

**Kurzbericht zum AiF-Forschungsvorhaben Nr. 17284 N:**

## **Möglichkeiten der Verklebung verschiedener Holzarten und Untersuchungen zur Verwendbarkeit als Brettschichtholz**

### **Forschungsstelle 1**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter  
Arcisstraße 21  
80333 München

### **Forschungsstelle 2**

Technische Universität München  
Holzforschung München  
Univ.-Prof. Dr. Klaus Richter  
Winzererstraße 45  
80797 München

### **Projektlaufzeit:**

01.10.2011 - 31.03.2014

### **Projektleitung:**

Dipl.-Ing. Jörg Schaffrath  
Prof. Dr.-Ing. Jan-Willem van de Kuilen

### **Projektbearbeitung:**

M.Sc. Yuan Jiang

## **Aufgabenstellung**

Anhaltende Klimaveränderungen wirken sich auch auf unsere heimischen Wälder aus. In Deutschland leiden viele Wälder, die hauptsächlich aus einheitlich strukturierten Beständen von Nadelbäumen bestehen, unter schädlichen Ereignissen wie z. B. Stürme, Feuer und Insekten. Unter diesem Umstand ist der Waldumbau zu einem wichtigen Thema in der deutschen Forstwirtschaft geworden. Waldumbauprogramme zielen darauf ab, die anfälligen Monokulturen durch artenreiche, anpassungsfähige und klimatolerante Mischwälder zu ersetzen. Zukünftig muss daher mit einem veränderten Rohstoffangebot aus der Forstwirtschaft gerechnet werden. Dies bedeutet für die holzverarbeitende Industrie, dass mit der notwendigen Produktionsanpassung Chancen genutzt werden können, neue und verbesserte Produkte zu etablieren. Eine vielversprechende Möglichkeit bietet das Verkleben von Holzarten, die aufgrund ihrer Festigkeit und Dauerhaftigkeit gegenüber dem „Brotbaum“ Fichte Vorteile bieten. Die Erfahrungen lehren aber, dass das Verkleben von Holz bei mangelnder Sachkenntnis zu großen Qualitätsmängeln führen kann.

## **Methoden**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde die Verklebbarkeit unterschiedlicher Nadel- und Laubholzarten untersucht. Ihre Leistungsfähigkeit in Kombination mit ausgewählten Klebstoffsystemen und darüber hinaus ihre Verwendbarkeit in Brettschichtholz wurden betrachtet. Umfangreiche Untersuchungen wurden an den Holzarten Buche, Douglasie, Esche, Fichte und Lärche durchgeführt. Während die Holzarten Buche und Douglasie im Rahmen des Klimawandels zunehmend an Bedeutung erlangen, wird die Lärche aufgrund ihrer hohen Dauerhaftigkeit und ihrem hohen Potenzial für Außenanwendungen in das Prüfprogramm miteinbezogen. Eschenholz hat wie die Buche eine hohe Festigkeit und ist daher interessant für den Ingenieurholzbau, da sich freie Spannweite realisieren lassen, die mit Fichte nicht möglich sind. Vier handelsübliche Klebstoffe wurden ausgewählt, die zu den Klebstofffamilien PRF, EPI, MUF bzw. PUR gehören und für die Herstellung von geklebten tragenden Holzbauteilen zugelassen sind.

In aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten wurden die Faktoren betrachtet, die die Güte einer Klebfuge maßgeblich beeinflussen und ihre Bedeutung für die Ausbildung der Klebfugenfestigkeit festgestellt. Die Grundlage bildeten labortechnische Untersuchungen. Die für die Verklebung relevanten chemischen Eigenschaften von Holz, die Benetzbarkeit der Holzoberflächen und das Abbindeverhalten der Klebstoffe wurden dargestellt. Die Verklebbarkeit der fünf Holzarten wurde anhand von Längszugscherversuchen nach DIN EN 302-1 überprüft. Mit den gewonnenen Kenntnissen wurde der Einfluss zweier wichtiger Verarbeitungsparameter (Alter der Holzoberfläche bzw. Methode der Oberflächenherstellung) auf die Qualität der Klebeverbindungen anhand von Delaminierungs- und Druckscherprüfungen (Prüfverfahren in Anlehnung an DIN EN 391 und DIN EN 392) quantifiziert. Der Einfluss von Dauerlast- und Klimabeanspruchungen auf die Güte der Verklebungen wurde anhand von Leistungstests an Kleinträgern beurteilt.

## Ergebnisse

Ergebnisse der labortechnischen Untersuchungen zeigten, dass sich die chemische Beschaffenheit und Benetzbarkeit der Holzoberflächen im Laufe der Lagerung verändert, u.a. belegt anhand der Erhöhung der Oberflächen-pH-Werte und der Kontaktwinkel. Dies führt bei der Verklebung von Holzarten, wie z. B. Esche und Lärche, mit den PRF- und MUF-Klebstoffen zur Herabsetzung der Delaminierungsbeständigkeit. Hingegen können die mit den EPI- und PUR-Klebstoffen hergestellten Klebeverbindungen von einer langen Zeitspanne zwischen der Herstellung der Fügeteiloberfläche und der Verklebung begünstigt werden. Ein Einfluss vom Alter der Fügeteiloberfläche auf die Scherfestigkeiten der Verklebungen kann nicht festgestellt werden.

Eine weitere Erkenntnis besteht darin, dass die Benetzbarkeit der Holzoberfläche durch das Schleifen als alternative Methode zur Herstellung der Fügeteiloberfläche deutlich verbessert werden kann. Ergebnisse der Parameterstudien belegten, dass bei der Verklebung von den Laubholzarten Buche und Esche die Delaminierungsbeständigkeit der unter Verwendung vom PUR-Klebstoff hergestellten Klebeverbindungen durch das Schleifen deutlich erhöht werden kann. Allerdings erwiesen sich die im Rahmen dieses Projektes beim Schleifvorgang verwendeten Verarbeitungsparameter als ungünstig für die Nadelholzarten Lärche und Fichte. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Holzzellen der Fügeteiloberflächen während des Schleifvorgangs stark verdichtet wurden, wodurch das Eindringen von Klebstoff in die Holzgewebe weiterhin verhindert wurde. Als Konsequenz der mangelnden mechanischen Verankerungen verfügten die damit hergestellten Verklebungen über geringere Scherfestigkeiten und eine geringe Beständigkeit gegen Delaminierung.

Die mit dem PRF-Klebstoff hergestellten Verklebungen zeichneten sich im Rahmen des Forschungsprojektes durch ihre hervorragende Festigkeit und Beständigkeit gegen Delaminierung aus. Auch bei der Verklebung der Laubholzarten konnten mit dem PRF-Klebstoff leistungsfähige Klebeverbindungen erzielt werden. Allerdings ist die Verwendung von den PRF-Klebstoffen zurzeit in Europa aus ökonomischen und ökologischen Gründen stark zurückgegangen.

Stattdessen haben sich heute vor allem die MUF-Klebstoffe in der BSH-Herstellung etabliert. Die unter Verwendung vom MUF-Klebstoff hergestellten Nadelholzverklebungen wiesen ebenfalls ausreichende Leistungsfähigkeit auf. Bei der Verklebung von Laubholz stellt jedoch die geringe Delaminierungsbeständigkeit ein Problem dar. Es wurde gezeigt, dass der MUF-Klebstoff sehr empfindlich auf Einflussfaktoren, wie z. B. die chemische und physikalische Beschaffenheit der Fügeteiloberfläche und die verwendeten Verklebungsparameter, reagiert. Eine geringfügige Änderung der oben genannten Faktoren kann zu erheblichen Qualitätsschwankungen führen.

Die Anwendung des im Rahmen des Forschungsprojektes verwendeten EPI- und PUR-Klebstoffs sollte zunächst auf die Verklebung von Fichte beschränkt bleiben. Obwohl ihre Kombinationen mit den anderen hier verwendeten Holzarten hohe Scherfestigkeiten aufwiesen, wurden dabei immer hohe Delaminierungsanteile festgestellt. Die bislang besten Resultate mit dem EPI-Klebstoff wurden unter Laborbedingungen erreicht. Dabei erfolgte die Verklebung mit den gehobelten

Holzoberflächen, die nach dem Hobeln auf Endmaße 7 Tage lang in Normalklima bei 20 °C und 65 % rF gelagert wurden. Die Güte der mit dem PUR-Klebstoff hergestellten Verklebungen hängt deutlich von der Qualität der Fügeiteiloberflächen ab. Eine höhere Beständigkeit gegen Delaminierung wurde z. B. bei den Laubholzverklebungen durch das Schleifen erzielt. Eine lange Zeitspanne zwischen der Herstellung der Fügeiteiloberfläche und der Verklebung ist ebenfalls als wünschenswert zu betrachten.

Bei jeglicher Interpretation der Ergebnisse ist zu bedenken, dass im Rahmen dieses Vorhabens nur ein Repräsentant einer Klebstofffamilie bei einer, auch durch die insgesamt hohe Anzahl an Prüfungen, begrenzten Prüfkörpermenge betrachtet wurde. Es ist nicht auszuschließen, dass ein möglicherweise nur leicht modifiziertes Produkt der gleichen Klebstofffamilie bei gegebenenfalls anderen Verklebungsparametern durchaus zu einer besseren, jedoch auch schlechteren, Verklebungsqualität führen kann.

## Danksagung

Wir bedanken uns an dieser Stelle beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, der AiF und dem iVTH für die Möglichkeit der Durchführung dieses Projektes, die finanzielle Förderung sowie die organisatorische Unterstützung während der Projektlaufzeit. Ebenfalls möchten wir uns bei allen Projektpartnern und beteiligten Unternehmen für die gute Zusammenarbeit innerhalb des Projektes bedanken. Ihnen sei auch dafür gedankt, dass sie trotz vollen Terminkalenders immer Zeit für das Projekt gefunden und an den Arbeitsgruppensitzungen teilgenommen haben. Ganz besonderen Dank gilt allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beider Forschungsstellen, die das Projekt unterstützt und möglich gemacht haben.

Das IGF-Vorhaben 17284 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen (iVTH) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V. (iVTH e.V.)

Bienroder Weg 54 E

38108 Braunschweig