

Zukunft Bau

STRUKTUR / GLIEDERUNG KURZBERICHT

Titel

Langfassung Titel:

„Baukonstruktionen aus Massiv-Holz, welche durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energie-effizienten und nachhaltigen Bauens erfüllen“

Anlass/ Ausgangslage

kurze Beschreibung des Problems und des Lösungsansatzes

Die weite Verbreitung, hohe Leistungsfähigkeit, und leichte Bearbeitbarkeit macht Holz zu einem idealen Baumaterial für innovative Konstruktionen. Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines Massiv-Holz-Bausystems, bei denen einfache Holz-Elemente durch digitale Fertigungsmethoden so bearbeitet werden, dass sie durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energie-effizienten und nachhaltigen Bauens erfüllen. Am Beispiel eines variablen Prototypen-Gebäudes, das in Partnerschaft zwischen der Universität Stuttgart, der Jade Hochschule und der IBA Thüringen entwickelt und gebaut wird, soll das Bausystem erprobt werden.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Beschreibung der Arbeitsschritte und des Lösungswegs

Konstruktionssystem

Vollholz weist nicht nur ökologisch herausragende Eigenschaften auf, sondern ist auch eine ökonomisch eine der günstigsten Bauweisen. Im Vergleich zu anderen Baumaterialien für tragende Konstruktionen weist Holz generell hervorragende Dämmeigenschaften auf. Der kapillare Aufbau der Holzstruktur bedeutet, dass das Holz zugleich tragend und dämmend eingesetzt werden kann. Das Grundprinzip einer isolierenden Vollholzkonstruktion wurde in einem Vorgängerprojekt unter der Leitung von Hans Drexler an der Münster School of Architecture entwickelt. Durch die Einschnitte wird nicht nur die Dämmwirkung des Materials deutlich verbessert, sondern auch die Spannungen innerhalb der Profile aufgehoben. Diese Entlastungsschnitte, die ein tangenciales Aufspalten des Vollholzes verhindern, werden hier durch ihre Kammartige Ausbildung auch als Dämmung wirksam. Die Weiterentwicklung des Konstruktionssystems in Verbindung mit digitalen Entwurfs- und Fertigungsmethoden geschieht auf zwei Ebenen. Zum einen soll das System bauphysikalisch leistungsfähiger werden und einen Aufbau erleichtern. Zum anderen soll der architektonische Entwurfsspielraum durch präzise digitale Vorfertigung erheblich erweitert werden. Durch eine komplett digitale Planung und Fertigung wird es möglich die Positionen der einzelnen Balken zueinander individuell zu definieren. So entsteht ein geometrisch äußerst flexibles Materialsystem, dass durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens erfüllt. Während oft mit hochentwickelten und teuren Produkten gebaut wird, ist in diesem Fall ein sehr günstiges Material die Ausgangslage. Das Projekt versteht sich deshalb als ein Beitrag für kostengünstiges Bauen. Ähnlich einer modernen Blockhütte soll nur mit dem Rohmaterial Holz gearbeitet werden. Entgegen dieser klassischen Konstruktion, und auch dem Vorgängerprojekt, verläuft die Faserrichtung in diesem neuartigen Konstruktionssystem entlang der Tragrichtung.

Im Verlauf des Projekts wurde die Anzahl und Anordnung der Schlitze zunächst im Vergleich zu anderen Materialien durch eine Simulationssoftware untersucht. Die Evaluierung von Prototypen an der Materialforschungs- und Prüfanstalt der Bauhaus-Universität Weimar hat anschließend einen Wärmedurchgangs-koeffizienten von $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ergeben, der allerdings stark von der Luftdichtigkeit der Konstruktion abhängt.

Die Entwicklung von konstruktiven Aspekten ist auch im engen Zusammenhang mit einem digitalen Entwurfswerkzeug, das die Generierung von kompletten Entwürfen mit maximalem Informationsgehalt erlaubt. Nicht nur die Geometrie des Gebäudes wird mit dem Entwurfswerkzeug erstellt, sondern die gesamte digitale Kette bis hin zu allen Konstruktionsdetails, Gebäudeinformationen, und den Maschinendaten. Vor allem spielt in diesem Fall die Verbindung über Eck und entlang der Konstruktion eine wichtige Rolle. Die Art der Fügung ist darauf ausgelegt, dass die Luftdichtigkeit erhöht und gleichzeitig konstruktiv wirksam wird. Für diese Entwicklung war es essentiell mit Industriepartnern in Kontakt zu treten, um die Machbarkeit der Konstruktion ständig zu evaluieren. Zwar wurden im Labor des ICD bereits mehrere kleine Prototypen gebaut, jedoch verfügt der dort benutzte Industrieroboter über einen anderen Arbeitsraum und andere Maschinendaten als übliche CNC Maschinen mit heutigem Stand der Technik. Die Fertigung des Demonstratorgebäudes sollte deshalb in enger Zusammenarbeit mit einem Holzbau- oder Schreinerunternehmen erfolgen.

Die Planung und der Bau des Demonstratorgebäudes stellt einen wesentlichen Schritt in der Konkretisierung der Planungs- und Fertigungstechnologien dar, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts praxisnah untersucht wurden. Im August 2017 wurden finale Entwürfe und Detailentscheidungen getroffen, um die Produktion des Demonstrators zu beginnen. Die Ausführung konnte aus architektonischer Sicht zeigen, dass das Bausystem auch im baulichen Maßstab durch seine geometrische Komplexität eine besondere Wirkung aufweist. Es konnte aber auch festgestellt werden, dass einfaches Konstruktionsvollholz für die hohen Anforderungen an eine präzise Fertigung ungeeignet ist. Das ungenaue Rohmaterial hatte zur Folge, dass der subtraktive Fertigungsprozess wesentlich länger als ursprünglich antizipiert dauerte. Innerhalb von acht Wochen wurden 464 individuelle Balken auf einer Fünf-Achs-CNC Maschine gefräst und zu sechs Modulen zusammengebaut. Diese Module wurden auf zwei Tief ladern innerhalb eines Tages zum Aufbauort transportiert, und innerhalb zwei Tagen zu einem kompletten Gebäude zusammengebaut.

Architektonisches Konzept

Die Internationale Bauausstellung IBA Thüringen als Projektpartner hat eine neue Geschäftsstelle in Apolda in einem historischen Gebäude des Architekten Egon Eiermann gefunden. An der Rückseite des historischen Gebäudes findet sich eine unbebaute Grünfläche mit landschaftlichen Qualitäten im Übergang zu Gärten der Gebäude und einer Kleingartenanlage. Das Prototypen-Gebäude soll auf der leicht ansteigenden freien Fläche als architektonische Inszenierung des landschaftlichen Kontexts eingesetzt werden. Diese Inszenierung reflektiert die Aufgabenstellung der IBA Thüringen Stadt-Land: In dem landschaftlich geprägten und kleinteilig besiedelten Bundesland Thüringen ist Architektur immer im Spannungsfeld zu dem landschaftlichen Kontext zu denken.

Fazit

Beschreibung der geplanten Ziele und der erreichten Ergebnisse

Als eines der ersten voll parametrisch entworfenen und digital hergestellten Gebäude mit einer Vollholzkonstruktion stellt das Projekt einen wichtigen Schritt für die moderne Architekturforschung dar. Vor allem die praxisnahe Evaluation der Entwurfs- und Fertigungsmethodik hat eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen zur Folge. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass Mono-Material-Konstruktionen durch intelligente Entwurfsprozesse und eine digitalisierte Fertigung effizient herstellbar sind und einen wesentlich höheren architektonischen Entwurfsspielraum erlauben. Die für das Demonstratorgebäude benötigte hohe Genauigkeit hatte zunächst noch einen wesentlich höheren Fertigungsaufwand zur Folge. Dieser Unterschied könnte in einem weiteren Entwicklungsschritt mit einer generellen Überarbeitung des Produktionsablaufs stark reduziert werden. Das Forschungsprojekt kann insofern als ersten Schritt für die Entwicklung eines neuen Bausystems angesehen werden.

Eckdaten

Kurztitel: Hoch-dämmende und rezyklierbare Holz-Massiv-Bauweise

Forscher / Projektleitung:

Universität Stuttgart

Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD) - Projektleitung

Keplerstraße 11, D-70174 Stuttgart

Prof. Achim Menges, Oliver Bucklin, Oliver David Krieg

Jade Hochschule Oldenburg

Fachbereich Architektur

Ofener Straße 16/19, D-26121 Oldenburg

Vertretungsprofessur Hans Drexler

In Kooperation mit

IBA - Internationale Bauausstellung Thüringen

Gutenbergstrasse 29a, D-99423 Weimar

Dr. Marta Doehler-Behzadi, Geschäftsführung

Tobias Haag

Projektunterstützung

Thüringer Forst

Rettenmeier Holding AG

Georg Ackermann GmbH

Serge Ferrari - Stamisol

Hoffmann GmbH

Holz Wider GmbH

Gesamtkosten: 186.428,98 € €

Anteil Bundeszuschuss: 103.970,24 €

Projektlaufzeit: 18 Monate

BILDER/ ABBILDUNGEN:

5 - 7 Druckbare Bilddaten als **eigene Datei** (*.tif, *.bmp, ...) mit der Auflösung von mind. 300 dpi in der Abbildungsgröße (z.B. Breite 10 - 20cm). Bilder frei von Rechten Dritter.

Bild 1: ZB-MASSIV_01.jpg

Explosionszeichnung des Konstruktionssystems

Bild 2: ZB-MASSIV_02.jpg

Konstruktionssystem im Detail mit Verbindungsdetails in der Wandebene und in der Ecke

Bild 3: ZB-MASSIV_03.jpg

Visualisierung der Schritte des computerbasierten Entwurfswerkzeugs vom Design-Input bis zur Fertigung

Bild 4: ZB-MASSIV_04.jpg

Entwurfsvarianten, die mit dem Entwurfswerkzeug möglich sind und im Verlauf des Forschungsprojekts erzeugt wurden

Bild 5: ZB-MASSIV_05.jpg

Fertig bearbeitete Vollholzbalken. Jeder Balken hat eine individuelle Nummer und wurde „just-in-sequence“ gefertigt

Bild 6: ZB-MASSIV_06.jpg

Liegender Aufbau von insgesamt sechs Gebäudesegmenten, die jeweils ungefähr einen Meter lang waren. Zwischen den Lagen wird Leinenstoff zur Abdichtung verwendet.

Bild 7: ZB-MASSIV_07.jpg

Alle vorgefertigten Gebäudesegmente bereit zum Aufbau vor Ort