



Experimental and Numerical Investigation of Compressed Wood and Adhesive-Free Dowel Laminated Timber for Structural Components

(Experimentelle und numerische Untersuchung von verdichtetem Holz und
klebstofffreiem Brettstapelholz für strukturelle Bauteile)

Von der Fakultät Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

von M.Sc. Siavash Mahjourian Namari
geboren am 08. September 1988 in Teheran

Gutachter:	Prof. Dr. Peer Haller
	Prof. Marc Oudjene
	Prof. Dr. Yvonne Ciupack
Kommissionsmitglied:	Prof. Dr. Robert Jockwer
Vorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann

Einreichung: 03. September 2024

Verteidigung: 27. Februar 2025

Abstract

This dissertation explores the feasibility of using compressed wood (CW) and dowel laminated timber (DLT) in structural components, specifically focusing on slabs and walls. The research is part of the Towards Adhesive-Free Timber Buildings (AFTB) project, aimed at reducing the environmental impact of construction by developing alternatives to traditional engineered wood products (EWPs) and metallic fasteners. While EWPs like cross-laminated timber (CLT) and glulam have gained popularity, their reliance on adhesives and metal fasteners raises concerns regarding sustainability, recyclability and end-of-life processing. This study investigates CW and DLT as sustainable solutions that reduce chemical dependency while maintaining structural integrity.

A comprehensive experimental program was conducted, comprising over 720 tests to evaluate the mechanical properties of CW, including compression, tension, bending, embedment, yield moment, shear and impact strengths. The results indicate that CW exhibits superior mechanical properties compared to uncompressed wood, with significantly higher modulus of elasticity and compression strength. The research further assesses DLT elements incorporating CW dowels in slabs and walls, revealing that they maintain comparable load-bearing capacity to those assembled with uncompressed hardwood dowels. To deepen the understanding of these systems, numerical models were developed using ABAQUS, simulating the structural behavior of CW and DLT under different loading conditions. These models were validated against experimental results to provide insight into the load distribution, failure mechanisms and optimization potential of CW and DLT components.

By characterizing CW and evaluating DLT as a structural system, this research supports the adoption and further development of CW in engineered timber applications. While CW significantly improves material properties, its structural performance in full-scale elements requires further refinement to optimize load-bearing capacity and stiffness in construction.

Keywords: Compressed Wood (CW), Dowel Laminated Timber (DLT), Sustainable Construction, Engineered Wood Products (EWPs), Structural Components, Numerical Modeling

Zusammenfassung

Diese Dissertation untersucht die Machbarkeit der Verwendung von verdichtetem Holz und Brettstapelholz in strukturellen Bauteilen, insbesondere in Decken- und Wandelementen. Die Forschung ist Teil des Projekts Towards Adhesive-Free Timber Buildings, das darauf abzielt, die Umweltbelastung im Bauwesen zu reduzieren, indem Alternativen zu herkömmlichen holzwerkstoffbasierten Bauprodukten und metallischen Verbindungsmitteln entwickelt werden. Während holzbasierte Bauprodukte wie Brettsperrholz und Brettschichtholz zunehmend an Bedeutung gewinnen, stellt ihre Abhängigkeit von Klebstoffen und metallischen Verbindungsmitteln eine Herausforderung für Nachhaltigkeit, Recyclingfähigkeit und das End-of-Life-Management dar. Diese Studie untersucht verdichtetes Holz und Brettstapelholz als nachhaltige Alternativen, die den Einsatz chemischer Verbindungen minimieren und gleichzeitig die strukturelle Integrität erhalten. Ein umfassendes experimentelles Programm wurde durchgeführt, das über siebenhundertzwanzig Tests zur Bewertung der mechanischen Eigenschaften von verdichtetem Holz umfasste, darunter Druck-, Zug-, Biege-, Einpress-, Fließmoment-, Scher- und Schlagfestigkeitstests. Die Ergebnisse zeigen, dass verdichtetes Holz im Vergleich zu unverdichtetem Holz deutlich verbesserte mechanische Eigenschaften aufweist, insbesondere eine höhere Elastizitätsmodul und Druckfestigkeit. Darüber hinaus wurden Brettstapelelemente mit verdichteten Holzdübeln in Decken und Wänden untersucht, wobei festgestellt wurde, dass sie eine vergleichbare Tragfähigkeit zu Elementen mit unverdichteten Hartholzdübeln aufweisen. Um das Verhalten dieser Systeme besser zu verstehen, wurden numerische Modelle mit der Finite-Elemente-Software entwickelt, die das strukturelle Verhalten von verdichtetem Holz und Brettstapelholz unter verschiedenen Lastbedingungen simulieren. Diese Modelle wurden anhand experimenteller Ergebnisse validiert, um Einblicke in Lastverteilung, Versagensmechanismen und Optimierungspotenziale der Bauteile zu gewinnen.

Durch die Charakterisierung von verdichtetem Holz und die Bewertung von Brettstapelholz als strukturelles System unterstützt diese Forschung die Etablierung und Weiterentwicklung von verdichtetem Holz in ingenieurtechnischen Holzbauanwendungen. Während verdichtetes Holz die Materialeigenschaften signifikant verbessert, erfordert seine Integration in großformatige Bauteile weitere Optimierung, um die Tragfähigkeit, Steifigkeit und langfristige Leistungsfähigkeit im Bauwesen zu maximieren.

Schlüsselwörter: Verdichtetes Holz, Brettstapelholz, Nachhaltiges Bauen, Holzwerkstoffe, Strukturbauteile, Numerische Modellierung