

# **FORM and FORCE**

IASS Symposium 2019, Barcelona

MASTERSTUDIUM ARCHITEKTUR  
Tragwerke im Entwurf  
WS 2018/19

INSTITUT FÜR TRAGWERKSENTWURF  
Technische Universität Graz

# INHALTSVERZEICHNIS

Prolog	5
Common Multiple	7
Die Geschichte	
Die Konstruktion	
Rückblick und Ausblick	
Corn Structure Pavilion	13
Die Idee	
Die Struktur	
Gestern und Morgen	
ALiS	19
Der Entwurf	
Die Fügung	
Vergangenes und Zukünftiges	
Epilog	25
Sponsoren	26
Das Team	28

TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ

LEHRVERANSTALTUNGSBETREUER

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Andreas Trummer  
Dipl.-Ing Christoph Holzinger

MASTERSTUDENTEN ARCHITEKTUR

Katharina Scharler  
Mitja Bukovic  
Hannah Melzer  
Tonia Ludwig  
Jana Marie Rieth  
Lorenz Kastner



Prolog

## PROLOG

Die TU Graz hat im Rahmen der WG 21 (Working Group 21) „Advanced Manufacturing and Materials“ mit drei Teams an einem Wettbewerb zur Umsetzung eines Pavillons erfolgreich teilgenommen.

Die Projekte wurden auf der diesjährige Konferenz FORM and FORCE 2019 in Barcelona von der International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) und der gemeinsamen Konferenz über Textile und Aufblasbare Strukturen präsentiert.

Teil des Wettbewerbs war es, die innovativen Leichtbaustrukturen im Oktober 2019 mit einem wissenschaftlichen Konferenzpaper und im Rahmen einer Ausstellung „live im Maßstab 1:1“ zu präsentieren. Diese hochambitionierte Aktivität wurde durch das Institut für Tragwerksentwurf unterstützt. Sie erlaubte den Studierenden schon während der Ausbildung an einer international anerkannten, wissenschaftlichen Konferenzen aktiv teilzunehmen.



DETAILOUSSCHNITT

## COMMON MULTIPLE

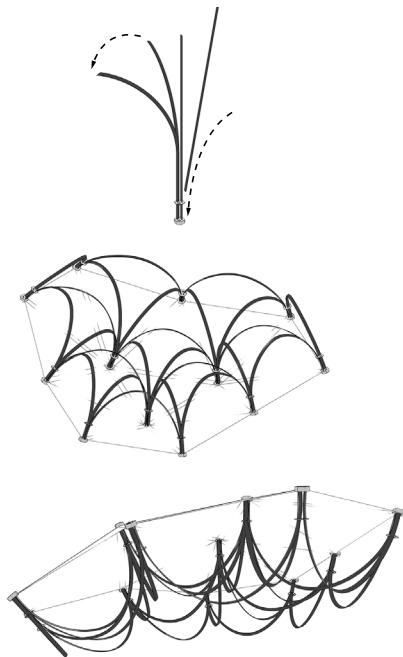
Katharina Scharler und Mitja Bukovic

Durch das Biegen eines grade gewachsenen Holzes wird die immanente Spannung aktiviert und dessen Stabilität erhöht. Dieses Phänomen kann bereits bei antiken Zeltstrukturen beobachtet werden. Intuitiv nutzte bereits das erste Papier Modell diese Technik. Seine Formensprache und dessen konstruktive Einfachheit setzten wir uns für den Wettbewerbsentwurf zum Ziel. Mit dem Grundsatz regional verfügbares Material zu verwenden, entstanden viele Versuche und Testbauten in einem kleinteiligen „bending-active“ System. Die Beanspruchung der Bauteile wurde maximiert, um den Materialverbrauch zu minimieren. Der Pavillon soll eine leichte und ebenso nachhaltige, wie visuell ansprechende low-tech-Struktur sein.

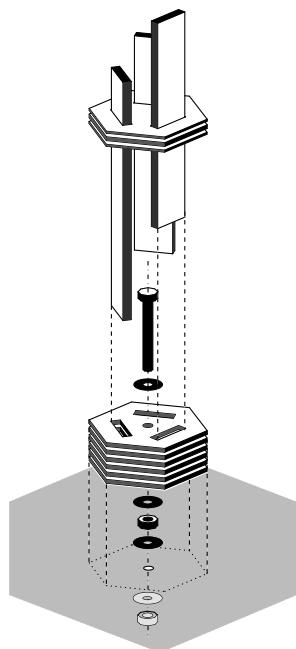
Der mehrschichtige Pavillon wird mit drei wesentlichen Bauteilen gebaut.

1. Activ-Bending Module: verbundene Buchenfunierstäbe deren Material immanente Spannung aktiviert wird: 17mm breite, 2,5 mm starke und 1000mm lange Buchenfunierstäbe.
2. Die auf Zug aktivierte Hülle: eine Membran aus 100% LENCINGtm Lyocell, auf Zellstoffbasis
3. Das Bindeglied der beiden Elemente: Aus Karton geschnittene Plättchen, die mit einer Sechskantschraube am Stoff in einem regelmäßigen Muster befestigt werden und die Holzstäbe lediglich durch Reibung und Zwang in Position halten.

## DIE GESCHICHTE



bending-active



low-tec konstruktion



papiermodell

## ENTWICKLUNG

Common Multiple

Die verschiedenen Prototypen und Materialien, von einem Papier-Faden-Modell über ein System von Fahrradbremskabel mit Lederknoten, Kartonscheiben, unterschiedliche Schnittmuster und Nähte verschiedener Stoffe - sie alle lehrten uns die wechselseitige Abhängigkeit der Elemente im System. Auch die Anordnung der gewölbten Module, in einem regelmässigen Dreiecksmuster, spielen eine wesentliche Rolle für die Aussteifung der Gesamtform. Die Entscheidung, eine Membran zu verwenden, anstelle einzelner Zugseile, stellte uns vor die Herausforderung, ein konventionelles Gewebe mit Kett- und Schussrichtung so zu manipulieren, dass dieses die Krafteinwirkung im Dreieck aufnehmen kann. So wurden Deltoide im Fadenverlauf zugeschnitten und neu vernäht.

Papiermodell. Die Grundidee des konstruktiven Systems beruht auf diesem eingeschnittenen Blatt Papier. Aufgefädelt entlang von drei Achsen wird, durch die Verkürzung der Eckpunkte, das sonst flache Material gewölbt.

Manipulierte Membran. Durch das Schnittmuster der aneinander genähten Deltoide und das Zusammenbinden der Knoten, wird die Membran zu einem statisch wirksamen Element.

Low-Tech Konstruktion. Die Buchenholzstäbe werden lediglich durch Reibung im Kartonknoten gehalten. Mit einer Schraube sind die Kartonplättchen an der Membran befestigt.

Bending-Active. Drei Funierstäbe ergeben ein gewölbtes Modul mit dreieckiger Grundfläche. Im Raster werden die Module mit einer Membran verbunden, welche die Vorspannung des Materials aufrecht erhält.

## DIE KONSTRUKTION

Common Multiple



PAVILLON - AUSSTELLUNG AUF DEM IASS SYMPOSIUM 2019

Common Multiple

10



Die Entwicklung lehrte uns: Den natürlichen Eigen-schaften des Holz muss bei der Verarbeitung in Form von Funier besondere Beachtung geschenkt werden. Bei der Veränderung eines Parameters im System müssen alle anderen Parameter adaptiert werden. Diese wechselseitigen Abhängigkeiten sind von essentieller Bedeutung bei der Planung dieses federleichten, simplen und nachhaltigen Pavillons. Im nächsten Schritt der Entwicklung wird versucht, die Membran und den Knoten zu vereinfachen, um einzelne Handgriffe vor Ort und somit Bauzeit einzusparen.

RÜCKBLICK UND AUSBLICK

Common Multiple

11



**DETAILAUSSCHNITT**

## **CORN STRUCTURE PAVILION**

Hannah Melzer und Tonia Ludwig

Als Architekturstudierende beschäftigen wir uns in unserem täglichen Leben mit dem Bauen.

Wie wir bauen. Was wir bauen. Womit wir bauen.

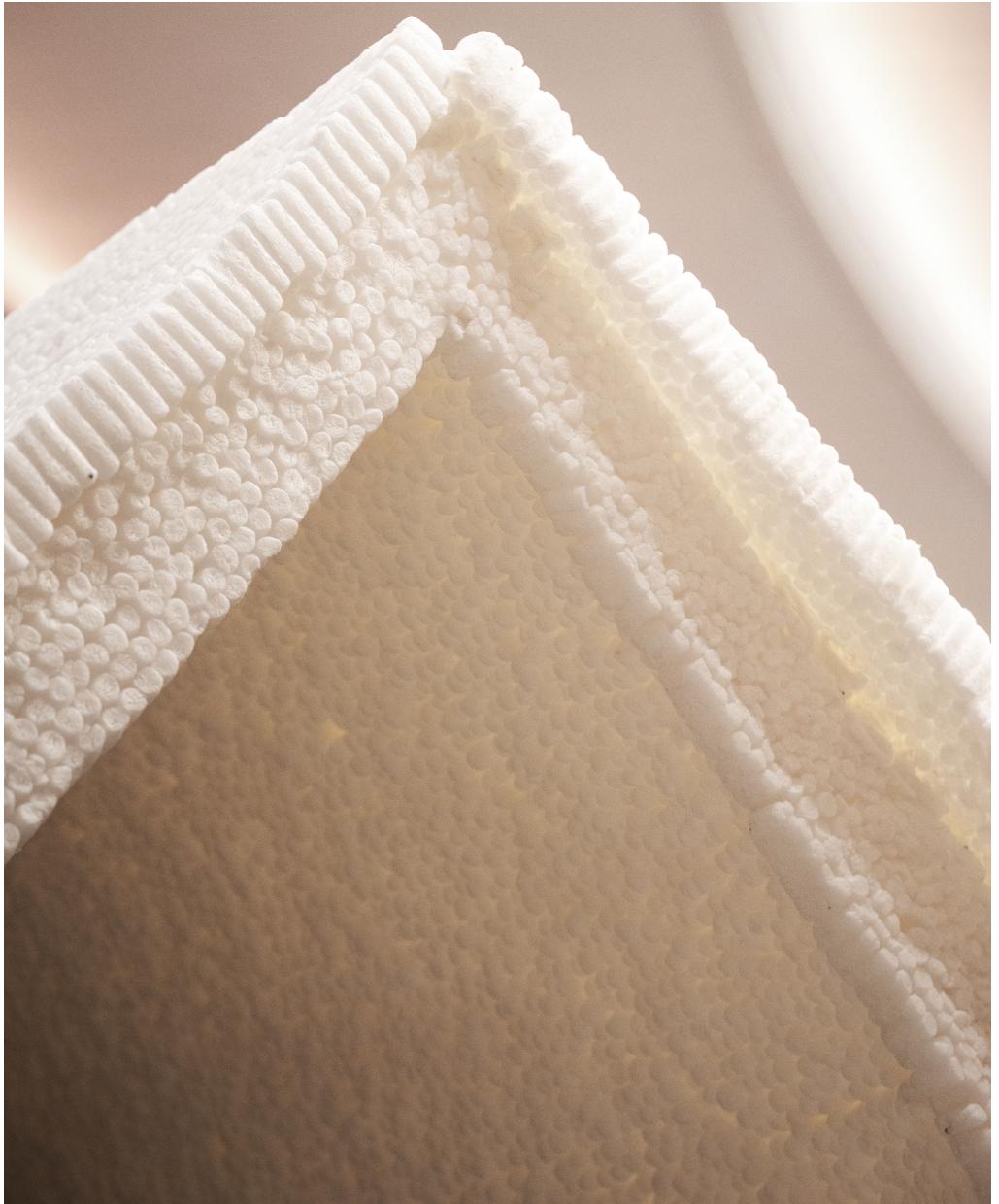
Die Materialien werden heutzutage immer wichtiger, da die Gesellschaft einen Punkt erreicht hat, an dem die Ressourcen knapp werden.

Der Frage, was mit dem Gebäude am Ende seines Lebenszyklus passiert, wird immer mehr Priorität eingeräumt. Der Entwurfsprozess geht über die Bau- & Nutzungsphase hinaus. Daher ist es für Architekten von entscheidender Bedeutung, über das Recycling ihrer Materialien nachzudenken.

Der Anlass mit einem alternativen Baustoff zu arbeiten, ging mit einem Designwettbewerb einher, bei dem die Entwicklung eines Pavillons in Leichtbauweise gefordert wurde. Der Umgang mit dem Baustoff und die Untersuchung seines Verhaltens bilden die Grundlage für die analoge Herangehensweise an den Entwurfsprozess.

Der Pavillon soll die Botschaft einer Arbeit mit einem alternativen Material akzentuieren. Um den zum Nachdenken anregenden Impuls zu unterstreichen, basiert das Design des Pavillons auf einer konventionellen Struktur, die normalerweise aus Stahlbeton oder Stein gebaut wird.

**DIE IDEE**



**DETAILAUSSCHNITT**

Corn Structure Pavilion

Die nachhaltige Materialpalette ist jedoch immer noch sehr begrenzt, was uns zur Verwendung eines eher unkonventionellen Materials führte. Die Hauptstruktur des vorgestellten Designs besteht aus Maisstärkeflips, die üblicherweise als Verpackungsmaterial verwendet werden. Maisstärkeflips sind ein Produkt, welches ohne Einschränkungen zu 100 Prozent biologisch abbaubar ist, da es aus Maisstärke, Wasser und pflanzlichen Extrakten besteht.

Der Entwurf zitiert die Form vierer Spitzbögen in Kombination mit einem Kreuzgewölbe. Die Gesamthöhe des Pavillons beträgt 2,20 m. Der Pavillon besteht aus ca. 300.000 Maisstärkeflips und ist 2,50 m x 2,50 m x 2,20 m groß. Insgesamt wiegt der Pavillon knapp neun Kilogramm. Die Konstruktion und Gestaltung des Pavillons soll die Machbarkeit der Arbeit mit Maisstärkeflips belegen. Die Struktur des Pavillons besteht vollständig aus Maisstärkeflips, was wiederum die Strategie widerspiegelt und den Ansatz einer Low-Tech Arbeit unterstützt. Der Bau eines Pavillons aus nur einem Material ohne weitere Verbindungselemente. Während der Entwicklung wurden verschiedene Verbindungsmöglichkeiten, sowie das Verhalten der Maisstärkeflips getestet. Aufgrund der Unerfahrenheit mit dem Material musste sein Verhalten durch praktische Arbeit untersucht werden. Dabei stellte sich heraus, dass Maisstärkeflips als raumbildende Elemente Schall sehr gut absorbieren können. Die Schlussfolgerung, dass das Verbinden der Flips ganz simpel durch Feuchtigkeit, nicht nur der einfachste, sondern auch der nachhaltigste Weg ist, unterstreicht den Gedanken des nachhaltigen Gebrauches von Materialien.

**DIE STRUKTUR**

Corn Structure Pavilion



PAVILLON - AUSSTELLUNG AUF DEM IASS SYMPOSIUM 2019  
ANERKENNUNGSPREIS FÜR NACHHALTIGKEIT

Corn Structure Pavilion

16

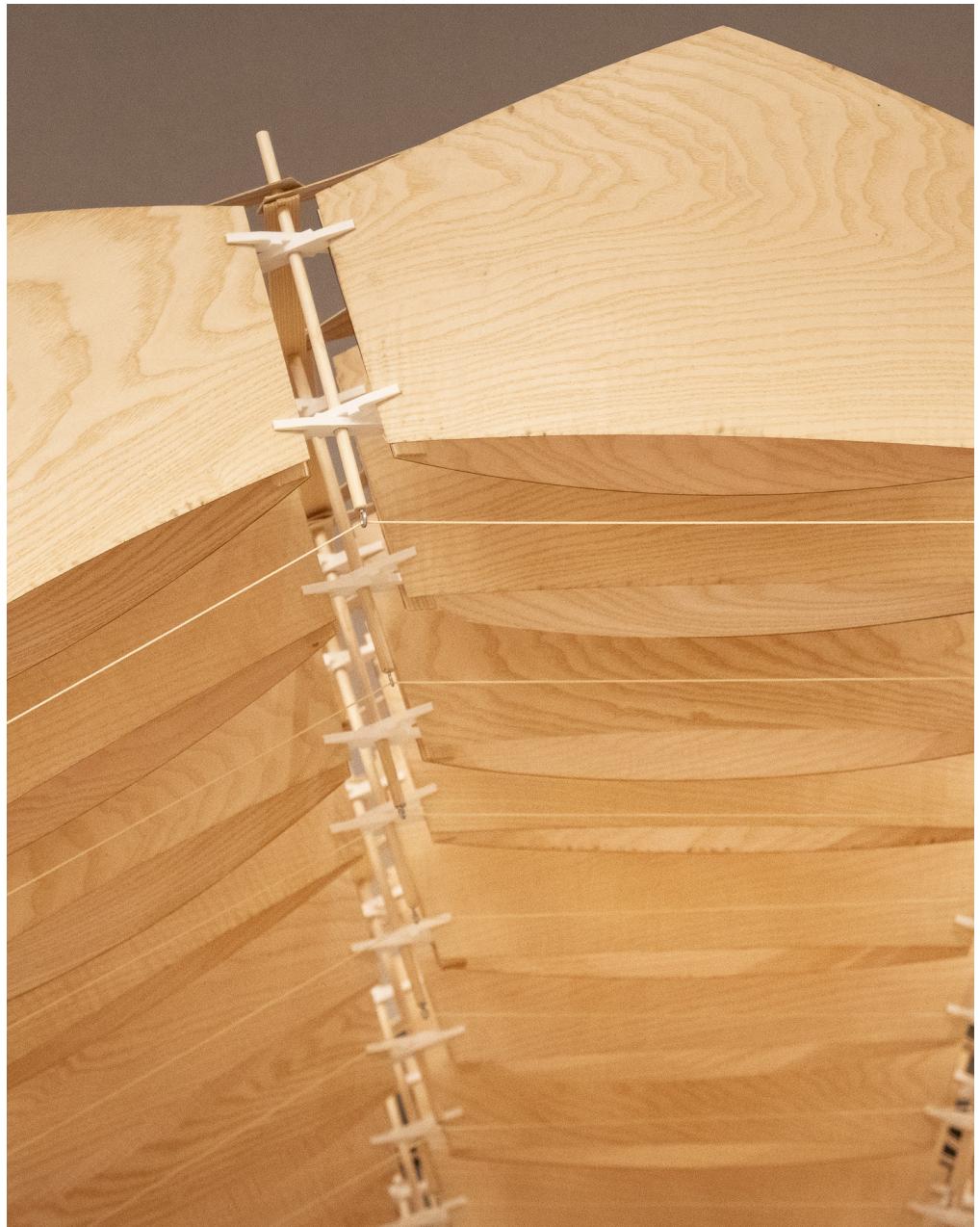


Die Arbeit mit einem eher unüblichen Material war sehr spannend und herausfordernd, da der Umgang mit dem Material ein intensiver Lernprozess für uns war. Die Motivation diese Herausforderung zu meistern, war von Beginn an sehr hoch, da der Denkanstoß zur Nachhaltigkeit, ein wichtiger Faktor ist. Das Projekt und auch die Arbeit mit dem Material hat uns gezeigt, dass wir immer wieder unseren Horizont erweitern müssen und nicht aufhören dürfen, uns nach anderen Materialien umzuschauen. Besonders nicht in diesen Zeiten des Umschwungs, wo auch die Nachhaltigkeit von Baumatierien eine immer wichtigere Stellung einnimmt. Die intensive Arbeit und schlussendlich auch der Erfolg, hat uns in unserer Denkweise gestärkt und die Neugier in uns geweckt, das Material weiter zu entwickeln.

#### GESTERN UND MORGEN

Corn Structure Pavilion

17



DETAILOUSSCHNITT

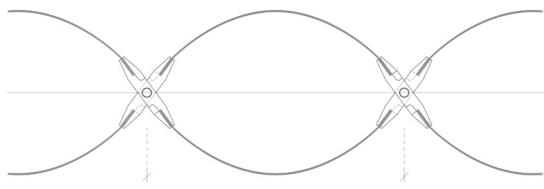
## ALiS

Jana Marie Rieth und Lorenz Kastner

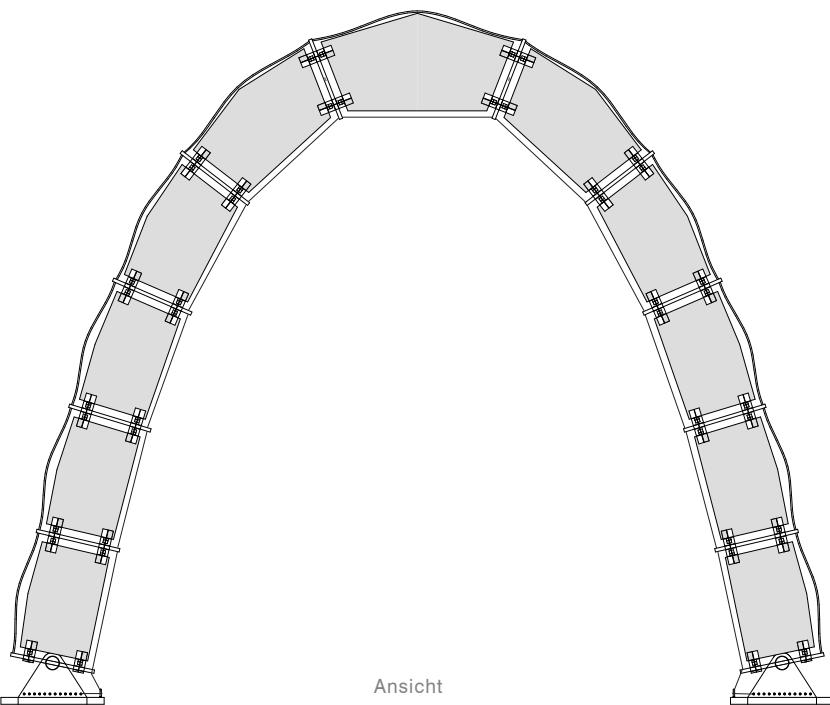
ALiS ist ein adaptives Leichtbautragwerk. Eine gezielte Formänderung ihrer Struktur ermöglicht es, auf veränderliche Einflussgrößen zu reagieren. Über ein Ansteuerungssystem wird die Vorspannung in den einzelnen Bogensegmenten kontrolliert, wodurch neben der Steifigkeit der Bewegungsstruktur auch der Öffnungsgrad variabel ist.

Das Tragwerk kann sich so an verschiedene Last bzw. Lichtsituationen anpassen. Der Entwicklungsprozess hin zu der finalen Struktur basiert auf dem Bauen einer Vielzahl an Prototypen in verschiedenen Maßstäben. Zunächst haben wir den Fokus auf eine funktionierende Gesamtstruktur gelegt, um in den nächsten Schritten von dieser Gesamtstruktur auf die Entwicklung und Optimierung der einzelnen Elemente zu gelangen. Zur Geometrieoptimierung und um Verformungen zu simulieren, wurde ein parametrisches Grasshopper Modell erstellt. Der finale Prototyp 4.0, welcher im Zuge des diesjährigen IASS-Symposiums präsentiert wurde, ist eine 4.00 m tiefe und 2.65 m breite pulsierende Bogenstruktur (Achsmaß) mit einer variierenden und lichten Durchgangshöhe zwischen 2.00 m und 2.15 m. Die Bestandteile des Prototyps lassen sich in drei Komponentengruppen gliedern: Die Komponenten der Tragstruktur selbst, die Auflagerkomponenten und die des Ansteuerungssystems.

## DER ENTWURF



kontrollierte Verformung durch Vorspannungsänderung

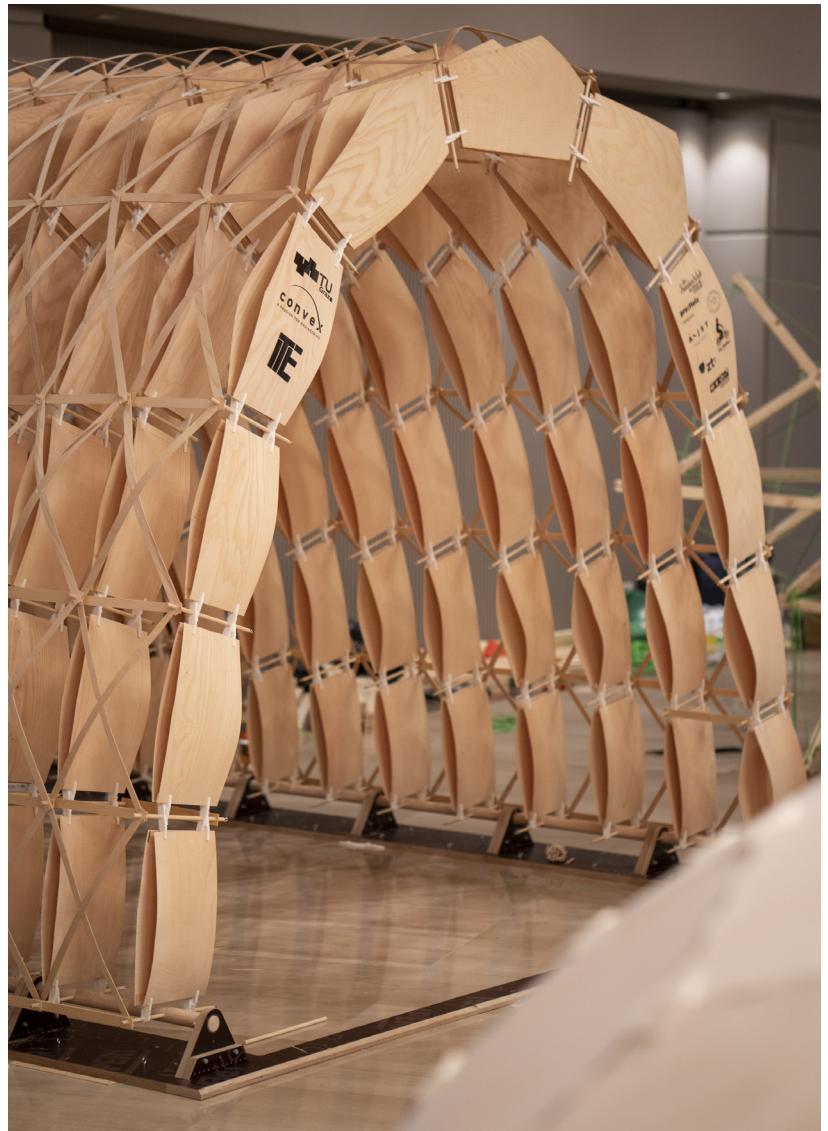


Ansicht

## ENTWICKLUNG

Die Tragstruktur besteht aus 12 aneinandergereihten Bögen, welche wiederum aus jeweils 11 Biegemodulen zusammengesetzt sind. Jedes Biegemodul besteht aus zwei 0.9 mm starken Eschenfurnierpaneelen, deren Elementlänge je nach Position im Bogen angepasst ist. Verbunden werden die Paneele über ein spezielles Knotenpunktssystem. Dieses Knotenpunktssystem besteht aus zwei 3D-gedruckten „Klammer“-Elementen, die auf einem 10 mm Rundstab gelenkig gelagert sind. Die Klammer gibt eine min. Auslenkung (22.5 Grad) und eine max. Auslenkung (90 Grad) vor. Das Kippen in horizontaler Richtung wird durch vorgespannt eingegebauten Auskreuzungen verhindert. Die 2 cm breiten und 0.9 mm bis 2.0 mm starken Eschenfurnierstäbe sind mittig verleimt und in ihrer Länge an das jeweilige Biegemodul angepasst. Das Gesamtgewicht der Tragstruktur beträgt nur ca. 25 kg. Pro Bogenseite ergibt sich die Auflagerkonstruktion aus sechs, miteinander verbundenen Elementen. Jedes Element für sich besteht aus einer CNC gefrästen Birkensperrholzplatte sowie zwei seitlich angeschraubten Auflagern, in welche ein 35 mm Kieferrundstab gesteckt wird. An jedem Rundstab sind zwei Bögen gelagert. Zur Ansteuerung der Struktur wurde ein robustes mechanisches Ansteuerungssystem entwickelt. Die Hauptbestandteile sind: Spannseil, Seilführung, Kurbelwelle und Antrieb. Die über ein Rennrad angetriebene Kurbelwelle generiert eine Auslenkung der Zugseile. Dies erhöht die Vorspannung in den Biegemodulen und führt zu einer gezielten Verformung der einzelnen Bögen. Die Kurbelwelle besteht aus 12 einzelnen Kurbeln, welche in 8 verschiedenen Positionen zueinander angeordnet werden können. Dadurch können unterschiedliche Verformungsbilder der Gesamtstruktur generiert werden.

## DIE FÜGUNG



## PAVILLON - AUSSTELLUNG AUF DEM IASS SYMPOSIUM 2019

### 1. PREIS



Die enorme Wichtigkeit des ressourcenschonenden Umgang mit Materialien, in Kombination mit der Nutzung neuer Bauweisen und Technologien wird in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Die Beschäftigung dieser beiden Aspekte in einer adaptiven Tragstruktur fordert und fördert unsere persönlichen Fähigkeiten von Beginn an. Durch die zahlreichen Diskussionen und Prototypen versuchten wir nicht nur eine adaptive Tragstruktur zu entwerfen, sondern auch ein Verständnis für die Funktionsweise der Gesamtstruktur und der Einzelkomponenten zu entwickeln. Das interdisziplinäre Team bestehend aus Architektur- und Bauingenieurstudenten hat gezeigt, welche Vorteile es hat, zunächst an der theoretischen Planung und anschließender praktischer Umsetzung miteinander zu entwerfen, zu planen und zu konstruieren.

## VERGANGENES UND ZUKÜNTIGES



Epilog

## EPILOG

Das ganze Jahr in einem Transporter

Angefangen hat alles mit einer Lehrveranstaltung. Jeder, der teilnahm, wusste nicht wirklich, was auf einen zukam. Wie gut würde man zusammenarbeiten? Man kannte sich von Vorlesungen, lief sich mal über den Weg. Dass man am Ende zusammen nach Barcelona fliegen würde, sich gegenseitig aus Motivationslöchern holt und bei der Preisverleihung für jeden Pavillon mitfiebert als wäre es sein eigener, hätte wohl niemand zu diesem Zeitpunkt gedacht. Ein Jahr. So lange gingen die theoretischen und praktischen Vorbereitungen. Für fünf Tage. Aufbau, Präsentation und Abbau. Auf dem Papier sind wir mit einer Anerkennung und dem 1. Preis zurückgekommen, aber gewonnen haben wir noch viel mehr. Kontakte, gemeinsame Erfahrungen, Freundschaften und Geschichten.

der  
Sandwichclub  
im MILD



zt:

TE

PlayMais®  
[www.playmais.at](http://www.playmais.at)

TU  
Graz

WKO  
Landesinnung Bau  
STEIERMARK



A J S T  
ORGANIC AND HANDCRAFTED  
STYRIAN PALE GIN

pro:Holz  
Steiermark

HOHEN  
SINN  
ARCHI  
TEKTUR

LOICK  
BIOWERTSTOFF GmbH

hechenblaickner  
Holz & Furniere

Lenzing  
Innovative by nature



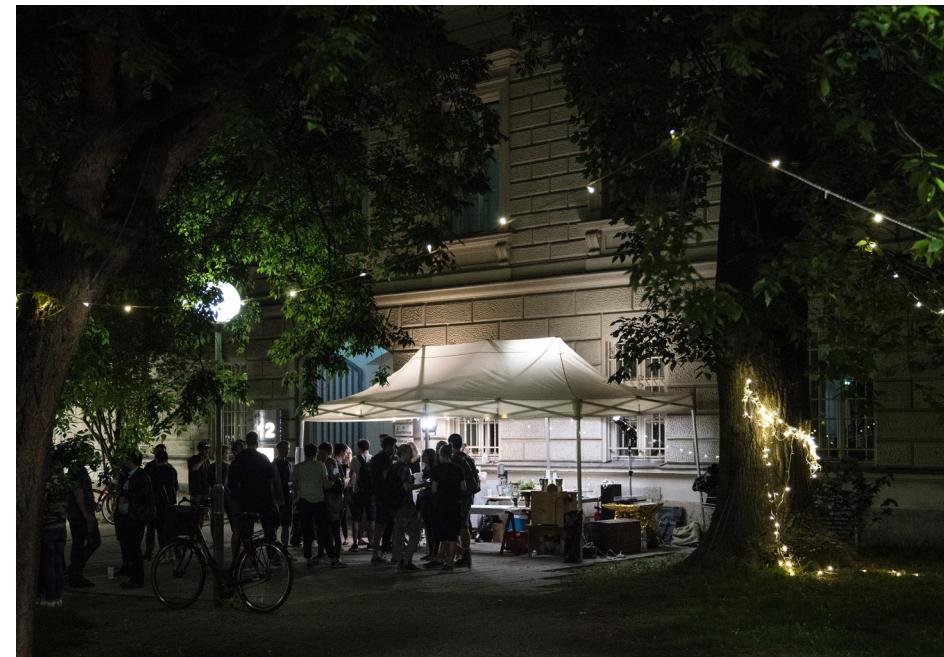
SATTLER

lignum  
study research engineering test center

Danke an alle Sponsoren, die uns tatkräftig unterstützt haben und uns die Teilnahme am IAASS Symposium 2019 in Barcelona ermöglicht haben.

## SPONSOREN

Sponsoring



Neben unsere Sponsoren haben wir über selbstorganisierte Spritzerstände Geld für unsere Pavillons gesammelt. Wir möchten uns bei unseren Professoren und unseren Lehrbeauftragten für ihren Beitrag und Mithilfe bedanken. Außerdem bedanken wir uns bei unseren Mitstudierenden, die uns in der ersten Phase des Projektes unterstützt haben: Nicolas Janisch, Hannes Petautschnig, Martin Schrotz, Franziska Maier, Theresa Littek, Vera Schabbon

## DANKSAGUNG

Sponsoring



1. Preis für ALiS



Anerkennungspreis für Corn Structure Pavilion

Ingesamt stellten 33 Pavillons auf dem IASS Symposium aus.

## PREISE

Team



Lorenz Kastner, Katharina Scharler, Jana Rieth, Tonia Ludwig,  
Hannah Melzer, Mitja Bukovic, Christoph Holzinger

## DAS TEAM

Team



Graz University of Technology  
Institute for Structural Design  
Technikerstraße 4  
8010 Graz  
+43 316 873 6211  
[tragwerksentwurf@tugraz.at](mailto:tragwerksentwurf@tugraz.at)

November 2019