

## Die Härte von Laubhölzern für die Parkettherstellung

E. Schwab

Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg

Nach kurzer Beschreibung der wichtigsten Methoden zur Härteprüfung wird über die Prüfergebnisse an 16 Laubhölzern mit mittleren Rohdichten von 0,58 bis 1,04 g/cm<sup>3</sup> berichtet. Für die Brinell-Härte ergab sich eine lineare Zunahme mit steigender Rohdichte mit einem deutlichen Einfluß der Prüfkraft  $F$ . Bei den meisten Holzarten ist die Härte auf der Tangentialfläche etwas größer als auf der Radialfläche. Im untersuchten Rohdichtebereich besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Brinell-Härte und Janka-Härte.

### Hardness of hardwoods for parquet

A short description of important test methods of hardness is given. 16 wood species with mean density values between 0.58 and 1.04 g/cm<sup>3</sup> were tested. The Brinell-hardness increases linear with increasing of density influenced by the test force. Most species are harder on the tangential face than on the radial. Comparison tests on 65 parquet strips give a linear relationship between Brinell-hardness and Janka-hardness.

### 1 Methoden der Härteprüfung

Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung von Hölzern für die Parkettherstellung ist ihre Härte auf der Seitenfläche (Kollmann 1964). Die Härte kennzeichnet den Widerstand, den das Holz dem Eindringen eines anderen, härteren Prüfkörpers entgegensetzt. Für die Härteprüfung von Holz werden Prüfkörper aus Stahl bevorzugt, wobei das Prüfergebnis wesentlich von der Form des Prüfkörpers abhängt. Zur Härteprüfung wurden zahlreiche Prüfkörperformen erprobt, z. B. Nadel, Kugel, Zylinder, Stempel, Kegel und Keil, wobei jeweils unterschiedliche Abmessungen in Frage kommen. Übersichten über publizierte Methoden zur Ermittlung der Holzhärte geben z. B. Kumichel u. Holz (1955) und Dyle u. Walker (1985).

Für größere Reihenuntersuchungen an zahlreichen Holzarten wurden nur drei Prüfmethoden angewendet:

Methode nach Brinell (ehemals genormt in DIN C 3011)

Methode nach Janka (genormt in ASTM D 143-52)

Methode nach Monnin (genormt in NF B 51-125).

Die älteste dieser Prüfmethoden stammt von Brinell (1900). Zur Prüfung wird eine Stahlkugel (Durchmesser  $D = 10$  mm) mit einer definierten Kraft in das Holz gedrückt. Aus dem mittleren Durchmesser  $d$  des Eindruckes im Holz läßt sich die Eindrucksfläche  $A$  („Kugelkalotte“) errechnen:

$$A = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2}).$$

Die Brinellhärte  $H_B$  ist das Verhältnis der aufgewendeten Kraft  $F$  zur Eindrucksfläche  $A$ :

$$H_B = F/A \text{ in N/mm}^2.$$

Janka (1906) verwendete ebenfalls eine Kugel, allerdings mit einem Durchmesser von 11,3 mm. Zur Prüfung wird die Kugel bis zu ihrem Äquator in das Holz gedrückt, so daß die Eindrucksfläche genau 1 cm<sup>2</sup> beträgt. Als Janka-Härte  $H_J$  ist direkt die erforderliche Kraft definiert. In einer umfangreichen Veröffentlichung hat Janka (1915) die nach seiner Methode ermittelten Härtewerte für die Hirnfläche von 286 Holzarten tabelliert.

Mörath (1932) griff in seiner klassischen Arbeit auf die Brinell-Methode zurück, weil bei der Prüfung nach Janka „auf eine lokale Faserstauchung eine ungleichmäßige Abscherung der seitlichen Fasern und ein Zerquetschen der Faserteilchen im Grunde des Eindruckes erfolgt. Es können aus diesen sich überlagernden Beanspruchungen, zu denen noch eine wechselnde seitliche Reibung und bei harten Hölzern eine spaltende Wirkung kommt, ... schwer zu deutende Werte erhalten werden.“ Die Kritik Mörath's an der Härteprüfung nach Janka wurde auch von Trendelenburg (1933), Kollmann (1951), Miyajima (1963) und Sallenave (1971) bestätigt bzw. konkretisiert. Die von Mörath angewandten Bedingungen der Brinell-Prüfung (z. B. Prüfkraft normalerweise 500 N, bei sehr weichen Hölzern 100 N, bei sehr harten Hölzern 1000 N) wurden 1934 in DIN C 3011 genormt.

Allerdings kam es zu keiner Neuausgabe dieser Härteprüfnorm für Holz, weil auch die Brinell-Methode Nachteile aufweist, die Pallay (1938) wie folgt zusammenfaßt:

a) Die zum Eindringen der Kugel vorgeschriebenen dreierlei Belastungskräfte schaffen keine einheitliche Vergleichsgrundlage.

b) Die Errechnung der Härtezahlen aus Belastung und Durchschnittsdurchmesser ist ungenau.

c) Die 10-mm-Kugel ist nicht groß genug, um brauchbare Durchschnittswerte zu liefern.

Der Punkt c) hat Pallay (1938), Huber (1938) und Miyajima (1963) bewogen, Kugeln mit Durchmessern zwischen 25 und 32 mm vorzuschlagen. Er ist auch ein Argument für den größeren Zylinder (30 mm Durchmesser, Länge größer als die Probenbreite von 20 mm), mit dem die Monnin-Methode arbeitet. Die Verwendung größerer Kugeln konnte sich aber nicht durchsetzen, so daß entsprechende Härtewerte zum Vergleich der Holzarten untereinander fehlen. Als Nachteile der Monnin-Methode werden diskontinuierliche Eindrücke bei weicheren Holzarten (Sunley 1965) und die Gefahr, daß der Zylinder ungleichmäßig über die Probenbreite aufsetzt (Doyle, Walker 1985), genannt.

Aufgrund des kritischen Vergleichs der drei wichtigsten Härteprüfmethoden für Holz wurde bei den hier vorliegenden Untersuchungen die Härte nach Brinell ermittelt. Den von Pallay (1938) genannten Nachteilen der Brinell-Methode

de wurde begegnet, indem der Einfluß der Prüfkraft auf das Prüfergebnis bestimmt wurde und je Holzart über 100 Härtemessungen durchgeführt wurden. Somit können die Mittelwerte trotz möglicher Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Eindruckdurchmesser und trotz großer Streuungen wegen des kleinen Kugeldurchmessers als repräsentativ gelten.

## 2 Probenmaterial und Versuchsdurchführung

Als Probenmaterial<sup>1</sup> dienten von 16 Holzarten (Tabelle 1) jeweils 56 bis 64 Mosaikparkettlamellen (Abmessungen etwa  $160 \times 20 \times 8 \text{ mm}^3$ ), von 13 Holzarten (Abschn. 3.4) jeweils 5 Parkettstäbe (Abmessungen etwa  $300 \times 70 \times 22 \text{ mm}^3$ ).

Das Probenmaterial lagerte bis zur Gewichtskonstanz im Normalklima  $20 \text{ }^\circ\text{C}/65\%$  rel. Luftfeuchte. Anschließend wurden auf der begehbaren Oberfläche jeder Lamelle mit der Prüfkraft  $F=500 \text{ N}$  zwei Brinell-Härtewerte  $H_{B,500}$  bestimmt. Zusätzlich wurden auf jeder Lamelle der dichteren Hölzer ( $\rho_N > 0,65 \text{ g/cm}^3$ ) mit  $F=1000 \text{ N}$  zwei  $H_{B,1000}$ -Werte, auf jeder Lamelle der weniger dichten Hölzer ( $\rho_N > 0,69 \text{ g/cm}^3$ ) mit  $F=300 \text{ N}$  zwei  $H_{B,300}$ -Werte bestimmt.

<sup>1</sup> Die Firma H. u. M. Plessmann GmbH & Co., Uslar, stellte freundlicherweise das Probenmaterial zur Verfügung

Die Brinell-Prüfung erfolgte nach der früheren DIN C 3011 durch Belasten während 15 s, kontante Last für 30 s und Entlasten während 15 s. Für jeden Eindruck, den ein zwischengelegtes Blaupapier deutlich abzeichnet, wurde der Durchmesser zweimal im rechten Winkel mit der Brinell-Lupe gemessen. Der Mittelwert beider Messungen diente zur Berechnung der Eindruckfläche  $A$  bzw. der Härte  $H_B$  (Abschn. 1). Zusätzlich wurde die Normal-Rohdichte  $\rho_N$  nach DIN 52 182 und der Feuchtegehalt nach DIN 52 183 bestimmt.

Die Parkettstäbe dienten zum Vergleich der Brinell-Härte  $H_{B,500}$  und der Janka-Härte  $H_J$ . Dazu wurden auf der begehbaren Oberfläche jedes Stabes drei  $H_{B,500}$ - und drei  $H_J$ -Werte ermittelt. Die Janka-Prüfung erfolgte nach ASTM D 143. Allerdings wichen die Abmessungen der Stäbe von denen der Normprobe ( $150 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ ) ab; ein Einfluß dieser Probenabweichung auf das Prüfergebnis ist auszuschließen.

## 3 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in zwei Tabellen und zwei Bildern zusammengestellt. Nähere Angaben über die untersuchten Holzarten enthält DIN 4076 „Benennungen und Kurzzei-

**Tabelle 1.** Ergebnisse der Härteprüfung nach Brinell an 56 bis 64 Mosaikparkettlamellen je Holzart. Es sind jeweils die Minimal... Mittel...Maximalwerte sowie die Variationskoeffizienten  $V$  angegeben. Die Angaben beruhen auf einer einfachen Messung ( $\rho_N$  und  $u$ ) bzw. einer zweifachen Messung ( $H_{B,500}$  und  $H_{B,1000}$ ) jeder Lamelle

Holzart	Kurzzeichen DIN 4076	Rohdichte $\rho_N \text{ g/cm}^3$	Feuchtegehalt $u \%$	Brinell-Härte bei 500 N $H_{B,500} \text{ N/mm}^2$	Brinell-Härte bei 1000 N $H_{B,1000} \text{ N/mm}^2$
Sipo-Mahagoni	MAU	0,46...0,58...0,69 $V=8,1\%$	9,3...10,3...11,3 $V=5,3\%$	11,1...20,7...29,1 $V=16,3$	—
Iroko	IRO	0,41...0,59...0,72 $V=11,1\%$	7,2...8,5...9,8 $V=7,7\%$	11,1...23,0...39,2 $V=22,1\%$	—
Birke	BI	0,52...0,63...0,75 $V=7,7\%$	10,0...10,3...10,6 $V=1,8\%$	13,0...21,4...32,8 $V=16,8\%$	—
Bilinga	BIL	0,56...0,65...0,78 $V=7,8\%$	9,3...10,1...11,0 $V=4,8\%$	16,9...26,1...40,2 $V=19,6\%$	—
Esche	ES	0,50...0,68...0,86 $V=10,6\%$	9,1...9,9...10,9 $V=6,1\%$	14,5...27,7...42,4 $V=21,9\%$	17,0...30,5...47,5 $V=21,8\%$
Eiche	EI	0,51...0,69...0,87 $V=12,0\%$	8,1...8,7...9,6 $V=5,1\%$	12,8...26,2...38,1 $V=20,0\%$	14,4...30,5...46,5 $V=20,8\%$
Buche	BU	0,63...0,72...0,81 $V=6,0\%$	8,5...9,2...10,1 $V=4,6\%$	19,3...26,7...36,2 $V=12,3\%$	21,5...31,1...38,6 $V=10,9\%$
Sucupira clara		0,55...0,73...0,88 $V=10,5\%$	7,2...8,4...9,9 $V=10,1\%$	16,5...33,6...51,9 $V=19,2\%$	18,2...35,9...58,1 $V=19,8\%$
Afrormosia	AFR	0,62...0,75...0,96 $V=10,8\%$	7,8...8,6...9,4 $V=5,5\%$	18,2...29,4...51,9 $V=26,1\%$	20,5...34,3...74,3 $V=27,5\%$
Merbau	MER	0,61...0,77...0,94 $V=7,4\%$	8,9...9,7...10,5 $V=4,9\%$	23,8...33,2...46,1 $V=12,5\%$	24,7...36,7...48,6 $V=14,1\%$
Wenge	WEN	0,71...0,80...0,95 $V=6,2\%$	7,1...8,5...10,0 $V=10,9\%$	22,3...34,4...64,6 $V=17,8\%$	28,0...40,8...82,6 $V=22,2\%$
Tali	TAL	0,72...0,88...0,99 $V=8,5\%$	6,6...7,2...8,5 $V=6,8\%$	26,5...49,2...79,6 $V=20,8\%$	28,5...52,3...87,2 $V=22,7\%$
Sucupira	SUC	0,65...0,91...1,06 $V=8,7\%$	8,2...9,0...10,8 $V=8,4\%$	23,8...42,9...79,6 $V=21,3\%$	25,2...50,8...80,4 $V=21,9\%$
Muhuhu	MUU	0,82...0,91...1,05 $V=5,5\%$	8,1...8,7...9,2 $V=4,1\%$	38,1...49,1...66,8 $V=13,8\%$	41,0...54,5...76,3 $V=12,9\%$
Mecrusse	MCE	0,81...0,93...1,19 $V=8,1\%$	7,6...8,5...9,9 $V=8,2\%$	32,0...44,4...66,8 $V=16,2\%$	39,4...53,2...92,3 $V=18,6\%$
Azobe	AZO	0,93...1,04...1,19 $V=4,8\%$	8,6...9,6...10,4 $V=5,2\%$	37,2...53,0...76,8 $V=13,9\%$	42,8...62,0...84,9 $V=12,1\%$

chen auf dem Holzgebiet; Holzarten“. Bei der Holzart *Sucupira clara*, die in dieser Norm nicht enthalten ist, handelt es sich um die Gattung *Hymenolobium* aus Südamerika. Die breiten Rohdichtespannen in Tabelle 1 zeigen, daß mit rund 60 zufällig gezogenen Lamellen je Holzart repräsentative Ergebnisse erzielbar sind. Dafür spricht auch, daß die mittleren Rohdichtewerte weitgehend denen entsprechen, die DIN 4076 Teil 1 für die entsprechenden Holzarten angibt, wenn auf eine einheitliche Bezugsfeuchte umgerechnet wird. Nur bei zwei Holzarten zeigen sich deutliche Abweichungen: Aus DIN 4076 Teil 1 errechnet sich als mittlerer  $\rho_N$ -Wert für *Bilinga*  $0,74 \text{ g/cm}^3$  und für *Afrosmosia*  $0,68 \text{ g/cm}^3$ . Zumindest für *Afrosmosia* wird eine Korrektur der DIN-Angabe empfohlen, weil sich auch bei früheren Untersuchungen (Schwab 1986) für diese Holzart  $\rho_N$ -Werte von  $0,65 \dots 0,78 \dots 0,92 \text{ g/cm}^3$  ergaben.

3.1 Einfluß der Rohdichte

Bild 1 verdeutlicht den großen Einfluß der Normal-Rohdichte  $\rho_N$  auf die Brinell-Härte. Für den hier untersuchten Rohdichtebereich gelten die linearen Beziehungen

$$H_{B,500} = 76,2\rho_N - 24,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$H_{B,1000} = 96,5\rho_N - 36,2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

mit Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,96$  bzw.  $0,98$ . Bereits Trendelenburg (1933) hatte aus den Meßergebnissen von Mörath (1932) die Abhängigkeit der Brinell-Härte von der Rohdichte  $\rho_0$  im absolut trockenen Zustand errechnet:

$$H_B = 680\rho_0^2 \text{ (kp/cm}^2\text{)}$$

Ylinen (1943) wies an denselben Meßergebnissen nach, daß sich diese Abhängigkeit besser linear beschreiben läßt gemäß

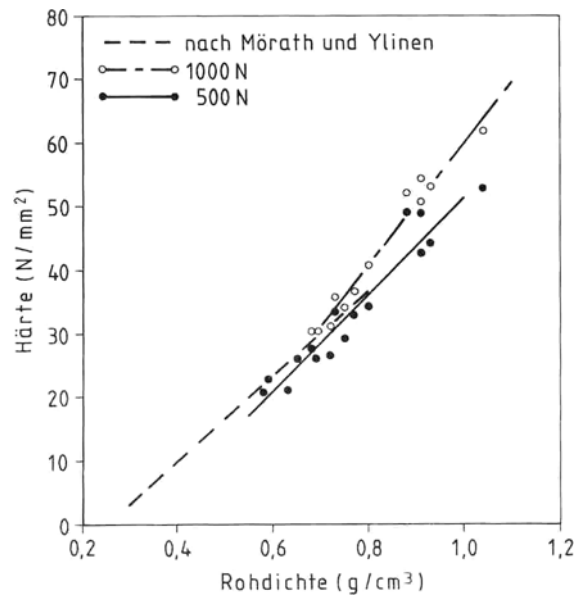
$$H_B = 664\rho_0 - 145 \text{ (kp/cm}^2\text{)}$$

Auch diese Gerade ist unter Berücksichtigung der anderen Rohdichteangabe und der neuen Härteeinheit in Bild 1 dargestellt.

Alle genannten Geradengleichungen weisen einen negativen Achsenabschnitt auf und können die Härte von Hölzern im untersten Rohdichtebereich nicht beschreiben, weil  $H_B < 0$  nicht möglich ist. Da aber Laubhölzer für die Parketherstellung immer Rohdichtemittelwerte über  $0,5 \text{ g/cm}^3$  aufweisen, sind für diese Hölzer die einfachen linearen Beziehungen – getrennt nach der jeweils angewandten Prüfkraft  $F$  – zur Beschreibung der Rohdichte gut geeignet, wie auch die hohen Korrelationskoeffizienten zeigen.

3.2 Vergleich zwischen Radial- und Tangentialfläche

Vor der Härteprüfung wurden die Lamellen nach der Orientierung ihrer Oberfläche in die Gruppen Radial (begehbare Oberfläche weitgehend Radialschnitt), Tangential (begehbare Oberfläche weitgehend Tangentialschnitt) und Diagonal (ohne bevorzugte Orientierung) unterteilt. In Tabelle 1 sind für jede Holzart die Härtewerte aller drei Gruppen zusammengefaßt, weil dies auch der praktischen Anwendung des Holzes im Parkett entspricht. Um aber den Unterschied zwischen der Härte  $H_{B,tang}$  auf der Tangentialfläche (Brinell-Kugel wird in radialer Richtung in das Holz gedrückt) und der Härte  $H_{B,rad}$  auf der Radialfläche (Brinell-Kugel wird in tangentialer Richtung in das Holz gedrückt) deutlich



**Bild 1.** Abhängigkeit der Brinell-Härte von der Rohdichte im normalklimatisierten Zustand. Eingetragen sind die mittleren  $H_B$ -Werte bei  $F = 500 \text{ N}$  für 16 Holzarten und bei  $F = 1000 \text{ N}$  für 12 Holzarten sowie die dazugehörigen Geraden. Die von Ylinen (1943) nach Meßergebnissen von Mörath (1932) errechnete Gerade – gilt für eine niedrige Rohdichtespanne.

**Fig. 1.** Effect of density on the Brinell-hardness after conditioning. Included are the mean values determined with  $F = 500 \text{ N}$  for 16 wood species, with  $F = 1.000 \text{ N}$  for 12 wood species and the linear relationship. Based on the results from Mörath (1932), Ylinen (1943) evaluated the straight line in a lower density range

**Tabelle 2.** Verhältniszahlen verschiedener Brinell-Härtewerte  $H_B$ . Die Indices bedeuten: tang. auf Tangentialfläche, rad. auf Radialfläche, 300 bzw. 500 bzw. 1000; bei einer Kraft von  $F = 300 \text{ N}$  bzw.  $500 \text{ N}$  bzw.  $1000 \text{ N}$  ermittelt

Holzart	$H_{B,300,tang}$	$H_{B,500,tang}$	$H_{B,1000,tang}$
	$H_{B,300,rad}$	$H_{B,500,rad}$	$H_{B,1000,rad}$
Sipo-Mahagon	1,05		0,92
Iroko	1,11		0,91
Birke	1,03	-	0,88
Bilinga	1,20		0,91
Esche	1,00	1,10	0,85
Eiche	0,99	1,16	-
Buche	1,10	1,16	
Sucupira clara	1,09	1,07	-
Afrosmosia	1,05	1,17	
Merbau	1,09	1,11	
Wenge	0,87	1,19	
Tah	1,05	1,06	
Sucupira	0,98	1,18	
Muluhu	1,14	1,11	
Meeruss	1,09	1,20	
Azobe	1,09	1,17	
Mittelwerte	1,06	1,14	0,89

zu machen, wurden für alle untersuchten Holzarten die entsprechenden Verhältniszahlen  $H_{B,tang}/H_{B,rad}$  ermittelt (Tabelle 2). Bei den meisten Hölzern ist  $H_{B,tang}$  größer als  $H_{B,rad}$  (im Mittel um 6%). Dies überrascht nicht, weil die Kugel bei der Härteprüfung auf der Tangentialfläche radial ins Holz gedrückt wird und der Druck-Elastizitätsmodul  $E_D$  in radialer Richtung größer ist als in tangentialer Richtung (Schwab 1986). Allerdings ist das Verhältnis

von  $E_{D,rad} : E_{D,tang}$  bei allen Hölzern wesentlich größer als  $H_{B,tang} : H_{B,rad}$ , was auf die prinzipiellen Unterschiede zwischen Querdruck- und Härteprüfung hinweist.

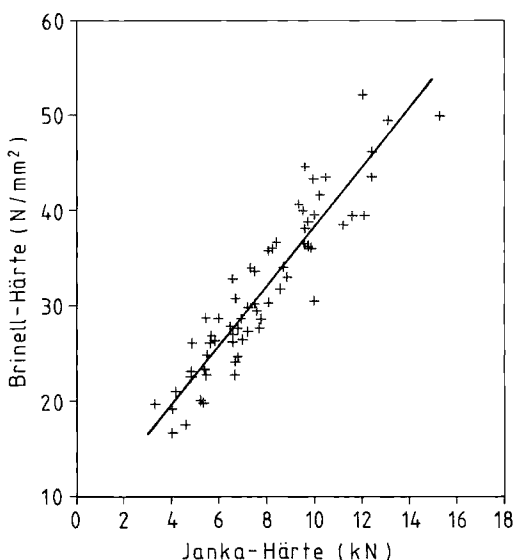
Eine Besonderheit ergibt sich bei Wenge; hier liegt der  $H_{B,tang}$ -Wert deutlich niedriger als der  $H_{B,rad}$ -Wert. Als Ursache sind die tangential orientierten, mehr als porenbreiten durchlaufenden Speicherzellen zu nennen, deren helle Färbung die typisch markante Zeichnung dieser Holzart ermöglicht.

### 3.3 Einfluß der Prüfkraft

Die Abhängigkeit der Brinell-Härte von der Prüfkraft geht bereits aus Tabelle 1 und Bild 1 hervor. Bei den 12 Holzarten, deren Härte mit  $F=500$  N und mit  $F=1000$  N bestimmt wurde, liegt  $H_{B,1000}$  jeweils um 6% bis 20% (Mittelwert 14%) höher als  $H_{B,500}$  (Tabelle 2). Um festzustellen, ob die Brinell-Härte allgemein mit steigender Prüfkraft zunimmt, wurden 5 Holzarten ergänzend auch mit  $F=300$  N geprüft. Tabelle 2 zeigt, daß  $H_{B,300}$  jeweils um 8% bis 15% (Mittelwert 11%) niedriger liegt als  $H_{B,500}$ . Daraus ergibt sich, daß zur aussagefähigen Angabe einer Brinell-Härte unbedingt auch die angewandte Prüfkraft gehört. Bei Laubhölzern für die Parketherstellung kann aber einheitlich mit  $F=500$  N geprüft werden, wie die vorliegende Ergebnisse zeigen. Selbst bei den extremsten Rohdichten aller 947 geprüften Lamellen ( $\rho_{min}=0,41$  g/cm<sup>3</sup>,  $\rho_{max}=1,19$  g/cm<sup>3</sup>) lag der Durchmesser des Kugeleindrucks innerhalb des geforderten Bereiches von 2 bis 7 mm. Die Anwendung einer einheitlichen Prüfkraft vereinfacht den direkten Härtevergleich der Hölzer untereinander.

### 3.4 Vergleich zwischen Brinell- und Janka-Härte

Da für viele überseeische Hölzer die nach ASTM D 143 bestimmte Janka-Härte bekannt ist, erhebt sich die Frage, ob hieraus die Brinell-Härte abgeschätzt werden kann. Zur Klärung dieser Frage diente die Untersuchung der 65 Parkettstäbe (Abschn. 2) von 13 Holzarten. Dabei handelte es sich



**Bild 2.** Zusammenhang zwischen den Mittelwerten der Brinell-Härte in N/mm<sup>2</sup> und der Janka-Härte in kN für 65 Parkettstäbe von 13 Holzarten.

**Fig. 2.** Correlation between the mean values of Brinell-hardness in N/mm<sup>2</sup> and of Janka-hardness in kN for 65 parquet-strips from 13 wood species

um die Holzarten der Tabelle 1, ausgenommen Birke, Me-cruse und Azobe.

Bild 2 zeigt den Zusammenhang zwischen der Brinell-Härte  $H_{B,500}$  und der Janka-Härte  $H_J$  für die 65 Parkettstäbe. Die eingetragene Gerade gehorcht der Beziehung

$$H_{B,500} = 3,1 H_J + 7,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

Der Korrelationskoeffizient von  $r=0,93$  bestätigt, daß diese Beziehung zur rechnerischen Abschätzung der Brinell-Härte für Laubhölzer des untersuchten Rohdichtebereiches herangezogen werden kann.

## 4 Schlußfolgerung

Die Härte auf der Seitenfläche ist ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung von Hölzern für die Parketherstellung. Zur Härtebestimmung ist die Brinell-Methode mit der Kraft  $F=500$  N gut geeignet, weil damit Laubhölzer im Rohdichtebereich von 0,5 bis 1,1 g/cm<sup>3</sup> geprüft werden können. Dabei hängt die Brinell-Härte  $H_{B,500}$  linear von der Normal-Rohdichte  $\rho_N$  ab:

$$H_{B,500} = 76,2\rho_N - 24,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

Eine Erhöhung bzw. Erniedrigung der Prüfkraft würde zu höheren bzw. niedrigeren  $H_B$ -Werten führen. Bei den meisten Laubhölzern ist die Härte auf der Tangentialfläche größer als auf der Radialfläche. Der Unterschied beträgt aber durchschnittlich nur 6% und ist deshalb für die Parketherstellung vernachlässigbar.

Bei Laubhölzern im untersuchten Rohdichtebereich besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Brinell-Härte  $H_B$  und der Janka-Härte  $H_J$  gemäß

$$H_B = 3,1 H_J + 7,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

Damit kann die Brinell-Härte auch für solche überseeischen Holzarten rechnerisch abgeschätzt werden, von denen bisher nur die Härte nach Janka bekannt ist.

## 5 Literatur

- American Society for Testing and Materials 1981: ASTM D 143-52: Standard methods of testing small clear specimens of timber
- Association Française de Normalisation (AFNOR) 1972: NF B 51-125: Bois - Essai de dureté "Monnin"
- Brinell, J. A. 1900: Ein Verfahren zur Härtebestimmung nebst einigen Anwendungen desselben. Gießlers Baumaterialkunde Band 5: 276 ff (zitiert bei Kollmann, F. 1951)
- Deutsches Institut für Normung 1934: DIN C 3011: Härtebestimmung durch Kugel-Druckversuch
- Doyle, J., Walker, J. C. F. 1985: Indentation hardness of wood. Wood and Fiber Science 17:369-376
- Huber, K. 1938: Die Prüfung der Hölzer auf Kugeldruckhärte. Holz Roh- Werkstoff 1:254-259
- Janka, G. 1906: Die Härte des Holzes. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 32:193-202, 241-260
- Janka, G. 1915: Die Härte der Hölzer. Mitt. aus dem Forstlichen Versuchswesen Österreichs, Heft 34, Frick-Verlag Wien, 114 S.
- Kollmann, F. 1951: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Band 1. Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1050 S.
- Kollmann, F. 1964: Vorzüge des Parketts. In: Parkett, Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 14:43-60, DRW-Verlag Stuttgart
- Kumichel, W., Holz, D. 1955: Das Höppler-Konsistometer - ein Gerät zur Bestimmung der Kegeldruckhärte von Hölzern. Holz Roh- Werkstoff 13:188-193

- Miyajima, H. 1963: Studies on the indentation hardness of wood. Res. Bull. of the College Experiment Forests. Hokkaido University 22:539–607
- Mörath, E. 1932: Studien über die hygroskopischen Eigenschaften und die Härte der Hölzer. Mitt. der Holzforschungsstelle an der TH Darmstadt, Heft 1. Verlag Schaper. Hannover, 56 S.
- Pallay, N. 1938: Über die Holz Härteprüfung. Holz Roh- Werkstoff 1:126–130
- Sallenave, P. 1971: Propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux. Deuxième Supplement. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, 123 S.
- Schwab, E. 1986: Kennwerte des Querdruckverhaltens von Laubhölzern. Holz Roh- Werkstoff 44:259–263
- Sunley, J. G. 1965: A comparison of the Janka and Monnin methods of testing the hardness of timber and wood products. J. of the Institute of Wood Science Nr. 14:40–46
- Trendelenburg, R. 1933: Die Härteprüfung der Hölzer – Ein Vergleich der Verfahren von Brinell und Janka. Forstarchiv 9:37–43
- Ylinen, A. 1943: Über den Einfluß der Rohwichte und des Spätholzanteils auf die Brinellhärte des Holzes. Holz Roh- Werkstoff 6:125–127