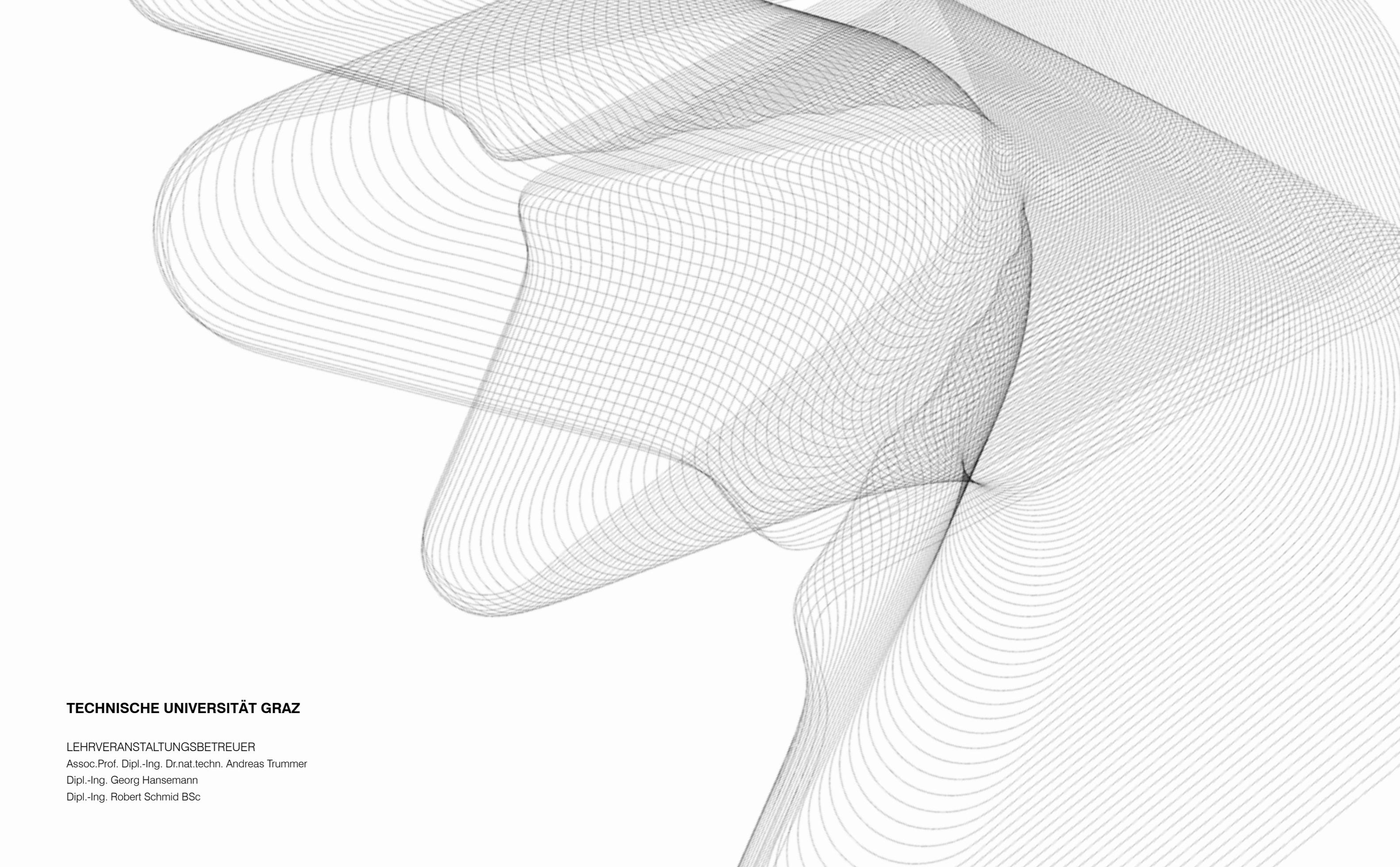


BACHELORSTUDIUM  
ARCHITEKTUR  
WORKSHOP ZWEI  
SOMMERSEMESTER 2022

**3D**  
**GEDRUCKTE**  
**BETONMÖBEL**

An abstract wireframe graphic of a hand, rendered in a light gray color. The hand is shown in a relaxed, slightly curled position, with the fingers pointing towards the top left. The wireframe consists of a dense grid of lines that form the contours and volume of the hand, giving it a three-dimensional appearance. The background is white.

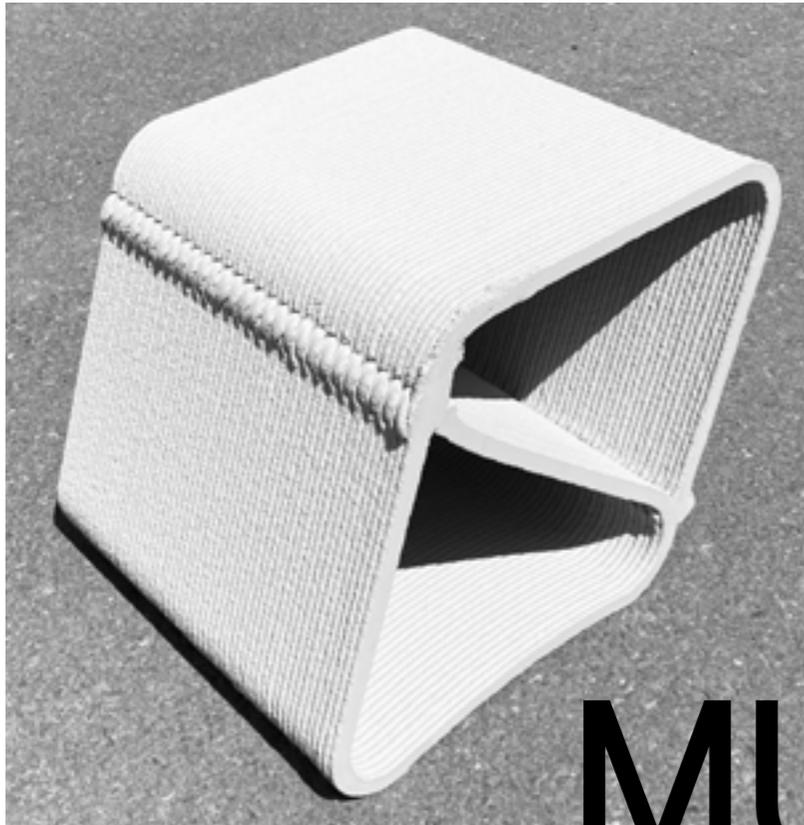
## **TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ**

### LEHRVERANSTALTUNGSBETREUER

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Andreas Trummer

Dipl.-Ing. Georg Hansemann

Dipl.-Ing. Robert Schmid BSc

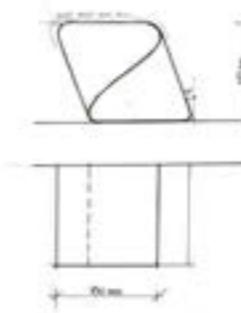


# MULTI- HOCK

SITZEN • LEHNEN • STELLEN

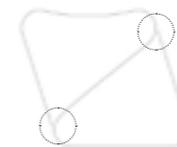
## MULTIHOCK

### KONZEPT



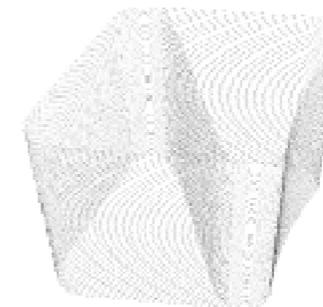
Der Grundgedanke war ein solides, ästhetisch ansprechendes Sitzmöbel zu entwerfen, welches für einen Einzelnen gut zu handhaben ist. Das Grundgerüst bildet die geometrische Form eines Würfels 45/45/45 cm, welcher um 15° nach links geneigt ist. Die gewählte Schräge bildet einerseits eine ergonomische Form im Sitzen, andererseits kann man sich angenehm anlehnen, wenn man am Boden verweilt. Somit können zwei Personen zur selben Zeit den Würfel nutzen. Die abgerundeten Ecken ermöglichen einen angenehmen Sitz. Auch als Beistellmöbel eignet sich der Würfel ideal. Klar und fließend in der Form, quer gestützt über einen leicht geschwungenen Diagonalsteg, erhält das Möbel seine Steifigkeit. Aufgrund der multifunktionalen Nutzung steht der Würfel im Mittelpunkt des Geschehens und kann unterschiedlichst bespielt werden. Besonders wichtig war uns im Entwurf die klare Formensprache, der solide Ausdruck und die flexible Nutzung. Weiters haben wir den Entwurf mit einer Sitzmulde ergänzt um den Sitzkomfort zu erhöhen. Dreht man den Würfel nun um 180° bilden die Ausbuchtungen der Sitzmulde die Stützbeine aus und der Tisch steht somit stabil.

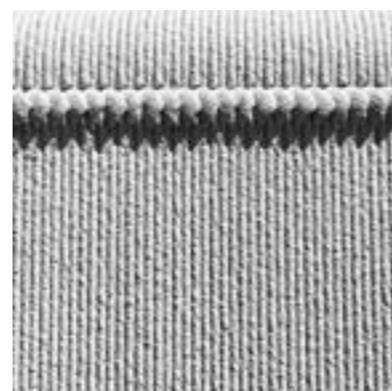
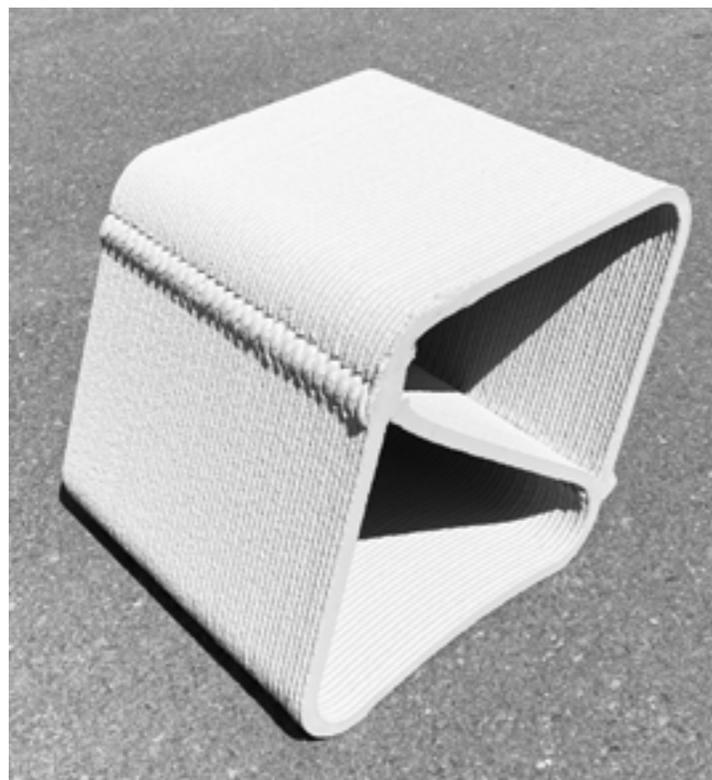
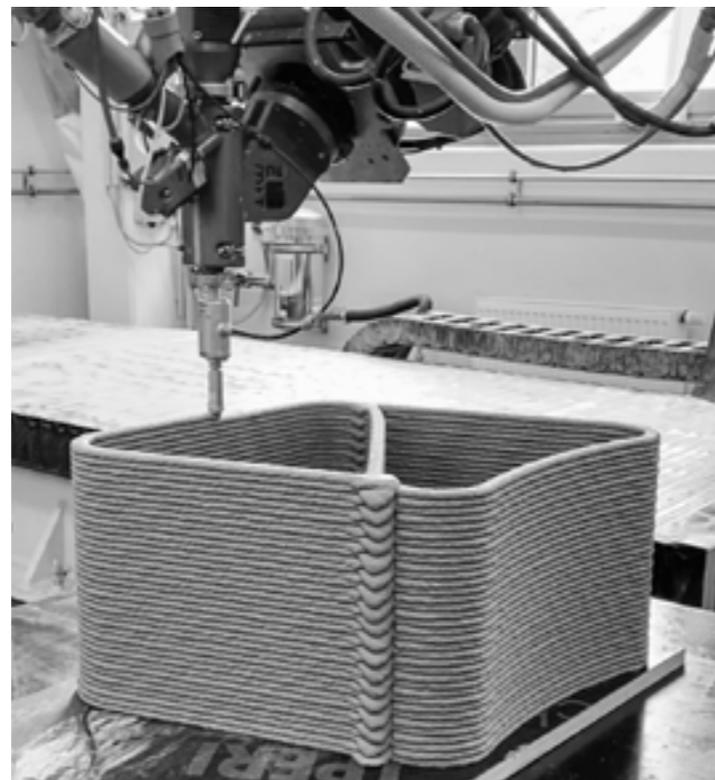
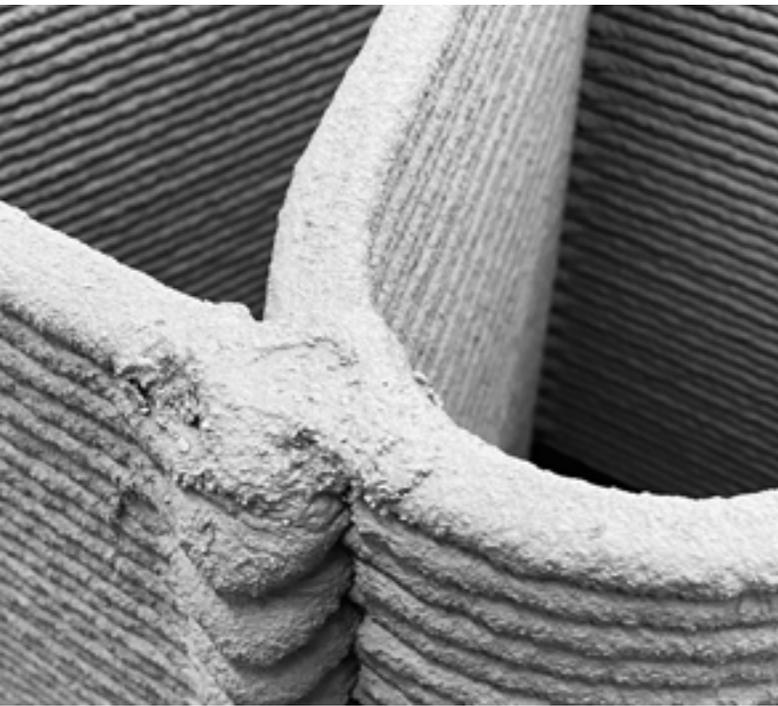
### FERTIGUNG



Beim ersten Printversuch während des Workshops 2, haben wir ein zufriedenstellendes Ergebnis erhalten, welches optisch ansprechend und funktionstüchtig war. Wir haben festgestellt, dass der Abstand am Umkehrpunkt des Pfades, welcher mit ca. 0,84 cm modelliert wurde, zu wenig war und somit sich eine Nahtstelle mit leichtem Überschuss ergeben hat.

### PATHMODELLING





# DREIBEIN

HOCKER • BEISTELLTISCH

## DREIBEIN

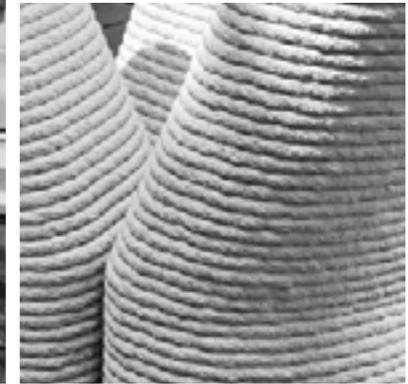
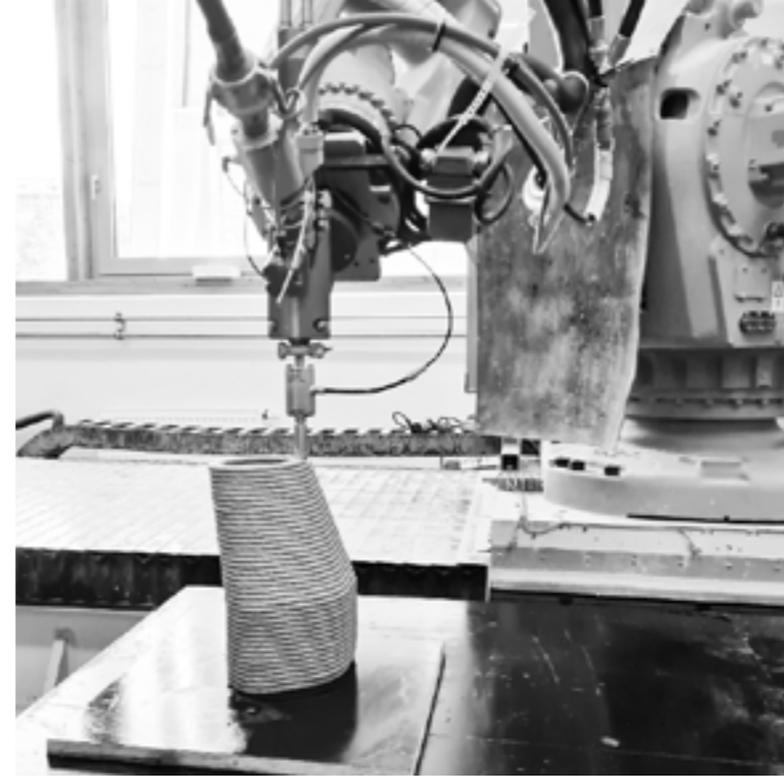
### KONZEPT

Das Konzept des Dreibeins basiert darauf eine multifunktionale Nutzung zu beinhalten. Angefangen von der Benutzung als Hocker oder auch die Nutzung als Beistelltisch ist vieles möglich. Die Ausführung des Möbelstückes basiert auf einer Dreiteilung eines Kreises welche die Ausbildung der Beine massgeblich beeinflusst hat. Zudem ist die Ausbildung der einzelnen Beine ident zueinander und daher kann in der Produktion ein und dasselbe Element drei Mal gedruckt werden. Mittels einer speziellen Fügechnik werden diese im Nachgang mit der Tischplatte verbunden. Des weiteren gibt es eine Ausbildung des Dreibeins einmal mit einer Holzplatte und einmal einer vom Roboter gedruckten Tischplatte. Aufgrund der Konstruktion ist keine Spannbewehrung für die ausreichende Stabilisation nötig.

### FERTIGUNG

Die Anfertigung der Printdaten für die Stuhlbeine war in unserem Fall mit dem zu Verfügung gestellten Grasshopper Tool rasch möglich, nur der Pfad für die spiralförmige Tischplatte wurde per Hand modelliert. Die Pfadlänge eines Fußbeines beträgt 26,14 Meter und daher ist die gesamte Pfadlänge aller drei Beine 78,14 Meter. Zudem wurde bei allen Elementen eine Layerhöhe von 20 mm gewählt und das Gewicht pro Fußelement beträgt 3,92 kg. Die Tischplatte hat ein Gewicht von 14,16 kg, also kommt man im gesamten Möbelstück auf ein Gewicht von 25,92 kg. Des Weiteren wurde eine Dichte des Printbetons von  $2000\text{kg}/\text{m}^3$  verwendet. Wie schon zuvor erwähnt wurde im Druckprozess jede einzelne Stütze separat vom Printer hergestellt. Im Nachgang wurde noch eine Tischplatte mittels eines spiralförmigen Druckverfahrens mit einer Pfadlänge von 25,75 Meter erzeugt und alle Elemente wurden mit spezieller Fügechnik (verschrauben und vergiesen mit Beton) zu einem Element zusammengefügt. Was uns jedoch beim Printen der Stützen aufgefallen ist, umso enger die Printpfade beziehungsweise die Punkte aneinander liegen, desto schwieriger wird die Umsetzung vom Roboter und desto dicker wird der Extrusionsstrahl.

### PATHMODELLING



## TOWELIE

### KONZEPT

Für das Sommerfest werden allerhand Sitzmöglichkeiten benötigt. So bietet dieses Möbelstück Platz zur Entspannung für eine Person. Es handelt sich um einen recht tiefen Stuhl mit einer Sitzfläche von 60 x 40 cm. Die Sitzhöhe liegt bei 45 cm, die Gesamthöhe beträgt 90 cm. Der Stuhl ist ein durchgängiges Element, dessen Grundform in die Länge extrudiert wird.

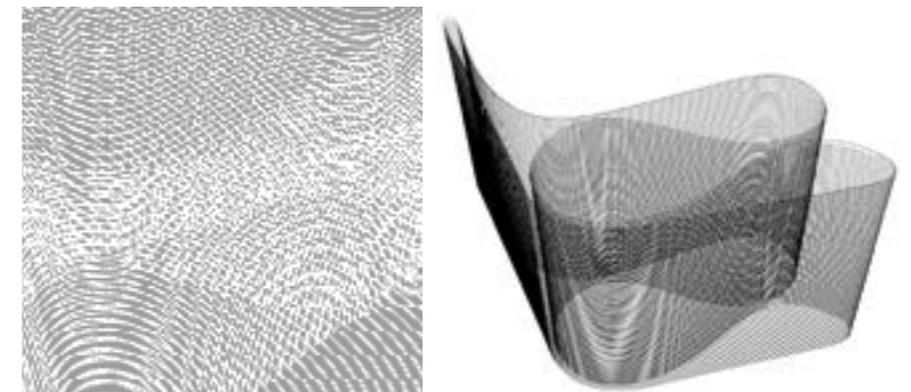
Unter der Sitzfläche entstehen durch die dynamische Form mehrere Hohlräume, die als Ablage genutzt werden können. Die Rundungen des Stuhls ähneln einem schön zusammengelegten Handtuch in einem Kaufhaus, so bekam er den Namen Towelie.

### FERTIGUNG

Nach der Findung der Grundform mittels Skizzen wurde der Stuhl in Rhino modelliert und der Printpfad für den 3D-Drucker mittels Grasshopper erzeugt. Die Pfadlänge beträgt 270 m, die Breite 20 mm und die Höhe der einzelnen Schichten 8 mm. Bei der Dichte des Printbetons von 2000 kg/m<sup>3</sup> wiegt der Stuhl 86,4 kg.

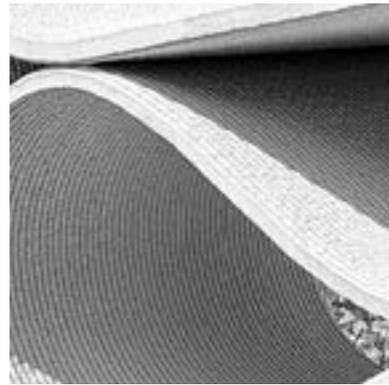
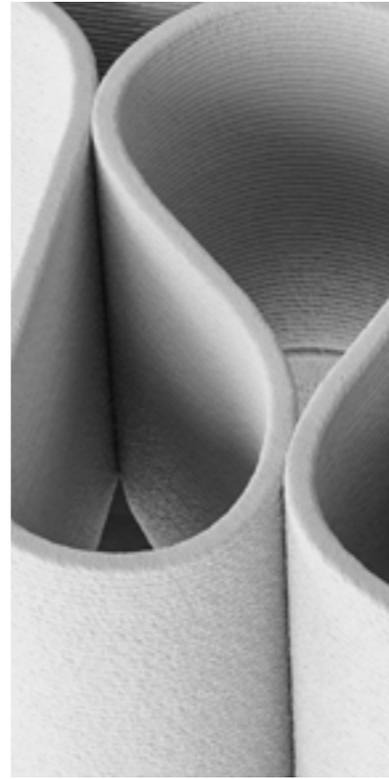


### PATHMODELLING



# TOWELIE

GESCHWUNGENER STUHL



# POLYGON FRISST KREIS

HOCKER • STUHL

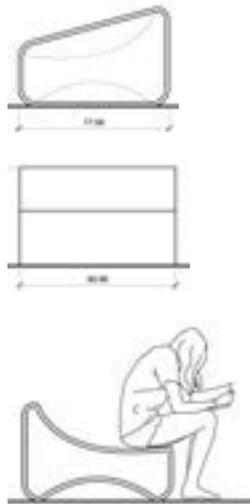
# POLYGON FRISST KREIS

## KONZEPT

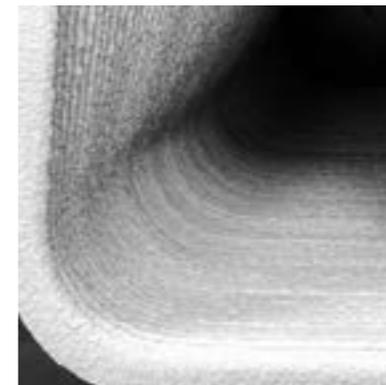
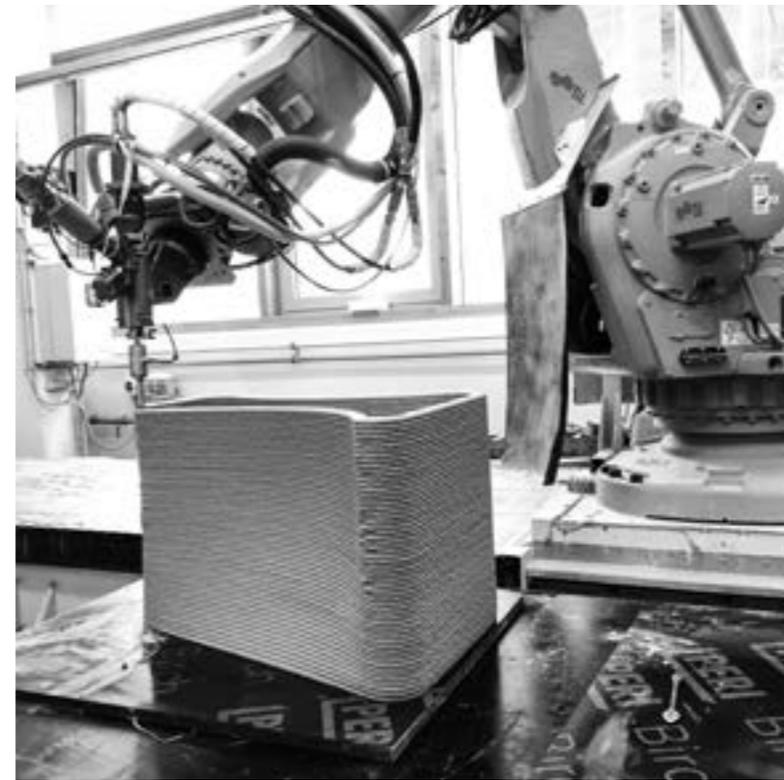
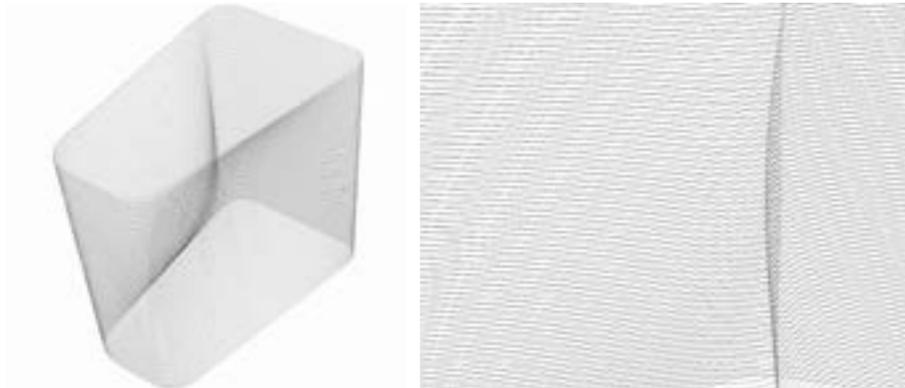
Simple geometrische Form für ein ideales Sitz Erlebnis.  
Die Gestaltung des Stuhles zeichnet sich durch seine einfache geometrische Formensprache aus. Die Grundform basiert auf einer einfachen Trapezform, bei der jeweils die Kanten abgerundet wurden. Als ein besonderes Gestaltungsmerkmal stechen die beiden Wölbungen hervor. Die obere Wölbung wurde so ausgebildet, damit ein möglichst hoher Sitzkomfort entsteht. Die untere Wölbung hat einen gestalterischen sowie eine funktionale Nutzen.

## FERTIGUNG

Erfahrungen beim Printen:  
Der Überhang eines Objektes darf nicht zu steil sein; der Beschleunigeranteil muss passen; der Drucker muss einen guten Tag haben.  
Der Printpfad war spiralförmig angeordnet



## PATHMODELLING



## THE TWIST



# THE TWIST

DER ROTATIONSHOCKER

### KONZEPT

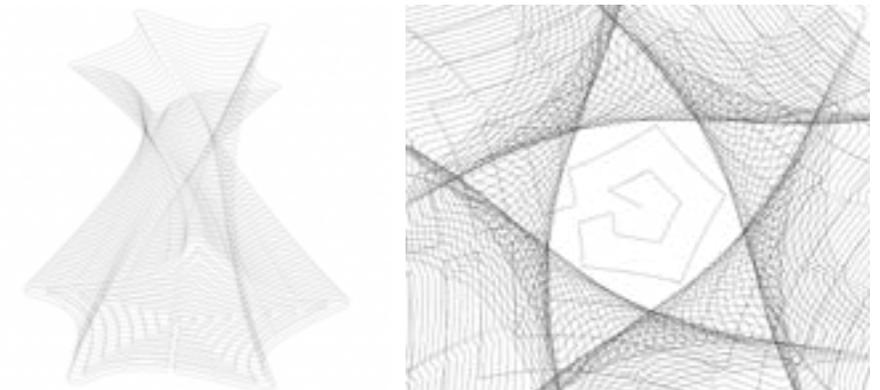
Die Geometrie des Hockers wird durch eine Grundform definiert, welche über die Höhe des Hockers seine Größe ändert und sich um seine eigene Achse dreht. Die dafür verwendete Grundform stellt einen 5-eckige sternförmige Fläche mit konvexen Kanten da. Durch die Skalierung und Rotation des Querschnittes über die Höhe des Hockers entsteht ein einzigartiger Körper, welcher durch mehrfach gekrümmte Flächen begrenzt wird. Desweiterem wurde in die Flächen eine zusätzliche Struktur eingearbeitet, welche der Krümmung dieser Flächen folgt. Ergänzend zum Hocker wurde ein Tisch designt welcher den gleichen Entwurfprinzipien folgt. Nach ersten Fertigungsversuchen wurde eine weitere Version des Hockers entwickelt, bei der sich die Querschnittsform in der Taille des Hockers einem Kreis nähert.

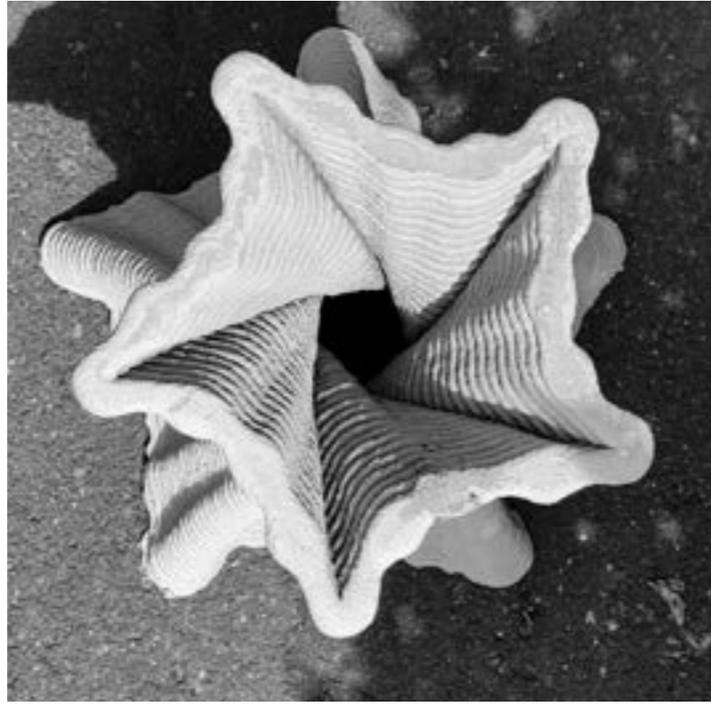
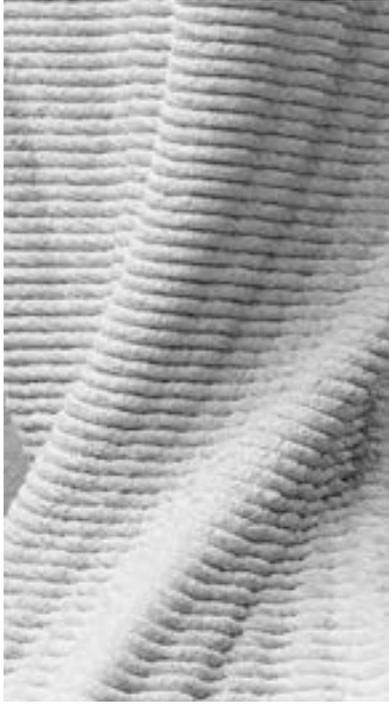
### FERTIGUNG



Die komplexe Geometrie des Hockers wurde mit Hilfe von CAD erstellt. Dabei wurde die Grundform manuell definiert. Anschließend wurde der Körper mithilfe eines Skriptes erstellt, weshalb es möglich war, Parameter wie Höhe, sowie Durchmesser und Rotation der Querschnittsflächen variabel zu halten. Dies ermöglichte ein einfaches und schnelles Ausloten dieser Größen, wodurch die Findung der exakten Geometrie vereinfacht wurde. Nach genauer Festlegung der Geometrie wurde daraus der für den Druck benötigte Druckpfad (Abbildung unten) erstellt. Dieser wurde anschließend an den Drucker übermittelt und von diesem ausgeführt.

### PATHMODELLING





# KANU BENCH

DYNAMIC OUTDOOR BENCH

## KANU BENCH

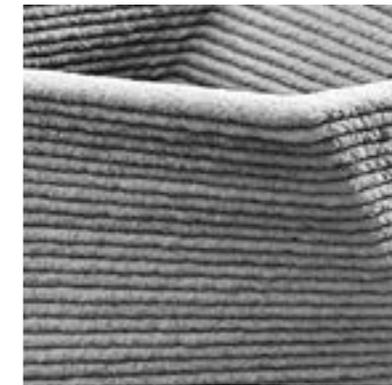
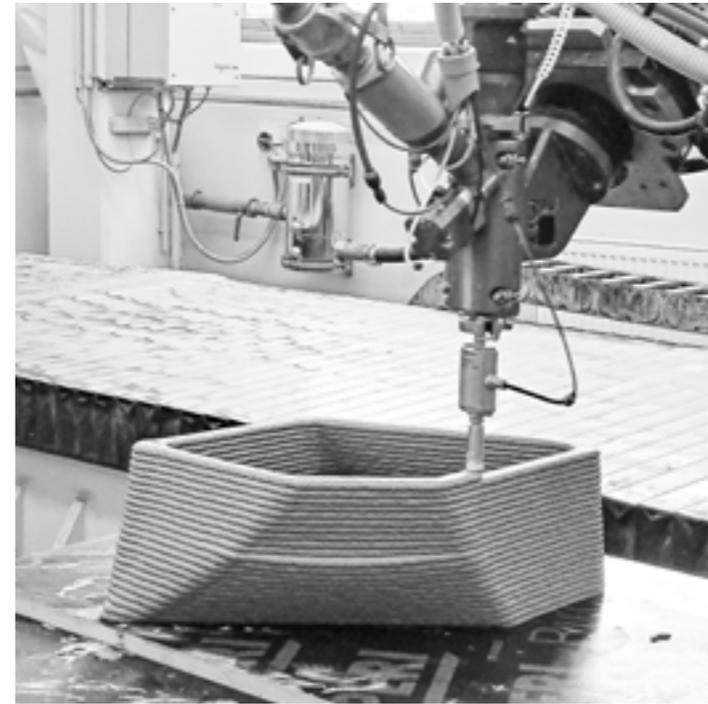
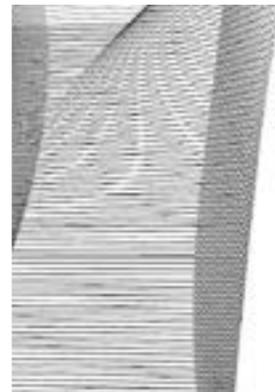
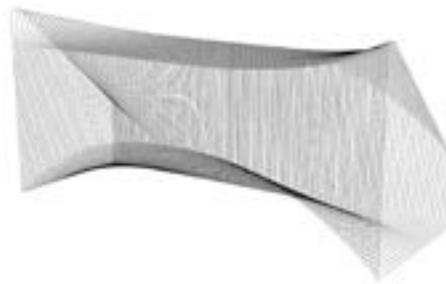
### KONZEPT

Bei unseren ersten Überlegungen war uns gleich klar, dass wir den 3D Drucker herausfordern möchten, um zu sehen, was möglich ist. So dachten wir an Kurven und geschwungene Oberflächen wie bei einem Ei oder die eines Kanus. Die Form eines Kanus zu drucken erschien uns nicht so schwer wie die einer Eierschale, weshalb wir uns zuerst mit dieser beschäftigten. Ergebnis 100% Fail  
Also zurück zum Kanu. Wir nahmen als Grundkörper eine 1m lange und 40cm hohe Sitzbank und verdrehten die Flächen so ineinander, dass die Enden an Bug und Heck eines kleinen Bootes erinnern. So ist die Sitzbank individuell nutzbar und kann mit weiteren Modulen zu einer längeren Sitzreihe erweitert werden.

### FERTIGUNG

Der Prototyp wurde ohne Skizzen mittels CAD Software entworfen und der Printpfad wurde mit Grasshopper generiert.  
Die Pfadlänge beträgt 165m und mit einem Querschnitt von 8x20mm wiegt das gesamte Objekt rund 53kg (Printbeton= 2000kg/ m<sup>3</sup>).

### PATHMODELLING





# WIBBETON

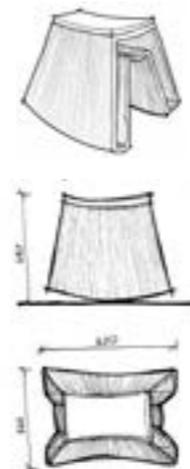
GEDRUCKT UM ZU WIPPEN

## WIBBETON

### KONZEPT

Der Wibbeton ist das perfekte Möbel für jung und alt. Er bietet nicht nur idealen Sitzkomfort, sondern auch garantierten Wipp-Spaß. Man kann sowohl frontal als auch seitlich darauf sitzen und so in verschiedene Richtungen entspannt wippen. Das Möbel lädt dazu ein einen warmen Sommerabend gemütlich mit Freunden hin und her schunkelnd und einem kühlen Getränk in der Hand ausklingen zu lassen. Es gibt zwei verschiedene Versionen, die genau gegensätzlich gewölbt sind. Während Version 1 konkav nach innen geneigt ist und über eine Ablagefläche für Getränke etc. bietet, ist Version 2 eher bauchiger mit einem parabolischen Querschnitt. Durch ein Eichenholzbrett wird die Sitzfläche gemütlicher und bildet einen guten Kontrast zur kalten Betonoberfläche.

### FERTIGUNG

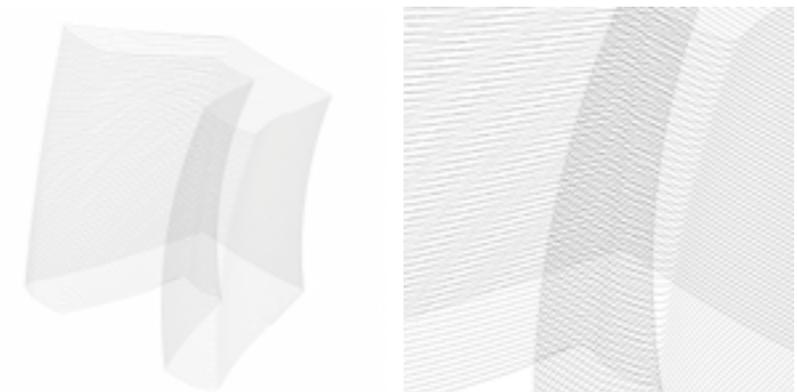


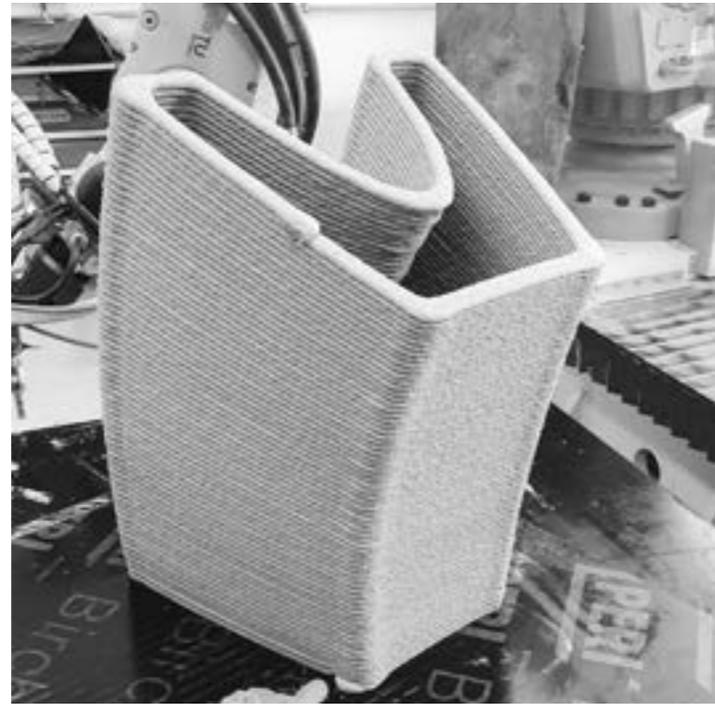
Der spiralisierte Printpfad wurde mithilfe von Grasshopper erzeugt. Durch die Biegung des Möbels, musste auch der Pfad gekrümmt werden, wobei uns die Betreuer geholfen haben. Beim ersten Druck wurde die Biegung nur mithilfe einer Bewegung entlang der vertikalen Achse erzeugt, was dazu geführt hat, dass die Druckdüse in den oberen Schichten eine leichte Hohlkehle generiert hat. Desweiteren entstanden durch zu scharfe Kanten Dickstellen, welche wir durch Abrunden der Grundform minimiert haben.

Der zweite Druck brachte bereits eine eine große Verbesserung. Die Wülste an den Kanten waren wesentlich schwächer ausgeprägt. Beim Druckpfad wurde der Roboter so programmiert, dass die Düse immer orthogonal zum gedruckten Layer steht, was nochmals zu einer Verbesserung der Oberfläche geführt hat.

Zu einem späteren Zeitpunkt würden wir auch noch gerne versuchen eine weitere Variante des Hockers zu printen, wo wir die Geometrie für den Druck optimieren.

### PATHMODELLING





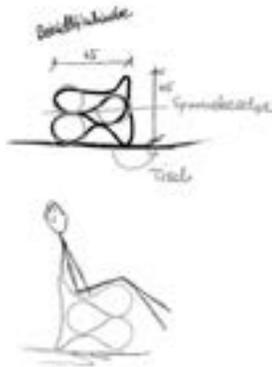
# REF 2

MULTIFUNKTIONAL NUTZBARER HOCKER



## REF 2

### KONZEPT



Das Unikat «ref 2» bezeichnet das Design welches 2 mal reflektiert wird. Eine Reflexion jeweils in die horizontale Ebene und die zweite in die vertikale. Besonders hervorzuheben ist die flexible Nutzung. Man kann das Objekt auf 3 Arten als Hocker sowie auch als Beistelltisch benutzen.

Auf das Zusammenspiel zwischen harten Kanten an den Außenbereichen und den restlichen schwungvollen Übergängen wird hierbei Wert gelegt. Die runden Formen spielen dabei die Hauptrolle - Sie stehen für optimalen Sitzkomfort und zugleich ehrliches Design.

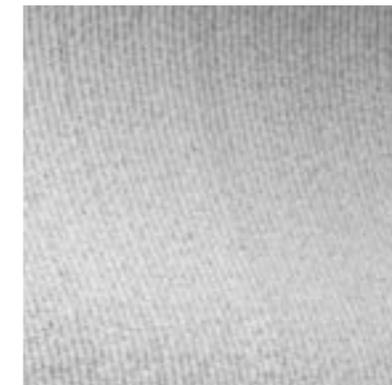
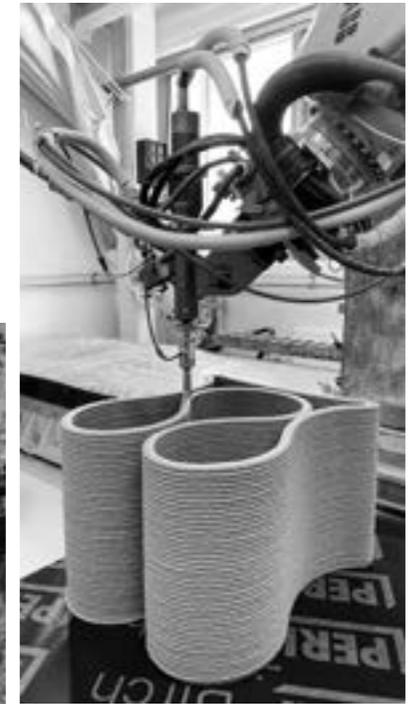
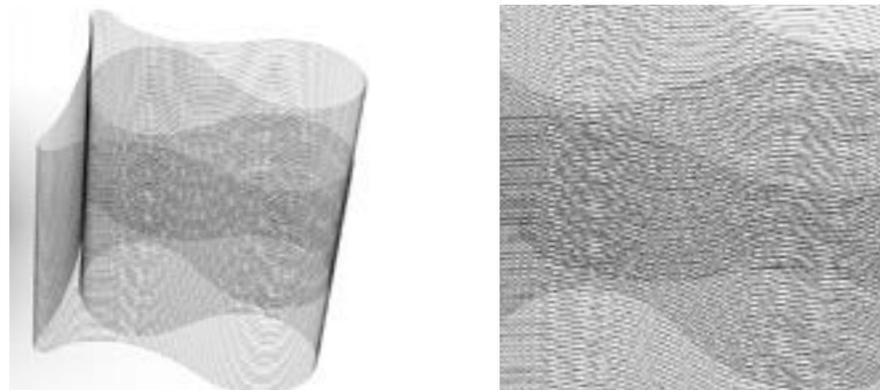
Konzeptprozess: Anfangs einigten wir uns auf ein schwungvolles, abgerundetes Design, das zugleich sehr simpel bleiben sollte. Mit einer einfachen Schleifenskizze entwickelte sich das Objekt zu einem geschwungenen Sessel mit Rückenlehne. Bei der Überlegung über den Druckprozess wurde uns klar, dass der Start- und Endpunkt beim Druckpfad nicht ident waren und dadurch der gesamte Print zu Komplikationen geführt hätte. Deshalb entfernten wir die Rückenlehne und drehten das Design, wodurch das finale Konzept entschieden war.

### FERTIGUNG

Für die Methode zur Erzeugung des Printpfades wurde das Tool Grasshopper benutzt und alles funktionierte einwandfrei.

Der Print selbst verlief auch ohne Probleme. Der Beton hatte die richtige Konsistenz und das Objekt wurde sauber und gleichmäßig ausgeführt. Jedoch berühren sich die Schnittpunkte nur an einer von 3 Stellen, der zu berechnende Abstand beim Modellieren wurde hier nicht ganz sauber ausgeführt.

### PATHMODELLING





# W12

SITZGRUPPE

## W1

### KONZEPT

Beim Formfindungsprozess sind wir von einer kompakten Form ausgegangen, die durch das Druckverfahren filigran und leicht anmutet. Um den Sitzkomfort in den Vordergrund zu rücken, haben wir eine Sitzschale ausgebildet, die gemeinsam mit der Lehne, die aus der Schale hervorgeht, ein, trotz des harten Materials, bequemes Sitzmöbel bildet. Konstruktiv ist das Sitzmöbel durch die Form der Schale belastbar. Zusätzlich haben wir allerdings den Boden aufgewölbt, um einen Steg auszubilden, der sowohl während des Druckverfahrens, als auch im späteren Gebrauch Unterstützung bietet. Dieser geht in der unteren Fläche außerdem direkt in die Füße über, die aus der Bodenplatte aufgewölbt sind. Dadurch erhält das Möbel einen leichten, fast schwebenden Charakter im Bezug zum Boden.

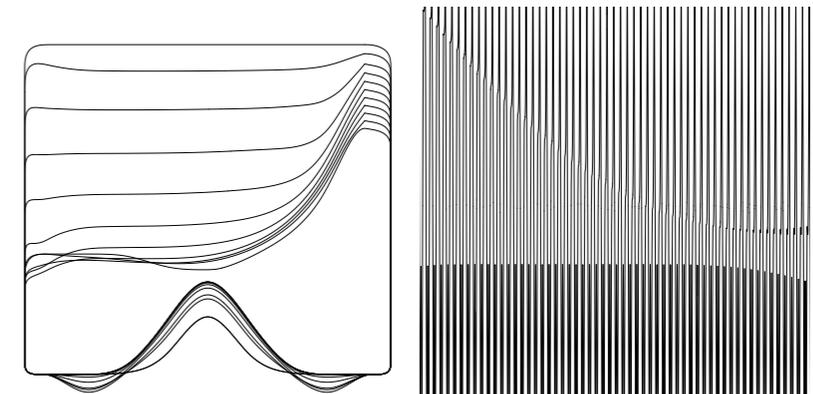
### FERTIGUNG



Beim Druckverfahren haben wir uns dafür entschieden, die beiden Möbel hochkant zu drucken. Beim Eckteil ergibt sich durch die beidseitige Lehne ein Überhang an einer Seite, der den Druckprozess herausfordernder gestaltet. Beim ersten Drucken haben wir diesen an der Unterseite positioniert, durch die zu große Neigung und das Gewicht das auf die Auskragung gewirkt hat, ist diese jedoch nach einigen Schichten eingebrochen. Beim zweiten Druckversuch, wo wir die Neigung der Ecke geändert haben, ist es auch wieder ab einer Höhe von ca. 10cm eingebrochen.

Methode zur Erzeugung des Printpfades: Grasshopper-Vorlage File. Erzeugung von einem spiralförmiger Printpfad ohne Ausfahrt beim Printen.

### PATHMODELLING



## W2

### KONZEPT

Um uns an das bestehende Eckteil anzupassen, sind wir in der Form wieder kompakt geblieben. Die Lehne geht wieder aus der Sitzfläche hervor, bildet in diesem Fall jedoch kein Eck aus, sondern bleibt über die Länge der Bank gerade.

Konstruktiv ist die Ausbildung des Möbel wieder in gleicher Weise umgesetzt worden. An der Stirnseite lassen sich die beiden Möbel aneinanderreihen, da die Kontur gleich ausgeführt ist. Um die Möbel über die Form stärker zu verbinden haben wir außerdem die Lehne über die gesamte Länge der beiden Möbel abgeschrägt, so dass diese perfekt aneinander passen. Diese Aneinanderreihung kann auch durch eine Spiegelung weitergeführt werden.

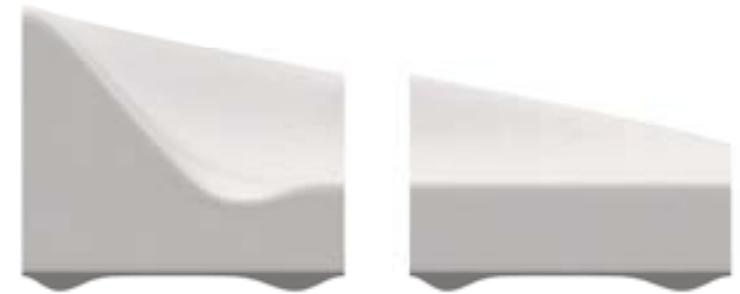
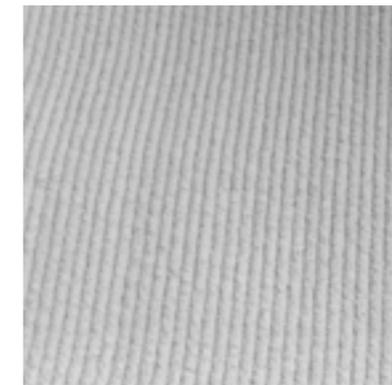
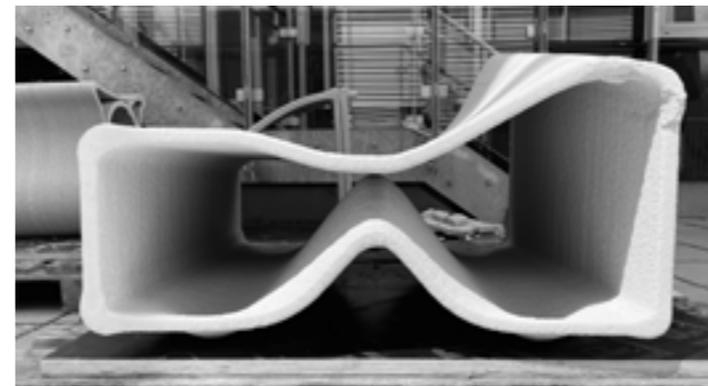
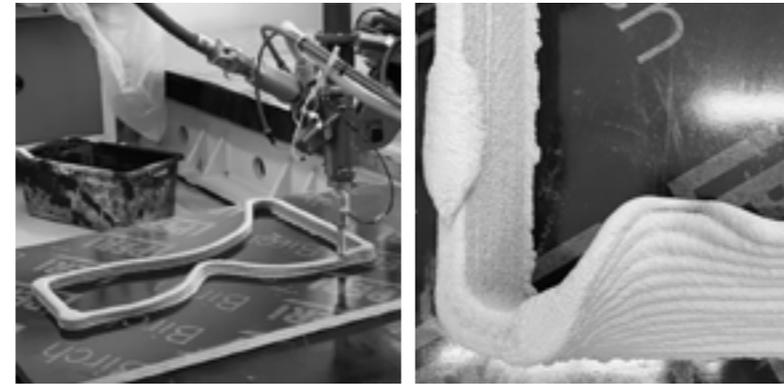
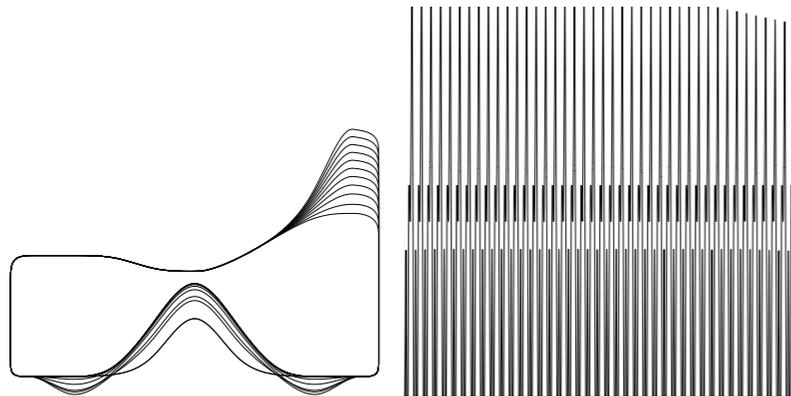
### FERTIGUNG



Beim Druckverfahren haben wir das Möbel ebenfalls hochkant gedruckt, da es dieses Mal jedoch ein reiner Extrusionskörper ohne Auskrugung war, hatten wir keine Probleme beim Drucken. Durch die Wahl eines dünneren Betonstrangs, als beim Modellieren angenommen, berühren sich der Steg und die Sitzfläche jedoch nicht wie geplant, was aber zu einem besonderen Detail geführt hat.

Methode zur Erzeugung des Printpfades: Grasshopper-Vorlage File. Erzeugung von einem spiralförmiger Printpfad ohne Ausfahrt beim Printen.

### PATHMODELLING



Unsere Sitzmöbel sind als eine Serie angedacht, die unterschiedlich kombiniert werden kann, jedoch auch alleine funktioniert.

Darauf deutet auch die Namensgebung hin. Diese setzt sich aus dem Buchstaben der Querschnittsform und einer fortlaufenden Nummerierung zusammen. Dadurch können auf sehr einfache Weise unterschiedliche Kombinationen zusammengestellt werden.





**GRAZ UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY**

Institute for Structural Design  
Technikerstraße 4, 8010 Graz  
+43 316 87 36 211  
[tragwerksentwurf@tugraz.at](mailto:tragwerksentwurf@tugraz.at)