

# HOLZ

## ALS ROH- UND WERKSTOFF

1. JAHRGANG

JULI 1938

HEFT 10

### Über den Anteil von Fasern, Gefäßen und Parenchym am Aufbau verschiedener Hölzer.

Von Bruno Huber und Gerhard Prütz.

(Aus dem Forstbotanischen Institut Tharandt i. Sa.)

*Mit Hilfe einer mechanischen Integriervorrichtung wurde der Raumanteil der Gewebearten an verschiedenen Hölzern bestimmt. Die technische Bedeutung wird besprochen, wobei auch Tropenhölzer einbezogen sind.*

#### Gewebearten im Holz.

Die erstaunliche, jeder Normung so große Schwierigkeiten bereitende Mannigfaltigkeit des Werkstoffes Holz beruht unter anderem darauf, daß im Holz Gewebe für die Festigung (Fasern, spindelförmig), für die Wasserleitung aus der Wurzel in die Krone (Gefäße, verhältnismäßig weite Röhren) und für die Aufnahme und Speicherung organischer Stoffe, die durch die Rinde aus der Krone kommen (Markstrahlen und Holzparenchym), vereint sind. Nur bei den Nadelhölzern als erdgeschichtlich viel älterem Typus fehlt noch die klare Arbeitsteilung zwischen Festigung und Wasserleitung; die Nadelholzfaser (Tracheide) dient beiden Aufgaben. Da jedes der drei anatomischen Elemente des Holzkörpers sehr verschieden gebaut sein und nach Menge und Anordnung wechseln kann, ergibt sich bereits auf dieser Grundlage eine fast unübersichtbare Vielfältigkeit.

Für die technische Nutzung sind nun die drei Gewebearten des Holzkörpers vielfach nicht gleichwertig. Insbesondere dürften als Träger der Festigkeitseigenschaften die Fasern die Hauptrolle spielen, wenn auch ähnlich wie bei Verbundbauten (Eisenbeton) die „Füllung“ durch andere Elemente wichtig sein kann (Rasdorski). Vor allem aber ist für die das Holz in seine Gefügebestandteile zerlegende Zellstoffindustrie fast ausschließlich die Faser von Wichtigkeit, während das kleinzellige Parenchym und die Gefäßglieder nach dem Aufschluß nur in beschränktem Maße als Bindemittel verwendet werden können, zum größten Teil aber ausgeschwemmt werden und daher die Ausbeute herabsetzen.

#### Bewertung nach dem Faseranteil.

Je näher daher die Notwendigkeit rückt, die für den Papier- und Zellstoffbedarf der Welt auf die Dauer unzureichenden Nadelholzvorräte der Nordhalbkugel durch Laubhölzer, vor allem aus den Beständen des Tropenwaldes zu ergänzen, desto häufiger taucht die Frage der Bewertung der vielen sich bietenden Holzarten auf. Neben der nach Mazeration leicht feststellbaren Faserlänge als wichtigstem Gütemaßstab spielt dabei in den jüngsten Erörterungen (Huber und Schmidt 1937) der für die Ausbeute sehr entscheidende Faseranteil eine Hauptrolle.

#### Verfahren zur Messung des Anteils der Gewebearten.

Aus diesen und anderen Erwägungen ergab sich für uns die Aufgabe, den Anteil der einzelnen Holzbestandteile, über den das bisherige Schrifttum nur wenige Angaben enthält (vgl. bes. Zahlentafel 2, S. 18, bei Kollmann 1936

und das dort angeführte Schrifttum; ferner Liese 1924), bei zahlreichen verschiedenen Hölzern planmäßig zu messen. Es kam unseren Absichten sehr entgegen, daß die Firma Fuess auf der Leipziger Frühjahrmesse 1937 eine zunächst für Gestein- und Kristalluntersuchungen bestimmte „Integriervorrichtung Sigma“ zeigte, die bis zu sechs verschiedene Komponenten eines mikroskopischen Präparats getrennt zu vermessen gestattet. Es handelt sich um einen elektrischen Antrieb an einem Kreuztisch, dessen Vortrieb durch Druck verschiedener Knöpfe auf sechs verschiedenen Zählwerken (außerdem ist ein Leerlauf vorhanden) aufgenommen werden kann. Für jede Komponente des Präparats, die durch das Fadenkreuz des Okulars geht, wird

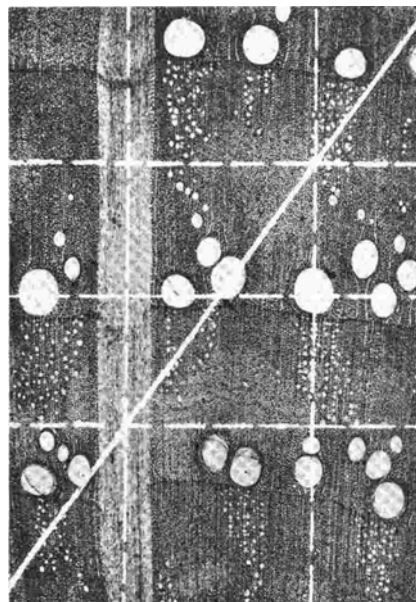


Abb. 1. Querschnitt durch ein weitringig gewachsenes Eichenholz (20fach vergrößert) mit Andeutung verschiedener Schnitt- bzw. Vermessungsrichtungen: Man sieht, daß eine einzelne Radial- oder Tangentiallinie (gestrichelt) zur Ermittlung der durchschnittlichen Gewebeanteile weniger geeignet ist als eine Schrägvermessung (stark ausgezogene Linie).

ein anderes Zählwerk betätigt. Die Geschwindigkeit des Vortriebes ist regelbar. Vermessen wird längs einer Linie (Zählwerkeinheit 0,01 mm); der Flächenanteil, also die eigentliche Integrierung, ergibt sich durch eine Reihe solcher „Lineartaxationen“, indem man nach jeder Messung die andere Achse des Kreuztisches von Hand verstellt.

Für unseren besonderen Zweck war zunächst noch die Frage zu entscheiden, an welchen Schnitten und durch welche Linienführung man am schnellsten zu brauchbaren Mittelwerten für die Gewebeanteile kommt. Der Blick auf den Querschnitt eines stark jahreszeitlich differenzierten Holzes (Abb. 1) zeigt sofort, daß weder ein einzelner Tangential-, noch Radialschnitt solche Mittelwerte liefern kann; Tangentialschnitte (Abb. 5, 6) sind zwar

zur Bestimmung des Markstrahlanteils hervorragend geeignet, das Mengenverhältnis von Fasern, Parenchym und Gefäßen hängt aber ganz davon ab, ob er im Früh- oder Spätholz, bei gebänderten Tropenhölzern (Abb. 7) in einer Faser- oder Parenchymbinde geführt wurde. Der Radialschnitt ermöglicht keine klare Trennung zwischen Markstrahlen und übrigen Gewebe, weil er mit der Fläche der Markstrahlen geschnitten ist und diese daher bei etwas dickeren Schnitten leicht überbetont erscheinen. Aus ähnlichen Gründen empfiehlt es sich aber auch nicht, die für unsere Zwecke zweifellos geeignetsten Querschnitte in genau radialer oder genau tangentialer Richtung zu vermessen<sup>1</sup>. Wir bevorzugen vielmehr eine schräge Vermessung unter 45° oder noch besser etwa 60° zur Jahrringgrenze, weil dabei nach und nach alle Elemente durchschnitten werden und so bereits jede einzelne Messung bei genügender Strecke (rd. 1 cm) ein gutes Bild der durchschnittlichen Verteilung liefert. Ein weiterer Vorteil dieser Schrägvermessung besteht darin, daß schmale Elemente wie einschichtige Markstrahlen auf etwas größerer

Strecke durchschnitten und dadurch die Genauigkeit ihrer Messung erhöht wird.

Eine Vorstellung von der Verschiedenheit aufeinanderfolgender Messungen gibt nachstehende Zahlentafel 1:

Zahlentafel 1. Aufeinanderfolgende Messungen an *Juglans regia*, Walnuß.

Nr.	Gemessene Strecke mm	Fasern	Markstrahlen	Gefäße	Parenchym
1	7,43	62,6	15,3	14,2	7,9
2	9,01	58,6	16,8	13,2	11,4
3	8,74	64,3	16,1	11,5	8,1
4	8,16	63,4	15,9	12,5	8,2
5	6,98	69,0	16,9	9,1	5,0
6	9,49	64,6	16,4	11,4	7,6
Mittel %		63,8	16,2	12,0	8,0

Zahlentafel 2. Anteil der Gewebearten in verschiedenen Hölzern.

Botanischer Name	Handelsname	Zahl der Züge	Faseranteil %	Markstrahlanteil	Gefäßanteil	Parenchymanteil
<i>Picea excelsa</i>	Fichte	5	95,3 (94,5...96,5)	4,7 ( 4,4... 5,5)		
<i>Pinus silvestris</i>	Kiefer	6	93,1 (93,3...95,6)	5,5 ( 4,4... 6,7)		1,4 ( 0,0... 5,8) <sup>2</sup>
<i>Larix europaea</i>	Lärche	4	91,2 (89,0...93,0)	8,8 ( 7,0...11,0)		
<i>Abies pectinata</i>	Tanne	5	90,4 (88,0...91,6)	9,6 ( 8,4...12,0)		
<i>Ricinodendron africanum</i>		4	77,4 (76,5...78,3)	17,6 (17,2...18,1)	5,0 ( 4,4... 5,4)	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Roßkastanie	5	76,1 (74,2...78,0)	15,5 (13,1...16,8)	8,4 ( 5,5...12,7)	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn	6	75,9 (74,0...79,4)	17,2 (16,2...18,5)	6,9 ( 4,0... 8,4)	
<i>Musanga Smithii</i>	Schirmbaum	5	70,2 (68,0...72,3)	19,7 (18,7...20,7)	6,1 ( 4,5... 7,6)	4,0 ( 2,0... 5,8)
<i>Fagara macrophylla</i>		4	68,8 (66,3...72,3)	9,1 ( 8,3... 9,6)	10,5 ( 5,6...13,9)	11,6 (10,8...12,5)
<i>Aukoumea Klaineana</i> P.	Gabun-Okume	4	67,2 (62,0...72,4)	12,1 (11,2...13,2)	20,7 (16,4...24,8)	
<i>Tectona grandis</i>	Teak	5	66,3 (63,5...71,0)	15,5 (14,2...19,2)	11,6 ( 8,7...15,7)	6,9 ( 3,6...10,4)
<i>Betula verrucosa</i>	Birke	4	64,8 (59,6...68,1)	10,5 ( 9,7...11,1)	24,7 (20,8...29,6)	
<i>Rhizophora Mangle</i> L.	Mangrove (Tanda)	7	64,3 (58,6...72,7)	19,2 (18,5...19,9)	16,5 ( 8,5...22,8)	
<i>Juglans regia</i>	Walnuß	6	63,8 (58,6...69,0)	16,2 (15,3...16,9)	12,0 ( 9,1...14,2)	8,0 ( 5,0...11,4)
<i>Fraxinus excelsior</i>	Eiche	7	62,4 (50,5...72,4)	14,9 (13,9...16,0)	12,1 ( 4,7...21,3)	10,6 ( 5,7...15,1)
<i>Populus tremula</i>	Aspe	6	60,9 (59,3...62,5)	12,7 (11,1...13,5)	26,4 (24,3...27,5)	
<i>Morus alba</i> , Kern	Maulbeerbaum	3	60,4 (57,3...63,4)	30,9 (29,7...31,6)	8,7 ( 6,9...11,4)	
<i>Mimosa bracaatinga</i>	Bracaatinga	7	58,5 (51,0...64,9)	14,8 (12,9...15,9)	20,0 (14,3...27,0)	6,7 ( 5,9... 8,9)
<i>Lophira procera</i>	Bongossi	5	58,3 (57,2...60,8)	15,4 (12,3...14,0)	8,8 ( 7,7...10,6)	19,5 (17,7...20,5)
<i>Iycaanthus Kombo</i>	Cardboard	4	58,3 (55,8...62,5)	33,7 (32,6...34,8)	3,6 ( 1,4... 6,5)	4,4 ( 2,6... 5,4)
<i>Chlorophora excelsa</i>	Afrikan. Eiche	5	58,2 (51,8...66,0)	12,6 (10,8...14,3)	10,0 ( 2,8...16,5)	19,2 (15,1...26,4)
<i>Quercus pedunculata</i>	Eiche (weitringig)	6	58,1 (53,5...63,3)	29,3 (25,1...33,0)	7,7 ( 3,9...11,0)	4,9 ( 2,8... 6,1)
<i>Castanea vesca</i>	Edelkastanie	5	56,5 (53,8...59,0)	17,2 (15,3...18,7)	26,3 (22,4...29,0)	
<i>Rinorea Welwitschii</i>		3	51,8 (50,1...55,1)	33,8 (32,4...35,0)	14,4 (12,5...15,7)	
<i>Baphia crassifolia</i>		3	49,6 (45,6...53,6)	15,6 (14,8...16,6)	3,2 ( 1,2... 4,6)	31,6 (30,4...33,2)
<i>Morus alba</i> , Splint	Maulbeerbaum	11	47,7 (36,9...59,6)	44,7 (41,8...48,3)	7,6 ( 2,2...18,2)	
<i>Symphonia gabonensis</i>	Mekoa	4	46,5 (44,3...48,7)	10,8 (10,1...11,6)	7,0 ( 4,0... 8,1)	35,7 (33,9...37,0)
<i>Quercus pedunculata</i>	Eiche (engringig, Spessart)	4	44,3 (40,3...48,0)	16,2 (14,4...17,9)	39,5 (35,5...43,7)	
<i>Andira inermis</i>		8	43,7 (34,8...55,8)	16,9 (15,1...19,7)	7,5 ( 0,0...14,2)	31,9 (26,4...36,3)
	Wenge	6	43,3 (35,6...55,1)	19,1 (17,0...21,8)	6,3 ( 1,1...11,5)	31,3 (23,6...38,0)
<i>Faurea speciosa</i>		6	37,8 (33,4...41,0)	36,7 (34,7...40,3)	10,2 ( 7,8...11,8)	15,3 (12,2...18,9)
<i>Fagus sylvatica</i>	Buche	7	37,4 (34,5...43,6)	27,0 (22,6...30,0)	31,0 (22,2...37,8)	4,6 ( 4,0... 5,5)
<i>Sterculia rhinopetala</i>		5	35,6 (31,1...40,5)	24,3 (23,8...25,2)	9,8 ( 7,4...14,2)	30,3 (26,4...32,1)
<i>Erythrina</i> sp.		5	33,1 (28,3...37,0)	14,0 (11,2...16,9)	7,5 ( 2,0...12,9)	45,4 (42,4...49,5)
<i>Ceiba pentandra</i>	Baumwollbaum	7	29,7 (24,6...39,8)	21,3 (14,0...27,8)	7,7 ( 2,5...13,2)	41,3 (39,6...43,2)
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Abachi	6	28,7 (25,4...30,8)	21,9 (19,9...23,2)	9,0 ( 6,8...14,0)	41,0 (33,8...45,6)
<i>Ulmus effusa</i>	Ulmen-Wurzelholz	7			50,7 (43,5...55,7)	
<i>Salix alba</i>	Weiden-Wurzelholz	7			43,5 (36,0...50,7)	

<sup>1</sup> Eine genau tangentiale Vermessung wird man nur wählen, wenn man die Gefügeänderungen innerhalb eines Jahringes beleuchten will. So haben wir beispielsweise vom Früh- zum Spätholz der abgebildeten weitringigen Eiche folgende Zahlen ermittelt:

Linie	Markstrahlen	Gefäße	Fasern : Parenchym
1	32,6	15,9	51,5
2	31,2	8,5	60,3
3	25,3	5,7	69,0
4	26,9	3,3	69,8
5	25,3	6,0	68,7
6	27,0	6,0	67,0
Mittel %	28,1	7,5	64,4

Wir sehen deutlich, daß zwar die Markstrahlen — von einer kleinen Verbreiterung an der Jahrringgrenze abgesehen — ziemlich konstant bleiben, daß aber der Gefäßanteil auf Kosten der Fasern spätholzwärts stark abnimmt.

<sup>2</sup> — Harzgänge.

Wir begnügten uns im allgemeinen mit 4 bis 6 Schrägmessungen an Querschnitten und prüften die Markstrahlwerte durch einige Messungen an Tangentialschnitten nach. Vermessen wurde — von einigen Sonderfällen (Eiche eng- und weitringig, Morus Splint und Kern) abgesehen — von jeder Holzart vorläufig nur ein Präparat, so daß die Verschiedenheit der einzelnen Holzart hier noch nicht erörtert werden soll (als Grenzbeispiel sind nur zwei Messungen für Wurzelhölzer angeführt). Hervorgehoben sei auch, daß die Art der Vermessung naturgemäß nur Raumanteile für die einzelnen Gewebe liefern kann. Für die Praxis wären unter Umständen (z. B. zur Beurteilung der Faserausbeute) Gewichtsprozent mehr erwünscht. Um solche zu gewinnen, könnte man vielleicht versuchen, die Gewebe im Aufschluß durch ein Schlämmverfahren zu trennen.

**Meßergebnisse.**

Wir geben nunmehr in Zahlentafel 2 unsere bisherigen Ergebnisse, die die Streuungsbreite des Typus „Holz“ ausgezeichnet beleuchten und eine Reihe theoretisch und

praktisch bemerkenswerter Aufschlüsse liefern. Für die Auswahl der gemessenen Hölzer war einerseits der Wunsch maßgebend, unsere wichtigsten Hölzer (Fichte, Kiefer, Eiche, Buche, Okumé, Abachi u. dgl.) zu kennzeichnen;

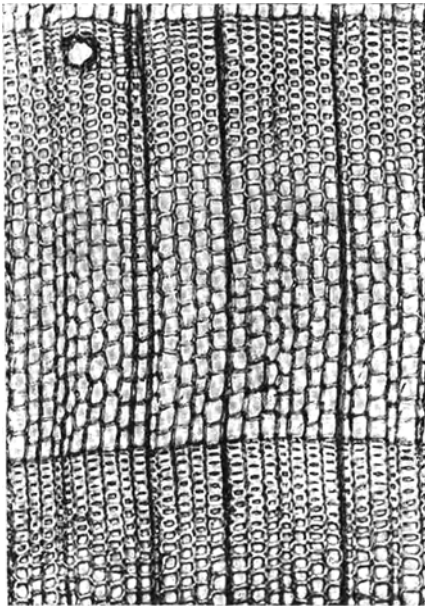


Abb. 2. Fichtenholz-Querschnitt, 70fach. Beispiel eines Holzes mit sehr hohem Faser- (etwa 95%) und sehr geringem Markstrahlanteil (etwa 5%). Vgl. auch Abb. 5.

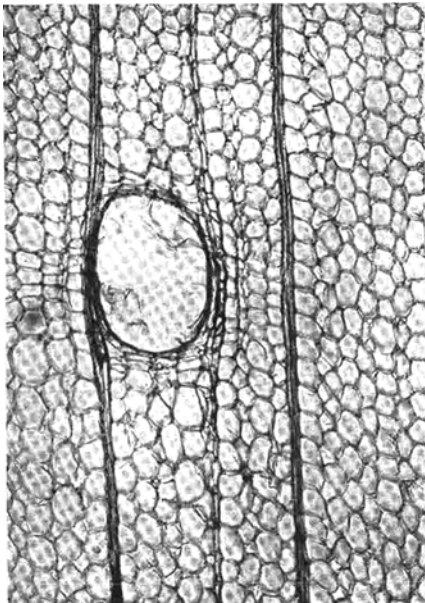


Abb. 3. *Musanga Smithii*, Schirmbaum, quer, 70fach. Für ein Laubholz sehr hoher Faseranteil (70%).

andererseits fahndeten wir ganz bewußt nach Grenzwerten für Markstrahl-, Parenchym- und Gefäßreichtum bzw. -armut. Auf diese Weise konnten wir die in Kollmanns (im wesentlichen noch heute zutreffender) Zahlentafel angegebenen Grenzwerte mehrfach erweitern.

#### Faseranteil von Nadelhölzern.

Wie wir aus der nach abnehmendem Faseranteil als dem praktisch am meisten verlangten Kennwert angeordneten Zahlentafel 2 ersehen, liegen die Nadelhölzer mit Faseranteilen von über 90% und dementsprechend Markstrahlanteilen unter 10% unerreichbar an der Spitze (Abb. 2). Das erklärt sich, wie einleitend betont, ganz einfach aus dem Umstand, daß den Nadel-

hölzern echte Gefäße fehlen und die „Nadelholzfaser“ daher auch die Wasserleitung übernimmt. Dazu kommt der außergewöhnlich geringe Markstrahl- und Parenchymanteil, über den später noch zu sprechen ist.

#### Faseranteil von Laubhölzern.

Mit Faseranteilen von etwa 75% abwärts folgen die Laubhölzer erst in beträchtlichem Abstand auf die Nadelhölzer. Bemerkenswert ist dabei, daß in der immerhin 30 Laubholzgattungen umfassenden Liste der neuerdings vielgenannte Schirmbaum (*Musanga Smithii*; Abb. 3) mit durchschnittlich 70% Faseranteil an vierthöchster Stelle, also für ein Laubholz ungewöhnlich günstig abschneidet, während beispielsweise die Buche mit nur 37% nahe dem Ende zu stehen kommt und nur noch von einigen parenchymreichen Tropenhölzern (besonders aus den Familien der Sterculiaceen und Bombacaceen) unterboten wird. Dem verbreiteten Mißtrauen der Papierindustrie allen Laubholzzellstoffen gegenüber muß daher entgegen werden, daß zwischen verschiedenen Laubhölzern im Faseranteil ebenso wie in der Faserlänge<sup>1</sup> gewal-

<sup>1</sup>Aus einem bisher unveröffentlichten Gutachten von Huber und Schmidt seien folgende Zahlen für Faserlängen mitgeteilt (die Zahlen für Lärche und Fichte sind der Diplomarbeit Schubert entnommen).

Einige Faserlängen in mm (gemessen an Mazerationspräparaten).

#### 1. Nadelhölzer:

<i>Araucaria brasiliensis</i> . . . . .	7,38 (5,67...9,07)
<i>Larix decidua</i> . . . . .	3,4 (2,3...4,3)
<i>Picea excelsa</i> . . . . .	2,9 (1,7...3,7)

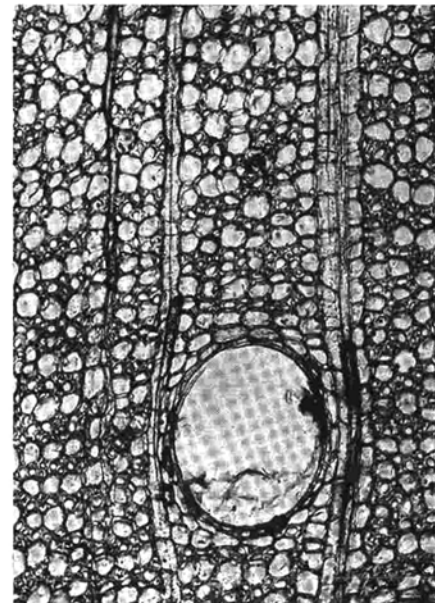


Abb. 4. *Ceiba pentandra*, Baumwollbaum (*Bombacaceae*), quer 70fach. Die im Querschnitt kleinzelligen Fasern (Anteil etwa 30%) wechseln mit beträchtlich großzelligerem Parenchym (Anteil etwa 40%), so daß sich eine sehr schlechte Faserausbeute ergibt. Die Abb. 3 und 4 entsprechenden Radialschnitte sind bei Huber und Schmidt 1937 abgebildet.

#### 2. Laubhölzer:

<i>Uapaca guineensis</i> ( <i>Euphorbiaceae</i> ) . . . . .	2,60 (1,7...3,12)
<i>Rauwolfia macrophylla</i> ( <i>Apocynaceae</i> ) . . . . .	2,14 (1,70...2,84)
<i>Symphonia gabonensis</i> . . . . .	2,04 (1,62...2,36)
<i>Rhizophora mangle</i> . . . . .	1,95 (1,62...2,40)
<i>Ceiba pentandra</i> ( <i>Bombacaceae</i> ) . . . . .	1,79 (1,42...2,44)
<i>Alstonia congensis</i> . . . . .	1,68 (1,20...2,16)
<i>Pycnanthus combo</i> . . . . .	1,58 (1,14...2,14)
<i>Musanga Smithii</i> . . . . .	1,38 (0,91...1,98)
<i>Rhicinodendron africanum</i> . . . . .	1,31 (1,04...1,50)
<i>Terminalia superba</i> . . . . .	1,28 (0,76...1,44)
<i>Eucalyptus globulus</i> . . . . .	1,21 (1,00...1,48)
<i>Albizia falcata</i> . . . . .	1,05 (0,84...1,36)

tige Unterschiede bestehen, wobei sich die günstigsten in beiden Merkmalen den Nadelhölzern nähern. Dem Faseranteil nach verhältnismäßig günstig sind von papiertechnisch bereits geprüften Laubhölzern Schirmbaum, Ricinodendron, Mangrove (*Rhizophora*) und Aspe, sehr ungünstig leider der Baumwollbaum (*Ceiba*, Abb. 4) und

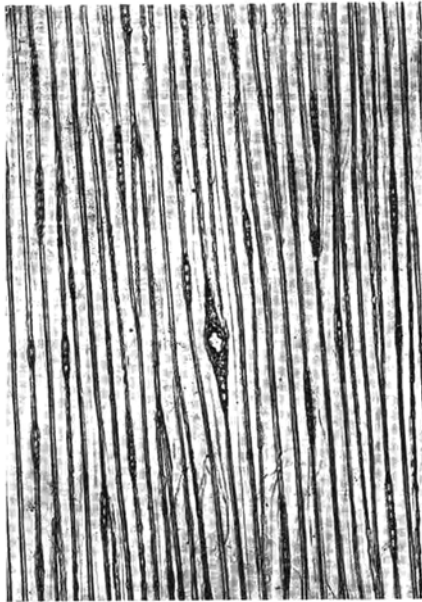


Abb. 5. Fichtenholz, tangential, 70fach. Die größtenteils einschichtigen Markstrahlen nehmen nur 5% der Fläche ein.

andere Bombacaceen (z. B. Affenbrotbaum, *Adansonia digitata*), die wegen ihrer Faserlänge (zum Teil über 2 mm, siehe Fußnote 1, S. 379) immer wieder zur Zellstoffgewinnung locken.

#### Markstrahlanteil.

Kaum geringer ist die Streuungsbreite beim Markstrahlanteil. Es haben Markstrahlanteile

unter 10% : die Nadelhölzer (*Picea*, Abb. 5; *Pinus*, *Larix*, *Abies*) und *Fagara*,

10...15% : Birke, Aspe, Esche, Okumé, Bongossi, *Chlorophora* u. a.

15...20% : Ahorn, Walnuß, Schirmbaum, Teak, Mangrove u. a.

20...25% : Baumwollbaum, Abachi, *Sterculia*,

über 25% : Eiche, Buche, *Rinorea*, *Faurea*, Maulbeerbaum (bis 45%!; Abb. 6).

Die überwiegende Mehrzahl der Laubhölzer hat demnach Markstrahlanteile zwischen 10 und 25%. Mit völlig abweichend kleinen Anteilen heben sich wiederum die Nadelhölzer heraus (Abb. 5). Das beruht weniger auf der Zahl der Markstrahlen als auf dem Umstand, daß ihre Markstrahlen bekanntlich einschichtig sind, sofern sie nicht einen Harzgang enthalten. Die zahlenmäßige Auswirkung dieser anatomisch bekannten Tatsache hatte man sich aber kaum so schroff vorgestellt. Für die schwache Ausbildung des Markstrahlensystems der Nadelhölzer pflegt man anzuführen, daß in Anbetracht ihrer immergrünen Krone der Stamm weniger zur Speicherung von Assimilaten herangezogen zu werden braucht. Da aber viele immergrüne Laubbäume der Tropen sehr viel Speichergewebe im Holz ausbilden (Markstrahlen + Parenchym) und andererseits auch die sommergrüne Lärche im Vergleich zu Laubhölzern einen kleinen Markstrahlanteil aufweist, muß doch die primitive systematische Stellung der Nadelhölzer stark

mitspielen. Unverkennbar ist eine Beziehung zwischen Markstrahlanteil und Markstrahlbreite, denn sämtliche Markstrahlanteile über 25% kommen durch besonders breite Markstrahlen zustande, während den einschichtigen Laubholzmarkstrahlen von Aspe, Edel- und Roßkastanie niedrige Anteile entsprechen (einen Ausnahmefall beson-

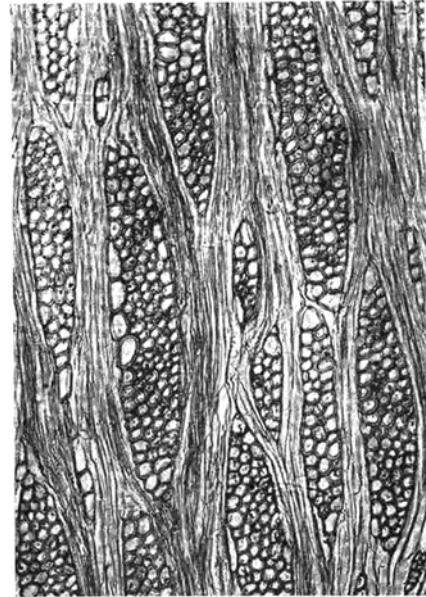


Abb. 6. *Morus alba*, Maulbeerbaum, tangential, 70fach. Markstrahlanteil 45%!

ders dichter einschichtiger Markstrahlen haben Huber und Schmidt 1938, Fig. 24, abgebildet: *Bauhinia reticulata*). Technisch dürfte sich ein geringer Markstrahlanteil günstig auswirken, da die Markstrahlen zweifellos Stellen herabgesetzter Festigkeit sind. Für die

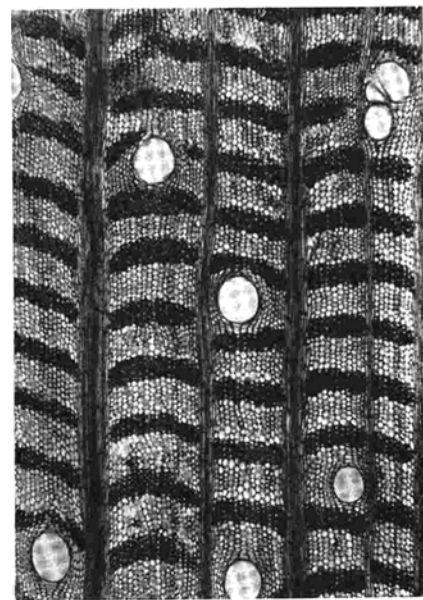


Abb. 7. *Erythrina* sp. (*Leguminosae*), quer, 20fach. Tropenholz mit mächtigen Parenchymbanden (hell, Anteil 45%, mit den Markstrahlen 60%) und wenigen Gefäßen (Anteil 7,5%). Aus Huber und Schmidt 1938.

Spaltbarkeit scheint es dabei allerdings mehr auf das Vorhandensein als die Breite der Markstrahlen anzuwirken (vgl. die gute Spaltbarkeit von Aspe und Fichte mit ihren anteilmäßig spärlichen einschichtigen Markstrah-

ten!)<sup>1</sup>. Einen besonderen Hinweis verdient die Feststellung, daß bei *Morus* der Markstrahlenteil im selben Präparat von 45% im Splint (Abb. 6) infolge Schrumpfung der Zellen auf 31% im Kern herabgeht.

### Tropenhölzer.

Um die Betrachtung der parenchymatischen Anteile zu Ende zu führen, sei erwähnt, daß das Holzparenchym außerhalb der Markstrahlen nicht nur bei den meisten Nadelhölzern (etwas reichlicher nur bei Cupressaceen und Taxodiaceen), sondern auch bei vielen Laubbölzern in schwer meßbaren kleinen Mengen verstreut vorhanden ist. In diesem Fall fehlt eine besondere Angabe in der Zahlentafel 2, und die verstreuten Parenchymzellen sind beim

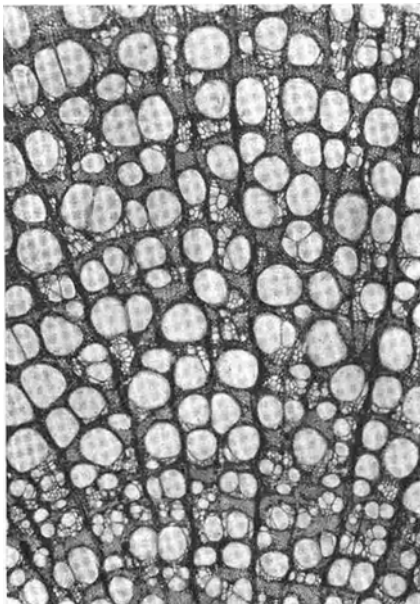


Abb. 8. *Ulmus effusa*, Wurzelholz, quer, 20fach. Außerordentlich poröses Holz (Gefäßanteil 50%, Wasserleitfähigkeit bei einem Gefälle von 1 at je Meter etwa 20 l je cm<sup>2</sup> und Stunde). Aus Riedl 1938.

Faseranteil mitgezählt. Das entgegengesetzte Beispiel stellen jene zahlreichen Tropenhölzer dar, bei denen das Holzparenchym zu breiten Binden zusammentritt, welche bis zu 45% (Abb. 7), mit den Markstrahlen sogar 50 bis 60% des Holzvolumens ausmachen können. Die physiologischen Gründe für diesen, für viele Tropenhölzer so bezeichnenden Parenchymreichtum sind vorläufig völlig unbekannt.

Ebenso auffällig und physiologisch ebenso ungeklärt ist die Gefäßarmut der meisten Hölzer des tropischen Regenwaldes. Ihr Anteil liegt in der Mehrzahl der Fälle

<sup>1</sup> Einige Grundfragen des Zusammenhanges zwischen anatomischem Bau und Festigkeitseigenschaften wird der zweite Verf. demnächst in seiner Dissertation behandeln.

unter 10%, bei *Baphia* sogar unter 5%, während die Mehrzahl der mitteleuropäischen Laubbölzer 15...25%, Buche und engringige Eiche sogar 30...40% aufweisen. Noch höhere Porigkeiten besitzen bekanntlich Wurzelhölzer (50% bei *Ulmus*, Abb. 8; vgl. Riedl 1937!). Die Gefäßarmut der Tropenhölzer wird vermutlich durch die Weite und Leistungsfähigkeit der Gefäße<sup>1</sup> ausgeglichen, denn nach dem Poiseuilleschen Gesetz nimmt die Wasserförderung eines Röhrenbündels auf gleichem Querschnitt mit dem Quadrat des Durchmessers der Einzelröhre zu.

Alles in allem glauben wir, daß bereits durch die wenigen hier mitgeteilten Messungen nicht nur längst bekannte Unterschiede im Holzaufbau eine klarere Fassung erfahren haben, sondern daß eine Reihe weiterer erst jetzt neu ins Bewußtsein getreten sind. Wir hoffen und wünschen, daß weitere Messungen noch manches theoretisch und praktisch Bemerkenswerte zutage fördern werden!

### Zusammenfassung.

Die verschiedenen Gewebe des Holzkörpers (Fasern, Markstrahlen, Gefäße, Parenchym) wurden mit Hilfe der Integriervorrichtung „Sigma“ (Fueß, Berlin) hauptsächlich an Querschnitten durch schräge Linienzüge vermessen und daraus die Raumanteile der einzelnen Gewebarten berechnet. Nadelhölzer besitzen Faseranteile von über 90% und Markstrahlenteile unter 10%. Bei den Laubbölzern schwankt der Faseranteil zwischen 75% und 28%, der von Markstrahlen + Parenchym zwischen 10% und 63%. Der Gefäßanteil liegt bei vielen Tropenhölzern unter 10%, bei mitteleuropäischen Laubbölzern im allgemeinen zwischen 15% und 30% und kann bei Wurzelhölzern 50% überschreiten. Die theoretische und praktische Bedeutung dieser Zahlen wird besprochen.

### Schrifttum.

French, G. E.: The Effect of the Internal Organization of the N.-Am. Hardwoods upon their more Important Mechanical Properties. — Unpublished Thesis in the Library of the N.Y.S. College of Forestry, 1923. — Huber, B., und E. Schmidt, Die Holz Anatomie im Dienste der holzverarbeitenden Industrie. Wbl. Papierfabr. 1937 Nr 30. — Botanik und koloniale Holzforschung. Kolonialforst. Mitt. Bd. 1 (1938) S. 163. — Kollmann, F., Technologie des Holzes, Berlin 1936, Springer, S. 18. — Forschungsberichte Holz, H. 1, Berlin 1933, S. 28 bis 29. — Liese, J., Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Wurzelholzes. Ber. dtsh. bot. Ges. Bd. 42 (1924) S. 91. — Myer, I. E.: Ray Volumes and Their Significance. J. Forestry 29 (1922) S. 337 bis 351. — Rasdorsky, W., Über das baumechanische Modell der Pflanzen. Ber. dtsh. bot. Ges. Bd. 46 (1928) S. 48. — Riedl, H., Bau und Leistungen des Wurzelholzes. Jb. f. wissensch. Botanik Bd. 85 (1937) S. 1. — Schubert, A., Diplomarbeit Tharandt 1939 (in Vorbereitung).

<sup>1</sup> Die mittlere Gefäßweite der in Zahlentafel 2 aufgeführten Tropenhölzer liegt nur bei der salzgehemmten *Rhizophora* und bei *Tectona* unter 150  $\mu$ ; die Gefäße aller anderen sind mit 150 bis 450  $\mu$  so weit wie die Frühjahrsgefäße unserer ringporigen Holzarten.