

Flächentragwerk aus Laubholz

Matthias Theiler

Andrea Frangi

Institut für Baustatik
und Konstruktion (IBK)
Stahl-, Holz und Verbundbau,
ETH Zürich

www.ibk.ethz.ch

Dank naturnahem Waldbau wächst in der Schweiz mehr Laubholz nach. Die Frage stellt sich, ob es deshalb nicht sinnvoll wäre, vermehrt mit Laubholz zu bauen. Notwendig dafür ist das Entwickeln innovativer Ideen und neuartiger Anwendungen aus Laubholz [1]. Der Neubau der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) auf dem ETH Campus Science City am Standort Hönggerberg stellt eine gute Gelegenheit dar, Innovationen im Laubholzbau zu entwickeln und umzusetzen. Neben der Versuchshalle ist auch ein Büroanbau geplant. Es ist vorgesehen, beim Bau des Annexgebäudes tragende Decken aus Laubholz einzusetzen. Dieses innovative Tragsystem wurde am Institut für Baustatik und Konstruktion IBK an der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro für Holzbau Josef Kolb AG in Uttwil entwickelt und im Rahmen einer Masterarbeit [2] anhand von umfangreichen Versuchen im Massstab 1:1 getestet.

Die Perspektivzeichnung zeigt die geplante Holzdecke in der Übersicht. Die Laubholzelemente sind grün dargestellt. Die Decke besteht aus einer 5-lagigen Brettspertholzplatte, die über Pfosten und die schubsteifen Auflagerbereiche mit Buchenlamellen verbunden ist. Die Fugen sind verklebt. Die Spannweite der Decke beträgt in beide Richtungen 6.50 m. Die Decke liegt auf einem vorgespannten Rahmen aus Brettschichtholzträgern (einfaches Auflager).

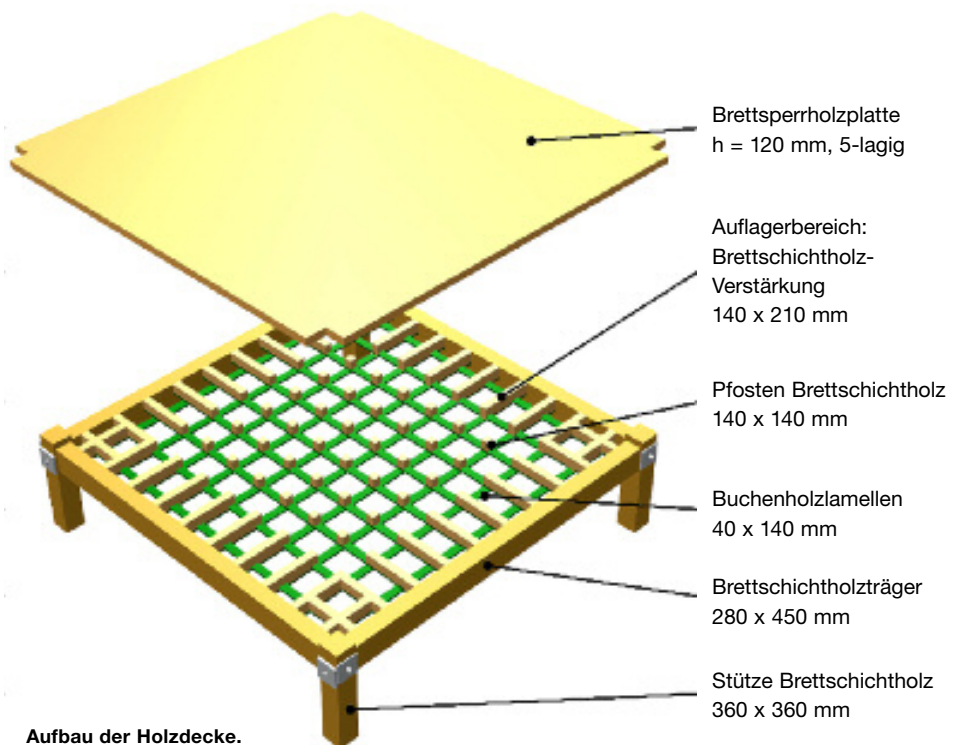
Vorversuche

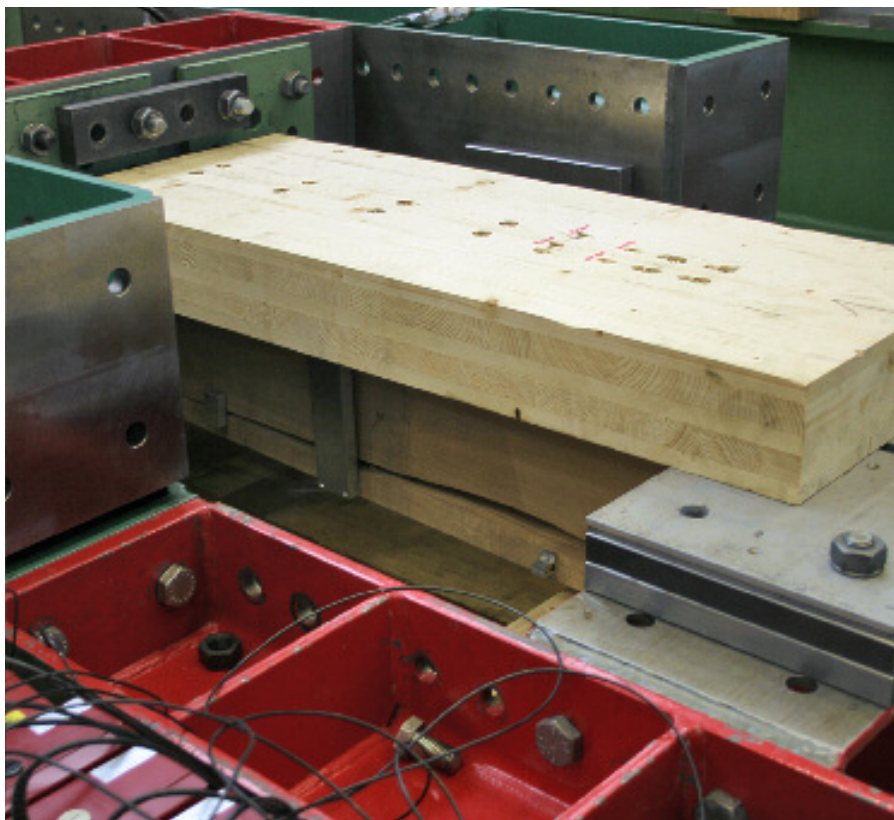
Im Vorfeld zum Grossdeckenversuch fanden Untersuchungen an kritischen Stellen des Systems statt. So wurden bei den Buchenholzlamellen verschiedene Ver-

bindungen getestet und die Auflagerbereiche überprüft. Aufgrund dieser ersten Vorversuche liess sich das System optimieren.

Modellierung

Anhand eines Finite-Elemente-Modells wurde das Verhalten der Holzdecke analysiert. Ein besonderes Augenmerk galt der Lastabtragung in die beiden Hauptrichtungen. Dieser ist abhängig von den einzelnen Elementen sowie deren Zusammenwirken. Es zeigte sich, dass die Holzdecke die Last nahezu gleichmässig in beide Hauptrichtungen abträgt. Die Resultate aus den Vorversuchen dienten dazu, die Modellierung zu kalibrieren. Damit liess sich das Tragverhalten der Holzdecke zutreffend vorher-sagen.





Vorversuche an Lamellenstössen (links) und an einem Auflagerbereich (rechts).

Grossversuche

Das Tragverhalten wurde an einem kompletten Deckenelement (6.5 x 6.5 m) analysiert. Um den Einfluss der Buchenholzlamellen auf das Gesamtsystem zu beobachten, wurden bereits vor der Montage der Lamellen an der Brettsper Holzdecke alleine Versuche durchgeführt. Diese zeigten, dass die Lamellen die Steifigkeit um den Faktor 3.8 erhöhten. Dynamische Untersuchungen ergaben eine Eigenfrequenz der Decke von 11.1 Hz, was für eine derart leichte Konstruktion einen sehr hohen Wert ist.

Bei den Hauptversuchen belasteten vier Hydraulikzylinder die Decke. Weggeber nahmen die Durchbiegungen der Decke und des Rahmens auf. Zudem wurden die Verformungen der Lamellen aufgezeichnet. Damit liess sich die Tragwirkung der Holzdecke analysieren. Es zeigte sich, dass die angestrebte zweidimensionale Lastabtragung gut funktioniert. Die Hauptrichtung mit den unten liegenden Buchenholzlamellen trägt etwa 60% der Lasten ab, die Nebenrichtung übernimmt 40% der Lasten. Weiter konnte auch gezeigt werden, wie das statische System der Decke funktioniert. Bei einer gleichmässigen Belastung mit den vier Hydraulikzylindern trägt die Decke die Lasten wie ein unterspannter Träger. Bei einseitiger Belastung ist jedoch auch eine beträchtliche Vierendeel-Wirkung festzustellen¹. Abschliessend wurden Lang-

zeitversuche durchgeführt. Das Kriechverhalten der Decke entsprach den Erwartungen. Jedoch reagierte die Decke sensibel auf Feuchteveränderungen; dies ist auf das ausgeprägte Schwinden und Quellen von Buchenholz zurückzuführen.

¹ Nach Arthur Vierendeel (1852–1940). Ingenieur Vierendeel entwickelte 1896 einen Träger ohne Diagonalen und liess diesen patentieren.



Versuchsaufbau der Holzdecke. Ansicht auf die Buchenholzlamellen der Holzdecke. Bilder: ETH IBK, Zürich

Zusammenfassung und Ausblick

Die durchgeführten Untersuchungen haben das günstige Tragverhalten des Flächentragwerkes aus Laubholz nachgewiesen. Es hat sich aber auch gezeigt, dass noch Optimierungen möglich sind. So könnte versucht werden die Vierendeel-Wirkung weiter zu verbessern. Der Laubholzanteil liesse sich steigern, indem auch die Verbindungen zwischen Brettsperrholzplatte und Buchenlamellen aus Laubholz erstellt werden.

Die Versuche an der Decke werden weitergeführt. So sind etwa die Tragfähigkeit und das Bruchverhalten des Deckenelementes noch von Interesse. Die zweidimensionale Lastabtragung ist für den Holzbau neuartig und kann im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten so weit weiterentwickelt und optimiert werden, dass das Flächentragwerk aus Laubholz

beim geplanten Annexbau der ETH erstmals zur Anwendung kommt. Dies würde es erlauben, das Tragverhalten der Holzdecke im Gebrauch bei einem realen Gebäude über mehrere Jahre zu beobachten.

Dank

Den verschiedenen beteiligten Unternehmen sei für die Unterstützung des Forschungsprojektes gedankt. Es sind dies insbesondere die Firmen Roth Holzleimbau + Stahlbau AG, Burgdorf, und Häring AG, Pratteln, die den Bau von Rahmen und Deckenelement übernommen haben. Die Firma Schilliger Holz AG, Küssnacht am Rigi, hat die Brettsperrholzplatten geliefert und die Buchenholzlamellen stammen von der Firma Hess & Co. Sperrholzfabrik, Döttingen. Die Firma Stahlton AG hat die Rahmen aus Brett-schichtholz vorgespannt.

Literatur

[1] Krackler V., Keunecke D., Niemz P., Verarbeitung und Verwendungsmöglichkeiten von Laubholz und Laubholzresten, ETH Zürich, Institut für Baustoffe IfB, IfB Projektstudie, 2010.

[2] Wanninger F., Arnet L., Kassettendecken aus Laubholz, Masterarbeit, ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion IBK, 2011.