

B. Posch · G. Wegener · D. Grosser · L. Wagner

Physikalische und mechanische Untersuchungen an Teakholz (*Tectona grandis* L.f.) aus Plantagen in Panamá

Online veröffentlicht: 7 Februar 2004
© Springer-Verlag 2004

Zusammenfassung Das untersuchte Plantagen-Teak aus Panamá kann hinsichtlich Festigkeiten und Dimensionsstabilität mit Teak (*Tectona grandis* L.f.) bekannter Herkunft, sog. Urwaldteak, konkurrieren. Es bestehen keine Unterschiede in der Rohdichte und den mechanischen Eigenschaften. Bei dem untersuchten Teak sinkt, entgegen dem für ringporiges Holz typischen Verhalten, mit steigender Jahrringbreite die Rohdichte.

Physical and mechanical investigations on teakwood (*Tectona grandis* L.f.) from plantations in Panamá

Abstract The teakwood from plantation in Panamá meets the values of strength and dimensional stability of teak from previous known origins, i.e. from primeval forests. No differences could be found regarding bulk density and mechanical properties. However, in contrast to the tendency typically found for ring-porous wood, the bulk density of the teakwood investigated in the present study increases with increasing annual ring width.

1 Einleitung

Die hier veröffentlichten Ergebnisse beruhen auf der 1999 verfaßten Diplomarbeit im Rahmen einer Hospitation¹ in Panamá (Posch 1999). Das von panamaischer und deutscher Seite getragene Projekt „Nachhaltige Entwicklung des Nationalparks Cerro Hoya und seiner Pufferzone“ (Desarrollo sostenible del Parque Nacional Cerro Hoya y su zona de amortiguamiento) sucht alternative Einkommensquellen für die Anwohner des Nationalparks Cerro Hoya (Panamá).

B. Posch · G. Wegener (✉) · D. Grosser · L. Wagner
Holzforschung München,
Winzererstr. 45, 80797 München, Deutschland
E-Mail: wegener@holz.forst.tu-muenchen.de
Fax: +49-89-21806429

¹ Nachwuchsförderungsprogramm der GTZ (Dt. Gesellschaft für technische Zusammenarbeit GmbH / Eschborn)

Der Anbau von Teak (*Tectona grandis* L.f.) in der Pufferzone des Nationalparks wurde als Alternative in Betracht gezogen. Es ist aufgrund seiner vielseitigen Verwendbarkeit und seiner hervorragenden Qualitäten weltweit bekannt und begehrt.

1945 wurde das fremdländische Teak erstmalig durch die United Fruit Company in Panamá, Provinz Chiriqui, angebaut. Bislang gibt es keine Untersuchungen über die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Teakholz aus bereits existierenden panamaischen Plantagen. Ziel der Diplomarbeit war es, erste Kennwerte über folgende Eigenschaften zu ermitteln:

- Mittlere Jahrringbreite [mm]
- Darr-Rohdichte [g/cm^3]
- Rohdichte 20/65 [g/cm^3]
- Biegefestigkeit [N/mm^2]
- Biege-E-Modul [N/mm^2]
- Druckfestigkeit [N/mm^2]
- Brinell-Härte [N/mm^2]
- Differentielle Quellung q [%/ %]
- Quellungskoeffizient h [%/ %]

2 Material und Methoden

Das Probenmaterial wurde in Panamá aus sieben unterschiedlich alten Teak-Pflanzungen gewonnen. Aus jeder Pflanzung wurden vier Bäume entnommen; insgesamt wurden 28 Bäume beprobt. Das Alter der Bestände lag zwischen 10 und 34 Jahren. Die Standorte der Pflanzungen unterschieden sich hauptsächlich in den Niederschlagsmengen und lassen sich dadurch in drei Wachstumsgebiete unterteilen: 3200–4000 mm/a, 2400–2800 mm/a und 1400–1600 mm/a.

Für die Prüfkörper zur Bestimmung der Brinell-Härte sowie des Quellen und Schwindens wurde je Baum eine ca. 10 cm dicke Stammscheibe auf 1.3 m Höhe entnommen. Für weitere Prüfkörper der Brinell-Härte wurde zudem bei jedem Baum auf 9 m Höhe eine ca. 5 cm dicke Stammscheibe herausgeschnitten.

Tabelle 1 Prüfkörper-Übersicht
Table 1 Test samples used in the present study

Versuch	Holzbereich	Prüfkörperdimensionen	Prüfkörperanzahl	Ursprung
		[mm]	gesamt	(aus Höhe [m])
Biegefestigkeit und Biege-E-Modul	Kern ges.	20×20×340	91 Stück	Mittelbohle (1.4 m)
	Splint	20×20×340	23 Stück	Mittelbohle (1.4 m)
Druckfestigkeit	Kern ges.	20×20×30 16×16×24	308 Stück	Mittelbohle (1.4 m)
	Splint	20×20×30 16×16×24	106 Stück	Mittelbohle (1.4 m)
Brinell-Härte 1.3 m Höhe	Kern	30×30×60	28 Stück	Stammscheibe „BHD“ (1.3 m)
	Splint	30×30×60	11 Stück	Stammscheibe „BHD“ (1.3 m)
	Splint/Kern	30×30×60	39 Stück	Stammscheibe „BHD“ (1.3 m)
	marknaher Kern	30×30×60	8 Stück	Stammscheibe „BHD“ (1.3 m)
Brinell-Härte 9 m Höhe	Kern	30×30×30	21 Stück	Stammscheibe „b“ (ca. 9 m)
	Splint	30×30×30	20 Stück	Stammscheibe „b“ (ca. 9 m)
	Splint/Kern	30×30×30	50 Stück	Stammscheibe „b“ (ca. 9 m)
Quellen und Schwinden	Kern	30×30×10	84 Stück	Stammscheibe „BHD“ (1.3 m)
	Splint	20×20×10	84 Stück	Stammscheibe „BHD“ (1.3 m)

Für die Biege- und Druckfestigkeit wurde je Baum auf 1.4 m Höhe eine ca. 50 cm lange und ca. 4 cm starke Mittelbohle verprobt. Die Probenentnahme erfolgte nach DIN 52 180 Teil 1 (1977).

Das über drei Monate in einem Längsstromtrockner der FH Rosenheim getrocknete Teakholz wurde im Normalklima DIN 50 014-20/65 (1985) gelagert.

Die mittlere Jahrringbreite wurde über vier Radien an jeder Stammscheibe ermittelt.

Die Prüfkörperdimensionen zeigt Tabelle 1. Dem tropischen Jahrringverlauf konnte bei den Biege-Prüfkörpern (DIN 52 186 (1978), Abschnitt 5.1 „...möglichst fünf Jahrringe bzw. Zuwachszonen erfaßt werden“) aufgrund des knapp bemessenen Probenmaterials nicht Rechnung getragen werden. Bei den Prüfkörpern für das Quellen und Schwinden hingegen war es möglich. Aufgrund der geringen Splintbreiten wurde für die Brinell-Härte z. T. auf Prüfkörper ausgewichen, die aus dem Übergangsbereich Splint/Kern gewonnen wurden. Damit wurde versucht, die Ermittlung der tangentialen Seitenhärte zu gewährleisten. Die Abmessungen der Prüfkörper für die Brinell-Härte erfolgte in Anlehnung an Richter (1999), den durch das Probenmaterial vorgegebenen Verhältnissen und abweichend von DIN Vornorm C 3011 (1934).

Die Rohdichte wurde in jedem der folgenden Versuche nach DIN 52 182 (1976) ermittelt: Biegefestigkeit, Biege-E-Modul, Druckfestigkeit, Brinell-Härte, Quellen und Schwinden. Zusätzlich wurde bei den Quell- und Schwindversuchen die Darr-Rohdichte, die Rohdichte bei 20/33 und die Rohdichte bei 20/86 ermittelt.

Die Versuche zur Biegefestigkeit und der Biege-E-Modul erfolgten nach DIN 52 186 (1978), die der Druckfestigkeit parallel zur Faser nach DIN 52 185 (1976), die der Brinell-Härte nach DIN Vornorm C 3011 (1934), die des Quellen und Schwindens nach DIN 52 184 (1979). Da die Versuche jeweils an fehlerfreien Kleinproben durchgeführt wurden, stellen sie eine Materialprüfung dar. Daher können die Ergebnisse nicht unmittelbar auf Bauholz übertragen werden. Bei Bauholz ist der

Einfluss von Grösse und Gütebeschaffenheit besonders zu berücksichtigen (vgl. DIN 68 364 (1979)).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Versuchsergebnisse zeichnen die für diese Holzart charakteristischen und den tropischen Wuchsbedingungen entsprechenden Schwankungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften nach.

Die waldwachstumskundlichen Messungen in den Teakplantagen ergaben eine mittlere Baumhöhe von 23 m. Erwartungsgemäß steigt mit dem Alter der Stammdurchmesser an, sinkt die mittlere Jahrringbreite und die Kernfläche nimmt im Vergleich zur Splintfläche zu.

Im Mittel beläuft sich die mittlere Jahrringbreite des untersuchten Teakholzes über den gesamten Querschnitt auf 6,8 mm. Der Mittelwert für das Splintholz beträgt 6,1 mm, für den Kern 6,7 mm und für den marknahen Kern 7,3 mm.

Die Ergebnisse der physikalischen und mechanischen Untersuchungen zeigt Tabelle 2. Die angegebenen Rohdichte-Messergebnisse basieren auf den Quell- und Schwindversuchen.

Allgemein ist bekannt, dass bei ringporigen Laubhölzern mit steigender Jahrringbreite der Anteil an Spätholz zunimmt. Dies hat wiederum einen Anstieg der Rohdichte zur Folge. Bei Teak handelt es sich um ein ringporiges Laubholz der Tropen. Es wurde jedoch bei den Untersuchungen festgestellt, daß bei diesem Teak, entgegen der allgemein gültigen Regel, die Rohdichte mit zunehmender Jahrringbreite sinkt. Folglich muss ein Anstieg der Jahrringbreite eine relative Erhöhung der Porenvolumina und des Anteils dünnwandiger Zellen bewirken, wodurch die Rohdichte sinkt. Diese Begründung bedarf allerdings einer Bestätigung durch anatomische Untersuchungen. Der Trend, daß eine zunehmende Jahrringbreite mit sinkender Rohdichte und sinkenden Festigkeiten korreliert, ist durch die Versuchsreihe nicht immer belegt. Dies

Tabelle 2 Untersuchungsergebnisse von panamaischen Plantagen-Teakholz **Table 2** Test results found for teakwood from plantations in Panamá

Einheit	Eigenschaft	Faser- richtung	n	Splint	n	Kern	n	Splint und Kern	n	Mark
[g/cm ³]	Darr-Rohdichte ρ_0		84	[0,616...0,645...0,683]	84	[0,607...0,635...0,665]	168	[0,607...0,640...0,683]		
[g/cm ³]	Rohdichte 20/33 $\rho_{20/33}$		84	[0,645...0,671...0,707]	84	[0,632...0,661...0,691]				
[g/cm ³]	Rohdichte 20/65 $\rho_{20/65}$		84	[0,652...0,678...0,714]	84	[0,641...0,670...0,700]	873	[0,425...0,660...0,882] ⁴	154	[0,425...0,630...0,749] ⁴
[g/cm ³]	Rohdichte 20/86 $\rho_{20/86}$		84	[0,670...0,695...0,731]	84	[0,656...0,684...0,714]				
[N/mm ²]	Biegefestigkeit σ_B		23	[64,1...104,0...144,2]	91	[61,1...103,3...138,0]				
[N/mm ²]	Biege-E-Modul E		23	[10900...14400...18100]	91	[9300...14000...17900]				
[N/mm ²]	Druckfestigkeit σ_{DII}		106	[7,9...48,1...76,1]	308	[19,5...51,0...77,8]				
[N/mm ²]	Brinell-Härte H_B	axial	15	[44,9...57,0...69,0]	28	[45,8...56,3...65,3]				
[N/mm ²]	(1,3 m Höhe)	radial	23	[23,1...30,0...38,5]	28	[21,8...31,6...41,0]				
		tangential	32	[22,7...33,3...43,5]	46	[22,1...35,8...48,3]				
		(r,t)	23	[24,9...31,5...41,0]	28	[21,9...33,9...43,6]				
[N/mm ²]	Brinell-Härte H_B	axial	19	[31,4...54,3...66,5]	33	[40,3...57,4...73,4]				
[N/mm ²]	(9 m Höhe)	radial	25	[17,8...29,3...38,7]	32	[13,5...30,1...43,7]				
		tangential	38	[22,7...31,6...41,2]	49	[18,2...33,0...48,7]				
		(r,t) ³	25	[21,5...30,5...39,8]	32	[17,7...30,7...45,8]				
[%/]	Differentielle Quellung q^5	radial	84	[0,14...0,15...0,16]	84	[0,11...0,13...0,17]				
[%/]	(je 1% Holzfeuchteänderung)	tangential	84	[0,26...0,31...0,33]	84	[0,26...0,28...0,31]				
		(r,t)	84	[0,20...0,23...0,25]	84	[0,18...0,21...0,24]				
[%/]	Quellungskoeffizient h	radial	84	[0,021...0,023...0,025]	84	[0,014...0,017...0,023]				
[%/]	(je 1% Luftfeuchteänderung)	tangential	84	[0,038...0,047...0,051]	84	[0,033...0,035...0,041]				
		(r,t) ³	84	[0,030...0,035...0,038]	84	[0,024...0,026...0,032]				

¹ 20/65: 20°C und 65% relative Luftfeuchte ² Desorption der Proben von 86% auf 33% relative Luftfeuchte ³ Rechnerisch ermittelt

⁴ Aus allen Prüfkörpern und aus beiden Stammhöhen (1,3 m und 9 m Höhe) ⁵ Geltungsbereich: 5–20% u , gemäss DIN 68 100 (1984)

beruht auf der Überlagerung der Ergebnisse durch klimatische (z. B. Niederschläge) und waldbauliche Einflussfaktoren (z. B. Bestockungsgrad).

Das untersuchte Teakholz bildet jedoch Jugendholz mit breiten Jahrringen, geringerer Rohdichte und geringeren Festigkeiten aus. Jede der untersuchten Festigkeiten nimmt mit steigender Rohdichte zu. Bei dem adulten Teakholz, d. h. mit zunehmendem Alter bzw. Abstand zum Mark nehmen Rohdichte und damit die Festigkeiten ebenso zu.

Vergleicht man die Rohdichten 20/65 (Werte aus Brinell-Härte-Versuch) von Splint und Kern aus 1,3 m Höhe (Splint: 0,658 g/cm³, Kern 0,670 g/cm³) mit jenen aus 9 m Höhe (Splint 0,654 g/cm³, Kern 0,676 g/cm³) so liegen zwischen den beiden Höhen (1,3 m und 9 m) keine nennenswerten Unterschiede vor. Die mittlere Rohdichte 20/65 von Splintholz sinkt bis zur Höhe 9 m um 0,6%. Die Rohdichte des Kernholzes ist in 9 m Höhe um 0,9% größer als in 1,3 m. Die relativ geringe festgestellte Streuung spricht für die obige Aussage, dass sich die Rohdichte mit der Stammhöhe nicht verändert. Folglich beruhen geringe Abweichungen von Eigenschaften wie z. B. der Brinell-Härte auf den bereits genannten Eigenschaften. Es besteht allerdings noch weiterer Forschungsbedarf in Bezug auf den hier nicht untersuchten Stammbereich zwischen 1,3 m und 9 m Höhe.

Des weiteren zeigte sich an Hand der differentiellen Quellung q [%/%] und des Quellungskoeffizienten h [%/%], dass der Splint stärker quillt als der Kern. Dies läßt sich auf die eingelagerten Kerninhaltsstoffe zurückführen. Sie bewirken nicht nur die farbliche Differenzierung des Kernholzes gegenüber dem Splint, sondern nehmen auch Einfluß auf das Wasseranlagerungsvermögen und folglich auf das Quell- und Schwindverhalten. Vergleicht man die differentielle Quellung q [%/%] des untersuchten Teak-Splints (Tabelle 2) mit der differentiellen Quellung q [%/%] heimischer Eiche (Tabelle 3), so wird deutlich, dass der Splint des Teakholzes geringere Quellmaße als die Eiche aufweist. Für die Verwendungsmöglichkeit des Teakholzes im Parkettbereich ergibt sich somit, dass eine Verarbeitung von Splint und Kern zusammen nicht als nachteilig zu betrachten ist.

Im weiteren Vergleich gegenüber der heimischen Eiche zeigt das Plantagen-Teak die gleiche Darr-Rohdichte und Biegefestigkeit, jedoch einen geringfügig höheren Biege-E-Modul, eine etwas niedrigere Druckfestigkeit, eine niedrigere Brinell-Härte sowie ein vermindertes Quellmaß.

Stellt man das ermittelte physikalisch-mechanische Eigenschaftsprofil von panamaischem Teak den bisher bekannten Werten für Teak gegenüber, so kann folgende Aussage getroffen werden:

Die in der Literatur genannten Meßwerte bewegen sich in einem weiten Rahmen (Tabelle 3). Das panamaische Teak befindet sich überwiegend im mittleren Bereich.

Um den qualitätssteigernden Einfluß des Alters auszunützen, werden höhere Umtriebszeiten empfohlen.

Aufgrund der derzeit noch geringen Stammdurchmesser und der hohen Dimensionsstabilität bietet sich z.B.

Tabelle 3 Kennzahlen im Vergleich: Panamaisches Plantagen-Teak (*Tectona grandis* L.f.), Literaturwerte Teak und einheimische Eiche (*Quercus petraea* L. und *Quercus robur* L.). Literaturwerte Teak aus Panamá⁴ **Table 3** Comparison of characteristic values: Teak wood (*Tectona grandis* L.f.) from plantation in Panamá, reported values in the literature for teak and European Oak (*Quercus petraea* L. and *Quercus robur* L.).

Einheit	Eigenschaft ¹	Faserichtung	n	Plantagen-Teak aus Panamá ⁴	Literaturwerte Teak	Autor	Eiche
[g/cm ³]	Darr-Rohdichte ρ_0 ($\mu=0\%$), DIN 52 182 (1976)		168	0,607... 0,640 ...0,683	0,61 0,440... 0,630 ...0,820 0,64 0,69	Vorreiter (1949) Kollmann (1951) Knigge und Schulz (1966) DIN 68 364 (1979) Anon. (1939)	0,39... 0,65 ...0,937 0,43... 0,69 ...0,96 ⁸
[g/cm ³]	Rohdichte $\rho_{20/65}$ ($\mu=9,2$ bis 10,6%), DIN 52 182 (1976)		873	0,425... 0,660 ...0,822	0,480... 0,690 ...0,860 0,520... 0,660 ...0,700	Wagenführ und Scheiber (1985)	
[N/mm ²]	Biegefestigkeit σ_B ($\mu=9,2$ bis 10,6%), DIN 52 186 (1978)		114	105	jeweils ($\mu=12$ bis 15%) 58...109	Wagenführ und Scheiber (1985)	95 ⁸
[N/mm ²]	Biege-Elastizitätsmodul E , ($\mu=9,2$ bis 10,6%), DIN 52 186 (1978)		114	14200	116...148...190 ($\mu=11$ bis 19%) 120 180 9500...13200	DIN 68 364 (1979) Kollmann (1951)	74...88...105 ⁷ 13000 ⁸
[N/mm ²]	Druckfestigkeit σ_{Dil} ($\mu=9,2$ bis 10,6%), DIN 52 185 (1976)		414	50	10400 10500...13000...15600 13000 13400 60...72...102 42...59	Knigge und Schulz (1966) Dahms (1982) in Eick (1987) Wagenführ und Scheiber (1985) Dahms (1982) in Eick (1987) Anon. (1939), Kollmann (1951) DIN 68 364 (1979) Knigge und Schulz (1966) Kollmann (1951)	10000...13500 ⁷ 52 ⁸ 54...61...67 ⁷
[N/mm ²]	Brinell-Härte H_B^2 , H_{Bl} ($\mu=9,2$ bis 10,6%), DIN C 3011 (1934)	axial	103	56,4	58 58 80 34,8...40,7...45,9 ⁵ ($\mu=11$ bis 19%) 63...71	Knigge und Schulz (1966) DIN 68 364 (1979) Dahms (1982) in Eick (1987) Kollmann (1951)	64...66 ⁸
[%/°]	differentielle Quellung q , (Geltungsbereich: 5–20% μ) ³ , DIN 52 184 (1979)	radial tangential (r,t)	116 171 114	30,5 33,6 31,8 ⁹	28...39 37,0 ⁵ ($\mu=11$ bis 19%) 0,16	Wagenführ und Scheiber (1985) Kollmann (1951) Thunack (1975), DIN 68 100 (1984) Holz-Lexikon (1988)	34...4 ⁸ 0,16 ⁸ 0,36 ⁸ 0,26 ^{6,8}

¹ Ermittelt nach der angegebenen DIN-Norm

² Aus beiden Höhen gemittelt, Prüfkraft: 1000 N

³ Gemäß DIN 68 100 (1984)

⁴ Werte aus Splint, Kern und Mark zusammen

⁵ Janka-Härte wurde nach Vorreiter (1949, S. 223) in Brinell-Härte umgerechnet

⁶ Aus q tangential und q radial gemittelt

⁷ Lohmann (1986)

⁸ Grosser und Zimmer (1998)

⁹ Rechnerisch ermittelter Wert

eine Verwendung des panamaischen Plantagen-Teakholzes im Parkettbereich an.

4 Schlußfolgerung

Rohdichte und mechanische Eigenschaften des Plantagen-Teaks unterscheiden sich nicht von Teak bekannter Herkünfte. Plantagen-Teak kann also mit Urwaldteak hinsichtlich Festigkeiten und Dimensionsstabilität konkurrieren.

Das Kernholz weist auf Grund der Kerninhaltsstoffe ein geringeres Quellmaß als das Splintholz auf.

Entgegen dem für ringporiges Holz typischen Verhalten sinkt die Rohdichte mit steigender Jahrringbreite.

Chemische Untersuchungen zum Plantagen-Teak finden sich an anderer Stelle (Windeisen et al. 2003; Haupt et al. 2003).

Literatur

- Anon. (1939) Teakholz. Holz Roh- Werkstoff 2:319–320, Springer, Berlin Heidelberg New York
- DIN Vornorm DVM-Prüfverfahren C 3011 (1934) Prüfung von Holz; Härtebestimmung durch Kugeldruckversuch
- DIN 50 014 (1985) Klimate und ihre technische Anwendung; Normalklimate
- DIN 52 180 (1977) Teil 1—Prüfung von Holz; Probennahme, Grundlagen
- DIN 52 182 (1976) Prüfung von Holz; Bestimmung der Rohdichte
- DIN 52 184 (1979) Prüfung von Holz; Bestimmung der Quellung und Schwindung
- DIN 52 185 (1976) Prüfung von Holz; Bestimmung der Druckfestigkeit parallel zur Faser
- DIN 52 186 (1978) Prüfung von Holz; Biegeversuch
- DIN 68 100 (1984) Toleranzsystem für Holzbearbeitung und Holzverarbeitung; Begriffe, Toleranzreihen, Schwindmaße und Quellmaße
- DIN 68 364 (1979) Kennwerte von Holzarten, Festigkeit, Elastizität, Resistenz
- Eick P (1987) Teak (*Tectona grandis* L.f.) Vorkommen, Eigenschaften und wirtschaftliche Bedeutung. Diplomarbeit, Fachhochschule Rosenheim, Fachbereich Betriebswirtschaft, Rosenheim
- Grosser D, Zimmer B (1998) Einheimische Nutzhölzer und ihre Verwendung. Informationsdienst Holz, holzbau handbuch Reihe 4 Teil 2 Folge 2, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der DGfH e.V. (Hrsg.), München
- Haupt M, Leithoff H, Meier D, Puls J, Richter HG, Faix O (2003) Heartwood extraction and natural durability of plantation-grown teakwood (*Tectona grandis* L.)—a case study. Holz Roh-Werkstoff 61:473–474
- Holz-Lexikon (1988) Nachschlagewerk für die Holz- und Forstwirtschaft, Band 2 (N–Z). DRW-Verlag, Stuttgart
- Knigge W, Schulz H (1966) Grundriss der Forstbenutzung. Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte. Paul Parey Verlag, Hamburg
- Kollmann F (1951) Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Anatomie und Pathologie, Chemie, Physik, Elastizität und Festigkeit, Bd. 1, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Lohmann U (1986) Holz Handbuch, 3. völlig überarbeitete Aufl. DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen
- Posch B (1999) Physikalische und mechanische Untersuchungen an Teakholz (*Tectona grandis* L.f.) aus Plantagen in Panamá. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Richter H-G (1999) Schriftliche Mitteilung. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Hamburg
- Thunack F (1975) Holz Zahl Form—Westermann Tabellen für Holz- und Kunststoffverarbeiter, 3. Aufl. Georg Westermann Verlag, Braunschweig
- Vorreiter L (1949) Holztechnologisches Handbuch. Allgemeines, Holzkunde, Holzschutz und Holzvergütung, Bd. I. Georg Fromme Verlag, Wien V
- Wagenführ R, Scheiber C (1985) Holzatlas, 2. Aufl. VEB Fachbuchverlag, Leipzig
- Windeisen E, Klassen A, Wegener G (2003) On the chemical characterisation of plantation teakwood from Panama. Holz Roh-Werkstoff 61:416–418