

Aufnahmeergebnissen von Durchforstungsversuchen in Fichtenbeständen. Silva 1924. Desgl. in Buchenbeständen. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1926/7. — 8. BAUER: Bericht über die Tagung des Deutschen Forstvereins in Stuttgart. Allg. Forst-Ztschr. 1960, Nr. 38. — 9. SPEER: Wald und Forstwirtschaft in der Industriegesellschaft. Holz-Ztr.-Bl. 1960, Nr. 138/9. — 10. DIETERICH: Forstliche Betriebswirtschaftslehre, II. Band Waldwirtschaftslehre, 3. Aufl. (bei P. Parey) 1945. — 11. DIETERICH: Forstwirtschaftspolitik, 1953 (b. P. Parey, Hamburg).

Leichtbölzer und Tonnenstämme in Schwarzwassergebieten und Dornbuschwäldern des tropischen Südamerika

Von K. MÄGDEFRAU und A. WUTZ

(Aus dem Institut für Holzkunde und Forstnutzung der Forstlichen Forschungsanstalt München und aus dem Institut für spezielle Botanik der Universität Tübingen)

Einleitung

Vom Dezember 1957 bis April 1958 hatte der erstgenannte Verfasser Gelegenheit, durch seine Teilnahme an der „Humboldt-Gedächtnis-Expedition“ die Flußgebiete des Orinoco, Casiquiare und Rio Negro kennenzulernen und anschließend verschiedene Teile Venezuelas zu besuchen¹. Die hierbei beobachteten und gesammelten Leichtbölzer und Tonnenstämme sollen im folgenden histologisch und, soweit möglich, auch technologisch (von A. WUTZ) beschrieben werden. Herrn Prof. Dr. H. FRHR. VON PECHMANN sagen wir ergebensten Dank dafür, daß er uns die Hilfsmittel seines Instituts zur Verfügung stellte; Fräulein E. GRAESSLE danken wir für Herstellung der Mikrotomschnitte und Mikrophographien.

I. Leichtbölzer

Die Rohwichte des lufttrockenen Holzes (r_{15}) unserer einheimischen und forstlich genutzten Bäume liegt zwischen 0,40 (Strobe) und 0,80 g/cm³ (Eibe). Mit diesen beiden Werten sind zugleich die Extreme unter den Nadelhölzern überhaupt annähernd erfaßt. Unter den Laubhölzern der Tropen jedoch gibt es Arten, deren Rohwichte wesentlich über bzw. unter den genannten Zahlen liegt. Als Beispiele seien für ausgesprochen schwere Hölzer das Ebenholz (*Diospyros*) mit 1,2 und das Pockholz (*Guajacum*) mit 1,3 genannt. Die Zahl solcher außergewöhnlich schweren Hölzer in den Tropen ist sehr beträchtlich. Unter den technisch genutzten Hölzern der Tropen sind Leichtbölzer

¹ Über den Verlauf dieser von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Deutschen Ibero-amerikanischen Gesellschaft und dem Deutschen Akademischen Austauschdienst geförderten Reise und über die Vegetation Venezuelas ist bereits an anderer Stelle berichtet worden (MÄGDEFRAU 1958b und 1960).

weniger häufig; das bekannteste ist das von der Bombacacee *Ochroma lagopus* stammende Balsaholz, dessen Rohwichte (r_{15}) nur 0,16 beträgt.

Hölzer von derart geringem spezifischem Gewicht finden sich auffälligerweise besonders häufig an den Ufern und anschließenden Überschwemmungswäldern typischer Schwarzwässer, wie des unteren Casiquiare, des Rio Negro und ihrer Nebenflüsse. Das Schwarzwasser hat eine braunschwarze Farbe, ist völlig klar und läßt eine weiße Scheibe von 20 cm Durchmesser noch in einer Tiefe von 2 m erkennen. Weißwässer



Abb. 1. Links: *Pachira aquatica* am Caño Pimichin. Rechts: *Malouetia glandulifera* am Rio Temi

dagegen, wie der Orinoco, zeigen eine helle Trübung und weisen eine viel geringere „Sichttiefe“ (unter 1 m) auf. Das Weißwasser kommt aus Bergländern, das Schwarzwasser aus den mit Sumpf und Urwald bedeckten Ebenen. Die Uferwälder der oben genannten Schwarzwasserflüsse sind erstaunlich niedrig (oft nur 6 bis 8 m hoch) und auffälligerweise so gut wie frei von Lianen. Unter den Bäumen fallen vor allem mehrere, meist ausgedehnte Bestände bildende Apocynaceen mit relativ dürftigen Kronen und ungewöhnlich leichtem Holz auf, die wegen des letzteren „palo di boya“

= Bojenholz genannt werden. Am häufigsten sind *Malouetia glandulifera* und mehrere, schwer zu unterscheidende *Ambelania*-Arten, dazu kommt noch, allerdings viel weniger verbreitet, die dickstämmige Bombacacee *Pachira aquatica*.

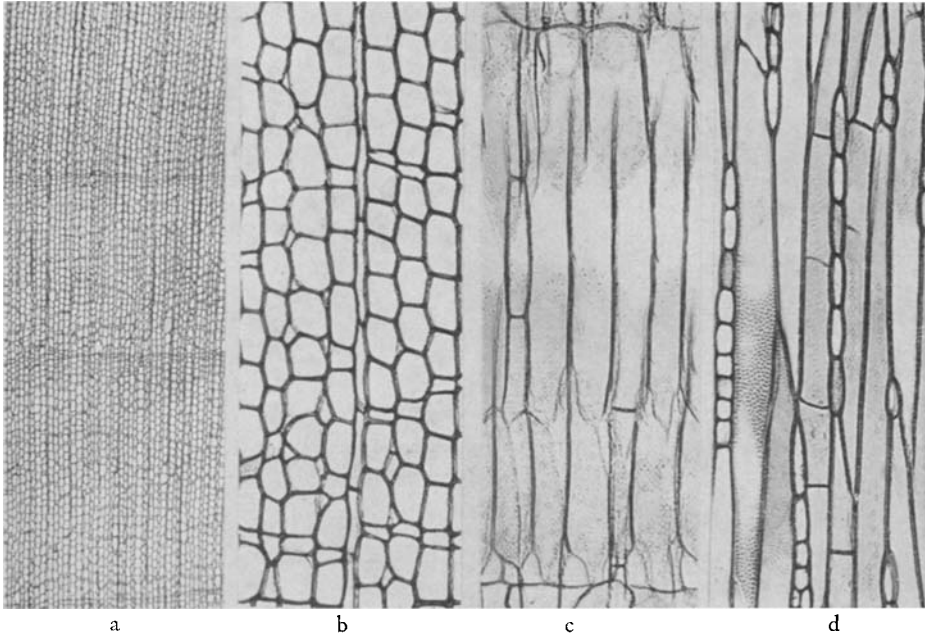


Abb. 2. *Malouetia glandulifera*. a. Querschnitt 20/1; b. Desgl. 100/1; c. Radialschnitt 100/1; d. Tangentialschnitt 100/1

1. *Malouetia glandulifera* MIERS (Abb. 1 und 2)

Diese Apocynacee besitzt schwache, bis etwa 10 m hohe Stämme und bildet oft recht ausgedehnte und dichte Bestände an den Ufern der Schwarzwasserflüsse, z. B. des Caño Cuarichi (Seitenfluß des Casiquiare), des Unteren Casiquiare und des Rio Temi (Abb. 1). An alten Exemplaren sind die Stämme im unteren Teil auffallend verdickt (bis 30 cm Durchmesser), also stark abholzig. In einem überraschenden Mißverhältnis zum Stamm steht die dürftige Krone (vgl. Abbildung bei VARESCI 1959, S. 179); an einem 8 m hohen Baum zählte ich insgesamt nur 239 Blätter. Eine Erklärung für diese Disharmonie zwischen Stammstärke und Kronengröße ergibt sich aus den histologischen Besonderheiten des Holzes. Die Rinde führt weißen Milchsaft. Das Holz ist fast reinweiß.

Querschnitt: Zuwachszone schwach angedeutet, indem einige wenige Zellen (Holzfasern) in radialer Richtung etwas kürzer sind, offenbar bedingt durch die Trockenheit am Ende der Trockenzeit (das etwa in der Mitte der Trockenzeit gesammelte Material läßt unmittelbar unter dem Kambium noch keine schmäleren Zellen erkennen). Abb. 2a gibt eine Stelle wieder, an welcher zwei Zuwachszonengrenzen ausnehmend deutlich hervortreten.

Die das Holz aufbauenden Zellen besitzen auffallend gleichmäßig-dünne Wände von etwa 3 μ Dicke. Tracheen und Holzfasern lassen sich auf dem Querschnittsbild kaum unterscheiden, da sie gleichen Umriss (meist 5- oder 6eckig) und annähernd

gleiche Größe besitzen. Nur die Parenchymzellen sind in radialer Richtung bedeutend schmaler als die Tracheen und Holzfasern (Verhältnis etwa 1:3) und laufen oft als tangentiale Bänder von Markstrahl zu Markstrahl.

Markstrahlen 1 bis 2 Zellen breit, Zellen in radialer Richtung 75 bis 100 μ lang.

Tangentialschnitt: Hier lassen sich Tracheen und Holzfasern sowohl an der Art der Tüpfelung wie auch an der Richtung der Querwände unterscheiden. Tracheenglieder (0,3–)0,4–0,6(–1,0) mm lang. Querwände \pm schräg gestellt, mit einfachen Durchbrechungen (auf dem Radialschnitt deutlich erkennbar). Längswände dicht von rundlichen bis stark quergestreckten Hoftüpfeln besetzt.

Holzfasern zugespitzt, etwa 0,6 bis 1,0 mm lang, Wände ziemlich sparsam von gekreuzten Hoftüpfeln durchsetzt.

Holzparenchym in spindelförmigen Reihen (von derselben Länge wie die Holzfasern), aus 4 bis 5 (selten bis 8) Zellen zusammengesetzt. Wände sehr fein getüpfelt.

Markstrahlen 1- bis 2reihig (sehr selten einmal 3 Zellen nebeneinander), 1 bis 22 Zellen hoch.

Radialschnitt: An den Gefäßquerwänden treten die annähernd kreisförmigen Durchbrechungen scharf hervor. Die Holzfasern zeigen an den Enden wesentlich mehr Tüpfel als auf den übrigen Wandflächen. Die Zellen, welche den oberen und unteren Saum der Markstrahlen bilden, sind meist höher als die übrigen Markstrahlzellen.

Physikalisch-technische Eigenschaften

Von 36 Probekörpern, die ca. 13 cm dicken Stammscheiben aus einer Höhe von $\frac{1}{2}$ m entnommen waren (Wuchsort: Ostufer des Rio Temi unterhalb Yavita), wurden Rohwichte, Schwindung und Druckfestigkeit bestimmt. Es ergaben sich folgende Werte (Mittelwerte nebst Grenzwerten):

Rohwichte, darrtrocken (r_0): 0,12 – 0,15 – 0,18 g/cm³

Raumdicke (R), d. i. das Verhältnis des Darrgewichtes zum Volumen im frischen Zustand: 110 – 131 – 165 kg/fm

Schwindung (vom vollgequollenen bis zum Darrzustand, bezogen auf die Frischabmessungen) im Mittel:

$\beta_l = 0,89$ $\beta_{tg} = 7,45$ $\beta_{rad} = 3,80$ $\beta_v = 11,76 \%$

Druckfestigkeit (parallel zur Faser, Feuchtigkeit $u = 10,8 \%$):

89 – 103 – 127 kg/cm²

Statistische Gütezahl ($\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{Rohwichte}}$): 6,25 [km]

Hiernach besitzt *Malouetia glandulifera* ein sehr leichtes, in der Rohwichte etwas über dem Balsaholz liegendes Holz, dessen Rohwichteverteilung über die Stammquersfläche hinweg sehr ausgeglichen ist. Dies steht in Übereinstimmung mit der völlig gleichmäßigen Holzstruktur, die weder einen Wechsel von Früh- und Spätholz noch auffällige Unterschiede in den Zellwandstrukturen aufweist.

Die tangentiale Schwindung mit über 7 % liegt im Verhältnis zur geringen Holzmasse ziemlich hoch. Dementsprechend ist auch die Volumen-Schwindung höher, als das Raungewicht im Vergleich zu anderen Hölzern vermuten läßt. So weist z. B. der Bergahorn, *Acer pseudoplatanus*, mit einer Rohwichte (r_0) von 0,59 ebenfalls eine volumetrische Schwindung von 11,5 % auf (Werte nach KOLLMANN 1951).

Die ermittelten Zahlen für die Druckfestigkeit fügen sich gut in den Rahmen der übrigen Werte ein; sie liegen etwas höher als diejenigen für das ein wenig leichtere Balsaholz und für die unten zu besprechende *Pachira aquatica*.

Das Bruchbild zeigt (im Gegensatz zu *Pachira*, s. u.) eine äußerst schwache Ausprägung der Gleitschichten. Die Druckbrüche erzeugen vielmehr gestauchte Zonen,

Erscheinungsbilder, wie wir sie von leichten Nadelhölzern her kennen (vgl. MÄGDEFRAU 1958a, Taf. II, Fig. 6).

2. *Ambelania cf. laxa* MÜLL.-ARG. (Abb. 3)

Diese Apocynacee gehört neben *Malouetia* zu den Charaktergehölzen an den Ufern der Schwarzwasserflüsse Venezuelas und bildet hier oft lichte Bestände. Die Stämme sind denen von *Malouetia* ähnlich, jedoch nicht so stark abholzig. Die Krone erscheint ebenfalls recht dürrig im Vergleich zum Stamm. Die Rinde führt Milchsaft. Das Holz ist von fast rein weißer Farbe.

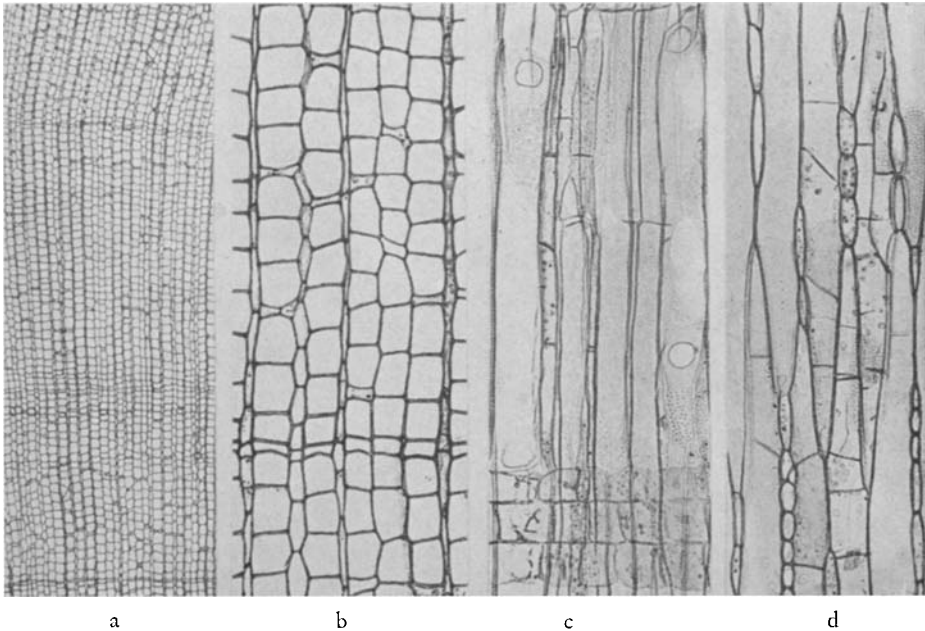


Abb. 3. *Ambelania laxa*. a. Querschnitt 20/1; b. Desgl. 100/1; c. Radialschnitt 100/1; Tangentialschnitt 100/1

Querschnitt: Zuwachszonen noch schwächer ausgeprägt als bei *Malouetia*. Die Wände der das Holz aufbauenden Zellen sind noch dünner als bei *Malouetia* und messen nur etwa $2,5 \mu$. Tracheen und Holzfasern im Querschnittsbild nicht unterscheidbar. Parenchymzellen in radialer Richtung schmaler als die Tracheen und Holzfasern (Verhältnis 1:2 bis 1:4), mitunter tangentiale Bänder bildend. Markstrahlen meist 1 Zelle, selten 2 Zellen breit, Zellen in radialer Richtung 50 bis 80μ lang.

Tangentialschnitt: Tracheen und Holzfasern an der Tüpfelung unterscheidbar. Beide mit denen von *Malouetia* übereinstimmend, ebenso das Holzparenchym. Markstrahlen fast durchweg 1reihig (selten 2 Zellen nebeneinander), 1 bis 6 (- 11) Zellen hoch. In ihrer Gestalt variieren die Markstrahlen in auffallender Weise von kurz-elliptischem bis lang-spindelförmigem Querschnitt, wobei die Höhe zwischen 20 und 110μ , die Breite zwischen 8 und 20μ schwankt.

Radialschnitt: Gefäßdurchbrechungen kreisrund bis elliptisch. Markstrahlen wie bei *Malouetia*. Die ungewöhnlich geringe Zahl der Tracheen ergibt sich aus dem Be-

fund, daß auf dem Radialschnitt auf 150 Holzfasern nur 7 Tracheen festzustellen waren.

Physikalisch-technische Eigenschaften

Da nur spärliches Material zur Verfügung stand, konnte lediglich die Rohwichte bestimmt werden; sie beträgt bei Darrtrockenheit (r_0) 0,136 g/cm³.

3. *Ambelania* aff. *oleaefolia* MONACH.² (Abb. 4)

Diese Art fand sich am Ufer des Rio Carrao (Schwarzwasser, Nebenfluß des Rio Caroni). Habitus des Baumes wie *Ambelania laxa*.

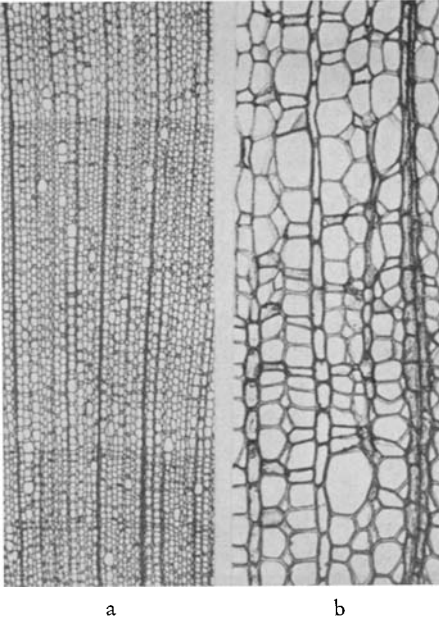


Abb. 4. *Ambelania oleaefolia*. a. Querschnitt 20/1; b. Desgl. 100/1

Querschnitt: Zuwachszonen deutlich (wie Abb. 4 links oben), aber in ihrer Breite sehr verschieden. Tracheen im radialen wie im tangentialen Durchmesser größer als die Holzfasern und daher auch im Querschnitt erkennbar. Parenchymzellen in radialer Richtung kürzer als die Tracheiden, in größerer Zahl als bei den beiden vorher besprochenen Arten. Markstrahlen 1 bis 2 Zellreihen breit; Länge der Markstrahlen 50 bis 120 μ .

Tangentialschnitt: Tracheenglieder (0,2–) 0,3–0,5 (–0,8) mm lang; Querwände schräg gestellt, mit einfacher Durchbrechung; Längswände von runden bis stark quergestreckten Hoftüpfeln dicht bedeckt. Holzfasern 0,5 bis 0,8 mm lang, sparsam von gekreuzten Hoftüpfeln durchsetzt. Holzparenchym in spindelförmigen Reihen. Markstrahlen 1reihig, die höheren streckenweise 2reihig, 1 bis 22 Zellen hoch.

Radialschnitt: Gefäßdurchbrechungen rundlich bis elliptisch, Holzfasern an den Enden dichter getüpfelt. Die den oberen und unteren Saum höherer Markstrahlen bildenden Zellen meist höher als die übrigen Markstrahlzellen.

4. *Pachira aquatica* Aubl. (Abb. 1, 5, 6, 7)

Die Bombacacee *Pachira aquatica* Aubl. ist ein Charakterbaum an den Ufern der Schwarzwasserflüsse Caño Pimichin und Rio Temi (Oberlauf). Er wird kaum höher als 8 m und fällt auf durch seinen ungewöhnlich abholzigen Stamm, zu dem die dürftige, aus wenigen, handförmigen Blättern bestehende Krone in einem sonderbaren Gegensatz steht³. Abb. 5 stellt einen Baum von 6,70 m Höhe dar, dessen Stamm

² Die Bestimmung verdanken wir Herrn Dr. J. MONACHINO (New York).

³ In der „Flora Brasiliensis“ von C. F. PH. MARTIUS (Vol. XII, pars III, p. 234) heißt es „trunco 5–6 m alto, 0,3–0,6 m diametro“. Als Verbreitung wird angegeben: Brasilien (Prov. Pará), Guayana, Antillen.

0,20 m über dem Boden 18×20 cm, in 2 m Höhe $9,5 \times 11$ und in 4 m Höhe nur noch $3,5 \times 4$ cm mißt; die Krone besteht insgesamt aus nur 40 handförmigen, 1–7-zähligen Blättern. Ein junges, 4 m hohes Bäumchen mit einem basalen Durchmesser von 5 cm trug als Krone 3 Blätter (ein dreizähliges, ein vierzähliges und ein fünfzähliges). Wenn die Pachira-Bäume unmittelbar am Ufer schräg aufgerichtet stehen, wird der Stammquerschnitt an der Basis elliptisch.

Das Holz von *Pachira aquatica* zeigt histologisch einen von den Apocynaceen-Hölzern völlig abweichenden Bau.

Querschnitt: Die stellenweise verdoppelten Zuwachszonen sind recht verschieden breit (0,5–2,0 mm) und nur durch eine sehr schmale Parenchymzone angedeutet. Die Tracheen nehmen den weitaus überwiegenden Anteil der Querschnittsfläche ein, erscheinen eiförmig bis polygonal (in radialer Richtung etwa 80 bis 200μ messend, besitzen dünne Wände und liegen in Gruppen oder radialen Reihen beisammen, nur durch schmale Parenchymstreifen getrennt. Die Querwände der Tracheen (Abb. 7) stehen, wie auch die Längsschnitte zeigen, mehr oder weniger senkrecht zur Längsachse der Zelle und sind scheinbar netzartig durchbrochen; oft ist dieses Netzwerk aufgelöst, so daß nur der Randsaum übrig bleibt und somit eine einfache Gefäßdurchbrechung entsteht, wie sie als für die Bombacaceen charakteristisch angegeben wird (METCALEE & CHALK I, p. 237; RECORD & HESS p. 90). Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man, daß die Maschen der netzartigen Querwand von zarten Hoftüpfeln eingenommen werden. Während die Hoftüpfeln an den Längswänden $6,0$ bis $7,5 \mu$ Durchmesser zeigen, beträgt dieser bei den Hoftüpfeln der Querwände nur $2,5$ bis $4,0 \mu$. Vielfach stellen aber die Querwände einfache, ungetüpfelte Membranen dar. Die Parenchymzellen zeigen ein sehr variables Querschnittsbild: rechteckig, schmal-elliptisch, dreieckig bis polygonal. Die dickwandigen Holzfasern liegen, meist in Gruppen, zwischen Parenchymzellen; eine derartige Häufung wie in Abb. 6b (rechts unten) stellt eine Ausnahme dar. Markstrahlen ein- bis sechsreihig. Die einzelnen Markstrahlen in ihrem Verlauf an Breite stark wechselnd. Markstrahlzellen 60 bis 200μ lang, 10 bis 40μ breit.

Tangentialschnitt: Wände der Tracheen von Hoftüpfeln dicht bedeckt; Öffnung derselben strichförmig. Länge der Tracheenglieder 400 bis 650μ . Parenchymzellen in spindelförmigen Reihen angeordnet; letztere besitzen annähernd die gleiche Länge wie die Tracheenglieder. Parenchymzellen miteinander durch einfache, quergestreckte Tüpfel verbunden. Holzfasern etwa so lang wie die Tracheenglieder, oft ein wenig geschlängelt verlaufend. Markstrahlen meist $0,5$ bis $1,5$ mm hoch, von spindelförmigem Querschnitt, in der Mitte 2 bis 6 Zellen breit, nach oben und unten auf eine Zellreihe verschmälert; nur ausnahmsweise kommen daneben schwächere, einreihige, nur 5 bis 10 Zellen hohe Markstrahlen vor (vgl. Abb. 6d).

Radialschnitt: Im Tangential- wie im Radialschnitt erkennt man deutlich die drei verschiedenen Arten der Tracheenquerwände: die glatten, durchgehenden, die netz-

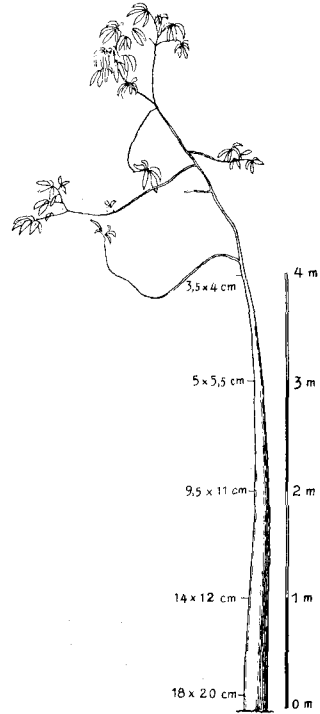


Abb. 5. *Pachira aquatica*.
Caño Pimichin

artig-perforierten und die durch eine große, rundliche Öffnung durchbrochenen. Eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung dieser drei Typen läßt sich nicht erkennen.

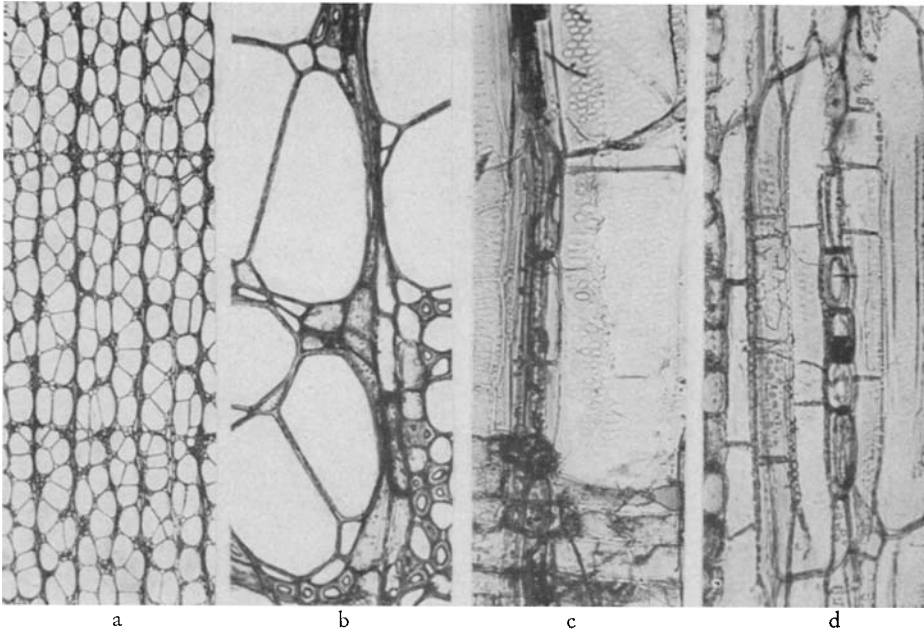


Abb. 6. *Pachira aquatica*. a. Querschnitt 20/1; b. Desgl. 100/1; c. Radialschnitt 100/1; d. Tangentialschnitt 100/1

Physikalisch-technische Eigenschaften

Zur Untersuchung der physikalischen und technischen Eigenschaften des Holzes wurden einige Stammscheiben mit einem mittleren Durchmesser von 15 cm verwendet, die aus einer Höhe von 50 bis 80 cm über dem Erdboden des in Abb. 5 dargestellten Baumes stammen. Die Jahresringe an diesen Scheiben zeigten einen weitgehend konzentrischen Verlauf; irgendwelche Unregelmäßigkeiten wurden nicht festgestellt.

Aus diesem Material wurde eine Anzahl von Probekörpern zur Bestimmung des Raumgewichtes (57 Stück) und der Druckfestigkeit (25 Stück) gewonnen. Weitere technologische Daten, wie Biege- und Zugfestigkeit sowie Bruchschlagarbeit, mußten wegen der zu geringen Ausmaße des Untersuchungsobjektes leider unterbleiben.

a. *Rohwichte*. Die über die ganze Stammscheibe gleichmäßig verteilten Holzproben wurden im Darrzustand ($u^4 = 0\%$) gewogen. Die so ermittelte Rohwichte (r_0) ergab einen Wert von $0,13 \text{ g/cm}^3$ im Mittel. Das Holz von *Pachira aquatica* weist somit dieselbe Rohwichte wie das Balsa-Holz (*Ochroma lagopus*) auf. Der Grenzwertebereich war bei unseren Proben sehr klein; er schwankte zwischen $0,12$ und $0,14 \text{ g/cm}^3$. Bezüglich dieser auffallend geringen Streuung der Rohwichte-Werte müssen wir bedenken, daß die Probekörper alle demselben Höhenbereich des Baumes entstammen. Die Verteilung der Rohwichte auf der Stammquersfläche läßt eine leichte Gewichtszunahme in der Splintzone erkennen. Die Unterschiede sind jedoch so gering, daß man – was ja auch die anatomischen Untersuchungen bestätigen – von einem sehr homogenen Holzkörper sprechen kann.

⁴ u = Feuchtigkeitsgehalt in % des Darrgewichtes.

b. Die *Raumdichte* (R) zeigt einen mittleren Wert von 116 kg/fm, in einem relativ engen Grenzbereich von 101 bis 129 kg/fm. Auch hier zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit dem Balsaholz, dessen Raumdichte mit 120 kg/fm angegeben wird (nach TRENDELENBURG u. MAYER-WEGELIN).

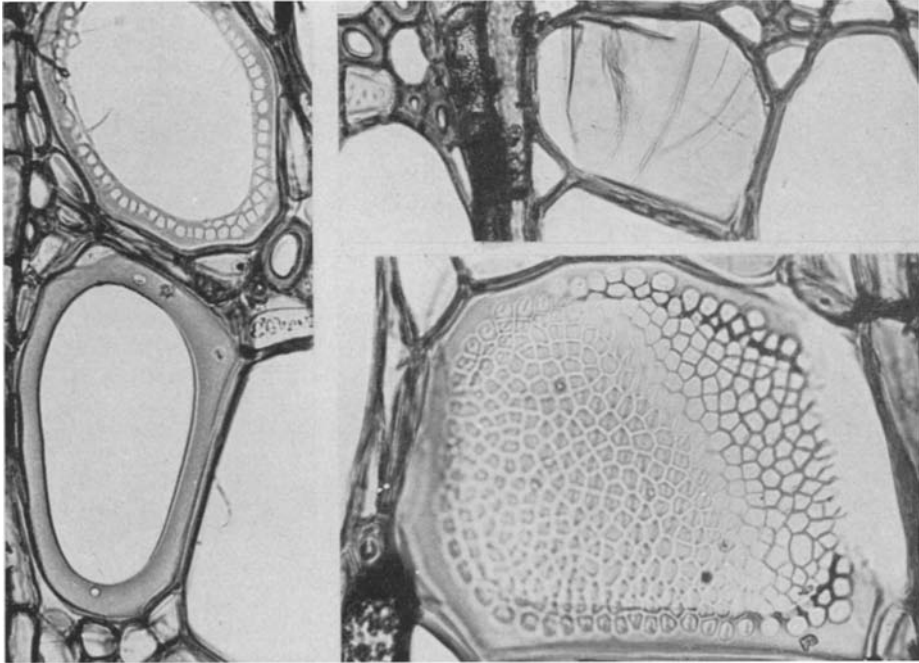


Abb. 7. *Pachira aquatica*. Tracheenquerwände. Links und rechts oben 230/1; rechts unten 400/1

c. Die *Schwindmaße* betragen im Mittel:

$$\beta_1 = 0,21 \quad \beta_{tg} = 4,92 \quad \beta_{rad} = 2,20 \quad \beta_v = 9,02 \text{ ‰}$$

Das Raumschwindmaß (β_v) liegt bei *Pachira* etwas höher als bei dem gleichschweren Balsaholz, bei welchem $\beta_v = 7,1 \text{ ‰}$ (nach KOLLMANN) beträgt.

d. Die fehlerfreien Holzproben zur Bestimmung der *Druckfestigkeit* waren ebenfalls gleichmäßig über eine ganze Stammscheibe verteilt. Es wurden insgesamt 25 Probekörper herausgearbeitet und bei einer Feuchtigkeit (u) von 10 ‰ der Prüfung auf Längsdruckfestigkeit unterzogen. Der Mittelwert hierfür betrug 63 kg/cm². Im Hinblick auf den engen Zusammenhang zwischen Rohwichte, Gefügedichte und Druckfestigkeit kann es nicht überraschen, daß *Pachira aquatica* mit seinem aus überwiegend weitlumigen, extrem dünnwandigen Zellen aufgebauten Holz einen so niedrigen Wert ergibt. Der über die ganze Stammquerfläche sehr gleichmäßige Bau des Holzes spiegelt sich wider in der geringen Streuung der Grenzwerte, die bei 50 und 76 kg/cm² liegen. Die entsprechenden Werte (σ d B) des Balsaholzes (u = 12 ‰) betragen nach KOLLMANN: 35 – 94 – 270 kg/cm².

Die Bruchbilder zeigen \pm stark ausgeprägte Gleitschichten, wie wir sie von den meisten unserer Laubhölzer her kennen.

Zusammenfassend läßt sich sagen: *Pachira aquatica* besitzt ein extrem leichtes, homogen aufgebautes Holz, das nicht stark schwindet. Es besitzt eine nur geringe Druckfestigkeit. Dementsprechend beträgt die „statische Gütezahl“ nur 4,4 [km]. Das

Pachira-Holz steht in seinen physikalischen und technischen Eigenschaften dem Balsaholz sehr nahe.

II. Tonnenstämme

Der zuletzt besprochene Baum, die Bombacacee *Pachira aquatica*, besitzt, wie oben erwähnt, einen extrem abholzigen Stamm, dessen unterer Durchmesser im Vergleich zur Krone ungewöhnlich groß ist. Solche mächtig entwickelten Stämme sind für viele Bombacaceenbäume kennzeichnend. Bei manchen Arten verzüngt sich der Stamm sowohl nach oben wie nach den Wurzelansätzen zu, so daß er die Form einer Tonne annimmt. Dies ist der Fall bei verschiedenen Spezies der Gattungen *Bombax*, *Chorisia* und *Cavanillesia*. Diese „Tonnenbäume“ oder „Faßbäume“ gehören den Trockengebieten des tropischen Südamerikas an. Erstmals wurden sie von MARTIUS (1840) in einem Vegetationsbild der Caatingaformation Ostbrasilens dargestellt (wiedergegeben KERNERS „Pflanzenleben“ 2. Aufl., Bd. I, S. 639). Unter „Caatinga“ versteht man ausgeprägte xerophytische Wälder, bestehend aus baumartigen Kakteen (*Cereus*), Dornsträuchern und laubabwerfenden Bäumen, die während der mehrmonatigen Trockenzeit kahlstehen; zu letzteren gehören auch die tonnenstämmigen Bombacaceenbäume (vgl. HUECK 1957, 1958, TROLL 1959). Gehölzgesellschaften derselben Prägung treffen wir auch im Gran Chaco und in Venezuela östlich des Maracaibosees. Im letztgenannten Gebiet werden die Tonnenbäume durch eine *Bombax*-Art⁵ vertreten,

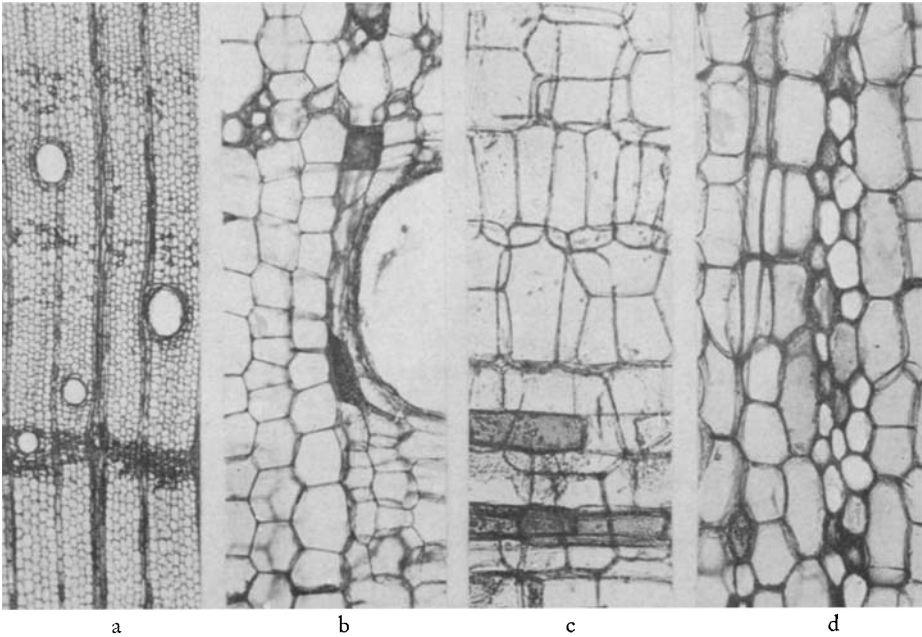


Abb. 8. *Bombax* sp. a. Querschnitt 20/1; b. Desgl. 100/1; c. Radialschnitt 100/1; d. Tangentialschnitt 100/1

⁵ Die weite Verbreitung dieser *Bombax*-Bäume, deren Speziesbestimmung noch aussteht, wurde erst im April 1958 anlässlich einer Durchquerung des Gebietes zwischen Maracaibosee und Coro durch VARESCI und MÄGDEFRAU festgestellt. Die Caatinga wird hier gebildet von baumartigen *Cereus*-Arten, *Peireskia*, *Jatropha*, *Aloë vera*, *Bromelia pinguis*, *Croton*, *Sida*, *Ceropegia*, Compositen. Die *Bombax*-Stämme stehen vereinzelt in ziemlich weiten Abständen.

deren Stamm- und Rinden-Histologie unten näher beschrieben wird. Die Gestalt der Tonnenstämme ist beträchtlichen Schwankungen unterworfen (vgl. KRIEG 1948, S. 223 und 225). Als größter Stammdurchmesser wird für *Cavanillesia arborea* 4,5 m angegeben (bei einer maximalen Stammhöhe von 20 m). Mit Recht schreibt MARTIUS in seiner „Flora Brasiliensis“ (XII/III, p. 237) über diesen Baum: „ob enormem molem atque formam inusitam miro adspectu“.

Die Stämme der *Bombax*-Art aus der Caatinga östlich des Maracaibosees sind schlanker als die von MARTIUS abgebildeten *Cavanillesia*-Stämme und werden nur etwa 1 m dick. Schon bei einjährigen Pflanzen, die im Botanischen Garten München aus Samen gezogen wurden, beginnt sich die Stammverdickung auszuprägen.

Zunächst sei die Histologie des Holzes (Abb. 8), dann die der Rinde beschrieben.

Querschnitt: Tracheen in geringer Zahl über die gesamte Jahrringbreite zerstreut, fast durchweg einzeln, selten paarweise (radial oder tangential nebeneinander stehend). In Abb. 8a ist eine Stelle wiedergegeben, die relativ viele Tracheen im Blickfeld enthält. Die Querschnittsfläche der Tracheen macht hier etwa 30 % des Gesamtquerschnittes aus; der Durchschnittswert dürfte aber nicht über 20 % liegen. Durchbrechungen der Querwände einfach. Holzfasern einzeln oder in Gruppen, in tangentialen Bändern angeordnet. Die Hauptmasse des Holzes (im Querschnitt mehr als 80 % der Fläche) wird von dünnwandigen Parenchymzellen eingenommen. Wandstärke der Parenchymzellen 1,0 bis 1,5 μ . Die scharf ausgeprägten Jahresringe durch ein aus 4 bis 6 Lagen sehr flacher Parenchymzellen gebildetes Band markiert. Markstrahlen 1 bis 4 Zellen breit, Markstrahlzellen 80 bis 200 μ lang.

Tangentialschnitt: Tracheenglieder 370 bis 450 μ lang; Öffnungen der Hoftüpfel schmal, schräg gestellt. Länge der Holzfasern infolge ihrer langen Zuspitzung und ihres etwas gebogenen Verlaufs nicht sicher feststellbar, auf jeden Fall länger als die Tracheenglieder; Tüpfel, klein, schmal, fast vertikal gerichtet. Parenchymzellen meist höher als breit (Verhältnis Höhe zu Breite wie 1:1 bis 3:1); ihre Tangentialwände sind von kleinen, querelliptischen Tüpfeln durchsetzt, die ein schmales, vertikales Band bilden. Markstrahlen 2 bis 46 Zellen hoch. Größe der Markstrahlzellen sehr verschieden. Die (relativ seltenen) niedrigen Markstrahlen nur eine Zelle breit, die höheren bis 4 (gelegentlich bis 5) Zellen breit; Tangentialwände ebenso wie die horizontal stehenden Radialwände der Markstrahlzellen getüpfelt.

Radialschnitt: Tracheen, Holzfasern und Markstrahlen bieten auf dem Radialschnitt keine Besonderheiten. Parenchymzellen im „Frühholz“ annähernd quadratisch, gegen die Jahrringgrenze zu höher als breit.

Die Rinde erreicht beträchtliche Dimensionen; an einem Stamm von etwa 50 cm Durchmesser betrug die Dicke der Rinde 5 bis 8 cm. Die verdickten Teile der Stämme zeigen eine unregelmäßige, graue und grüne Längsstreifung (vgl. Abbildungen bei HUECK 1958 und TROLL 1958). Diese rührt daher, daß die Korkbildung (grau) nur streifenweise einsetzt, während dazwischen noch die grüne Primärrinde die Außenfläche bildet. Der beträchtliche grüne Anteil an der Rindenoberfläche dürfte vor allem in der Trockenzeit für die Photosyntheseleistung ins Gewicht fallen; armlaubige Gewächse sind ja allgemein durch den Besitz einer grünen Rinde ausgezeichnet (vgl. Ross).

In der grünen Primärrinde fällt bei Betrachtung des Querschnitts die Anordnung der etwa isodiametrischen Zellen in tangentialen Reihen auf. Diese Reihen kommen offenbar dadurch zustande, daß die Rindenzellen sich durch radiale Wände teilen, um mit dem starken Dickenwachstum des Stammes Schritt zu halten. In der sekundären Rinde (Bast) machen radial angeordnete Streifen von Sklerenchymfasern einen beträchtlichen Teil der Querschnittsfläche aus. Eine Detailuntersuchung der *Bombax*-Rinde und ihrer Entwicklung wäre eine lohnende Aufgabe, könnte aber nur an frischem Material erfolgen.

Die Tonnenstämme dienen wohl als Wasserspeicher für die Trockenzeit (vgl. EWALD 1921), doch liegen bisher noch keine eingehenden Untersuchungen über die Art und Weise der Wasserspeicherung vor.

Zusammenfassung

Aus den Schwarzwassergebieten Süd-Venezuelas werden verschiedene „Leicht-Hölzer“ der Gattungen *Malouetia* (Apocynaceae), *Ambelania* (Apocynaceae) und *Pachira* (Bombacaceae) in ihrem histologischen Bau beschrieben und abgebildet sowie hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften ausgewertet. Ferner wird die Histologie des Holzes und der Rinde von „Tonnenstämmen“ der Gattung *Bombax* (Bombacaceae) aus der Caatinga-Formation östlich des Maracaibosees dargestellt.

Summary

Histology and technology of several "light woods" belonging to the genera *Malouetia* (Apocynaceae), *Ambelania* (Apocynaceae) and *Pachira* (Bombacaceae) from the regions of the black-water rivers of South Venezuela are described and illustrated. — Histology of wood and cortex of "tun steams" of the genus *Bombax* (Bombacaceae) from the Caatinga formation east of Maracaibo Lake is investigated.

Literatur

1. EWALD, E.: Beiträge zur Kenntnis der sogenannten „Schwimmhölzer“. Flora **114**, 394-400, 1921. — 2. HUECK, K.: Las regiones forestales de Sur América. Instituto forestal Latino-Americano Mérida, Boletín No. 2. 1957. — 3. HUECK, K.: Bosques secos de la zona tropical y subtropical de la América del Sur. Mérida (Instituto forestal Latino americano) 1958. — 4. KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Aufl., Bd. I. Berlin — Göttingen — Heidelberg 1951. — 5. KRIEG, H.: Zwischen Anden und Atlantik. München 1948. — 6. LÖTSCHERT, W.: Die Übereinstimmung von geologischer Unterlage und Vegetation in der Sierra de los Organos (West-Kuba). Ber. d. dtsh. bot. Ges. **71**, 55-70 (1958). — 7. MÄGDEFRAU, K.: Die Kieselhölzer im obersten Oberkarbon des Kyffhäusergebirges. Ber. d. dtsh. bot. Ges. **71**, 133-142, 1958a. — 8. MÄGDEFRAU, K.: Kurzer Bericht über die „Humboldt-Gedächtnis-Expedition 1958“. Naturwissensch. Rundschau **11**, 376-377, 1958b. — 9. MÄGDEFRAU, K.: Vom Orinoco zu den Anden. Vierteljahresschrift der Naturforsch.-Gesellschaft Zürich **105**, 49-71, 1960. — 10. MARTIUS, K. F. PH.: Tabulae physiognomicae. (Flora Brasiliensis, Fasc. I-IX.) Leipzig 1840-1847. — 11. METCALFE, C. R., u. L. CHALK: Anatomy of the dicotyledons, Vol. I-II. Oxford 1950. — 12. PITTIER, H., T. LASSER, L. SCHNEE, Z. LUCES, V. BADILLO: Catalogo de la flora venezolana, I-II. Caracas 1945, 1947. — 13. RECORD, S. J., u. R. W. HESS: Timbers of the New World. New Haven 1949. — 14. ROSS, H.: Beiträge zur Kenntnis des Assimilationsgewebes und der Korkentwicklung armlaubiger Pflanzen. Dissertation Freiburg i. Br. 1887. — 15. SCHMIDT, E.: Überseehölzer. Berlin-Grünwald 1951. — 16. TRENDELENBURG, R., u. H. MAYER-WEGELIN: Holz als Rohstoff. 2. Aufl. München 1955. — 17. TROLL, C.: Physiognomik der Tropengewächse. Jahresber. d. Ges. d. Freunde und Förderer d. Univ. Bonn für 1958, 1-75, 1959. — 18. VARESCHI, V.: Geschichtslose Ufer. Auf den Spuren Humboldts am Orinoko. München 1959.