

CARAPACKS

Pavillonentwurf
SoSe23

Prof. i. Vertr. Simon Vorhammer
Prof. i. Vertr. Dr. Ing. Jonas Schikore
Prof. Dr. Christina Jeschke
David Ott

SoSe 23



Projektbeschreibung

Carapacks ist das Ergebnis eines Design-Build-Projekts, das über mehrere Semester an der Architekturfakultät der Hochschule Biberach stattfand. Das Team um Simon Vorhammer, Dr. Jonas Schikore, Dr. Christina Jeschke und David Ott entwickelte ein Konzept, um beliebig gekrümmte Freiformflächen als doppelschalige Stecksysteme umzusetzen. Die Besonderheit des hexagonalen Systems besteht darin, dass alle Teile krümmungs- und torsionsfrei sind und lotrechte Schnittkanten aufweisen. Dadurch ist eine effiziente und kostengünstige Fertigung mittels 2,5-achsiger CNC-Laser- oder Wasserstrahlschneidetechnik gewährleistet.

Die Montage gestaltet sich unkompliziert und kann ohne den Einsatz schwerer Geräte und von versierten Laien durchgeführt werden. Die Bezeichnungen und Positionen sind in die Bauteile eingebettet. Dadurch können die geometrisch einzigartigen Platten mühelos und ohne die Notwendigkeit von Plänen zusammengesetzt werden - ähnlich wie bei einem Puzzle. Die Planarität erlaubt ein raumsparendes Stapeln. So passen zum Beispiel alle Einzelteile der im Folgenden gezeigten Konstruktionsstudie in die Kofferräume zweier Kombis.

Das digitale parametrische Modell ermöglicht es, verschiedene Eingangsparameter wie Gesamtform, Geschlossenheitsgrad, Schalenstärke und Größe der Segmente zu definieren. Dadurch lassen sich nahezu instantan fertigungsreife Bausätze für unterschiedlichste Ausgangsgeometrien erzeugen.

Zur Erprobung der Steckmechanik wurde im Sommer dieses Jahres ein Pavillon im Maßstab 1:1 aus 592 Holzelementen an der Hochschule errichtet. Nach einer Standzeit von etwa sechs Wochen wird dieser demontiert, um im nächsten Jahr an anderer Stelle auf dem Campus wieder aufgebaut zu werden.

Das System ist nicht auf Holzpavillons beschränkt, sondern könnte auch auf Überdachungen und Fassaden übertragen werden. Die Materialbeständigkeit kann durch die Wahl von Holz für den Außenbereich oder die Verwendung anderer wetterfester plattenförmiger Materialien sowie Holzbehandlungen gewährleistet werden. Regendichtigkeit könnte durch eine zusätzliche, außen liegende, transparente Hülle, z.B. aus ETFE, hergestellt werden.

Konzept, Planung
und Fertigung

Prof. i. Vertr. Simon Vorhammer
Prof. i. Vertr. Dr. Ing. Jonas Schikore
Prof. Dr. Christina Jeschke
David Ott

Montage

Alexandra Palesch
Jürgen Pröll
Fabienne Neuf
Katy Guth
Kira Kortländer
Yusuf Cosgun
Lara Wingefeld
Florian Gärtner
Berkay Mutlu

Mit freundlicher
Unterstützung von

Ackermann GmbH
■■■■

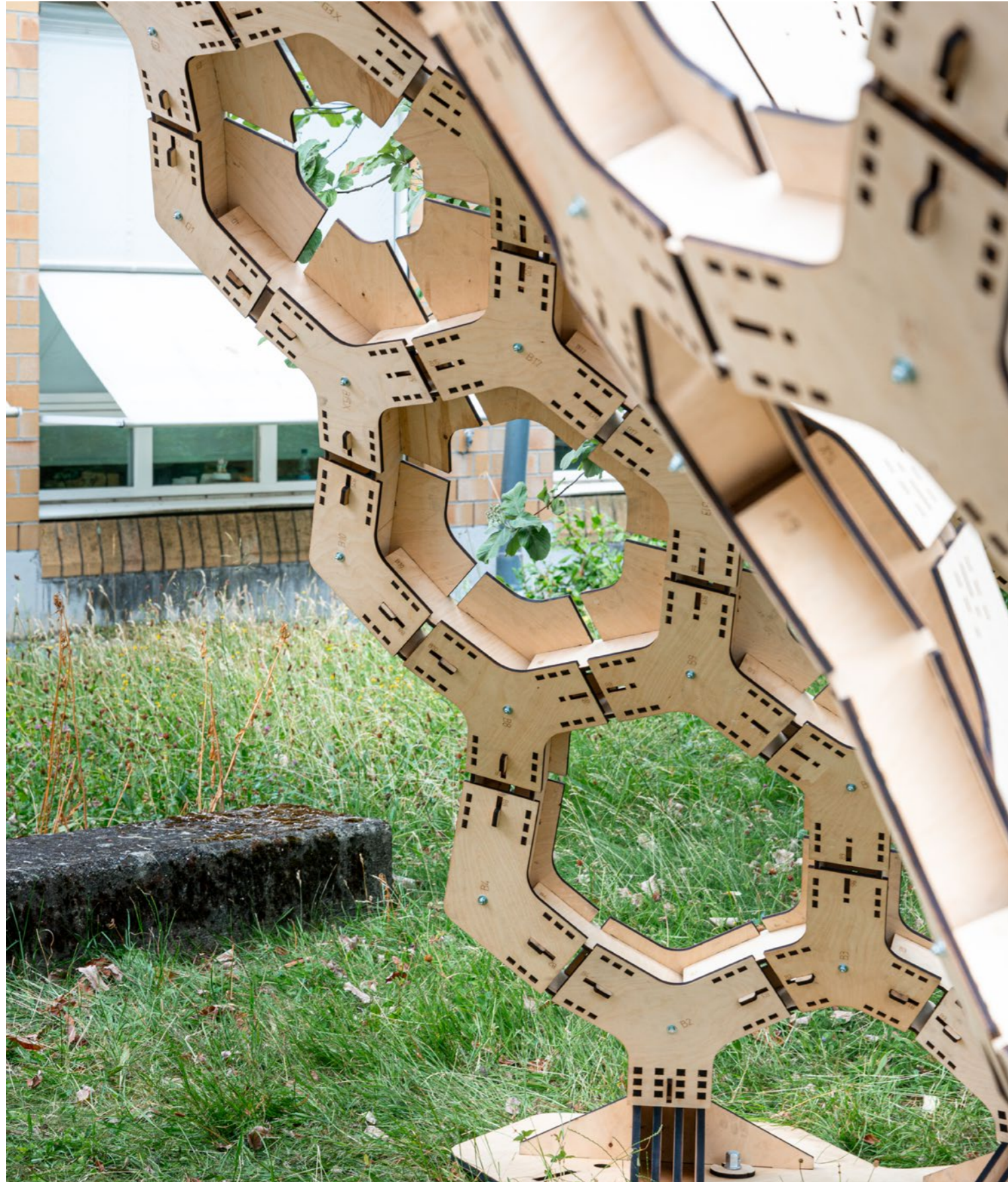
FAUST LINOLEUM

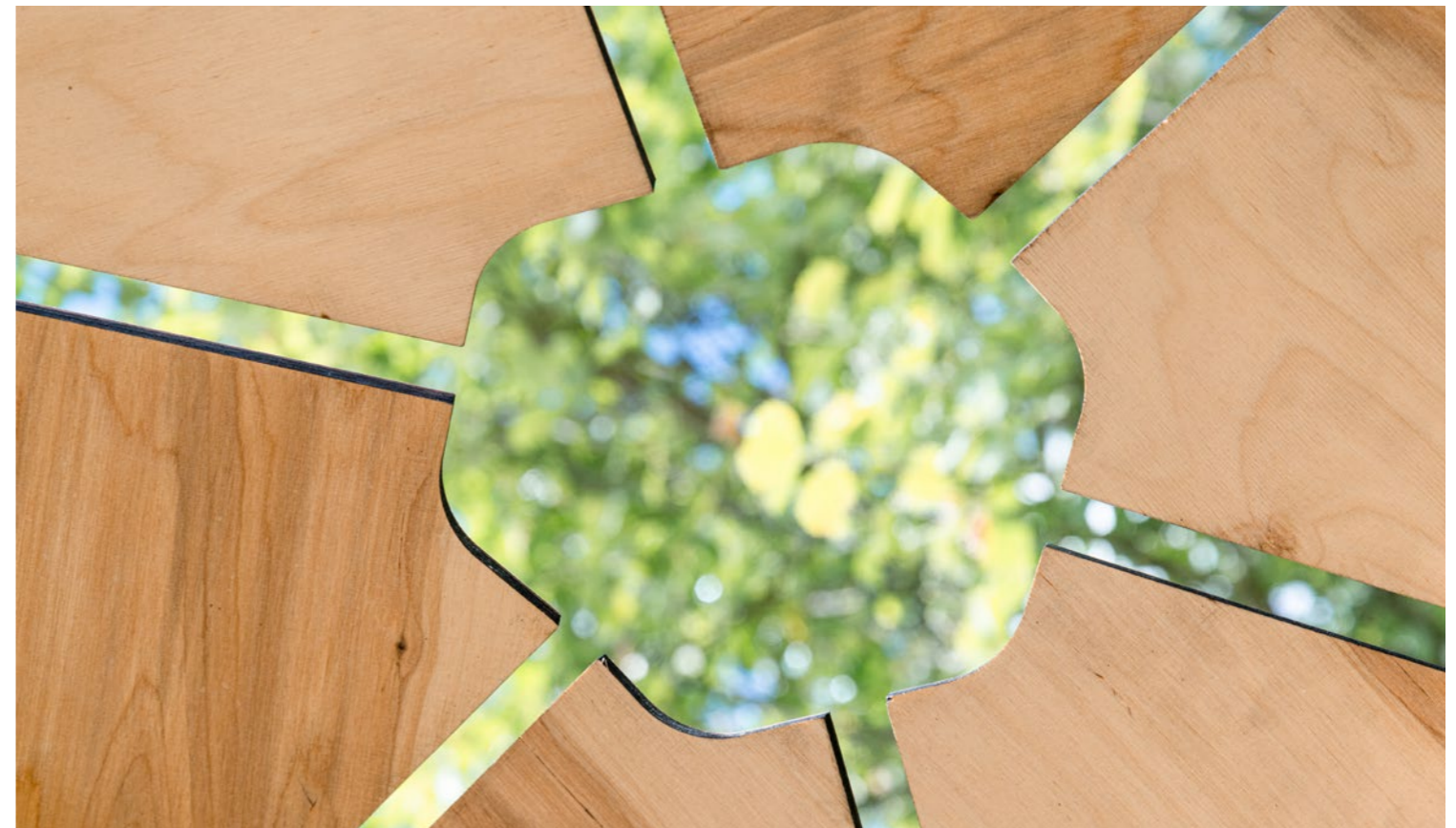
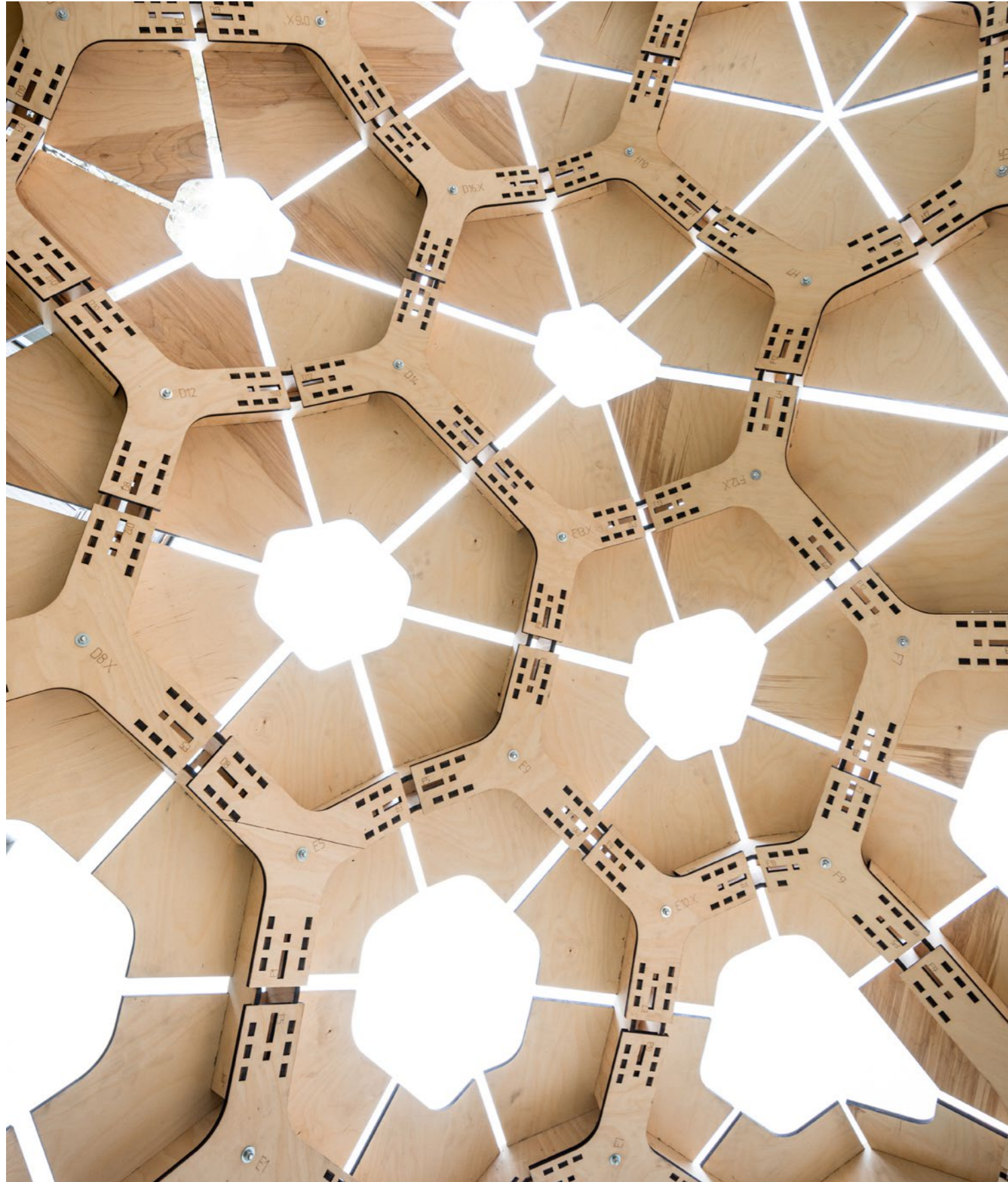
MAURER
Holzwerkstoffe

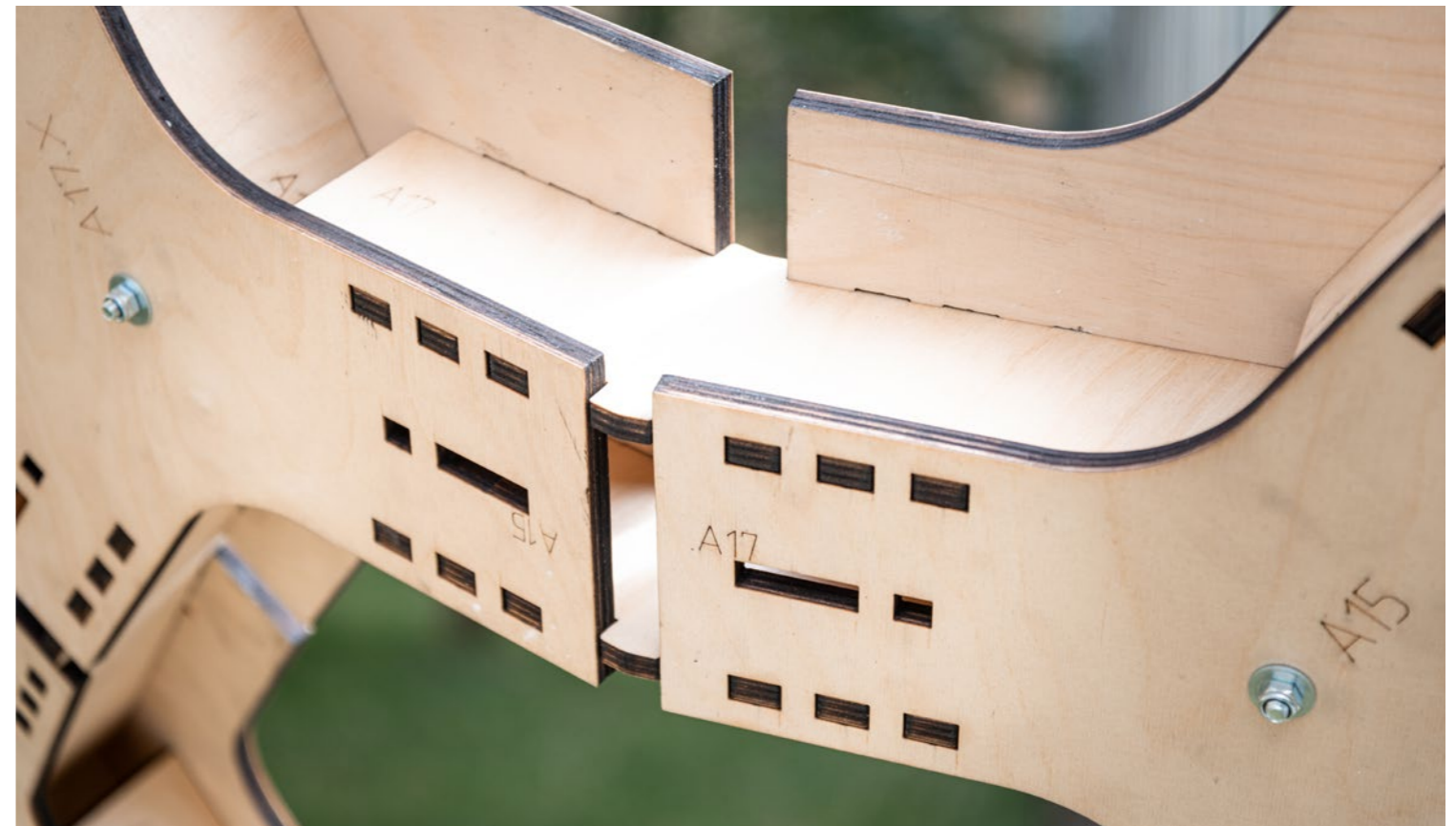






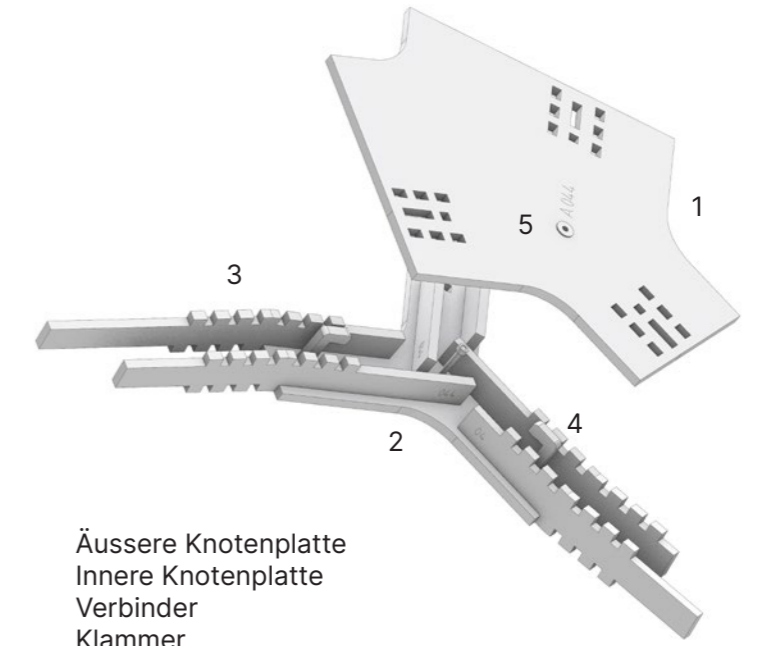
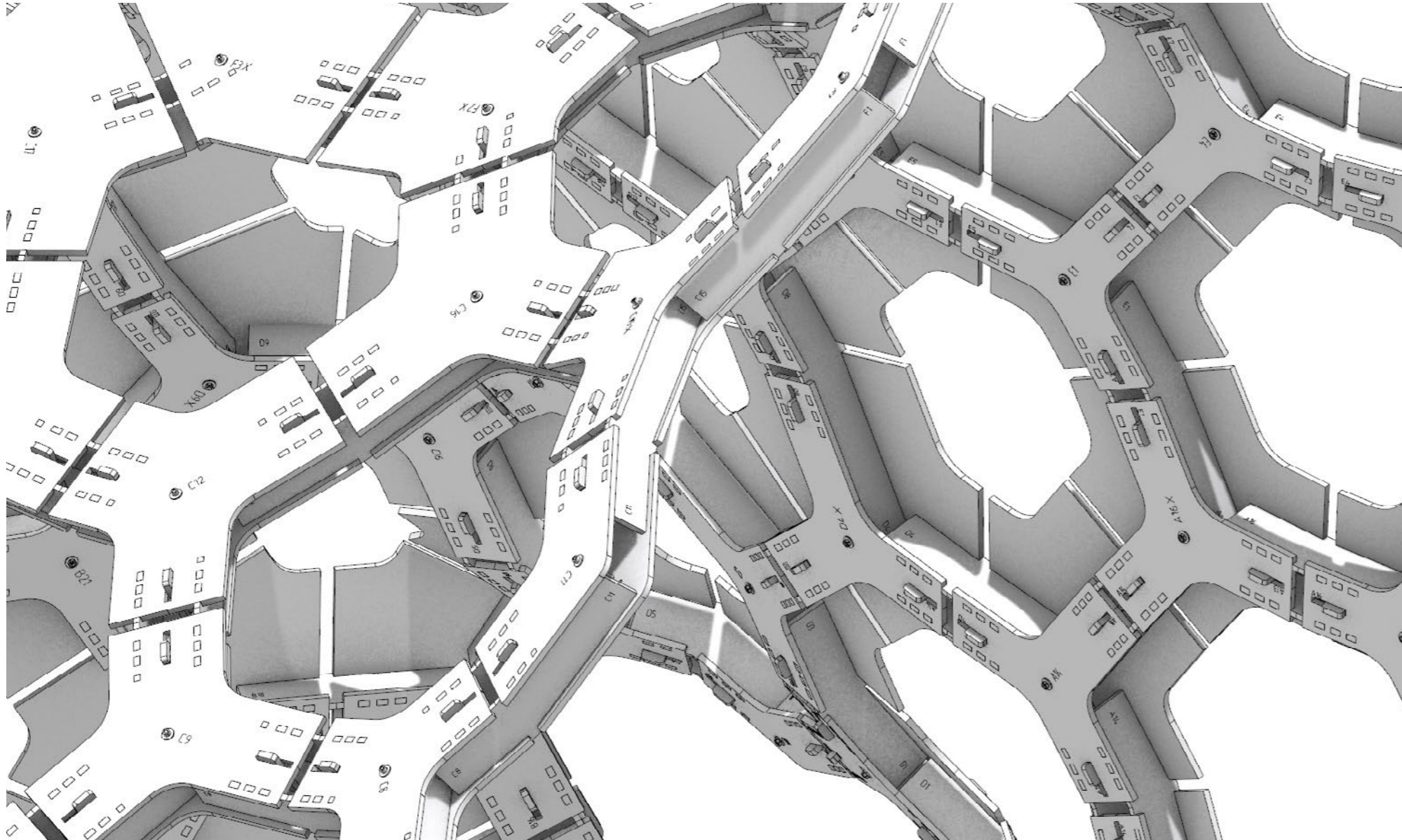




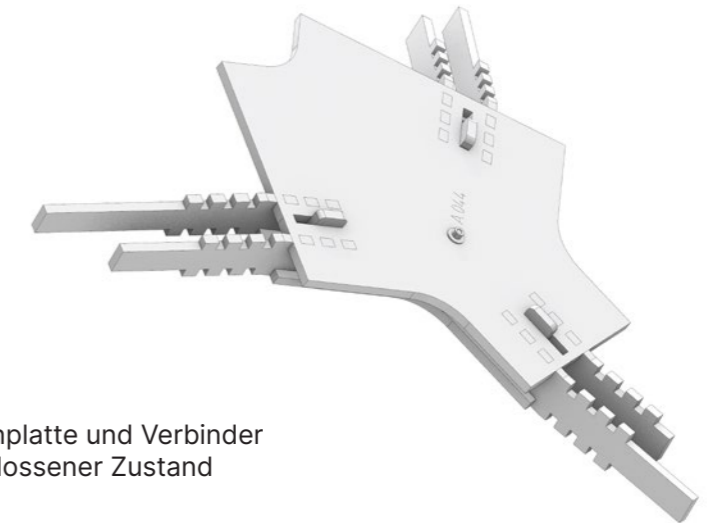




Stecksystem



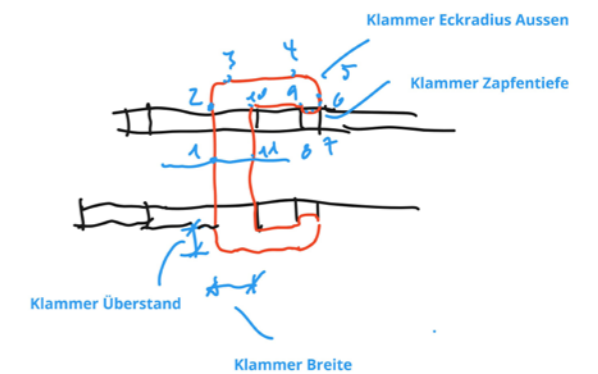
- 1 Äussere Knotenplatte
- 2 Innere Knotenplatte
- 3 Verbinder
- 4 Klammer
- 5 Sechskantschraube



Knotenplatte und Verbinder
Geschlossener Zustand

Die digitale Freiformfläche wird zuerst in trilaterale Zellen unterteilt. Die darauf folgende Konstruktion umfasst sternförmige Knotenplatten sowohl oberhalb als auch unterhalb der Fläche, welche die Teilflächen dieser planaren Zellen darstellen. Diese Knotenplatten sind durch spezielle Verbinder miteinander verbunden, die eine Aufnahme der Winkeländerungen senkrecht

zur Flächenebene gewährleisten und eine robuste, belastbare Verbindung gewährleisten. Die Fixierung und Stabilisierung dieser Verbindung erfolgt mittels einer zentralen Schraube, welche die beiden Knotenplatten fest aneinanderpresst, während zusätzliche Holzklammern eingesetzt werden, um eine unerwünschte Deformation der Knotenplattenschenkel zu minimieren.

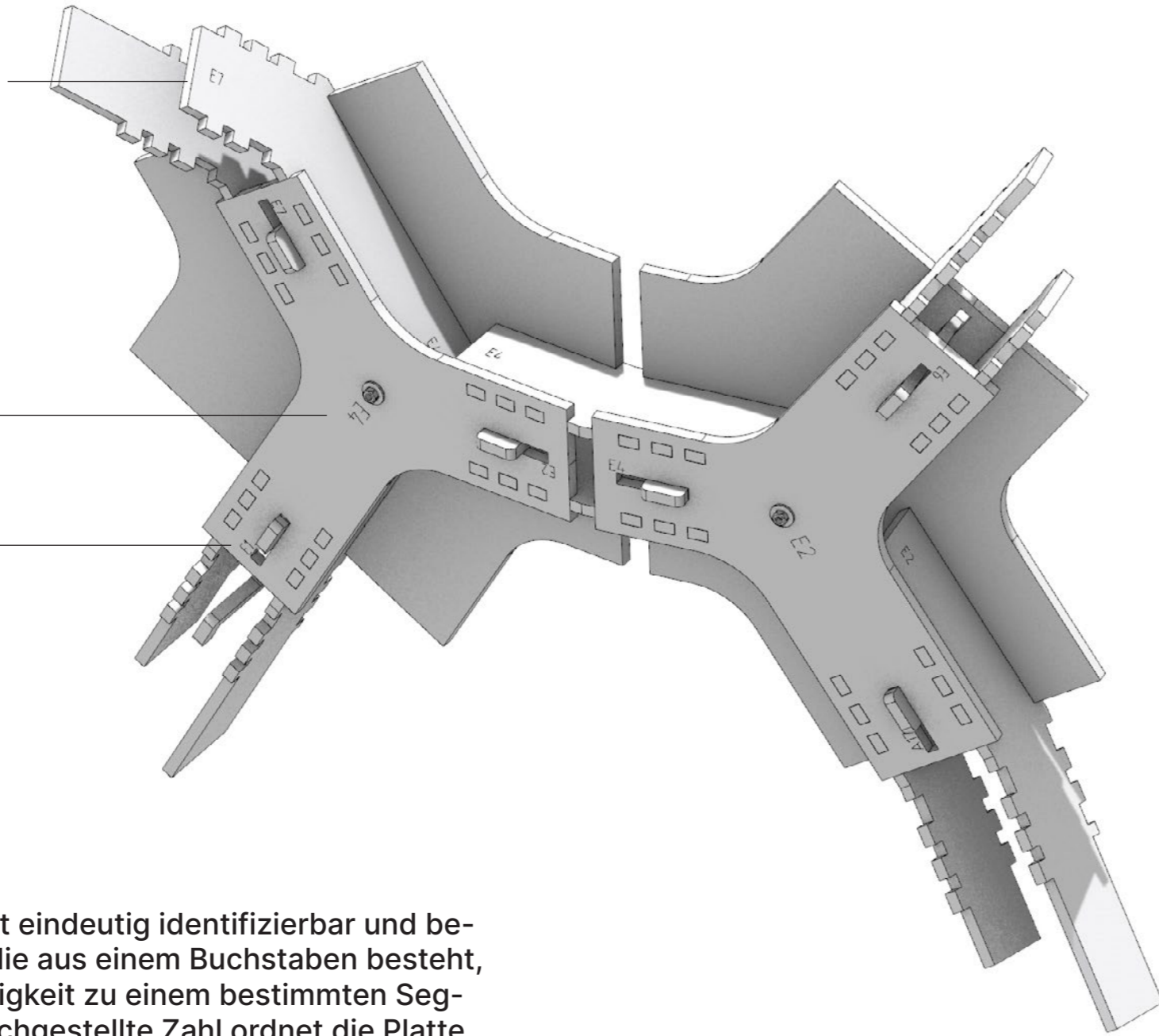


Benennungssystematik

Kennung der Nachbar-
knotenplatte auf Verbinder

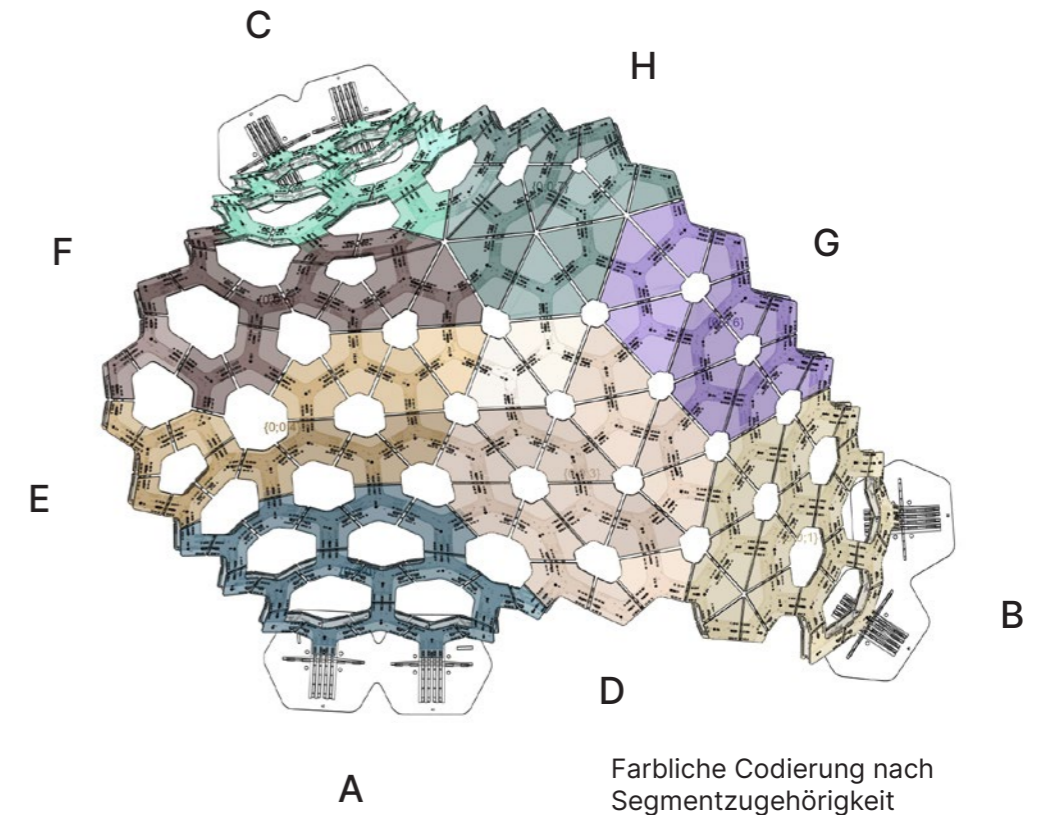
Hauptkennung auf
innerer Knotenplatte

Nachbarkennung auf
innerer Knotenplatte

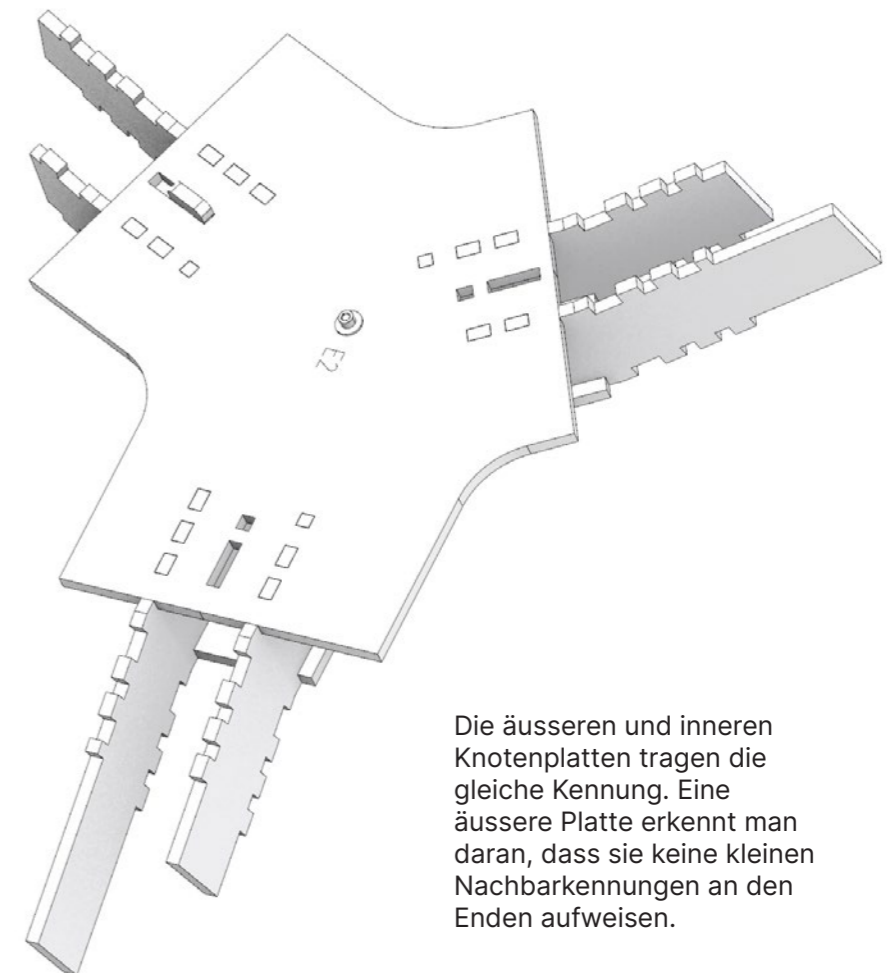


Jede Knotenplatte ist eindeutig identifizierbar und besitzt eine Kennung, die aus einem Buchstaben besteht, welcher die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Segment angibt. Eine nachgestellte Zahl ordnet die Platte basierend auf ihrer vertikalen Position in aufsteigender Reihenfolge mit einer laufenden Nummer. Die inneren Knotenplatten sind an ihren Enden mit den Kennungen der benachbarten Knotenplatten versehen, wodurch eine Zuordnung ohne separate Listen oder Pläne ermöglicht wird. Die Verbindungsstücke tragen ebenfalls die Kennung der dazugehörigen Knotenplatten.

Ferner wird eine Hauptkennung durch das Hinzufügen eines "X" erweitert, um Knotenplatten zu kennzeichnen, die am Rand eines Segments liegen. Diese Platten werden erst während des Verbindungsprozesses der vormontierten Segmente eingesetzt.

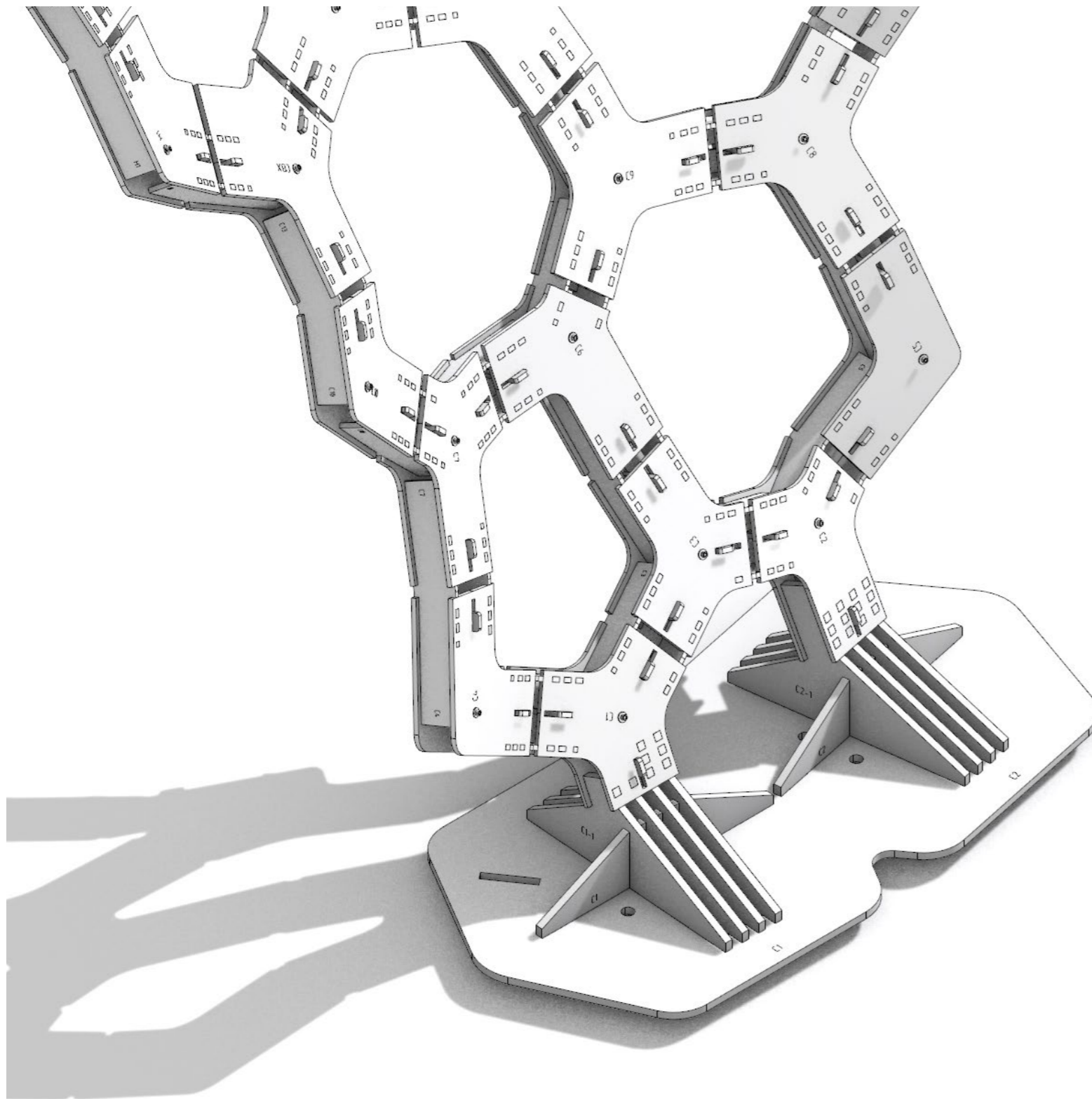


Farbliche Codierung nach
Segmentzugehörigkeit

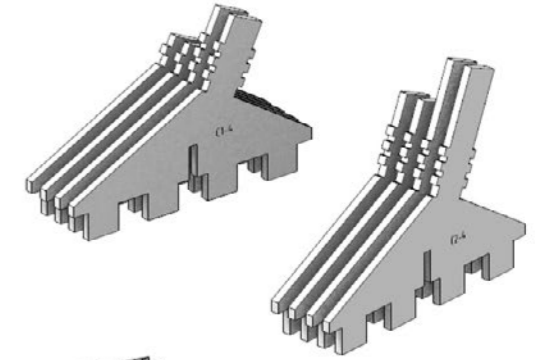


Die äusseren und inneren
Knotenplatten tragen die
gleiche Kennung. Eine
äussere Platte erkennt man
daran, dass sie keine kleinen
Nachbarkennungen an den
Enden aufweisen.

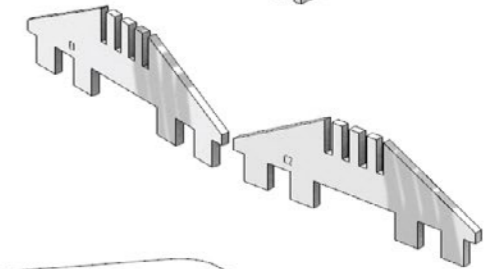
Auflager



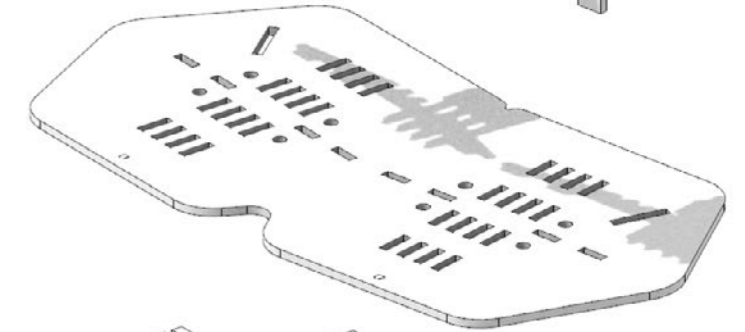
Auflagerverbinder



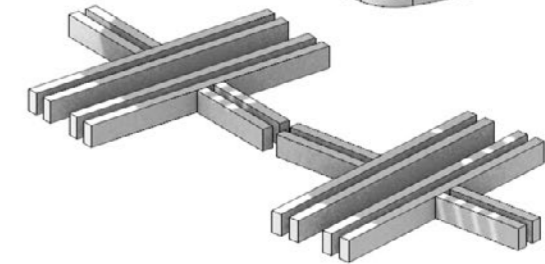
Auflagerquerverbinder



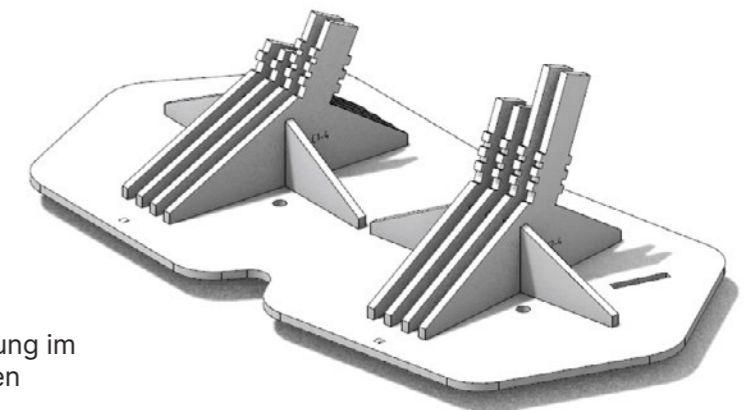
Auflagerplatte



Hartholzprofile

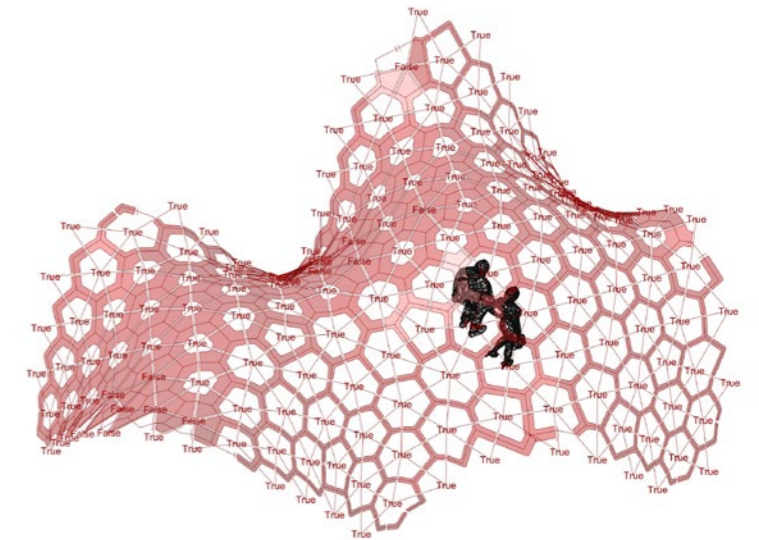
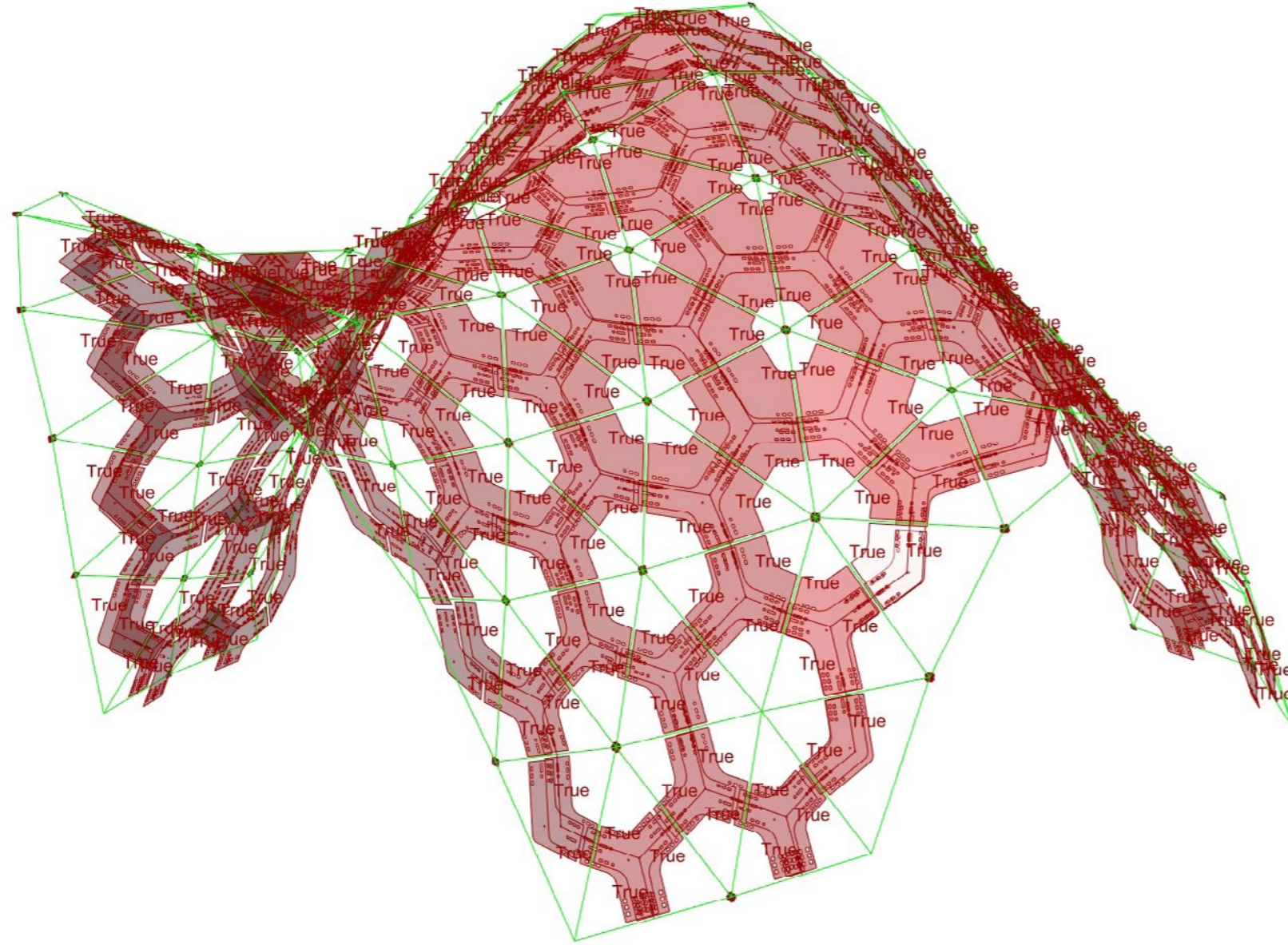


Montiertes
Auflager



Bohrlöcher für Verankerung im
Boden über Erdschrauben

Parametrisches Modell

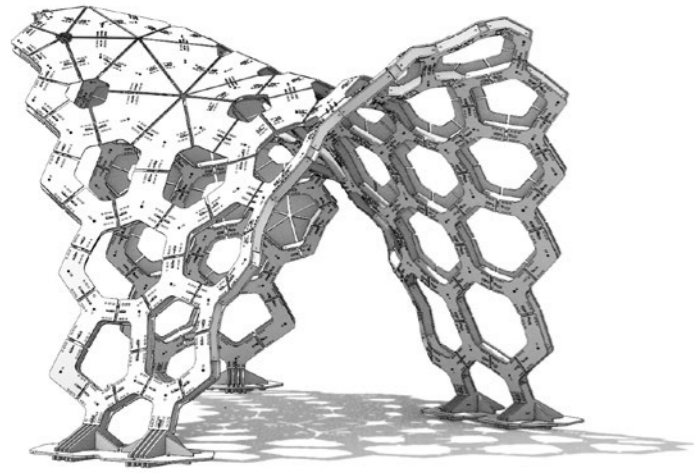


Für die Planung wurde ein parametrisches Modell erstellt. Jede Veränderung eines Parameters führt zur automatischen Generierung eines präzisen 3D-Modells, wodurch ein manuelles Modellieren

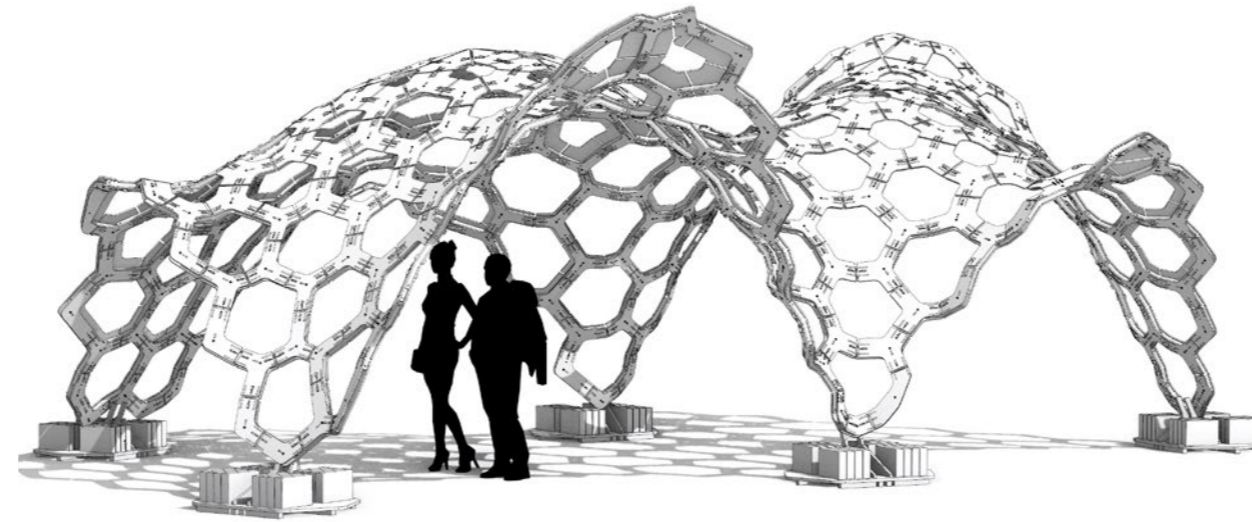
überflüssig wird. Die Freiformfläche nimmt hierbei eine besondere Rolle unter insgesamt 45 Eingangsparametern ein, die gemeinsam die Form aller Teile definieren.

Die Abbildung zeigt das Ergebnis auf einer größeren Freiformfläche mit geänderten Parametern für die Öffnung der Elemente.

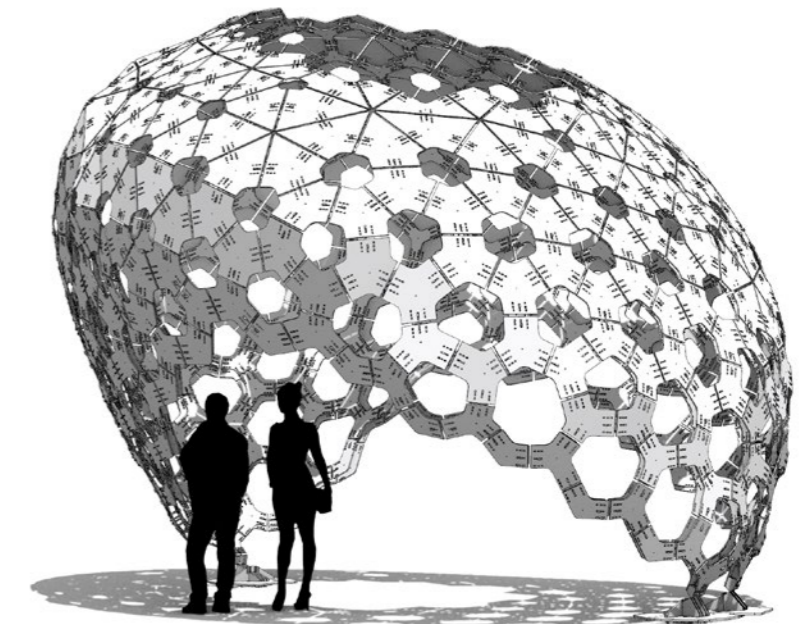
Formvarianten



01 Anzahl Teile: 592
Gewicht: 152 kg



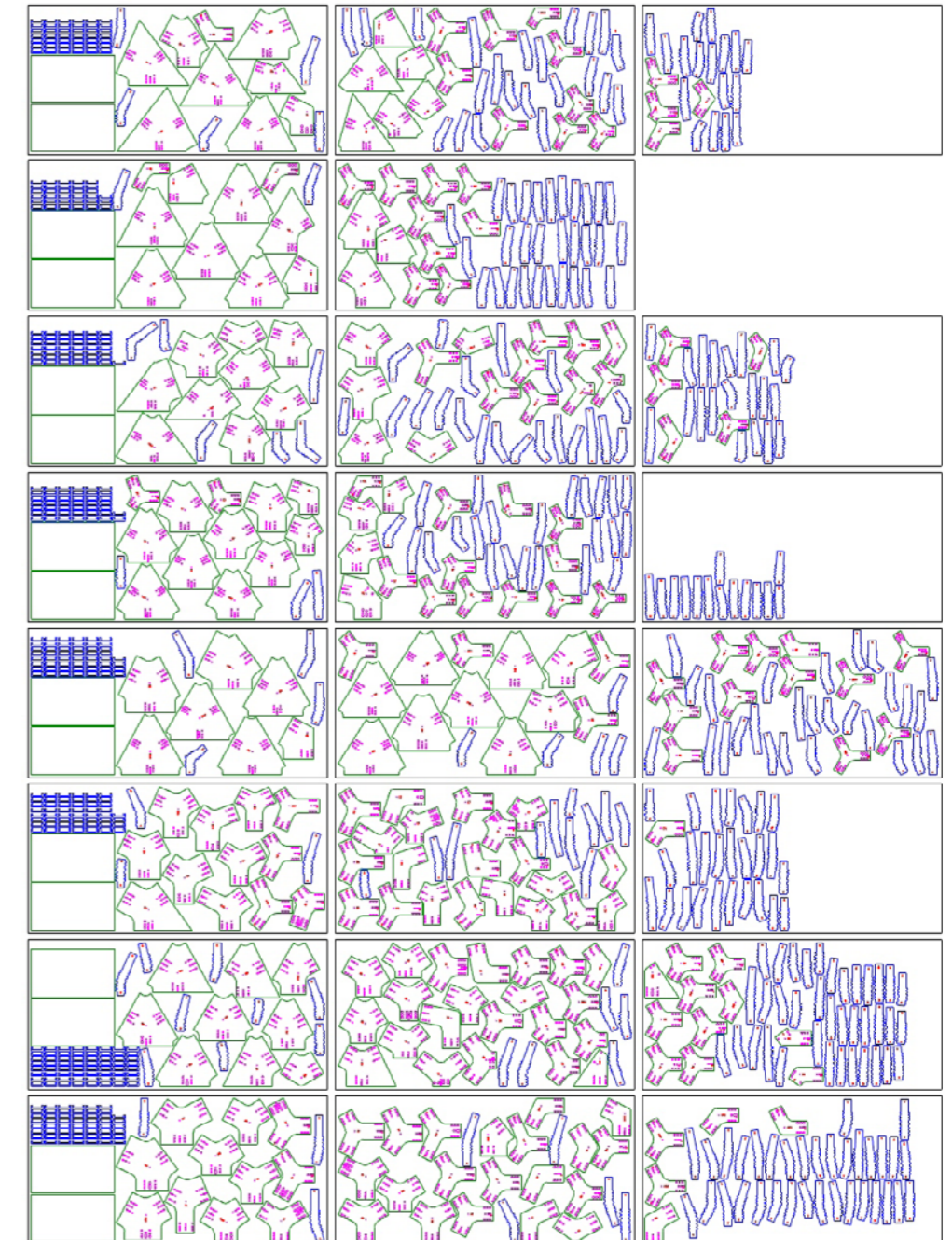
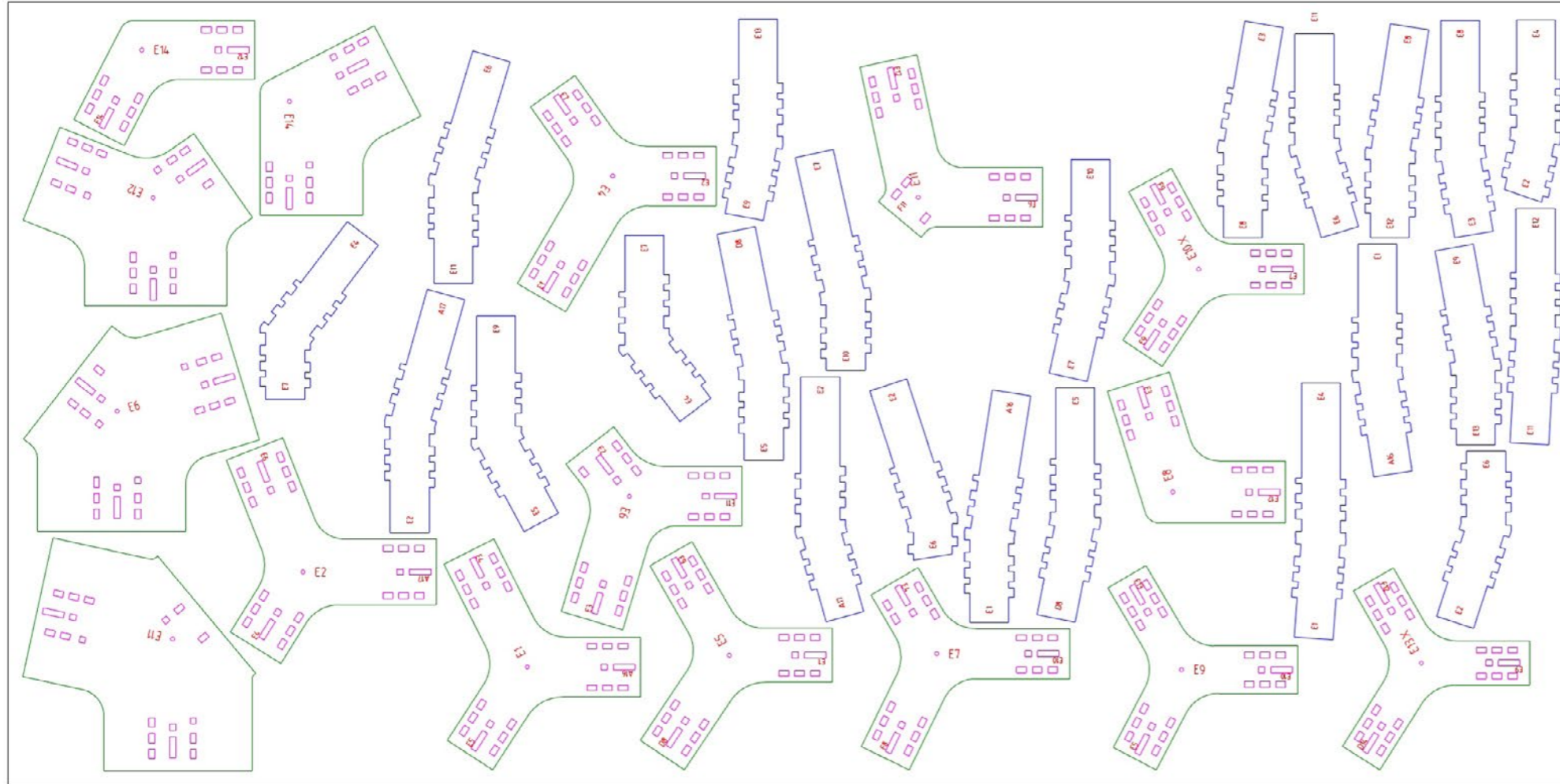
02 Anzahl Teile: 908
Gewicht: 233 kg



03 Anzahl Teile: 1858
Gewicht: 482 kg

Zusätzlich zur Festlegung geometrischer Eigenschaften wie Plattengröße, Schalenabständen, Stegbreiten und Öffnungsgraden ermöglicht das System die nahezu sofortige Generierung von "Bausätzen" für unterschiedliche Anwendungen, Formen und Größen.

Fabrikationsdaten



Neben der räumlichen Repräsentation der Teile, welche hauptsächlich zur Visualisierung dient, werden zusätzlich alle Bauteile als Konturlinien auf Platten mit handelsüblicher Größe verschnittoptimiert platziert, um sie direkt für die Produktion verwenden zu können.

Darstellung aller 592 Teile, genestet auf Platten mit Abmessungen 2500 x 1250 mm.

Tragverhalten

Die räumliche Form des Carapacks gleicht auf einer umgekehrten Hängeform. Hierdurch werden Biegemomente um tangential Stabachsen im Eigengewichtszustand größtenteils vermieden. Die Gitterstruktur trägt Lasten vorwiegend in ihrer Flächenebene über Druckkräfte ab. Die doppelt gekrümmte Flächengeometrie fördert dabei das Schalentragverhalten der Struktur, unabhängig von der Lastsituation.

Das hexagonale Gitterlayout geht dabei mit Biegemomenten um lotrecht zur Fläche orientierte Stabachsen einher. Abbildung 1 zeigt diese Biegemomente qualitativ an einer hexagonalen Einheitszelle (a) und an der Gesamtstruktur (b). Im Bereich der Auflager treten analog zu den erhöhten Druckkräften entsprechend höhere Biegemomente auf als in den oberen Schalenbereichen. Auf diese Beanspruchung wird mit einer parametrisch organisierten Dimensionierung der Stabbreiten reagiert. Als Teil der computergestützten Planung werden die inneren Kräfte aus Eigengewicht und Wind ausgewertet und entsprechende Stabbreiten angesetzt (c), welche automatisiert bis in die Produktionsdateien einfließen.

Die Planung des Carapacks integriert neben konstruktiven und nutzerspezifischen Merkmalen auch die statische Analyse und Dimensionierung in einem geschlossenen, digitalen Planungsworkflow.

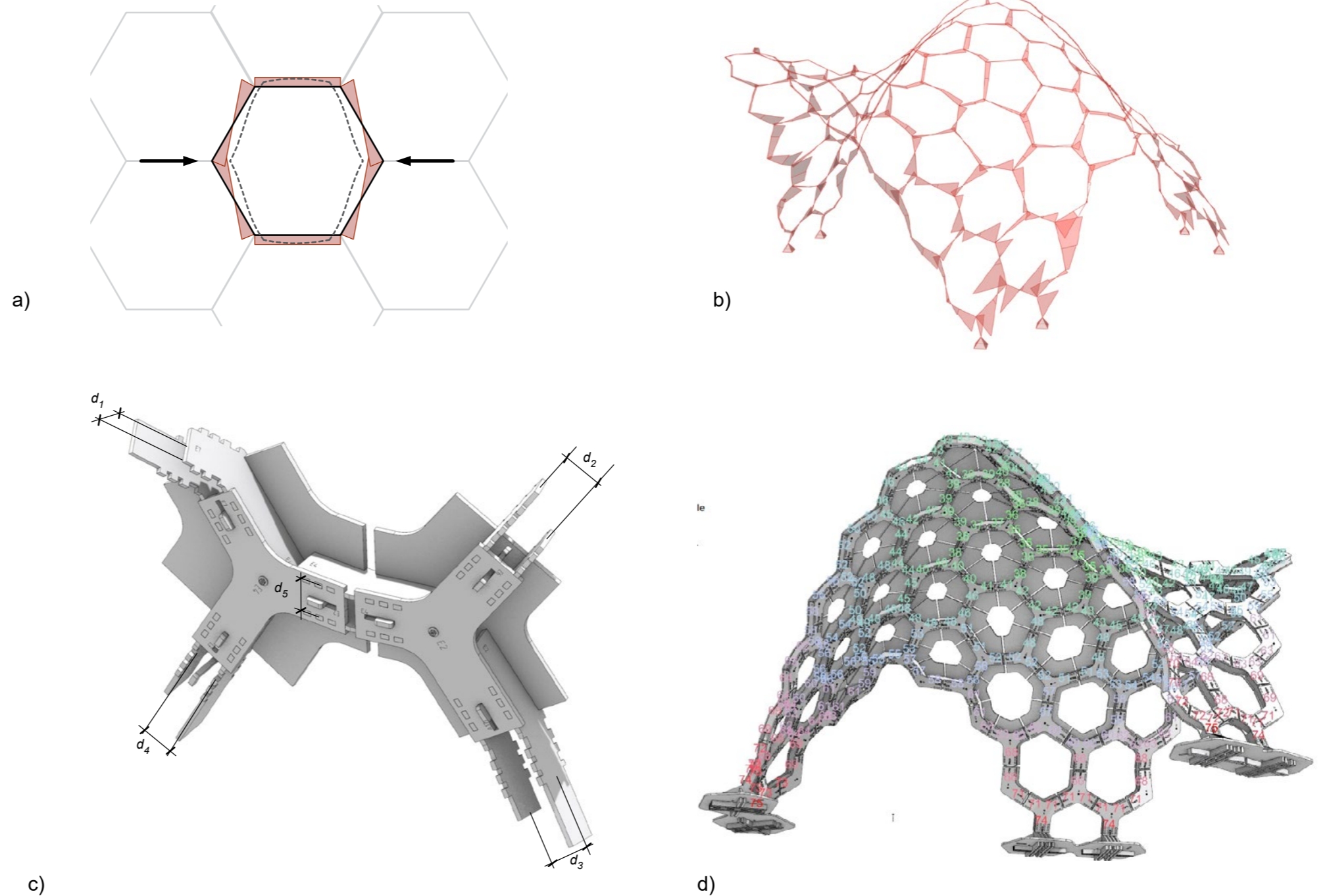
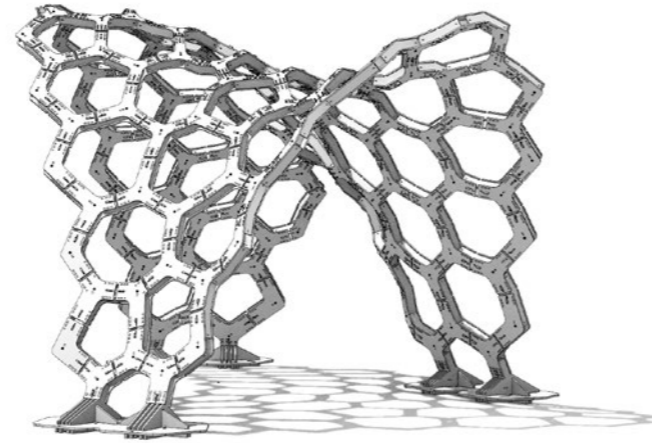


Abbildung 1) Biegung in der Gitterebene: a) Schematischer Verlauf der Biegemomente M_z und Verformungsfigur (gestrichelte Linie) an einer Einheitszelle, b) Biegemomente qualitativ in der Gesamtstruktur, c) Individuelle Stabbreiten „d“ als Ergebnis einer parametrisierten Dimensionierung am Element, d) Individuelle Stabbreiten an der Gesamtstruktur

Äussere Lage

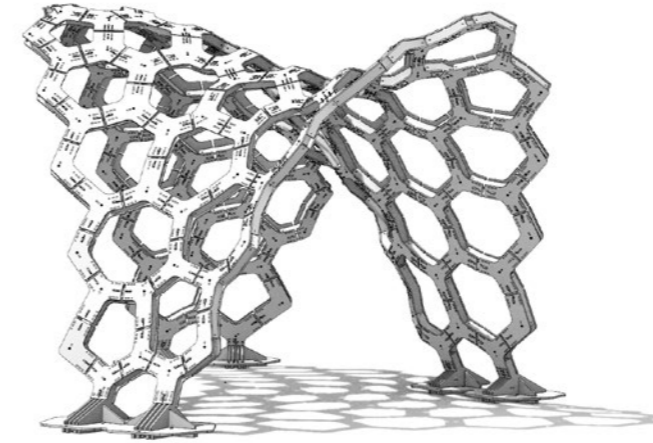


Der Grad der Geschlossenheit der äusseren Lage kann wahlweise in Abhängigkeit zur vertikalen Position oder in Abhängigkeit zu einem frei wählbaren Vektor gesetzt werden. Die resultierende Stegbreite unterschreitet dabei nie den Wert der korrespondierenden unteren Knotenplatte.



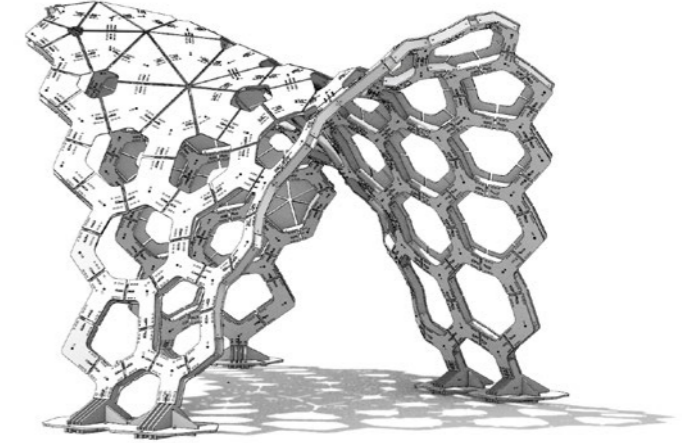
01

Geschlossenheitsgrad Unten: 0 %
Geschlossenheitsgrad Oben: 0 %



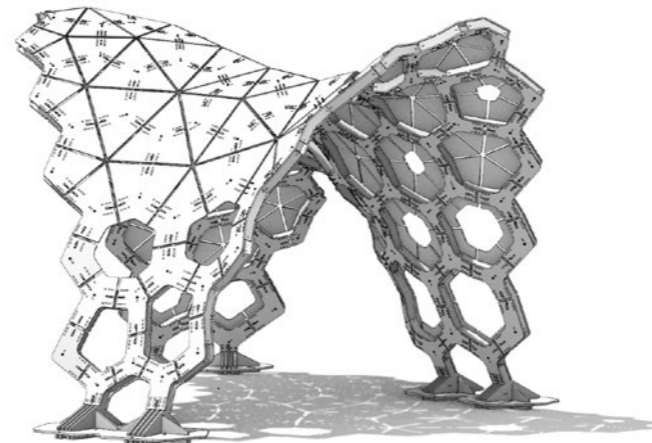
02

Geschlossenheitsgrad Unten: 20 %
Geschlossenheitsgrad Oben: 33 %



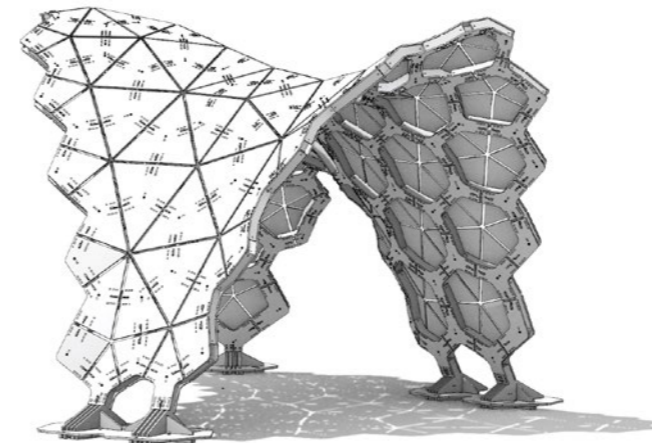
03

Geschlossenheitsgrad Unten: 20 %
Geschlossenheitsgrad Oben: 80 %



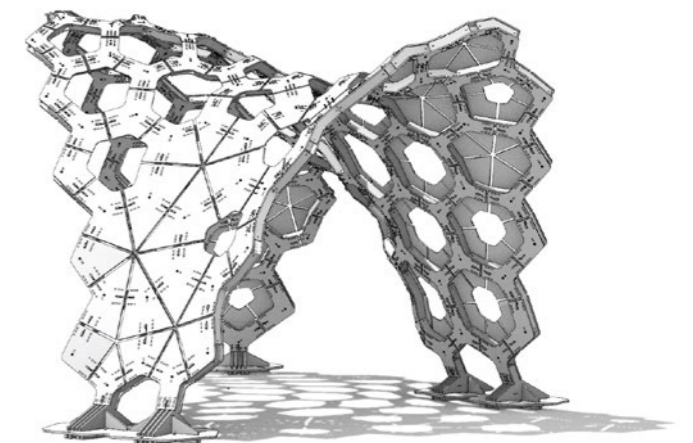
04

Geschlossenheitsgrad Unten: 66 %
Geschlossenheitsgrad Oben: 100 %



05

Geschlossenheitsgrad Unten: 100 %
Geschlossenheitsgrad Oben: 100 %



06

Geschlossenheitsgrad Unten: 80 %
Geschlossenheitsgrad Oben: 20 %

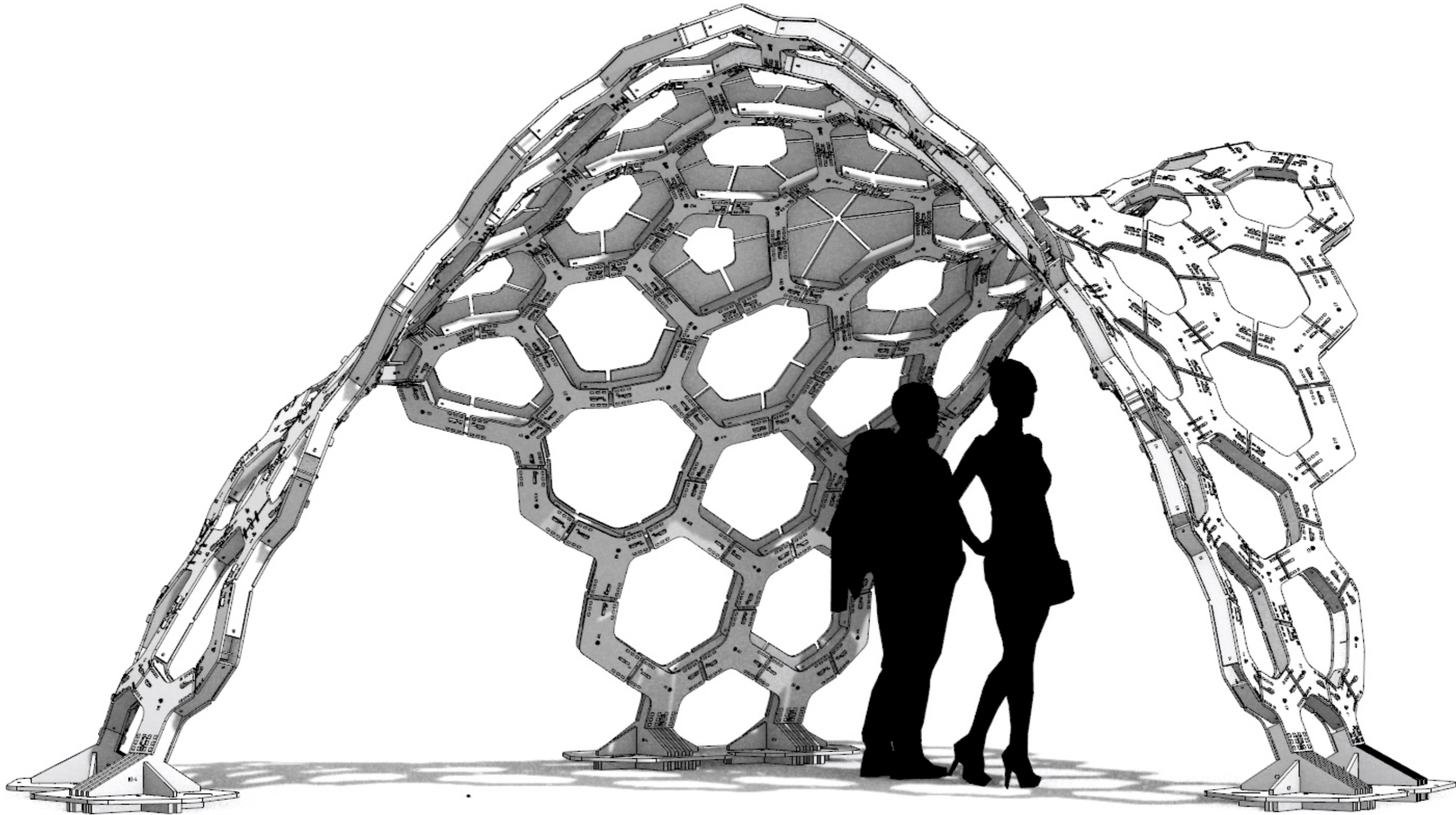
UMSETZUNG

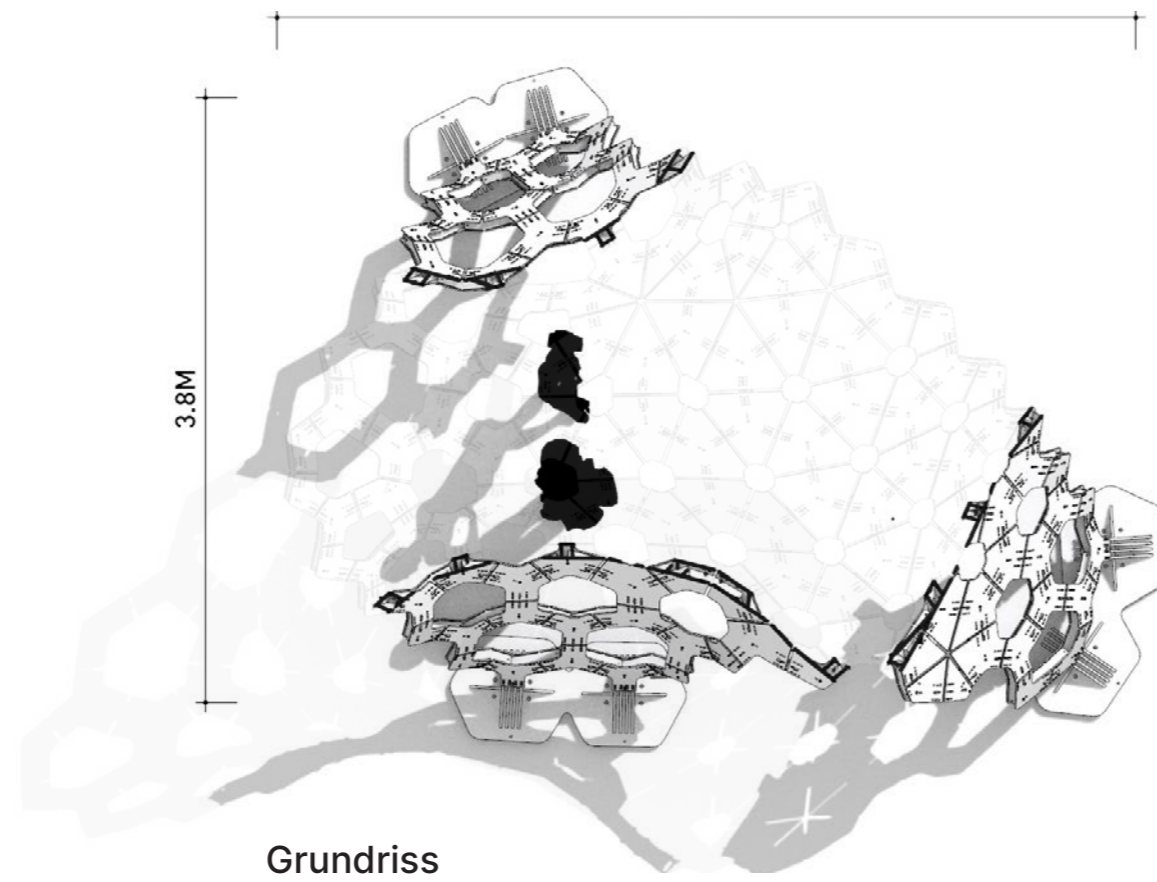
Zur Veranschaulichung des Systems wurde im Sommer dieses Jahres ein Pavillon im Maßstab 1:1 aus 592 einzigartigen Holzelementen erbaut. Nach einer Standzeit von etwa sechs Wochen wurde dieser dann wieder demontiert, um im nächsten Jahr an anderer Stelle auf dem Campus wiedererrichtet zu werden.

Der Prototyp wurde aus Pappelholz hergestellt, während die endgültige Struktur aus 9 mm starkem Birken-sperrholz gefertigt wurde. Die Auflager des Pavillons bestehen aus 15 mm starkem Birken-sperrholz.

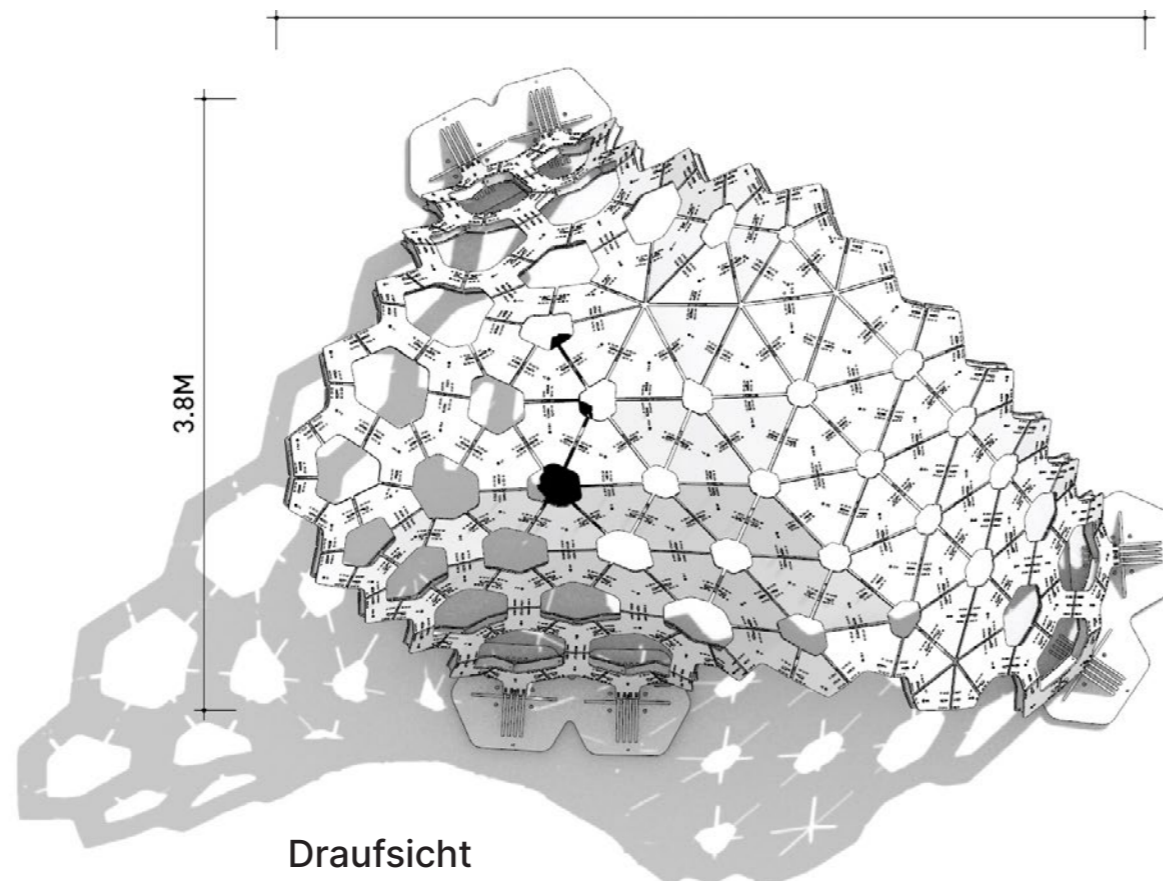
Dank des parametrischen Planungsprozesses konnten alle Bauteile nahezu bis zur Fertigung an die tatsächliche Plattenstärke angepasst werden. Im Vergleich zum CNC-Fräsen ermöglicht das CNC-Lasern einen schnellen Fertigungsprozess mit 90-Grad-Innenecken, allerdings neigen die Schnittkanten dazu, Rußbildung zu verursachen. Um diesen Effekt zu minimieren und dem Holz einen leichten Witterungsschutz zu verleihen, wurden alle Teile geschliffen und mit einer Grundierung behandelt.

Insgesamt besteht die Struktur aus 592 Teilen, die auf 20 Platten platziert wurden. Die Bearbeitungszeit für eine Platte betrug etwa 40 Minuten. Vor der eigentlichen Montage wurden zwei Probeaufbauten in der Halle durchgeführt. Die Montage selbst fand an der Hochschule Biberach statt und dauerte eineinhalb Tage, wobei ein Team von acht Personen daran beteiligt war.

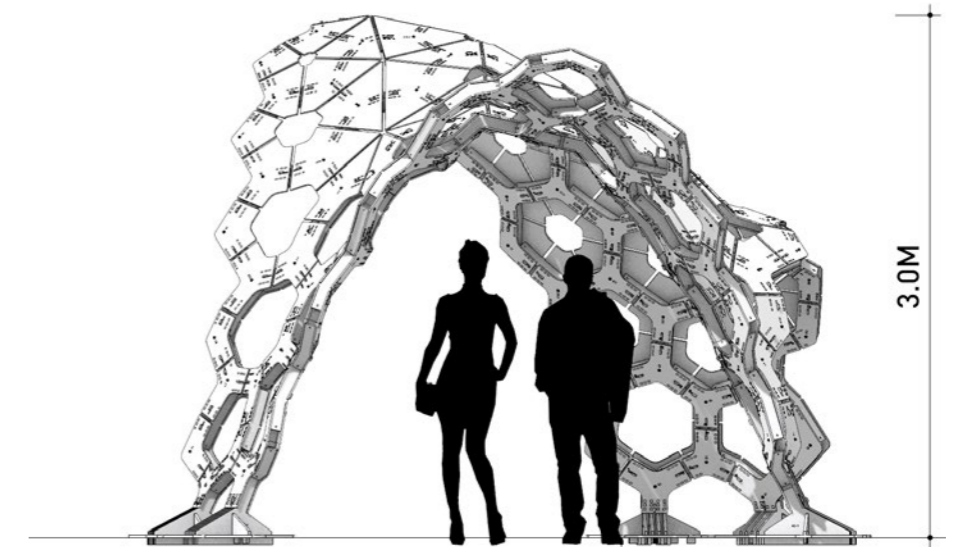




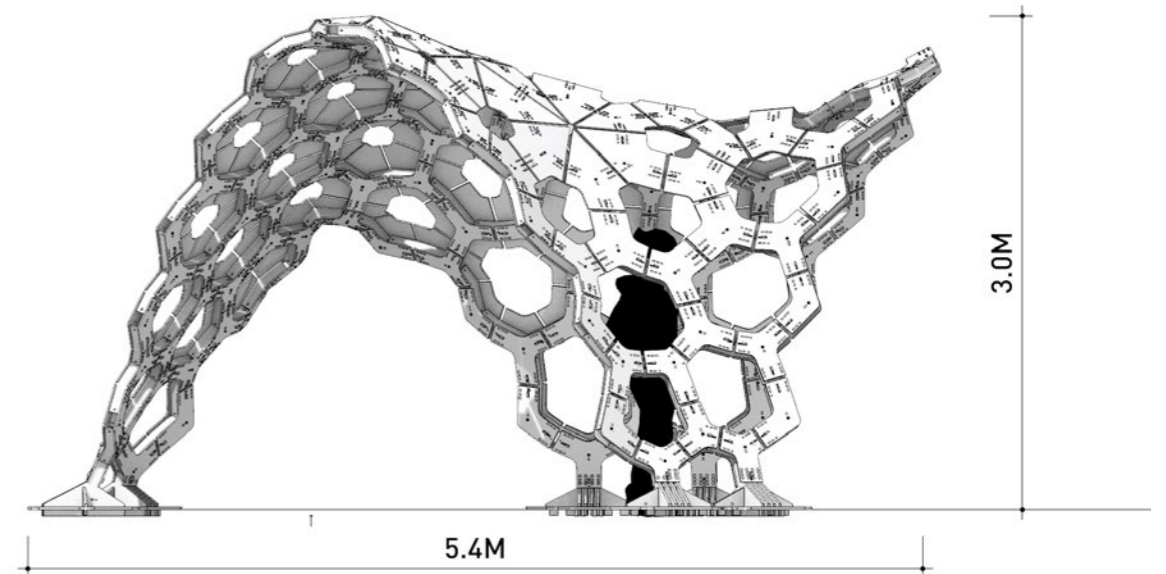
Grundriss



Draufsicht



Ansicht Südwest

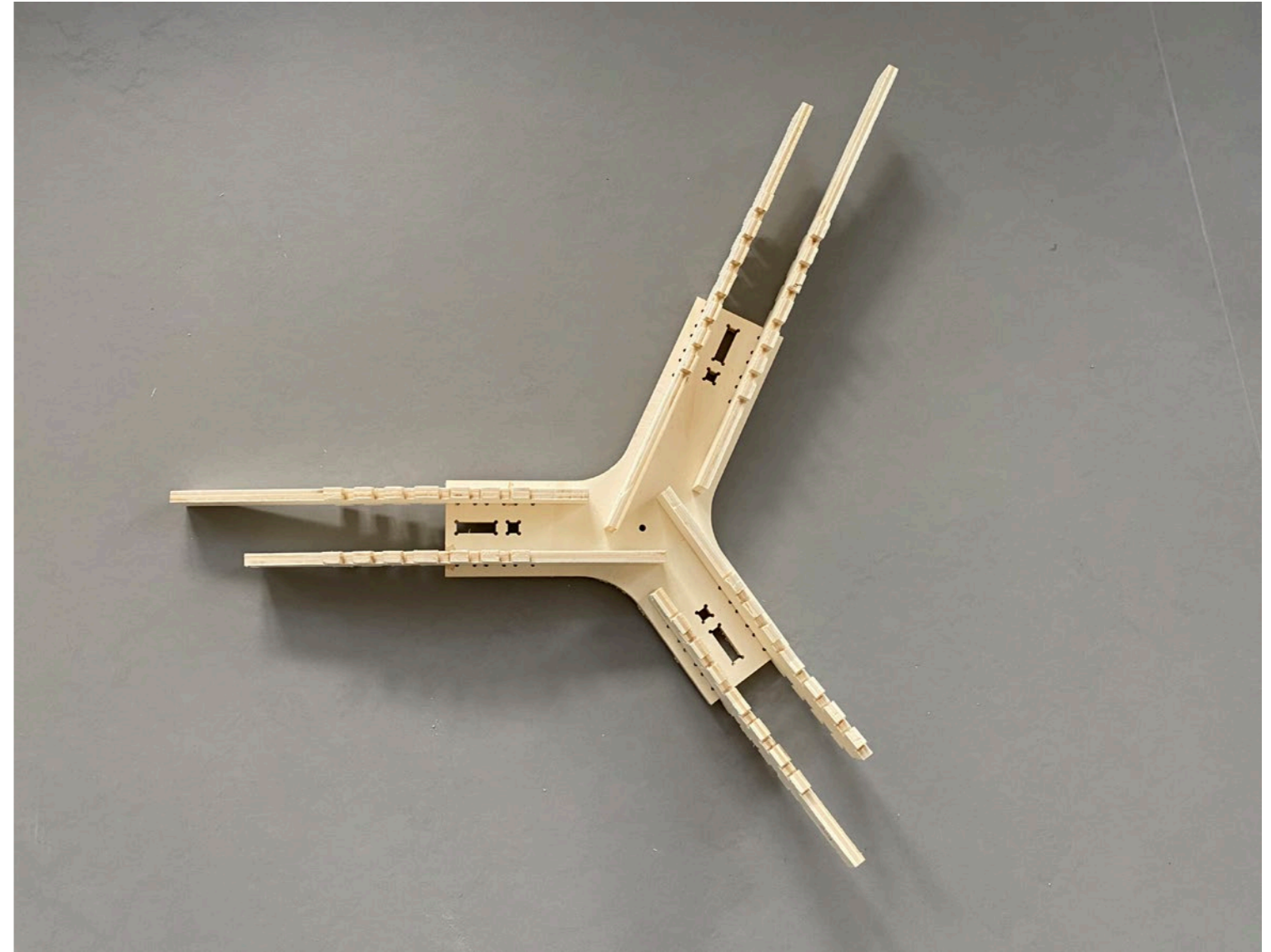


Ansicht Nordwest

1:1 Prototyp

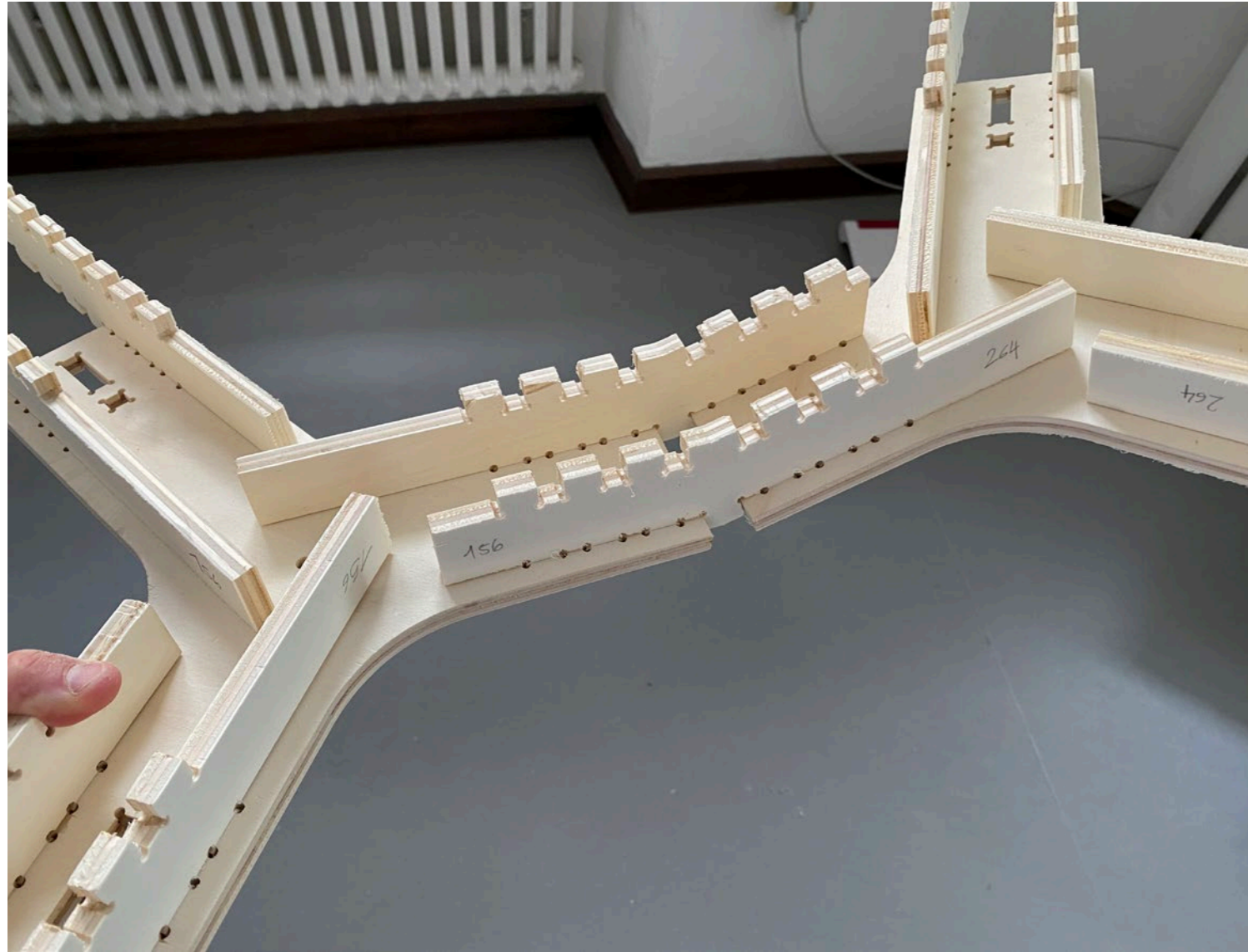


Gefräste Einzelteile

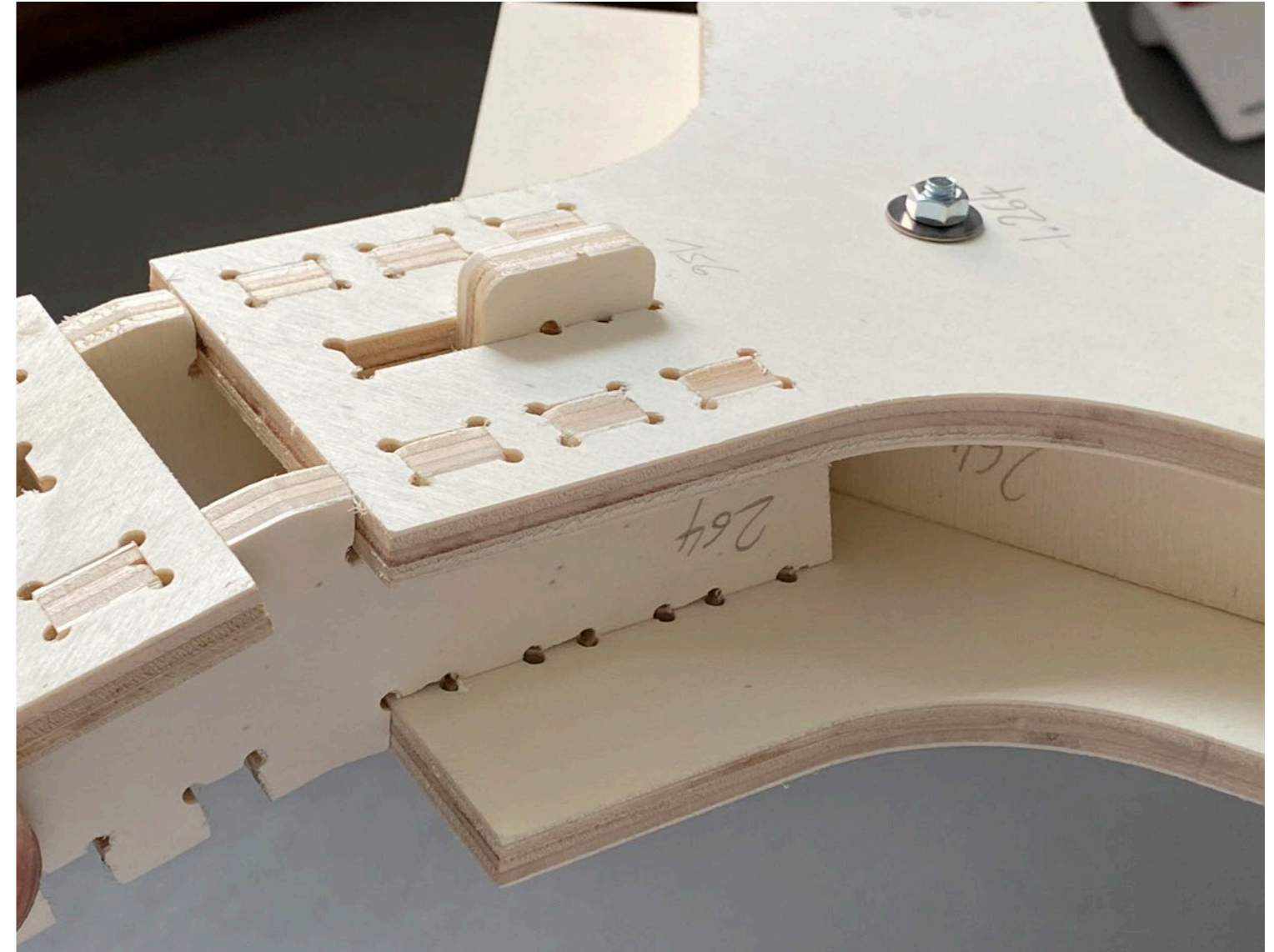


Untere Knotenplatte mit allen angrenzenden
Verbindern

1:1 Prototyp

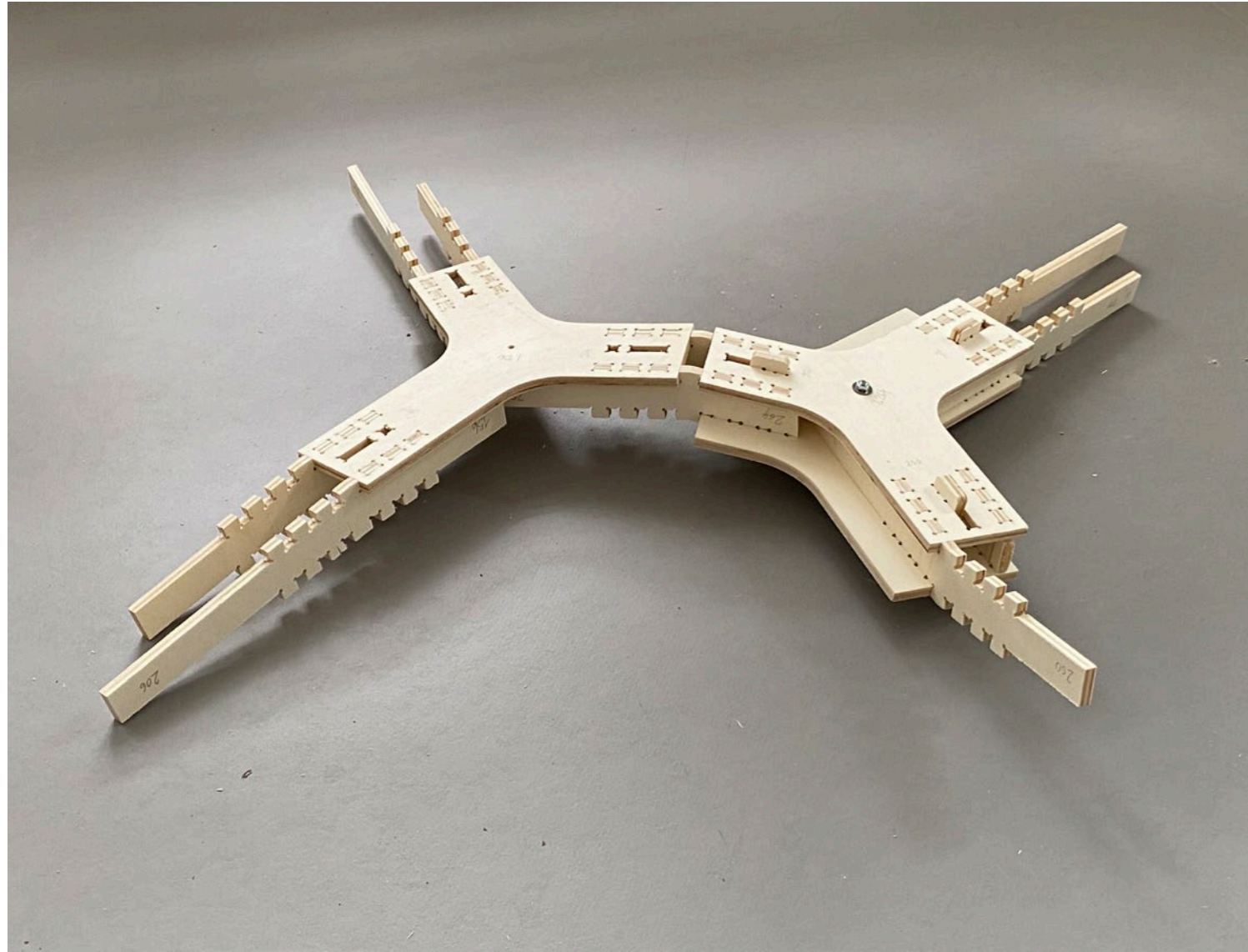


Zwei Module mit inneren Knotenplatten und allen angrenzenden Verbindern

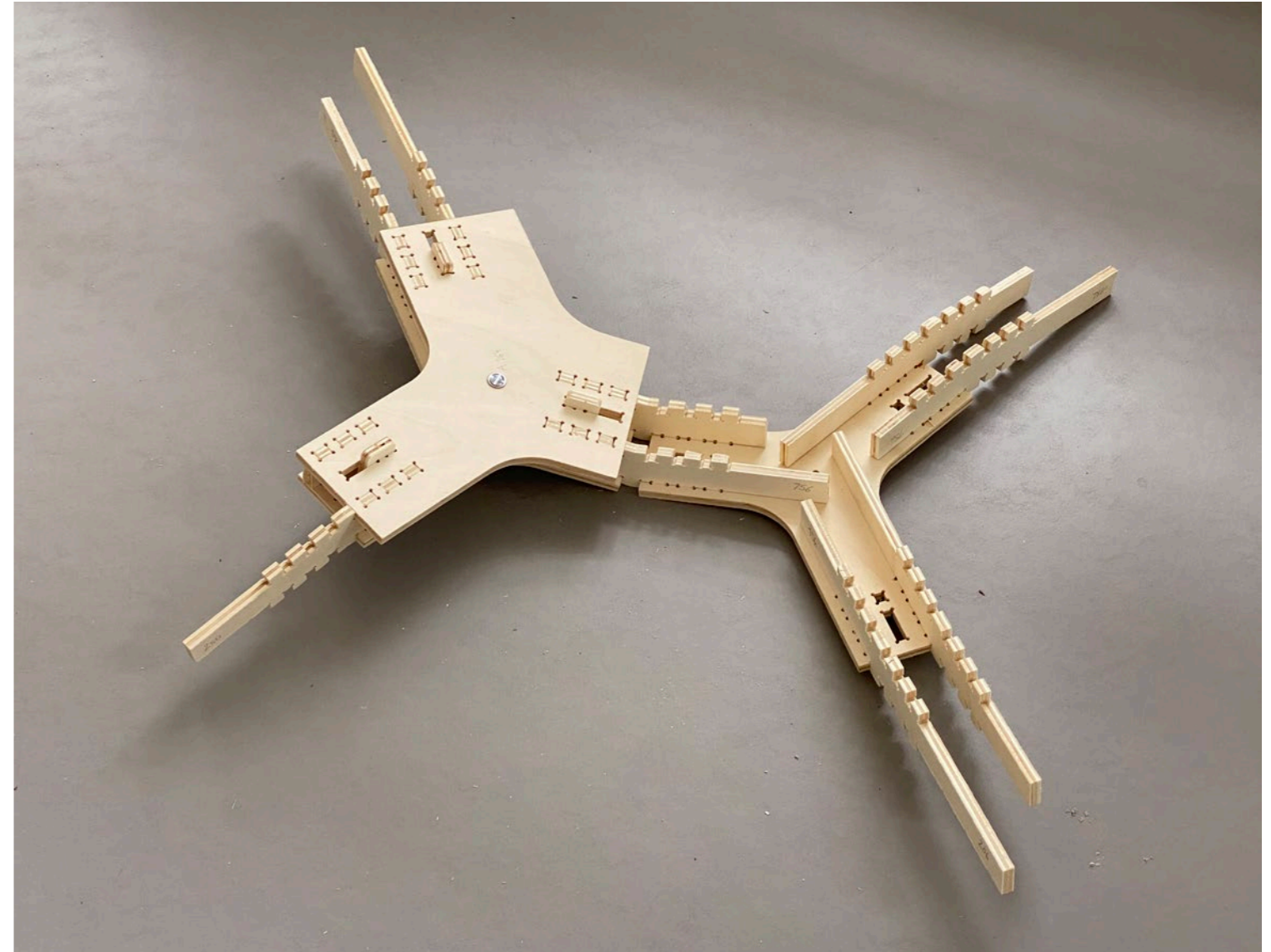


Innere und äussere Knotenplatte, lagegesichert durch Schraube und Holzklammern

1:1 Prototyp

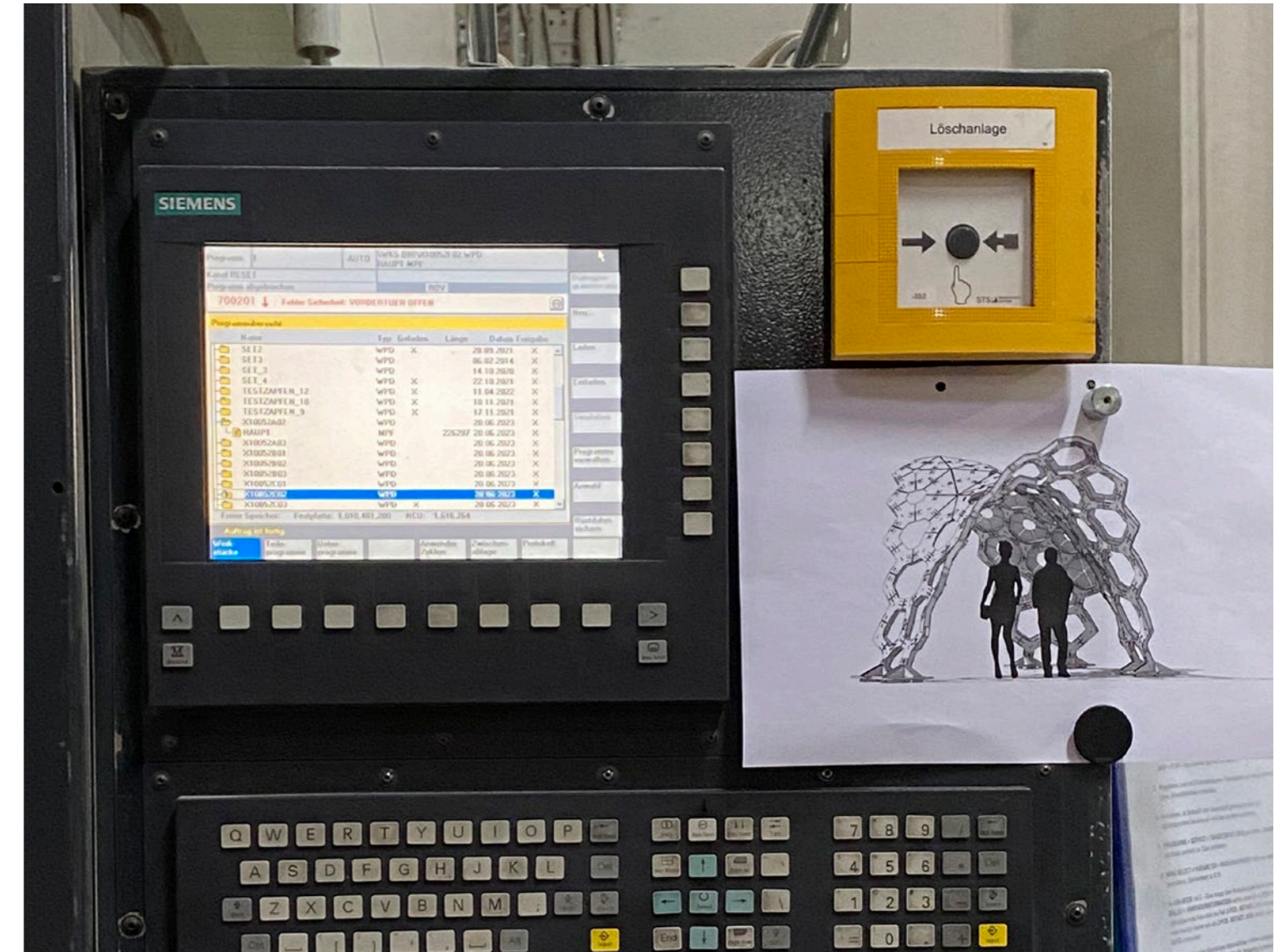


Zwei Module, Sicht auf Innere Knotenplatten



Zwei Module, Sicht auf äussere Knotenplatte
(die zweite äussere Knotenplatte ist nicht
montiert, um die sich überkreuzenden
Verbinderachsen weiterhin sichtbar bleiben)

CNC-Fertigung

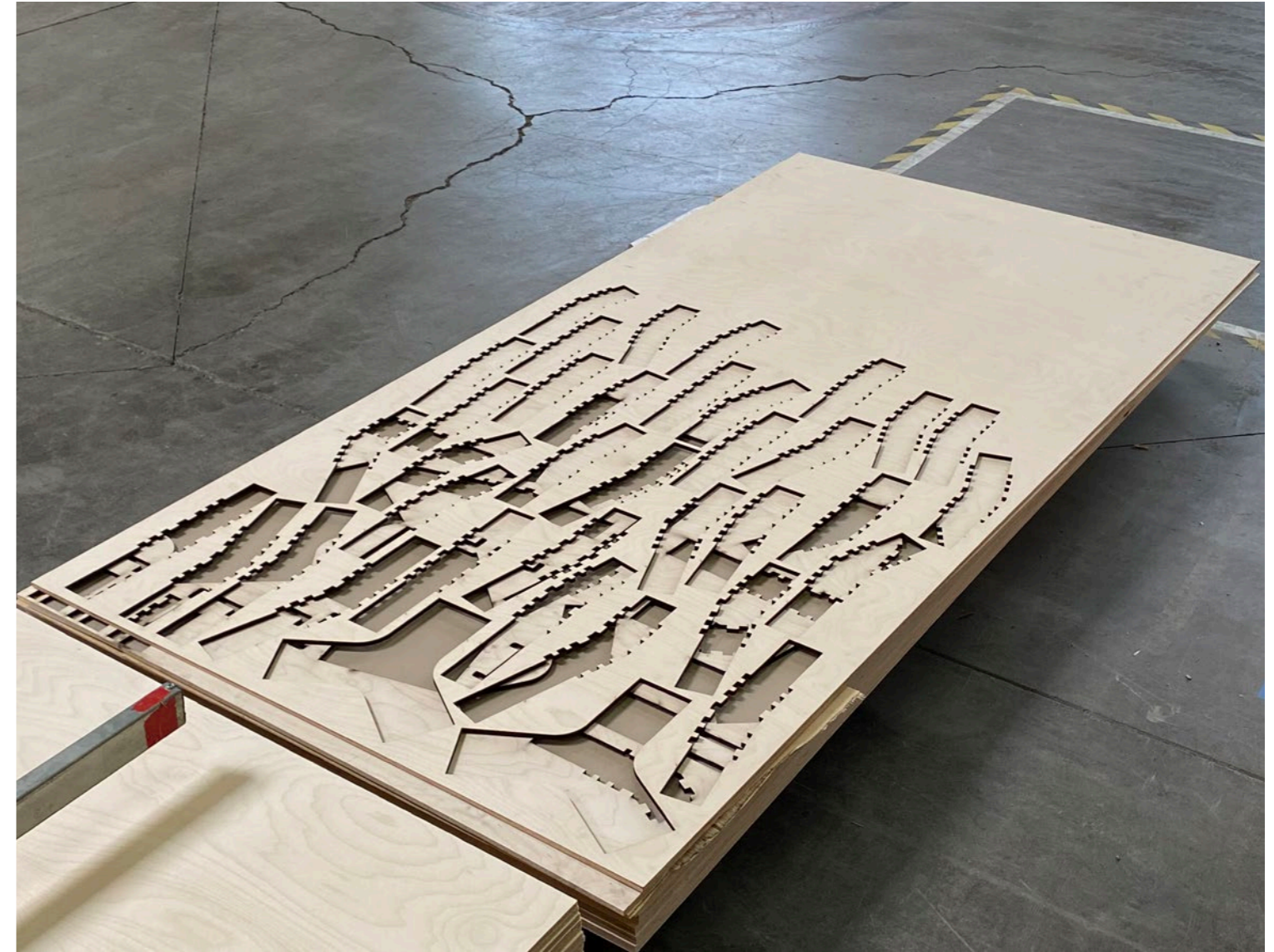


CNC-Laseranlage (Georg Ackermann GmbH)

CNC-Fertigung



Insgesamt besteht die Struktur aus 592 Teilen, die auf 20 Platten platziert wurden. Die Bearbeitungszeit für eine Platte beträgt etwa 40 Minuten.



Rohplatten mit Negativteilen

Nachbearbeitung



Schleifen

Nachbearbeitung



Imprägnieren



Trocknen

Probeaufbau



Probe-Aufbau zweier Segmente



Stabilitätstest

Transport



Neun Kartons mit allen Einzelteilen



... passen in den Kofferraum zweier Kombis

Montage — erster Tag



Auslegen aller Teile eines Segments



Fertigstellung der Segmente A, B und C

Montage — zweiter Tag



Segmente A und B



Auslegen der Auflagerplatten
Positionsfindung über passgenaue Distanzleisten

Montage — zweiter Tag



Bereitstellung Segment C



Montage des vormontierten Segments C an die entsprechende Auflagerplatte

Montage — zweiter Tag



Errichtung der Auflagersegmente

Montage — zweiter Tag



Bogenschluss zwischen A und C



Montage — zweiter Tag



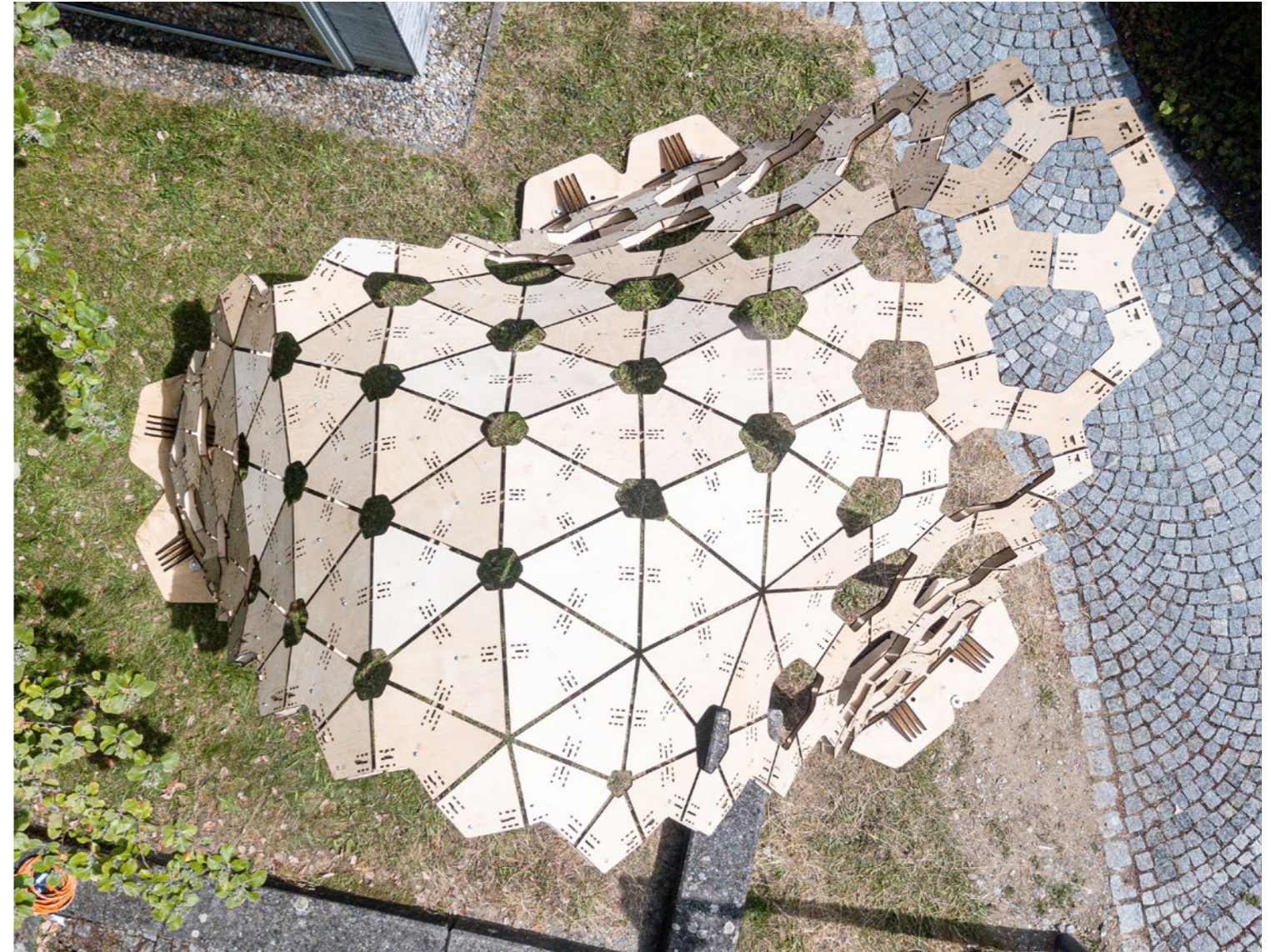
Montage — zweiter Tag



Montage — zweiter Tag



Montage — zweiter Tag



Kosten

Planung	ca. 300 Mannstunden (100,00 € / Stunde)	Abgedeckt durch ProfessorInnen und studentische MitarbeiterInnen	-
Material	114 m ² Birkenperrholz (ca. 15,00 € / m ²)	Sponsoring durch Firma "Maurer Holzwerkstoffhandel" aus Ummendorf	1.700,00 €
Fertigung	13 Stunden Maschinenzeit Laseranlage: (60,00 € / Stunde)	Sponsoring durch Firma "Georg Ackermann" aus Wiesenbronn	780,00 €
	54 Mannstunden Fertigung (Laser, Schleifen, Grundieren) (60,00 € / Stunde)	Sponsoring durch Firma "Georg Ackermann" aus Wiesenbronn	3.240,00 €
Montage	72 Mannstunden	Abgedeckt durch studentische Helfer	-
Gesamt			5.720,00 €

Design Build Seminar



Die Zielsetzung des Design-Build Seminars von Dr. Christina Jeschke und Simon Vorhammer im Winter 2022/23, bestand darin, Systeme für Raumhaltige Strukturen zu entwickeln, bei denen komplexe Formen mit verhältnismäßig einfachen Mitteln umgesetzt werden können. Der parametrische Planungsprozess stand dabei im Mittelpunkt. Neben "Carapacks" wurden zwei weitere Projekte dieses Seminars zum Sommerfest des Studiengangs Architektur umgesetzt.

"Plattenbau"



Konzept:

Maxi Adis
Simon Deinet
Daliah Gartenmeier

Ausarbeitung, Fertigung, Montage:

Lena Braunsteffer
Jasmin Brunner
Gina Deffner
Nina Grieser

Lisa Haas
Romy Kuhn
Timo Pahl
Maximilian Weber

Der Steckpavillon "Plattenbau" besteht aus orthogonalen ineinandergreifenden Platten, die ein begehbares, zeltartiges Konstrukt bilden. Durch die alternierende Orientierung der Platten entsteht ein Wechselspiel aus Geschlossenheit und Durchblicken. Obwohl alle Elemente die gleiche Außenabmessung haben, variieren die Positionen der Steckschlitzes, über die jedes Element mit mindestens drei Nachbarn verbunden ist. Dadurch ist jedes Teil einzigartig. Dank der in die Bauteile eingebetteten Kennzeichnungssystematik kann der Pavillon ohne Hilfe von Plänen montiert werden.

"Plattenbau"



"Stack-Bar"



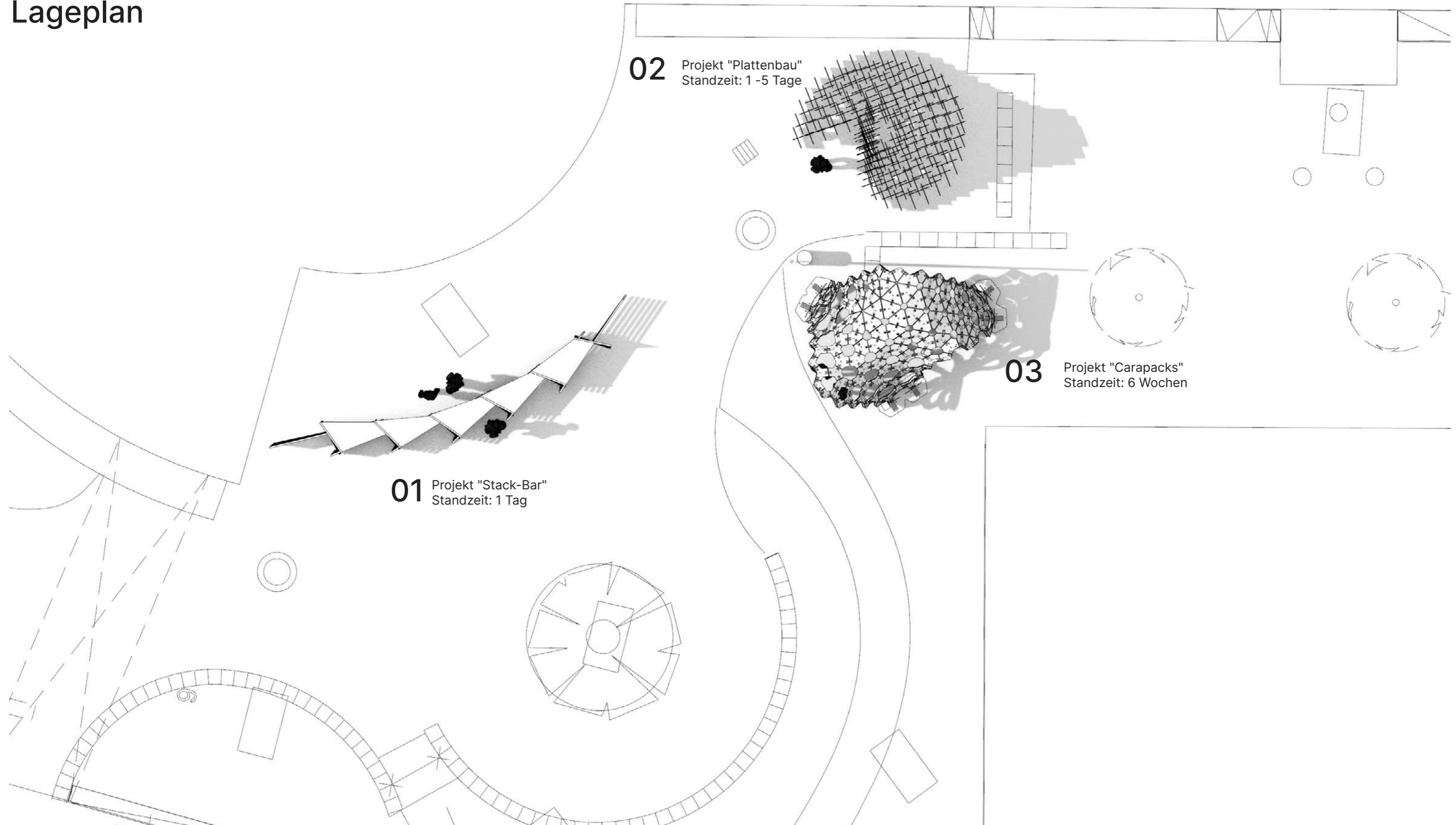
Konzept, Ausarbeitung, Fertigung, Montage

Salomo Bergmann
Pascal Bulling
Marvin Mai
Berkay Mutlu

Melih Narin
Filip Gregor Rettig
Ben Schucker
René Storz

Das Projekt "Stack-Bar" legt seinen Fokus auf Wiederverwendbarkeit. Für den Bau der Bar wurden handelsübliche Holzleisten mit einem, bzw. drei Meter Länge aufgestapelt und über Spanngurte fixiert. Das non-destructive Fügungsprinzip ermöglicht es, auf Schraubverbindungen zu verzichten. So wurde das Material vom Baumarkt vor Ort leihweise zur Verfügung gestellt, bevor es später wieder in den Handel ging.

Sommerfest Lageplan



Sommerfest

