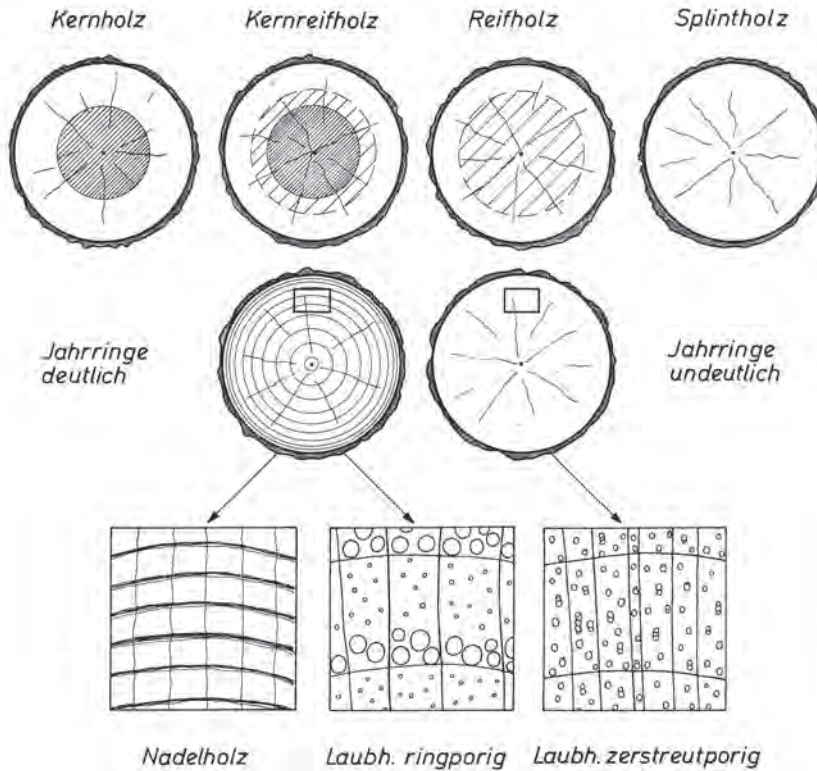


Abb. 3. Stammquerschnitte von Bäumen mit unterschiedlicher Kernholzbildung (Kernholz-, Kern-Reifholz-, Reifholz- und Splintholzbaum) und mit unterschiedlich deutlichen Jahrringgrenzen (Nadelholz, ringporiges und zerstreuporiges Laubholz)

2. Schnittrichtungen

Mit dem Querschnitt ist eine der drei in der Holz Anatomie üblichen und notwendigen Hauptschnittrichtungen bereits genannt worden. Die beiden anderen sind der Tangentialschnitt und der Radialschnitt, die zusammen mit dem Querschnitt erst ein räumliches Bild vom Aufbau des Holzes zu geben vermögen. Auch ist es nur mit Hilfe dieser drei anatomischen Hauptschnitte möglich, eine Holzprobe eindeutig zu charakterisieren, da die das Holzbild bestimmenden Zellen bzw. Gewebe je nach Schnittrichtung ein sehr verschiedenes Aussehen aufweisen (Abb. 4 und 5).

Querschnitt

Der Querschnitt oder Hirnschnitt wird bei der Holzbestimmung in der Regel als erster geprüft, da er den umfassendsten Einblick in den anatomischen Bau einer Holzart vermittelt. Aus diesem Grund orientiert man sich bei der makroskopischen Holzbestimmung vornehmlich am Querschnitt. Durch den senkrecht zur Stammachse geführten Schnitt werden wie beim Durchschneiden eines vieladrigen Kabels alle achsenparallel verlaufenden Zellen bzw. Zellkomplexe getroffen und freigelegt.

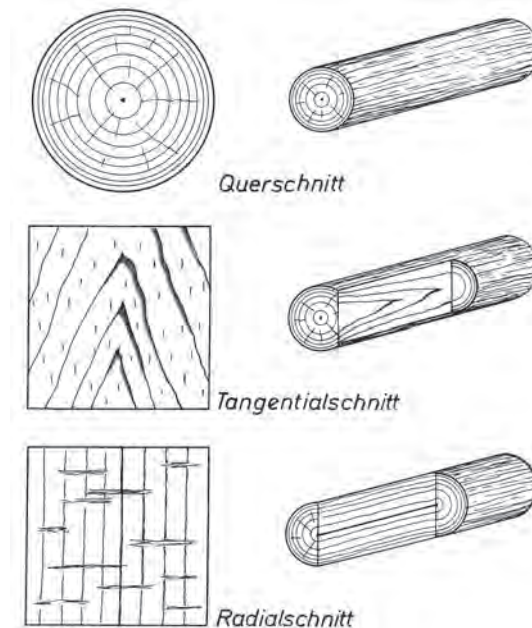


Abb. 4. Schnittrichtungen. Schnittführung beim Querschnitt senkrecht zur Stammachse, beim Tangentialschnitt parallel zur Stammachse und quer zu den Holzstrahlen, beim Radialschnitt parallel zur Stammachse und fast parallel zu den Holzstrahlen

Tangentialschnitt

Der Tangentialschnitt wird längs zur Stammachse im Sinne einer Tangente der Jahresringe geführt, wobei die Holzstrahlen im rechten Winkel durchtrennt werden und als spindelförmige Striche auf der Schnittfläche erscheinen (Abb. 4 und 5). Höhe und Breite der Holzstrahlen lassen sich auf dem Tangentialschnitt am besten beobachten. Die in ihrer Längsrichtung angeschnittenen Gefäße sind, abhängig von ihren Durchmessern, als feine oder grobe Rillen zu erkennen und werden als Porenritzen oder auch Nadelrisse bezeichnet. Da es sich hierbei um keine Risse handelt, sollte der ersten Bezeichnung der Vorzug gegeben werden.

Der Tangentialschnitt ist der gewöhnliche Bretterschnitt. Er wird auch „Fladerschnitt“ genannt, da die im spitzen Winkel angeschnittenen Jahresringe fladerförmig als parabelförmige Bogen bzw. als zu einer stumpfen Spitze verlaufende Bänder erscheinen. Am markantesten treten Fladern bei Holzarten mit ausgeprägtem Frühholz-Spät Holz-Kontrast auf, wie das z. B. bei den Nadelhölzern und ringporigen Laubhölzern der Fall ist.

Aber auch manche zerstreutporige Hölzer wie Rotbuche oder Ahorn können Fladern aufweisen. Bei Tropenhölzern werden gefladerte Texturen durch bandförmiges Längsparenchym oder Farbstoffeinlagerungen hervorgerufen.

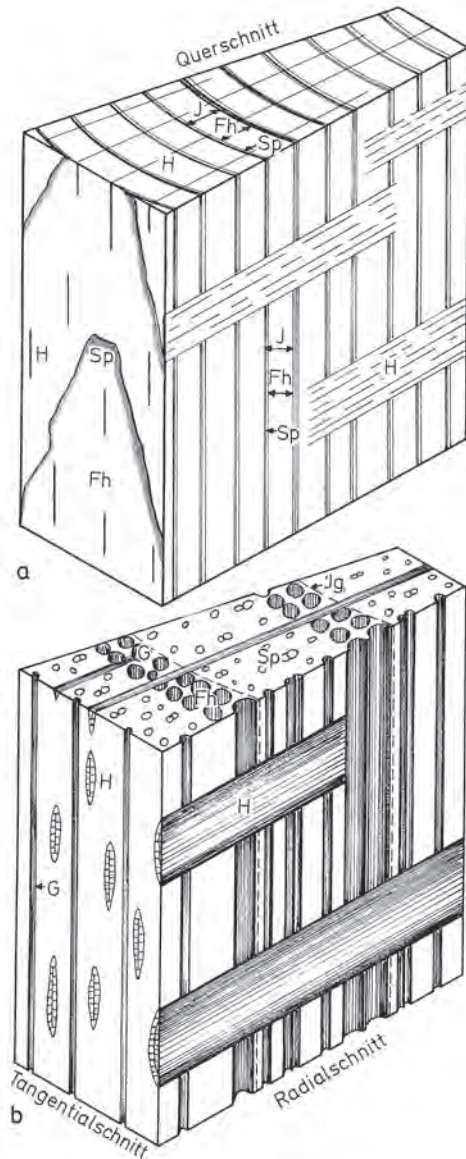


Abb. 5 a und b.

Schematische Darstellung der Schnittrichtungen mit charakteristischen makroanatomischen Erkennungsmerkmalen. (a) Nadelholz, (b) ringporiges Laubholz, Fh=Frühholz, G=Gefäß, H=Holzstrahl, J=Jahrring, Jg=Jahrringgrenze, Sp=Spätholz

Radialschnitt

Der Radialschnitt gibt den besten Einblick in die sich kreuzenden Zellsysteme des Holzes. Er wird in der Längsrichtung im Sinne der Radien der Jahrringe parallel zu den Holzstrahlen geführt. Letztere werden dabei der Länge nach aufgeschnitten und erscheinen bei geradem Verlauf als mehr oder weniger lange Bänder, Schuppen oder Flecken hervortretenden Holzstrahlen als „Spiegel“ und den Radialschnitt entsprechend als „Spiegelschnitt“. Durch auffällige Spiegel sind u.a. Eiche, Platane, Rotbuche, Ulme und Ahorn gekennzeichnet.

Keinen Glanz zeigen die bereits erwähnten Scheinholzstrahlen der Erle und Hainbuche. Als Holzarten ohne deutliche Spiegel sind alle Nadelhölzer und von den Laubhölzern u. a. Birnbaum, Birke, Buchsbaum, Pappel, Roßkastanie und Weide zu nennen. Daß die Strahlen beim Sägeschnitt nicht in ihrer vollen Länge und Höhe freigelegt werden, erklärt sich daraus, daß sie nicht streng gerade, sondern häufig wellenförmig verlaufen und somit immer wieder aus der Schnittebene „austreten“. Die angeschnittenen Gefäße erscheinen wiederum als Porenrillen. Die Jahrringe werden rechtwinklig durchschnitten und sind als parallel verlaufende Streifen sichtbar, was insbesondere wieder für Hölzer mit ausgeprägten Frühholz-Spätholz-Unterschieden (Nadelhölzer, ringporige Laubhölzer) gilt. Auch durch Längsparenchym können Streifen verursacht sein (Tropenhölzer).

II. Mikroskopischer Bau der Nadelhölzer

Das Holz der gegenüber den Laubbäumen entwicklungsgeschichtlich älteren Nadelbäume ist durch einen verhältnismäßig einfachen und regelmäßigen Aufbau charakterisiert. Dementsprechend ist die Zahl der die Familien, Gattungen und Arten unterscheidenden Mikromerkmale relativ klein. Nur zwei Zellarten setzen letztlich das Gewebe der Nadelhölzer zusammen: Tracheiden und Parenchymzellen. Da im Stamm die Zellen in zwei sich kreuzenden Systemen angeordnet sind, wird bei den Tracheiden zwischen Längs- und Quertracheiden sowie beim Parenchym zwischen Längs- und Strahlparenchym unterschieden. Als Epithelzellen werden die Harzkanäle auskleidenden parenchymatischen Exkretzellen bezeichnet. Anordnung, Form und Funktion der Nadelholzzellen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Längstracheiden, Urform der Holzzellen, nehmen bei allen Nadelhölzern mit rund 90...95% den weitaus größten Raum ein, während Holzstrahlen, Längsparenchym und Harzgänge als übrige Zellelemente bzw. Gewebesysteme mit 5...10% nur einen verhältnismäßig kleinen Anteil erreichen. Die beiden letzteren Gewebeelemente können wie bei Eibe und Tanne auch vollkommen fehlen. Eine räumliche Darstellung des Nadelholzaufbaus zeigt Abb. 6.

	Zellarten	Form *	Hauptfunktion
axial ausgerichtet	Längstracheiden Frühholztracheiden Spätholztracheiden	prosenchymatisch prosenchymatisch	Wasserleitung Festigung
	Längsparenchym Epithelzellen der vertikalen Harzkanäle	parenchymatisch parenchymatisch	Speicherung Harzausscheidung
radial aus- gerichtet (Holzstrahlen)	Quertracheiden (Holzstrahltracheiden) Strahlparenchym Epithelzellen der horizonta- len Harzkanäle	prosenchymatisch parenchymatisch parenchymatisch	Wasserleitung Speicherung Harzausscheidung

* Als Prosenchymzellen werden langgestreckte Zellen mit spitz zulaufenden Enden bezeichnet; Parenchym stellt Gewebe aus backsteinförmigen oder isodiametrischen Zellen dar.

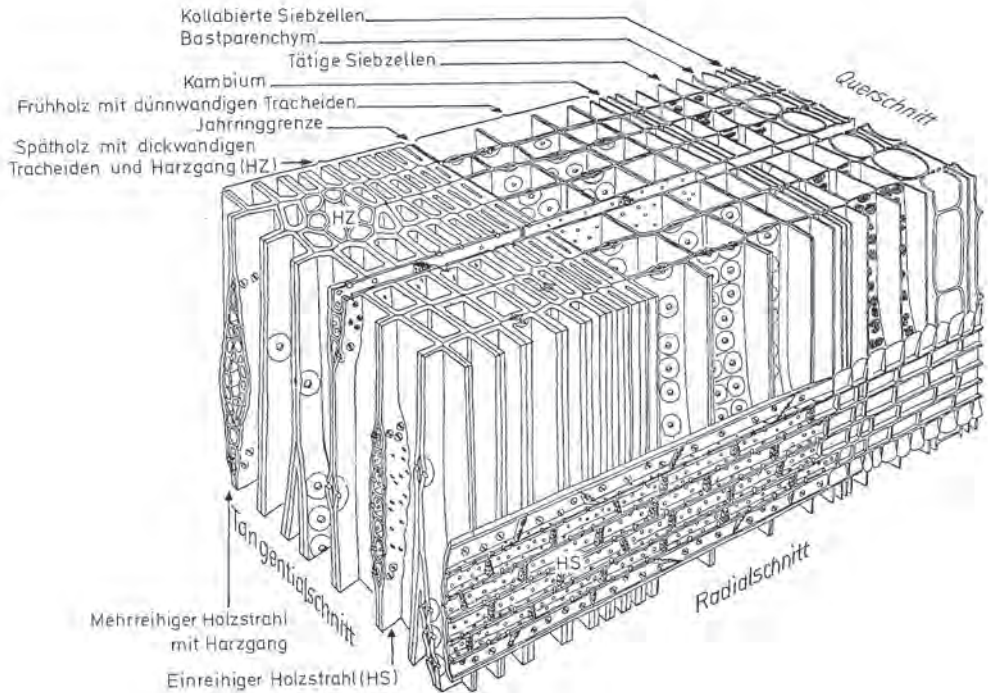


Abb. 6. Räumliche Darstellung von Holz und Bast eines Nadelbaumes (Lärche).
(Nach Mägdefrau, 1951)

Die Lumina der Zellen stehen über Öffnungen in der Zellwand miteinander in Verbindung. Die Öffnungen werden als Tüpfel bezeichnet. Ein Tüpfel besteht grundsätzlich aus einer Tüpfelhöhle und einer Tüpfelmembran (Schließhaut). Letztere begrenzt die Tüpfelhöhle nach außen, d. h. im Bereich der Mittelschicht zweier Zellen, während nach innen, d.h. zum Zellumen hin, die Höhle offen ist. Je nach Ausbildung der Tüpfelhöhle lassen sich prinzipiell zwei Typen von Tüpfeln unterscheiden: einfache Tüpfel und Hoftüpfel. Zwei sich jeweils ergänzende Tüpfel aneinandergrenzender Zellen heißen Komplementärtüpfel und bilden ein Tüpfelpaar. Schematische Darstellungen der drei wichtigsten Arten von Tüpfelpaaren – einfaches Tüpfelpaar, behöftes Tüpfelpaar und einseitig behöftes Tüpfelpaar – gibt Abb. 7 wieder.

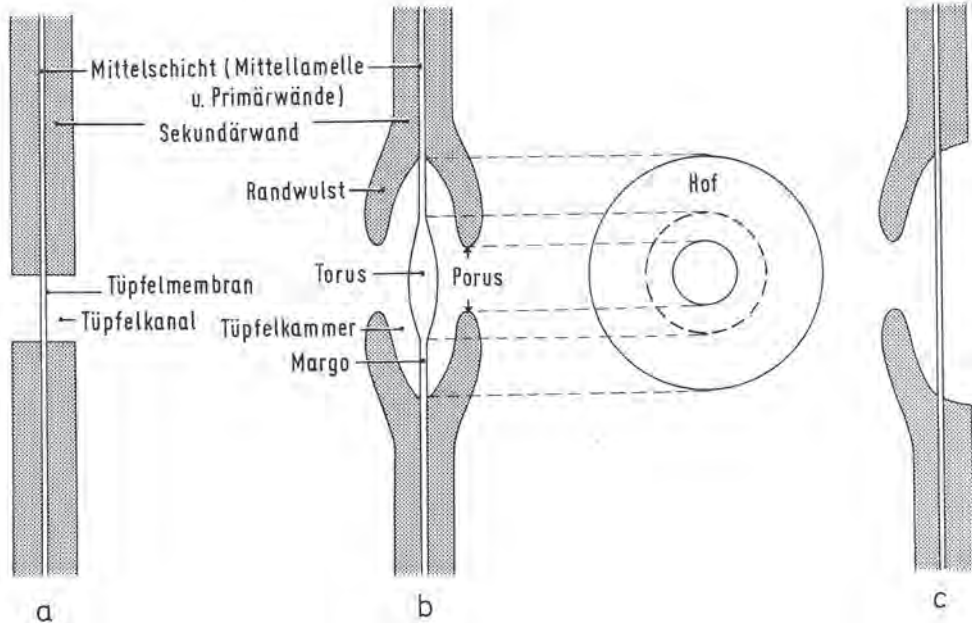


Abb. 7a-c. Schematische Darstellung verschiedener Tüpfeltypen bzw. Tüpfelpaare. (a) Einfaches Tüpfelpaar; (b) Hoftüpfelpaar (behöftes Tüpfelpaar); (c) einseitig behöftes Tüpfelpaar

Einfache Tüpfel

Bei den einfachen Tüpfeln stellt die Tüpfelhöhle einen einfachen Kanal dar, so daß ein einfaches Tüpfelpaar zwei benachbarter Zellen aus den beiden korrespondierenden Tüpfelkanälen und einer gemeinsamen, aus der Mittelschicht gebildeten Membran besteht (Abb. 7a). Die Mittelschicht setzt sich zusammen aus den beiden Primärwänden der Nachbarzellen und der dazwischenliegenden Mittellamelle. Der Tüpfelkanal kann gleichmäßig weit, d. h. zylindrisch, oder gegen das Lumen der Zelle erweitert oder verengt sein. Durch die Membran führen in feinen Kanälen als Plasmodesmen bezeichnete cytoplasmatische Stränge, die den Stoffaustausch der plasmatischen Zellinhalte ermöglichen. Durch einfache Tüpfelpaare stehen als lebende Zellen die Parenchymzellen miteinander in Verbindung.

Hoftüpfel

Hoftüpfel bzw. behöftes Tüpfelpaare sind zwischen toten wasserleitenden und festigenden Zellen, bei den Nadelhölzern also zwischen den Tracheiden, ausgebildet. Sie sind komplizierter und variabler gebaut als die einfachen Tüpfel (Abb. 7b). Im Vergleich zu den zuletzt genannten hebt sich bei den Hoftüpfeln die Sekundärwand von der Mittelschicht ab und überwölbt sie als Randwulst. Als Folge erweitert sich der Kanal zur Tüpfelmembran hin trichterförmig zu einer Tüpfelkammer. Die Tüpfelhöhle wird somit aus einem Kanal und einer Kammer gebildet. In der Aufsicht erscheint dadurch ein die Tüpfelmündung (Porus) umgebender Hof. Der Porus

selbst ist entweder rund (Abb. 7b) oder spaltförmig. Bei den Nadelhölzern aus der Familie der Pinaceen wie Tanne, Fichte, Lärche und Kiefer ist der mittlere Teil der Tüpfelmembran zu einem sogenannten Torus verdickt. Der nicht verdickte und als Margo bezeichnete äußere Bereich der Tüpfelmembran ist für Flüssigkeiten durchlässig. Die Tüpfelmembran ist dehnbar, so daß sie als Ventil wirkt. Bei Druckänderung oder Lufteinbruch in das Zellumen legt sich der Torus dicht an den Porus und verschließt den Tüpfel.

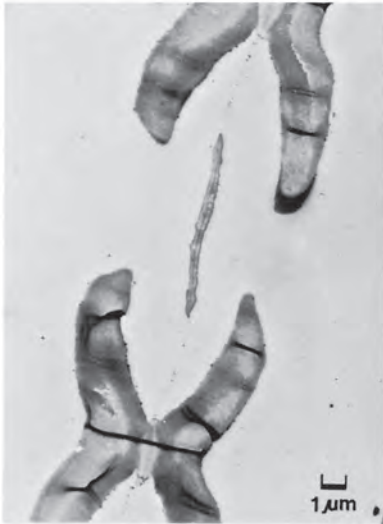


Abb. 8
Elektronenmikroskopische Aufnahme eines ultradünnen Tangentialschnitts durch einen Frühholz-Hoftüpfel in Kiefer (*Pinus sylvestris*). Die im geöffneten Zustand sich in der Kammermitte befindende Tüpfelmembran besteht aus einem verdickten mittleren Teil (Torus) und einem durchlässigen Rand (Margo). Aufnahme D. Fengel



Abb. 9
Elektronenmikroskopische Aufnahme eines ultradünnen Querschnitts durch einen Spätholz-Hoftüpfel in Fichte (*Picea abies*). Aufnahme D. Fengel

Der in Abb. 7 b dargestellte Pinaceen-Hoftüpfel repräsentiert jedoch nur einen Bautyp, da die Tüpfelmembran sowohl innerhalb der gleichen Holzart zwischen Frühholz- und Spätholzzellen (Fengel, 1968, Liese, 1970) als auch zwischen verschiedenen Gymnospermenhölzern (Liese, 1965, 1970; Bauch u. Mitarb., 1972) äußerst variabel ist. Elektronenmikroskopische Aufnahmen eines Frühholz-Hoftüpfels und eines Spätholz-Hoftüpfels zeigen die beiden Abb. 8 und 9.

Einseitig behöfte Tüpfelpaare

Zwischen den toten Tracheiden und den lebenden Parenchymzellen kommen einseitig behöfte Tüpfel mit nur einer Tüpfelkammer auf der Tracheidenseite vor (Abb. 7 c). Zu den halbbehöften Tüpfeln zählen auch die für die einheimischen Kiefernarten charakteristischen Fenstertüpfel der Kreuzungsfelder (vgl. S. 18). Es handelt sich dabei um großflächige Tüpfel, deren Membranen fast die gesamte Breite der Holzstrahlparenchymzellen einnehmen, wie die elektronenmikroskopische Aufnahme der Abb. 10 zeigt.