

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 156 (2005)

Heft: 11

Artikel: Untersuchungen zu ausgewählten mechanischen Eigenschaften von Eschenholz

Autor: Bonoli, Cosma / Niemz, Peter / Mannes, David

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098078>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Untersuchungen zu ausgewählten mechanischen Eigenschaften von Eschenholz

COSMA BONOLI, PETER NIEMZ und DAVID MANNES

Keywords: Ash; mechanical properties; sorption; swelling; structure. FDK 81

1. Einleitung

In der Schweiz sind 3,7% des Waldbestandes Eschen (*Fraxinus excelsior* L.). Der Schweizer Holzvorrat an Esche beträgt insgesamt etwa 11,7 Millionen Kubikmeter, wovon jährlich im Durchschnitt nur 0,19 Millionen Kubikmeter (50% des Zuwachses) geerntet werden.¹ Es liegt also ein erhebliches Nutzungspotenzial vor.

Momentan sind dunkle Hölzer im Möbelbau und Innenausbau wieder im Trend. Dies führte zu einer sinkenden Nachfrage bei Esche. Vereinzelt wird daher derzeit versucht, durch eine Wärmebehandlung einen dunkleren Farbton zu erzielen und das Holz im Innenausbau einzusetzen.

Esche gehört zu den Holzarten mit einer hohen Zähigkeit und hohen Festigkeit. Das Holz wurde daher schon früh zum Beispiel für Skier, Schläger, Werkzeugstiele, Fahrzeugteile oder andere mechanisch stark belastete Teile genutzt. Schläger, Schlitten oder andere mechanisch und dynamisch stark beanspruchte Elemente werden auch heute noch vielfach aus Esche hergestellt.

Reserven liegen auch noch beim Einsatz im Holzbau für hoch beanspruchte Bauteile. Dazu laufen derzeit beispielsweise Arbeiten am Institut für Holzbau und Holztechnologie der Technischen Universität Graz. Vereinzelt wird bereits heute industriell Brettschichtholz aus Laubholz (z.B. Buche, Esche) gefertigt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden ausgewählte Untersuchungen zu mechanischen Eigenschaften von Esche und deren Korrelation mit der Struktur durchgeführt. Dabei erfolgt eine Begrenzung auf makroskopische Strukturmerkmale und Eigenschaften.

Relativ wenige Untersuchungen liegen zum Einfluss der Struktur auf die Eigenschaften, zur Bruchenergie sowie zum Einfluss der Holzfeuchte auf die Festigkeit vor. Dies soll im Rahmen dieser Arbeit etwas näher untersucht werden.

2. Erkenntnisstand

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht zu ausgewählten Eigenschaften von Eschenholz nach verschiedenen Quellen. Dabei zeigt sich einmal eine starke Variabilität andererseits teilweise eine starke Übereinstimmung der Mittelwerte in Übersichtswerken, in denen Bereiche angegeben werden (WAGENFÜHR 1996, SELL 1997). Eine vergleichsweise umfassende Abhandlung zur Esche publizierte KOLLMANN (1941, 1951 und 1955). QUER *et al.* (1995) untersuchten die Korrelation der Eigenschwingungen mit der Bruchschlagarbeit.

Die aktuellste Zusammenstellung zu den Eigenschaften der Esche enthält die Dissertation von OLIVER-VILLANUEVA (1993) und OLIVER-VILLANUEVA & BECKER (1993). Er untersuchte unter anderem die Korrelation zwischen dem dynamischen E-Modul und der Bruchschlagarbeit sowie dem Einfluss der waldbaulichen Massnahmen auf die Eigenschaften des Eschenholzes. Weitständig behandelte Eschen wiesen eine signifikant höhere Jahrringbreite und gleichmässigeren Jahrringe auf. Mit zunehmender absoluter Jahrringbreite nahm die Spätholz-

breite konstant zu, während die Frühholzbildung weitgehend unabhängig von Alter und Wuchsbedingungen konstant bei etwa 0,5 mm blieb. Als Folge starker Pflegeeingriffe stellte OLIVER-VILLANUEVA (1993) höhere Rohdichten fest. Analog mit der Standraumhaltung variierten die technologischen Parameter.

Bei Holz aus weitständig behandelten Eschen wurden signifikant höhere E-Moduln, Biegefestigkeiten und Bruchschlagarbeiten festgestellt. Zwischen der Eigenfrequenz und der Bruchschlagarbeit konnte ein Korrelationskoeffizient von 0,6 ermittelt werden.

QUER *et al.* (1995) untersuchten ausgewählte Eigenschaften von Esche in Abhängigkeit von Standort und Alter.

Unterschiede in den Eigenschaften zwischen den Standorten sind erkennbar. Die Esche bildet in unseren Breiten etwa im Zeitraum Ende Mai/Anfang Juni weitlumige Frühholzzellen für den Wassertransport in höhere Regionen des Stammes, danach beginnt die Spätholzbildung. Die Spätholzzellen sind dickwandig und haben Festigkeitsfunktionen. Das Ende des Dickenwachstums fällt auf die Monate August/September. Die mittlere jährliche Dauer der Holzbildung beträgt also etwa fünf Monate (OLIVER-VILLANUEVA 1993).

Bekannt ist Esche durch ein vergleichsweise zähes Bruchverhalten, was auf eine grosse Bruchzähigkeit (hohe Bruchenergie) hinweist. Im Rahmen der Arbeit soll insbesondere das Bruchverhalten, die Bruchenergie bei Biegebelastung und der Einfluss der Holzfeuchte näher untersucht werden.

3. Versuchsmaterial und -methodik

Als Versuchsmaterial diente Esche von zwei Standorten:

- Knonauer Amt (Kanton Zürich) aus einer Höhenlage zwischen 500 und 600 m ü.M.
 - Dierikon-Perlen (Kanton Luzern) 420 m ü.M.
- Das Holz wurde in Form von Brettern mit Riftschnitt über ein Sägewerk bezogen (je Standort aus einem Stamm).

Folgende Eigenschaften wurden geprüft:

- Rohdichte nach DIN 52182 (n=30)
- Holzfeuchte nach DIN 52183 (n=30), Prüfung im Klima bei 20 °C und 40, 50, 65, 80, 88% relativer Luftfeuchtigkeit
- Biegefestigkeit nach DIN 52180, E-Modul bei Biegung sowie Brucharbeit bis zur Maximalkraft und bis zur Proportionalitätsgrenze (Probenformat 20 mm (radial) x 20 mm (tangential) x 400 mm (längs), n=15)
- Druckfestigkeit nach DIN 52186 (Probenformat: 20 mm (radial) x 20 mm (tangential) x 60 mm (längs), n=30)
- Jahrringbreite (Ausmessen mit Messlupe), n=30

Ferner erfolgte eine visuelle Beurteilung des Bruchbildes. Alle Normprüfungen wurden im Normalklima bei 20 °C und 65% relativer Luftfeuchte durchgeführt.

¹ Schweizerisches Landesforstinventar: <http://www.lfi.ch/> (10.10.2005).

BONOLI, C.; NIEMZ, P.; MANNES, D.: Untersuchungen zu ausgewählten mechanischen Eigenschaften von Eschenholz
 Tabelle 1: Literaturübersicht zu Eigenschaften von Eschenholz nach verschiedenen Quellen.

Kennwert	Einheit	Wert	Herkunft	Quelle
Rohdichte (u=12-15%)	kg/m ³	450...690...860	Deutschland	1
		700		2
		680...760		4
		450..650...880	Schweiz	5
		510...705...888	Belgien	6
		680...760		7
		Darrdichte	kg/m ³	410...650...820
		640...700		4
		640...700		7
max. Quellmass längs	%	0,2		1,7
max. Quellmass radial	%	4,5...5,0	Deutschland	1
		5,3	Deutschland	3
		5,0		7
Max. Quellmass tangential	%	8,0...8,4	Deutschland	1
		8,7		2
		8,0		7
E-Modul, Biegung	N/mm ²	4400...12500...18100	Deutschland	1
		13000		2
		4300...13400...18100	Deutschland	3
		11900..13900		4
		5800...14200...20900	Schweiz	5
		7100...12600...19500	Belgien	6
		11900...13900		7
Druckfestigkeit parallel	N/mm ²	23...52...80	Deutschland	1
		50		2
		20..44...68	Deutschland	3
		43...59		4
		37...59...77	Schweiz	5
		31...51...72	Belgien	6
Zugfestigkeit parallel	N/mm ²	70...165...293	Deutschland	1
		130		2
		75...176...293	Deutschland	3
		130...160		4
Zugfestigkeit senkrecht	N/mm ²	7...11,2	Deutschland	1
Biegefestigkeit	N/mm ²	58...120...210	Deutschland	1
		105		2
		49...102...178	Deutschland	3
		100...127		4
		65...130...194	Schweiz	5
		71...119...174	Belgien	6
Bruchschlagarbeit	kJ/m ²	10...68...80	Deutschland	1
		10...70...250	Deutschland	3
		67...88		4
		20...90...250	Schweiz	5
Spaltfestigkeit	N/mm ²	0,7	Deutschland	1
		0,65...0,75...0,87		3
Quellen: 1) WAGENFÜHR (1996) 3) KOLLMANN (1941) 5) KÜHNE (1951) 2) DIN 68363 (2003) 4) SELL (1997) 6) LECLERCQ (1975)				

Bei der Prüfung der Biegefestigkeit wurde zusätzlich die Brucharbeit bei der Maximalkraft (Bruchkraft) und an der Proportionalitätsgrenze bestimmt. Sie wurde nach Gleichung (1) wie folgt berechnet:

$$w_u = \frac{W_{F_{\max}}}{V} \quad (\text{Gleichung (1)})$$

w_u Arbeit bis zur Maximalkraft in kJ/m³
 $W_{F_{\max}}$ Arbeit bis F_{\max} in kJ
 V Volumen der Probe zwischen den Auflagern in m³:
 $V = l_s \times b \times h$

Die Arbeit bis F_{\max} ($w_{F_{\max}}$) entspricht der Fläche unter der Kraft-Weg-Kurve bis zum Erreichen der Maximalkraft F_{\max}

(vgl. *Abbildung 1*). Analog wurde die Brucharbeit an der Proportionalitätsgrenze w_p und bei plastischer Verformung bestimmt. Die Arbeit wird dabei auf das Probenvolumen V zwischen den Auflagerpunkten bezogen.

4. Versuchsergebnisse

4.1 Mechanische Eigenschaften des Holzes

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 2 und 3 dargestellt. Die Normalrohddichte liegt mit 469... 612... 741 kg/m³ für den Standort Dierikon/Perlen und 597... 633... 689 kg/m³ für den Standort Knonauer Amt eher im unteren Bereich der in der

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften des geprüften Holzes.

x: Mittelwert; s: Standardabweichung.

Eigenschaft	Standort	statistische Kennzahl	
Normalroh-dichte in kg/m ³	Dierikon-Perlen	x	612
		s	68
	Knonauer Amt	x	633
		s	24
Biege-E-Modul in N/mm ²	Dierikon-Perlen	x	12479
		s	1873
	Knonauer Amt	x	11151
		s	781
Biegefestigkeit in N/mm ²	Dierikon-Perlen	x	106
		s	18
	Knonauer Amt	x	103
		s	7
Druckfestigkeit parallel zur Faser in N/mm ²	Dierikon-Perlen	x	45
		s	6
Arbeit bei Biegebelastung Beim Bruch in kJ/m ³	Dierikon-Perlen	x	147
		s	
	Knonauer Amt	x	139
		s	23
An der Proportionalitätsgrenze	Dierikon-Perlen	x	11
		s	3
	Knonauer Amt	x	8
		s	1

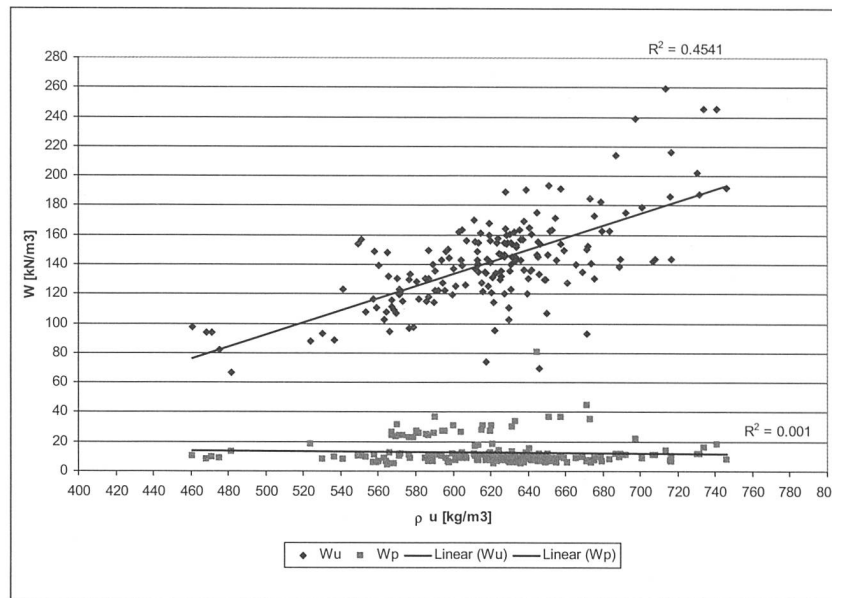


Abbildung 5: Korrelation Rohdichte-Brucharbeit (berechnet nach Gleichung (1)).

w_u Arbeit bis zur Maximalkraft in kJ/m³; w_p bis zur Proportionalitätsgrenze in kJ/m³.

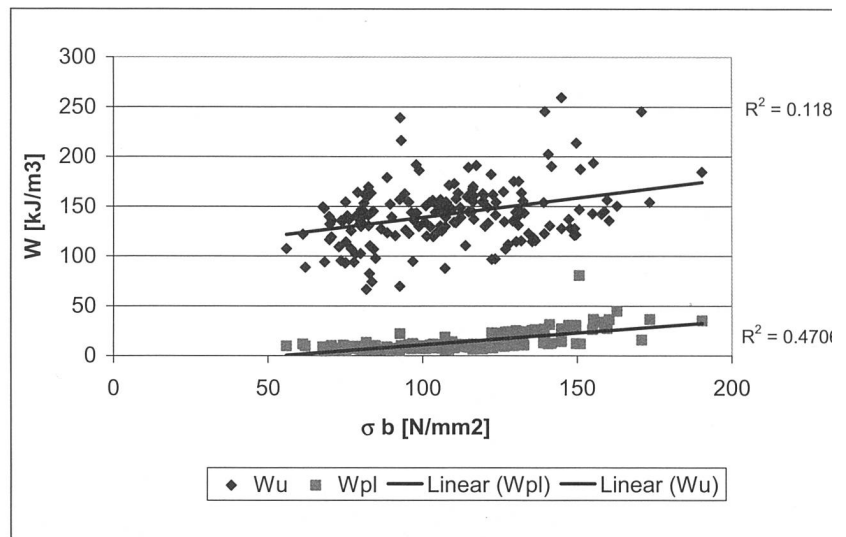


Abbildung 6: Korrelation Biegefestigkeit-Brucharbeit (berechnet nach Gleichung (1)).

w_u Arbeit bis zur Maximalkraft in kJ/m³; w_{pl} Arbeit im Bereich der plastischen Verformung (oberhalb der Proportionalitätsgrenze) in kJ/m³.

Tabelle 3: Gleichgewichtsfeuchte des Holzes (gemessen an Biegeproben).

x: Mittelwert; s: Standardabweichung.

		Holzfeuchte in % bei rel. Luftfeuchte in %					
		0	40	50	65	80	88
Dierikon-Perlen	x	0	9,0	11,7	13,6	16,5	20,3
	s	0	0,28	0,16	0,16	0,3	0,51

Tabelle 4: Ergebnisse der 3-Punkt-Biegeprüfung für Fichte und Eibe nach MÄRKI et al. (2005).

Holzart	Holzfeuchte	Rohdichte		E-Modul	Arbeit bis zur Maximalkraft	Biegefestigkeit
		u [%]	ρ _N [g/cm ³]	E _b [N/mm ²]	w _u [kJ/m ³]	σ _{bb} [N/mm ²]
Eibe (n = 34)	x	12,8	0,71	10241	202,1	123,8
	s		0,05	1544	98,5	14,9
Fichte (n = 36)	x	12,8	0,42	11582	75,2	83,1
	s		0,02	1326	19,0	8,3

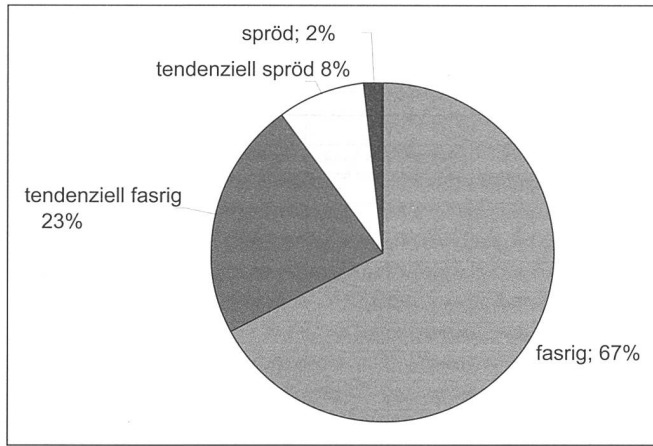


Abbildung 7: Verteilung der Bruchtypen bei Biegebelastung.

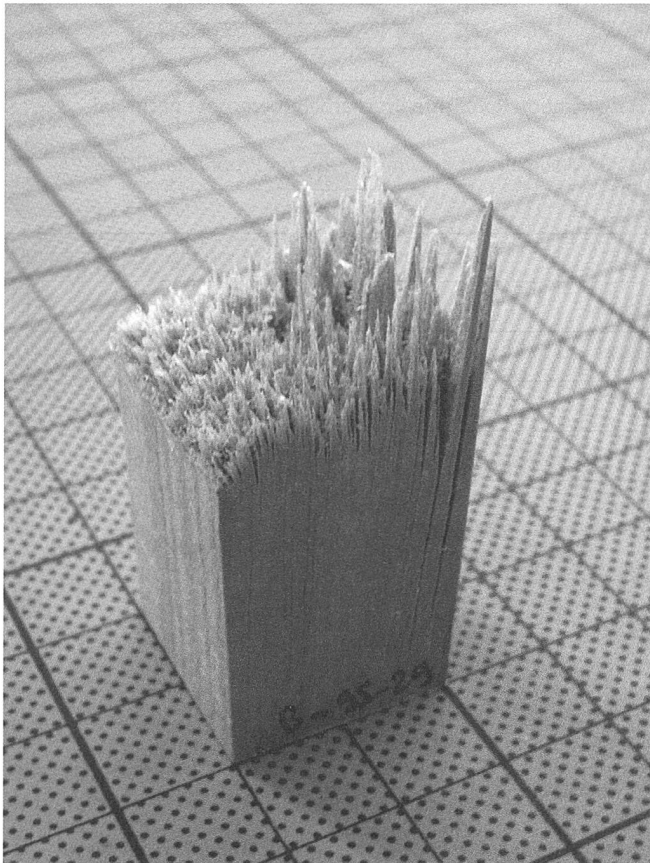


Abbildung 8: Typisches Bruchbild von Esche bei Biegeprüfung (klimatisiert bei 88% rel. Luftfeuchte).

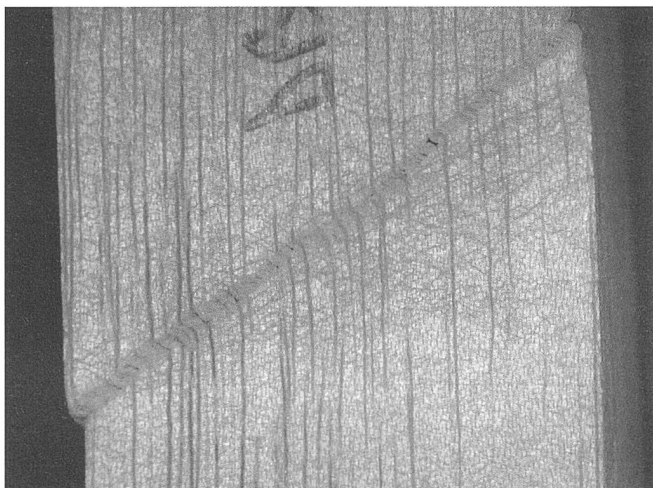


Abbildung 9: Typisches zähes Versagensverhalten von Esche bei Druckbelastung in Faserrichtung.

(MÄRKI *et al.* 2005). Die Brucharbeit bei der Maximalkraft steigt mit zunehmender Rohdichte. Die Arbeit an der Proportionalitätsgrenze wurde dagegen bei den vorliegenden Untersuchungen nicht durch die Rohdichte beeinflusst (Abbildung 5). Die Biegefestigkeit korreliert aber mit der Brucharbeit bei der Maximalkraft und der Brucharbeit bei der Proportionalitätsgrenze (Abbildung 6). Das vergleichsweise zähe Bruchverhalten der Esche spiegelt sich auch in den Bruchbildern wieder. Es tritt überwiegend ein zäher, fasriger Bruch auf (Abbildung 7). Abbildung 8 zeigt einen typischen fasrigen Bruch der Esche bei Biegung. Zur Beurteilung des Bruchbildes wurden die Proben nach dem automatischen Abschalten der Prüfmaschine bei Abfall der Maximalkraft manuell zu Bruch gefahren.

Auch unter Druckbelastung kommt es zu einem weitgehend zähen Bruch (Abbildung 9). Ein teilweises Aufsplittern, wie es bei Eibe oder Fichte auftritt, war nicht feststellbar. Insgesamt liegt im Eschenholz ein wichtiges Potenzial für den Einsatz als Brettschichtholz oder aber auch für andere statisch hoch belastete Elemente im Verbindungsbereich vor, für die derzeit teilweise Parallam eingesetzt wird. Damit könnte eine wesentliche Wertschöpfung erreicht werden, zudem wären sicher auch baulich neue Ansätze möglich.

Zusammenfassung

An Eschenholz aus zwei Standorten der Schweiz wurden ausgewählte mechanische Eigenschaften ermittelt. Bestimmt wurden Rohdichte, Biegefestigkeit, E-Modul und Arbeit beim Biegebruch sowie die Jahrringbreite. Der Einfluss der Holzfeuchte auf die Biegefestigkeit sowie die Korrelation Holzfeuchte-Biegefestigkeit und Jahrringbreite-Dichte wurden untersucht. Das Bruchverhalten war, wie bekannt, überwiegend zäh, die verbrauchte Bruchenergie lag deutlich über der von Fichtenholz. Infolge des relativ zähen Bruchverhaltens und hoher mechanischer Eigenschaften liegt ein Potenzial für die Verwendung der Esche im Bereich des Brettschichtholzes, aber auch im Bereich anderer hoch beanspruchter konstruktiver Teile aus Holz.

Résumé

Etude des propriétés mécaniques du bois de frêne

Une étude a permis de déterminer les propriétés mécaniques suivantes du bois de frêne issu de deux régions suisses: la densité brute, la résistance à la flexion, le module d'élasticité et le travail lors de la rupture à la flexion, ainsi que la largeur des cernes. Les recherches ont également porté sur l'influence de l'humidité du bois sur la résistance à la flexion ainsi que sur la corrélation entre l'humidité du bois et la résistance à la flexion, ainsi qu'entre la largeur des cernes et la densité. La ténacité à la rupture était, comme prévu, très grande et l'énergie de rupture nettement supérieure à celle du bois d'épicéa. En raison de sa bonne ténacité à la rupture et de ses propriétés mécaniques élevées, le frêne dispose d'un potentiel d'utilisation dans le domaine du lamellé-collé comme dans celui d'autres pièces de bois soumises à de fortes contraintes constructives.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Summary

Investigation into certain mechanical properties of ash

Ash originating from two locations in Switzerland was investigated for certain selected mechanical properties. Values were determined for raw density, sorption, swelling, tensile strength, MOE and work on bending strength as well as annual rings. In addition the influence of wood humidity on the tensile strength was investigated as well as the correlation between humidity/ tensile strength and annual rings density. The samples, as expected, were generally tough as far as breakage is concerned and the breakage energy required was higher than that of spruce. In view of its relative robustness and strong mechanical properties, there is a potential for the use of ash for the production of layered boards, but also for other wood parts for construction purposes with high requirements.

Translation: ANGELA RAST-MAGERISON

Literatur

- KOLLMANN, F. 1941: Die Esche und ihr Holz. Verlag Julius Springer, Berlin. 147 S.
- KOLLMANN, F. 1951: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, zweite Auflage, erster Band. Springer-Verlag, Berlin.
- KOLLMANN, F. 1955: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, zweite Auflage, zweiter Band. Springer-Verlag, Berlin.
- KÜHNE, H. 1951: Untersuchung über einige Eigenschaften des Eschen- und Robinienholzes im Hinblick auf dessen Verwendbarkeit für Werkzeugstiele. Forschungsbericht Empa.
- LECLERCQ, A. 1975: La qualité du bois de frêne. Bull. rech. Agron. Gembloux 10, 4: 497–526.
- MÄRKI, K.; NIEMZ, P.; MANNES, D. 2005: Vergleichende Untersuchungen zu ausgewählten mechanischen Eigenschaften von Eibe und Fichte. Schweiz. Z. Forstwes. 156, 3–4: 85–91.
- OLIVER-VILLANUEVA, J.V. 1993: Holzeigenschaften der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und ihre Variabilität im Hinblick auf Alter und Standraum. Dissertation, Universität Göttingen. 174 S.
- OLIVER-VILLANUEVA, J.V.; BECKER, G. 1993: Verwendungsrelevante Holzeigenschaften der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und ihre Variabilität im Hinblick Alter und Standraum. Forst Holz 48: 387–391.
- QUER, M.; OLIVER-VILLANUEVA, J.V.; SCHOPPA, F.N.; BECKER, G. 1995: Zerstörungsfreie Qualitätskontrollfragen für die Produktion dynamisch beanspruchter Werkzeugstiele aus Eschenholz. Holz Roh- Werkst. 53: 229–235.
- SELL, J. 1997: Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. 4., überarb. und erw. Auflage, BauFachverlag, Dietikon. 87 S.
- WAGENFÜHR, R. 1996: Holzatlas, 4. neubearbeitete Auflage. Fachbuchverlag Leipzig. 688 S.

Autoren

COSMA BONOLI, dipl. Forsting. (ETH), Militärstrasse 16, 8004 Zürich.
 Prof. Dr.-Ing. habil. PETER NIEMZ und DAVID MANNES, dipl. Forstwirt,
 ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Holzphysik, Schafmattstrasse 6,
 CH-8093 Zürich, E-Mail: niemz@ifb.baug.ethz.ch.