

Schlussbericht zum AiF-Forschungsvorhaben Nr. 16265 BR

„Verfahrensentwicklung zur Verstärkung von statisch und dynamisch hochbeanspruchten Kleinquerschnitten aus Holz und Holzwerkstoffen mit Faser verstärkten Kunststoffen (FVK)“

Forschungsstelle 1:

Technische Universität Dresden
Institut für Holz- und Papiertechnik
01062 Dresden
Ansprechpartner: Dr.-Ing. Mario Zauer

Forschungsstelle 2:

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.
Hohe Straße 6
01069 Dresden
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Axel Spickenheuer

Projektlaufzeit:

01.12.2009 - 30.11.2011

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Zusammenfassung

Statisch und dynamisch hochbeanspruchte Kleinquerschnitte aus Holz, wie beispielsweise Sport-, Spiel- und Therapiegeräte, Leitern, Arbeitsgeräte und spezielle Bauteile in Musikinstrumenten, verlangen nach einem hohen Widerstand gegen äußere Belastungen, allerdings sollten im Gegensatz zum Holzbau die Einzelquerschnitte möglichst geringe Dimensionen aufweisen. Dies resultiert unter anderem aus den Anforderungen geringer Eigengewichte, wobei jedoch hauptsächlich eine ergonomisch angenehme und sichere Handhabbarkeit im Vordergrund steht. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden drei verschiedene Verfahrenstechnologien im Labormaßstab entwickelt, mit denen insbesondere kleinquerschnittige Holzbauteile mit Faser verstärkten Kunststoffen (FVK) verstärkt werden können.

Die Verstärkungsmaßnahmen erfolgten jeweils im „Einstufenverfahren“, bei dem der FVK im bzw. am Holzquerschnitt hergestellt und gleichzeitig mit diesem verklebt wird. Dies erfolgte mithilfe der Druckinjektion, Vakuuminfusion und Nassimprägnierung. Bei den zwei erstgenannten wurden zunächst trockene Faserrovings, entsprechend eines bestimmten Faservolumengehalts zwischen 35 und 45 %, in eine Profilmutter eingelegt. Im Fortgang erfolgte die Konsolidierung der Matrix entweder mithilfe der Injektion oder Infusion. Bei der Nassimprägnierung wurden die Faserrovings unmittelbar vor der Zuführung in die Profilmutter durch ein Klebstoffbad geführt und somit vorimprägniert. Als Modellholzart kam Esche (*Fraxinus excelsior* L.) zum Einsatz, da dieses Holz ohnehin im Bereich von statisch und dynamisch hochbeanspruchten Kleinquerschnitten vorrangig Verwendung findet. Die Verstärkung wurde stets symmetrisch zug- und druckseitig mit einem Verstärkungsanteil bezogen auf den gesamten Verbundquerschnitt zwischen 3 % und 6 % appliziert. Als Verstärkungsfaser dienten einerseits Kohlenstofffasern und andererseits Basaltfasern. Letztere sind sowohl in preislicher als auch in ökologischer Hinsicht deutlich im Vorteil, wobei die Kohlenstofffaser eine erheblich höhere Steifigkeit aufweist. Als Matrixmaterial kamen zwei spezielle Epoxidharzsysteme, EP L + EPH L sowie Greenepoxy 55 + GP 505, zum Einsatz.

Zur Charakterisierung der Verbundquerschnitte wurden u. a. statische und dynamische Lang- und Kurzzeitversuche durchgeführt. Im Ergebnis zeigten die Verstärkungsmaßnahmen erhebliche Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften. Bei einem Verstärkungsanteil von nur 3 % konnten Verbesserungen der Biege-E-Moduln von bis zu 60 %, der Biegefestigkeiten von bis zu 30 % und der Bruchschlagarbeiten von bis zu 70 % erzielt werden, wobei zusätzlich die üblicherweise hohen Eigenschaftsstreuungen, infolge evtl. Rohdichteunterschiede und Strukturstörungen (z. B. Schrägfaserigkeit), reduziert respektive die Zuverlässigkeit im Vergleich zu den unverstärkten Querschnitten erhöht werden konnten. Darüber hinaus konnte infolge der Verstärkungsmaßnahmen nahezu ein feuchteunabhängiger Biege-E-Modul nachgewiesen werden (Abbildung 1). Der klimatische Zustand der Proben, zwischen 45 und 85 % relative Luftfeuchte unter isothermen Bedingungen bei 20 °C, beeinflusste die Steifigkeiten und somit die Gebrauchstauglichkeiten nur unwesentlich. Hinsichtlich des statischen und dynamischen Langzeitverhaltens konnten teilweise Verbesserungen infolge der Verstärkungsmaßnahmen erzielt werden. Die Kriechzahlen der unverstärkten und verstärkten Querschnitte unterschieden sich nur unwesentlich, allerdings stieg der zeitabhängige Biege-E-Modul um 23 %.

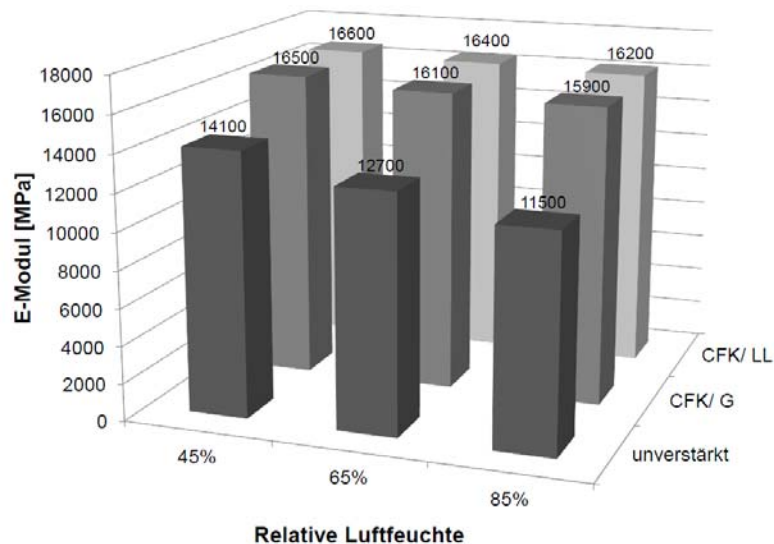


Abbildung 1: Gegenüberstellung der Biege-E-Moduln aus den Vier-Punkt-Biegeversuchen der unverstärkten und mit Kohlenstofffaser verstärkten Proben (CFK) in Abhängigkeit des Klebstoffsystems (Variante LL und Variante G) und des klimatischen Zustandes unter isothermen Bedingungen bei 20 ± 2 °C

Darüber hinaus erfolgte mithilfe von Simulationsrechnungen (Abbildung 2) der rechnerische Nachweis der linearelastischen Eigenschaften des Holz-FVK-Verbundes in Abhängigkeit vom Verstärkungsgrad, Faservolumengehalt, Art der Verstärkungsfaser, geometrische Anordnung der Verstärkung und der Klimabedingungen. Als Eingangsgrößen zur Beschreibung der Materialeigenschaften wurden u. a. sämtliche elastischen Kenngrößen von Eschenholz im Zug-, Druck- und Schubversuch in Abhängigkeit des klimatischen Zustandes ermittelt.

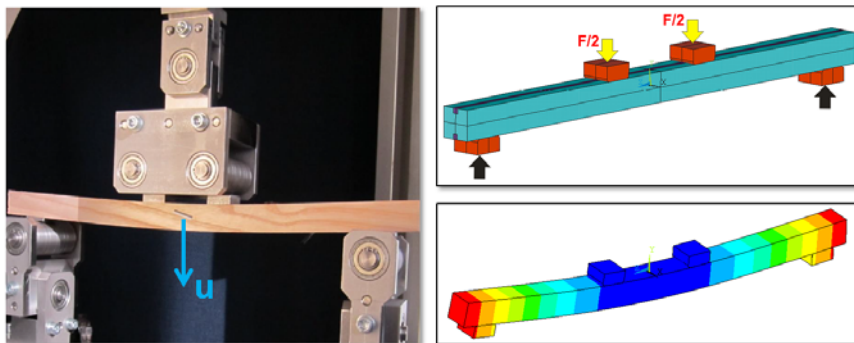


Abbildung 2: Experimenteller Versuchsaufbau des 4-Punkt-Biegeversuchs (links) sowie das daraus abgeleitete Simulationsmodell auf Basis der FEA (rechts)

Danksagung

Das Forschungsvorhaben 16265 BR der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V. (iVTH) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsförderung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei

Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V.

Bienroder Weg 54 E

38108 Braunschweig