



Klein, aber oho: Der Neubau mit einer Grundfläche von nur 400 Quadratmetern steht am Rand des Campus Höggerberg.

Holzbau

Laubholz unter Hochspannung

Schweizer Laubholz wandert bisher vor allem in die Öfen. Die ETH Zürich will das ändern. Ihr jüngstes Gebäude auf dem Campus Höggerberg zeigt das grosse Potenzial von Esche und Buche. Dazu gehören ein vorgespanntes Laubholztragwerk und eine neuartige Holz-Beton-Verbunddecke. Zudem erprobt man im «House of Natural Resources» auch noch adaptive Solarmodule und neuartige Holzbeschichtungen.

Von Michael Staub

Die langen Entwicklungszyklen der Baubranche sind eine bekannte und oft beklagte Innovationsbremse. Zehn bis fünfzehn Jahre kann es dauern, bevor eine Neuheit marktreif ist. Um diesen Zeitraum zu verkürzen, etabliert sich der Gedanke des «Living Lab»: Neue Verfahren und Bauteile werden direkt im Gebäude erprobt, bei Bedarf verändert oder ersetzt. So sind etwa beim bekannten «Nest»-Projekt der Empa nur das Tragwerk und die Anschlüsse für die Versorgung fix. Die eigentlichen Wohn- und Arbeitsmodule aber werden nach dem Container-Prinzip eingeschoben oder wieder entfernt.

Der Gedanke des Echtzeit-Labors wird beim «House of Natural Resources» noch weiter geführt. Der Neubau auf dem Höggerberg ist eine Pilot- und Demonstrationsanlage für mehrere Projekte an der Spitze der Schweizer Holzbauforschung. Während des gesamten Lebenszyklus wird das «House» vom Sockel bis zum Flachdach akribisch vermessen. So liefert das Gebäude schon während des Betriebs zahlreiche Erkenntnisse.

Buchen verbauen statt verfeuern

Das «House» ist ein viergeschossiger Hybridbau. Die beiden Sockelgeschosse sind als Massivbau

in klassischem Stahlbeton ausgeführt. Darüber erheben sich zwei Vollgeschosse im Holzrahmenbau. Sämtliche Lasten werden über die Träger und Stützen abgetragen. Die Innenwände sind nicht tragend, die Gebäudehülle ist lediglich vorgehängt. Diese robuste Statik wird es den Forschern erlauben, rasch und unkompliziert Änderungen vorzunehmen, wenn zum Beispiel einzelne Holzpanels an der Fassade ausgetauscht werden sollen. Die Grundfläche des neuen Gebäudes beträgt lediglich 20 auf 20 Meter. Die Parzelle liegt unmittelbar neben der Versuchshalle der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie

und Glaziologie (VAW). Im Neubau werden Büroarbeitsplätze für das VAW untergebracht. Eine Passerelle verbindet ihn mit der Versuchshalle, damit die Forscher jederzeit trockenen Fusses zur ihren Experimenten gelangen.

Der Neubau ist ein Pilotheus für das Bauen mit Laubholz. Hier schafft man Forschungsgrundlagen, die den Schweizer Waldbesitzern, Sägern und Holzbauern schon in wenigen Jahren sehr willkommen sein werden. Denn der Schweizer Wald verändert sein Gesicht. Seit Jahren steigt der Anteil des Laubholzes, ein Trend, der vom Klimawandel noch beschleunigt wird. Aus ökologischer Sicht ist die Durchmischung des Waldes positiv: Reine Fichtenbestände sind anfällig gegen Windwurf und Käferbefall, ein gemischter Bestand widersteht diesen Risiken besser. Doch die wachsende Zahl von Schweizer Buchen wird nicht befriedigend genutzt. Holzbauer setzen seit eh und je auf Nadelholz, und die ungeliebte Buche landet vor allem im Export, im Möbelbau oder in der Holzschnitzelfeuerung. «Derzeit werden 70 Prozent des Laubholzes direkt thermisch verwertet. Damit verschenkt man das enorme CO₂-Spei-

cherpotenzial des Holzes», sagt Andrea Frangi, Professor für Holzbau am Institut für Baustatik und Konstruktion an der ETH Zürich. Aus Sicht der Nachhaltigkeit sei die Kaskadennutzung zwingend: Auch Buchen sollen zuerst für den Bau genutzt werden, bevor sie im Ofen landen.

Längere Zyklen

Mit dem neuen Gebäude will die ETH Zürich den Beweis erbringen, dass Laubholz ein tauglicher Baustoff ist. Ein Schritt zu diesem ehrgeizigen Ziel ist die markante Verkürzung der Entwicklungszyklen. «Wir forschen und setzen die Resultate parallel im Gebäude um. Das reduziert die ›time to market‹ entscheidend», erläutert Frangi. Selbst während der Bauzeit fanden Versuche mit dem Neubau statt. So regte man die frisch betonierte neuartige Holz-Beton-Verbunddecke mit einem «Shaker» an, um Aufschluss über das Verhalten des Tragwerks bei Erdbeben zu gewinnen.

Einmaliges Tragwerk

Eine der vielen Besonderheiten des Neubaus ist das Tragwerk. Die zentrisch vorgespannte Holz-

rahmenkonstruktion kommt ohne die üblichen Stahlverbinder zwischen Träger und Stützen aus. Die durchgehenden Stützen messen 38 × 38 Zentimeter und sind aus Eschen-Brettschichtholz aufgebaut. Auf den Konsolen dieser Stützen ruhen Holzträger von 28 × 72 Zentimetern. Die vier untersten Lamellen dieser Träger bestehen ebenfalls aus Esche, der obere Teil aus Fichten-Brettschichtholz. Stütze wie Träger wurden mit zentrischen Löchern versehen und die Stahlkabel auf der Baustelle gespannt. «Diese Verbindung ist einfach, schnell zu montieren und bietet ein hochinteressantes Tragverhalten», kommentiert Frangi. Bei horizontalen Erdbeben- oder Windlasten gibt die Konstruktion geschmeidig nach, sobald die Kräfte abgeleitet sind, zentrieren sich die Elemente durch die Vorspannung wieder in ihrer ursprünglichen Lage. Die Vorspannung für Holzbauteile verspricht verschiedene Vorteile, die zahlreiche Bauherren interessieren dürften: Die Konstruktion ist erdbeben- und brandschutzgerecht, sie ist durch die fehlenden Stahlverbindungen wirtschaftlich und kann in kürzester Zeit errichtet werden. «Stützen und Träger können



Bilder: Marco Carocari/ETH Zürich

Die Stützen des Gebäudes sind vollständig in Esche-Brettspertholz ausgeführt. Die untersten Lamellen der Träger bestehen ebenfalls aus Esche, der obere Teil aus Fichte (links). Sämtliche Wände sind nicht-tragend, Veränderungen und Verformungen werden mit ausgefeilten Sensornetzwerken erfasst (rechts).

Bild: Michael Staub



Bilder: zvg

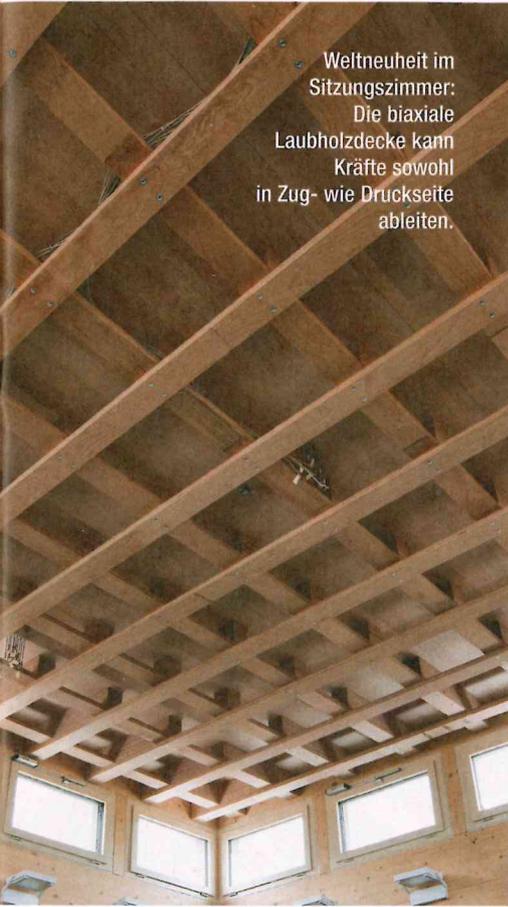


Andrea Frangi präsentiert ein Modell des vorgespannten Holztragwerks (oben).

Während des gesamten Lebenszyklus wird die Konstruktion überwacht: Detailsicht eines Spannkabels mit Sensornetzwerk (links).

Blick auf den aufgerichteten Rahmen aus vorgefertigten Stützen und Trägern (unten).





Weitneuheit im
Sitzungszimmer:
Die biaxiale
Laubholzdecke kann
Kräfte sowohl
in Zug- wie Druckseite
ableiten.

Bild: Marco Carocari/ETH Zürich

ter permanenter und vielfältiger Überwachung. So sind an jedem Knoten Kraftmessdosen für die Vorspannkabel angebracht. Diese Messungen werden über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes vorgenommen. Beim Erreichen kritischer Werte könnten die Kabel nachgespannt werden. Laut Frangi rechnet man nicht mit diesem Fall, legt aber grossen Wert auf die Verifizierung und Kalibrierung der eigenen Modelle. Weitere Sensoren erfassen die Verformungen und Dehnungen des gesamten Tragwerks, die Beschleunigung und Neigung der Stützen oder die relative Feuchtigkeit der zahlreichen Holzbauteile. Der Gedanke des «living lab» zeigt sich denn auch in der Vielzahl von gut sichtbaren Sensoren und Kabeln. Die Daten tragen auch zum «Building Technologies Accelerator» bei, einem europäischen Forschungsprojekt von Climate KIC.

Neue Verbunddecke

Eine weitere Besonderheit sind die Geschossdecken. So ist die Decke des ersten Obergeschosses als Holz-Beton-Verbunddecke (HBV) mit Laubholzelementen ausgeführt. Während auf den Baustellen für HBV meistens Elemente aus Brettstapeln, Brettschichtholz oder Brettsperrholz verwendet werden, hat man im Neubau spezielle Buchenurnierplatten eingesetzt. Diese Platten sind vier Zentimeter stark. Eingefräste, 15 Millimeter messende Vertiefungen erlauben die mechanische Verzahnung von Holz und Beton. Die Platten dienen damit gleichzeitig als verlorene Schalung und als Bewehrung für die Geschossdecke. Die vorteilhaften statischen Eigenschaften der Verbunddecke ermöglichen es, mit einer nur 16 Zentimeter starken Betonschicht zu arbeiten. Angesichts der im Massivbau üblichen 25 Zentimeter und dem weitgehenden Verzicht auf Stahlbewehrungen resultiert so eine beträchtliche Einsparung von Beton und Stahl.

Im Sitzungszimmer des Neubaus fällt eine ungewöhnliche Buchenkassettendecke auf. Drei je zwölf Zentimeter starke Brettsperrholzplatten aus Buche wurden mit kreuzweise angeordneten Lamellen aus Buchenurnierschichtholz untergespannt. Während die Platten in Druckseite arbeiten, übernehmen die Lamellen die Zugseite. Mit der biaxialen Decke können somit Lasten in beide Richtungen abgetragen werden – der Holzbau gewinnt damit Eigenschaften, wie sie im Stahlbetonbau üblich sind. Auch für diese neuartige Konstruktion sieht man bei der ETH Zürich ein weltweites Potenzial.

Bessere Fassaden

Der Neubau dient auch zur Erprobung neuer Konzepte für PV-Anlagen. Für das Living Lab wurden Nachführsysteme für Solarmodule entwickelt, welche auf der Verformung des Holzes beim Quellen und Schwinden beruhen. Dabei

nutzt man die Eigenschaft der Holzfasern, sich entsprechend der Luftfeuchtigkeit auszudehnen oder zusammenzuziehen. Durch eine gezielte Anordnung zweier Faserschichten gelingt es, die Solarmodule gleichsam nachzuführen – die tägliche Veränderung der Luftfeuchtigkeit wirkt auf die Fasern ein, diese sind damit der «Antrieb» für die Module.

Eher um ästhetische Wirkungen geht es bei einem weiteren Unterprojekt. Mit speziellen Beschichtungen, deren Details wegen hängiger Patentverfahren noch geheim sind, sollen Holzfassaden sowohl UV-Strahlung als auch Beregnung besser widerstehen können. Diese Beschichtungen könnten laut Ingo Burgert, Professor für Holzbasierte Materialien mit einer Forschungsgruppe an ETH und Empa, bei der industriellen Fertigung von Fassadenteilen aufgebracht werden. Bis auf Weiteres eignet sich dieses Finish also für neue Fassadenelemente respektive Neubauten. Dort könnte es dem Holzbau zusätzlichen Schwung verleihen. Bei den Kosten liegt der Holzbau heute mit dem Massivbau praktisch gleichauf, vor allem bei einem Betrachtungszeitraum von 15 bis 20 Jahren. Ein schwacher Punkt vieler Holzfassaden ist aber bis heute die optische Veränderung im Lauf der Nutzung. Zwar gibt es verschiedene Verfahren zum Imprägnieren oder Vorvergrauen der Fassaden, es gibt aber noch viel Optimierungspotential. Mit den neuen, wasserabweisenden Beschichtungen mit verbesserter UV-Stabilität liesse sich das Ziel einer optisch konstanten Holzfassade eher erreichen.

Adaptive Solarfassade

Eine weitere Art der Solarzellennachführung, die am Neubau getestet wird, läuft unter dem Label «Adaptive Solarfassade». Nicht Servomotoren und mechanische Übersetzungen sorgen hier für die optimale Ausrichtung der PV-Module, sondern spezielle, weiche Aktuatoren. Diese bestehen aus Silikon, das in spezielle Hohlraumformen gegossen wird – das Verfahren erinnert ein wenig an die Herstellung von Osterhasen aus Schokolade. Wenn das Material erstarrt ist, kann der Aktuator über Ventile mit mehr oder weniger Luft gefüllt werden. So verändert er seine Form und damit auch die Lage und Ausrichtung der befestigten PV-Module. Diese sind hocheffiziente Dünnschicht-Solarzellen (Copper-Indium-

wie Legoteile zusammengebaut werden, ein Geschoss pro Tag ist möglich», berichtet Frangi.

Eine Leitidee bei der Entwicklung des Tragwerks war es, die Knoten mit Laubholz auszuführen. Dieses besitzt höhere mechanische Eigenschaften als Nadelholz. «Wir wollen nicht die Fichte ersetzen, sondern eine Lösung für Fälle bieten, in welchen man mit Fichte nicht weiterkommt», erläutert Frangi. Obwohl sich das Laubholz im Prinzip nur für den Knoten aufdrängte, hat man die ganze Stütze in Esche ausgeführt. Bei der ETH Zürich will man damit insbesondere das Potenzial von Holz-Hochhäusern zeigen und Vertrauen in die neue Konstruktionsart schaffen. Im «House» wurden nur zwei Geschosse mit Holzrahmen ausgeführt. Dank der liberalisierten Brandschutzvorschriften könnte heute sogar ein zehngeschossiges Gebäude mit Holztragwerk gebaut werden. «30 Meter lange Stützen sind problemlos möglich», meint Frangi, «allerdings macht es einen Unterschied, ob sie aus Nadelholz ist und 80 x 80 Zentimeter misst oder ob wir sie in Laubholz mit 4 x 40 Zentimetern ausführen können.»

Messungen über Jahrzehnte

Während vorgespannte Betonbauten seit Jahrzehnten bekannt sind, gibt es für parallele Anwendungen im Holzbau erst wenige Erkenntnisse. Auch deshalb steht das Tragwerk im Neubau un-

Weitere Infos

Eckdaten und Blogbeiträge zum
«House of Natural Resources»:

www.honr.ethz.ch

Gallium-Diselenid, CIGS). Sie werden durch die Flisom AG, ein Spinoff der Empa, entwickelt.

Insgesamt wurden 50 Module vor der Fensterfront eines Raumes im «House» befestigt. Die Konstruktion ist einfach: An abgespannten Stahlseilen, die im Zickzack verlaufen, werden die Module mit wenigen Verbindungsteilen befestigt. Arno Schlüter, Professor für Architektur und Gebäudesysteme an der ETHZ, weist auf die Robustheit der Konstruktion hin: «Unsere Fassade widerstand selbst Sturm Niklas, der in Zürich ein Kirchendach zu Fall brachte.» Bei der Vorstellung der adaptiven Fassade nannte Schlüter mehrere Vorteile des neuen Systems: «Die Fassade kann den Komfort im Raum sehr fein regulieren und gleichzeitig die Sonne für die Stromerzeugung nutzen. Durch das leichte Gewicht ist sie im Neubau wie auch an bestehenden Gebäuden einsetzbar. Die Bewegung der Module ist durch die luftgefüllten Aktuatoren geräuschlos und weich, zudem kann die Fassade auf individuelle Wünsche reagieren.» So sei es möglich, in einzelnen Reihen alle Module gleichsam wegzuklappen, damit die Sicht nach draussen möglich bleibt.

Die Zukunft wird spannend

Für den Schweizer Holzbau ist das «House of Natural Resources» ein wegweisendes und vielversprechendes Projekt. Die Branche ist derzeit im Aufwind: Das Bauen mit Holz ist nicht nur ein architektonischer Trend, die markant liberalisierten Brandschutzvorschriften 2015 eröffnen dem Holz auch zahlreiche zusätzliche Einsatzmöglichkeiten, etwa für die neue Kategorie «Gebäude geringer Abmessung.» Wenn es gelingt, das Potenzial der vorgespannten Holztragwerke zu erschliessen, winken dem Holzbau weitere Möglichkeiten. Nicht zuletzt dürfte die vermehrte Verwendung von Laubholz auch die Waldbesitzer freuen: Der Export der ohnehin schwer verkäuflichen Buchen ist nach der Kursfreigabe der Nationalbank nochmals eingebrochen. ■

Neue Solarfassade: Die Dünnschichtmodule sind an abgespannten Stahlseilen befestigt (oben).

Mit «Soft Robotics»-Aktuatoren können sie individuell ausgerichtet werden (Mitte).

Professor Arno Schlüter erläutert das Funktionsprinzip (unten).

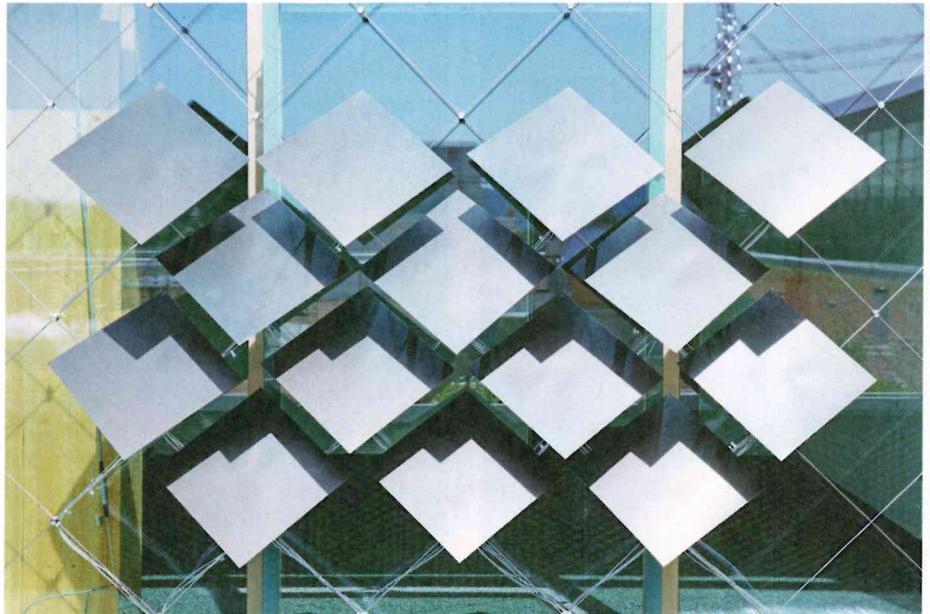


Bild: Marco Carocari/ETH Zürich



Bilder: Michael Staub

