

Trocknung formt Holz

Wood Shaped by Drying

Bislang ist die Herstellung von gekrümmtem Holz ein energieintensiver, mechanischer Umformungsprozess, bei dem schwere Maschinen zum Einsatz kommen. Ein neuartiger Forschungsansatz der Empa/ETH Zürich und der Universität Stuttgart stellt nun einen Paradigmenwechsel dar: Flache Holzkomponenten krümmen sich ohne mechanischen Einfluss in einem kontrollierten Trocknungsprozess von selbst in ihre vorab definierte Form. Maßgeblich hierfür sind der abnehmende Feuchtegehalt und der Schichtaufbau der Bauteile.

„Programmierung“ von Holz

Im Holzbau verursachen Feuchtigkeitsänderungen normalerweise unerwünschte Verformungen. Dieses feuchtigkeitsbedingte Quellen und Schwinden wird nun genutzt, um die Formänderung aktiv anhand der Berechnungen am digitalen Modell zu steuern. Holz schrumpft beim Trocknen quer zur Faserrichtung stärker als längs. Werden zwei Schichten Holz zum Bilayer zusammengeklebt, bei dem die Lagen in 0- und 90-Grad-Orientierung der Faserrichtung aufgesetzt sind, verbiegt sich der Bilayer durch das Schrumpfen quer zur Faserrichtung und durch den Widerstand in



Faserrichtung. Der sich krümmende Bilayer ist das Grundelement des neuen Verfahrens. Durch die Dicke des Elements, seinen Schichtenaufbau, die Jahrringorientierung sowie den variierenden Feuchtigkeitsgehalt des Holzes kann die Krümmung vorab definiert werden. Die Wissenschaftler bezeichnen dies als Materialprogrammierung. Damit können vordefinierte Krümmungsradien von größeren Bauteilen relativ präzise erreicht werden, wie die weltweit erste bauliche Anwendung, der Urbach Turm auf der Remstal Gartenschau 2019, veranschaulicht.

Fertigung und Fixierung

Die Komponenten werden zunächst als flache Paneele nach computergestützten Modellen hergestellt. Das Fichtenholz, das anfänglich über eine hohe Holzfeuchte verfügt, wird in einem industriell standardisierten Verfahren getrocknet. Die Krümmung ändert sich dabei annähernd proportional zur Abnahme des Feuchtegehalts. Beim Herausnehmen aus der Trockenkammer – das industrieübliche Trocknen dauert wenige Tage – sind die Elemente den Vorgaben entsprechend gekrümmt. Um die Geometrie zu fixieren, werden sie auf geformten Lehrgerüsten gelagert und überlappend laminiert. So entstehen formstabile Brettsperrholz-Komponenten, die sich aufgrund kaum vor-

handener Rückstellkräfte nicht mehr in ihrer Form ändern – im Gegensatz zu gekrümmten, mittels konventioneller, kalt elastischer Verformung hergestellten Elementen.

Hochleistungsfähige Konstruktion

Die einfache Anpassung an unterschiedliche Krümmungstypen und -radien eröffnet neue gestalterische Möglichkeiten für dünnwandige, tragende Schalenstrukturen im Holzbau. Die „selbstformende“ Fertigung lässt sich in bestehende industrielle Holzverarbeitungs- und Fertigungsabläufe integrieren. Der Urbach Turm besteht aus zwölf gekrümmten Brettsperrholz-Bauteilen. Seine Tragkonstruktion hat eine Dicke von 90 mm und weist mit mehr als 14 m Höhe ein Spannweiten-Dicken-Verhältnis von ca. 160:1 auf. Die Krümmung ermöglicht eine schlanke Struktur mit nur 38 kg pro m² Oberfläche. Die Leichtbauelemente sind durch kreuzweise angeordnete Vollgewindeschrauben verbunden, deren Platzierung und Winkel in Bezug auf ihre statische Ausnutzung optimiert ist. Eine durchgehende Verbindung entlang der Naht sorgt für einen homogenen Lastabtrag. Mit seiner tragenden Holzkonstruktion aus selbstformend hergestellten Brettsperrholzelementen zeigt der Turm deren Eignung für eine effiziente, ausdrucksstarke Holzarchitektur auf.

Bettina Sigmund



Until now the manufacture of curved wood has been an energy-intensive, mechanical reshaping process requiring heavy machines. A new research study by Empa/ETH Zurich and the University of Stuttgart represents a paradigm change: flat timber components curve themselves into a predefined shape without mechanical means in a controlled drying process. Crucial in this process are the amount of moisture removed and the make-up of the layers in the component.

“Programming” the wood

Changes in moisture content normally cause undesirable deformations in wooden constructions. This moisture-dependent swelling and shrinkage is now used to actively control the change of shape calculated on a digital model. As it dries, wood shrinks transversely to the direction of the fibres much more than it does longitudinally. If two layers of wood are glued together to form a bilayer in which the fibre directions of the layers are orthogonal to one another, then the bilayer shrinks transversely to the fibre direction while resisting that shrinkage in the fibre direction. The self-curving bilayer is the basic element of this new method. The final curvature can be predefined by selection of the element thicknesses, layer make-up, the annual ring orientation and moisture content variations. This “material programming” allows predefined curvatures of large components to be precisely achieved as shown by the world’s first application of this technique, the Urbach Tower at the Remstal Garden Show 2019.

Manufacturing and fixing

The components are first manufactured as flat panels using computer-aided models. Spruce, which at the beginning has a high moisture con-

tent, is dried using an industry-standard process. The curvature varies almost in proportion to the removed moisture content. When the wood is taken out of the drying chamber - industrial drying takes a few days - the elements are curved in accordance with the pre-calculated parameters. To fix that geometry, the elements are placed on shaped jig frames, overlapped and laminated. This creates shape-stable, cross-laminated timber components that, because of the low restoring forces, do not undergo any subsequent change in shape - in contrast to curved elements manufactured by cold, elastic deformation.

Highly efficient construction

The simple adjustment to different curvature types and radii allows greater freedom in the design of thin-walled, load-bearing timber shell structures. The “self-deforming” method of manufacture can be integrated into existing industrial timber processing and fabrication lines. The Urbach Tower consists of twelve curved CLT components. The structural thickness is 90 mm and the height of the component is more than 14 m, which gives a span-to-thickness ratio of approximately 160:1. The curvature allows a slender structure weighing only 38 kg per m² of surface area to be achieved. The lightweight elements are connected by transverse fully threaded screws, which are installed in positions and angles to suit the structural engineering requirements. A full thickness connection along the joints ensures homogeneous load transmission. The tower, with its load-bearing wood construction comprising CLT elements manufactured using the self-deforming process shows the suitability of this method for efficient, expressive timber architecture.

Bettina Sigmund



B

ICD/ITKE



C

Empa

- A Aufbau des Urbach Turms zur Remstal Gartenschau 2019
- B Formänderung durch Abnahme der Holzfeuchtigkeit (WMC = Wood Moisture Content)
- C Fertige gebogene Brettsperrholzkomponenten in der Werkhalle von Blumer Lehmann
- D Turmstruktur-Modelle zur Simulation des Tragverhaltens

- A construction of the Urbach Tower at the Remstal Garden Show 2019
- B change of shape due to reduction of the wood moisture content (WMC)
- C pre-curved cross laminated timber (CLT) components in the workshop at Blumer Lehmann
- D structural model of the tower for simulating deformation, analysis of the CLT elements and connection angles

Projektteam / Project team:

ICD, Universität Stuttgart: Achim Menges, Dylan Wood, und ITKE, Universität Stuttgart: Jan Knippers, Lotte Aldinger, Simon Bechert

Forschungspartner / Research partner:

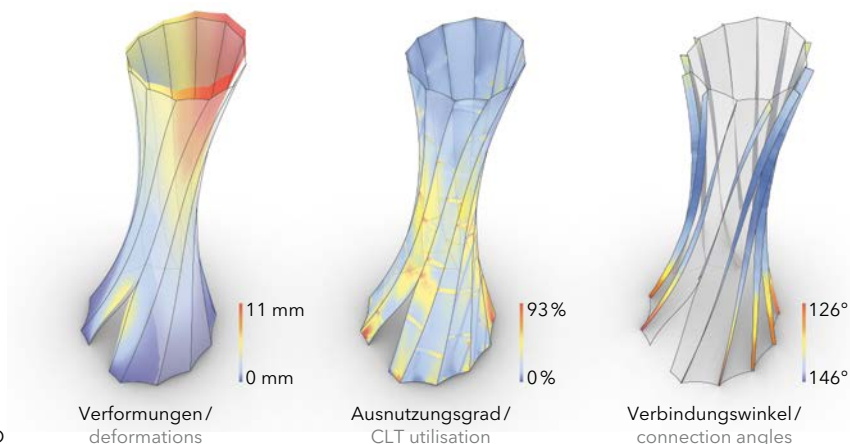
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), ETH Zürich, CH: Markus Rüggeberg, Philippe Grönquist, Ingo Burgert

Industriepartner / Industry partner:

Blumer-Lehmann, Gossau, CH

Unterstützer / Promoters:

Gemeinde Urbach, Remstal Gartenschau 2019, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Innosuisse - Schweizerische Agentur für Innovationsförderung, Carlisle Construction Materials, Scantronik Mugrauer



D

structure research
DETAIL
Building the Future

Besuchen Sie unsere Online-Plattform
Visit our online platform
→ detail.de/research

Partner von / Partner of **structure research**:
Messe BAU 2019
Forschungsinitiative Zukunft BAU

ICD/ITKE

DETAIL **Jobs**

Das neue Jobportal von DETAIL

Jobs für Architekten und Ingenieure

Für Jobsuchende:

Passende Jobs
für Fach- und
Führungskräfte,
Praktika

Für Arbeitgeber:

Größere Reichweite
und in nur 10 Minuten
zur fertigen
Stellenanzeige:
jobportal@detail.de

detail.de/jobs