



Swiss • Wood • Innovation • Network

Pressemitteilung

Zürich, 5. März 2019

S-WIN Tagung an der ETH Zürich, 7. Februar 2019

Technik erweitert Chancen des modernen Holzbaus

Der moderne Holzbau erweitert seine Möglichkeiten

An der Fachtagung von S-WIN (Swiss Wood Innovation Network) vom 7. Februar konnte *Andrea Frangi* (ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion IBK, Professur für Holzbau) 120 Teilnehmende zur Vorstellung und Diskussion umsetzbarer Erkenntnisse und Resultate aus diversen Forschungsaktivitäten begrüßen. Themen waren faserverstärktes Brettschichtholz und Brettschichtholz aus Buche, leistungsfähige Verbindungen, vorgespannte Holzrahmenkonstruktionen für mehrgeschossigen Bauten, Holzständer-Wandkonstruktionen und ihr Verhalten bei Erdbeben sowie Brettspertholz und das neue Bemessungsmodell für Decken in Bezug auf die Revision des Eurocodes 5.

Im konstruktiven Holzbau erweitern innovative vorgespannte Bauteile sowie Bauteile aus Buchenholz mit Faserverstärkung die Möglichkeiten der Konstruktion und Gestaltung. Wesentlich sind auch das Tragverhalten und die Bemessung von Holzbauteilen in Bezug auf Erdbeben und Brandverhalten. Numerische und experimentelle Untersuchungen führen zu einem vertieften Verständnis des Tragverhaltens und der Bemessung von Holzbauteilen. Sie leisten so einen wichtigen Beitrag bezüglich einer erhöhten Wirtschaftlichkeit der Tragwerke im Ingenieurholzbau.

Neuartige Materialien und Materialkombinationen

Komposite aus Brettschichtholz mit Faserverstärkung und Brettschichtholz aus Buche sind verhältnismässig neue Baustoffe, die dem Holzbau zu erhöhter Leistung verhelfen. Über **faserverstärktes Brettschichtholz** das sowohl widerstandsfähig ist als sich auch duktil verhält berichtete *Lukas Blank* (Schnetzer Puskas Ingenieure, Zürich). Es handelt sich um ein KTI-Forschungsprojekt der ETH Zürich gemeinsam mit der Firma Roth Burgdorf, um ein faserverstärktes Brettschichtholzprodukt zu entwickeln. Einfach ausgedrückt werden BSH-Träger aus Fichte in der Biegezugzone mit Einlagen aus hochfesten Glas- oder Karbonfasern bewehrt. Dies erhöht die Tragwiderstände und zudem lässt sich so ein duktileres Tragverhalten erzielen.

In eine gefräste Vertiefung werden vorkonfektionierte Faserbänder ein- oder mehrlagig durch Nasslaminierung eingeklebt. Dabei kommt ein 1-K Polyurethan Klebstoff wie er für die BSH-Produktion verwendet wird zum Einsatz. Mehrere Brettlamellen können so bewehrt werden um die Zugzone weitgehend homogen zu verstärken.

Im Zuge dieser Forschungsarbeiten wurde ein Modell zur Bestimmung des Biege widerstands und des Verformungsvermögens von faserverstärktem Brettschichtholz erarbeitet. Das Modell berücksichtigt das Zusammenwirken von Holz und Bewehrung in Bereichen von Schwachstellen (z.B. Astgruppen) sowie Probleme in der Biegedruckzone. Empirisch oder mechanisch nicht erklärbare Korrekturfaktoren und Beiwerte entfallen. Denn sämtliche Eigenschaften und Charakteristiken des Modells wurden aus grundlegenden mechanischen Zusammenhängen hergeleitet. Es hat sich gezeigt, dass mit durch Fasern verstärkten BSH-Trägern sehr hohe Tragfähigkeiten zu erzielen sind. Dies bedingt eine ausreichende Faserbewehrung im Bereich des Biegezugs. Verbunden mit einer Schubverstärkung der Träger kann auch ein duktileres Tragverhalten erzielt werden.

Wie **Brettschichtholz aus Buche** die Möglichkeiten des modernen Holzbaus erweitert, legte *Thomas Ehrhart* (ETH Zürich, IBK und Empa Dübendorf) dar. Er skizzierte die Bedeutung der Buche als die zweithäufigste Baumart im Schweizer Wald. Ihr Anteil am Gesamtholzvorrat macht 18% aus, der Anteil an Fichtenholz beläuft sich auf 44%. Vermutlich wird sich der Anteil an Buchenholz im Zuge der Klimaveränderung noch erhöhen. Leider erbringt dieses Holz derzeit eine zu geringe Wertschöpfung. Dabei könnte die Buche mit ihren ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften im Bausektor förmlich eine tragende Rolle spielen. Das bedeutendste Potenzial für den Einsatz von BSH aus Buche wird für hochbelastete Stützen und Träger im Wohn-, Büro- und Industriebau geortet.

BSH aus Buche wird grundsätzlich gleich hergestellt wie aus Nadelholz: Bretter aus eingesägten Stämmen werden getrocknet, festigkeitssortiert, keilgezinkt, gehobelt, flächenverklebt und letztlich abgebunden. Buche bedingt indes eine geringere Lamellenstärke (z.B. 25 mm) und eine Holzfeuchte die bereits bei der Produktion annähernd der späteren Ausgleichsfeuchte entspricht ($8 \pm 2\%$). Die Empa führte experimentelle Untersuchungen an Buchen BSH durch: 4-Punkt Biegeversuche, 3-Punkt Schubversuche, axiale Druck- und Knickversuche. Was der breiten Verwendung und einfachen Bemessung dieses Baustoffs noch im Wege steht, ist das Fehlen von Normen bezüglich Herstellung, Qualitätssicherung und mechanischer Eigenschaften.

Im Rahmen einer Forschungsarbeit wurde ein Beispielgebäude berechnet und verglichen. Als Varianten wurden Konstruktionen aus Nadelholz und Buche berechnet. Angenommen wurde ein Stützenraster von 7.00 x 4.00 m mit einer Stützhöhe von 3.00 m – das Primärtragsystem als Zweifeldträger und BSP-Platten als Deckenelemente. Dabei zeigte sich: BSH aus Buche würde gegenüber Nadelholz einen um 30% geringeren Trägerquerschnitt benötigen. Mit Stützen von 220 x 220 mm könnte mit Nadelholz ein dreigeschossiges Gebäude, mit Buche hingegen ein sechsgeschossiger Bau realisiert werden.

Leistungsfähige Verbindungen sind zentral

Die Vorteile von BSH aus Buche kommen dann zum tragen, wenn entsprechende leistungsfähige Verbindungen eingesetzt sind. *Steffen Franke* und *Bettina Franke* (BFH AHB Biel-Bienne) zeigten Resultate einer entsprechenden Forschungsarbeit auf (Grundlagen zur Bemessung von Anschlüssen für die Marktimplementierung in der Schweiz). Um hoch leistungsfähige und duktile Anschlüsse für Konstruktionen aus Laubholz zu orten wurden einige typische Konstruktionsarten untersucht: Einfeld-/Durchlaufträger, Rahmentragwerke, Fachwerk- und Pfosten-/Riegelkonstruktionen. In der Praxis erforderliche Verbindungen sind: Zug-/Druckanschluss (parallel zur Faser und unter Winkeln zur Faser);

biegesteifer Anschluss/Momentenanschluss; Querkraftanschluss (verwiegend als Haupt-Nebenträgeranschluss), Querkraftanschluss und Querkraftanschluss inkl. Verstärkung. Eine zweite Evaluierung mit Experten, Planern und Forschenden führte zu einer Priorisierung der Verbindungsmittel und Verbindungen für Buchenholzkonstruktionen. Es sind dies:

- Eingeklebte Gewindestangen
- Lange Schrauben (selbstbohrend bzw. vorgebohrt)
- Kurze Schrauben (ohne vorbohren, selbstbohrend)
- Stabdübel/Passbolzen

Vorgelegt wurden erste Ergebnisse für Anschlüsse mit Stabdübeln/Passbolzen und eingeklebten Gewindestangen. Es zeigte sich, dass Stabdübel und Passbolzenanschlüsse in Buchenholz ausgeführt werden können. Für die Praxis und vor allem um Vorschädigungen zu vermeiden sind in Planung und Ausführung eine Differenz von 0,1 mm einzuhalten. Für die Ausführung von Anschlüssen mit eingeklebten Stäben/Gewindestangen ist eine Qualitätskontrolle zwingend (SIA 265: 2012 - 8.3.1). Noch zu regeln sind die Vorbereitungen und Ausführungen der Bohrlöcher, die Eignung des Klebstoffs und sein Verkleben/Injizieren für Stäbe und Gewindestangen in Buchenholz. Die Bewertung der Tragfähigkeit derartiger Anschlüsse soll als ganzheitliches System betrachtet werden.

Die endgültige Darlegung der vorhandenen Bemessungsmodelle bedingt aber weitere Prüfungen und die ganzheitliche Analyse der Ergebnisse.

Bemessung von Holzrahmenkonstruktionen, bei Erdbeben und für Brettsperrholz

Über vorgespannte Holzrahmenkonstruktionen und damit verbunden über **Bemessungsgrundlagen für mehrgeschossigen Bauten** referierte *Jelena Ogrizovic* (ETH Zürich, IBK). Es wurde ein Konstruktionssystem mit vorgespannten Holzrahmen für den Einsatz in mittelgrossen Gebäuden entwickelt. Die optimale Leistung dieses Systems wurde durch eine halbstarre Verbindung mit eingeklebten Stahlstangen an den Stützenböden erreicht. Das numerische Modell des Rahmens wurde anhand der Ergebnisse von Experimenten an einem zweigeschossigen Zweifachrahmen entwickelt, detailliert erklärt und validiert. Dies einschliesslich der hybriden Simulation einer Bodenbewegung. Daraus resultierten Empfehlungen für ein leistungsorientiertes Design. Beigezogen wurde ein praktisches Beispiel.

Die Ergebnisse der numerischen Untersuchungen und der statischen Berechnungsverfahren zeigen, dass der Entwurf häufig durch die innerhalb des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit definierten Einschränkungen bestimmt wird. Der Einsatz der vorgespannten Holzrahmen mit gelenkigem Stützenfuss wird durch die grossen seitlichen Verschiebungen durch Windkräfte eingeschränkt. Dieses Problem lässt sich durch die Implementierung von halbsteifen Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben an den Stützpunkten vermeiden. Die Analysen zeigten, dass Strukturkomponenten die dauerhafte Schäden erleiden können, in Regionen mit geringer bis mittlerer Seismizität, kaum negative Auswirkungen auf die Strukturleistung erleben.

Die leistungsorientierte **Bemessung von Holzständerwandkonstruktionen für den Erdbebenfall** erläuterte *Ljupko Peric* (MWV Ingenieure, Baden). Mit der neuen Brandschutznorm 2015 wurde die

Beschränkung der zulässigen Höhe von Holzbauten aufgehoben. Entsprechende Forschungsaktivitäten in zahlreichen Bereichen des allgemeinen Holzbaus betrafen auch die Frage nach der Anwendbarkeit klassischer Holzrahmenwände bei Holzbauten in europäischen Gebieten niedriger und moderater Seismizität. Die Tragfähigkeit der Holzrahmenwände hängt von der Tragfähigkeit der einzelnen Verbindungsmittel ab. Jede Erdbebenbemessung sollte auf den mittleren Tragwiderständen und deren Verformungsvermögen der untersuchten Tragstrukturen beruhen – ein einfacher Grundsatz, der Ergebnisse von Erdbebenanalysen unabhängig von der verwendeten Bemessungsmethode ähnlich ausfallen lässt. Die Verhaltensgrenzen sind durch die Größenordnung der Schlüsselparameter Periode, Duktilitätsbedarf, Verankerungskräfte, Beschädigungsgrad und relative Stockwerksverschiebung definiert.

Für Bauprodukte wie Brettsperrholz (BSP oder CLT) ist eine effiziente ingenieurmässige Bemessung elementar. Dies führte *Michael Kippel* (ETH Zürich, IBK) in seinen Ausführungen zum **Brettsperrholz im Brandfall** in Zusammenhang mit dem neuen Eurocode 5 aus. Dabei ging es insbesondere um Deckenkonstruktionen und deren Verhalten im Brandfall. Vor allem interessiert der durch eine Brandeinwirkung reduzierte Querschnitt und die so eintretende verringerte Festigkeit und Steifigkeit. Bei der Markteinführung von Cross Laminated Timber CLT wurde davon ausgegangen, dass sein Abbrandverhalten jenem von Massivholz ähnelt. Brandversuche zeigten allerdings ein abweichendes Verhalten von CLT im Brandfall, denn ein Ablösen verkohlter Schichtteile und eine damit verbundene erhöhte Abbrandrate der weiteren Schichten sowie nachlassende Schutzwirkung wegen temporär fehlender Kohleschicht können zu einer geschwächten Tragfähigkeit führen.

Die zum vierten Mal durchgeführte Fachtagung, die jährlich abwechselnd an der ETH Zürich und an der BFH AHB Biel-Bienne stattfindet, war erneut erfolgreich. Ihr Anspruch, zwischen Praxis und Forschung zu vermitteln, wurde erneut erfüllt. Eine sorgfältig gestaltete Tagungsdokumentation (Dokumentation SIA D 0265) von 84 Seiten ergänzt und vertieft die mündlich gemachten Ausführungen. Diese Dokumentation ist erhältlich unter www.lignum.ch/shop (64 CHF für S-WIN Mitglieder, 80 CHF für Nicht-Mitglieder). Die nächste Tagung S-WIN «Von der Forschung zur Praxis» wird 2020 an der AHB Biel-Bienne durchgeführt.

Abbildungen

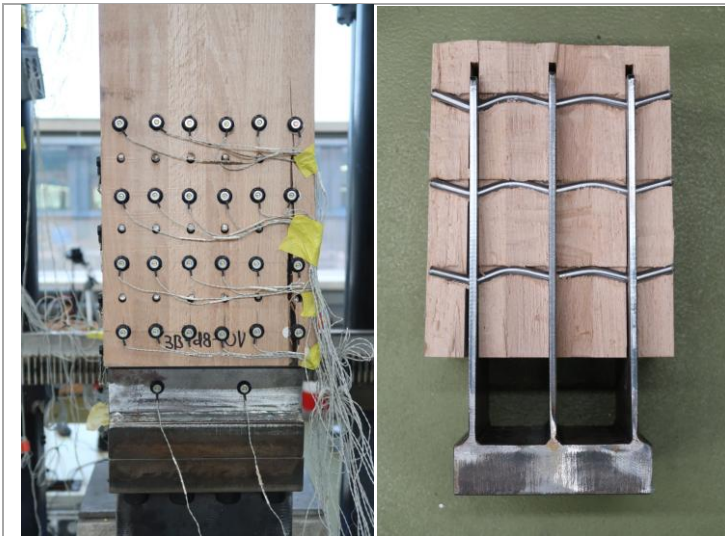


Bild 1a und Bild 1b
Stabdübelverbindung mit 3
Schlitzblechen während der
Prüfung (links) und geöffneter
Prüfkörper mit den verformten
Stabdübeln (rechts).
(Bildnachweis Robert
Jockwer, ETH Zürich)

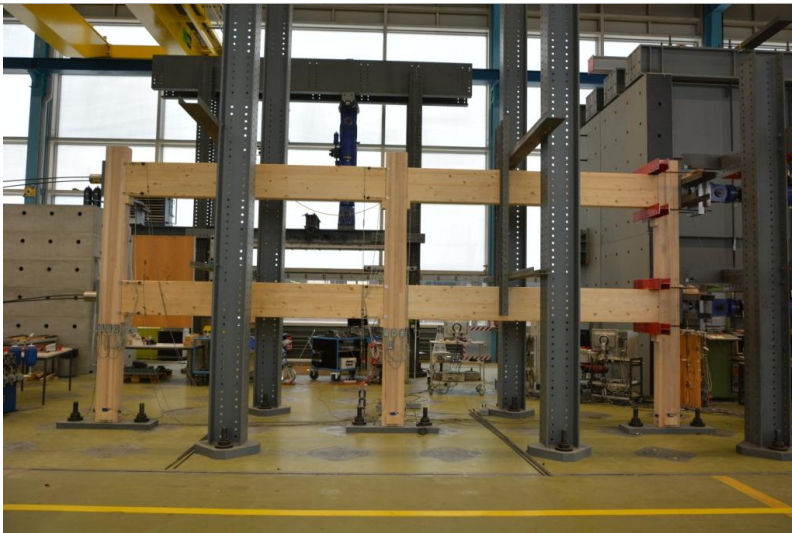


Bild 2
Versuchsaufbau für die
Experimente an der
zweigeschossigen,
vorgespannten
Holzkonstruktion.
(Bildnachweis Jelena
Ogrizovic, ETH Zürich)



Bild 3
Vorbereitungen für die 4-Punkt
Biegeprüfung eines 800 mm
hohen und 15.20 m langen
Trägers der Festigkeitsklasse
GL48c.
(Bildnachweis Robert
Widmann, Empa Dübendorf)