

# Entwicklung von Hybridbauteilen aus Stahl und Holz zur Erhöhung der Tragfähigkeit und der Feuerwiderstandsdauer von Stahltragwerken („Kammerholz“)

Development of hybrid-steel-timber components for an increased load bearing capacity and fire resistance of steel structures

Scheller, Jan-Gabriel; Zehfuß, Jochen; Lyzwa, Jan

## Abstract

The research group at TU Braunschweig, consisting of the Institute of Building Materials, Concrete Construction and Fire Safety, the Institute for Steel Structures and the Institute for Building Construction and Timber Construction, has developed a novel hybrid component made of steel profiles and high-performance timber such as glulam and laminated veneer lumber. In analogy to chamber-concreted composite beams, a chamber timber is inserted into the I-profile via shear connections. Medium- and large-scale fire tests confirmed a protective effect of the timber and an improvement of load-bearing capacity.

## 1. Einführung

Die Bauwirtschaft steht vor der Herausforderung, Tragwerke sowohl ressourcenschonend als auch leistungsfähig auszubilden. Während Stahl hohe Tragfähigkeiten und Duktilität ermöglicht, weist Holz aufgrund seiner Verkohlungsschicht günstige Eigenschaften für die Bemessung im Brandfall auf. Im Forschungsvorhaben „Kammerholz“ wurde daher ein neuartiger Stahl-Holz-Hybridträger entwickelt (siehe Bild 1), der die Vorteile beider Baustoffe kombiniert [1].

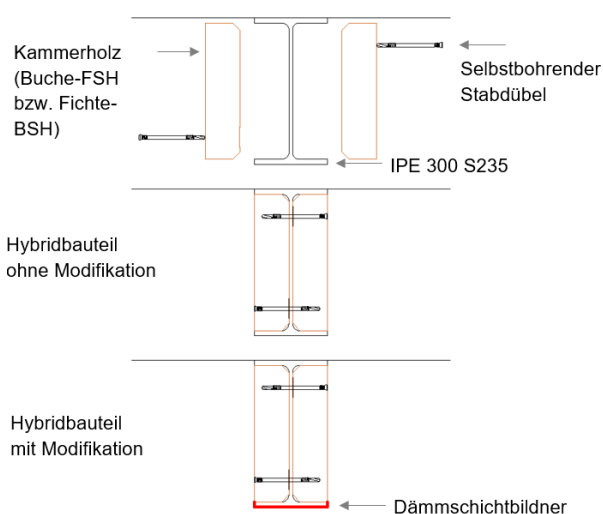


Bild 1: Komponenten des Hybridträgers

Das Konzept basiert auf einem Regelstahlprofil (IPE 300), dessen Kammern mit Holzquerschnitten aus Fichte-Brettschichtholz (BSH) oder Buche-Furnierschichtholz (FSH) ausgefacht werden. Über stiftförmige Verbindungsmittel wird ein Schubverbund zwischen Stahl und Holz hergestellt. Ziel des Vorhabens war die experimentelle und numerische Untersuchung des mechanischen, thermischen und thermomechanischen Verbundverhaltens sowie die Ableitung eines praxisgerechten Bemessungskonzepts.

## 2. Methoden

Das Verbundforschungsvorhaben wurde gemeinsam mit dem Institut für Stahlbau und dem Institut für Baukonstruktion und Holzbau der Technischen Universität Braunschweig bearbeitet [1]. Die Untersuchungen umfassten:

- kleinskalige Versuche zum mechanischen Verbundverhalten,
- mittelskalige Brandversuche zum thermischen Verbundverhalten,
- mechanische Großversuche im Kaltzustand,
- thermomechanische Großversuche unter Brandbeanspruchung,
- numerische FE-Modellierungen sowie
- die Entwicklung eines Bemessungskonzepts für die Praxis.

## 3. Thermisches Verbundverhalten

Die mittelskaligen Brandversuche zeigten eine deutliche Schutzwirkung des Kammerholzes bzgl. der Erwärmung des Stahlquerschnitts. Während ein ungeschützter IPE-300-Träger bereits nach etwa 10 Minuten eine kritische Stahltemperatur von 500 °C erreicht, konnte dieser Zeitpunkt durch das Kammerholz auf etwa 60 Minuten am Oberflansch und Steg hinausgezögert werden. Dabei erwiesen sich selbstbohrende Stabdübel aufgrund ihrer Nichtbrennbarkeit gegenüber Kunstharzpressholzdübeln als geeignetere Verbindungsmittel.

Zur Reduktion des Wärmeeintrags über den Unterflansch wurden ein intumeszierendes Fugendichtband, eine Feuerverzinkung sowie eine intumeszierende Beschichtung der Flanschunterseite untersucht. Während Dichtband und Verzinkung keinen relevanten Einfluss zeigten, erwies sich die intumeszierende Beschichtung als hochwirksam. Durch ihre Aktivierung konnten die Stahltemperaturen am Unterflansch deutlich reduziert und kritische Temperaturbereiche verzögert erreicht werden.

#### 4. Mechanisches Verbundverhalten

In den mechanischen Großversuchen konnte eine deutliche Erhöhung der Biege- und Torsionssteifigkeit nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigte sich eine stabilisierende Wirkung des Kammerholzes für das Bauteil. Unter Verwendung der experimentell ermittelten Steifigkeiten konnte für den untersuchten IPE-300-Träger eine Steigerung des Biegedrillknickwiderstandsmoments um bis zu 55 % gegenüber dem unverstärkten Stahlprofil nachgewiesen werden. Die höchsten Verbundwirkungen wurden bei Verwendung von Buche-FSH erzielt.

#### 5. Thermomechanisches Verbundverhalten

Die thermomechanischen Großversuche bestätigten die Schutzwirkung des Kammerholzes unter realitätsnahen Last- und Brandbedingungen. Besonders deutlich zeigte sich der Einfluss der Holzart auf die Feuerwiderstandsdauer.

Die Hybridträger mit Buche-FSH erreichten Feuerwiderstandsdauern von bis zu 71 Minuten, während vergleichbare Träger mit Fichte nach etwa 37 Minuten versagten. Ein ungeschützter IPE-300-Stahlträger würde unter vergleichbaren Bedingungen rechnerisch bereits nach etwa 12 Minuten versagen [2], [3].

Als wesentliche Erkenntnis wurde festgestellt, dass ausgeprägte Temperaturgradienten zwischen Ober- und Unterflansch von bis zu 200 K entstehen. Diese Effekte werden in vereinfachten Bemessungsansätzen bislang nicht berücksichtigt.

#### 6. Bemessungskonzept und Fazit

Die entwickelten thermischen und mechanischen FE-Modelle zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen. Auf dieser Grundlage konnten Parameterstudien durchgeführt sowie ein vereinfachtes Bemessungskonzept für Kammerholz-Hybridträger entwickelt werden. Dabei werden die temperaturabhängigen Materialeigenschaften von Stahl und Holz, die Verbundwirkung sowie die Schutzwirkung des Kammerholzes berücksichtigt [3].

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens belegen das hohe Potenzial von Kammerholz-Hybridträgern zur Erhöhung der Tragfähigkeit und Feuerwiderstandsdauer von Stahltragwerken ohne Vergrößerung des Stahlquerschnitts. Besonders die Kombination aus selbstbohrenden Stabdübeln und Furnierschichtholz aus Buche erwies sich als leistungsfähige und praxiserprobte Lösung.

Mit dem entwickelten Bemessungskonzept sowie den umfangreichen experimentellen und numerischen Untersuchungen wurde eine Grundlage für die zukünftige Anwendung und Weiterentwicklung hybrider Stahl-Holz-Tragsysteme geschaffen.

#### 7. Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 01IF22428N von ivTH und FOSTA wurde über den DLR Projektträger im Rahmen des Programms zur Förderung der IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

#### 8. Literatur

- [1] Technische Universität Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz; Institut für Stahlbau; Institut für Baukonstruktion und Holzbau (2025): Entwicklung von Hybridbauteilen aus Stahl und Holz zur Erhöhung der Tragfähigkeit und der Feuerwiderstandsdauer von Stahltragwerken – Abschlussbericht IGF-Nr. 01IF22428.
- [2] Scheller, J.-G.; Zehfuß, J. (2025): Large-scale thermomechanical fire tests on hybrid components made of steel and timber. In: IFireSS 2025. 5th International Fire Safety Symposium. Belfast, UK, June 25-27. S. 810 - 819.
- [3] Zehfuß, J.; Scheller, J.-G. (2025): Fire resistance of novel hybrid components. In: SFPE 25. European Conference on Fire Safety Engineering. Edinburgh, UK, April 9-10, 2025. <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202507100803-0>.
- [4] Scheller, J.-G.; Lyzwa J.; Zehfuß, J. (2026): Simulation des thermischen Verbundverhaltens von Stahl-Holz-Hybridträgern. In: 8. Magdeburger Brand- und Explosionsschutztag, Tagungsband, S. 44-54. Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, 16.-17. März.

Kontakt: J.-G. Scheller (Mail: [j.scheller@ibmb.tu-bs.de](mailto:j.scheller@ibmb.tu-bs.de))