

# Flächentragwerk aus Laubholz

*Matthias Theiler, Andrea Frangi*

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

## Einleitung

Dank naturnahem Waldbau wächst in der Schweiz mehr Laubholz. Man muss sich daher die Frage stellen, ob es nicht sinnvoll wäre vermehrt mit Laubholz zu bauen. Dazu ist es jedoch notwendig, dass innovative Ideen und neuartige Anwendungen aus Laubholz entwickelt werden [1]. Der Neubau der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) auf dem ETH Campus Science City am Standort Höggerberg stellt eine gute Gelegenheit zur Entwicklung und Umsetzung von Innovationen im Laubholzbau dar. Neben der Versuchshalle soll auch ein Büroanbau erstellt werden. Es ist vorgesehen beim Bau des Annexgebäudes tragende Decken aus Laubholz einzusetzen (vgl. Abbildung 1). Dieses innovative Tragsystem wurde am Institut für Baustatik und Konstruktion IBK an der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit dem Holzbau Ingenieurbüro Josef Kolb AG, Uttwil entwickelt und im Rahmen einer Masterarbeit [2] anhand von umfangreichen Versuchen im Massstab 1:1 getestet.

## Flächentragwerk aus Laubholz

Eine Übersicht der Holzdecke ist in Abbildung 2 gegeben, wobei die Laubholzelemente grün dargestellt sind. Die Decke besteht aus einer 5-lagigen Brettsperrholzplatte, welche 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 kommt auf einen vorgespannten Rahmen aus Brettschichtholzträgern zu liegen (einfaches Auflager).



Abbildung 1: Versuchsaufbau der Holzdecke

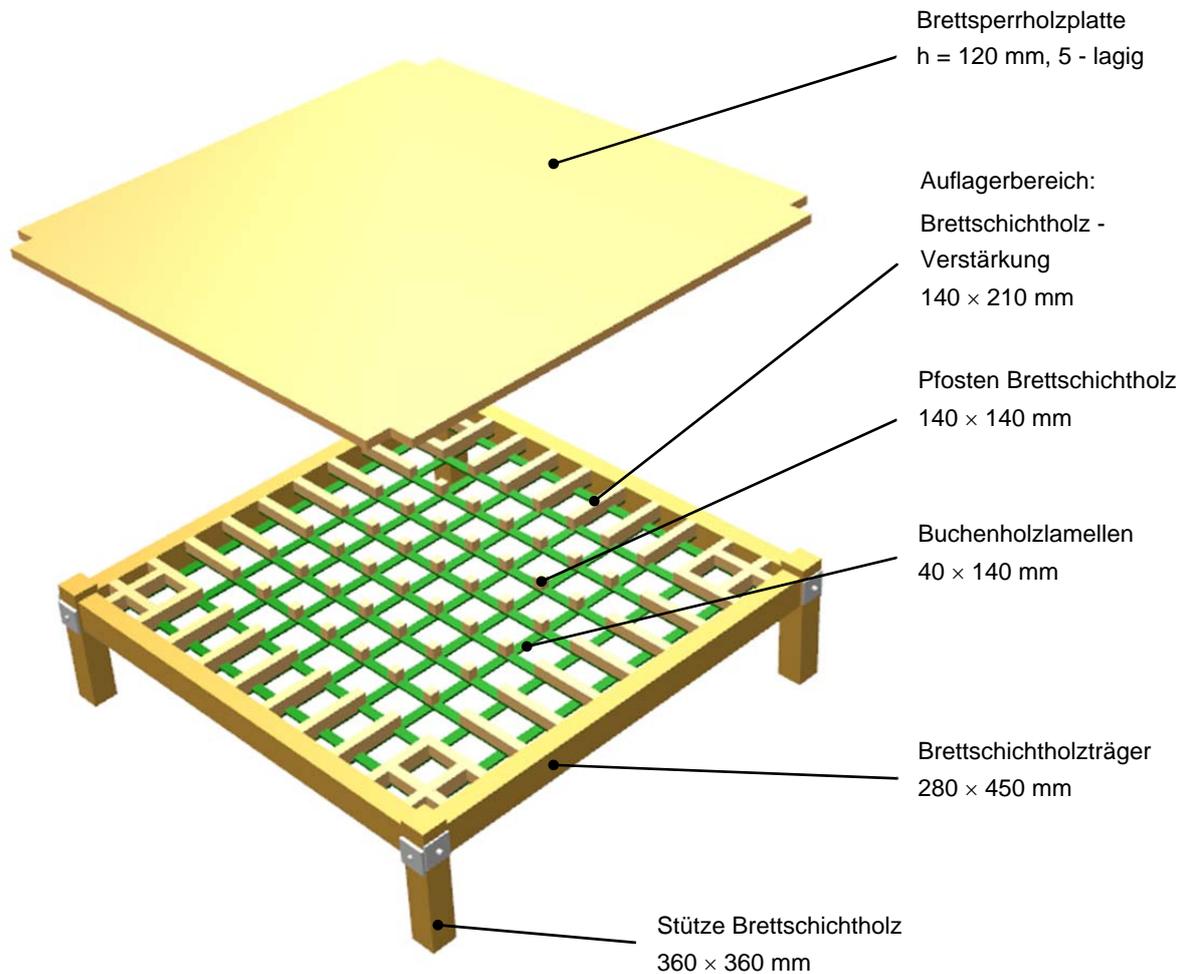


Abbildung 2: Aufbau der Holzdecke

### Vorversuche

Im Vorfeld zum Grossdeckenversuch wurden Untersuchungen an kritischen Stellen des Systems durchgeführt. So wurden bei den Buchenholz-Lamellen verschiedene Verbindungen getestet und die Auflagerbereiche wurden überprüft. Aufgrund dieser ersten Vorversuche konnte das System optimiert werden.

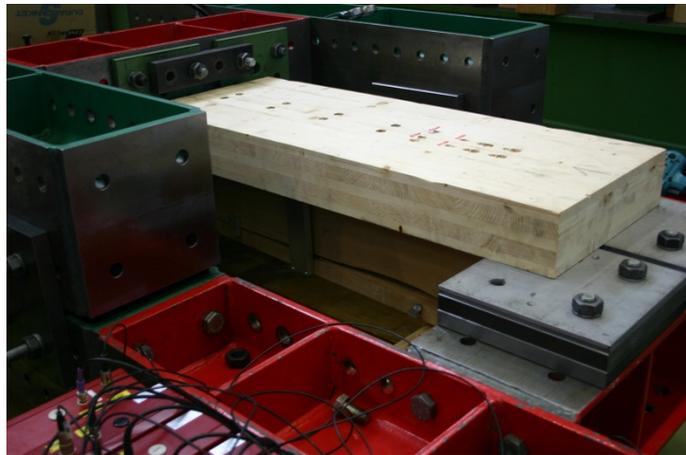


Abbildung 3: Vorversuche an Lamellenstössen (links) und an einem Auflagerbereich (rechts)

### Modellierung

Anhand eines Finite- Elemente- Modells wurde das Verhalten der Holzdecke analysiert. Ein besonderes Augenmerk galt dem Lastabtrag in die beiden Hauptrichtungen. Dieser ist abhängig von den einzelnen Elementen sowie deren Zusammenwirken. Es konnte gezeigt werden, dass die Holzdecke die Last nahezu gleichmässig in beide Hauptrichtungen abträgt. Die Resultate aus den Vorversuchen konnten verwendet werden, um die Modellierung zu kalibrieren. Dadurch konnte das Tragverhalten der Holzdecke zutreffend vorhergesagt werden.

### Grossversuche

Für die Analyse des Tragverhaltens wurden Versuche an einem kompletten Decken-Element (6.5x6.5m) durchgeführt. Um den Einfluss der Buchenholzlammellen auf das Gesamtsystem zu beobachten, wurden bereits vor der Montage der Lamellen (an der Brettsper Holzdecke alleine) Versuche durchgeführt. So konnte gezeigt werden, dass die Buchenholzlammellen eine Erhöhung der Steifigkeit um den Faktor 3.8 bewirken. Mit dynamischen Untersuchungen konnte die Eigenfrequenz der Decke zu 11.1 Hz bestimmt werden, was für eine derart leichte Konstruktion ein sehr hoher Wert darstellt.

Bei den Hauptversuchen wurden die Decke mittels vier Hydraulik-Zylinder belastet. Die Durchbiegungen der Decke und des Rahmens wurden mit Weggebern gemessen. Zudem wurden die Verformungen der Lamellen aufgezeichnet. Damit konnte die Tragwirkung der Holzdecke analysiert werden. Es zeigte sich, dass die angestrebte zweidimensionale Lastabtragung gut funktioniert. Die Hauptrichtung mit den untenliegenden Buchenholzlammellen (siehe auch Abbildung 4) 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 Hydraulik-Zylindern trägt die Decke die Lasten wie ein unterspannter Träger. Bei einseitiger Belastung ist jedoch auch eine beträchtliche Vierendeel-Wirkung festzustellen. Abschliessend wurden Langzeitversuche durchgeführt. Das Kriechverhalten der Decke entsprach den Erwartungen. Es zeigte sich jedoch, dass die Decke sensibel auf Feuchteänderungen reagiert. Dies ist auf das ausgeprägte Schwinden und Quellen des Buchenholzes zurückzuführen.



Abbildung 4: Ansicht auf die Buchenholzlamellen der Holzdecke

### Zusammenfassung und Ausblick

Die durchgeführten Untersuchungen haben das günstige Tragverhalten des Flächentragwerkes aus Laubholz gezeigt. Es hat sich aber auch gezeigt, dass noch Optimierungen vorgenommen werden können. So kann versucht werden die Vierendeel-Wirkung weiter zu verbessern. Der Laubholz-Anteil könnte gesteigert werden, indem auch die Verbindungen zwischen Brettsperrholzplatte und Buchenlamellen aus Laubholz erstellt werden.

Die Versuche an der Decke werden weitergeführt. So sind die Tragfähigkeit und das Bruchverhalten des Deckenelementes noch von Interesse. Die zweidimensionale Lastabtragung ist für den Holzbau neuartig und kann im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten soweit weiterentwickelt und optimiert werden, dass das Flächentragwerk aus Laubholz erstmals beim geplanten Annexbau der ETH zur Anwendung kommen kann. Zudem wird diese Anwendung erlauben, das Tragverhalten der Holzdecke im Gebrauch bei einem realen Gebäude über mehrere Jahre zu untersuchen.

### 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.

### Danksagung

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 Buchen-Lamellen stammen von der Firma Hess & Co. Sperrholzfabrik, Döttingen. Die Firma Stahlton AG hat die Rahmen aus Brettchichtholz vorgespannt.