

Weniger Materialverbrauch durch Formenvielfalt

Holzpavillon der Bundesgartenschau minimiert Materialeinsatz durch modernste Planungs- und Robotertechnik

Der Holzpavillon war mit Sicherheit eine architektonische Attraktion auf der zentralen Sommerinsel der „Bundesgartenschau (Buga) 2019“ in Heilbronn. Seine segmentierte Schalenkonstruktion basiert auf den biologischen Prinzipien des Plattenskeletts von Seeigeln, die vom Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baukonstruktion (ICD) und dem Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (ITKE) der Universität Stuttgart seit fast einem Jahrzehnt erforscht werden. Vorge stellt wurde das innovative Projekt auf dem 25. „Internationalen Holzbau-Forum (IHF)“ am 5. Dezember in Innsbruck.

Die Gestaltung des Pavillons basiert auf den morphologischen Prinzipien des Plattenskeletts von Seeigeln. Nach dem vorhergehenden Forschungsgebäude des gleichen Projektteams, dem Forstpavillon auf der „Landesgartenschau 2014“ in Schwäbisch Gmünd, verfolgte der Buga-Holzpavillon das Forschungsziel, die architektonische Gestaltung und strukturelle Leistungsfähigkeit biomimetischer segmentierter Holzschalen auf eine neue Ebene zu heben.

Zwei Fragen standen dabei im Vordergrund: Ist es möglich, mit der gleichen geringen Holzmenge pro m² (verglichen mit dem Forstpavillon) eine Schale zu bauen, welche die dreifache Spannweite erreicht? Und kann diese Struktur vollständig wiederverwendbar konstruiert werden, so dass sie nach der Bundesgartenschau ohne Leistungsverlust rückgebaut und an einem anderen Standort wiedererrichtet werden kann?

Um diese Ziele zu erreichen, bezogen die Entwickler des Pavillons einen Wissenschaftszweig in ihre Betrachtungen ein, der sich mit der systematischen Übertragung biologischer Funktionsprinzipien auf die Technik beschäftigt: Die Bionik. Eines der Prinzipien der Bionik lässt sich mit „weniger Material durch mehr Form“ beschreiben. Dieses Prinzip wurde beim Buga-Pavillon sowohl in Bezug auf die Gesamtkonstruktion umgesetzt als auch auf der Ebene der einzelnen Segmente.

Bionisch geprägter Leichtbau mit segmentierten Holzschalen

Um Materialverbrauch und Gewicht des Heilbronner Pavillons zu minimieren, besteht jedes seiner Holzsegmente aus zwei dünnen Platten, die beidseitig einen Ring aus Randbalken beplanken und somit eine hohle, großformatige Holzkassette mit polygonaler Form bilden. Die Bodenplatte der Kassetten beinhaltet eine große Öffnung, die während der Montage den Zugang zu den verdeckten Bolzenverbindungen ermöglicht und zugleich eine besondere architektonische Erscheinung erzeugt. Die Leichtbausegmente sind durch Fingerzinken verbunden, die den morphologischen Prinzipien an den Rändern der Seeigelplatten folgen. Im montierten Zustand wirkt die Holzschale durch ihre doppelt gekrümmte Geometrie als formaktives Tragwerk.

Neue Bauweisen erfordern neue Formen des Planens und Fertigungs. Der Bu-



Mit minimalem Materialeinsatz überspannt der Pavillon etwa 30 m und schafft so einen einzigartigen architektonischen Raum. Foto: Buga Heilbronn 2019 GmbH

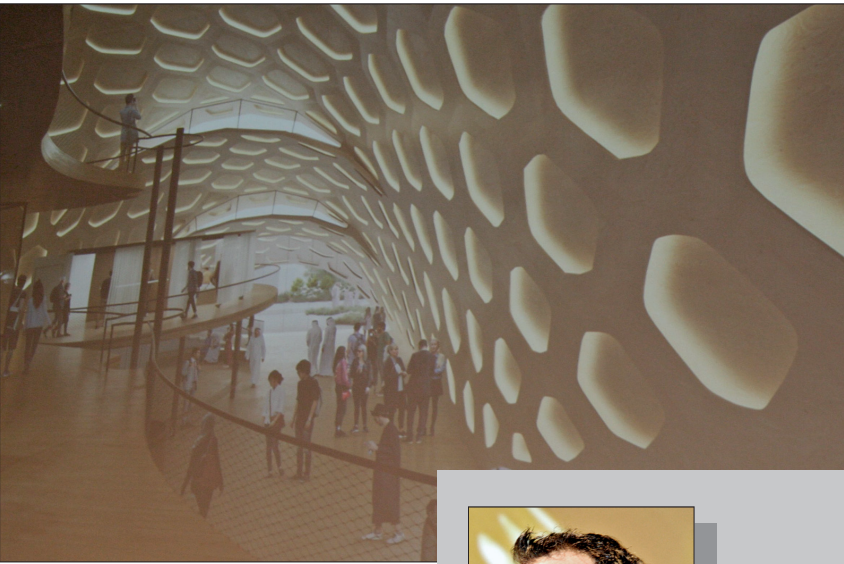
ga-Pavillon ist ein hervorragendes Beispiel für Co-Design. Hinter diesem Begriff verbirgt sich ein interdisziplinäres Team, das neue Möglichkeiten bei Gestaltung, Konstruktion und Fertigung durch eine kontinuierliche, computerbasierte Rückkopplung entwickelte. Die für dieses Projekt entwickelten Design-Methoden generierten die Form jedes Bauteils des Pavillons gemäß der architektonischen Entwurfsabsicht und der statischen Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung aller Aspekte der robotischen Fertigung – ein Prozess, der die Fertigung von 376 unterschiedlichen Plattensegmenten mit 17 000 verschiedenen Fingerzinkenverbindungen ermöglichte, wobei sich die Präzision der Ausführung im Untermillimeter-Bereich befindet.

Robotische Vorfertigung auf mobiler Plattform

Im Vergleich zu massiven Holzelementen, wie sie beispielsweise beim Vorgängerbau (Forstpavillon) eingesetzt wurden, reduzieren die Holzkassetten Gewicht und Materialverbrauch deutlich, erhöhen aber auch die Anzahl der Bauteile um das Achtfache und führen zu einer komplexeren Fertigung. Das Streben nach höherer Ressourceneffizienz muss daher mit der automatisierten Roboterfertigung der Schalensegmente einhergehen.

Dazu wurde vom ICD der Universität Stuttgart und der BEC GmbH eine neuartige, transportable, 14-achsige Roboter-Holzfertigungsplattform entwickelt, die beim Industriepartner Müller-Blau-stein Holzbauwerke GmbH zum Einsatz kam. Die Plattform beinhaltet zwei Schwerlastroboter, die auf einem 20'-Standard-Containerboden montiert sind. Die Flexibilität von Industrierobotern ermöglicht die Integration aller Vorfertigungsschritte der Kassettensegmente des Pavillons innerhalb einer einzigen, kompakten Fertigungseinheit.

Während der Produktion wurden die Holzkassetten zunächst von den Robotern zusammengebaut. Dazu gehören die Platzierung von vorformatierten Holzplatten und -balken, das kontrollierte Aufbringen des Klebstoffes zwi-



Prof. Menges und Prof. Knippers zeigten neben der Buga-Konstruktion in Heilbronn auch mögliche Weiterentwicklungen mit segmentierten Schalenskonstruktionen. Foto: S. Klein

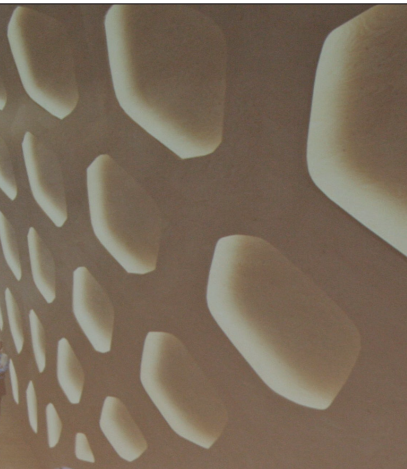
schen Platten und Balken sowie eine temporäre Lagesicherung mit Buchen-nägeln für den Trocknungsvorgang. In einem zweiten Schritt wurden in die montierten Segmente die maßgeschneiderten Fingerzinkenverbindungen und Öffnungen mit 300µm Genauigkeit gefräst. Von der Montage der Balken und Platten, über das Fräsen mit unterschiedlichen Werkzeugen, bis hin zur sensorbasierten Prozess- und bildbasierten Qualitätskontrolle – alles geschah in einem vollautomatischen Ablauf, gesteuert von 2 Mio. Zeilen Robotercode, die direkt aus dem computerbasierten Modell erzeugt werden. Im Durchschnitt dauerte das robotische Fügen 8 Minuten pro Segment. Für das Hochpräzisionsfräsen wurden weitere 30 Minuten benötigt.

Montage im freien Vorbau

Die vorgefertigten Holzkassetten wurden von einem Team von zwei Handwerkern in nur zehn Arbeitstagen im freien Vorbau vor Ort montiert. Dabei konnte man auf die sonst üblichen,



Tausende LED-Leuchten, die in die inneren Öffnungen der Schale eingebettet sind, tauchen den Pavillon in ein warmes und einladendes Licht. Foto: Roland Halbe



» Statt massiver Holzbauteile erlaubt der von uns entwickelte, vollautomatisierte Herstellungsprozess die Realisierung besonders materialsparender und leichter Holzkassetten.«
Prof. Achim Menges

umfangreichen Unterkonstruktionen verzichten, lediglich kleinere Stützgerüste im Bereich der Eingangsbögen kamen zum Einsatz. Nach der Verbindung der Segmente über wiederverwendbare Bolzen wurde eine EPDM-Folie in acht Streifen über den Pavillon gelegt und so



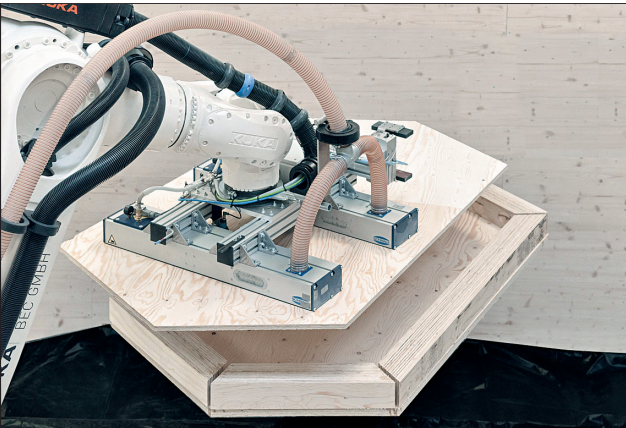
» Die robotische Vorfertigung ermöglicht eine extrem hohe Präzision, so dass die Schale des Pavillons ohne jeden Toleranzausgleich und ohne große Gerüste schnell montiert werden konnte.«
Prof. Jan Knippers
Foto: Forum Holzbau

die Wasserdichtigkeit sichergestellt. Die sichtbare Außenverkleidung des Pavillons bilden unbehandelte Lärchenplatten. Alle Bauelemente sind für leichte Demontage und Wiederaufbau an einem anderen Ort ausgelegt. Drei dynamische Bögen bilden einladende Öffnungen zu den Hauptwegen aus und führen die Besucher in das Innere des Pavillons. Die Schale schafft einen geschwungenen Raum für Konzerte und öffentliche Veranstaltungen, mit einer sehr guten Akustik und einer einzigartigen architektonischen Atmosphäre. Dies gilt insbesondere bei Nacht, wenn Tausende von LED-Leuchten, die in die inneren Öffnungen der Schale eingebettet sind, das Innere des Pavillons in ein dezentes, warmes und einladendes Licht tauchen.

Sprung nach vorne

Die tragende Holzschale des Pavillons erreicht eine stützenfreie Spannweite von rund 30 m bei einem Gewicht von nur 38 kg/m². Dies ist weniger als das Flächengewicht des Forstpavillons der „Landesgartenschau 2014“ – trotz einer im Vergleich dazu dreifachen Spannweite und fünffachen Größe. Insgesamt zeigt der Buga-Pavillon die Möglichkeiten einer effizienten, wirtschaftlichen, ökologischen und ausdrucksstarken Holzarchitektur, die an der Schnittstelle von Handwerk, digitaler Innovation und Forschung entsteht. Die Forschung an digitalen Holzbausystemen wird im Rahmen des neuen Exzellenz-Clusters „Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur“ an der Universität Stuttgart fortgesetzt.

ICD und Stephan Klein



Die Einzelteile der Holzkassetten wurden von zwei Robotern in einem ersten Schritt verleimt. Im zweiten Schritt wurden die Fingerzinkenverbindungen und Öffnungen gefräst, mit einer Genauigkeit von 300 µm (0,3 mm).



376 großformatige Holzkassetten mit polygonalen Formen bilden den Holzpavillon. Das geringe Gewicht der Schalensegmente sowie eine kraft- und formschlüssige Verbindung untereinander ermöglichen eine Montage im freien Vorbau. Fotos (2): ICD-ITKE