

Hochfestes Brettschichtholz aus Laubholz und mit hybridem Trägeraufbau:

BSH GL 60 Träger

Thomas Strahm

Leiter Engineering
neue Holzbau AG, Lungern

thomas.strahm@neueholzbau.ch

In Zusammenarbeit mit Professor Ernst Gehri arbeitet die neue Holzbau AG in Lungern seit über zehn Jahren an Weiterentwicklungen von Verbindungen und neuen Produkten im Ingenieurholzbau. Eine optimierte Anschlussstechnologie ermöglicht immer grössere und anspruchsvollere Holzkonstruktionen. Dies erfordert den Einsatz hochwertiger Baustoffe.

Brettschichtholz aus Laubholz

Durch Einsatz von Brettern aus Laubholz (Festigkeitsklasse T40, Esche und Buche) werden Träger der Klasse GL 48 möglich. Entscheidend für den Wechsel von Nadelholz auf Laubholz sind – neben der höheren Biegefestigkeit – die wesentlich höhere Schubfestigkeit und Schubsteifigkeit von rund 60%. Bei der Bemessung hochfester Biegeträger treten eher Schubprobleme auf (höhere Biegefestigkeit und somit kleinere Trägerquerschnitte, aber auch kleinere Schubquerschnitte).

Verstärkungen mit Stahl

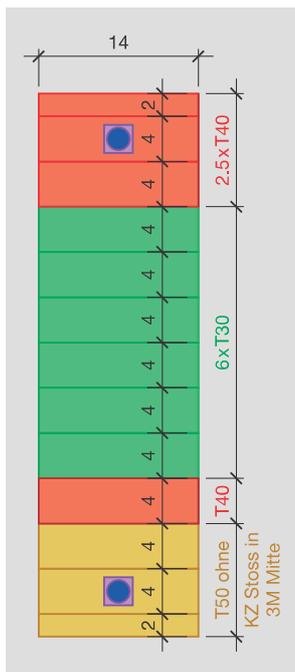
Verstärkungen mit Stahl werden seit über 60 Jahren eingesetzt. Sie sind gut kombinierbar, da Holz und Stahl kompatible elastische Spannungs-Dehnungsbereiche aufweisen. Zielsetzung sind meist eine höhere Biegeleistung sowie Steifigkeit bei geringer Bauhöhe. In der Vergangenheit bestand das Grundmaterial aus BSH Nadelholz. Sinnvoll ist die Verstärkung (bedingt durch die Schubproblematik) erst in Kombination mit BSH aus Laubholz.

Trägerversuche GL 60

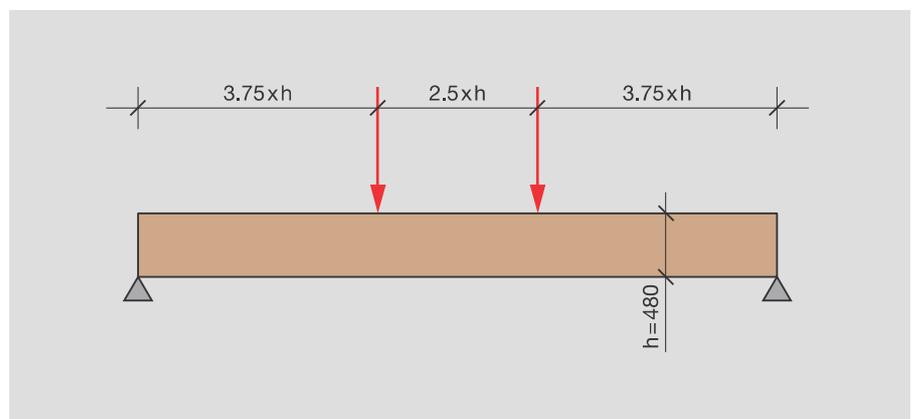
Die Versuche wurden mit dem Ziel ausgelegt, mit Hilfe von Verbundlamellen aus Esche/Stahl Biegeleistungen im Bereich eines GL 60 zu ermöglichen (gerechnet am homogenen Querschnitt). Dafür standen drei gleichartige Träger aus Eschenholz mit Querschnitt 140/480 mm zur Verfügung. Je 40 mm vom Rand entfernt wurde ein Bewehrungsstahl $\varnothing 20$ mm angebracht.

Die Prüfanordnung wurde den Anlagen der Firma n'H angepasst. So war mit der Biegeleistung des bestehenden Prüfbalkens ein Querschnitt mit einer 480 mm möglich. Ebenso stand nur eine Spannweite von max. 4.80 m zur Verfügung, was zu einer besonderen Prüfkongfiguration führte: Die Länge der Seitenabschnitte wurde mit $a = 3,75 h$ so gewählt, dass die Schubfestigkeit (für Eschenträger) nicht massgebend sein sollte. Der mittlere Bereich wies somit noch eine Länge von 1,20 m auf bzw. von der 2,5-fachen Trägerhöhe (statt dem anzustrebenden Normwert 6 h) auf.

Bei einem Vergleich auf die Referenzgrössen von einer Höhe mit 600 mm sind die geringeren Abmessungen der Prüfkörper zu beachten.



Querschnitt Prüfkörper.



Prüfkongfiguration.



Prüfergebnisse – Erwartungswerte

Der mittlere Erwartungswert der Biegung für einen GL 60 liegt bei rund 75 N/mm² (= 1,25 x 60 N/mm², bezogen auf den homogenen Holzquerschnitt). Daraus resultiert die erforderliche Kraft $F = 450$ kN. Bei dieser Belastung ergibt sich zudem eine Schubspannung von rund 5,0 N/mm².

Bei allen drei Trägern wurde der Erwartungswert für GL 60 ($\sigma_{m, \text{test}} = 75$ N/mm²) z.T. wesentlich überschritten. Die Biegebrüche hatten unterschiedliche Ursachen. Folgende Bruchwerte wurden im Versuch erreicht:

HE-1: $f_{m,u} = 88$ N/mm²

Anriss bei einem Randast (Sortierung erfolgte an breiterer Lamelle; Ast war vorher «eingebettet») bei $\sigma_m \approx 61$ N/mm². Mit steigender Belastung wanderte der Anriss weiter; bei $\sigma_m \approx 88$ N/mm² erfolgte der schlagartige Durchbruch der äussersten Lamelle. Dank der Bewehrung blieb jedoch der «Restquerschnitt» intakt; die Restlast (am Vollquerschnitt) entsprach noch einer Biegespannung von $\sigma_m \approx 80$ N/mm².

HE-2: $f_{m,u} = 90$ N/mm²

Auslöser war ein Keilzinkenstoss in der untersten Lamelle; bei einer Belastung von $\sigma_m \approx 56$ N/mm² erfolgte ein Teilbruch des Stosses. Nach einer Steigerung auf $\sigma_m \approx 62$ N/mm² kam es zum vollständigen Bruch des Keilzinkenstosses. Der «Restquerschnitt» wurde dann auf $\sigma_m \approx 90$ N/mm² weiterbelastet; hier trat nach rund 5 Minuten ein Biegebruch ein, mit Ablösung der Bewehrung.

HE-3: $f_{m,u} = 77$ N/mm²

Ein schlagartiger Bruch trat bei $\sigma_m \approx 77$ N/mm² ein. Auslöser war die starke lokale Schrägfaserigkeit der äussersten Lamelle. Der Bruch setzte sich durch die nächste Lamelle fort und dann die Bewehrung entlang (Ablösung). Die Bewehrung blieb an den Trägerenden weiterhin verankert; kein Schlupf vorhanden. Bei diesem Versuch wurde die Restlast nicht mehr bestimmt.

	GL 24	GL 36	GL 48	GL 60
$f_{m,k}$	24 N/mm ²	36 N/mm ²	48 N/mm ²	60 N/mm ²
$f_{m, \text{Test}}$	30 N/mm ²	45 N/mm ²	60 N/mm ²	75 N/mm ²
F (kN)	180	270	360	450
F (bar)	193	289	385	483
$f_{v, \text{Test}}$			4.0 N/mm ²	5.0 N/mm ²

Erwartungswert im Vergleich mit anderen Festigkeitsklassen.

Erkenntnisse

Das Ziel, Biegeleistungen im Bereich eines GL 60 zu ermöglichen, wurde bei allen drei Prüfkörpern erreicht. Bei sämtlichen Prüfkörpern waren noch Mängel bei der Herstellung (Keilzinkung) erkennbar. Die Armierung kann die Keilzinkung nur beschränkt retten; denn der Stahlstab wirkt erst bei einer gewissen Dehnung – bei schlechten Keilzinkungen somit erst nach dem Bruch (Sprödheit). Das Bruchverhalten ist durch den Einsatz von

Stahl sehr viel gutmütiger. Die Bewehrung bleibt am Trägerende weitgehend verankert, die jeweilige «Restlast» trotz Bruch weitgehend erhalten. Bei höheren Trägern genügt ein einzelner Armierungsstab nicht mehr. Bei mehreren Armierungen übereinander müsste die Armierung bereits vorgängig in die Lamelle eingebaut werden.



Prüfung eines Probekörpers GL 60.