

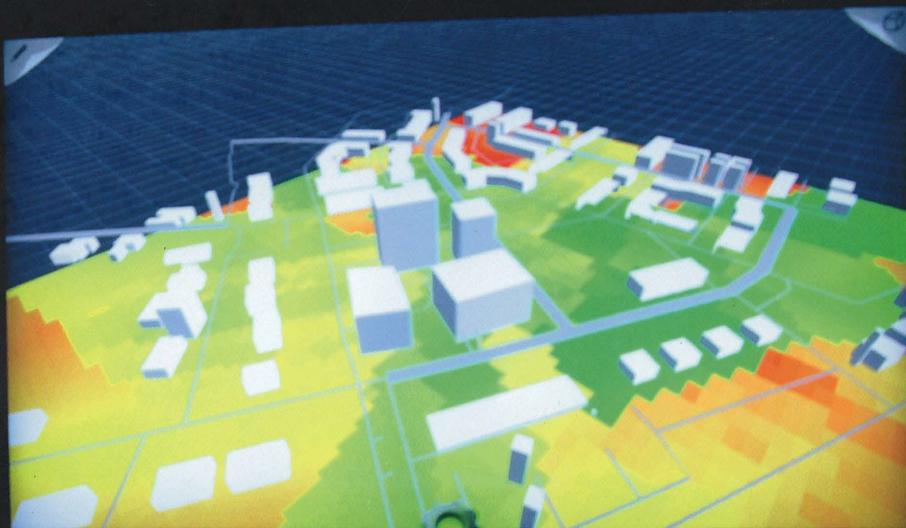


Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Zukunft Bauen
**Digitale
Bauwelt**

Das Magazin der Forschungsinitiative
Zukunft Bau 2018

Hochdämmende und recycelbare Holz-Massivbauweise

Baukonstruktionen aus Massivholz, welche durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens erfüllen

Prof. Achim Menges, Universität Stuttgart

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

Entwicklungsprozess

Vollholz weist nicht nur ökologisch herausragende Eigenschaften auf, sondern ist auch 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, das durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens erfüllt. Während oft mit hoch entwickelten und teuren Produkten gebaut wird, ist in diesem Fall ein sehr günstiges Material die Ausgangsbasis. Das Projekt versteht sich deshalb als ein Beitrag für kostengünstiges Bauen. Ähnlich einer modernen Blockhütte soll nur mit dem Rohmaterial Holz gearbeitet werden. Im Gegensatz zu dieser klassischen Konstruktion und auch zum Vorgängerprojekt, verläuft die Faserrichtung in diesem neuartigen Konstruktionssystem entlang der Tragrichtung.

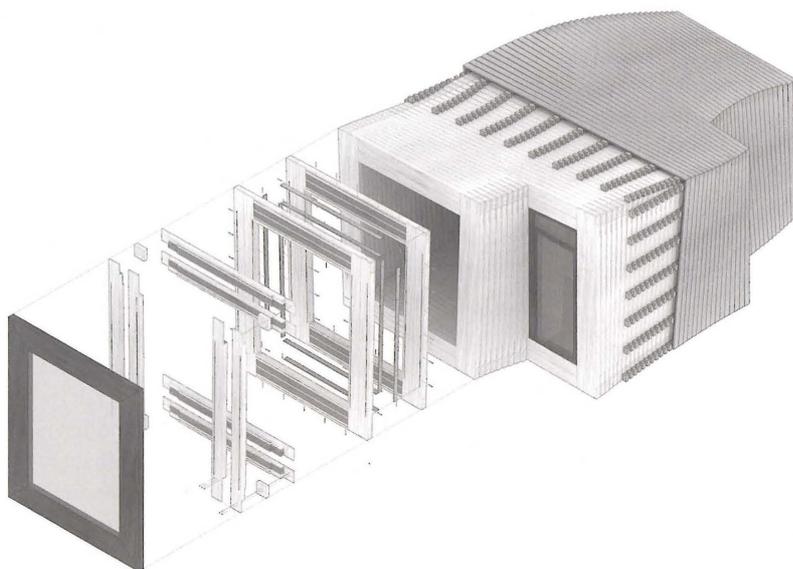


Abbildung 1: Explosionszeichnung des Konstruktionssystems

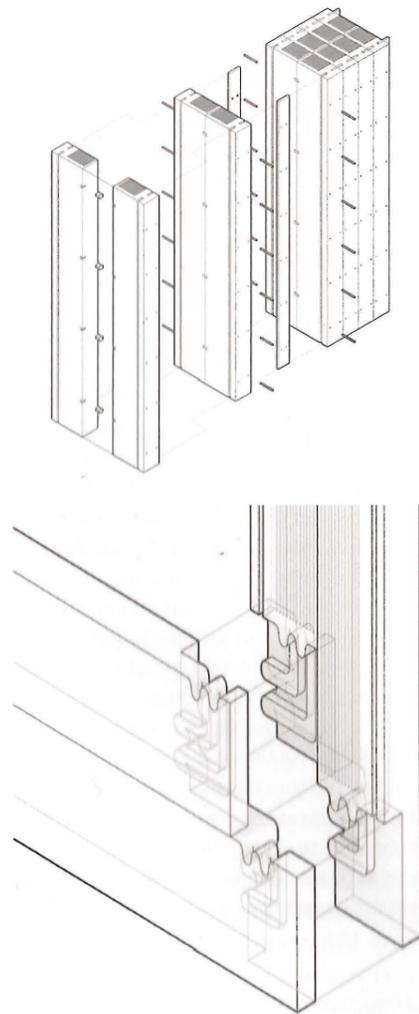
Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030



Prof. Achim Menges
Professor, Institutsleiter ICD
Institut für Computerbasiertes
Entwerfen und Baufertigung,
Fakultät für Architektur und
Stadtplanung

Die Digitalisierung führt zunächst zu einer anteiligen Automatisierung des eigentlich prädigitalen Planens und Bauens. Das echte Potenzial digitaler Technologien wird dann freigesetzt, wenn wir Planungsmethoden, Bauprozesse und Bausysteme integrativ und computerbasiert neu denken.

Abbildungen 2 und 3:
Konstruktionssystem
mit Verbindungsdetails in der
Wandebene und in der Ecke



Im Verlauf des Projekts wurde die Anzahl und Anordnung der Schlitzlöcher 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 Wärmedurchgangskoeffizienten 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 steht 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 essenziell 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.

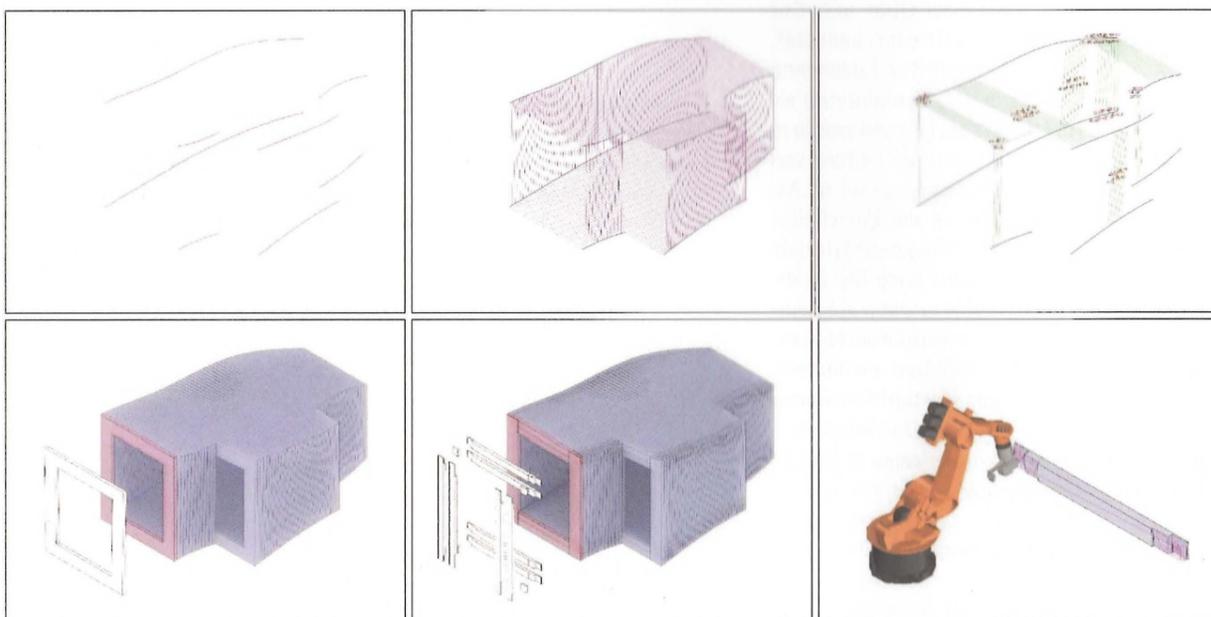


Abbildung 4: Visualisierung der Schritte des computerbasierten Entwurfswerkzeugs vom Design-Input bis zur Fertigung

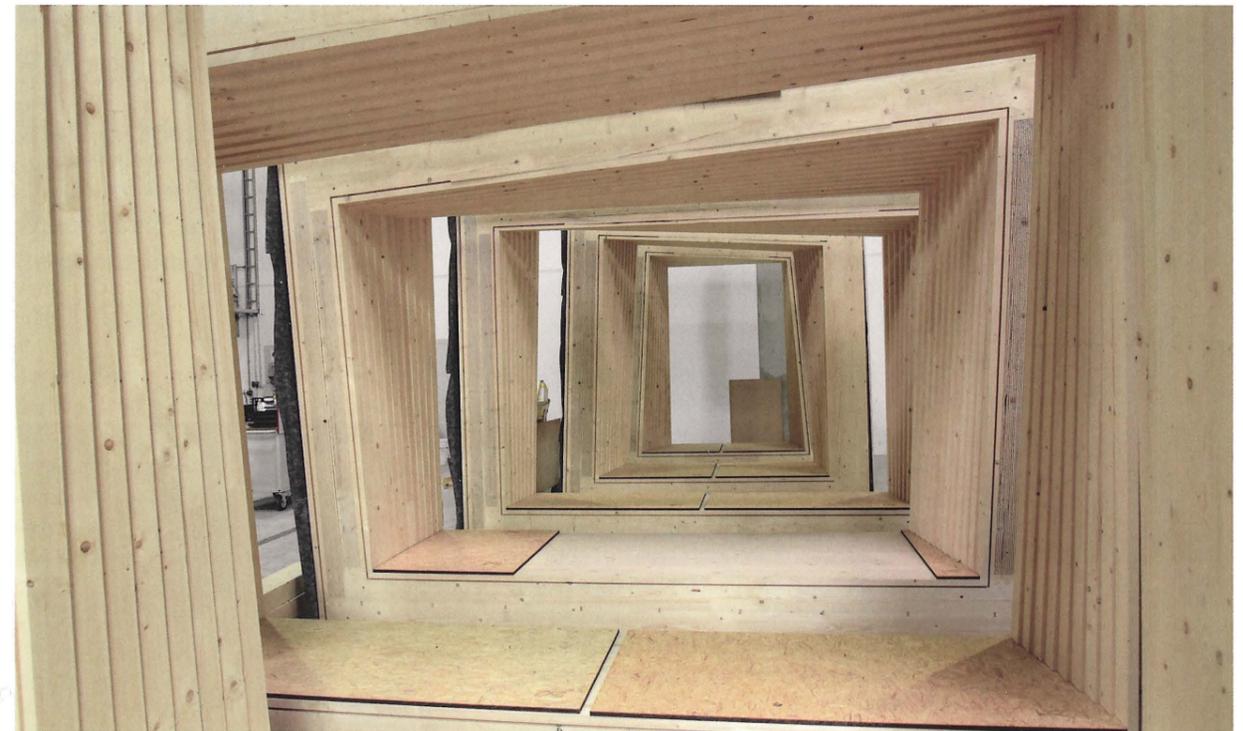


Abbildung 5: Alle vorgefertigten Gebäudesegmente sind bereit zum Aufbau vor Ort. „Just in sequence“ gefertigt.

Die Planung und der Bau des Demonstratorgebäudes stellen 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 Tiefladern innerhalb eines Tages zum Aufbauort transportiert und innerhalb von 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



Abbildung 6:
Fertig bearbeitete Vollholzbalken. Jeder Balken hat eine individuelle Nummer und wurde „just in sequence“ gefertigt.



Abbildung 7:
Liegender Aufbau von insgesamt sechs Gebäudesegmenten, die jeweils ungefähr 1 m lang waren. Zwischen den Lagen wird Leinenstoff zur Abdichtung verwendet.

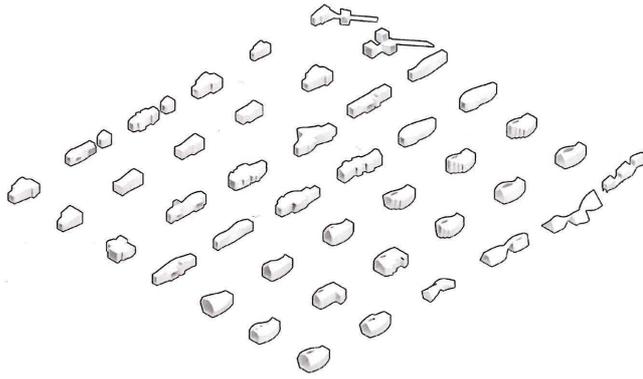


Abbildung 8:

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

der Gebäude und einer Kleingartenanlage. Das Prototyp-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.

Als eines der ersten voll parametrisch entworfenen und digital hergestellten Gebäude mit einer Vollholzkonstruktion stellt das Projekt einen wichtigen Schritt in der modernen Holzforschung 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 erster Schritt für die Entwicklung eines neuen Bausystems angesehen werden.

Eckdaten

Hochdämmende und recycelbare Holz-Massivbauweise

Projektteam:

Universität Stuttgart,
Institut für Coputerbasiertes Entwerfen (ICD)

Prof. Achim Menges, Oliver Bucklin,
Oliver David Krieg

Jade Hochschule Oldenburg
Fachbereich Architektur
Vertretungsprofessur Hans Drexler

In Kooperation mit:

IBA – Internationale Bauausstellung
Thüringen

Projektunterstützung:

Thüringer Forst
Rettenmeier Holding AG
Serge Ferrari – Stamisol
Hoffmann GmbH
HolzWider GmbH

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung und Redaktion

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Referat II 3 – Forschung im Bauwesen
Guido Hagel
guido.hagel@bbr.bund.de

Stand

Januar 2018

Gestaltung | Barrierefreies PDF | Lektorat

A Vitamin Kreativagentur GmbH, Berlin
Dr. phil. Birgit Gottschalk, Nümbrecht

Druck

Silber Druck oHG, Niestetal

Kostenfreie Bestellungen

zb@bbr.bund.de
Stichwort: Magazin Digitales Bauen

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Die von den Autoren vertretene Auffassung ist nicht unbedingt
mit der des Herausgebers identisch.