

Nicol Karen JENEWEIN, BSc

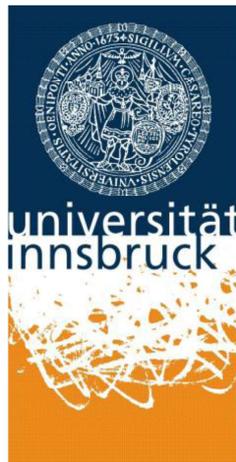
## **FIBER REINFORCED TIMBER**

### **Literaturstudie zu Faserverbundverstärkungen im Holzbau und Biegeversuche an fehlerfreien Probekörpern mit Glasfasergewebeverstärkung**

**MASTERARBEIT**

eingereicht an der

LEOPOLD-FRANZENS-UNIVERSITÄT INNSBRUCK  
FAKULTÄT FÜR TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN



zur Erlangung des akademischen Grades

**DIPLOM – INGENIEURIN**

Beurteiler:

Prof. Dipl. Ing. Michael Flach

Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften  
Arbeitsbereich für Holzbau

Innsbruck, Oktober 2014

## Kurzfassung

Die Verwendung von Holz, einem natürlichen, nachwachsenden und umweltfreundlichen Rohstoff wird angesichts der steigenden Umweltproblematik in Zukunft immer unumgänglicher erscheinen. Neben den bereits erwähnten Vorteilen zeichnet sich Holz auch durch gute Festigkeiten und bauphysikalische Eigenschaften aus. Die Festigkeit von Holz der Festigkeitsklasse C24 kann beispielsweise mit der Druckfestigkeit von Beton der Klasse C25/30 verglichen werden. Limitiert wird die Anwendung von Holz jedoch durch die geringe Steifigkeit sowie die Festigkeit quer zur Faser. Die geringe Steifigkeit wirkt sich vor allem auf die Gebrauchstauglichkeit aus. Im Eurocode ÖNorm EN 1995-1-1 [1] wird die Einhaltung des Frequenz- und Steifigkeitskriterium zur Begrenzung der Schwingungen und der Durchbiegungen gefordert. Bei beiden Nachweisen fließt die Biegesteifigkeit ein. Die Einhaltung der Grenzwerte ist für Bauteile mit geringer Konstruktionshöhe eher schwierig.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erhöhung der Biegesteifigkeit, Verringerung der Durchbiegungen und Verbesserung des Schwingungsverhaltens durch die Verwendung von Faserverbundkunststoffen. Im Speziellen wurde eine Literaturstudie zur Ermittlung des bisherigen Forschungsstandes, der Eigenschaften unterschiedlicher Faserverbundkunststoffe und Kleber für die Verbindung zwischen Holz und Verstärkung durchgeführt. Des Weiteren wurden bereits bestehende Materialmodelle und Normen im Zuge der Literaturstudie behandelt. Aufbauend auf den gewonnen Erkenntnissen aus der Literaturstudie wurde ein Versuchsprogramm zur Entwicklung eines stabförmigen Bauteiles in Analogie zum Brettschichtholz, welches sich durch eine einfache Herstellung und Verarbeitung auszeichnet, entwickelt.

Das Versuchsprogramm besteht aus sieben verschiedenen Probeserien, die sich durch die Anzahl der Holzlamellen, den Fasergehalt und die Verwendung von Holzdübeln zur besseren Krafteinleitung in die Verstärkung unterscheiden. Die Querschnitte wurden aus vertikal angeordneten Fichtenholzlamellen und Glasfasergewebe hergestellt. Für den Verbund zwischen Holz und Glasfasern wurde ein Zweikomponenten Epoxidharzkleber verwendet. Pro Prüfserie wurden 8 fehlerfreie Prüfkörper gefertigt. Daraus ergaben sich 56 Probekörper die alle an der *Technischen Versuchs- und Forschungsanstalt der Universität Innsbruck* einem Vier-Punkt-Biegeversuch in Anlehnung an die ÖNorm EN408 [2] unterzogen wurden.

Die Ergebnisse der Untersuchung lieferten eine Erhöhung des mittleren globalen E-Moduls und des lokalen Elastizitätsmoduls. Große Auswirkungen auf die Ergebnisse zeigten sich durch den Fasergehalt und die Anzahl der verwendeten Holzlamellen. Bei allen Proben konnte ein duktileres Verhalten festgestellt werden.

## Abstract

The usage of wood, a natural, renewable and environmentally beneficial (eco-friendly) resource will surely gain importance in future if the growing environmental problems are taken into account when choosing the materials used for building purposes. Additionally, wood also displays good strength and physical properties such as good thermal insulation. Compared to the strength of wood belonging to the strength class C24 the compressive strength of concrete C25/30 is on the same level. The application of wood, in its natural form, is limited both by low stiffness and the strength perpendicular to grain. This low stiffness has a great impact on serviceability. In the European Standards ÖNorm EN 1995-1-1 [1] frequency and stiffness criteria is introduced to limit the vibrations and deflexions of construction elements. Both verifications contain the bending stiffness. Observing the limiting values for components or structures with a low overall height can be difficult.

The aim of the work in this thesis is to examine ways to increase the bending stiffness, to decrease the deflexion and to improve the vibration characteristics of wood by using fibre reinforced plastic. In particular a literature study to determine the current state of scientific knowledge, the characteristics of various fibre reinforced plastics and adhesives for the connexion of wood and strengthening was carried out. Furthermore existing material models and standards were outlined in the literature study. Based on the knowledge gained from the literature study a test scheme to develop a bar shaped structural element similar to glulam was developed. The glulam beam should be easy to produce and process.

The test scheme consisted of seven different test series which differed in the spruce wood lamellae used, the amount of fibre content and the usage of dowels to improve the force transmission into the strengthening. The cross section was made of vertically arranged wood lamellae and fibreglass reinforcement. For the bond between the wood and the fibreglass a two component epoxide resin was used. Each test series included eight clear wood specimens. Thus 56 specimens were produced and tested in a four-point-bending-test according to the European Standard ÖNorm EN408 [2] at the *technical experimental and research institute* belonging to the *University of Innsbruck*.

As a result of the tests an improvement of the average global modulus of elasticity in bending and the average local modulus of elasticity in bending was achieved. The amount of fibreglass used and the number of wood lamella had a great impact on the results. For all specimens ductile deformation could be determined.