



ICD/ITKE  
Forschungspavillon  
2015-16  
70174 Stuttgart

Das Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD) und das Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE) der Universität Stuttgart haben im April 2016 einen neuen Forschungspavillon fertiggestellt. Dieser setzt erstmals industrielle Nähetechniken für Holzkonstruktionen im Maßstab der Architektur ein, und zeigt damit auf, wie textile und robotische Fertigungsmethoden kombiniert und im Leichtbau von Segmentschalen angewendet werden können.

Der Pavillon setzt die Reihe von Versuchsbauten an der Universität Stuttgart fort, die neue Möglichkeiten computerbasierter Entwurfs-, Simulations- und Herstellungstechniken in der Architektur demonstrieren. Das Projekt wurde von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Studierenden in einem interdisziplinären Team aus Architekten, Ingenieuren, Biologen und Paläontologen entwickelt und realisiert.

Ausgangspunkt der Entwicklung des ICD/ITKE Forschungspavillons 2015-16 war einerseits die bionische Untersuchung von segmentierten Schalentragwerken in der Natur, und andererseits die Anwendung von neuartigen robotergesteuerten Fertigungsmethoden zum Vernähen von dünnen Furnierplatten aus Buchenholz. Der Entwurf des Pavillons beruht auf der Analyse der Konstruktionsmorphologie des Sanddollars, einer Unterart der Seeigel. Vorangegangene Untersuchungen der Forschungspartner hatten bereits zur Übertragung bionischer Konstruktionsprinzipien in architektonische Segmentschalen aus Holzplatten mit Fingerzinkenverbindungen geführt. In diesem Projekt wurden die natürlichen Segmentschalen vertiefend in enger Zusammenarbeit von Architekten und Ingenieuren der Universität Stuttgart und Biologen der Universität Tübingen untersucht, um weitere relevante Aspekte zu identifizieren. Mittels Rasterelektronenmikroskop erstellte Detailaufnahmen von verschiedenen Seeigel- und Sanddollarspezies ermöglichen deren komplexe innere Struktur besser zu verstehen. Durch diese Aufnahmen sowie mithilfe weitergehender Literaturrecherchen wurde deutlich, dass die Verbindungen zwischen den Plattensegmenten der Seeigelschale nicht nur aus den bereits bekannten Fingerzinken, sondern auch aus zusätzlichen Faserverbindungen bestehen. Es wird vermutet, dass diese elastischen Verbindungen relativ steifer Platten die Integrität der

Sanddollarschale während des Wachstumsprozesses sicherstellen. Darüber hinaus wurde erkannt, dass die Leistungsfähigkeit der Schale des Sanddollars auch auf der Differenzierung der Materialeigenschaften innerhalb einer zweilagigen Struktur beruht.

Auf Grundlage dieser bionischen Erkenntnisse sowie der charakteristischen Materialeigenschaften von Holz wurde ein Konstruktionssystem entwickelt, das als zweilagige Struktur die Formen nachbildet, die beim Sanddollar durch Sekundärwachstum entstehen. Als Ausgangswerkstoff dienten dünne Furnierstreifen, die zu ebenen, individuell gefertigten und 3-5 mm dicken Sperrholzplatten laminiert wurden. Diese Bauelemente nutzen die Anisotropie des Holzes, um die verschiedene Faserausrichtung der Furnierbestandteile und die unterschiedliche Materialstärke zu differenzieren. So können die zunächst ebenen Bauteile elastisch so verformt werden, dass sich allein durch den Laminataufbau gesteuert eine spezifische Segmentgeometrie mit ungleichmäßigen Krümmungsradien einstellt. Diese wird dann durch das robotische Vernähen in Form gehalten.

Die zweilagigen Segmente tragen äußere Lasten überwiegend durch Normalkräfte und Scherkräfte in der Plattenebene ab. Während letztere hauptsächlich in den Verbindungen der Segmente durch die Fingerzinken übertragen werden, werden Zugkräfte durch Reepschnüre aufgenommen. Im Ergebnis entsteht so ein leistungsfähiges und komplex geformtes Schalentragsystem aus einfachen, ebenen Furnierstreifen.

Das Projekt untersucht den Einsatz textiler Fertigungstechniken um neuartige Holzverbindungen zu entwickeln. Insbesondere für dünne Sperrholzplatten sind kontinuierliche - gegenüber punktuellen - Verbindungen zu bevorzugen, da sie den Materialaufbau des Holzes weniger schwächen. Hierfür werden für Konstruktionen aus dünnen Furnierhölzern üblicherweise geklebte Verbindungen eingesetzt. Im gebogenen Zustand können die für das Laminieren erforderlichen Anpressdrücke allerdings nur unter Einsatz aufwendiger Formwerkzeuge erreicht werden.

Daher wurde im vorliegenden Versuchsbau ein robotergesteuerter Fertigungsprozess entwickelt, der die Verbindung, den Formschluss und das Presslaminat der individuell gebogenen Sperrholzplatten durch das Vernähen mit einer Industrienähmaschine ermöglicht. Ein Industrieroboter assistierte beim temporären Fixieren der gebogenen Sperrholzstreifen in der gewünschten geometrischen Konfiguration. Während des darauffolgenden Nähprozesses führte der Roboter die gebogenen Streifen durch die Nähmaschine und verbindet diese miteinander. Zusätzlich wurden Membranstreifen als Verbindungselemente zwischen den Segmenten aufgenäht. Diese wurden später beim Aufbau mittels Kevlarschnüren verbunden, welche Zugkräfte zwischen den einzelnen Segmenten übertragen. Die Roboter- und Nähmaschinensteuerung sind über eine spezifische programmierte Software integriert. Diese Schnittstelle ermöglicht dem Roboter, immer sowohl die aktuelle Position des Werkstücks als auch den Status der Nähmaschine zu kennen und die Bewegung zu synchronisieren.

Der Pavillon besteht insgesamt aus 151 unterschiedlichen, robotisch vorgefertigten Segmenten. Jedes besteht aus drei einzelnen individuell laminierten Furnierstreifen aus Buchenholz. Diese individuellen Segmente mit Biegeradien zwischen 30 cm und 75 cm sind in Form und Faserorientierung jeweils an die lokalen statischen und geometrischen Erfordernisse angepasst. Die gesamte Konstruktion wiegt 780 kg, spannt 9,3 m und überdacht eine Fläche von insgesamt 85m<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von Materialdicke zu Spannweite von gerade mal 1/1000 im Mittel und ein durchschnittliches Konstruktionsgewicht von 7,85 kg/m<sup>2</sup> bezogen auf die Schalenoberfläche. Darüber hinaus ermöglichen die neuartigen textilen Verbindungen den Verzicht auf jegliche Art von metallischen Verbindungsmitteln.

Der Gesamtentwurf geht aus den ortsspezifischen Randbedingungen auf dem

Universitätscampus hervor. Der Pavillon schafft einen Halbbinnenraum, der die Topographie des Platzes aufnimmt und sich zu den umliegenden Universitätsgebäuden hin öffnet. Zugleich demonstriert das neu entwickelte Konstruktionssystem seine morphologische Anpassungsfähigkeit zur Schaffung räumlich komplexer Strukturen.

Insgesamt zeigt dieser Forschungspavillon, wie die Wechselwirkungen zwischen Material, Form, Raum, Tragwerk und robotergesteuerter Fertigung zu innovativen Holzbauweisen führen kann. Der multidisziplinäre Forschungsansatz ermöglicht dabei nicht nur eine leistungsfähige und materialsparende Leichtbaukonstruktion, sondern erkundet auch neue räumliche und tektonische Möglichkeiten für die Architektur.

## **Adresse**

Keplerstraße 11-17  
70174 Stuttgart  
[www.uni-stuttgart.de](http://www.uni-stuttgart.de)

## **Bundesland**

Baden-Württemberg

## **Bauherrin**

Universität Stuttgart  
[www.itke.uni-stuttgart.de](http://www.itke.uni-stuttgart.de)

## **Wissenschaftliche Entwicklung und Projektleitung**

Simon Bechert, Oliver David Krieg, Tobias Schwinn, Daniel Sonntag

## **Konzeptentwicklung, Systementwicklung und Realisierung**

Martin Alvarez, Jan Brütting, Sean Campbell, Mariia Chumak, Hojoong Chung, Joshua Few, Eliane Herter, Rebecca Jaroszewski, Ting-Chun Kao, Dongil Kim, Kuan-Ting Lai, Seojoo Lee, Riccardo Manitta, Erik Martinez, Artyom Maxim, Masih Imani Nia, Andres Obregon, Luigi Olivieri, Thu Nguyen Phuoc, Giuseppe Pultrone, JasminSadegh, Jenny Shen, Michael Sveiven, Julian Wengzinek und Alexander Wolkow

## **Mit der Unterstützung von**

Long Nguyen, Michael Preisack und Lauren Vasey

## **In Zusammenarbeit mit**

Institut für Evolution und Ökologie, Fachbereich Evolutionsbiologie der Invertebraten - Prof. Oliver Betz  
Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Fachbereich Invertebraten-Paläontologie - Prof. James Nebelsick, Universität Tübingen

## **Fotos**

Universität Stuttgart

## **Baujahr**

2015-2016

## **Objektdaten**

Grundfläche: 85 m<sup>2</sup>  
Schalenoberfläche: 105 m<sup>2</sup>  
Anzahl der Module: 151  
Abmessungen: 11.5 x 9.5 m

Weitere Informationen:

[www.icd.uni-stuttgart.de](http://www.icd.uni-stuttgart.de)  
[www.itke.uni-stuttgart.de](http://www.itke.uni-stuttgart.de)



