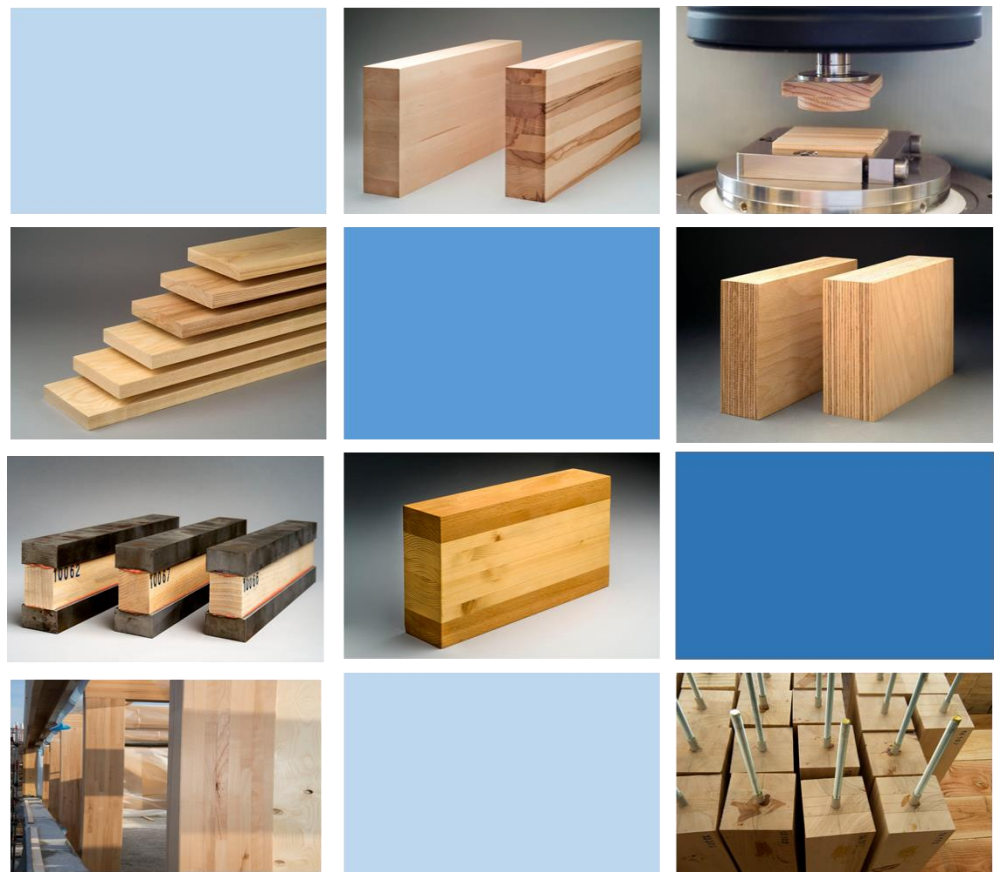




# LAUBHOLZ FÜR TRAGENDE KONSTRUKTIONEN

Zusammenstellung zum Stand von Forschung und Entwicklung



Stand Juli 2015

## Impressum

Herausgeber: Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern gGmbH  
Projektleitung: Markus Blenk  
Autoren: Wiebke Wehrmann, Stefan Torno  
Bezug: Geschäftsstelle der Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern gGmbH  
Am Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan e.V.  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
D-85354 Freising

Internet: [www.cluster-forstholzbayern.de](http://www.cluster-forstholzbayern.de)  
E-Mail: [post@cluster-forstholzbayern.de](mailto:post@cluster-forstholzbayern.de)  
Fotonachweis: Ralf Rosin, Holzforschung München  
Erscheinungsdatum: Juli 2015

## 1. Einleitung

Im Zuge des Waldumbaus ergibt sich die Notwendigkeit einer vermehrten Verwendung von Laubholz. Die hervorragenden mechanischen Eigenschaften sowie ästhetische Vorteile sprechen für den Einsatz von Laubhölzern im konstruktiven Bereich. Das Thema der hochwertigen Laubholzverwendung und -verwertung als lastabtragende Bauteile im Bauwesen rückt zunehmend in den Fokus der Holzforschung.

Die vorliegende Broschüre listet aktuelle und bereits abgeschlossene Forschungsaktivitäten zum Thema „Laubholz für tragende Konstruktionen“ im deutschsprachigen Raum auf. In komprimierter und strukturierter Form werden jeweils Projektinhalte und Ergebnisse, die beteiligten Forschungseinrichtungen, die Projektbearbeiter sowie ggf. beteiligte Industriepartner vorgestellt. Aus den Projekten heraus entstandene Veröffentlichungen werden ebenfalls angegeben, wobei diese Aufzählung allerdings nicht vollständig ist. Die Zusammenstellung beschränkt sich auf Forschungsaktivitäten, welche in erster Linie die drei Holzarten Buche, Eiche und Esche hinsichtlich der Festigkeitssortierung, ihrer Material- und Verklebungseigenschaften sowie deren möglicher Verwendung als qualitätsgesicherter Baustoff im konstruktiven Bereich untersucht haben. Weitere Laubholzarten sowie die Vorstellung von Machbarkeits-, Absatz- und Marktstudien sind nicht Gegenstand der vorliegenden Zusammenstellung.

## 2. Stand der Forschung und Entwicklung

Abbildung 1 zeigt das Strukturmodell, welches zur Erfassung und Gliederung der Forschungsprojekte verwendet wurde. Getrennt nach den vier Themenschwerpunkten im Inneren der Abbildung werden im Folgenden in tabellarischer Form die entsprechenden F&E-Projekte aufgeführt und näher vorgestellt. Projekte, welche nicht eindeutig einem Themenschwerpunkt zuzuordnen waren, sind mit einem Sternchen (\*) gekennzeichnet. Die Farbgebung der Tabellen orientiert sich an der Abbildung 1 und erleichtert somit die Übersicht.

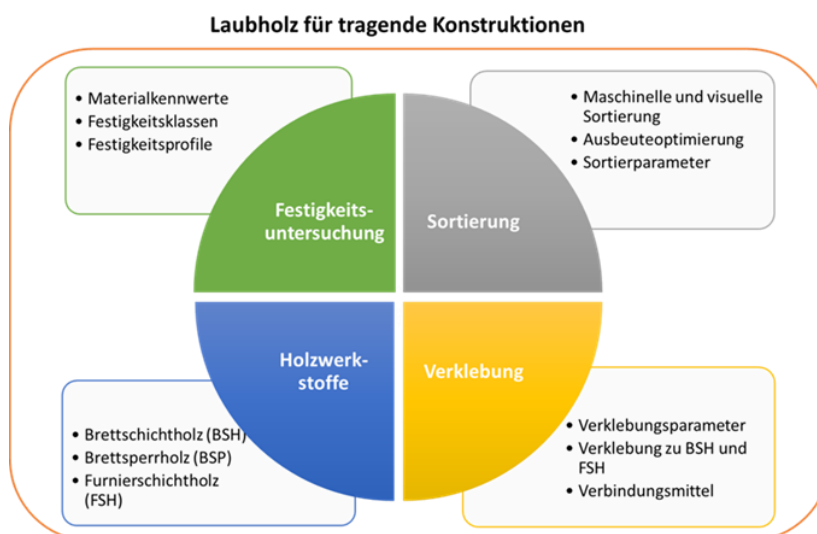









































Abbildung 1: Strukturmodell zur Erfassung der Forschungsprojekte

Festigkeits- und Steifigkeitsuntersuchung von Laubschnittholz						
Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichung
2000	Sortierung von Buchen- und Eichenschnittholz nach der Tragfähigkeit *	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systematische Untersuchungen zur Festigkeit und Steifigkeit von Laubholz mittels Zugversuchen nach DIN EN 408:1996</li> <li>Nachweis des hohen Festigkeitspotentials von Buche und Eiche</li> <li>Sortierparameter Ästigkeit und Faserabweichung üben negativen Einfluss auf die Tragfähigkeit von Buchen- und Eichenschnittholz aus</li> <li>Übernahme des Sortiervorschlages in die DIN 4074-5:2003</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	B. Lederer, P. Glos	n.b.	Glos, P., Lederer, B. (2000): Sortierung von Buchen- und Eichenschnittholz nach der Tragfähigkeit und Bestimmung der zugehörigen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte. Abschlussbericht Nr. 98508, Holzforschung München, Technische Universität München
2001	Konstruktive Verwendung von Eichenschnittholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung und Ermittlung der charakteristischen Festigkeitswerte von Eichenschnittholz zur Verwendung als Bauholz im tragenden Bereich</li> <li>Erarbeitung von Bemessungswerten von Eichenschnittholz für die Einstufung der visuellen Sortierklassen gemäß DIN 4074-5 zu den Festigkeitsklassen der EN 338</li> </ul>	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe	A. Teischinger, M. Brandstätter	Holzforchung Austria, Holztechnikum Kuchl, proHolz Niederösterreich 	Brandstätter, M., Kirchmayr, H., Neumüller, A. (2004): Konstruktive Verwendung von Eichenschnittholz – Zusammenfassung und Erkenntnisse für die Praxis, proHolz, Arbeitsheft 6/04
2005	Aufnahme der einheimischen Holzarten Buche, Eiche und Douglasie in die europäische Norm EN 1912	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung der charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtewerte für die Holzarten Buche und Eiche</li> <li>Zuordnung von visuellen Sortierklassen nach DIN 4074-5 zu Festigkeitsklassen nach EN 338 (Kantholzsortierung): Buche LS13 -&gt; D40</li> <li>Nachweis des hohen Festigkeitspotentials von Buche und Eiche</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	P. Glos, T. Näher	n.b.	Glos, P., Näher, T. (2005): Aufnahme der einheimischen Holzarten Buche (Fagus sylvatica), Eiche (Quercus petraea, Quercus robur) und Douglasie (Pseudotsuga menziesii) in die europäische Norm EN 1912. Abschlussbericht 05510. Holzforschung München, Technische Universität München
2008	Aufnahme der einheimischen Holzarten Ahorn, Esche, Pappel in die europäische Norm EN 1912	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung der charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtewerte für die Holzarten Ahorn, Esche und Pappel</li> <li>Nachweis des hohen Festigkeitspotentials von Eschenschnittholz</li> <li>Zuordnung von visuellen Sortierklassen nach DIN 4074-5 zu Festigkeitsklassen nach EN 338 (Kantholzsortierung): Esche LS10 und besser -&gt; D40</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	P. Glos, S. Torno	n.b.	Glos, P., Torno, S. (2008): Aufnahme der einheimischen Holzarten Ahorn, Esche, Pappel in die europäische Norm EN 1912: „Bauholz – Festigkeitsklassen – Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten“. Abschlussbericht 06517. Holzforschung München, Technische Universität München
2011	Ermittlung elastomechanischer Kennwerte von Rotbuchenholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung des elastomechanischen Verhaltens sowie der Festigkeitseigenschaften von Buchenschnittholz unter der Einwirkung verschiedener klimatischer Bedingungen</li> <li>Nachweis des signifikanten Einflusses der Holzfeuchte auf die Zug- und Druckfestigkeit als auch den E- &amp; G- Modul</li> <li>Nachweis der Abhängigkeit des E-Moduls von der Belastungsart</li> </ul>	ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Arbeitsgruppe Holzphysik 	T. Özyhar, P. Niemz	n.b.	Özyhar, T., Niemz, P. (2011): Ermittlung elastomechanischer Kennwerte von Rotbuchenholz. Abschlussbericht Projekt-Nr. 2010.09. Institut für Baustoffe, ETH Zürich
2013	Mechanische Kenngrößen von Buchen-, Eschen- und Robinienholz für lastabtragende Bauteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimierung von Verbindungen mit Stabdübeln und Holzschrauben sowie Prüfung der Querdruck- und Querzugeigenschaften von BSH aus Buche und Esche</li> <li>Nachweis der sehr hohen mechanischen Eigenschaften (Querdruck- und Querkzugfestigkeit) von Buchen-, Eschen- und Robinienholz im Vergleich zu Nadelholz</li> <li>Erarbeitung eines Bemessungsmodells für den charakteristischen Ausziehstand von Holzschrauben als auch für die charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Laubholz</li> </ul>	TU Graz, Fakultät Bauingenieurwissenschaften, Institut für Holzbau und Holztechnologie 	U. Hübner	Haas Fertigbau GmbH & Co. KG, holz.bau forschungsbau gmbh  	Hübner U. (2013) : Mechanische Kenngrößen von Buchen-, Eschen- und Robinienholz für lastabtragende Bauteile. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwissenschaften, Institut für Holzbau und Holztechnologie, Technische Universität Graz










Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichung
2013	Ermittlung elasto-mechanischer Kennwerte von Eschenholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung des elastischen Verhaltens von Eschenholz in Abhängigkeit von der Holzfeuchte in den drei Belastungsrichtungen radial, tangential und longitudinal</li> <li>• Nachweis der Reduktion der Scherfestigkeit und der Bruchzähigkeit mit steigender Holzfeuchte im Bereich zwischen 8 - 20 % Holzfeuchte</li> <li>• Nachweis der Abnahme der elastischen Eigenschaften (E- &amp; G-Modul) mit zunehmender Holzfeuchte</li> </ul>	ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Arbeitsgruppe Holzphysik 	S. Clauß, D. Hänsch, F. Michel, P. Niemz	n.b.	Clauß, S., Hänsch, D., Michel, F., Niemz, P. (2013): Ermittlung elastomechanischer Kennwerte von Eschenholz. Abschlussbereich Nr. 2010.10. Institut für Baustoffe, ETH Zürich
2014	Querzugfestigkeiten von Buchen- und Eschenholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Zugfestigkeit und des E-Moduls quer zur Faserrichtung von Buchen- und Eschenholz im Vergleich zu Fichte</li> <li>• Nachweis über eine deutlich höhere Querzugfestigkeit von Buche und Esche als die Werte, die in DIN EN 338:2010 angegeben sind</li> <li>• Nachweis des Einflusses der Jahrringlage auf die Zugfestigkeit und den E-Modul quer zur Faser</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Westermayr, F. Hunger	n.b.	Westermayr, M. (2014): Querzugfestigkeit von Buchen und Eschenholz. Ermittlung von Kennwerten mittels DIN EN 408:2010. Bachelorarbeit. Holzforschung München, Technische Universität München
2014	Festigkeitsprofile von einheimischen Laubhölzern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung und Erstellung von Festigkeitsprofilen für die Holzarten Buche und Esche über die Bestimmung charakteristischer Festigkeits- und Steifigkeitswerte</li> <li>• Empfehlung einer Anhebung der vorgegebenen Festigkeitswerte in DIN EN 338:2010 für die Zugfestigkeit quer zur Faserrichtung sowie für die Scher- und Druckfestigkeit in Faserrichtung</li> <li>• Bestätigung des Zusammenhangs zwischen E-Modul und Biege-, Zug- und Druckfestigkeit in Faserrichtung</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	F. Hunger, J.-W. van de Kuilen	Jakob Maier GmbH & Co. KG 	Hunger, F., Kuilen, J.-W. van de (2014): Festigkeitsprofile von einheimischen Laubhölzern. Abschlussbericht 13508 / "X40". Holzforschung München, Technische Universität München
2014	Materialkennwerte von Eschenholz für den Einsatz in Brettschicht-holz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung der mechanischen Kennwerte von Eschenholz sowie Identifizierung und Prüfung geeigneter Klebstoffsysteme für Eschen-BSH</li> <li>• Nachweis des hohen Festigkeitspotentials der Esche sowie der Möglichkeit der Herstellung von hochfestem BSH aus Esche und Eschen-BSH-Hybrid</li> <li>• Nachweis des Einflusses der Faserabweichung sowie der Markröhre auf die Festigkeit; "wandernde Markröhre"</li> <li>• Hinweis auf die Notwendigkeit der Entwicklung einer zuverlässigen Methode zur Bestimmung des Faserverlaufs</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	S. Torno, J.-W. van de Kuilen	Jakob Maier GmbH & Co. KG 	Torno, S., Kuilen, J.-W. van de (2014): Materialkennwerte von Eschenholz für den Einsatz in Brettschicht-holz. Abschlussbericht 22017109. Holzforschung München, Technische Universität München
2012-laufend	Eignung einheimischer Laubhölzer für den Einsatz in tragenden Bauteilen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung geeigneter Gütekriterien und Sortierverfahren für die Herstellung von BSH u.a. aus Buche, Esche und Ahorn</li> <li>• Untersuchung des Volumeneffektes auf die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Ahorn, Esche und Buche unter Zug-, Druck- und Biegebelastung parallel und quer zur Faserrichtung</li> <li>• Nachweis des Einflusses der Prüfkörperdimension auf die Biegefestigkeit; bei Druck- und Zugfestigkeit kein Einfluss messbar</li> </ul>	Universität Göttingen, Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte 	P. Schlotzhauer	Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, Holzforschung München  	Nelis, P. (2014): Effect of size on tensile, compression and bending strengths of six European hardwood species. Masterarbeit. Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte, Georg-August-Universität Göttingen.
2014-laufend	European hardwoods for the building sector	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaffung der Grundlagen für die Nutzung von Buche, Eiche, Esche und Edelkastanie im Bauwesen.</li> <li>• Erhebung und Prüfung von Daten im Bereich Festigkeitsuntersuchung nach EN 1912, KZV und maschinelle Sortierung</li> </ul>	Holzforschung Austria 	P. Linsenmann	University of Ljubljana, MPA Stuttgart, FCBA	

Visuelle und maschinelle Sortierung von Laubschnittholz						
Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2000	<b>Höherwertige Nutzung von Bauholz aus einheimischen Laub- und Nadelhölzern durch maschinelle Sortierverfahren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Untersuchung verschiedener maschineller Sortierverfahren für die Holzarten Kiefer, Lärche, Douglasie, Buche und Eiche mit typischen Kantholz-, Dachlatten- und Brettquerschnitten sowie die Festlegung von Bemessungswerten</li> <li>• Nachweis der Eignung der Ästigkeit als Sortierparameter für Buche und Eiche</li> <li>• Kombination aus Biege- und Schwingungsverfahren liefern die leistungsfähigsten Sortierungen</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet für Holztechnologie 	R. Diebold	n.b.	Glos, P., Diebold, R., Schleifer, A. (2000): Höherwertige Nutzung von Bauholz aus einheimischen Laub- und Nadelhölzern durch maschinelle Sortierverfahren. Abschlussbericht 98511 / "X32". Holzforschung München, Technische Universität München
2000	<b>Sortierung von Buchen- und Eichenschnittholz nach der Tragfähigkeit*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• systematische Untersuchung zur Steifigkeit und Festigkeit an Buchen- und Eichenschnitthölzern</li> <li>• Erarbeitung von charakteristischen Werten für die Festigkeit und Steifigkeit</li> <li>• Ermittelte Zugfestigkeiten der Buchen- und Eichenbretter übersteigen diejenige der Holzart Fichte deutlich</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet für Holztechnologie 	B. Lederer, P. Glos	n.b.	Glos, P., Lederer, B. (2000): Sortierung von Buchen- und Eichenschnittholz nach der Tragfähigkeit und Bestimmung der zugehörigen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte. Abschlussbericht Nr. 98508. Holzforschung München, Technische Universität München
2006	<b>Merkmale der Festigkeitsortierung von Buche und Esche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung des Einflusses verschiedener Sortiermerkmale auf die Festigkeit und den E-Modul von Buchen- und Eschenholz</li> <li>• Nachweis einer entscheidenden Verbesserung der Festigkeitsortierung durch Sortierung der Schnitthölzer mit der Messung der longitudinalen Eigenfrequenz zur Berechnung des dynamischen E-Moduls in Kombination zur rein visuellen Sortierung</li> <li>• Ermittelte charakteristischen Werte für die Zugfestigkeit und den Zug-E-Modul von Esche sind höher als diejenigen für Buche</li> <li>• Esche erscheint im Hinblick auf eine BSH-Nutzung für die NKL 1 und 2 besser geeignet als Buche</li> </ul>	TU Graz, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, Institut für Holzbau und Holztechnologie 	K. Frühwald, U. Hübner, W. Leeb	Haas Fertigbau GmbH & Co. KG, holz.bau forschungs gmbh 	Frühwald, K., Hübner, U., Leeb, W., Schickhofer, G. (2006): Merkmale der Festigkeitsortierung von Buche und Esche. Schlussbericht. Institut für Holzbau und Holztechnologie, Technische Universität Graz  Hübner, U., Leeb, W. (2007): Grading criteria for beech and ash uses as building material. Proceedings of the 3rd Hardwood Conference The Beauty of Hardwood. Sorpon, Ungarn
2009	<b>Untersuchung von Buchenschnittholz hinsichtlich der Eignung für Brettschichtholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung von Buchenschnittholz auf die Eignung für BSH in Anlehnung an die Sortierregeln der National Hardwood Lumber Association (NHLA) sowie nach den Sortierregeln der DIN 4074-5:2003</li> <li>• 90 % der hochwertigen und 50 % der durchschnittlichen Qualität der Buchenschnitthölzer erfüllen die Anforderungen der Sortierklasse LS10 der der DIN 4074-5:2003 und bilden somit die Voraussetzung für BSH der Festigkeitsklass GL 28</li> <li>• Eine zusätzliche maschinelle Sortierung der Schnitthölzer nach dem E-Modul ermöglicht eine Einstufung der sortierten Buchenbretter in die GL 40</li> </ul>	Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktion 	T. Riedler, M. Frese	Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, MICROTEC GmbH Srl 	Frese, M., Riedler, T. (2010): Untersuchung von Buchenschnittholz (Fagus sylvatica L.) hinsichtlich der Eignung für Brettschichtholz. European Journal of Wood and Wood Products 68:445-453
2010	<b>Farbmerkmale der Buche und der Einfluss auf die Schnittholzsortierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung und Optimierung der Zuverlässigkeit der bestehenden optisch basierten Sensor-systeme im Bereich der farblichen Sortierung</li> <li>• Mit Hilfe einer laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) werden chemische Reaktionen im Holzkörper ausgelöst, welche Verfärbungen im Holzkörper sichtbar und somit auswertbar machen</li> <li>• Einsatz der LIF-Methode könnte einen wesentlichen Beitrag zur sicheren Erkennung und Unterscheidung bislang nicht messbarer Holzmerkmale liefern</li> </ul>	Universität Göttingen, Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte 	N. Ruminski	n.b.	Ruminski, N., Zscheile, M., Hapla, F. (2011): Die ausbeuterelevanten bzw. -bestimmenden Holzmerkmale der Buche und daraus resultierende Probleme für rein optisch basierte Sortiersysteme. Teil 1. Holztechnologie 52 (5): 5-10  Ruminski, N., Zscheile, M., Hapla, F. (2011): Die ausbeuterelevanten bzw. -bestimmenden Holzmerkmale der Buche und daraus resultierende Probleme für rein optisch basierte Sortiersysteme. Teil 2. Holztechnologie 52 (6): 5-10










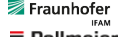



Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2014	<b>Untersuchungen zur Bereitstellung von Lamellen aus Buchen- und Eschenholz für die Produktion von Brettschichtholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Überprüfung und wirtschaftliche Gesamtbewertung der Produktion von Buchen- und Eschenlamellen für die BSH-Herstellung</li> <li>● Untersuchung der Ausbeute von BSH-Lamellen bei Rundholz-Einschnitt im Fladerschnitt und Frischluft-/abluft- bzw. Vakuum-Trocknung</li> <li>● Nachweis über niedrige Ausbeute für Esche und Buche im Vergleich zu Nadelholz, jedoch sehr hohe Qualität der erzeugten Laubholz-BSH-Lamellen</li> <li>● Entscheidend für die Ausbeuten sind hauptsächlich die Rissfreiheit und die Geradschaftigkeit der Rundholzstämmen</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet für Holztechnologie 	S. Torno, J.-W. van de Kuilen	n.b.	Torno, S., Kuilen, J.-W. van de (2014): Untersuchungen zur Bereitstellung von Lamellen aus Buchen- und Eschenholz für die Produktion von Brettschichtholz. Abschlussbericht X37. Holzforschung München, Technische Universität München
2012-laufend	<b>Eignung einheimischer Laubhölzer für den Einsatz in tragenden Anwendungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● visuelle und maschinell unterstützte Festigkeitsuntersuchungen der Holzarten Buche, Esche und Ahorn für die Anwendung in homogenen BSH-Trägern</li> <li>● Optimierung der Sortierausbeuten in den verschiedenen Festigkeitsklassen nach DIN EN 338</li> <li>● Überprüfung der charakteristischen Werte der DIN EN 338 durch Zug, Biege- und Druckversuche quer und parallel zur Faser</li> <li>● Erfassung des Sortiermerkmals Faserverlauf mittels Feldstärkenmessungen</li> </ul>	Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte 	P. Schlottbauer	Holzforschung München 	Emmerich, L. (2014): Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung des Faserverlaufes von Laubholzlamellen. Bachelorarbeit. Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte, Georg-August-Universität Göttingen
2014-laufend	<b>Optimierung von Laubholz- und Nadelholzsorrierung für die Verwendung in hochwertigen geklebten Bauprodukten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Optimierung der Herstellungs- und Sortierverfahren von Nadel- und Laubholzlamellen für den Einsatz in BSH und BSP</li> <li>● Untersuchung der Zugfestigkeit u.a. von Buche, Ahorn, Esche</li> <li>● Überprüfung der Anpassung der Sortierregeln an die regionale Holzqualität</li> <li>● Untersuchungen zur Effizienzsteigerung der visuellen Sortierung von Laubholz- und Nadelholzlamellen mittels Ultraschallmessungen quer zur Faser</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet für Holztechnologie 	A. Kovryga	Schaffitzel Holzindustrie, Universität Göttingen, Sägewerk Georg Baumgartner, MiCROTEC GmbH Srl   	







Verklebung von Laubhölzern im Hinblick auf eine höherwertige Nutzung						
Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Insitut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2003	Verleimung von Eichenholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung und Bewertung von Verklebungsparametern für die zuverlässige Verklebung von Eichenholz für den Einsatz im konstruktiven Bereich</li> <li>Angabe von Bemessungs- und Berechnungswerte für KZV und flächenverleimte Bauteile aus Eichenschnittholz</li> </ul>	Holzforschung Austria 	A. Teischinger, M. Brandstätter	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, Holztechnikum Kuchl	
2003	Verwendung von Laubhölzern zur Herstellung von Leimholzelementen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung der mechanisch-physikalischen Eigenschaften von BSH Trägern aus Buche, Eiche, Robinie, Esche und Pappel</li> <li>Bewertung der Eignung der verschiedenen Laubholzarten zur Herstellung von BSH-Elementen mittels Biege- und Delaminierungsprüfungen</li> <li>Einsatz der untersuchten Laubhölzer im konstruktiven Bereich ist prinzipiell möglich; Einsatzmöglichkeiten beschränken sich aufgrund einer ungewissen Verklebungsqualität- und dauerhaftigkeit auf trockene Innenklimata</li> </ul>	Universität Hamburg - Zentrum Holzwirtschaft, Ordinat für Holztechnologie 	P. Becker, C. M. Pohlmann, R. Wonne-mann	n.b.	Frühwald, A., Ressel, J. B., Becker, P., Pohlmann, C. M., Wonnemann, R. (2003): Verwendung von Laubhölzern zur Herstellung von Leimholzelementen. Abschlussbericht. Ordinat für Holztechnologie, Zentrum Holzwirtschaft-Universität Hamburg
2010	Verfahrenstechnische Optimierung von PUR-basierten Klebstoffen zur Verklebung von Laubholz und Materialkombinationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung von Kennwerten für die Verklebung der Holzarten Buche, Eiche und Esche mit 1-K-PUR Klebstoffen zu 3-schichtigen Massivholzplatten</li> <li>Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit und Verklebungsqualität von verschiedenen Klebstoff-Holzarten-Kombinationen</li> <li>Nachweis von hohen Scherfestigkeiten bei der Verklebung der untersuchten Laubholzarten mit 1-K-PUR- Klebstoffen</li> </ul>	ETH Zürich, Insitut für Baustoffe, Fachgebiet Holzphysik 	A. Brandmaier	Purbond AG, Sika AG, Geistlich AG   	Brandmaier, A., Wetzig, M., Aigner, N., Haß, P., Niemz, P. (2010): Verfahrenstechnische Optimierung von PUR basierten Klebstoffen zur Verklebung von Laubholz und Materialkombinationen. Int. Bericht Nr. 55. Fonds zur Förderung der Wald und Holzforschung Schweiz, Projekt-Nr. 2008.09, Zürich
2010	BSH aus Buche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung einer Klebetechnologie, die eine zuverlässige Verklebung von Buchenschnittholz zu BSH-Elementen ermöglicht</li> <li>Erteilung einer bauaufsichtlichen Zulassung für BSH aus Buche (2009)</li> <li>BSH aus Buche und BSH-Hybrid aus Buche wird in Deutschland generell anwendbar</li> <li>Bau des LWF Gebäudes in Freising, Bayern als erstes Pilotprojekt aus Buche-BSH</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Schmidt	Sika AG, Holzwerk Obermeier GmbH  	Schmidt, M., Glos, P., Wegener, G. (2010): Gluing of European beech wood for load bearing timber structures. European Journal of Wood and Wood Prodproducts 68:43 – 57  Schmidt, M., Glos, P. (2010): Forstlicher Hoffnungsträger: Brettschichtholz aus Buche. LWF Wissen 77, S. 15-17
2010	Verklebungseigenschaften von Brettschichtholz aus Buche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchungen zur Optimierung der Klebfugenfestigkeit und- beständigkeit von BSH aus rotkernigem und kernfreien Buchenholz</li> <li>Nachweis, dass die Verkernung der Buche keinen Einfluss auf die Verklebung und die Schubfestigkeit der Klebfugen ausübt</li> <li>Nachweis des Einflusses der Lamellenstärke, der Wartezeit und der Jahrringlage auf die Delaminierungsbeständigkeit</li> </ul>	Albert-Ludwigs Universität Freiburg, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft	D. Ohnesorge	n.b.	Ohnesorge, D. (2009): Verklebungseigenschaften von Brettschichtholz aus Buche: Untersuchungen zur Verbesserung der Klebfugenfestigkeit und Klebfugenbeständigkeit aus Brettschichtholz aus rotkernigem und nicht rotkernigem Buchenholz. Dissertation. Freiburg i. Br. Eigenverlag Albert-Ludwig-Universität Freiburg 2009
2011	Charakterisierung und Modellierung der Materialeigenschaften von Rotbuchenholz zur Simulation von Holzverklebungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation und Bewertung verklebter Holzbauteile im Hinblick auf klimatische und zeitabhängige Beanspruchungen sowie die Erstellung eines plastischen Modells zur Beschreibung der Klebfugenbeanspruchung</li> <li>Bestimmung der hygrischen, elastischen und festigkeitsbezogenen Eigenschaften und des Feuchteransports in Buchenholzelementen</li> </ul>	ETH Zürich, Insitut für Baustoffe, Arbeitsgruppe Holzphysik 	S. Hering	n. b	Hering, S. (2011): Charakterisierung und Modellierung der Materialeigenschaften von Rotbuchenholz zur Simulation von Holzverklebungen. Dissertation. Institut für Baustoffe. ETH Zürich




















Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2011	<b>Verklebung dreischichtiger Massivholzplatten aus Laubholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Verklebungseigenschaften von 1 K-PUR Klebstoffen von dreilagigen, kreuzweise verklebten Massivholzplatten aus Buche, Esche und in Hybridaufbau mit Fichte</li> <li>• Nachweis des deutlichen Einflusses der Elastizität des Klebstoffes sowie der Klebfugendicke auf die Formbeständigkeit und das Quellverhalten der Platten</li> <li>• Erarbeitung von Grundlagen zur Optimierung der Verklebung von mehrschichtigen Massivholzplatten unter Verwendung verschiedener Laubholzarten</li> </ul>	ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Arbeitsgruppe Holzphysik 	M. Wetzig, P. Haß, P. Niemz	Berufsakademie Dresden	Wetzig, M., Haß, P., Hänsel, A., Niemz, P. (2011): Untersuchungen zur Verklebung dreischichtiger Massivholzplatten unter Verwendung von Laubholz. Bautechnik 88 (2011), Heft 10, S. 687-693
2013	<b>Die Verklebung von Buchenholz für tragende Holzbauteile unter besonderer Berücksichtigung der Farbverkernung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Verklebungsqualität und -beständigkeit von Buchenholzlammellen praxisüblicher Abmessungen mit MUF Klebstoffen</li> <li>• Charakterisierung und Bewertung des Einflusses verklebungsrelevanter Eigenschaften wie Wasseraufnahmevermögen und Oberflächen-pH-Wert auf die Klebfugenbeständigkeit</li> <li>• Entwicklung einer Methode zur Charakterisierung des Verfestigens der Leimfuge in Echtzeit</li> <li>• Nachweis der Langzeitbeständigkeit von Klebeverbindungen in Buchenholz bei ausreichend langen geschlossenen Wartezeiten sowie der Unproblematik bei der Verklebung von rot- oder spritzkernigem Buchenholz zu BSH-Elementen -&gt; Bauaufsichtliche Zulassung für Buchen BSH</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Schmidt	Sika AG, Holzwerk Obermeier GmbH  	Schmidt, M. (2013): Die Verklebung von Buchenholz für tragende Holzbauteile unter besonderer Berücksichtigung der Farbverkernung. Dissertation. Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie, Technische Universität München
2013	<b>Möglichkeiten der Verklebung verschiedener Holzarten und Untersuchungen zur Verwendbarkeit als Brettschichtholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Verklebbarkeit sowie Ermittlung optimierter Verklebungsbedingungen für die Laubholzarten Buche und Esche mit den Klebstoffgruppen MUF, EPI, PUR und PRF</li> <li>• Nachweis über eine Veränderung des Oberflächen-pH-Wertes und der Oberflächenbenetzbarkeit im Laufe der Lagerung, die eine Herabsetzung der Delaminierungsbeständigkeit bei MUF und PRF impliziert</li> <li>• Nachweis über eine Verbesserung der Oberflächenbenetzbarkeit durch Schleifen deutlich wobei PRF Klebstoffe die besten Ergebnisse bzgl. der Klebfugenfestigkeit und -beständigkeit zeigen</li> </ul>	TU München, Lehrstuhl für Holzbau Baukonstruktion 	Y. Jiang	Holzforschung München, Haas Fertigbau GmbH & Co. KG, Holz Schiller GmbH, Schaffizel Holzindustrie GmbH & Co. KG   	Jiang, Y., Schaffrath, J., Knorz, M., Winter, S. (2013): Bonding of various wood species – studies about their applicability in glued-laminated timber. Präsentation. RILEM Conference Materials and Joints in Timber Structures - Recent Advancement of Technology, 08. - 10. Oktober 2013, Stuttgart
2013	<b>Einfluss von mikrostrukturierte Oberfläche auf die Qualität von Hartholzverklebungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung des Einflusses der Oberflächenbeschaffenheit auf die Verklebbarkeit von Laubhölzern mit MUF und PUR Klebstoffen</li> <li>• Mikrostrukturierte Oberflächen zeigen einen positiven Einfluss auf die Verklebung von Laubholz mit MUF und PUR Klebstoffen</li> <li>• Nachweis des Einflusses der Mikrostrukturierung der Holzoberfläche auf den Anteil des Holzversagens in der Zugscherprüfung</li> </ul>	Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau 	M. Lehmann	n.b.	Lehmann, M., Volkmer, T. (2014): Influence of Micro Structures Surface on the Bond Quality of Hardwood. Proceedings of the 13th WCTE 2014. Quebec City, Canada

Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2012-laufend	Entwicklung neuer Holzbaukomponenten und -systeme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung und Bewertung der Delaminierungsbeständigkeit der Flächen- und Lamellenverklebung von Buchen-BSP und Buchen-Hybrid-BSP</li> <li>• Erhebung von Materialkennwerten (u.a. Rollschub) von Buchen-BSP</li> <li>• Bei der Untersuchung der Verklebungsqualität mit den Klebstoffen MUF, PUR, EPI und PRF erfüllt nur der MUF-Klebstoff die normativen Anforderungen der Delaminierungsprüfung nach DIN EN 302-2</li> <li>• Nachweis, dass eine zukünftige Verklebung von Buchen-BSP realisierbar ist</li> </ul>	Hochschule Rosenheim, Fakultät für Holztechnik und Bau, Institut für Holztechnik 	S. Hirschmüller, M. Zscheile	Purbond AG, ante-Holz GmbH, Dynea AG   	Denzler S. (2013): Untersuchung und Bewertung der Delaminierungsbeständigkeit tragender Verklebungen von Buchenbrettsperrholz. Bachelorarbeit. Hochschule Rosenheim
2012	Untersuchungen zur Verklebungsqualität von Eschenholz unter Berücksichtigung verschiedener Oberflächenbearbeitungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung des Einflusses der Oberflächenbearbeitungsverfahren Hobeln, Schleifen, Stirnplanfräsen sowie der HMR-Primer- und Plasmabehandlung auf die Verklebungsqualität von Eschenholz</li> <li>• Nachweis der Erfüllung der normativen Anforderung der Delaminierungsprüfung lediglich beim Schleifen sowie der Primerbehandlung der Holzoberflächen</li> <li>• Nachweis eines verbesserten Klebstoffeindringvermögens bei geschliffenen Oberflächen</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Knorz, E. Neuhäuser	n.b.	Knorz, M., Neuhäuser, E., Torno, S., Kuilen, J.-W. van de (2015): Influence of surface preparation methods on moisture-related performance of structural hardwood-adhesive bonds. International Journal of Adhesion and Adhesives 57 (2015): 40-48
2014	Klebeverbindungen in Tragwerkelementen aus Laubholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchungen zur Optimierung der Verklebung von Eschenholz zu BSH unter der Verwendung von PRR, MUF und PUR-Klebstoffen</li> <li>• Nachweis des günstigsten Delaminierungsverhaltens von PRF-Klebstoffen. MUF und PUR Klebstoffe konnten die normativen Anforderungen der Delaminierungsprüfung nach DIN EN 302-2 nicht erfüllen</li> <li>• Verbesserung der Verklebungseigenschaften durch Kombination von Primern mit DMF- Klebstoffen</li> </ul>	ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Arbeitsgruppe Holzphysik 	P. Niemz, S. Ammann	Berner Fachhochschule, neue Holzbau AG  	Ammann, S., Niemz, P. (2014): Fibre and adhesive bridging at glue joints in european beech wood. Wood Research (2014): 59 (2) S. 303-312
2015	Verklebung von Eschenholz für tragende Holzbauteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung und Bewertung der Verklebungsparameter und -qualität von Eschenlamellen mit PRF-, MUF, PUR und EPI-Klebstoffen mit Hilfe der Delaminierungs- und Scherprüfung</li> <li>• Nachweis des Einflusses der geschlossenen Wartezeit auf die Delaminierungsbeständigkeit, wobei sich PRF-Klebstoffe von allen getesteten Klebstoffen als am leistungsfähigsten erwiesen</li> <li>• Aufzeigen der deutlichen Abhängigkeit der Delaminierungsbeständigkeit von diversen Oberflächenbearbeitungsverfahren; nur geprimerte Oberflächen konnten die maximal zulässige Delaminierung nach DIN EN 302-2 einhalten</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Knorz	n.b.	Knorz, M., Schmidt, M., Torno, S., Kuilen, J.W. van de (2014): Structural bonding of ash (Fraxinus excelsior L.): resistance to delamination and performance in shearing tests. European Journal of Wood and Wood Products(2014) 72: 297-309.  Knorz, M., Niemz, P., Kulen, J.-W. van de (2015): Measurement of moisture-related strain in bonded ash depending on adhesive type and glue line thickness. Holzforschung DOI: 10.1515/hf-2014-0324.

Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2007	<b>Verbindungsmittel im Laubholzbereich</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung und Optimierung der Verbindungstechnik im Holzbau mit Schwerpunkt Auszieh Widerstand und Lochleibungsfestigkeit von Holzschrauben und Gewindestangen in Eschen-BSH</li> <li>• Nachweis, dass Holzschrauben und Gewindestangen in Eschen-BSH sehr gute axiale Auszieh Widerstände erzielen, welche zu einer deutlich geringeren effektiven Einschraublänge im Vergleich zu denen von Nadelholz liegen</li> <li>• Effekt der sog. "Propfenwirkung" gilt es für Esche noch abzuklären</li> </ul>	<p>TU Graz, Fakultät Bauingenieurwissenschaften, Institut für Holzbau und Holztechnologie</p> 	U. Hübner	<p>holz.bau forschungs gmbh, Haas Fertigbau GmbH &amp; Co. KG, Spax international GmbH &amp; Co. KG, SFS intec GmbH</p> 	Hübner, U. (2009): Auszieh Widerstand von Holzschrauben in Eschen-Brettschichtholz. 15. Internationales Holzbauforum. Garmisch-Partenkirchen, 02.-04. Dezember 2009
2013	<b>Laubholz in Tragwerken- Der Keilzinkenstoss als Schlüsselement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung von KZV hinsichtlich der Anforderungen für BSH aus Laubholz</li> <li>• Prüfung der KZV in Laubhölzern und Anpassung auf das natürliche Festigkeitspotential von Buchenlamellen</li> <li>• Nachweis der Optimierung von KZV durch Verlängerung der Keilzinkenlänge und geeigneter Klebstofftechnologie sowie Aufzeigen der Notwendigkeit der Anpassung der Prüfserien für KZV in Laubholz</li> </ul>	<p>Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Abteilung F + E, Holz und Verbundbau</p> 	B. Franke, A. Müller	<p>neue Holzbau AG, Purbond AG, A+C Corbat, Grecon Dimeter</p>   	<p>Franke, B., Schusser, A., Müller, A. (2013): Laubholz in Tragwerken- Der Keilzinkenstoss als Schlüsselement. Forschungsbericht Nr. 2831-SB-01. Institut für Architektur, Holz und Bau, Berner Fachhochschule</p> <p>Schusser, A. (2013): Untersuchung der Keilzinkenverbindung für Brett lamellen in Laubholz. Masterarbeit, Berner Fachhochschule, Biel</p>
2014	<b>Hochleistungskonstruktionen im Holzbau durch Verwendung von innovativen Laubholzprodukten in Kombination mit Klebeverbindungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Untersuchung von hochleistungsfähigen Anschlüssen bei Tragwerken aus innovativen Buchen- und Eichenholzprodukten unter Nutzung von Holz-Metall-Klebeverbindungen</li> <li>• Untersuchungen an Buchen- BSH und -FSH sowie an Eichen-Vollholz und Eichen-BSH</li> </ul>	<p>Hochschule RheinMain, Labor für Holzbau</p> 	L. Bathon, O. Bletz-Mühdorfer	<p>Pollmeier Massivholz GmbH &amp; Co. KG Fa. Elaborados y Fabricados Gámiz, S. A.</p> 	
2015-laufend	<b>TACITUS-Verbindungselemente aus Laubhölzern</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung und Modellierung der Leistungsfähigkeit von Verbindungselementen aus Laubhölzern mit eingeklebten Stäben aus Stahl und Verbundwerkstoffen</li> <li>• Identifizierung und Entwicklung geeigneter Klebstoffe für das Einkleben von Stahl- und GFK-Stäben in Laubholz</li> <li>• Ermittlung von Zug- und Schwingeigenschaften und Steifigkeitswerte der Verbindungen sowie Formulierung von Bemessungswerten zur Modellierung der Versagensmechanismen</li> </ul>	<p>Hochschule RheinMain, Labor für Holzbau</p> 	O. Bletz-Mühdorfer, T. Vallée	<p>TU Dortmund, Fraunhofer-IFAM, Pollmeier Massivholz GmbH &amp; Co. KG, M. Wallmeier GmbH, Purbond AG, Jowat AG</p>    	

Verwendung von Laubholz als Holzbaukomponente / Holzwerkstoff						
Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2003	Verwendung von Laubhölzern zur Herstellung von Leimholzelementen*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der mechanisch-physikalischen Eigenschaften von BSH Trägern aus Buche, Eiche, Robinie, Esche und Pappel</li> <li>• Bewertung der Eignung der verschiedenen Laubholzarten zur Herstellung von BSH-Elementen mittels Biege- und Delaminierungsprüfungen</li> <li>• Einsatz der untersuchten Laubhölzer im konstruktiven Bereich ist prinzipiell möglich; Einsatzmöglichkeiten beschränken sich aufgrund einer ungewissen Verklebungsqualität und -dauerhaftigkeit auf trockene Innenklimate</li> </ul>	Universität Hamburg - Zentrum Holzwirtschaft, Ordinariat für Holztechnologie 	P. Becker, C. M. Pohlmann, R. Wonne-mann	n.b	Frühwald, A., Ressel, J. B., Becker, P., Pohlmann, C. M., Wonnemann, R. (2003): Verwendung von Laubhölzern zur Herstellung von Leimholzelementen. Abschlussbericht. Ordinariat für Holztechnologie, Zentrum Holzwirtschaft-Universität Hamburg
2003	Hochwertiges Brett-schichtholz aus Buchenholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung des Rohstoff- und Absatzpotentials von Buchenholz sowie Erarbeitung von Strategien zur Herstellung von hochwertigem BSH aus Buche</li> <li>• Nachweis des deutlichen Potentials von BSH aus Buche; Ergebnisse der mechanischen Prüfung zeigen sehr hohe Leistungsfähigkeit des Buche-BSH</li> <li>• BSH-Biegebalken können aus Buche für Innenanwendungen hergestellt werden, die im homogenen oder hybriden Aufbau mit Fichte deutlich höhere Festigkeiten und Steifigkeiten als BSH aus Fichte aufweisen</li> </ul>	Universität Hamburg - Zentrum Holzwirtschaft, Ordinariat für Holztechnologie 	A. Frühwald, J.B. Ressel, A. Bernasconi	Bundesforschungs-anstalt für Forst- und Holzwirtschaft 	Frühwald, A., Ressel, J. B., Bernasconi, A. (2003): Hochwertiges Brett-schichtholz aus Buchenholz. Abschlussbericht. Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der Bundesforschungs-anstalt für Forst- und Holzwirtschaft
2005	Biegefestigkeit von Brett-schichtholz aus Buche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Biegefestigkeit und -steifigkeit von BSH-Trägern aus Buchenholz mit Hilfe von Biegeversuchen sowie eines Rechenmodells</li> <li>• Nachweis der Eignung des Rechenmodells zur Bestimmung von Bemessungsvorgaben durch experimentelle Träger-Biegeversuche; Bestimmung von Bemessungswerten als Grundlage für eine abZ</li> <li>• Nachweis der hohen Biegefestigkeit und -steifigkeit von BSH aus Buche: Herstellung von GL 36ist mit einer visuellen Sortierung (LS13) allein möglich; eine kombinierte maschinelle und visuelle Sortierung ermöglicht sogar die Herstellung von GL 48</li> </ul>	Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktion 	H.J. Blaß, J. Denzler, M. Frese, P. Glos, P. Linsen-mann	Holzforschung München 	Blaß, H. J., Denzler, J. K., Frese, M., Glos, P., Linsenmann, P. (2005): Biegefestigkeit von Brett-schicht-holz aus Buche. Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau. Band 1. Universitätsverlag Karlsruhe 2005.
2006	Die Biegefestigkeit von Brett-schichtholz aus Buche - Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Laminierungseffekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der charakteristischen Biegefestigkeit von BSH-Trägern und der charakteristischen Zugfestigkeit der einzelnen Brett-lamellen sowie die Ausarbeitung einer all-gemeinen Gleichung zur Beschreibung des Laminierungseffektes in Buchen-BSH</li> <li>• Mit zunehmender Vergütung des Brett-materials nimmt der sogn. Laminierungseffekt deutlich ab. Für Träger höchster Vergütung kann kein Laminierungseffekt mehr nachgewiesen werden.</li> <li>• Nachweis der Möglichkeit der baurechtlichen Regelung von BSH aus Buche für die sechs Festigkeitsklassen GL 28 bis GL 48</li> </ul>	Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktion 	M. Frese	n.b.	Frese, M. (2006): Die Biege-festigkeit von Brett-schichtholz aus Buche. Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Laminierungseffekt. Berichte zum Ingenieurholzbau. Band 5. Universitätsverlag Karlsruhe 2006.

Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2006	<b>Die Biegefestigkeit von Brettschichtholz Hybridträgern mit Randlamellen aus Buchenholz und Kernlamellen aus Nadelholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Biegefestigkeit von Buchen-BSH Hybridträgern sowie Klärung der Frage, ob sich eine Verwendung von Nadelholz im weniger biegebeanspruchten Kernbereich der BSH-Träger ohne Einbußen in der Festigkeit vereinen lässt</li> <li>• Ermittlung von Bemessungswerten sowie Vorschläge für Festigkeitsklassen von Hybridträgern (Grundlage für abZ)</li> <li>• Nachweis, dass sich die Werte für die Biegefestigkeit der untersuchten Hybridträger nicht signifikant von den Festigkeitswerten vergleichbarer homogener Träger unterscheiden</li> </ul>	Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktion 	H.J. Blaß, M. Frese	n.b.	Blaß, H. J., Frese, M. (2006): Biegefestigkeit von Brettschichtholz-Hybridträgern mit Randlamellen aus Buchenholz und Kernlamellen aus Nadelholz. Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau. Band 6. Universitätsverlag Karlsruhe 2006.
2008	<b>Entwicklung von Brettschichtholz aus thermisch modifiziertem Holz für tragende Anwendungen - Thermo-BSH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaffung von Grundlagen für die Verwendung von TMT für tragende Anwendungen im Außenbereich.</li> <li>• Untersuchung der Herstellbarkeit von BSH aus thermisch modifiziertem Fichten- und Buchenholz sowie Ermittlung des Festigkeitsniveaus der hergestellten BSH-Träger</li> <li>• Bestätigung der bekannten Festigkeitsreduzierungen von TMT gegenüber unbehandeltem Holz</li> <li>• Nachweis einer unproblematischen Verklebung der behandelten Hölzer mit MUF und PUR Klebstoffen</li> </ul>	Institut für Holztechnologie Dresden IHD 	J. Gecks, B. Weiß	StoraEnso Timber Deutschland GmbH, Thermoholz Spreeewald GmbH, JOWAT AG, Türmerleim GmbH	
2010	<b>BSH aus Buche- Entwicklung von Absatzmöglichkeiten für hochwertiges Buchenholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Absatzmöglichkeiten für Buchenholz im hochwertigen Verwendungsbereich sowie die Entwicklung einer zuverlässigen Klebetechnologie</li> <li>• Nachweis der dauerhafte Verklebung von Buche zu BSH mit MUF-Klebstoffen; Erteilung einer bauaufsichtlichen Zulassung (Oktober 2009)</li> <li>• Bauaufsichtliche Zulassung ermöglicht unter anderem die Herstellung von Trägern mit einer Biegefestigkeit von bis zu 48 N/mm<sup>2</sup>; Pilotprojekt LWF Gebäude in Freising aus Buchen-BSH Trägern</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Schmidt, G. Wegener, P. Glos	Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktion 	Schmidt, M., Glos, P., Wegener, G. (2010): Verklebung von Buchenholz für tragende Holzbauteile. European Journal of Wood and Wood Products 68:43-57  Deutsches Institut für Bautechnik (2011): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-679:BS-Holz Buche und BS-Holz Buche-Hybridträger
2011	<b>Brettschichtholz aus Laubholz- Einsatz in Tragwerken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der mechanischen Eigenschaften v.a. des Schubtragverhaltens von BSH-Trägern aus Buche und Esche</li> <li>• Eschen-BSH: hohe Schubkapazität; kleine Streuung der Materialeigenschaften bei mindestens doppelte so hohen Festigkeiten im Vergleich zu BSH aus Fichte</li> <li>• Buchen-BSH: gute Werte für Ausschussholz, hohe Streuung der Werte, deutliche Erhöhung der Schubkapazität bei Vermeiden von Delaminierung</li> </ul>	ETH Zürich, Institut für für Baustatik und Konstruktion 	A. Frangi	EMPA, Dübendorf Abteilung Ingenieur-Strukturen 	Bühler, M. (2011): Schubverhalten von hohen Holzträgern aus Fichte, Buche und Esche. Masterarbeit. Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich.
2014	<b>BSH aus Buche und Verbindungen in Buchen-BSH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammentragung und Abklärung des aktuellen Wissensstandes zu Buchen-BSH und Verbindungen in Buchen-BSH im deutschsprachigen Raum in Form von Workshops und Präsentationsrunden</li> <li>• Gesamtfazit der Workshops: Bedarf an weiterführender Forschung, damit Buchenholz vermehrt und wirtschaftlich als qualitätsgesichertes Bauprodukt im konstruktiven Bereich eingesetzt werden kann</li> </ul>	EMPA, Dübendorf Abteilung Ingenieur-Strukturen 	R. Steiger, S. Franke, A. Frangi	Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion  	Steiger, R., Franke, S., Frangi, A. (2014): Brettschichtholz aus Buche und Verbindungen in Buchen-Brettschichtholz. Workshops zur Erhebung des aktuellen Wissensstandes in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Projektbericht. Aktionsplan Holz, 2014

Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2012	Fachwerkträger für den industriellen Holzbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schaffung der Voraussetzungen zur Realisierung von Fachwerkträgern für den industriellen Hochbau sowie die Reduzierung des zeitlichen und technischen Aufwandes durch geeignete Verbindungen und Anschlüsse</li> <li>Erhöhung der Tragfähigkeit der Verbindungen als auch der Fachwerkträger durch die Verwendung von Buchen-BSH-Hybridträgern im Vergleich zu reinem Nadel-BSH</li> <li>Verweis auf die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen zum Einsatz von eingeklebten Gewindestangen</li> </ul>	Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktion 	H.J. Blaß, M. Enders-Comberg, M.	n.b.	Blaß, H.J., Enders-Comberg, M. (2012): Fachwerkträger für den industriellen Holzbau. Bd. 22, Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.
2012-laufend	Flächentragwerk aus Laubholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung der des Tragwerksverhaltens eines Deckensystems bestehend aus einem vorgespannten Rahmen aus BSH</li> <li>Nachweis des günstigen Tragverhalten des Flächentragwerks aus Laubholz sowie des großen Potentials von vorgespannten Holzrahmenkonstruktionen insbesondere für den mehrgeschossigen Holzbau</li> <li>Verweis auf weitere Optimierungsmaßnahmen z.B. durch die Steigerung des Laubholzanteils (House of Natural Resources)</li> </ul>	ETH Zürich, Insitut für für Baustatik und Konstruktion 	F. Wanninger	Häring & Co. AG	Wanninger, F., Frangi, A. (2014): Investigation of a post-tensioned timber connection. Bericht IBK Nr. 335. Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich.
2014	Mechanische Eigenschaften von Buchen-BSP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung und Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Brettsperrholz in Buche</li> <li>Erarbeitung einer Bemessungsgrundlage für den Einsatz von Buchen-BSP</li> <li>experimentelle Ermittlung von Festigkeitswerten für Biegung, Schub, Rollschub und für die Druckfestigkeit liegen deutlich über denen von Fichten-BSP</li> </ul>	Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Kompetenzbereich Holzbau 	S. Franke	Fagus Jura SA 	Franke, S., Vogel, M., Lehmann, M., Sauser, F. (2014) Mechanische Eigenschaften von Buchen-Brettsperrholz. Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Brettsperrholz in Buche. Schlussbericht. Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur, Kompetenzbereich Holzbau, Berner Fachhochschule
2012	Furnierschichtholz aus Buche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zulassungsversuche für Furnierschichtholz aus Buche der Pollmeier Massivholz GmbH &amp; Co. KG</li> <li>Erteilung einer bauaufsichtlichen Zulassung für Buchen-Furnierschichtholz</li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Fachgebiet Holztechnologie 	M. Knorz, J.-W. van de Kuilen	Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG 	Knorz, M., Kuilen, J. W. van de (2012): Furnierschichtholz aus Buche. Prüfbericht 10511, Holzforschung München, Technische Universität München  Pollmeier Furnierwerkstoffe GmbH & Co. KG (2013): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-838: Furnierschichtholz aus Buche zur Ausbildung stabförmiger und flächiger Tragwerke: "Buchen-FSH längslagig", "Buchen-FSH querlagig"  Pollmeier Furnierwerkstoffe GmbH (2013): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-837: Brettchichtholz aus Buchen-Furnierschichtholz
2012-laufend	Buche LVL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchungen zur Modifizierung von Buchen-FSH mit Phenolformaldehydharzen vor dem Hintergrund der Schaffung neuer Absatzmärkte und Anwendungsfelder für einheimische Laubhölzer im tragenden Bereich</li> <li>Steuerung des Modifizierungsprozesses über das Weight Percent Gain (WPG), welches die Gewichtszunahme der Furniere vor und nach der Behandlung beschreibt</li> <li>Nachweis der Erhöhung der natürlichen Dauerhaftigkeit sowie Dimensionsstabilität der Furniere nach der PF-Behandlung</li> </ul>	Universität Göttingen, Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte 	S. Bicke	Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG 	Bicke, S., Militz, H. (2014): Modification of beech veneers with low molecular weight phenol formaldehyde for the production of plywood: Comparison of the submersion and vacuum impregnation. European Conference on Wood Modification 2014.

Jahr	Projekt	Inhalte und Ergebnisse	Institut	Bearbeiter	Partner	Veröffentlichungen
2012- laufend	<b>Neuartige, zuverlässige Tragwerke aus Buchenholz - Verbindungen für Fachwerke aus Buchenfurnierschichtholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der mechanischen und thermophysikalischen Eigenschaften tragender FSH-Balkenelemente aus Buche</li> <li>• Entwicklung neuartiger und zuverlässiger Verbindungen sowie die Erstellung von Bemessungsgrundlagen mittels Lochleibungs- und Verbindungsversuchen</li> <li>• <b>Nachweis der Eignung von Buchen-FSH für den Einsatz in Fachwerken aufgrund leistungsfähiger Verbindungen</b></li> </ul>	ETH Zürich, Intstitut für für Baustatik und Konstruktion 	P. Kobel, A. Frangi	EMPA, Dübendorf Abteilung Ingenieur- Strukturen 	Kobel, P. Frangi, A., Steiger, R. (2013): Verbindungen für Fachwerke auf Buchenfurnierschichtholz. Vortrag Montagskolloquien für die Praxis. Institut für Terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich
2012- laufend	<b>Neuartige, zuverlässige Tragwerke aus Buchenholz - Verbunddecken aus Buchen-FSH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung von Verbunddeckenelementen aus Buchen-FSH</li> <li>• Untersuchung und Erarbeitung der mechansichem Eigenschaften sowie Bemessungsgrundlagen von Verbunddeckenelementen aus hochfestem Buchenholz</li> </ul>	ETH Zürich, Intstitut für für Baustatik und Konstruktion 	L. Boccardo, A. Frangi	EMPA, Dübendorf Abteilung Ingenieur- Strukturen 	
2015- laufend	<b>DauerBuche - Dauerhafte Buchenholzprodukte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung des Forschungsprojektes "Buche LVL" mit dem Ziel der prozessfähigen Herstellung von Buchenfurnierschichtholz für tragende Zwecke im Außenbereich</li> <li>• Untersuchungen zur Modifizierung der Furniere mit niedermolekularen Polymeren als auch mit einer schrittweisen Substitution durch Lignin-Derivate</li> </ul>	Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik, Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt	M. Steindl	Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, Universität Göttingen, BioEconomy Cluster  	
2012- laufend	<b>Steigerung der Holzasbeute und Qualität von Buchenschäl-furnieren für die Herstellung von Furniersperrholz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchungen zur Erhöhung der Furnierausbeute durch Simulation neuartiger Klippverfahren mittels eines visuellen Bildbearbeitungsprogrammes</li> <li>• Anwendung eines Presstrocknungsverfahrens zum Trocknen der Buchenschäl-furniere</li> <li>• <b>Nachweis der Reduktion der Presszeit und des tangentialen Schwindverhaltens sowie der Erhöhung der Planheit der Furniere durch das Presstrocknungsverfahren</b></li> </ul>	TU München, Holzforschung München, Arbeitsbereich Material- wissenschaften 	H. Buddenberg	OWI GmbH 	Buddenberg, H. (2015): Steigerung der Holzasbeute und Qualität von Buchenschäl-furnieren für die herstellung von Furniersperrholz. Vortrag. LWF-Statusseminar. 15. April 2015. LWF Freising.

### 3. Bewertung und Priorisierung der Forschungsschwerpunkte

#### 3.1 Festigkeitsuntersuchung und Sortierung

Die im Themenschwerpunkt 1 aufgeführten Forschungsprojekte widmen sich der systematischen Untersuchung und Bestimmung charakteristischer Kennwerte für die Festigkeit und Steifigkeit von Laubhölzern. Es wird an dieser Stelle deutlich, dass Festigkeits- und Steifigkeitsuntersuchungen meist im Zusammenhang mit der visuellen und maschinellen Festigkeitssortierung durchgeführt werden. Die Ergebnisse der beiden Themenfelder werden deshalb hier gemeinsam betrachtet:

- Im Vergleich zu Nadelhölzern weisen die Laubholzarten Buche, Eiche und Esche deutlich bessere mechanische Eigenschaften auf. Als nachteilig erweisen sich allerdings die komplizierte und damit aufwendigere Trocknung als auch das ausgeprägte Quell- und Schwindverhalten.
- Visuell nach DIN 4074-5 sortiertes und entsprechend gekennzeichnetes Buchen-, Eichen- und Eschenschnittholz ist europaweit im Bauwesen generell anwendbar; Buchenschnittholz kann der Sortierklasse LS13 und Eschenschnittholz der Sortierklasse LS10 und besser und somit der Festigkeitsklasse D40 zugeordnet werden.
- Die Einstufung in Festigkeitsklassen gilt streng genommen nur für hochkant biegebeanspruchte Hölzer. Entsprechende Festlegungen auf der Basis von Zugversuchen fehlen bisher.
- Relevante Sortierkriterien sind die Ästigkeit, die Faserabweichung als auch das Vorhandensein einer Markröhre; laufende Projekte widmen sich der zuverlässigen Bestimmung der Ästigkeit sowie des Faserverlaufes mittels neuer maschineller Sortierverfahren.
- Über die Abschätzung des E-Moduls in Faserrichtung lassen sich nachweislich höhere charakteristische ermitteln; durch die Kombination von visuellen und maschinell erhobenen Sortierkriterien kann das hohe Festigkeitspotential von Laubholz voll ausgeschöpft werden. Für die Umsetzung in der Praxis besteht hier jedoch noch weiterer Forschungsbedarf.

#### 3.2 Verklebung und Verbindung von Laubhölzern im Hinblick auf eine höherwertige

##### Nutzung

Die verschiedenen aufgezählten Projekte bestätigen allesamt die prinzipielle Verklebbarkeit von Laubholz zur Herstellung hochwertiger Bauteile für den konstruktiven Bereich. Deutlich wird, dass bisher vorwiegend Untersuchungen zur Verklebung von Buchenholz vorliegen. Erst in den letzten Jahren sind Forschungsarbeiten, die sich der spezifischen Verklebung von Eschenschnittholz widmen, initiiert worden. Weitere Erkenntnisse der Projekte sind:

- Bei der Flächenverklebung von Buchen- und Eschenholz weisen vor allem MUF- und PRF-Klebstoffe die besten Resultate hinsichtlich der Verklebungsqualität und –dauerhaftigkeit auf; eine signifikante Verbesserung der Verklebung durch die Bearbeitung der Oberfläche wird lediglich durch das Schleifen der Holzoberfläche erzielt. Der fakultative Farbkern der Buche hat keinen Einfluss auf die Verklebungseigenschaften.
- Die Anforderungen der Delaminierungsprüfung gemäß EN 302 konnten in vielen Studien nicht eingehalten werden. Mit einer gezielten Anpassung des Pressdruckes und einer ausreichenden langen geschlossenen Wartezeit lassen sich die Anforderungen der Norm jedoch erfüllen.
- Speziell auf Laubholz angepasste KZ-Geometrien und ausgewählte, bereits zugelassene Klebstoffsysteme zeigen eine Verbesserung der Verklebungsqualität von KZV. Es besteht



allerdings ein Bedarf der Überprüfung der qualitätssichernden Verfahren (Delaminierungs- und Scherprüfung) für Laubholzverklebungen.

- Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) für Brettschichtholz aus Buche für die Nutzungsklasse 1 (2009); die Anwendung von Buche-BSH erscheint auch in Nutzungsklasse 2 möglich, dazu besteht jedoch noch Bedarf an weiteren Untersuchungen. Für Esche-BSH gibt es derzeit keine Zulassung in Deutschland. Hier gilt es, noch weitere Anstrengungen in die Untersuchung angepasster Verklebungsparameter zu investieren.
- Die derzeit noch in den Normen angegebenen Bemessungssätze für Verbindungen bzw. Verbindungsmittel wurden zumeist aus Versuchen an Nadelhölzern entwickelt und auf Verbindungssituationen im Laubholz übertragen. Hier sind weitere Forschungen absolut notwendig.

### 3.3 Verwendung von Laubholz als Holzbaukomponente und Holzwerkstoff

Im Fokus der Entwicklung von Laubholzprodukten steht besonders Brettschichtholz (BSH) aus Buche, jedoch wird auch die Eignung und Produktion von Esche-BSH in der Forschung neuerdings analysiert. Durch eine gezielte Ausnutzung der hervorragenden Materialeigenschaften von Laubhölzern können hochwertige Tragelemente hergestellt werden. Derzeit sind in Deutschland vier Bauprodukte aus einheimischen Laubhölzern bauaufsichtlich geregelt. Folgende Ergebnisse wurden herausgearbeitet:

- Die Verwendung von Buche-BSH und Buche-BSH-Hybrid im tragenden Bereich ist seit 2009 mit der Erteilung einer bauaufsichtlichen Zulassung möglich; derzeitige Beschränkung auf die Nutzungsklasse 1 sowie auf Querschnitte von maximal 160 mm in der Breite und 600 mm in der Höhe. Mit visuell sortierten Buchenlamellen kann die Klasse GL36c, bei zusätzlicher maschineller Sortierung die Klasse GL48c erreicht werden. Bereits abgeschlossene Forschungsprojekte lieferten den Nachweis über die hohen Festigkeiten und Steifigkeiten bei Biege- und Schubbeanspruchung. Untersuchungsbedarf besteht allerdings noch im Bereich der Zug- und Druckbeanspruchung parallel und senkrecht zur Faserrichtung.
- Seit 2012 ist BSH aus Eiche und seit 2013 Furnierschichtholz (FSH) aus Buche sowie BSH aus Buche-Furnierschichtholz bauaufsichtlich zugelassen. Durch die starke Homogenisierung des Holzverbundes lassen sich mit Buche-FSH charakteristische Biege- und Zugfestigkeiten bis zu 70 N/mm<sup>2</sup> erzielen.
- Jüngere Forschungsvorhaben beschäftigen sich vordergründig mit der physikalisch-chemischen Modifizierung von Buchenholz; durch eine Modifizierung des Holzes mit Phenolharzen lassen sich deutlich höhere Dauerhaftigkeiten ohne Einbußen in der Stabilität des Baustoffs erzielen, welche den Einsatz von Buche-BSH und Buche-FSH in der Nutzungsklasse 2 erlauben.
- Erste Bauvorhaben unter Verwendung von Buche-BSH und -FSH belegen die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten im konstruktiven Bereich, sie verdeutlichen allerdings auch den weiteren Forschungsbedarf im Bereich der Holzwerkstoffe, z.B. im Bereich Brettsperthölzer.
- Untersuchungen zur Erfassung der mechanischen Eigenschaften sowie der Langzeitbeständigkeit geeigneter Verbindungen und Verbindungsmittel sind ebenfalls noch notwendig.

## 4. Schlussfolgerungen

Buchen-, Eschen- und Eichenholz weist hervorragende mechanische Eigenschaften auf. Ebenso sind die hohen Biege- und Schubfestigkeiten von BSH und FSH aus Buche bekannt. Damit die Vorteile von Laubholz jedoch umfassend genutzt werden können und qualitätsgesicherte und hochwertige Bauprodukte daraus im tragenden Bereich eingesetzt werden können, bedarf es noch weitergehender Forschung. Dies gilt vor allem für die Ermittlung umfassender charakteristischer Materialkennwerte einschließlich deren Verankerung in nationalen und internationalen Regelwerken und Bemessungsvorschriften, die Nutzung von Laubholzprodukten in Nutzungsklasse 2 (und 3) sowie die Entwicklung von Bauprodukten und Verbindungsmitteln einschließlich darauf abgestimmter Anwendungssysteme. Nur so können die hohen Potentiale der Laubhölzer umfassend ausgeschöpft werden. Darüber hinaus bedarf es eines zielgerichteten Marketings. Dadurch können Laubholzprodukte für Bauherren und Planer interessanter gemacht werden. Weitere Bauvorhaben sollten initiiert, gefördert und der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Einen Überblick zum derzeitigen Stand der Forschung gibt die Abbildung 2. Die Bewertung der einzelnen Themenschwerpunkte erfolgte vor allem aufgrund von quantitativen Beurteilungskriterien und im Vergleich zum Forschungs- und Entwicklungsstand im Bereich der Nadelholznutzung und –verwertung.

Holzart	Festigkeit und Steifigkeit	Sortierung	Verklebung	Holzwerkstoff / Holzbaukomponente
Buche	↑	↓	↑	⇒
Esche	↑	↓	↓	↓
Eiche	↑	↓	↓	⇒

↑ sehr gut,    ↑ gut  
⇒ normal  
↓ schlecht    ↓ mäßig

Abbildung 2: Stand der Laubholzforschung im Vergleich zur Nadelholzforschung