

# Laubhölzer im Bauwesen sind noch Exoten

Von der Laubholztagung in Graz – Merkmale zur Festigkeitssortierung ermittelt

Von Ulrich Hübner\*, Graz

**Am 22. Juni trafen sich in Graz Experten der Forstwirtschaft, der Sägeindustrie, den Universitäten Hamburg, München und Graz und weiterer Forschungseinrichtungen zu Vorträgen und offener Diskussion zum Workshop mit dem Thema „Laubhölzer – Exoten im Bauwesen?“.**

Dipl.-Ing. Helmut Spitzer von der TU Graz als auch Forstrat Michael Schmidt stellten das forstwirtschaftliche Potenzial von Nadel- und Laubbäumen in Österreich bzw. Bayern vor. Die standortgerechte Bewirtschaftung der heimischen Wälder führt zu einem Anstieg des Laubholzanteils und lässt geringere Ausfälle durch Schädlinge und Stürme erwarten. Schon heute wird das Potenzial von Fichte in Bayern, wo ein Drittel des deutschen Holzvorrats steht (Schmidt), bis auf die zum Teil nur schwer mobilisierbaren Nutzungsmengen im Kleinprivatwald vollständig genutzt. Hingegen werden beim Laubstammholz gegenwärtig nur etwa 30% des nachhaltig nutzbaren Potenzials eingeschlagen.

Demgegenüber steht die Nutzung der Ressourcen. Lediglich einzelne Firmen stellen Brettschichtholz aus Esche, Kombinationen aus Fichte und Esche bzw. Eiche her und haben mehrjährige Erfahrung, wie zum Beispiel die neue Holzbau AG, Lungern (Schweiz), bzw. Maderas Gámiz S.A., Sta. Cruz de Campezo (Spanien).

Referenzobjekte wie die Werkhalle der Schreinerei Schnidrig (Vsp/Schweiz) mit einer Fachwerkstruktur

\* Dipl.-Ing. Ulrich Hübner ist Mitarbeiter der Holzbau-Forschungs GmbH in Graz.

tion aus Eschen-BSH oder die Schwimmhalle in Nyíregyháza/Ungarn mit Satteldachbindern aus Robinien-BSH wurden unter Verwendung von Laubhölzern erstellt.

Um die Anwendung von Laubholz und Laubholzprodukten für tragende Konstruktionen im Bauwesen zu fördern bzw. zu ermöglichen, gab und gibt es vielfältige Aktivitäten in der Forschung, die zwar zu einzelnen Pilotprojekten und der Beantragung von Zulassungen für Brettschichtholz aus Buchen- bzw. Eichenlamellen führten, aber noch nicht zu einer breiten Anwendung. Die Übertragung von für Nadelholz entwickelten Verfahren zur Festigkeitssortierung, für die Verarbeitung, insbesondere die Verklebung, ist insbesondere die Verklebung zu BSH führt zu suboptimalen Ergebnissen, die weder das Potenzial der Laubhölzer voll ausschöpfen noch den höheren Aufwand in der Anwendung wirtschaftlich gerechtfertigt erscheinen lassen.

## Verklebung noch Hemmnis für breite Anwendung

Auch in der Diskussion beim Laubholz-Workshop stellte sich die Verklebung neben der Wirtschaftlichkeit als derzeit größtes Hemmnis für die breite Anwendung heraus. Die Delaminie-

rungsprüfverfahren nach DIN EN 302-2 und die Leistungsanforderungen haben sich für die Bewertung der prinzipiellen Eignung von Klebstoffen und Klebfugenbeständigkeit von verklebten Bauteilen aus Nadelhölzern sehr gut bewährt (Aicher und Reinhardt, 2007). Die „hartholzspezifische Relevanz“ der hier angewandten, an Nadelholz kalibrierten Prüfverfahren und zugeordneter Delaminierungsanforderungen sei zu überprüfen.

Zielsetzung muss sein, die langfristige Fugenbeständigkeit von rotkernigen Buchenholzverklebungen sowie von Laubholzverklebungen generell bei einem baupraktisch realistischen Entwicklungsszenario nachzuweisen. Hierfür sind geeignete Verfahren und Anforderungen zu entwickeln (Aicher und Reinhardt, 2007).

Diplom-Holzwirt Dr. Eberhard Pfütz, zuständig für anwendungstechnische Fragen von Leimen und Tränkhäfen bei BASF, Ludwigshafen, gab im Laubholz-Workshop zu bedenken, dass die für Nadelholz entwickelten und in den Klebstofflisten I und II der MPA Universität Stuttgart aufgeführten Klebstoffe derzeit für die Verklebung von Laubholz nicht zugelassen sind. Die Klebeoberflächen unterscheiden sich aber gravierend u. a. durch pH-Wert, Puffervermögen und Oberflächenstruktur voneinander. Sogar innerhalb einer teilweise rotkernigen Buchenlamelle können für die Verklebung wichtige Parameter stark schwanken.

Somit bedarf es spezieller Klebstoffsysteme, deren Entwicklung ohne größere gesicherte Absatzmengen für die Hersteller nicht lukrativ erscheint. Pfütz forderte die beim Laubholz-Workshop anwesenden Forscher auf, Prüf-



Astansammlung „Katzepfötchen“ bei Robinie

verfahren für die Klebfugenbeständigkeit zu entwickeln, welche Aussagen über die Nutzungsdauer von Laubholzkonstruktionen erlauben.

Dipl.-Ing. Dr. Christian Hansmann vom Institut für Holzforschung der Universität für Bodenkultur, Wien, gab einen allgemeinen Überblick zu Trocknung, natürlicher und technologischer Farbveränderung. Die derzeitigen Möglichkeiten der Bildverarbeitung bei der Laubholzsortierung und Besonderheiten bei der Farbmessung von Holzoberflächen zeigte DI Alfred Rinnhofer vom Joanneum Research Graz auf.

## Signifikante Unterschiede bei Zug- und Biegeeigenschaften

Anhand von fehlerfreien Kleinproben untersuchte Prof. Dipl.-Holzwirtin Katja Frühwald, FH Lippe, Höxter, Zug- und Biegeeigenschaften von Buche und Esche im Hinblick auf Unterschiede zwischen hellem Splint- und dunklem Kernholz. Dabei stellt sie fest, dass es bei fehlerfreien Kleinproben starke Unterschiede von Stamm zu Stamm gibt und diese in der Regel einen größeren Einfluss als der Farbkern haben. Die Unterschiede bei der Biegefestigkeit von 110 N/mm<sup>2</sup> bei Buchenkernholz zu 105 N/mm<sup>2</sup> bei hellem sind klein, doch statistisch signifikant. Im Zugversuch wurden bei hellem Holz mit 137 N/mm<sup>2</sup>

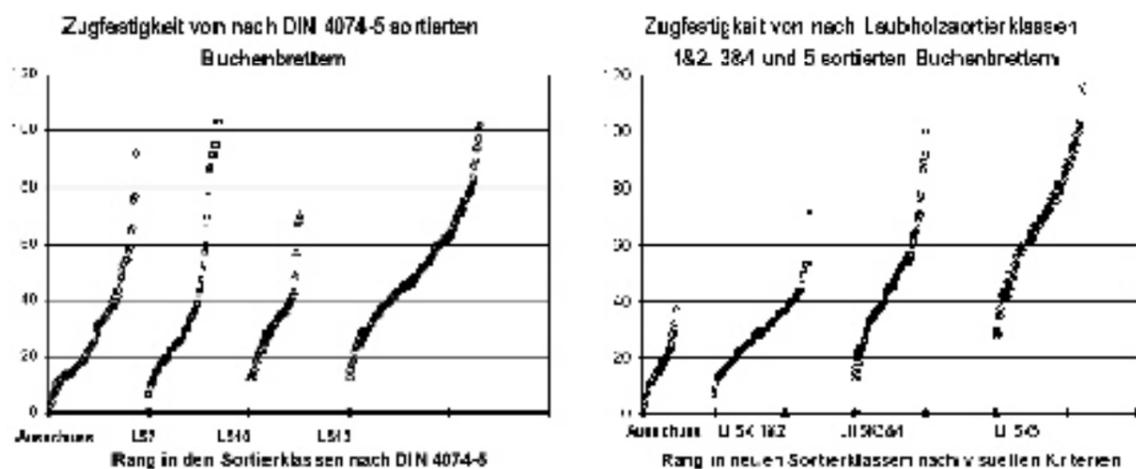
gegenüber 117 N/mm<sup>2</sup> bei Buchenkernholz höhere Werte errechnet, auch der Zug-E-Modul lag bei hellem Holz mit rund 1000 N/mm<sup>2</sup> über dem von Kernholz mit 12850 N/mm<sup>2</sup>.

Bei der Esche scheinen Festigkeits- und Elastizitätsmodul-Unterschiede nicht ausgeprägt zu sein. Generell lagen die Festigkeitswerte von fehlerfreien Kleinproben aus Esche um etwa 20% höher, der Zug-E-Modul war gleich, lediglich der Biege-E-Modul von Esche lag um 13% höher.

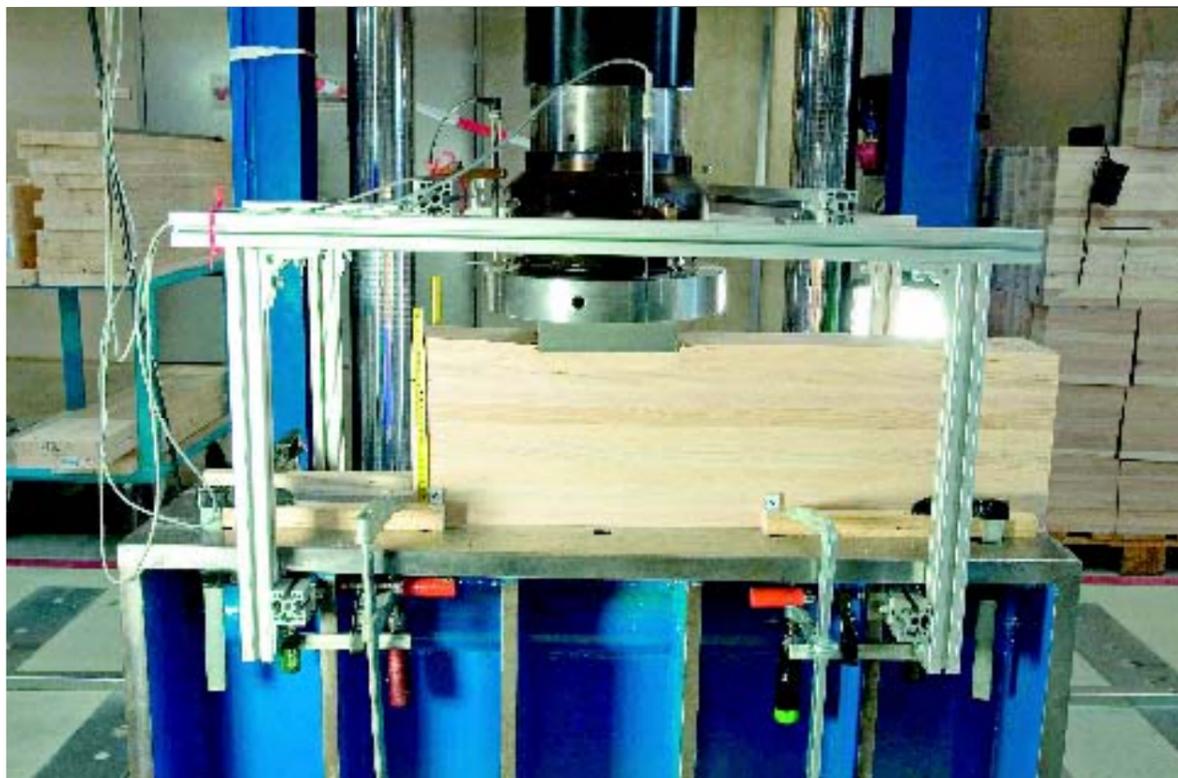
## Merkmale zur Festigkeitssortierung ermittelt

Von 2003 bis 2006 wurden Merkmale zur Festigkeitssortierung im Rahmen eines Projektes der Holzbau-Forschungs GmbH von Lamellen 30x150 mm<sup>2</sup> aus Buche (406 Stück), Esche (212 Stück), Edelkastanie (104 Stück) und Robinie (101 Stück) einer Prüfung unterzogen. Mögliche Sortierkriterien wie Faserneigung, Astigkeit, Pilz- und Insektschäden, Rindeneinschlüsse und der dynamische Elastizitätsmodul wurden auf ihre Relevanz und die praktische Durchführbarkeit der Ermittlung hin untersucht. Bei der Faserneigung kamen Ritzmessung und Messung anhand vom Faserverlauf bzw. von Schwindris-

Fortsetzung auf Seite 981



Vergleich der Trennschärfe zwischen den Sortierklassen nach DIN 4074-5 und neuer Laubholzsortierung



Konfiguration der Querdruckversuche

Fotos: Ulrich Hübner

Tabelle 1 Klassen- bzw. Sortiergrenzen der vorgeschlagenen Laubholzsortierung

Klassen- bzw. Sortiergrenzen	DAB inkl. DEB	Mark allgemein/Mark differenziert*	Fäulnis**	Zug- bzw. Biege-E-Modul (N/mm <sup>2</sup> )	dyn. E-Modul (Silvatest) (N/mm <sup>2</sup> )	dyn. E-Modul (Viscan) (N/mm <sup>2</sup> )
LHK 1	< 0,5	ja/(2)	1	> 6000	> 9000	> 6000
LHK 2	< 0,3	ja/(1)	1	> 8000	> 11000	> 8000
LHK 3	< 0,2	nein/(1)	1	> 10000	> 13000	> 10000
LHK 4	< 0,1	nein/(0)	0	> 12000	> 15000	> 12000
LHK 5	< 0,05	nein/(0)	0	> 14000	> 17000	> 14000

\* (0) Mark nicht zulässig, (1) längsachsenparallele Markröhre zulässig, geneigte Markröhre nicht zulässig, (2) jegliches Auftreten von Mark zulässig.  
\*\* 0 – keine Fäulnis zulässig, 1 – nagelfeste Fäulnis zulässig (z. B. Weißfäule bei Buche)

Tabelle 2 Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften von nach neuen Sortierkriterien klassifizierten Buchenlamellen

Sortierklasse	Ausbeute (%)	Festigkeitsklasse	Laubholzsortierklassen 1 und 2, 3 und 4 und 5					
			f <sub>t,mean</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>t,05</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	E <sub>t,0,mean</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	E <sub>t,0,05</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ρ <sub>12,mean</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>12,05</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
Ausschuss	11	–	16,67	–	10975	2939	703	642
1 u. 2	34	–	28,79	12,78	12803	9094	703	613
3 u. 4	25	D30	46,56	20,79	13680	11010	691	616
5	30	D60/D10*	68,09	38,63	13642	10855	678	602

\* Nach Zugfestigkeit D60 / nach E-Modul und Normalrohricht D40

## Laubhölzer im Bauwesen sind noch Exoten

Fortsetzung von Seite 980

sen zum Einsatz. Der dynamische E-Modul wurde mit Sylvatest, Timber Grader und Viscan gemessen und dem lokalen Zug-E-Modul nach EN 408:2005 bzw. dem globalen gegenübergestellt. Die Astdaten wurden in einer Datenbank erfasst und u. a. unterschiedliche Längen für den Erfassungsbereich von Astansammlungen untersucht.

Anhand der Datenfülle konnten verschiedene virtuelle Sortierungen mit unterschiedlichen Kriterien und Grenzen vorgenommen werden. Es stellte sich heraus, dass sich die Zugfestigkeit der Lamellen aus dem DIN-Einzelast (DEB), der DIN-Astansammlung (DAB) und dem über die Eigenfrequenz der Lamellen in Längsrichtung gemessenen dynamische E-Modul am besten vorhersagen ließ. Bei Faserneigung und Fäulnis sollten augenfällige Abnormitäten durch Grenzwerte ausgeschlossen werden.

Mit diesem Modell ließ sich die Trennschärfe zwischen den Sortierklassen nach DIN 4074-5:2004 deutlich erhöhen, wobei gleichzeitig die Anzahl der Sortierkriterien reduziert werden konnte. Die vorgeschlagene Einteilung in Ausschuss und fünf Sortierklassen bildet die Basis, auf Grund derer der einzelne Betrieb gemäß den gewünschten Ausbeuten mehrere Klassen zusammenfassen kann.

### Rohdichte nicht immer relevantes Sortierkriterium

Es stellte sich heraus, dass der Einfluss der Rohdichte von anderen Merkmalen bei Proben im Bauteilmaßstab überlagert wird, sodass sie kein relevantes Sortierkriterium darstellt. So kann für jede Holzart eine charakteristische Rohdichte für alle Sortierklassen festgelegt werden. Da bei den untersuchten Laubholzarten das Verhältnis zwischen der für die Klasseneinteilung relevanten charakteristische Zugfestigkeit und dem Zug-E-Modul unterschiedlich ist, treten bei gleicher Festigkeitsklasse unterschiedliche mittlere Zug-E-Moduln auf. Ein Teil der Ergebnisse der Festigkeitssortierung ist in Tabelle 1 und der Abbildung dargestellt.

In einem weiteren Projekt wurden die Querdruckeigenschaften von Brett-schichtholz aus Buche und Esche ermittelt. Um Zusammenhänge zwischen den Querdruckeigenschaften und Rohdichte bzw. der Jahringneigung zu untersuchen, wurden die Lamellen nach Rohdichte, Rift, Halbrift und Seitenware sortiert. Querdruckversuche nach EN 408:2005 wurden mit je 50 Quadern ( $H \times B \times L = 245 \times 143 \times 175 \text{ mm}^3$ ) und je 25 Schwellen ( $245 \times 140 \times 850 \text{ mm}^3$ ) durchgeführt. An einer Schwelle konnten zwei Belastungssituationen mit ein- bzw. zweiseitigem Vorholz geprüft werden. Die Mittelwerte der Querdruckfestigkeit nach EN 408:2005 betragen  $9,3 \text{ N/mm}^2$  für BSH aus Buche und  $9,6 \text{ N/mm}^2$  für solches aus Esche.

Die Werte für die charakteristische Querdruckfestigkeit nach prEN 14358:2006 konnten mit  $6,1 \text{ N/mm}^2$  bzw.  $7,2 \text{ N/mm}^2$  berechnet werden. Als Mittelwerte der Querdruck-E-Moduln wurden  $1046 \text{ N/mm}^2$  für Buche und  $1177 \text{ N/mm}^2$  für Esche ermittelt. Die Querdruckfestigkeiten bzw. die Querdruck-E-Moduli liegen also etwa dreimal bzw. drei- bis viermal so hoch wie bei BSH aus Fichte mit  $2,3 \text{ N/mm}^2$  und Ec. 90, mean =  $300 \text{ N/mm}^2$  für MS10. Bei einseitigem Vorholz ergab sich ein  $k_c, 90 = 1,2$  für beide, bei beidseitigem für Buche  $k_c, 90, BU = 1,7$  und für Esche  $k_c, 90, ES = 1,8$ . Weiterhin wurde festgestellt, dass sich die Querdruckspannung vom Ende des linear-elastischen Bereiches bis zur Querdruckfestigkeit nach EN 408:2005 in etwa verdoppelt, wobei sich die Stauchung etwa verdreifacht.

In Zusammenarbeit mit Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH (Graz) wurden die Verformungen in den Ebenen der Seitenflächen mit einem Bildverarbeitungsprogramm fotogrammetrisch ausgewertet. Das Bild zeigt die gemittelten Linien gleicher Verschiebung in Prozent der Schwellenhöhe von  $245 \text{ mm}$  für 25 Querdruck-

versuche an Eschenschwellen mit beidseitigem Vorholz. Diese Verformungen treten bei einer Stauchung von  $11 \text{ mm}$  unter der Lasteinleitungsplatte auf, also bei deutlicher Überbeanspruchung.

Für europäische Laubhölzer gibt es bisher nur 85 Lochleibungsversuche nach prEN 383:2006 für Buche und Eiche laut Leijten und Köhler (2004). In den laufenden Untersuchungen wird die Lochleibungsfestigkeit von Eschenvollholz für die Verbindungsmittel-Durchmesser 6, 8, 12, 16 und  $20 \text{ mm}$  und die Kraft-Faser-Winkel von  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $90^\circ$  untersucht. Nimmt man für die Ermittlung der Probekörperanzahl eine mittlere Lochleibungsfestigkeit von  $50 \text{ N/mm}^2$  mit Variationskoeffizient von  $18\%$  an, sind mindestens 30 Versuche pro Serie nötig, damit der Mittelwert der Grundgesamtheit mit einer

Wahrscheinlichkeit von  $75\%$  auf  $\pm 4\%$  geschätzt werden kann.

Ziel ist die Abhängigkeit der Lochleibungsfestigkeit vom Verbindungsmittel-Durchmesser und dem Kraft-Faser-Winkel zu ermitteln und somit die Grundlagen für die Berechnung von auf Abscheren beanspruchten Eschenholz-Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln zu präzisieren.

Die Ausziehfestigkeit von selbst bohrenden Holzschrauben wird derzeit an Eschen-BSH untersucht. Hier soll das Verhalten von Schrauben mit verschiedenen Durchmessern und Einschraubwinkeln bei axialer Zugbeanspruchung untersucht werden.

Neuland wird am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz und der Holzbau-Forschungs GmbH auch mit der Ermittlung der baupraktischen Eigenschaften des Götterbaumes betreten werden, so die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) den gestellten Antrag genehmigt. Bei

*Ailanthus altissima* (Mill.) handelt es sich um eine invasive neophyte Pionierholzart, welche durch den Mensch vor rund 300 Jahren nach Europa und Nordamerika eingebürgert und in Österreich seit rund 200 Jahren heimisch ist. Die mit  $1,5 \text{ m}$  pro Jahr und einer Umtriebszeit von 30 Jahren schnellwüchsige, gegenüber vielen (antropogenen) Umwelteinflüssen resistente Baumart, ist der Esche im Habitus und im Erscheinungsbild des Holzes ähnlich, jedoch nicht mit ihr verwandt. Hinsichtlich seiner Möglichkeiten im lastabtragenden sowie dekorativen Einsatz wird ein hohes Anwendungspotenzial erwartet und im Zuge des beantragten Forschungsprojektes eingehend untersucht werden.

Mit der Nutzung dieser nachwachsenden Ressource im Ingenieurholzbau könnten die Überalterung der mittleren Qualitäten der Laubholzbestände reduziert und eine bessere Wertschöpfung in den Forstbetrieben erreicht werden. Die

faszinierende Ästhetik von Laubholzoberflächen in Kombination mit der hohen Tragfähigkeit von Bauteilen und Verbindungen bietet großes architektonisches und konstruktives Potenzial.

### Schriftum:

- Aicher, S.; Reinhardt, H.-W.: Delaminierungseigenschaften und Scherfestigkeit von verleimten rotkernigen Buchenholzlamellen. Holz als Roh- und Werkstoff, Volume 65, Number 2, Seiten 125-136, Springer-Verlag April 2007
- Augustin, Manfred; Ruli, Andi; Brandner, Reinhard; Schickhofer, Gerhard: Behavior of Glulam in Compression Perpendicular to Grain in Different Strength Grades and Load Configurations. Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz 2006
- Ehlbeck, J.; Werner, H.: Coniferous and deciduous embedding strength for dowel-type fasteners. In: Proceedings of CIB-W18, Paper 25-7-2, 1992
- Leijten, A. J. M.; Köhler, J.: Evaluation of Embedment Strength Data for Reliability Analyses of connections with dowel type fasteners. COST ACTION E24 - Final Report Of Short Scientific Mission 2004



[www.branchentag.at](http://www.branchentag.at)

## Drehen Sie den Spieß einfach um!

Marketingpartner 2007

**BRALTHOFF**  
Holzwerkzeuge

**linomply**

**HEISTER**

**PARADOR**

Kommen Sie am 24. und 25. 10.2007 zum 1. Branchentag Holz in Linz. Hier können Sie an zwei Tagen viele wichtige Geschäftskontakte knüpfen und so eine, die Sie gerne werden möchten.

Nutzen Sie diese Gelegenheit unter anderem für ein Info-Anlauf-Service-Team, um Ihre und unsere Geschäftskontakte.

• Erleben Sie den 1. Branchentag Holz mit mehr als 1000 Ausstellern  
• Mikrowaldbaum für die Forstwirtschaft mit über 1000000 Quadratmetern Ausstellungsverfläche auf einer Ebene

Holen Sie Informationen über Telefon 0671 60 69 92 oder [info@www.branchentag.at](mailto:info@www.branchentag.at)

1. Branchentag Holz. Besuch - dabei sein - mitreden.

