

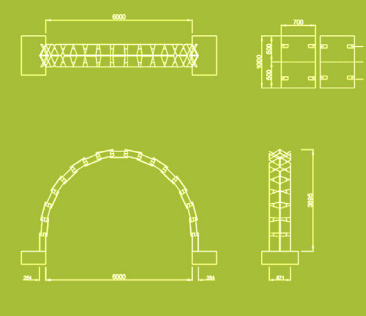
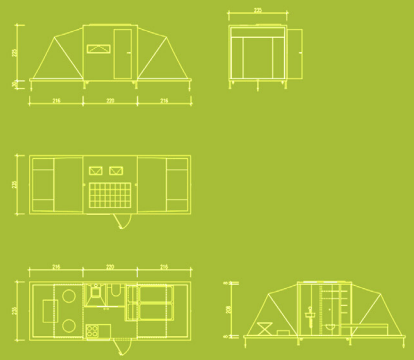
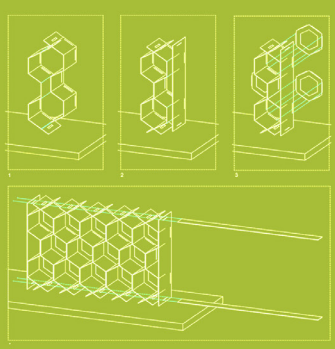
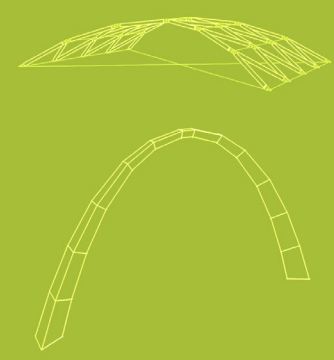
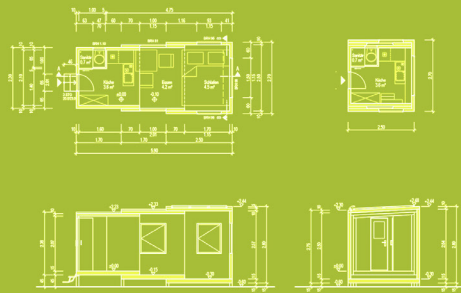
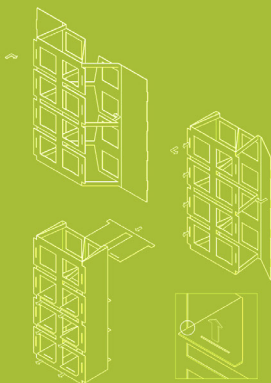
# Konstruktives Gestalten



Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Wintersemester 2021/ 2022



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT





---

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich 13 Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Prof. Architekt Stefan Schäfer

Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt

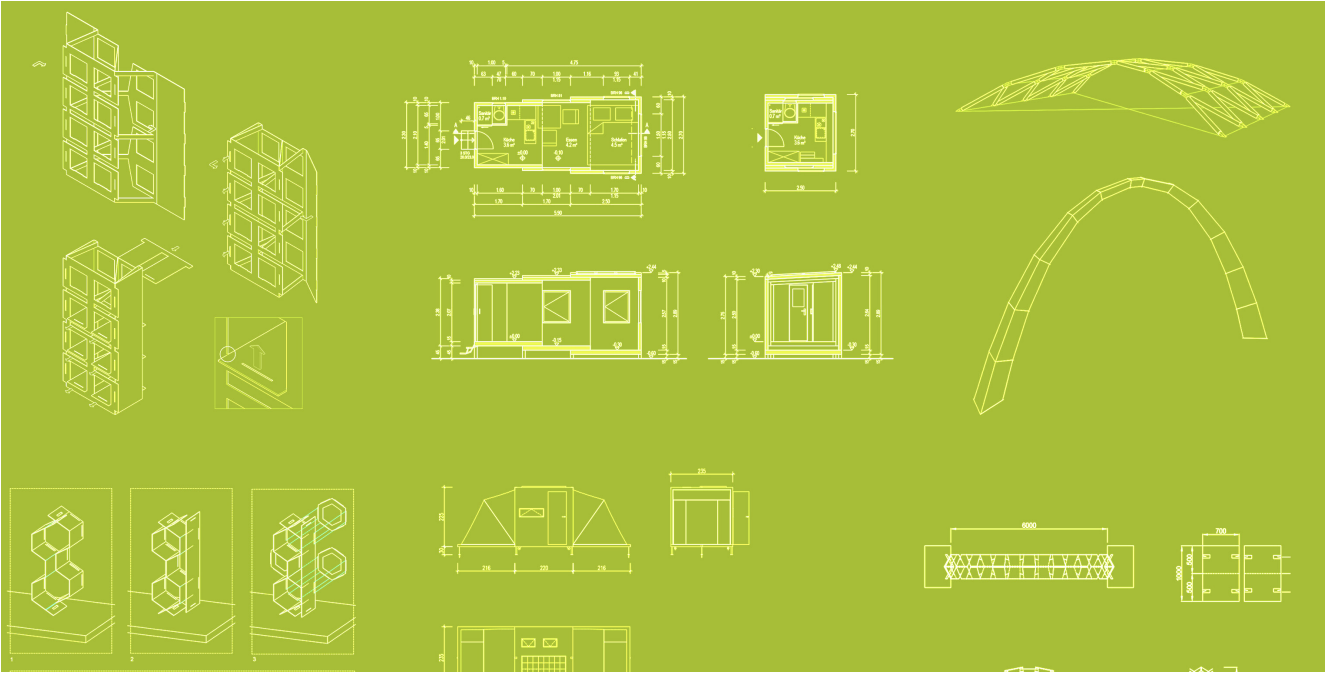
Telefon: +49 6151 16 - 21380

[www.kgbauko.de](http://www.kgbauko.de)  
[info@kgbauko.tu-darmstadt.de](mailto:info@kgbauko.tu-darmstadt.de)

---

Vorwort.....	6
1. Übung.....	8
1.1 Aufgabenstellung.....	9
1.1.1 Teilnehmer/ Teilnehmerinnen .....	10
1.1.1.1 Lia Birmele .....	10
1.1.1.2 Aaron Duncan.....	12
1.1.1.3 Lorenz Gladenbeck.....	14
1.1.1.4 Juliane Haber .....	16
1.1.1.5 Julia Becker .....	18
1.1.1.6 Julia Dinkler .....	20
1.1.1.7 Birte Kurth.....	22
1.1.1.8 Ksenia Gioeva .....	24
1.1.1.9 Moaz Mursi .....	26
1.1.2.0 Habibe Caliscan .....	28
1.1.2.1 Lennart Gärtner .....	30
2. Übung.....	32
2.1 Aufgabenstellung.....	33
2.1.1 Teilnehmer/ Teilnehmerinnen .....	34
1.1.1.1 Lia Birmele .....	34
1.1.1.2 Julia Becker .....	36
1.1.1.3 Juliane Haber .....	38
1.1.1.4 Jana Merz .....	40
1.1.1.5 Aaron Duncan.....	42

3. Übung .....	46
3.1 Aufgabenstellung.....	47
3.1.1 Teilnehmer/ Teilnehmerinnen .....	48
3.1.1.1 Julia Becker .....	48
3.1.1.2 Lia Birmele .....	50
3.1.1.3 Julia Dinkler.....	52
3.1.1.4 Ksenia Gioeva .....	54
3.1.1.5 Baran Temizel.....	56
3.1.1.6 Birte Kurth.....	58
3.1.1.6 Jana Merz .....	60
4. Anhang .....	62
4.1 Platz für die Notizen.....	62
5. Redaktion.....	63



## Vorwort

---

## Lerninhalt

Der Schwerpunkt liegt auf der konstruktiven und gestalterischen Durcharbeitung zusammenhängender kleiner Projekte unter Zugrundelegung gezielter konstruktiver und wissenschaftlicher Aspekte (z.B. filigrane, leichte Tragwerke, sensible Strukturen, optimierter Materialeinsatz), Vorgänge beim Gestalten, Modell und Pläne, Leichtbau 1, Leichtbau 2, Bauen mit Textilien 1, Bauen mit Textilien 2, Bauen mit Luft, Bauen mit Glas 1, Bauen mit Glas 2, Bauen mit Stahl, Bauen mit Holz, Bauen mit Seilen, Bauen mit Papier, additive Fertigung.

## Qualifikationsziele / Lernergebnisse

Nach der erfolgreich absolvierten Lehrveranstaltung werden die Studierenden die Fähigkeit besitzen, unterschiedliche gestalterische und konstruktive Lösungen zu erstellen, abzuwägen, sachlich und verständlich zu erläutern, Entscheidungen zu treffen und zu begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die Ergebnisse Ihrer Arbeit in geeigneter Form zu entwickeln, darzustellen, zu begründen und zu präsentieren. Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, fachspezifische Probleme nach wissenschaftlichen Grundsätzen selbstständig zu bearbeiten.

## Lehrveranstaltung

Die Lehrveranstaltung gliedert sich in eine Vorlesungsreihe und daran anschließende, betreute Übungen. Drei Übungen werden jeweils betreut bearbeitet und mit einer Präsentation abgeschlossen. Zum Leistungsumfang zählen (je nach Übungsprinzip) konstruktive Überlegungen, Plan-darstellungen und Modelle bis zum Maßstab 1:1. Die Lehrveranstaltung wird unter Nutzung des LMS Moodle durchgeführt. Die Lehrveranstaltung richtet sich an Studierende ab dem 1. Semester der Master- Studiengänge BI, UI, WIBI oder Architektur.

## Aufgaben

- Konzeptentwicklung mit Skizzen und Arbeitsmodellen
- Konstruktive Durcharbeitung von Tragwerksstrukturen
- Entwurfsdarstellung anhand von Grundrissen, Ansichten, Schnitten,
- Isometrien und Arbeitsmodellen
- Moodle-Upload und Präsentation anhand zeichnerischer, schriftlicher und mündlicher Darstellungen

---



---

## 1. Übung

---



---

## Micro Regal

Bei der ersten Aufgabe im Kurs Konstruktives Gestalten soll aus einer vorgegebenen Menge Finn-pappe mit dem institutseigenen Laserschneider ein neues, praktisches Micro Gewürzregal für eigene Küche realisiert werden. Eine gut sortierte Küche wirkt gleich viel aufgeräumter. Nur brauchen die Gewürze einen vernünftigen Platz. Schließlich sollten die Gewürze einerseits beim Kochen schnell zur Hand sein. Andererseits sollten sie aber auch nicht ständig im Weg herumstehen. Abhilfe schafft da ein Micro Regal. Gewürzregale gibt es in unzähligen Varianten. Früher hatten Küchenschränke und Küchenbuffets oft Aussparungen für Glasschütten vorgesehen, in die die Gewürze eingefüllt werden konnten. Später kamen dann Holzregale auf.

Im ersten Schritt soll die Fläche ausgemessen werden, die für das Micro Regal zur Verfügung steht. Dann sollen die Gewürzbehälter ausgemessen und ihre Anzahl festgelegt werden. Das Regal sollte nun so geplant werden, dass für zusätzliche Gewürze Platz bleibt. Danach wird festgelegt, wie viele Teile insgesamt erforderlich sind und welche Breite, Tiefe und Höhe das Regal insgesamt haben soll. Im nächsten Schritt werden die Maße für die einzelnen Zuschnitte mithilfe des Lasercutters in einem CAD Programm digital gezeichnet. Dies geschieht am besten so, dass möglichst wenig Material dabei verloren geht. Pappenreste können später noch benötigt werden.

Ein Micro Regal basiert idealerweise auf einer ganz einfachen Konstruktion. Für den gesamten Herstellungsprozess - vom Zuschneiden der Finn-pappe über die Gravierung - soll der Laserschneider des Instituts KGBauko eingesetzt werden. Einfache, reversible Fügemechanismen und Steckprinzipien ohne Kleber sollen entwickelt werden. Als Material wird finnische Maschinenholz-pappe, auch Finn-pappe oder Skan-pappe in der Stärke 1,0 mm zur Verfügung gestellt. Die Arbeitsfläche des Laserschneiders ist 500mm x 350mm und jede/r Teilnehmer\*in kann einmal diese Fläche verwenden.

## Vorgaben:

- Ein rundes Gefäß für Gewürzaufbewahrung mit Stülpedeckel hat Durchmesser 45mm und Höhe 90mm
- Einfache, reversible Fügemechanismen und Steckprinzip ohne Kleber
- Die Montage soll simplifiziert werden
- Laserdatei soll im PDF- Format sein, Zeichnungseinheiten sind in mm
- Schnitt: um das Material schneiden zu können, müssen die Linien auf einer roten Ebene angelegt werden - RGB 255,0,0
- Gravur (nicht flächig): um das Material gravieren zu können, müssen die Linien auf einer blauen Ebene angelegt werden- RGB 0,0,255
- Arbeitsfläche ist 500mm x 350mm
- Material des Micro Regals ist Finn-pappe, Stärke 1,0 mm (das Material wird vom Institut KG-Bauko bereitgestellt)
- Polylinien, Gruppe von Objekten, Blöcke, Texte, Texturen sollen in die Einzellinien zerlegt werden (Explosion)
- Die Laser- Linien dürfen nicht doppelt gezeichnet werden

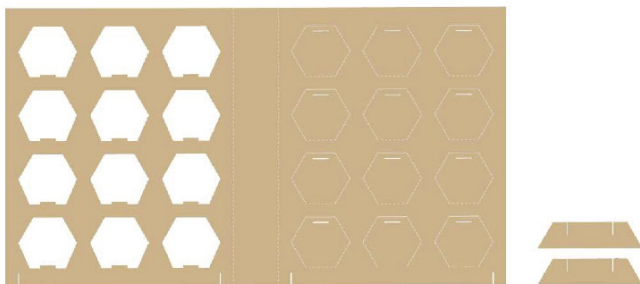
## Arbeitsschritte:

- Entwicklung eines Konzepts, Design
- Überlegungen zur Geometrie und Gestalt
- Konzeption der Elementverbindungen und Montage
- Skizzen, Zeichnungen, CAD-Modelle

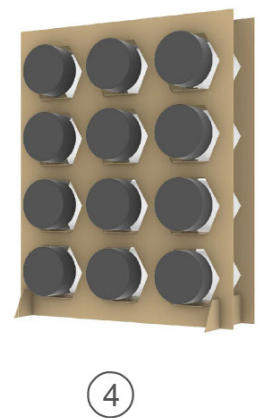
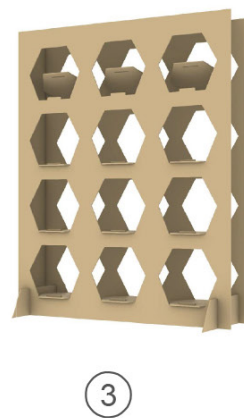
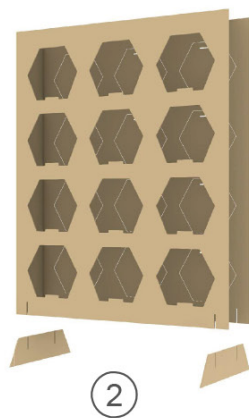
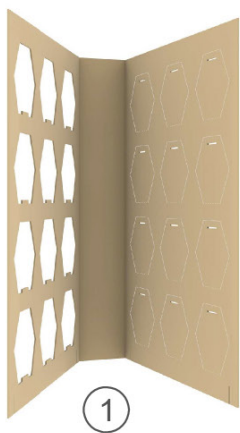
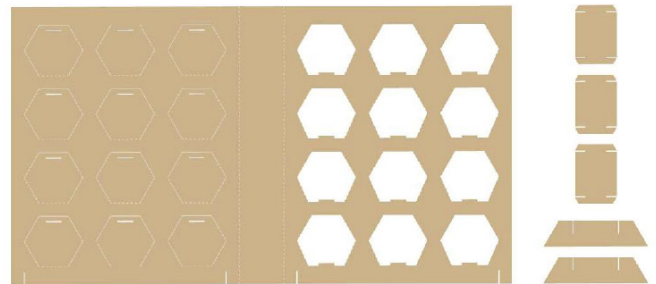
## Abgabeleistungen:

- Prototyp des Micro Regals im Maßstab 1:1
- Erläuterung der Montagemethode in Form von Skizzen (Axonometrie)
- Schlüssige, schriftliche Ausarbeitung zur Konzeptfindung und Entwicklung der Konstruktion (max. 1 DIN A4 Seite)
- Präsentationsdatei (\*.ppt oder \*.pdf)
- Abgabe per Moodle inkl. Fotos des Modells
- Abschließende Präsentation des Entwurfs (2-5 min)

Material für ein Einzelregal



Zusätzliches Material für ein Doppelregal

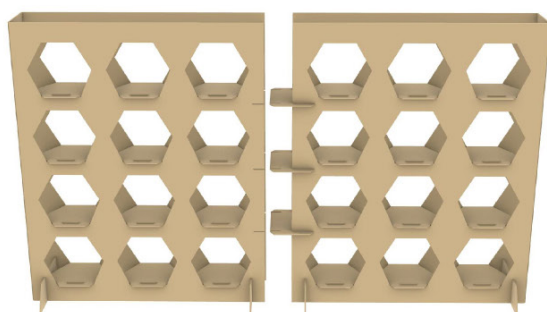


Schritt 1:  
Falten Sie den Papierbogen entlang der beiden vorgravierten Linien, sodass eine Art Buchrücken entsteht.

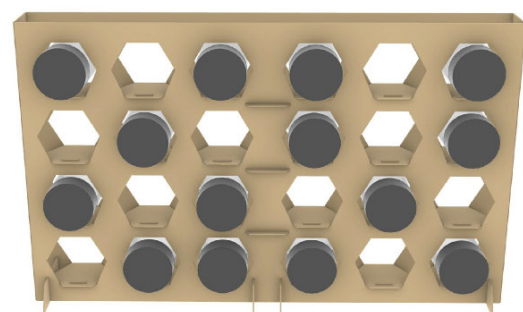
Schritt 2:  
Schieben Sie die beiden RegalfüÙe in die vorgesehenen Schlitzte am unteren Rand, um den Abstand zwischen der Vorder- und Rückwand zu fixieren und die Grundstabilität zu schaffen.

Schritt 3:  
Falten Sie die Waben in der Rückwand entlang der vorgravierten Linien nach vorne und drücken Sie die Enden in die Steckverbindung in der Vorderwand.

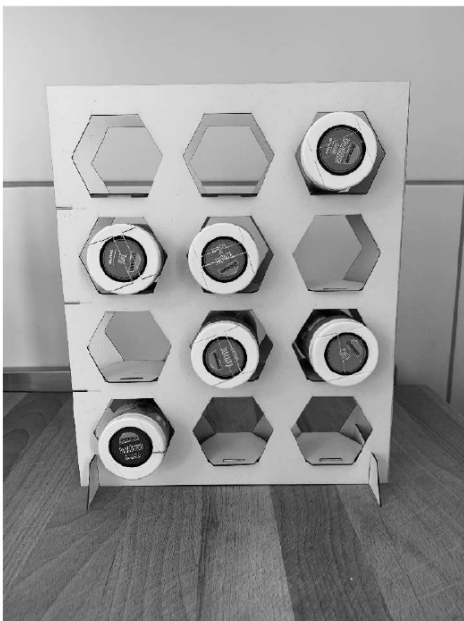
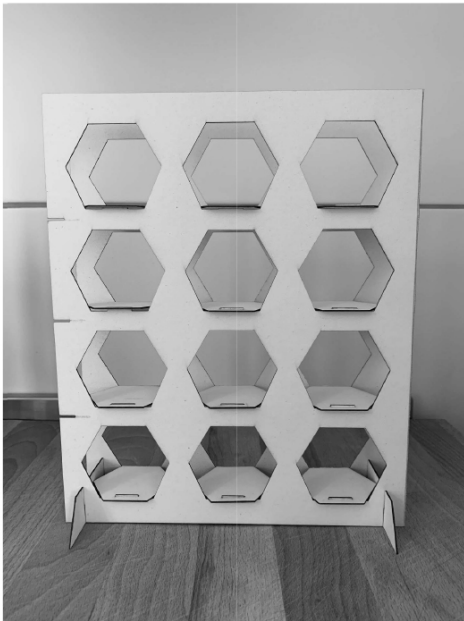
Schritt 4:  
Suchen Sie einen geeigneten Platz und befüllen Sie das Regal mit Ihren Gewürzgläsern.



⑤

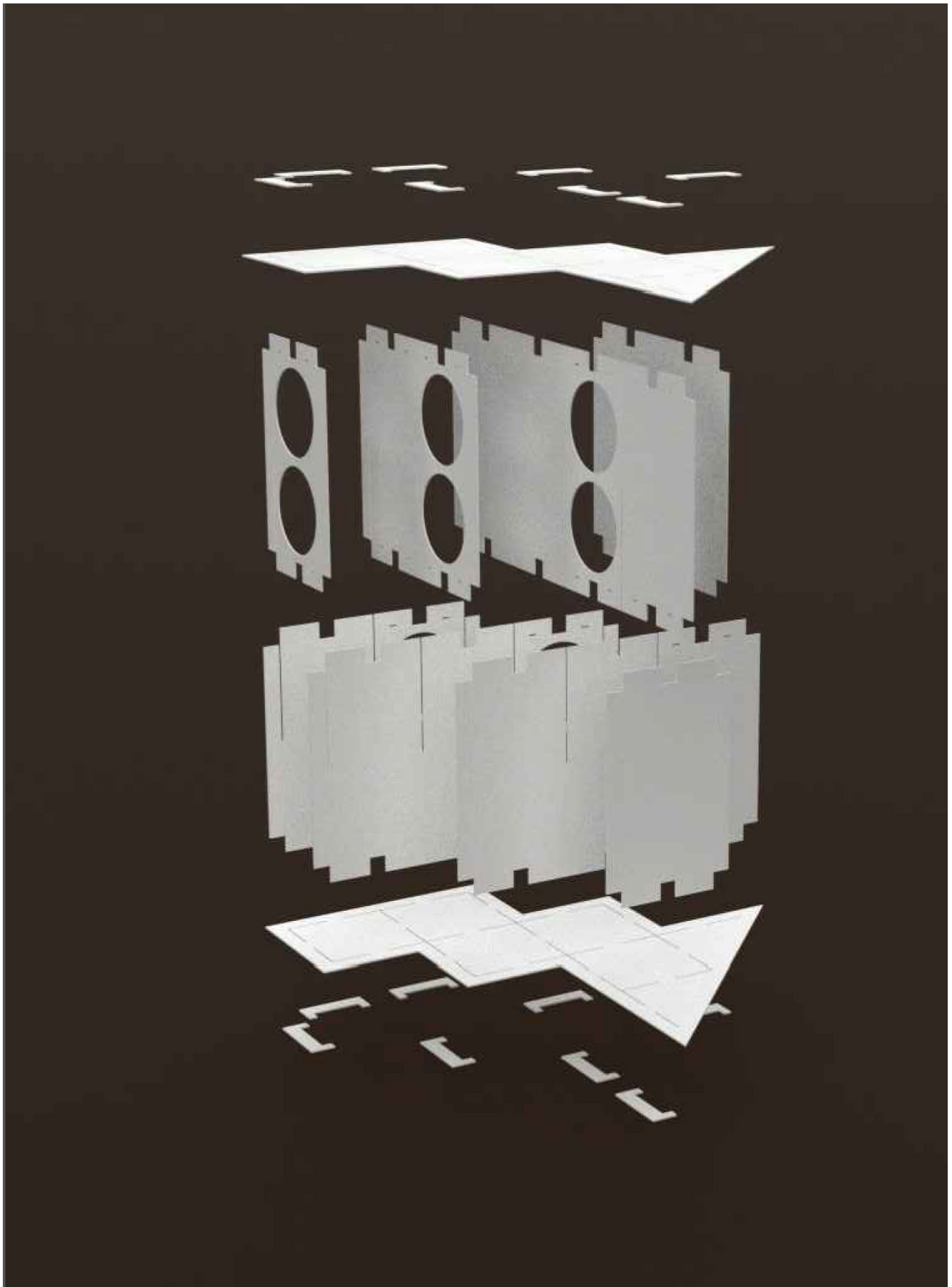


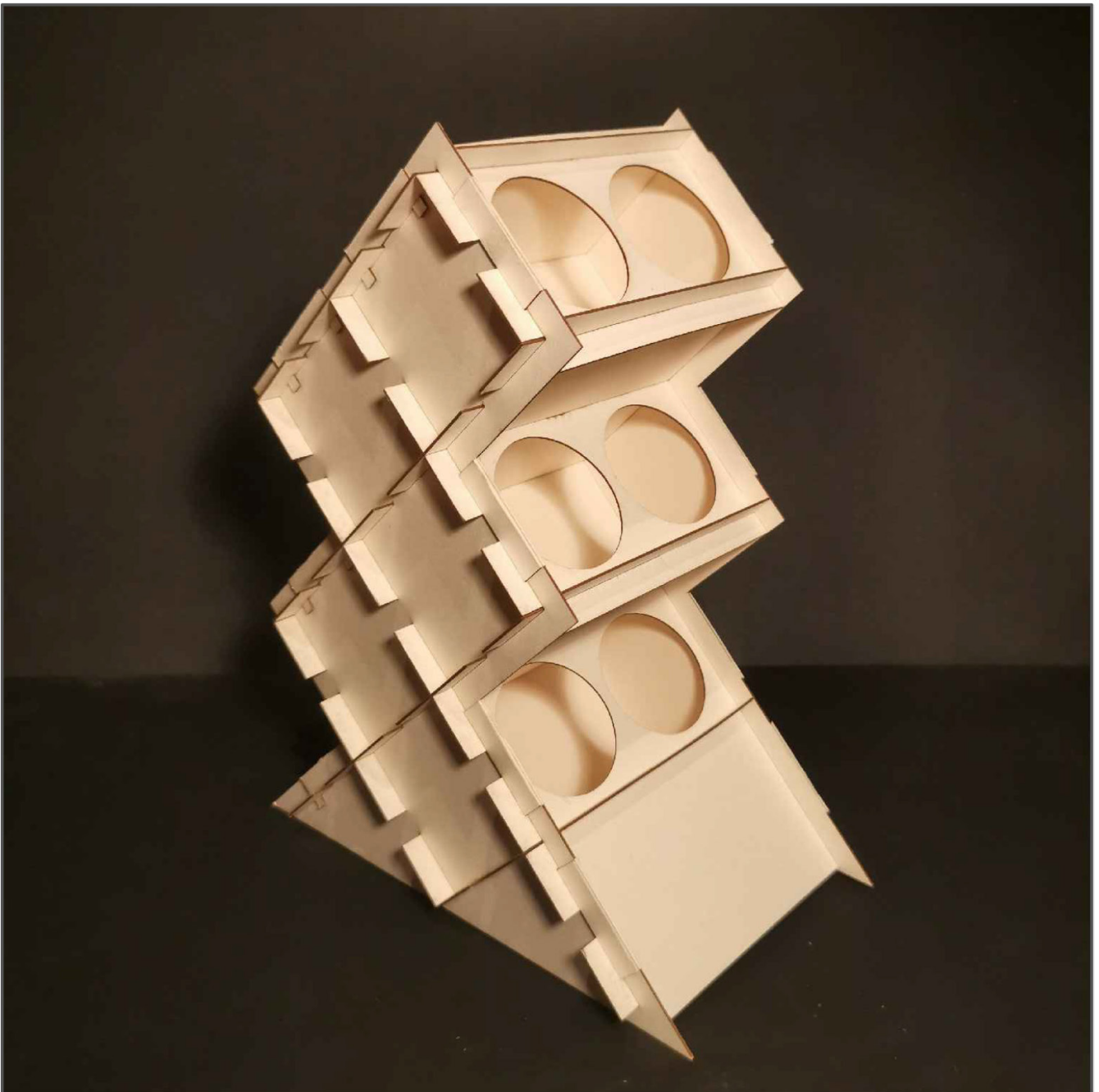
Schritt 5 (optional):  
Stecken Sie die drei Verbindungsstecker in die Schlitzte an der offenen Seite einer Regalhälfte. Schieben Sie die zweite Regalhälfte von der anderen Seite schlüssig in die Verbindungsstecker.



Das entwickelte Gewürzregal bietet Platz für bis zu zwölf Gewürzgläser. Jedes einzelne Gewürzglas ist gut sichtbar und greifbar. Die Besonderheit des Regals ist seine einfache, aber dennoch raffinierte Konstruktion. Das Regal besteht im Wesentlichen aus einem integralen Bauteil. Aus diesem Bauteil und zwei zusätzlichen Regalfüßen kann durch Falten und Stecken ein freistehendes Regal gefügt werden. Die dafür konzipierte falt-Steckverbindung ist leicht verständlich und materialsparend. Das Regal erfordert keine komplizierte Montage

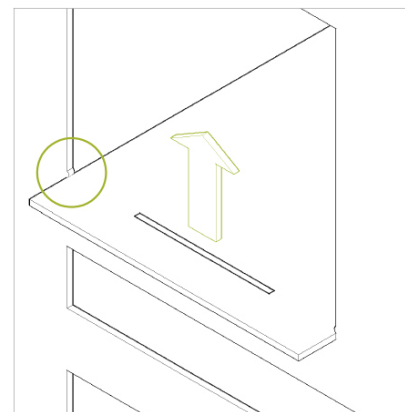
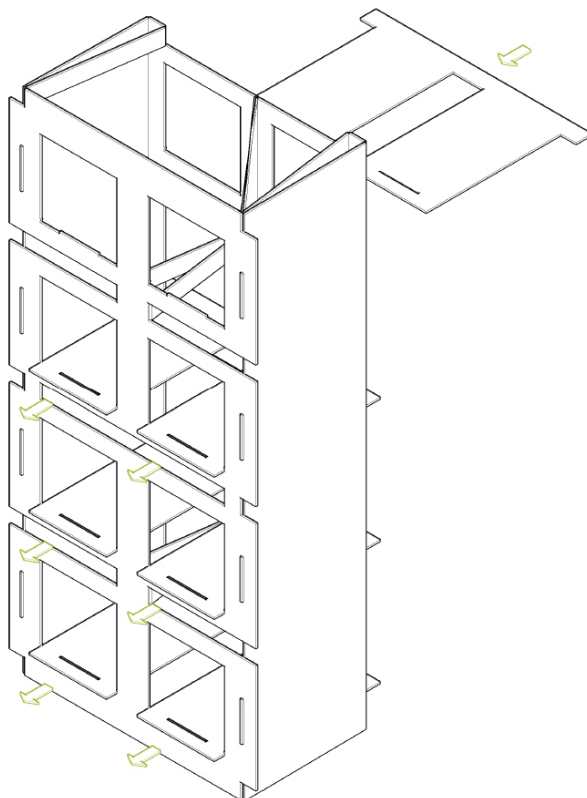
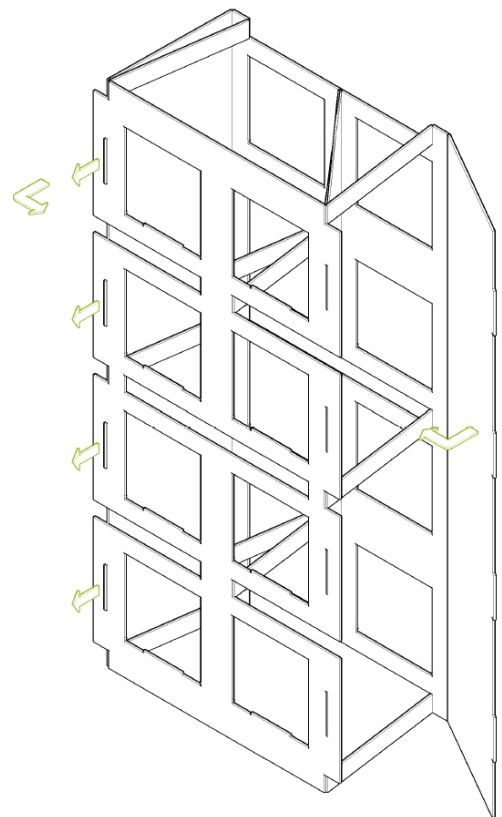
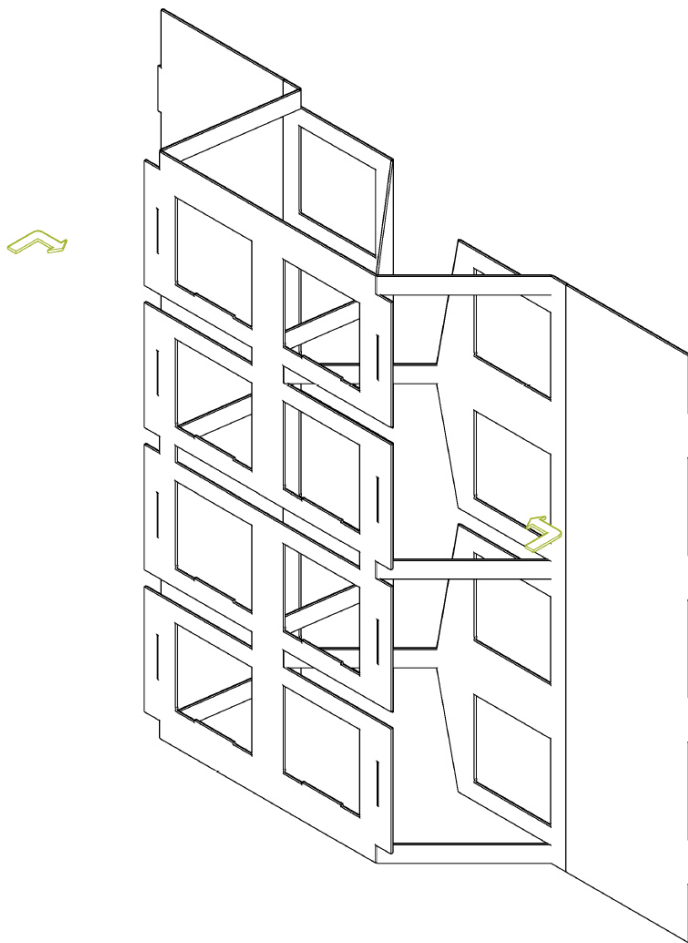
und kann in wenigen Schritten auf- und abgebaut werden. Die Technologie des Laserschneidens wird bei der Herstellung optimal genutzt und es ist keine Nachbearbeitung notwendig. Alle Schnitte und alle Gravuren zum Falten können bereits vom Laser getätigt werden. Über drei Verbindungsstecker und den Schlitten an der offenen Seite des Regals ist es zudem möglich, zwei Regale zu einem Doppelregal zu verbinden und die Anzahl der Gewürzgläser auf vierundzwanzig zu erweitern.





Grundkonzept dieses Entwurfes ist eine gesteckte Verbindungen, welche sich horizontal erstreckt. Dabei sollen die Gewürzdosen schräg übereinander angeordnet werden, um eine gute Raumnutzung umzusetzen. Die gesteckten Verbindungen können keine Momente übertragen, somit müssen weitere Elemente zur Aussteifung angebracht werden. Außerdem muss durch das tiefe Einschneiden der Fläche für die Steckverbindung, die Böden unterstützt werden. Somit wurden an den

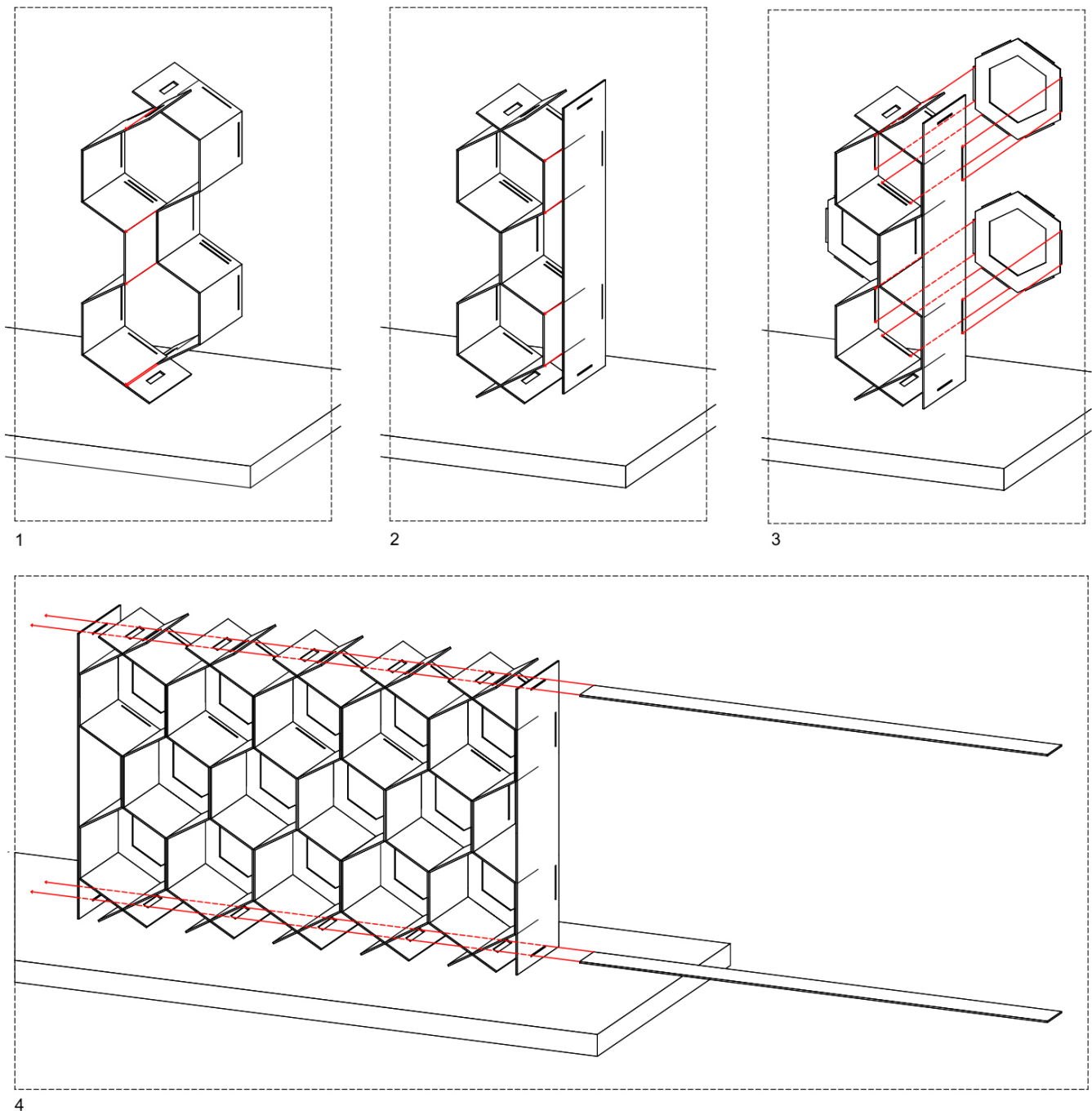
Außenseiten stabilisierende Plattenelemente angebracht, welche 1 cm überstehend sind, um die bisherige Konstruktion durchzustechen. Um die Außenplatte am rausgleiten zu hindern wurden an der Außenplatte kleine Stecker vorgesehen. Diese werden durch ein Loch der raustehenden Verbindung des Korpus mit der Außenwand durchgesteckt. Somit wird die Verbindung zwischen Außenwand und Korpus fixiert.





Die in dieser Aufgabe verwendete Finnplatte kann, anders als Holz oder Metall, sowohl gut mit Steck- bzw. Klemmverbindungen, als auch durch Falten zu dreidimensionalen Geometrien verarbeitet werden. Das entworfene Regal wird aus einem zusammenhängendem Bogen Finnplatte durch zweimaliges Falten aufgeklappt und durch die Klemmwirkung der Regalböden fixiert, wobei die exakt zu erstellenden Schnitte optimal von einem Laserschneider durchgeführt werden können. Auch die Faltkanten können auf der Vorderseite der Platte im selben Arbeitsschritt in Form einer Gravur angelegt werden. Bei ausreichend großem Arbeitsbereich des Laserschneiders können die Schnitte gespiegelt fortgesetzt werden und somit die Größe des fertigen Regals sowohl in Breite, als auch in Höhe, variiert werden. Zur Aussteifung in den vertikalen Ebenen und zur Unterstützung des

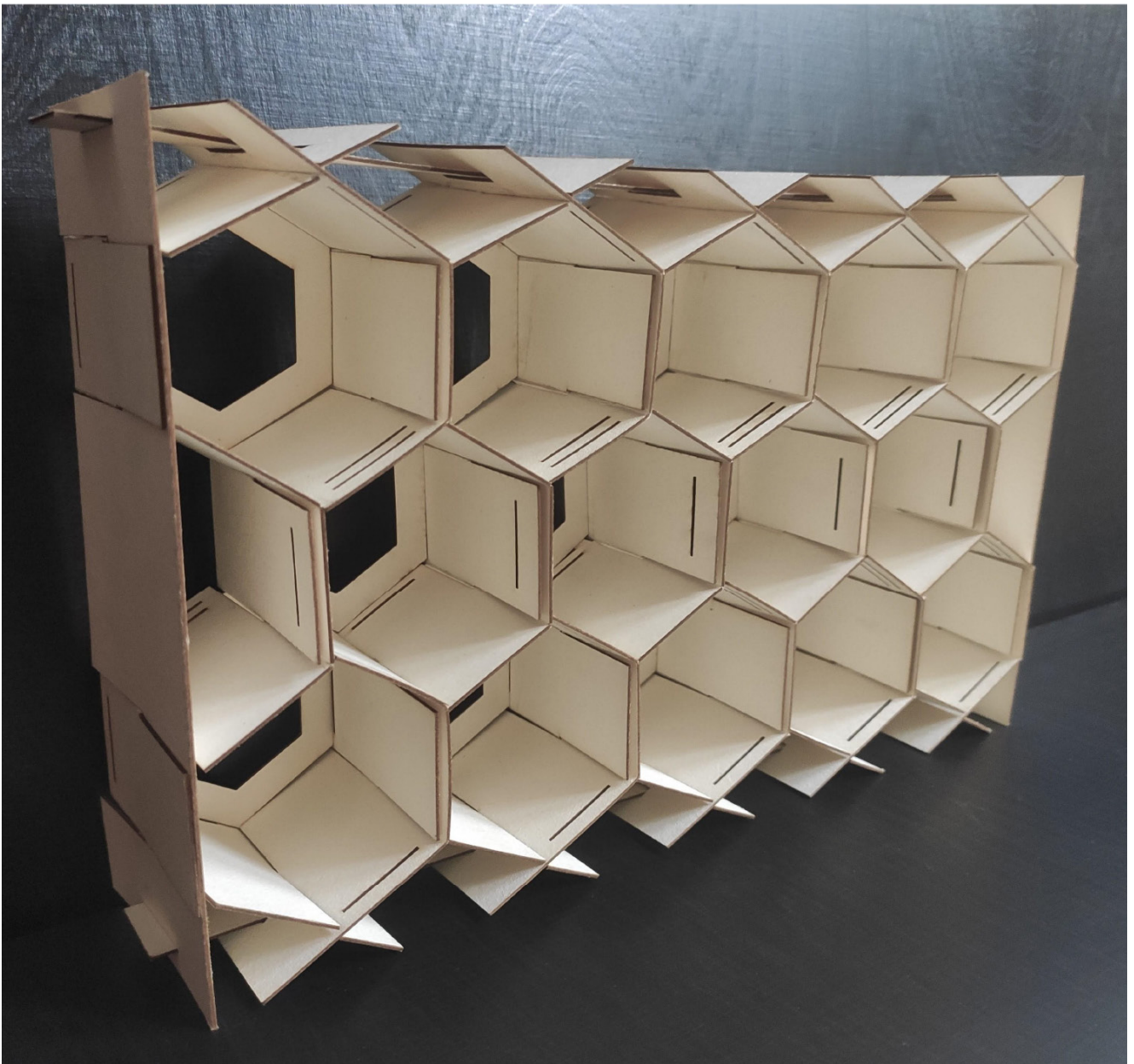
vertikalen Lastabtrags werden die äußeren Regalseiten nach vorne gefaltet und mit den vorgesehenen Zapfen fixiert. Auch die Regalböden sind geschlitzt, werden passgenau auf die vorhandenen Zapfen gesteckt und zusätzlich durch Schwellen gesichert. Auf diese Weise ist das gefaltete Regal auch vollständig in horizontaler Ebene aussteift. Durch die wenigen Einzelteile kann die Konstruktion sehr einfach auf- und abgebaut werden. Außerdem sind nur wenige Steckverbindungen vorgesehen, welche nach längerer Belastung vollständig ihre Klemmwirkung verlieren und somit die Dauerhaftigkeit des Tragwerks beeinträchtigen würden. Gestalterisch wurde auf Verzierungen oder Beschriftungen verzichtet und die einfache, kantige Geometrie der Falte- und Steckverbindungen durch rechtwinklige Ausschnitte betont.



## Montagemethode

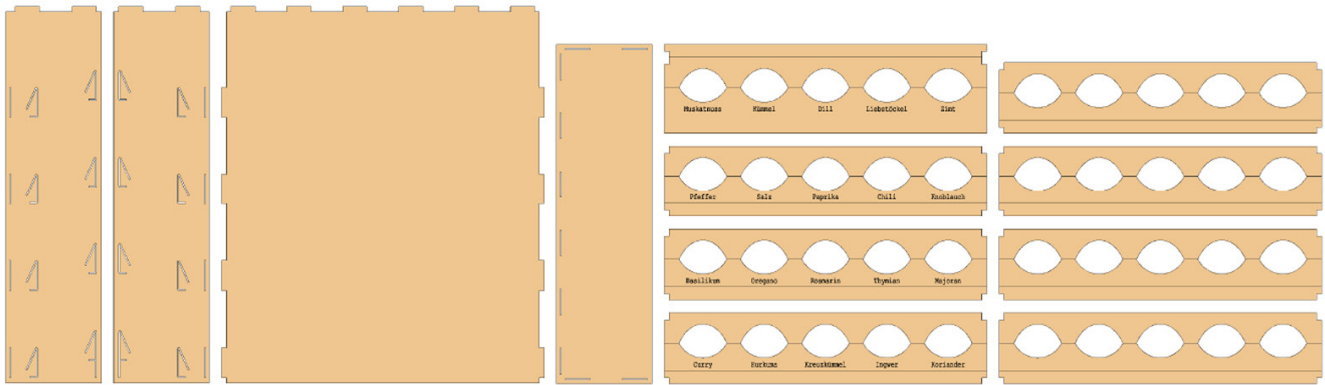
- Schritt 1: Knicken und Zusammenstecken der Wabenwände
- Schritt 2: Hinzufügen, der Seitenwände
- Schritt 3: Reinstecken, der sechseckigen Rahmen in die Schlitze
- Schritt 4: Durchstecken der länglichen Verbindungsstücke



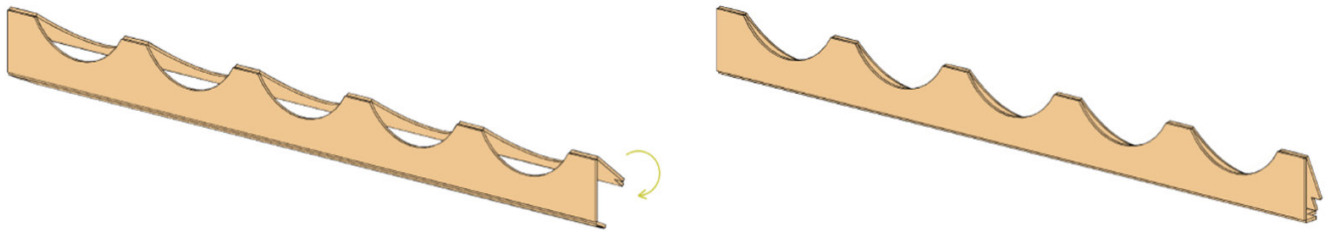


Bei der ersten Aufgabe im Kurs Konstruktives Gestalten soll aus einer vorgegebenen Menge Finn-pappe mit dem institutseigenen Laserschneider ein neues, praktisches Micro Gewürzregal für die eigene Küche realisiert werden. Die Rahmenbedingungen für das Gewürzregal sehen vor, dass das Regal aus einem Millimeter dicker Finn-pappe mit Hilfe von Steckverbindungen gebaut wird und ohne den Einsatz von anderen Materialien wie Kleber eine stabile Konstruktion bildet. Bei der Entwicklung des stabilen Gewürzregales wurde sich an der biologischen Form der Wabe orientiert und diese weiterentwickelt, um im Bereich der Fächer für Gläser keine platzeinnehmenden Steckverbin-

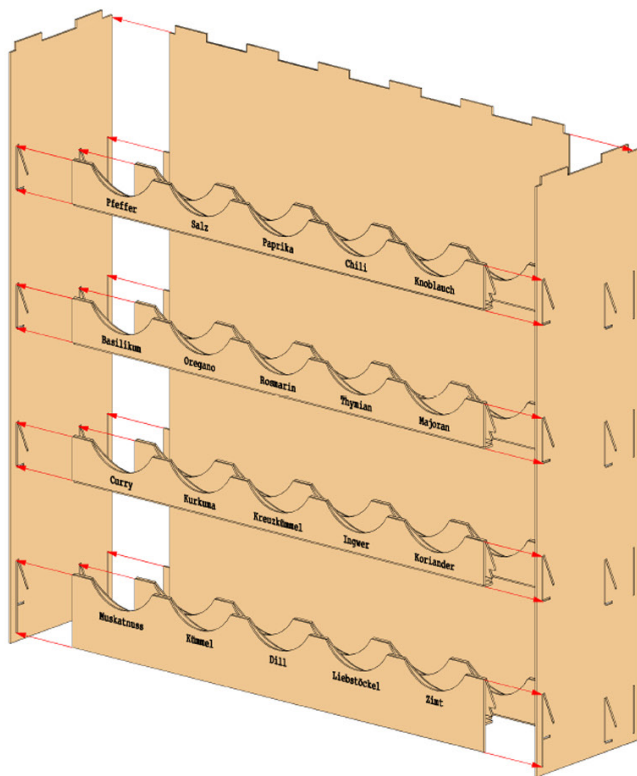
dungen zu haben. Dadurch ergibt sich die Form des Gewürzregales aus aneinandergereihten Waben. Die sechseckigen Fächer sind dabei genau an die Abmessungen eines Gewürzglases angepasst, wodurch insgesamt bis zu vierzehn Gewürzgläser gelagert werden können. Die Konstruktion basiert auf dem Steckprinzip der Verzahnung, dabei werden für eine Verbindungsstelle beide zu verbindenden Pappen an zwei Stellen eingeschlitzt. Durch die entstehenden Laschen können die beiden Pappen ineinandergeschoben werden. Dieses Prinzip ermöglicht eine beliebige Erweiterung des Regals.



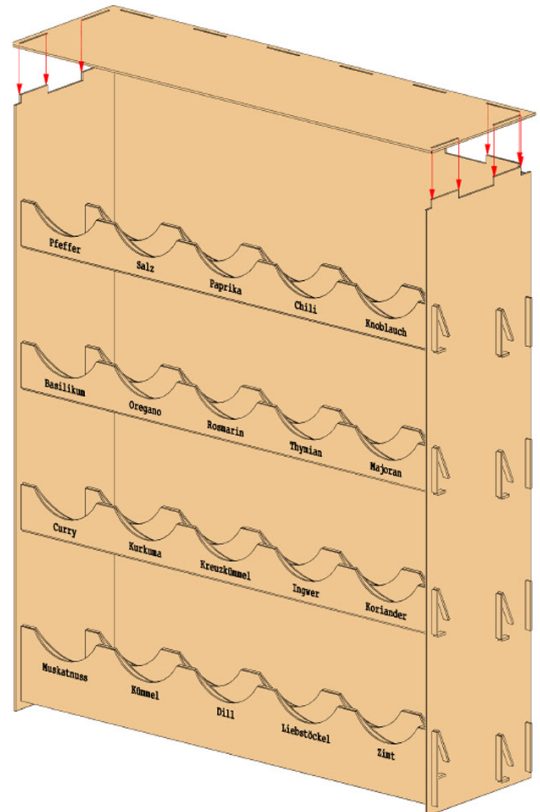
1) Falten der Trägerbauteile entlang der vorgravierten Knicklinien:



2) Zusammensetzen der Seitenteile, Rückwand und Träger:



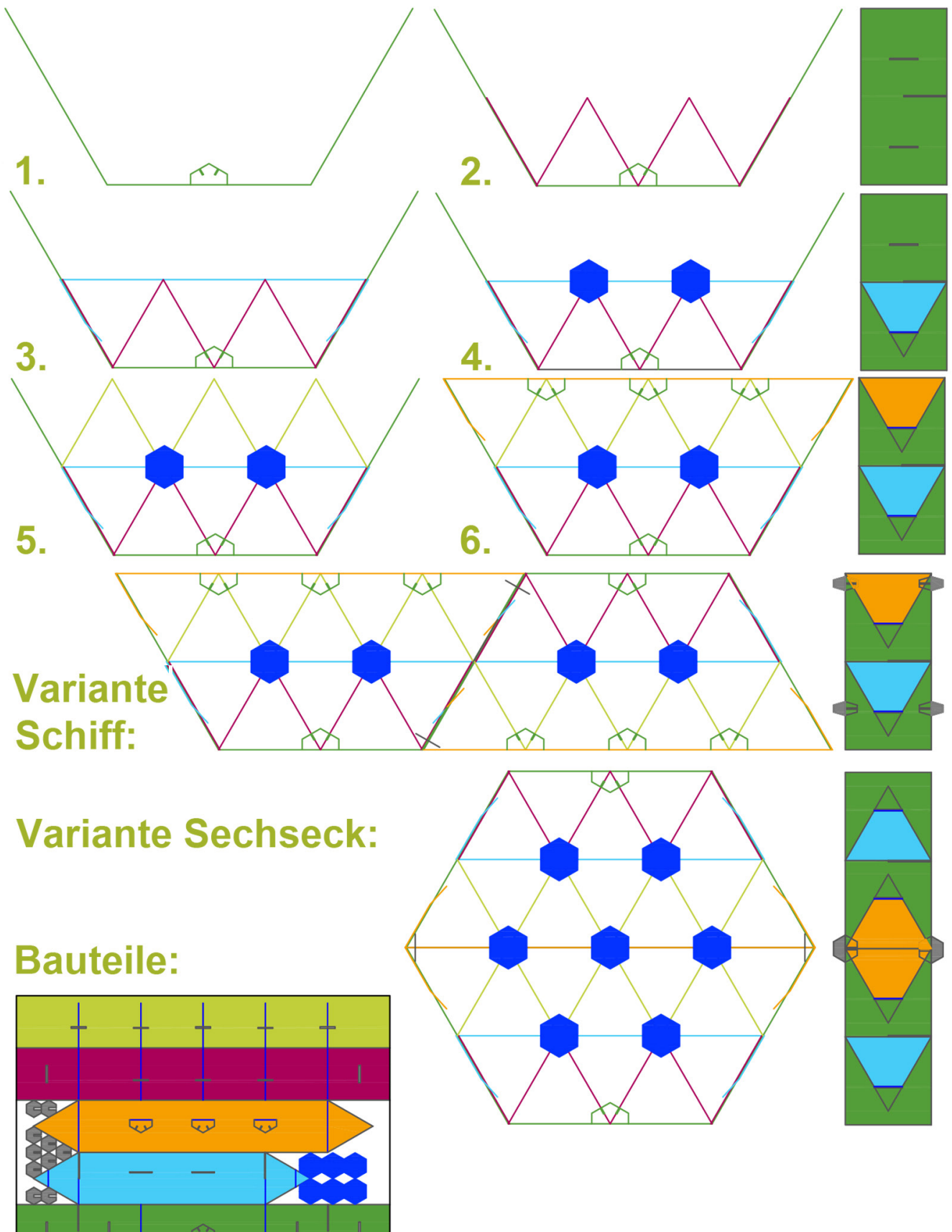
3) Aufsetzen des Regaldeckels:

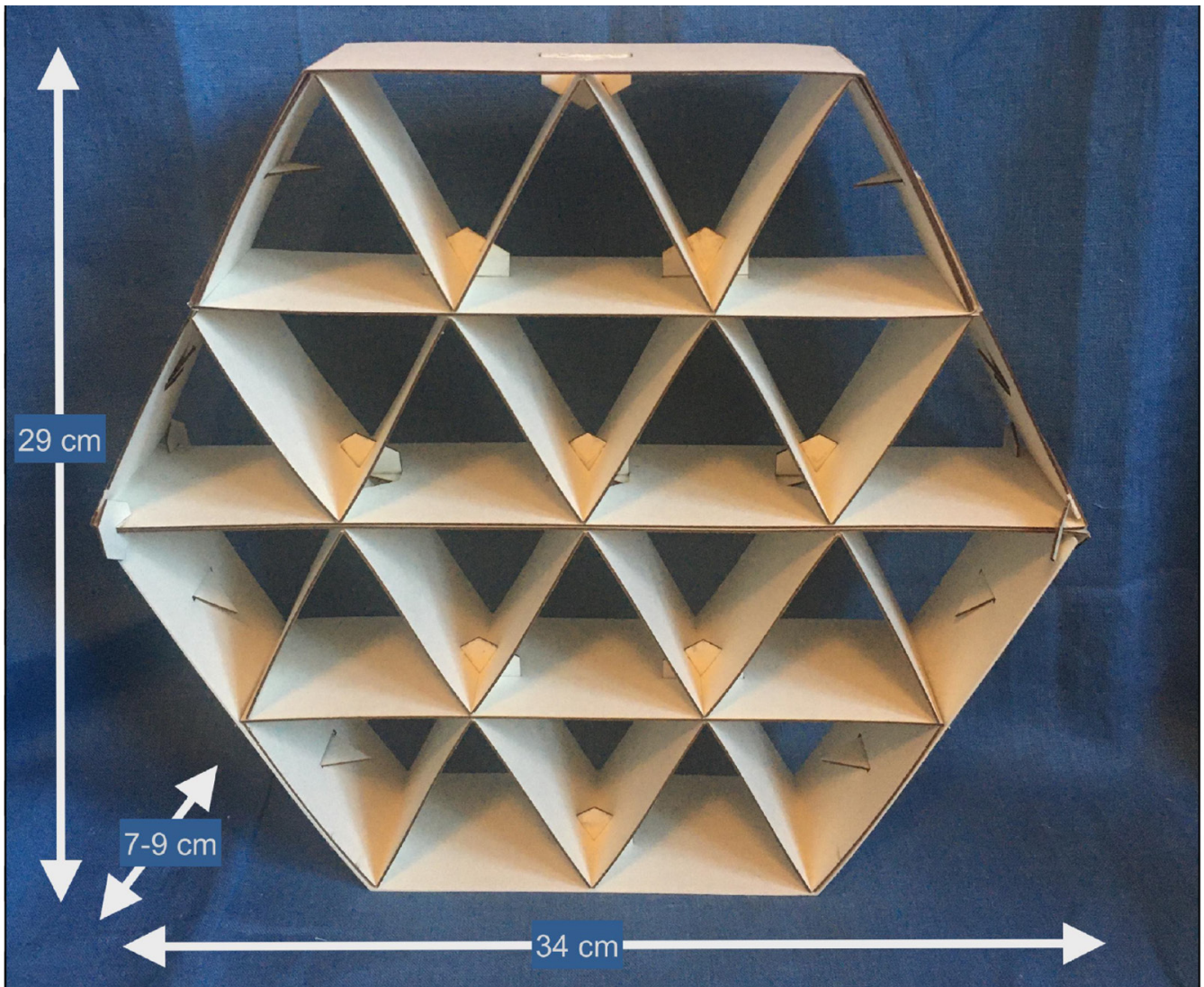




Der Entwurf des „Micro Regals“ ist einem sog. Wein- oder Flaschenregal nachempfunden. Bei derartigen Regalen werden die Flaschen in liegender Position in mehreren Reihen gelagert. So auch bei diesem Gewürzregal. Der einfache, aber dennoch effektive Entwurf bietet Platz für 20 Gewürzgläser, die in vier Reihen mit jeweils fünf Gewürzgläsern pro Reihe angeordnet sind. Zudem bietet dieses Konzept den Vorteil, dass die Gewürze dekorativ und leicht zugänglich in der Küche aufbewahrt werden können. Gleichzeitig nimmt das Regal wenig Fläche auf der Arbeitsplatte in Anspruch (Grundfläche des Regals 26,30 cm x 7,80 cm, Höhe 29,0 cm). Bei der Konstruktion handelt es sich um eine Rahmenkonstruktion, bei der die Seitenteile, Rückwand und Regaldeckel mit einem einfachen Steckprinzip, der sog. Schlitz-Zapfen-Verbindung, miteinander verbunden sind. Die horizontalen Träger dienen zur Halterung der Gewürzgläser

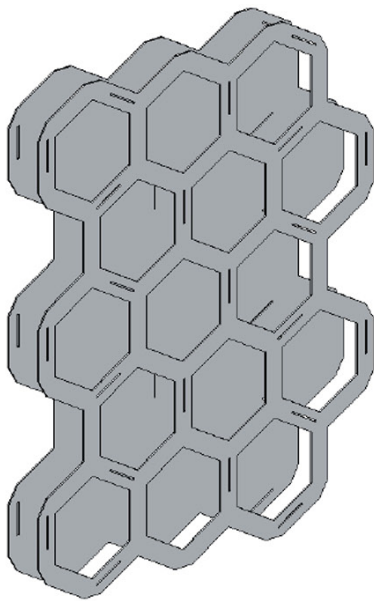
und sind höhenversetzt angeordnet. Dadurch ergibt sich eine leichte Neigung der Gewürzgläser von 15°, welche eine optimale Sicht auf die Gläser garantiert und zugleich ein leichtes Herausnehmen und Einsetzen der Gewürze ermöglicht. Im Rahmen der Herstellung des Prototyps wurden die Bauteile mit dem Laserschneider des Instituts KGBauko zugeschnitten. Bei dem vorliegenden Entwurf wird die Lasertechnik optimal ausgenutzt. Der Laserzuschnitt garantiert ein passgenaues Zusammensetzen der einzelnen Bauteile und ermöglicht den präzisen Ausschnitt der Schlitze für die Steckverbindungen. Insbesondere die runden Ausschnitte der Gewürzgläser sowie die Gravuren sind prädestiniert für die Anwendung der Lasertechnologie. Händische Nacharbeiten können auf diese Weise minimiert werden, sodass lediglich die vorgravierten Knickkanten mittels Cutter eingesehnt werden müssen.



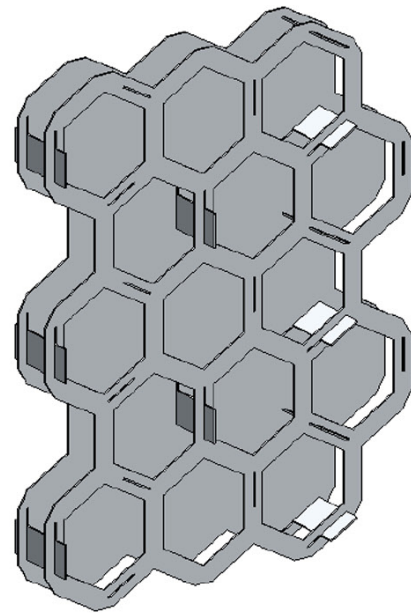


Das Gewürzregal „Trigon“ besteht aus sieben verschiedenen Elementen, die zu einem Modul zusammengesetzt werden. Zwei Module können zu einem Sechseck oder „Schiff“ angeordnet werden. Es wird ausschließlich Finnplatte der Stärke 1,0 mm verwendet. Die vorgegebene Menge von zwei Bögen Finnplatte 500mm x 350mm wird optimal ausgenutzt und jeweils zu den Elementen eines Moduls per Lasercutter geschnitten. Durch das simple Tragwerk aus Dreiecksfächern ist das Regal äußerst stabil und die Fächer passen perfekt zu den Gewürzdosen. So sind die Gewürze gut greifbar und ästhetisch gelagert. Wie der Name besagt, sind wiederkehrende Elemente das Dreieck und Sechseck. Ein Modul ist 34 cm breit, 14,5 cm hoch und 7 cm hoch. Werden zusätzliche Verbindungselemente verwendet ergibt sich eine Tiefe von 9cm, wodurch die Gewürze stets mittig aufliegen. Das Regal wird größtenteils aus geknickten Ele-

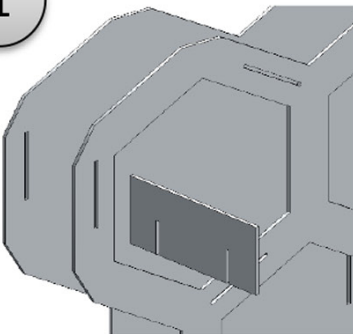
menten zusammengesetzt und teilweise gesteckt. Dabei ist bei jedem Knick eine Gravur vorgesehen. Bis auf 4 Stellen können die Elemente dort angeritzt werden, sodass die Gravur auf der Außenseite des Knicks liegt. Die Stellen, die auf der Rückseite eingeritzt werden sollen und somit anders herum geknickt werden, sind mit einer entsprechend gestrichelten Gravur versehen. Da die Rückseiten selbst ungraviert sind, kann man sich beim Ritzen und Knicken dort an den Gravuren bzw. Maßen anderer Elemente orientieren. Dies wird in einem Trickfilm mit animierter Montage visualisiert. Die Montageschritte sind im linken Bild in Front- und Seiten-Ansicht gezeigt. Dabei wird jedes Element in einer Farbe dargestellt und kann über den Bauteilplan zugeordnet werden. Weiterhin sind die beiden Varianten dargestellt, auf dem Bild zusätzlich die Variante Sechseck.



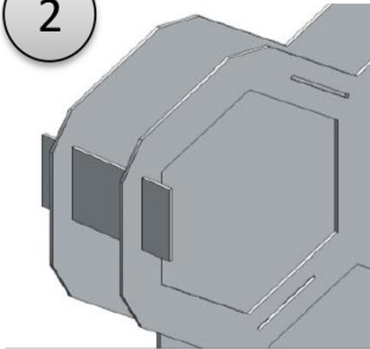
Montieren der  
Seiten nach dem  
Steckprinzip 1-3



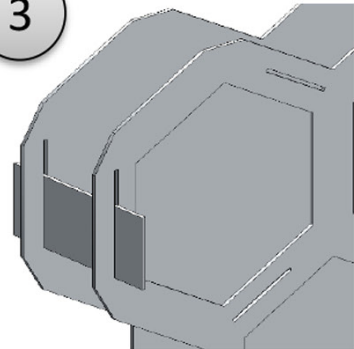
1



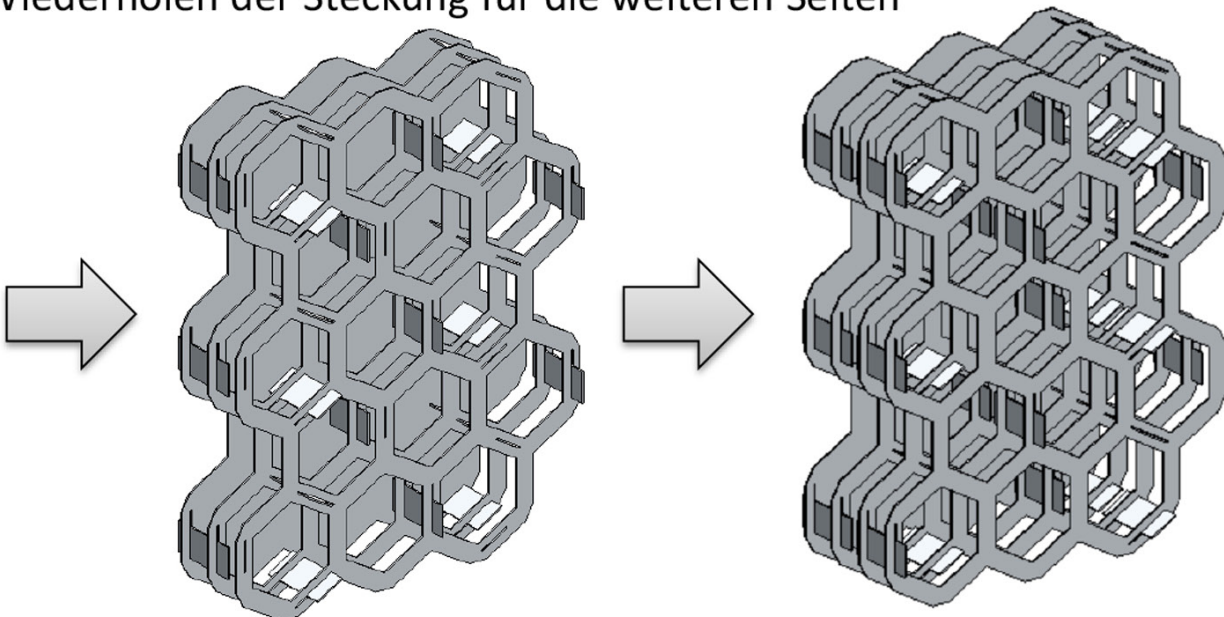
2



3



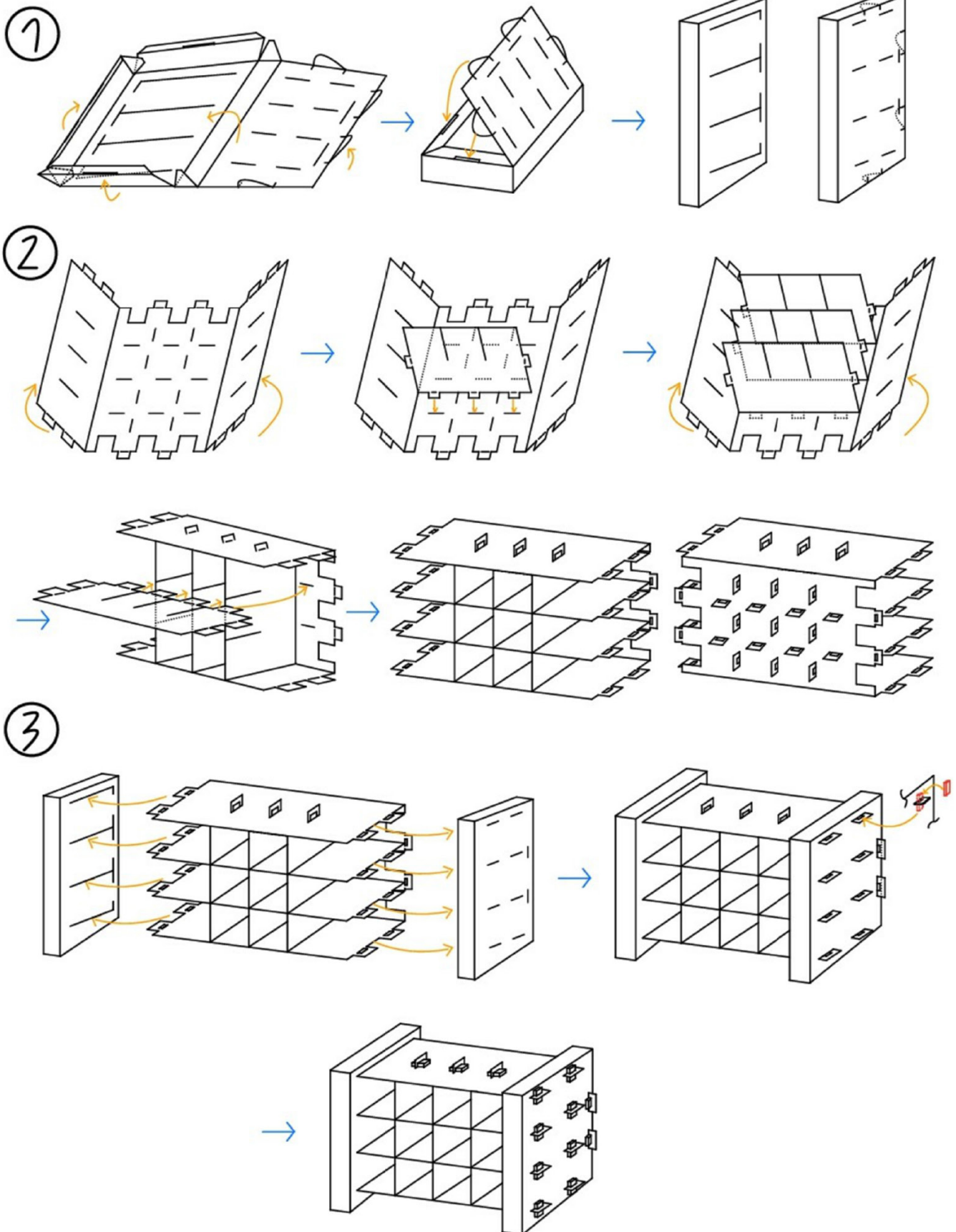
Wiederholen der Steckung für die weiteren Seiten





Ziel war es, ein Gewürzregal aus Papier zu konzipieren, um beim Kochen die Gewürze möglichst schnell zur Hand zu haben. Dafür standen zwei Flächen aus Finnpappe von  $350 \times 500 \text{ mm}^2$  mit einer Dicke von 1mm zur Verfügung. Die einzelnen Teile wurden mit einem Laserschneider ausgeschnitten. Das Regal sollte mit dem gegebenen Material möglichst stabil sein und Platz für möglichst viele Gewürzgefäße bieten. Dabei hat ein Standard-Gewürzgefäß einen Durchmesser von 45mm und eine Höhe von 90mm. Die Struktur des Micro Regals ist mit seinen sechseckigen Aussparungen angelehnt an Honeycombs. Es passen sowohl runde als auch eckige Gewürzgefäße in die Aussparungen ohne viel der Fläche zu verschwenden. Die regelmäßige Anordnung der Sechsecke erzeugt ein klares und insich schlüssiges Aussehen. Die Belastung entsteht durch das Eigengewicht der Gewürzgefä-

ße. Der Lastabtrag erfolgt demnach in z-Richtung. Deshalb sind die vier Schichten des Regals jeweils aus einem Stück geschnitten. Dabei passen immer zwei Schichten auf eine Finnpappenfläche. Die hintere Wand hat keine Aussparungen, damit die Gewürzgefäße nicht nach Hinten rausrutschen können. Um das Material optimal auszunutzen, wurden für die Verbindungsstücke der Schichten die Reststücke verwendet, die beim Ausschneiden der Sechsecke entstehen. Zusätzlich wurde die Schichten so skaliert, dass möglichst wenige ungenutzte Fläche der Finnpappe überbleibt. Das Micro Regal fasst insgesamt 15 Gewürzgefäße mit einem Durchmesser von 62mm. Das entspricht bei quadratischen Gefäßen einer Kantenlänge von 44mm entspricht. Die Tiefe des Regals beträgt 75mm, sodass die Gewürzgefäße einfach zugreifen sind und man auch kleinere Gefäße dran kommt.














Im Folgenden soll die Konzeptfindung und die Konstruktionsentwicklung des Micro-Regals näher betrachtet werden. Zur Konzeptfindung wurde zunächst das gegebene Material näher betrachtet, um Rahmenbedingungen zur Erstellung eines Konzepts zu entwickeln. Bei diesem Übungsabschnitt durfte lediglich Finnplatte verwendet werden, sodass eine Konstruktion entwickelt werden musste, welche stark genug ist, um eine bestimmte Anzahl an Gewürzbehältern tragen zu können. Folglich bestand die Grundidee darin eine stabile Konstruktion zu schaffen, welche in alle Achsrichtungen ausgesteift ist. Weitere Bedingungen waren eine schöne Optik und eine ausreichende Anzahl an Gewürzfächern. Der erste Entwurf bestand aus zwei Seitenwänden, die mithilfe von Gravuren in der Finnplatte zusammengefaltet werden sollten. Der Fügemechanismus wurde in diesem Stadium

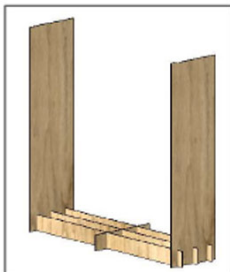
des Entwurfs zwar noch nicht näher betrachtet, es sollte jedoch auf eine Art Kartonage hinauslaufen. Das Regalteil sollte sich also mit Einschnitten auf der gegenüberliegenden Seite und Laschen selbst zusammenhalten. Die Gewürzfächer sollten im Querschnitt Parallelogramm-förmig realisiert werden. Diese sollten an beiden Seitenwänden durch die erste Wandschicht eingelassen werden und an der zweiten Wandschicht mithilfe eines dübelartigen Stecksystems befestigt werden. Die Problematik hierbei bestand darin, dass der Raum zwischen den beiden Reihen ungenutzt blieb und die Anzahl der Gewürzfächer zu niedrig war. Zur weiteren Aussteifung sollte zusätzlich eine Rückwand in die beiden Seitenwände eingelassen werden und auch mithilfe des zuvor genannten Stecksystems befestigt werden.

Das Aufbau Prinzip des Regals ist relativ einfach und könnte durch eine Person aufgebaut werden und die Aufbauzeit beträgt ca. 10 Minuten. Die Tabelle rechts stellt die nummerierte Bauteile dar und die folgenden Schritte erläutern die Montagemethode.

Bauteile in mm			
#	Bauteil	Masse	Anzahl
1		320 X 91	2
2		320 X 90	4
3		150 X 69 251 X 50	1
4		340 X 25	12
5		251 X 25	1
6		110 X 25	4
7		20 X 20	20



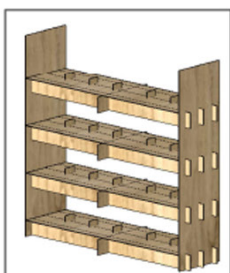
Schritt 1: Das Bauteil (4) wird durch die Fügen in Bauteil (1) an beiden Seiten durchgeführt und dann durch die Verbindung verknüpft.



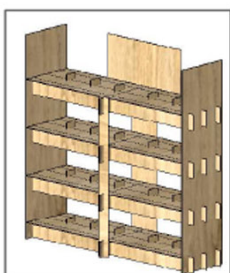
Schritt 2: Nachdem alle drei Längsstreben eingebaut werden wird die dazu gehörigen Querstrebe (Bauteil 6) unter den Bauteilen (4) durchgeführt und nochmal festgestellt.



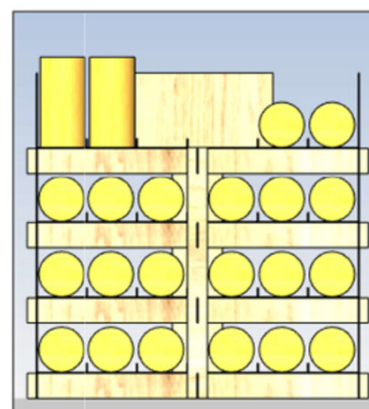
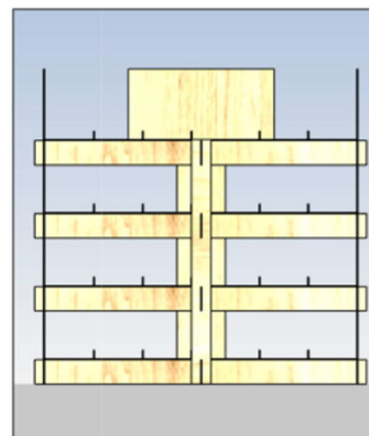
Schritt 3: Nachher wird der Regalbretter (Bauteil 2) auf den dreien Balken gelegt und werden die Bauteile (7) in Ihrem Plätzen eingebaut.



Schritt 4: Die Schritte von 1 bis 3 werden wiederholt bis die letzte Regalebene aufgebaut.



Schritt 5: Die Seitenelemente (3 & 5) werden mit den Bauteilen (6) verknüpft, dann ist das Regal fertig und bereit zur Nutzung!

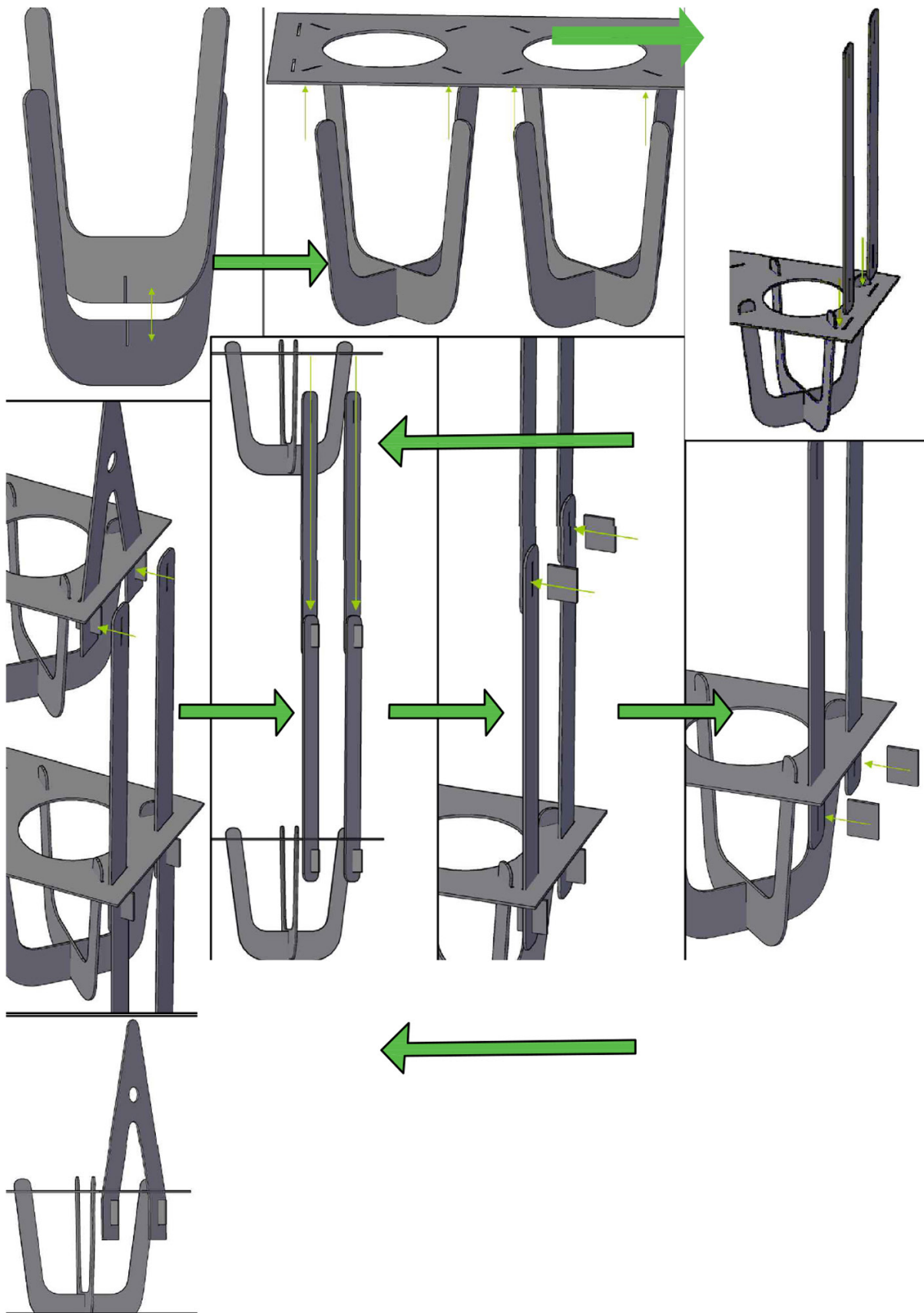


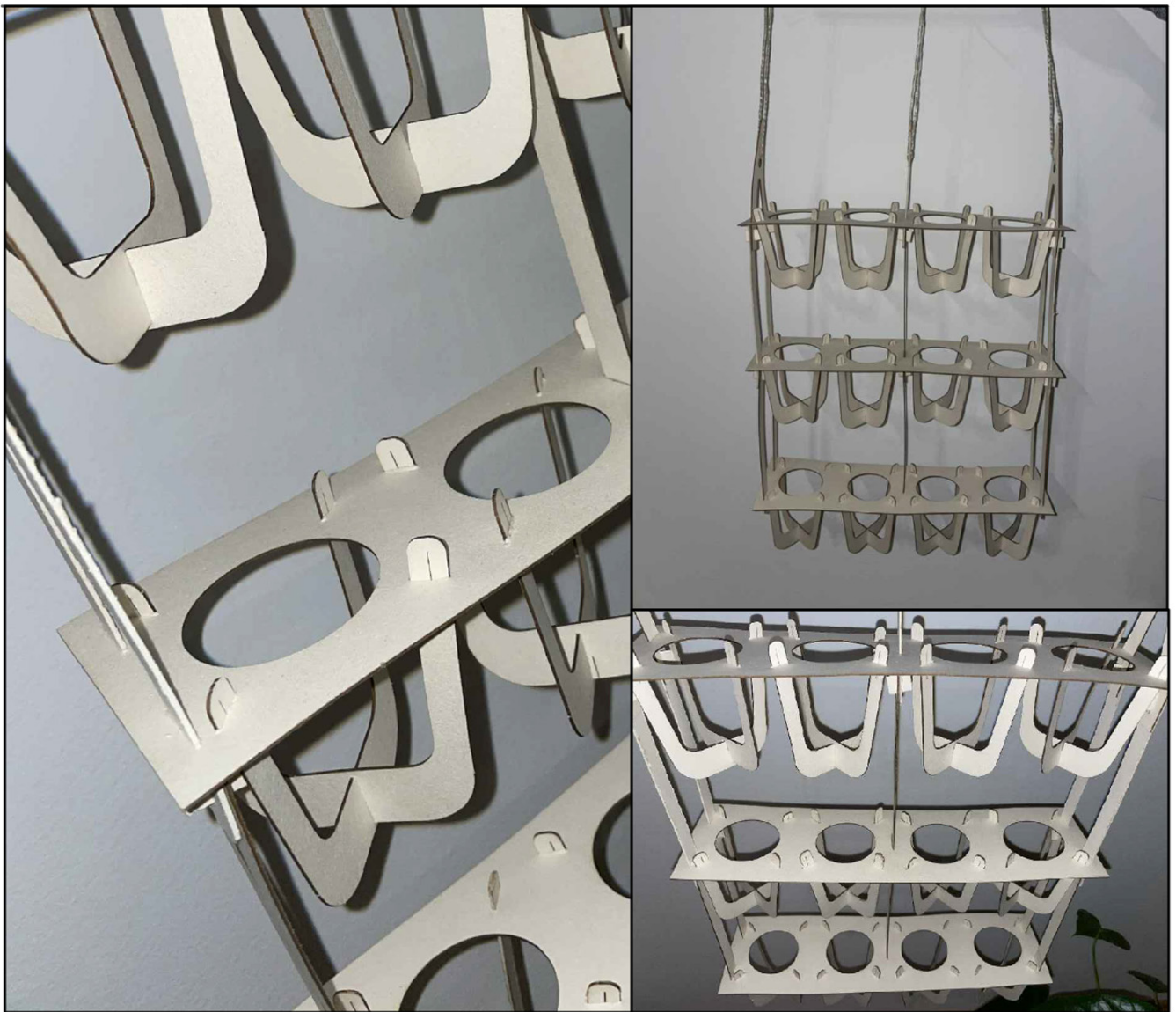
## Erläuterung der Montagemethode



Das vorgegebene Material ist 1 mm dick und hat eine Fläche von 500 mm x 350 mm. In dieser Bauweise nehmen die Regalbretter (Bauteil 2) die Drückkräfte auf und leiten sie an die drei Längsstreben (Bauteil 4) weiter. Diese Streben (Bauteil 4) sind in der angegebenen Tiefe 90 mm aufgeteilt und der Abstand zwischen den Längsstreben (Bauteil 4) beträgt 29 mm. Der Durchmesser von jedem Behälter ist 45 mm und einen Spielraum in allen Richtungen von 5 mm ist auch drauf zu addieren. Als Anzahl sind sechs Behälter nebeneinander quer zu legen, für jeden Behälter ist eine Fläche von 50 mm zur Verfügung zu stellen und um diesen freien Platz zu sichern, sind kleine rechteckige Bauteile (Bauteil 7) zwischen den Behältern zu addieren. Von daher sollte die Breite des Regals 320 mm sein. Um die Biegung in der Mitte des Regalbretter (Bauteil 2) zu vermeiden sind auch

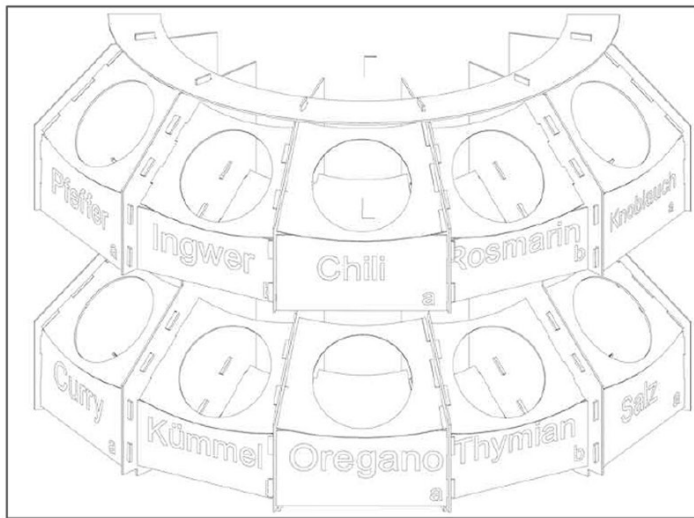
Querstreben (Bauteil 6) zu platzieren, diese sind mit zwei großen Seitenelemente (Bauteile 3&5) an beiden Seiten Vorne und Hinten verbunden. Für die Bestimmung der Anzahl der Regalebene (Bauteil 2) spielte die Menge die Hauptrolle und von daher ist für vier Regalebene (Bauteil 2) entschieden. Um die Bauteile miteinander zu verknüpfen ist eine einfache und reversible Fügen—Verfahren auszuwählen. Die Schwalbenschwanzverbindung für Holz stellt sich als optimierter Verfahren für die Verbindungen. Für das Regal ist ein ähnliches Verfahren eingesetzt, die Teile werden in bestimmten Positionen mit Fügen gestellt und dann miteinander durch diese Fügen verbindet. Insgesamt besteht das Regal aus 46 Teile und drauf könnte bis 24 Gewürz—Behälter gestellt werden. Das Regal ist 320 mm hoch, 90 mm tief und 320 mm breit.



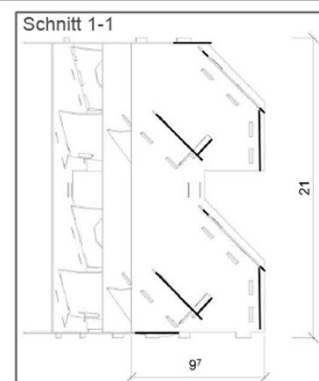
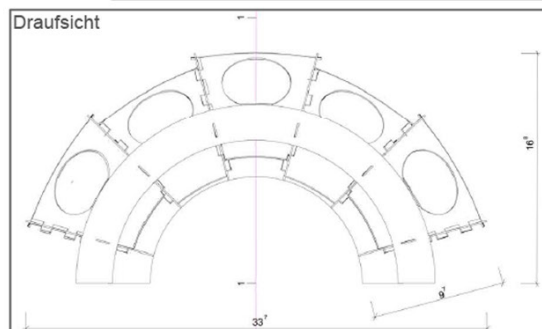
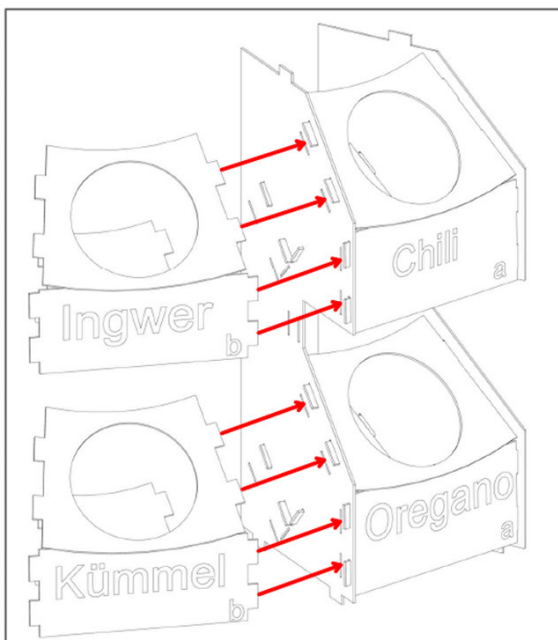
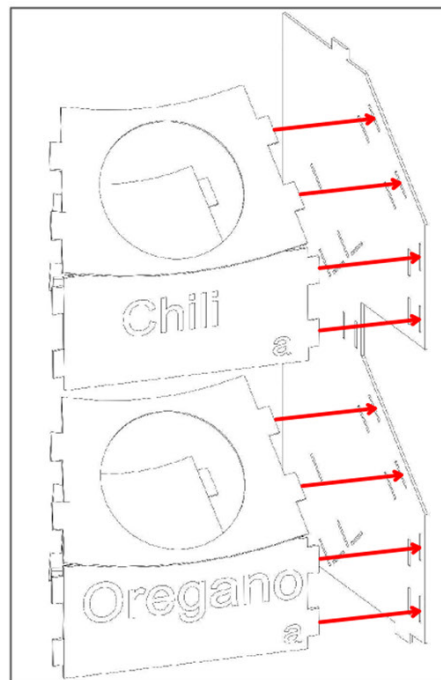
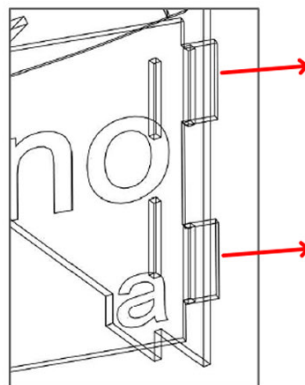
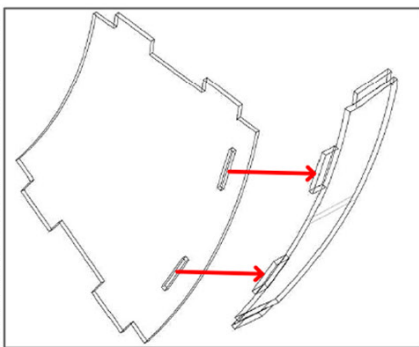


Jedes Objekt in der eigenen Wohnung strahlt eine gewisse Persönlichkeit und den Stil der Person aus. Daher war es mir bei meiner Variantenfindung wichtig einen zeitlosen Gewürzregal zu entwerfen, welcher moderne Akzente in die Küche setzt und meine eigenen Wunschvorstellungen widerspiegelt. Durch eine leichte und offene Bauweise soll eine filigrane und ansprechende Optik hergestellt werden. Hierzu habe ich mich von verschiedenen Referenzen inspirieren lassen, vor

allem durch eine Do-It-Yourself Darstellung eines Hängeblumentopfes. Dieser wurde am Topfrand mit Hilfe von mehreren Knoten aus einer dickeren Schnur gebunden. Die Grundlage meines Gewürzregals ist an diese Bauart angelehnt. Jedoch stellte sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Materialien fest, dass die Umsetzung mit dem gegebenen Material eine größere Herausforderung darstellt. Folglich ist eine konzeptionelle Herangehensweise unumgänglich.

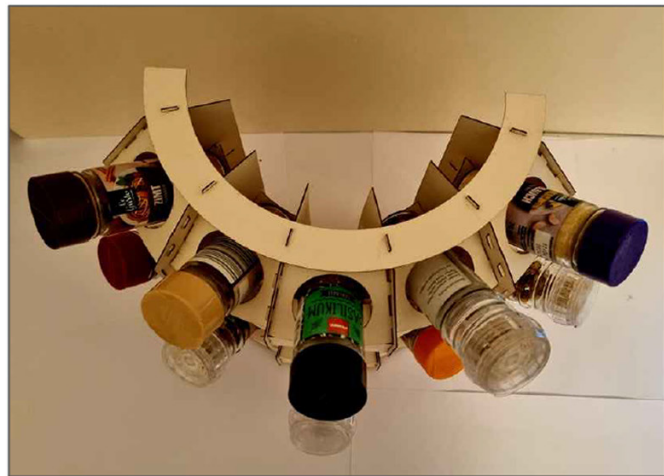
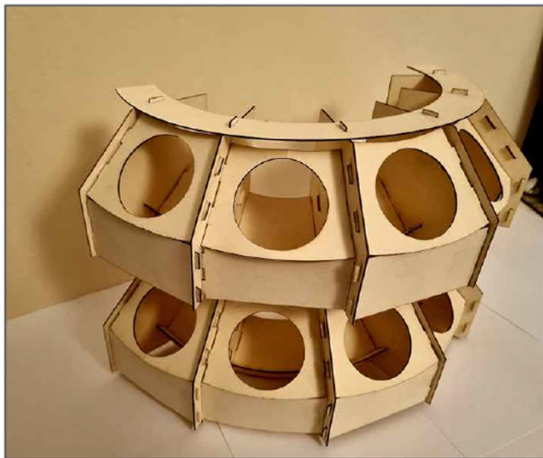


Immer 8 Platten werden in eine vertikale Scheiben gesteckt. Dabei ist darauf zu achten, dass es größere und kleinere Platten gibt. Die größeren werden zuerst in die ersten beiden Scheiben gesteckt. Anschließend werden in die weiter hinten liegenden Öffnungen in den Scheiben die kleineren Platten eingesteckt und diese wieder in eine vertikale Scheibe an den anderen Enden gesteckt. Dies wird solange wiederholt bis insgesamt 5 mal 2 Gewürzfächer vorhanden sind.



### Erläuterung der Montagemethode

## Fotos vom Micro Regal



Gemäß der ersten Aufgabenstellung bestand das erste Projekt darin, ein Micro Regal für die Küche zu entwerfen und später einen Prototyp mittels Lasercutter im Maßstab 1:1 zu bauen. Dieses Micro Regal sollte zur Unterbringung der vielen Gewürze in der Küche dienen und ihnen einen neuen Platz geben. Als Material standen 2 Arbeitsflächen an Finnplatte mit den Abmessungen 35 x 50 cm zur Verfügung. Die Verbindungen sollten mit einfachen Steckprinzipien ohne Kleber auskommen. Die Idee hinter dem ersten Entwurf bestand darin, ein Micro Regal zu designen, welches eine ausreichende Stabilität aufweist und gleichzeitig einen Drehmechanismus besitzt, um die Gewürze leicht herausnehmen zu können. Dafür bot sich im ersten Entwurf eine Kreisform an mit einem Zylinder als tragendes Element in der Mitte. Die Lasten sollten von den einzelnen Platten mit 1 mm Stärke

über horizontale übereinander gelegte Platten als Balken in den zentralen Zylinder eingeleitet werden. Zur weiteren Stabilisierung sollte der Zylinder auf einer kreisförmigen Fußplatte befestigt werden. Nach Erstellung eines digitalen 3D Modells (siehe Abbildung 1) zeigte sich allerdings schnell, dass die zur Verfügung stehenden Platten mit den Maßen 35 x 50 cm an Material nicht ausreichen würden. Alleine für die einzelnen Gewürzfächer, welche in die horizontalen Kreisringe gesteckt werden, würde die Pappe nicht ausreichen. Daher wurde ein zweiter Entwurf ausgearbeitet, welche einen Drehmechanismus beibehalten sollte, aber mit weniger Pappe auskommen wird. Unter diesem Hintergrund kam die Idee, die einzelnen Gewürze auf die Kreisringe zu stellen und diese mit Scheiben abzutrennen.

---



---

## 2. Übung

---



---

## Mobile Shelter

Die zweite Übung im Kurs Konstruktives Gestalten zielt auf die Entwicklung einer temporären Unterkunft aus nachhaltigen Werkstoffen und Textilien. Immer wieder führen Naturkatastrophen dazu, dass eine große Anzahl Menschen schnell mit einer Unterkunft versorgt werden müssen. Und oft genug werden die eigentlich nur als Provisorien gedachten Notunterkünfte zu dauerhaften Einrichtungen. Die Übung besteht darin, dass eine Lösung zu entwickelt ist, leicht zu transportieren, schnell zu bauen, kostengünstig in der Herstellung und im Transport ist und aufgrund ihrer einfachen Bauweise und den verwendeten Materialien als temporäre Unterkunft geeignet ist. Um den technischen Aufwand zu reduzieren, sollen solche Konzepte entwickelt werden, die im Aufbau selbsterklärend und frei von einer Bauanleitung sind und am besten in Eigenregie montiert werden können. Dabei stehen technische Aspekte des Textilbaus bei der konzeptionellen Entwicklung der temporären Unterkünfte im Vordergrund. Im Vergleich zu traditionellen, ausschließlichen Zeltkonstruktionen sollten bei dieser Aufgabe etwas größere Einzelmodule entstehen, die additiv aufgestellt die Möglichkeit zur Bildung einer urbanen Infrastruktur (kleines Dorf) in sich tragen. Flexibel gedachte Nutzungen und in die Grundstruktur integrierte Faltvorrichtungen sollen unterschiedliche Aufenthaltsraumsituationen herstellen und die Größe der Unterkunft flexibel machen. Insgesamt ist eine Benutzungsdauer des Objektes bis zu einem halben Jahr möglich. Neben Konzepten zur Ressourcengewinnung, wie z.B. Wasser und Energie vor Ort, sind ebenfalls einfache Konzepte für den Witterungsschutz erforderlich. Die temporäre Unterkunft soll flexiblen Wohnraum aus wandelbaren Textilien (ca. 10.0 qm) und ein additiv fertiges Sanitärmodul mit einer Küche (ca. 5.0 qm) erhalten. Die Abgabeleistung beinhaltet unter anderem ein physisches Modell. Für die Herstellung der additiv gefertigte Elemente des Modells wird der 3D-Drucker am Institut KGBauko zur Verfügung gestellt. Im Modellteile der festen Baukörper können geschlossene Volumenkörper mit den maximalen Abmessungen 100x100x100 mm. Die Abgabe der dafür erforderlichen Druckfiles erfolgt im STL-Format. Die Nutzung des 3D- Druckers ist freiwillig.

## Vorgaben:

- Flexibler Wohnraum durch Nutzung textiler Konstruktionen: Bruttofläche ca. 10.0 qm; festes Modul- Sanitärraum und Küche ca. 5.0 qm
- Einfachheit in Aufbau und Handhabung
- Optimaler Schutz gegen Witterung
- Geringes Gewicht und Transportvolumen
- Möglichkeit zur flexiblen Raumaufteilung/ Privatsphäre
- Stabilität und Langlebigkeit (mind. 6 Monaten)
- Modularität
- Bioverträglichkeit und Recyclebarkeit eingesetzter Materialien
- Ansprechende und zugleich zweckmäßige Materialität und Konstruktion

## Arbeitsschritte:

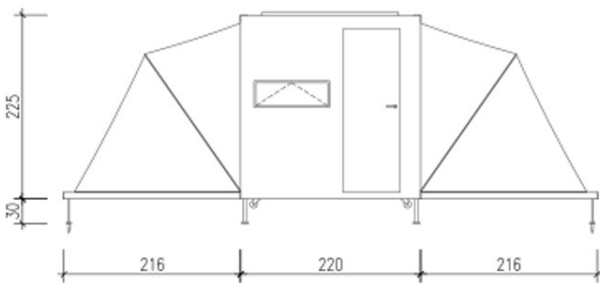
- Entwicklung eines Konzepts
- Überlegungen zur Geometrie und Gestalt
- Konzeption der Elementverbindungen (Tragwerk und Detail)
- Überlegungen zu geeigneten Montagethoden
- Skizzen, Zeichnungen, CAD-Modelle, Arbeitsmodelle

## Abgabeleistungen:

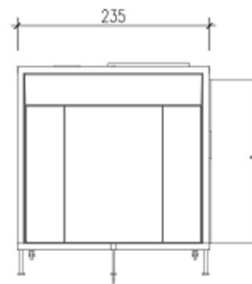
- Ein Grundriss, eine relevante Seitenansicht, ein Querschnitt und eine Draufsicht im Maßstab 1:100
- Geeignete, räumliche Darstellung - physisches Modell im Maßstab 1:20 (Angebot zur Teilnutzung des 3D Druckers von KGBauko). Dokumentation durch geeignete Modellfotos
- Schlüssige, schriftliche und/oder zeichnerische Ausarbeitung zur Konzeptfindung und Entwicklung der Konstruktion (max. ca. 2 DIN A4 Seiten)
- Präsentationsdatei (\*.ppt oder \*.pdf)
- Abgabe per Moodle
- Abschließende Präsentation des Entwurfs (max. 5 min)



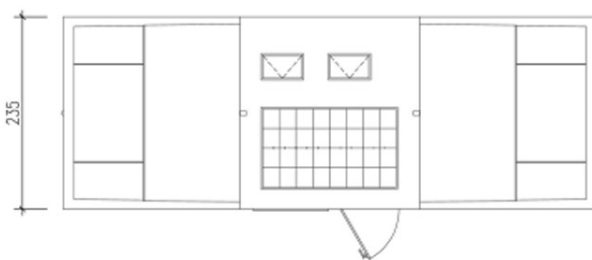
Seitenansicht



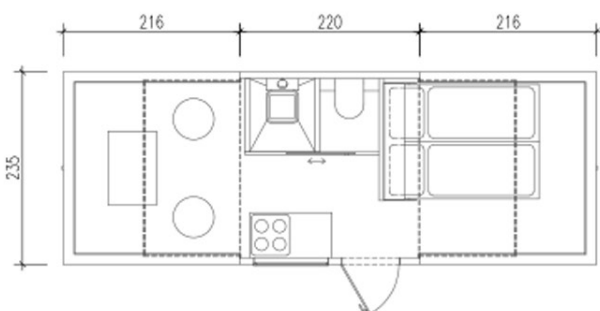
Ansicht



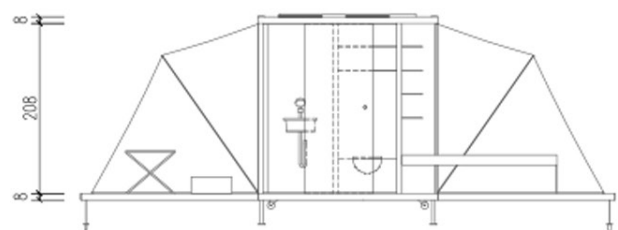
Draufsicht

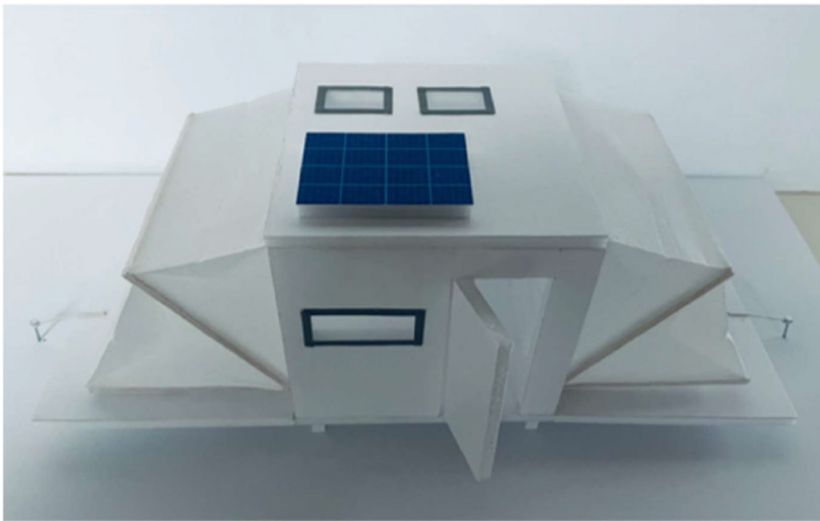


Grundriss



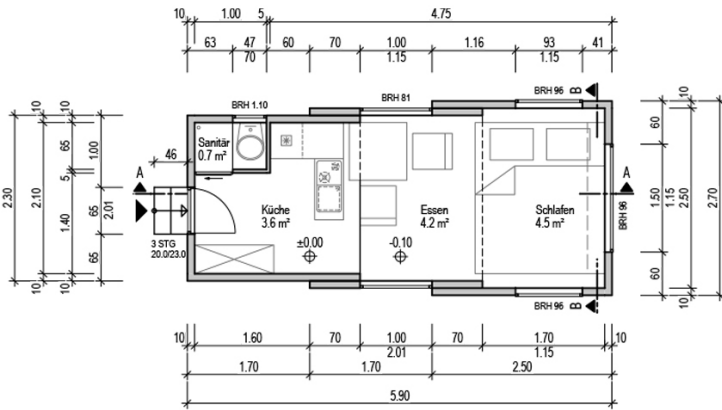
Längsschnitt





Die Konstruktion besteht aus einer Box in Holzständerbauweise, die mit allen notwendigen Installationen (Trockentoilette, Waschbecken/Dusche, Kochnische, Klappbett und Photovoltaikzelle auf dem Dach zur Stromversorgung) ausgestattet wird. Die Seitenwände der Box können ausgeklappt werden, um die nutzbare Grundfläche zu erweitern. Die Textilie/Zeltkonstruktion faltet sich beim ausklappen mit auf und schafft dadurch geschützten Wohnraum. Um die Beanspruchung der Textilie auf Zug sicherzustellen und ein Schlaffwerden zu verhindern, wird der „Zeltboden“ nach unten abgespannt. Die Textilie der Zeltkonstruktion soll aus PVC beschichtetem Polyestergewebe (tragfähiges + knickunempfindliches Material) bestehen und die aufspannende Rahmenkonstruk-

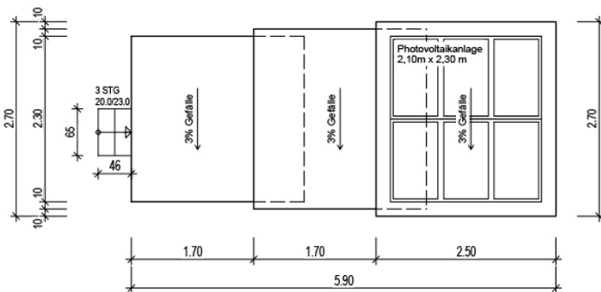
tion aus Metall. Der Aufbau vor Ort begrenzt sich durch den hohen Vorfertigungsgrad auf ein Minimum. Er ist weitestgehend selbsterklärend und kann in Eigenregie nahezu ohne Hilfsmittel erfolgen. Für den festen Stand und die flexible Anpassung an das Gelände erhält die Box Teleskopfüße. Für den Transport bzw. für die allgemeine Mobilität ohne hohen Kraftaufwand werden zusätzlich Transportrollen an der Box vorgesehen. Unter dem Motto „ALL IN A BOX“ erweitert die Konstruktion die Vorzüge eines Zeltes (geringes Gewicht + Transportvolumen) um den Komfort, den die feste Einheit mit sich bringt, und schafft dadurch eine gute Ausstattung, um alle Grundbedürfnisse zu befriedigen.



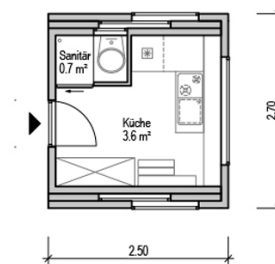
Grundriss



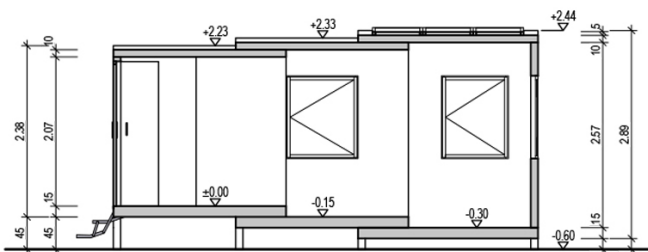
Rendering



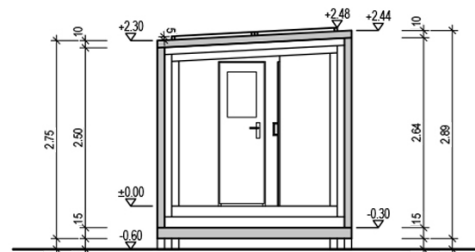
Draufsicht



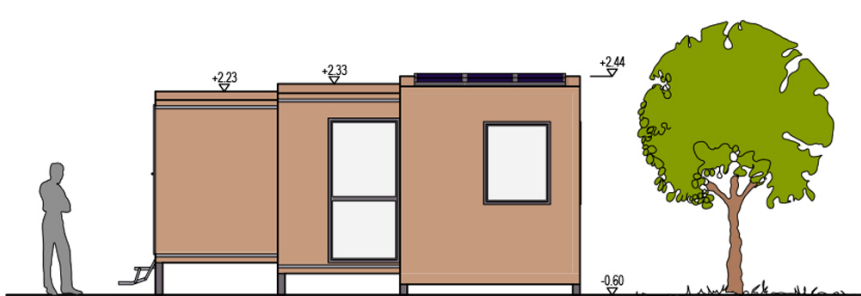
Grundriss Transportzustand



Schnitt A-A

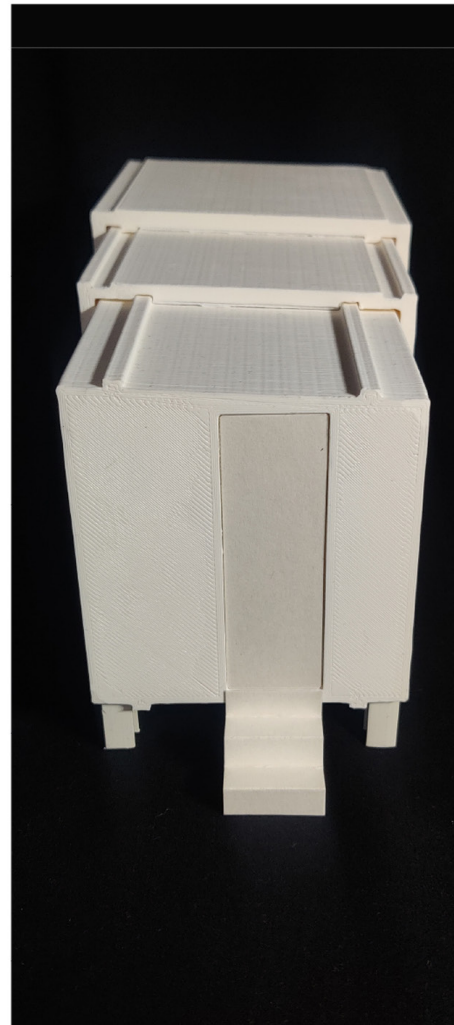
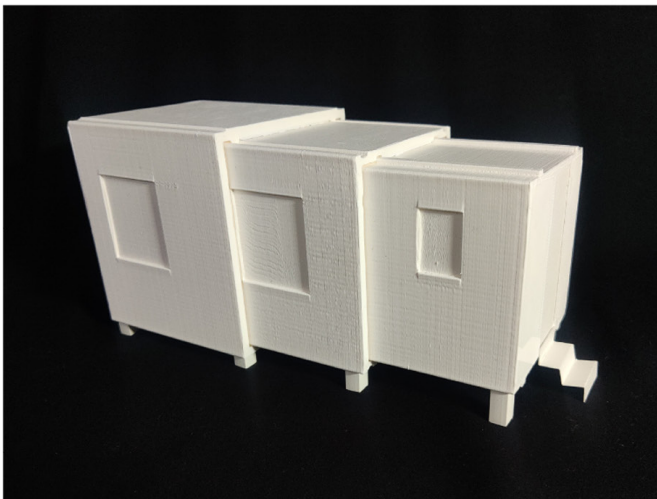


Schnitt B-B



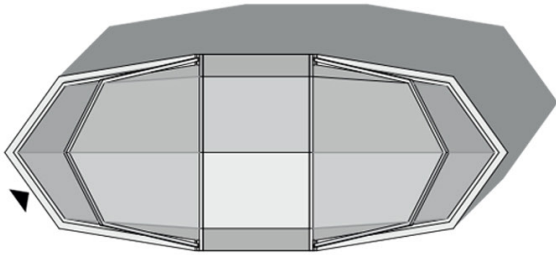
Ansicht Süd

Legende		M 1:100
	GfK-Sandwichplatte auf Aluminium-Rahmenkonstruktion	
	OK FFB	
Alle Brüstungshöhen beziehen sich auf OK FFB.		

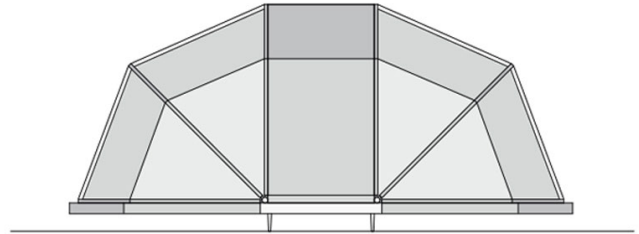


Der vorliegende Entwurf des Mobile Shelters dient als mobile und temporäre Unterkunft für Menschen, die z.B. durch Naturkatastrophen wie der Flutwelle im Ahrtal oder durch Kriege und humanitäre Notlagen ihre Behausung verloren haben. Diese feste Wohnbox kann im Gegensatz zu den klassischen Zeltunterkünften eher ein Gefühl von Sicherheit, Intimität und Privatsphäre bieten. Entwickelt wurde eine Teleskop-Wohnbox, deren Grundprinzip auf der Vergrößerung des Wohnraums durch ausfahrbare Elemente basiert. Dabei wird die Wohnfläche von ca. 4,3 m<sup>2</sup> auf 13 m<sup>2</sup> vergrößert. Somit entsteht eine mobile Unterkunft, die die Vorteile eines kompakten Transportvolumens im zusammengefahrenen Zustand und einem hohen Wohnkomfort im ausgefahrenen Zustand miteinander vereint. Die Konstruktion des Mobile Shelters besteht aus einer Rahmenkonstruktion aus Aluminium, die eine ausreichende Stabilität und Steifigkeit gegen Verwindungen

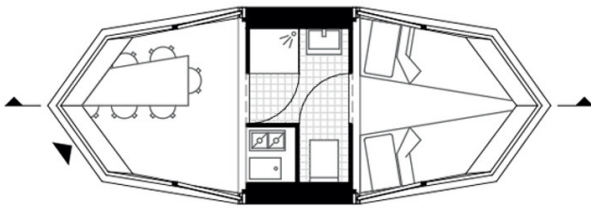
während des Ausfahrens gewährleistet. Die Außenhülle bilden Sandwichplatten aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GfK) und einer Dämmschicht aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaum (XPS). Die verwendeten Materialien bieten den Vorteil witterungsbeständig, langlebig, druckfest und dennoch vergleichsweise leicht zu sein. Das Innere der Wohnbox bietet einen hohen Wohnkomfort durch eine vollfunktionsfähige Nasszelle mit Dusche und WC sowie eine Küchenecke mit einer Spüle und Kochfeld. Ein großzügiges Doppelbett (1,80 m x 2,10 m) dient als Schlafmöglichkeit für zwei Personen. Die großen Fensterflächen sorgen für einen lichtdurchfluteten Wohnraum. Die lichte Deckenhöhe von mind. 2,00 m (max. 2,50 m) trägt zudem für ein angenehmes Raumgefühl bei. Durch die auf dem Dach montierte Photovoltaik-Anlage ist eine autarke elektrische Versorgung des Mobile Shelters möglich.



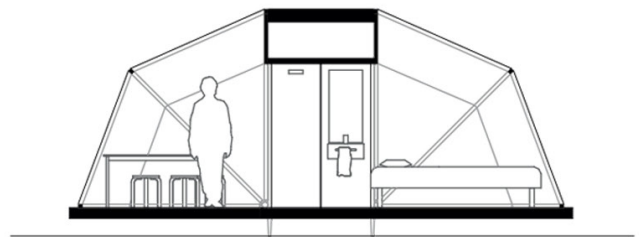
Aufsicht I M 1:100



Ansicht I M 1:100

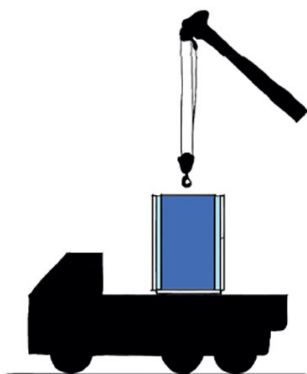


Grundriss I M 1:100

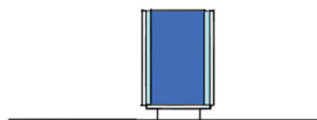


Schnitt I M 1:100

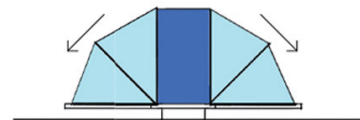
## Zeichnungen



1) Anlieferung durch LKW

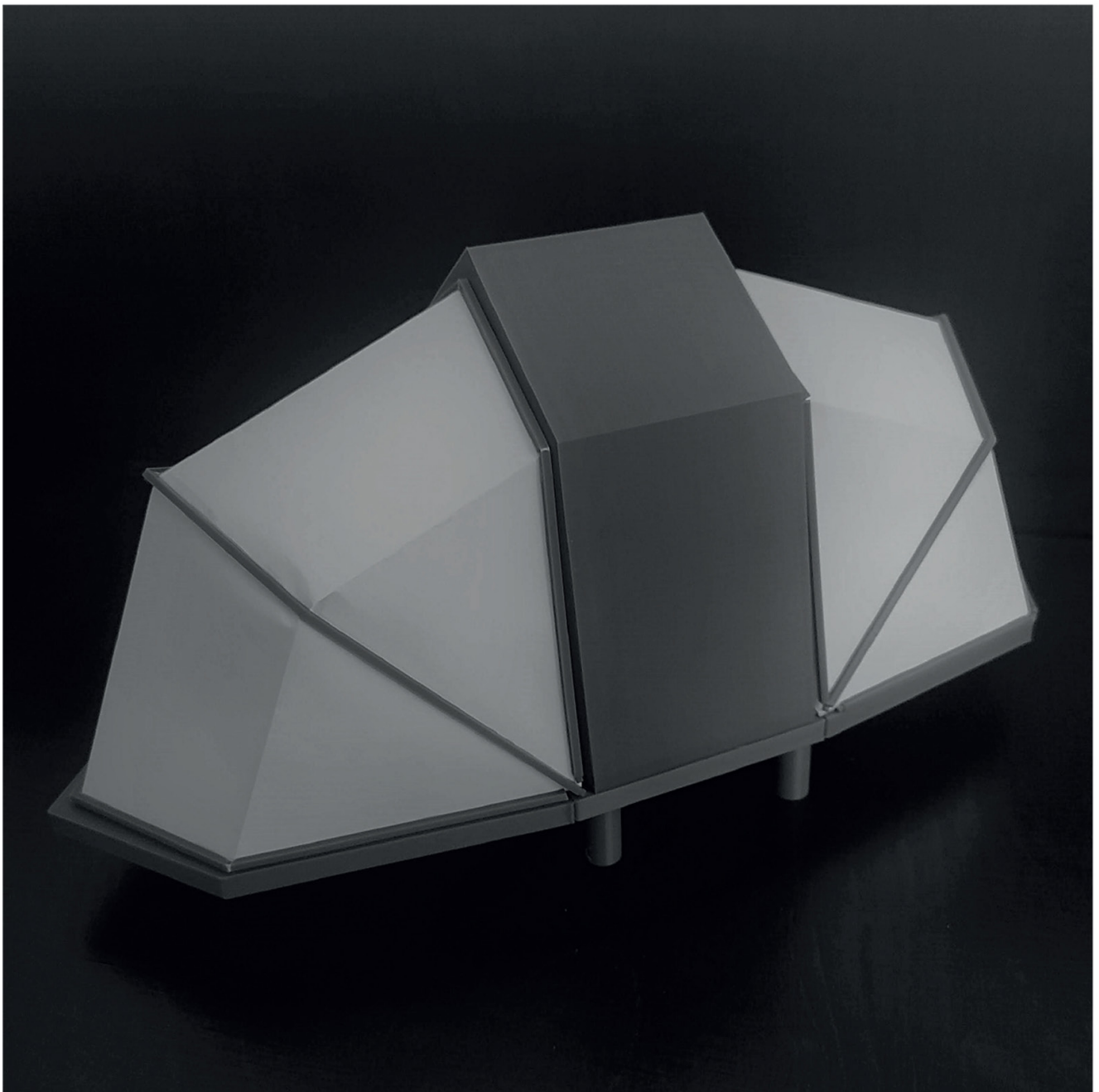


2) Zusammengeklapptes Modul



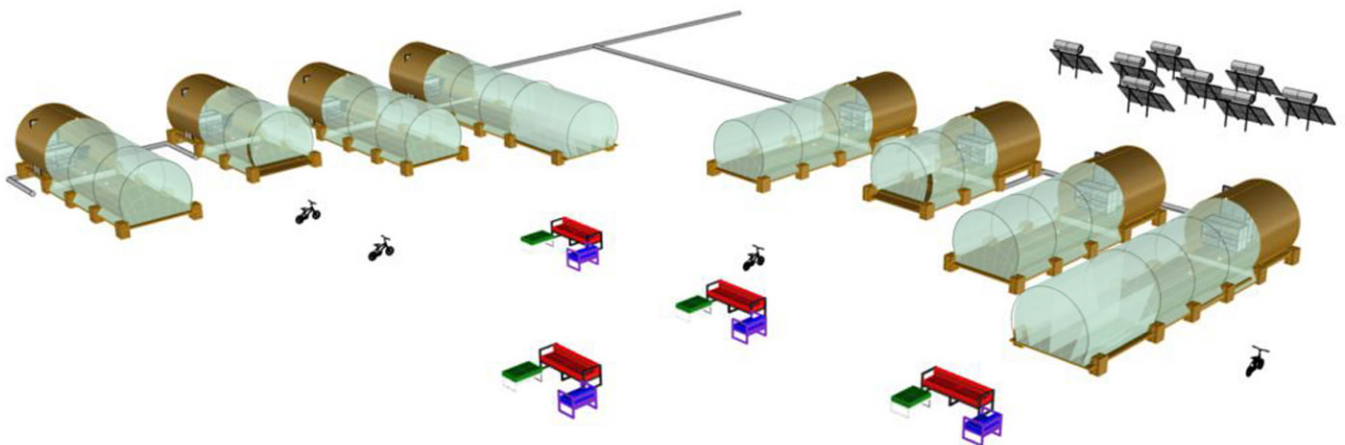
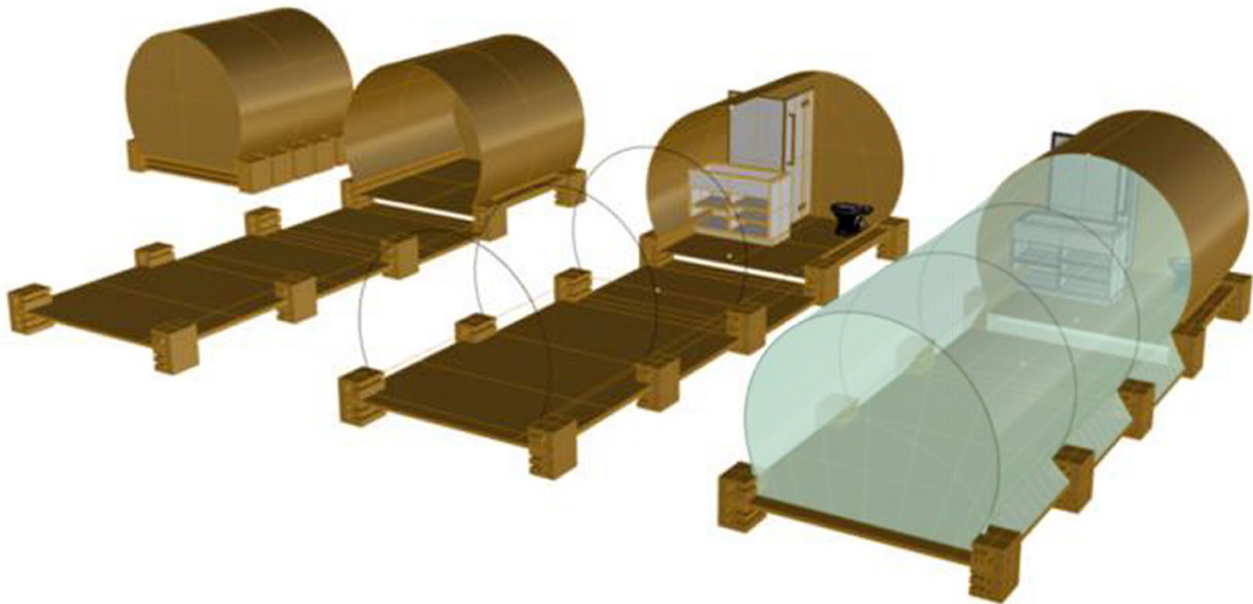
3) Herunterklappen der Seitenteile

## Aufbau

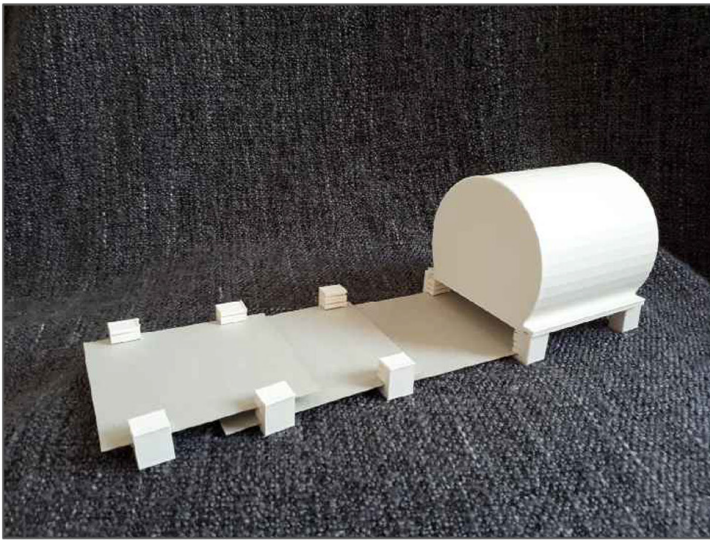


Für das Modul „Konstruktives Gestalten“ wurde für die zweite Übung ein Mobile Shelter (eine temporäre Unterkunft) entworfen. Dieses soll mit wenigen Handgriffen und selbsterklärend errichtet werden können. Die Grundform hat sich durch den Einsatz des Textils ergeben. Bei der Konzeptumsetzung entwickelten sich die eckigen Rahmen, die an den Querschnitt eines Hauses mit Satteldach erinnern. Für ein durchgängiges Design wurde

diese Form auch für das feste Modul des Mobile Shelters gewählt. Diese Form überträgt sich auf den Grundriss, da sich die Rahmen von den jeweils gegenüberliegenden Seiten herunterklappen lassen. In dem festen Modul sind eine Kochnische und ein Sanitärbereich untergebracht, während die textile Überdachung Platz für einen Schlaf-, sowie Wohnbereich bietet.

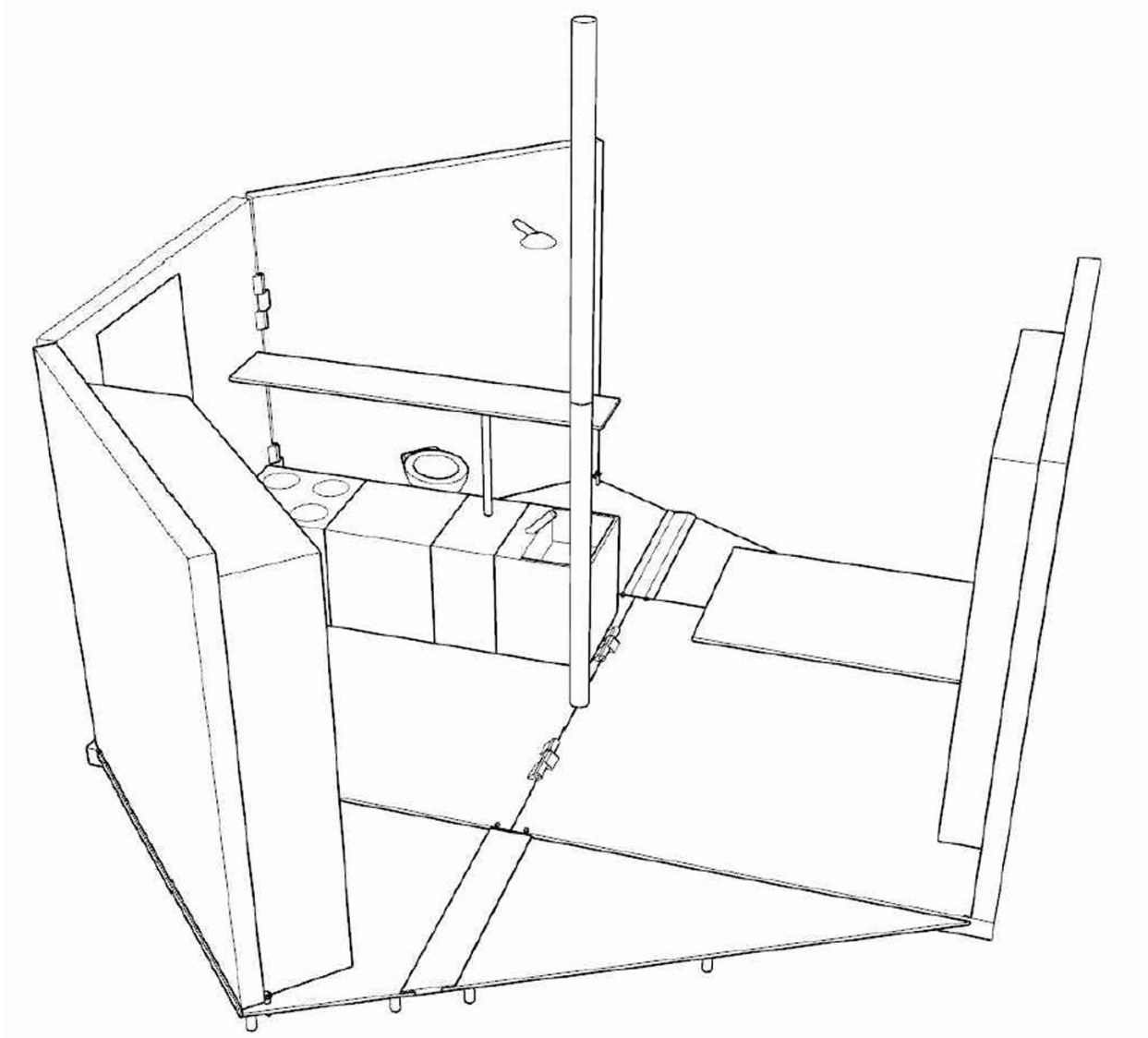
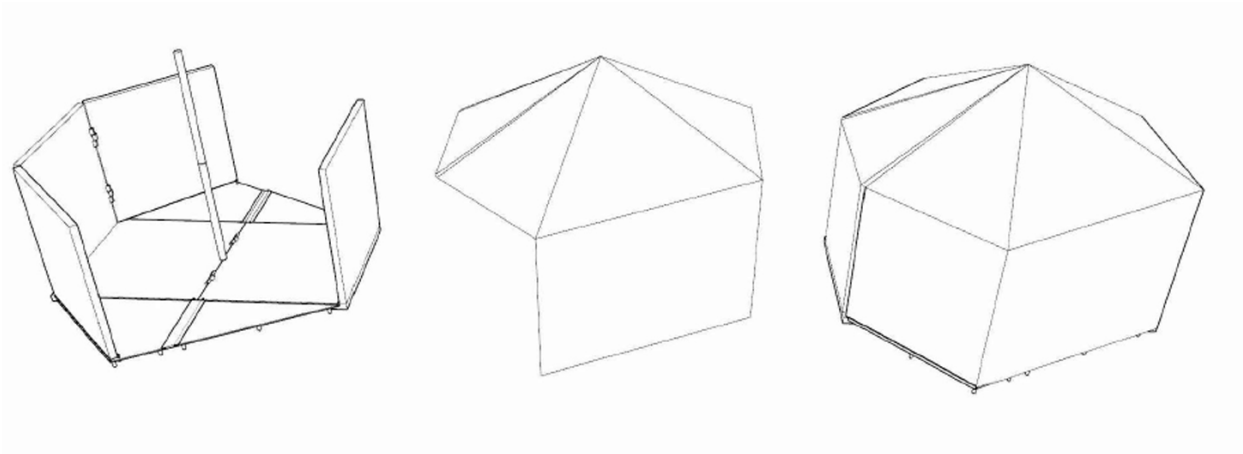






Bei dem Entwurf wird besonders auf Nachhaltigkeit der Werkstoffe und Einfachheit der Konstruktion geachtet. Inspiriert wurde die Unterkunft durch das Konzept eines Fernglases, bei dem man verschiedene Schichten ausfahren und somit das Volumen vergrößern kann. Ein liegender halber Zylinder aus Holz bildet den Kern der Konstruktion, in dem sich Sanitäranlagen und Küche befinden. Dieser liegt auf hölzernen Stützungen auf, in die in verschiedenen Höhen Schlitze für Führungsschienen eingelassen sind. In diesen Schienen befinden sich Böden, die sich beliebig herausfahren lassen und damit den veränderlichen Wohnraum bilden. Auf halbkreisförmigen Drähten wird eine Textilie gespannt, die nach unten hin passgenau abgedichtet wird. Durch dieses Schienenprinzip entstehen auf der gesamten Wohnfläche kleine Stufen, die die Fläche unterteilen. Für die Stromversorgung und Wasserver- und -entsorgung wird die Organisation des Klimacamps im Rheinland als Inspiration genutzt. Über Solarzellen wird Strom erzeugt und dann in Batterien gespeichert. Die Toiletten in den einzelnen Shelters werden als Komposttoiletten konzipiert und benötigen dadurch kein Wasser und keine Chemikalien. Die Wasser-

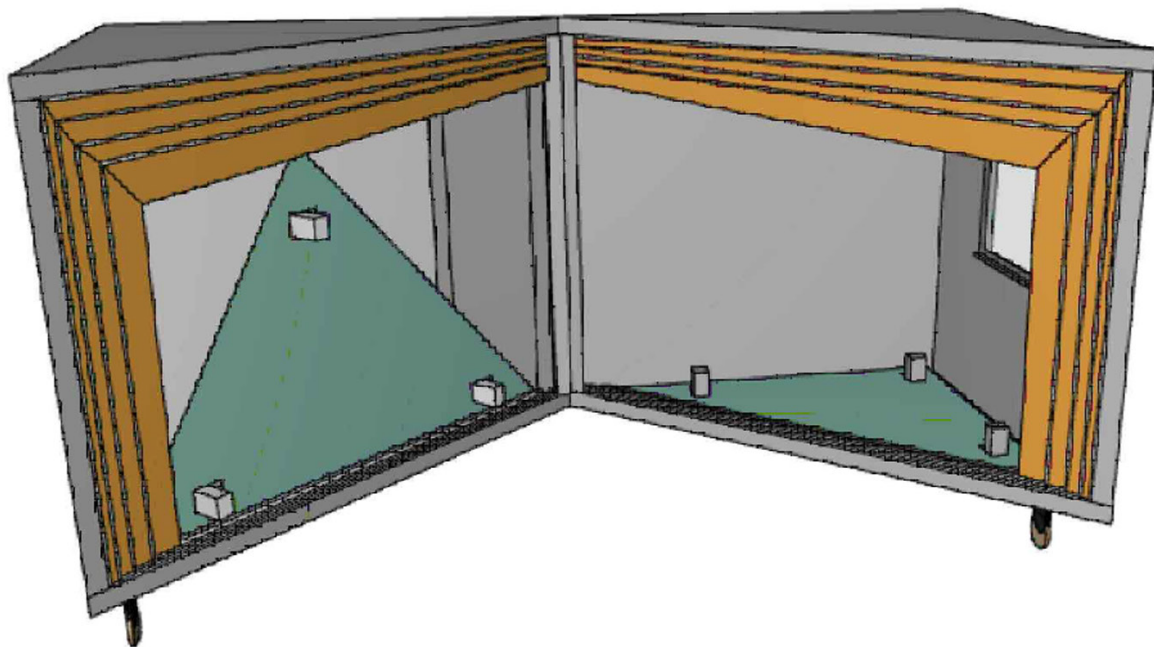
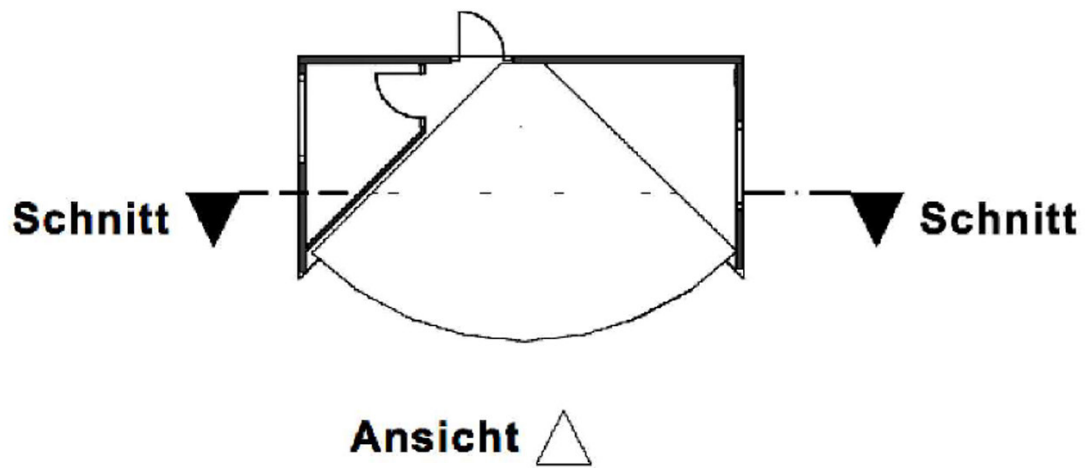
versorgung wird nach dem gleichen Prinzip wie bei Campingplätzen organisiert. Das Wasser wird dabei aus sogenannten „City-Anschlüssen“ oder aus Hausanschlüssen oder Baustellenanschlüssen gezapft. Die Wasserentsorgung stellt aufgrund der Komposttoiletten kein großes Problem dar, da lediglich Grauwasser aus Küche, Duschen und Waschen anfällt. Dieses wird in Kanistern an den Unterseiten der Shelter gesammelt und regelmäßig in die Kanalisation entleert. Die Shelter können beliebig angeordnet werden. In dieser Variante gibt es eine Gemeinschaftsfläche in der Mitte zwischen den Unterkünften. Auf dieser Fläche finden sich Picknickplätze, Spielplätze für Kinder oder Gemüsegärten, die mit dem Dünger aus den Komposttoiletten versorgt werden. Der liegende Zylinder und die ausziehbaren Böden bestehen aus wiederverwendeten Holzbrettern. Da heutzutage nach wie vor Altholz überwiegend direkt zur thermischen Energiegewinnung genutzt wird, besteht hier ein großes Verbesserungspotential. Als Außenfassade dient Bambus. Dieser speichert mehr CO<sub>2</sub> und wächst schneller als alle anderen Pflanzen. Für die Textilien werden ausrangierte Planen oder Zeltstoffe benutzt.

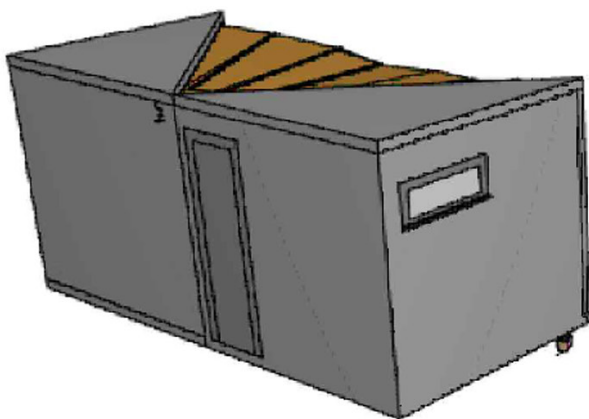
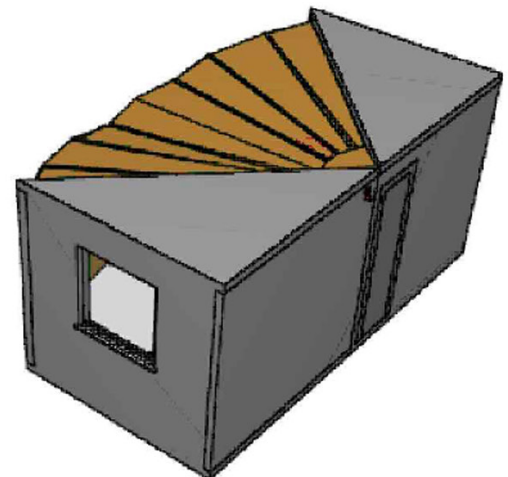
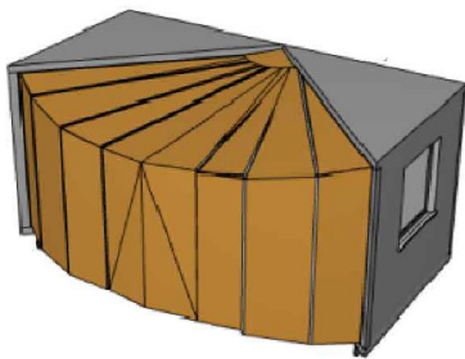




Der Grundgedanke bei der Entwicklung des Mobile Shelter war, ein Konzept zu finden, welches von einem Würfel oder einer rechteckigen Box ausgeht. Dieser Gedanke beruht darauf, dass für diese Form eine Stahlrahmen verwendet werden kann, welcher leicht stapelbar ist und somit einen einfachen Transport gewährleistet. Da der Fokus auf der Erweiterung des Raumes lag, wurden gelenkige Seitenwände gewählt, welche sich nach außen drehen lassen. Um einen Untergrund für den neu gewonnenen Raum zu erhalten, lassen sich Böden zur Seite ausziehen. In einem weiteren Schritt werden alle Spalten abgedichtet. Die Dachkonstruktion wird mit einem Textil und einem Mast erstellt. Hierbei bleibt das Textil permanent mit dem Korpus verbunden und muss beim Auf-/Abbau nicht entfernt werden. Die benötigten externen Teile

können in der Box gelagert werden und verbrauchen daher keinen weiteren Platz beim Transport. Im Bereich der Dusche besteht der Boden aus einer Wanne mit einem Gitter. Dies ermöglicht ein Abfließen des Duschwassers. Außerdem kann das Abwasser des Waschbeckens auch über diese Wanne abgeleitet werden. Es gibt eine große Küchenzeile, welche genügend Platz für die benötigten Geräte bietet. Außerdem ist ein Bett mit einer Größe von 140 x 200cm vorhanden, welches hochgeklappt werden kann. Hierdurch besteht die Möglichkeit einen Tisch auszuklappen. Das Konzept besticht vor allem durch ein cleveres System, welches die Grundfläche um das 3,5-fache erweitert und somit viel Wohnraum und eine flexible Raumaufteilung bietet.





In der zweiten Hausübung im Fach Konstruktives Gestalten geht es darum, eine temporäre Unterkunft aus nachhaltigen Werkstoffen und Textilien zu entwickeln. Die Unterkunft soll dabei aus einem Wohnbereich, den eine textile Konstruktion bilden soll, und einem festen Modul—Sanitärraum mit Küche bestehen. Die Lösung soll außerdem leicht zu transportieren, schnell aufzubauen, günstig in der Herstellung sein. In dem vorliegenden Kon-

zept wurde versucht, das Mechanismus des Sonnenschutzes eines Kinderwagens zu übernehmen. Die Idee dabei ist, dass jeder Mensch dieses Mechanismus schon mal im Leben gesehen hat, und dadurch intuitiv den textilen Teil der Unterkunft aufbauen kann. Das feste Modul besteht auf einem Teil für das Bad (links) und einem Teil, die für die Küche dient und kann bei Bedarf vom Wohnbereich getrennt werden.

---



---

### 3. Übung

---

---

## Paper Bridge

Die dritte Übung im Kurs Konstruktives Gestalten zielt auf die Entwicklung einer effizienten und leichten Brückenkonstruktion aus Karton.

Karton als Material hat das Potenzial, einen sehr wertvollen Beitrag zu einem nachhaltigeren Bauen in der Zukunft zu leisten. Es ist kostengünstig herstellbar und besteht darüber hinaus überwiegend aus nachwachsendem Rohstoff.

Im Rahmen der 3. Übung sind zwei Prinzipien mit zwei verschiedenen Ausgangsprodukten zu entwickeln und zu beurteilen. Die maßgebenden Beurteilungskriterien sind Robustheit und Stabilität, Realisierbarkeit der Konstruktion, Aufbau sowie die sinnvolle Gestaltung. Das Ziel der Aufgabe ist aus dem vorgegebenen Material eine Brücke zu bauen, die eine mindestens 6 m Spannweite im Maßstab 1:1 überbrücken kann.

Ausgangsprodukt 1: Das Brückenmodell ist ausschließlich aus flachen Feinwellpappe 1000x700x5 mm zu entwickeln.

Ausgangsprodukt 2: Das Brückenmodell ist ausschließlich aus Rohrhülsen mit Durchmesser von 60 mm, Länge von 1000 mm und Wanddicke von 3mm zu entwickeln.

Für die Bearbeitung der Übung empfehlen wir die folgenden Schritte: planen, konstruieren, vergleichen, optimieren. Abschließend sollen die beiden Lösungen verglichen und bewertet werden. Die Fragen: welche Variante trägt die größere Last, welche Brücke benötigt weniger Material und welche Lösung ist ästhetisch am besten gelungen sollen bei der Entwicklung berücksichtigt werden. Alle Brückentypen dürfen in der Entwicklung integriert werden: zum Beispiel Bogenbrücke, Fachwerkbrücke, Plattenbrücke, Balkenbrücke, (Hängebrücke) etc.

## Vorgaben:

- Die geplante Brücke muss eine Spannweite von ca. 6 m in Bogenform (Stichbogen) überbrücken
- Konstruktionsteile der Brücke dürfen nicht unterhalb der Verbindungslinie der beiden Auflager liegen
- Einfachheit in Aufbau und Handhabung
- Geringes Gewicht
- Fügepunkte können 3D-Fertigungen sein
- Stabilität und Langlebigkeit
- Ansprechende und zugleich zweckmäßige Konstruktion

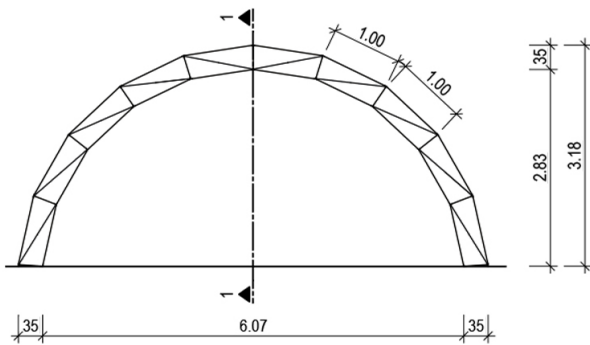
## Arbeitsschritte:

- Entwicklung der beiden Konzepte inklusive Überlegungen zur Geometrie und Gestalt
- Konzeption der Elementverbindungen (Fügepunkte)
- Überlegungen zu geeigneten Montageabläufen
- Skizzen, Zeichnungen, CAD-Modelle, Arbeitsmodelle

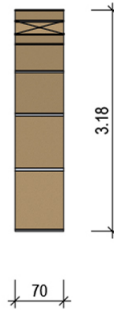
## Abgabeleistungen:

- Relevante Seitenansicht, das Querschnitt und die Draufsicht für beide Varianten im Maßstab 1:100
- Geeignete, räumliche Darstellung (z.B. 3D-Modell, Axonometrie, oder Skizze) für beide Varianten
- Schlüssige, schriftliche, oder zeichnerische Ausarbeitung zur Konzeptfindung und Entwicklung der Konstruktion, als auch Variantenbewertung (max. 2 DIN A4 Seiten)
- Präsentationsdatei (\*.ppt oder \*.pdf)
- Abgabe per Moodle
- Abschließende Präsentation des Entwurfs (2-5 min)

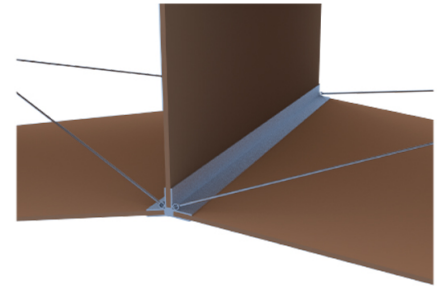
### Variante 1 - Wellpappe



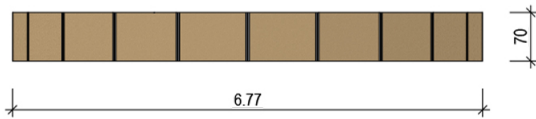
Ansicht



Querschnitt

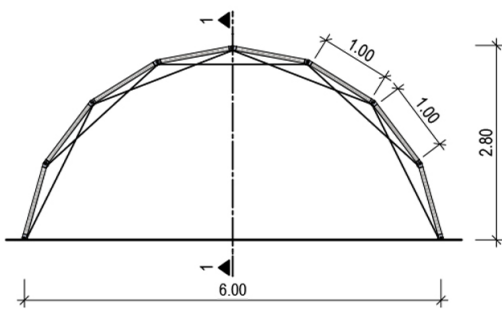


Detail Knoten

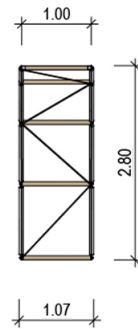


Draufsicht

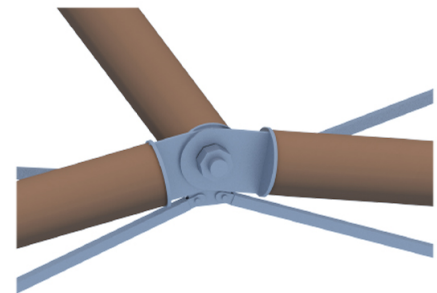
### Variante 2 - Rohrhülsen



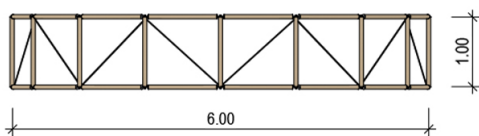
Ansicht



Querschnitt

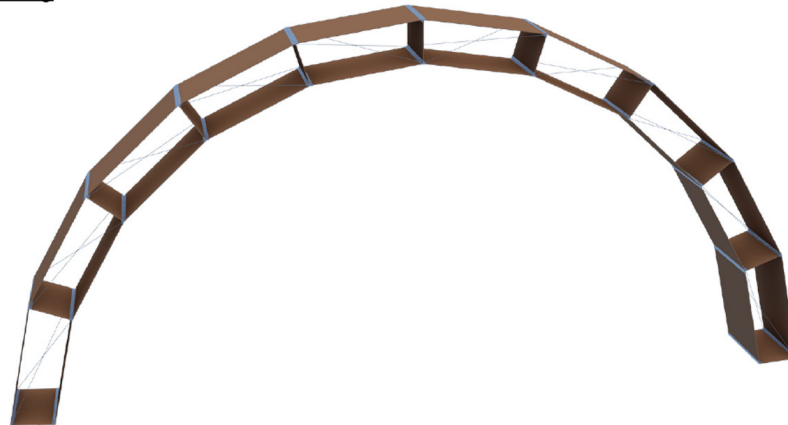
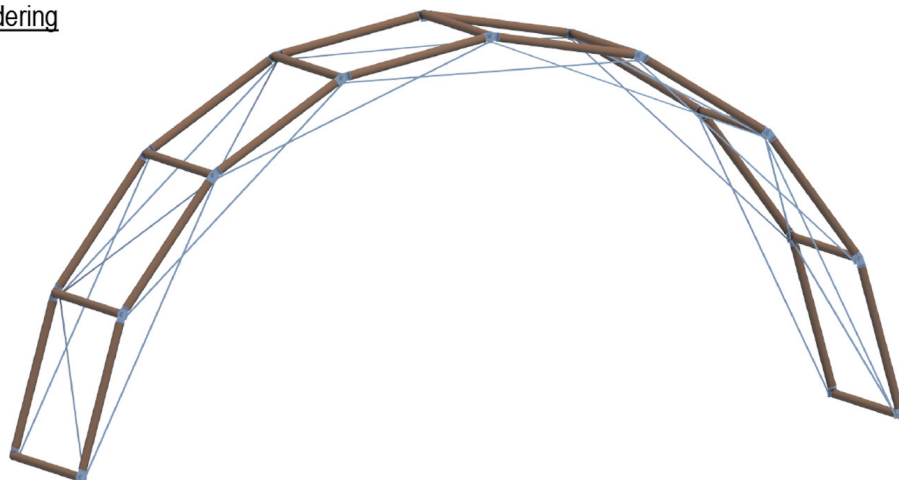


Detail Knoten



Draufsicht

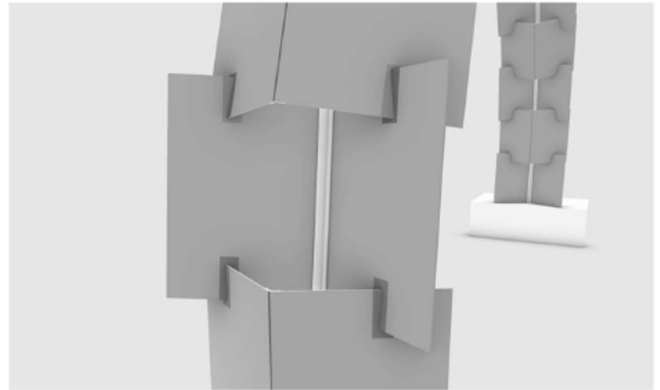
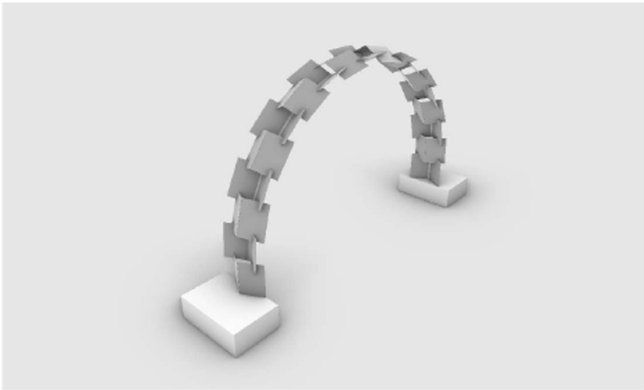


Variante 1 - RenderingVariante 2 - Rendering

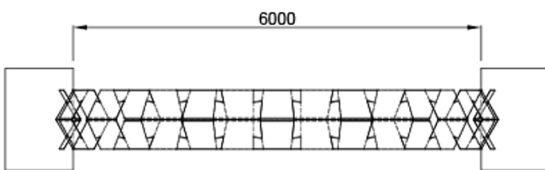
Ziel der dritten Übung des Kurses „Konstruktives Gestalten“ war es, eine effiziente und leichte Brückenkonstruktion aus Karton zu entwickeln, die eine Spannweite von mindestens 6,0 m überbrückt. Hierzu wurden zwei Varianten aus unterschiedlichen Ausgangsprodukten entwickelt: Variante 1 aus Feinwellpappe (Maße 100 cm x 70 cm x 0,5 cm) und Variante 2 aus Rohrhülsen (Länge 100 cm, Durchmesser 6 cm, Wanddicke 0,3 cm). Die Grundidee des Entwurfs von Variante 1 (Wellpappe) beruht auf einem Fachwerk in Bogenform. Die Neuartigkeit der Konstruktion besteht hier jedoch im Austausch der Fachwerkstreben in Stabform durch Flächenelemente aus Wellpappe. Die Brücke besteht aus insgesamt zehn identischen Feldern, die in Bogenform aneinandergereiht sind. Dabei setzt sich jedes Feld aus vier einzelnen Pappelementen zusammen, welche durch Steckprofile verbunden werden. Die diagonalen Zugstreben des Fachwerks werden dabei nicht aus Pappe realisiert, sondern aus Stahlseilen, die sich innerhalb

der diagonalen Ebene eines Feldes kreuzen. Bei Variante 2 bilden acht Papprohre mit einer Länge von jeweils 1,0 m einen Kreisbogen. Zwei solcher Bögen werden hintereinander angeordnet und sind wiederum durch 1,0 m lange Papprohre als Querstreben verbunden. Die Verbindungspunkte der Papprohre werden dabei durch einen speziellen Stahlknoten gelöst. Zur Aussteifung der Brücke in Längsrichtung und zur Aufnahme des Bogenschubs kommen Zugstreben unterhalb der Bogenkonstruktion zum Einsatz. In Querrichtung wird die Aussteifung ebenfalls durch Zugstreben sichergestellt, die in den Feldern zwischen den Papprohren angeordnet sind. Beide Entwurfsvarianten sind durch einen rotationssymmetrischen Aufbau gekennzeichnet. Demnach besteht Variante 1 aus zehn identisch aufgebauten Abschnitten, die in Bogenform aneinandergereiht werden und Variante 2 aus acht gleichen Abschnitten. Dies ermöglicht einen einfachen Aufbau der Konstruktion.

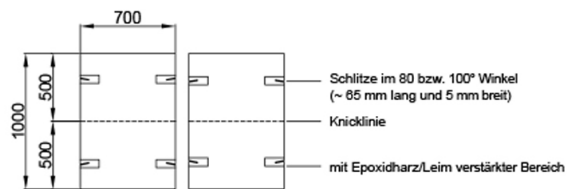
## Übung 3



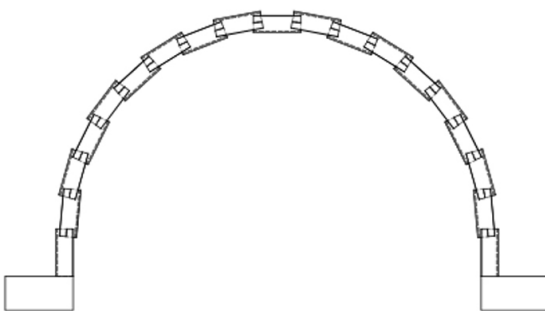
Draufsicht  
Maßstab 1:100



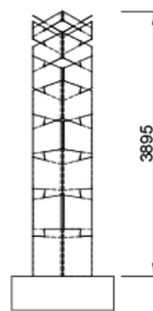
Zuschnitte  
Maßstab 1:50



Ansicht  
Maßstab 1:100

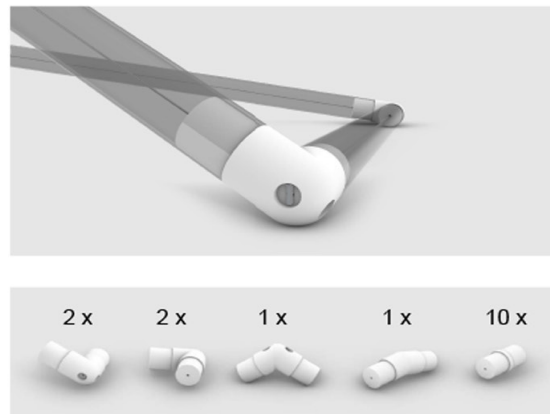
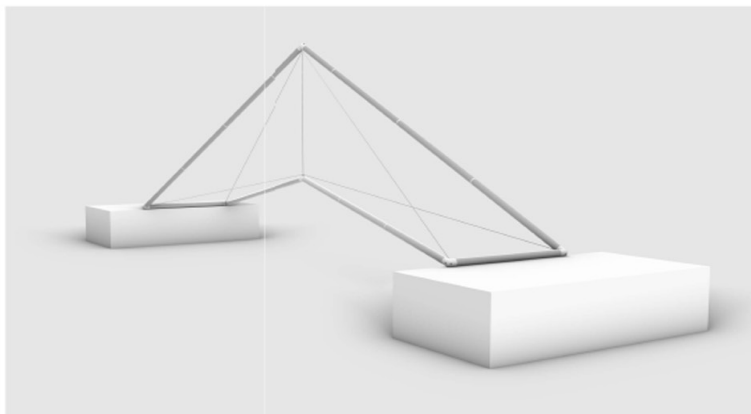


Seitenansicht  
Maßstab 1:100

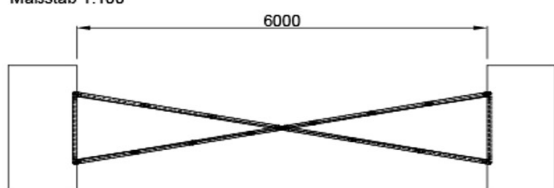


Die Konstruktion des ersten Entwurfs verwendet Wellpappe als Hauptkonstruktionsmaterial. Die Form der konstruierten Brücke entspricht einem Halbkreis und nähert damit die Stützlinie (= ideale Bogenform unter Gleichstreckenlast) an, sodass sich unter Eigengewicht ein vorteilhafter Lastabtrag, vorwiegend über Drucknormalkräfte, einstellen kann. Durch den relativ großen Stich entsteht ein geringer Bogenschub und die Horizontalkräfte an den Auflagern des Bogens können über Reibung und, falls erforderlich, ein kleines Gegengewicht abgetragen werden. Konzipiert wurde die Brücke lediglich für ihr Eigengewicht. Für die Realisierung der Konstruktion werden insgesamt 19 Wellpappen und nur wenige weitere Konstruktionsmaterialien benötigt. Die Wellpappen werden in Liefergröße belassen, müssen jedoch vor dem Zusammenbau aufbereitet werden. Für die Steck-

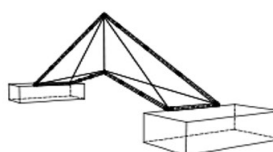
verbindung müssen die Wellpappen an vier Stellen in entsprechenden Winkeln geschlitzt werden. Da im Bereich der Schlitze die Last von Wellpappe zu Wellpappe übertragen wird und dort eine hohe lokale Beanspruchung entsteht, soll dieser umliegende Bereich zusätzlich mit Epoxidharz oder Leim gehärtet werden. Um die Wellpappen in ihre dreieckige Grundform zu bringen, werden die Wellpappen entlang der Mitte der langen Seite angeritzt und anschließend gefaltet. Um ein Durchreißen der Wellpappe an der geschwächten Kante zu verhindern und die Dreiecksfaltung in Form zu halten, wird die Kante nach dem Falten mit einem Winkel/einer Leiste verklebt. Die Brücke kann dann aus den vorgefertigten Elementen zusammengesteckt werden. Für die Montage sind nur ein bis zwei Personen und eine Leiter erforderlich.



Draufsicht  
Maßstab 1:100



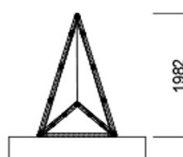
Perspektive



Ansicht  
Maßstab 1:100



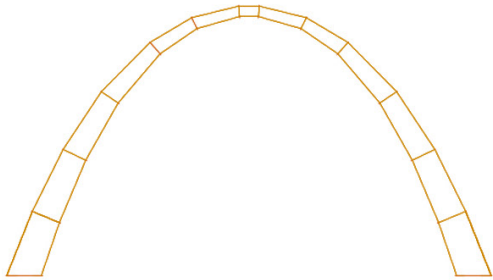
Seitenansicht  
Maßstab 1:100



Die Konstruktion des zweiten Entwurfs verwendet Pappröhren als Hauptkonstruktionsmaterial. Die konstruierte Brücke besteht aus einem schlanken, punktsymmetrischen Stabwerk aus Pappröhren, das durch gezielte Abspannungen mit Stahlseilen stabilisiert wird. Die Entwicklung der Konstruktion resultierte aus statischen Überlegungen. Die Ausgangskonstruktion bildete ein räumliches Fachwerk aus Dreiecken. Durch die Überlegung, welche Tragelemente eine reine Zugbeanspruchung und welche sowohl eine Zug- als auch eine Druckbeanspruchung erhalten, wurde das Stabwerk auf die wesentlichen Druckelemente reduziert und wo möglich, wurden Zugseile eingesetzt. Durch die Wahl der Querschnitte bzw. des Materials wird der Lastabtrag gezielt gesteuert bzw. jedem Tragelement seine Tragwirkung zugewiesen. So kommen für die reinen Zugelemente Stahlseile und für die vorwiegend auf Druck und teilweise auf Zug beanspruchten Tragelemente Pappröhren zum Einsatz. Zur Realisierung der Brücke werden insgesamt 15 Pappröhren benötigt. Bis auf eine Papprohre, die halbiert werden muss, werden alle restlichen Pappröhren in voller Länge eingesetzt. Eine weitere Bearbeitung der Röhren ist nicht notwen-

dig, wodurch die Brücke vollständig rückbaubar und die Pappröhren wiederverwendbar sind. Um dies zu ermöglichen, werden jedoch aufwendige Knotenverbindungen erforderlich, die den Kraftübertrag zwischen den Pappröhren sowohl für Druck als auch für Zug sichern und ein Ausknicken der einzelnen Röhren verhindern. Dazu wurden 3D-druckbare Knotenverbindungen konzipiert und mit dem Plug-in „Grasshopper“ in der Modellierungssoftware „Rhino“ parametrisch modelliert. Insgesamt gibt es 16 Knoten, wobei fünf verschiedene Knotentypen auftreten. Die Knoten enthalten einen durchgängigen Hohlraum, um die Pappröhren mit innenliegenden Seilen vorspannen zu können. Die inneren Seile werden abschnittsweise gerade im Hohlraum der Pappröhren zwischen den Eckknoten gespannt. Dazu werden sie durch die Pappröhren und die Knoten durchgefädelt und nach dem Anspannen in der vorgesehenen Aussparung im Knoten verankert. Für die außenliegenden Spannseile aus Stahl ist an den Eckknoten eine Art Haken zu integrieren, sodass die Stahlseile mit Seilklemmen zwischen den Eckknoten gespannt werden können.

### Entwurf Wellpappe

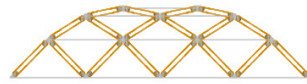


Ansicht vorne  
1:100

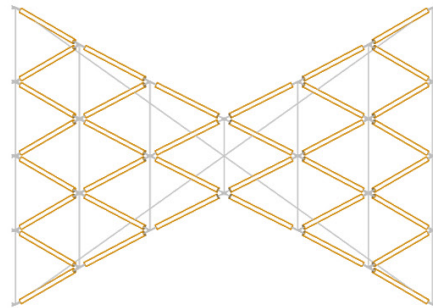
### Entwurf Rohrhülsen



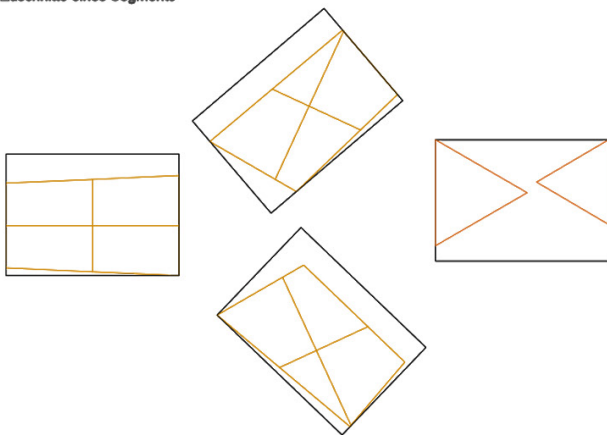
Ansicht Seite  
1:100



Draufsicht  
1:100

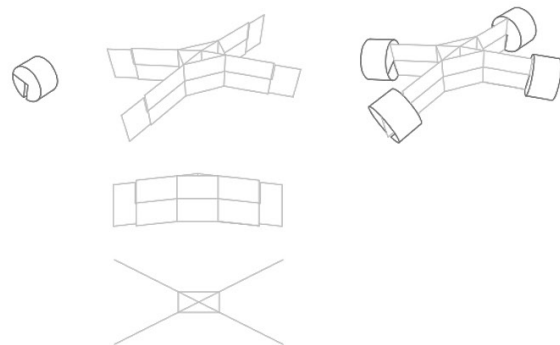


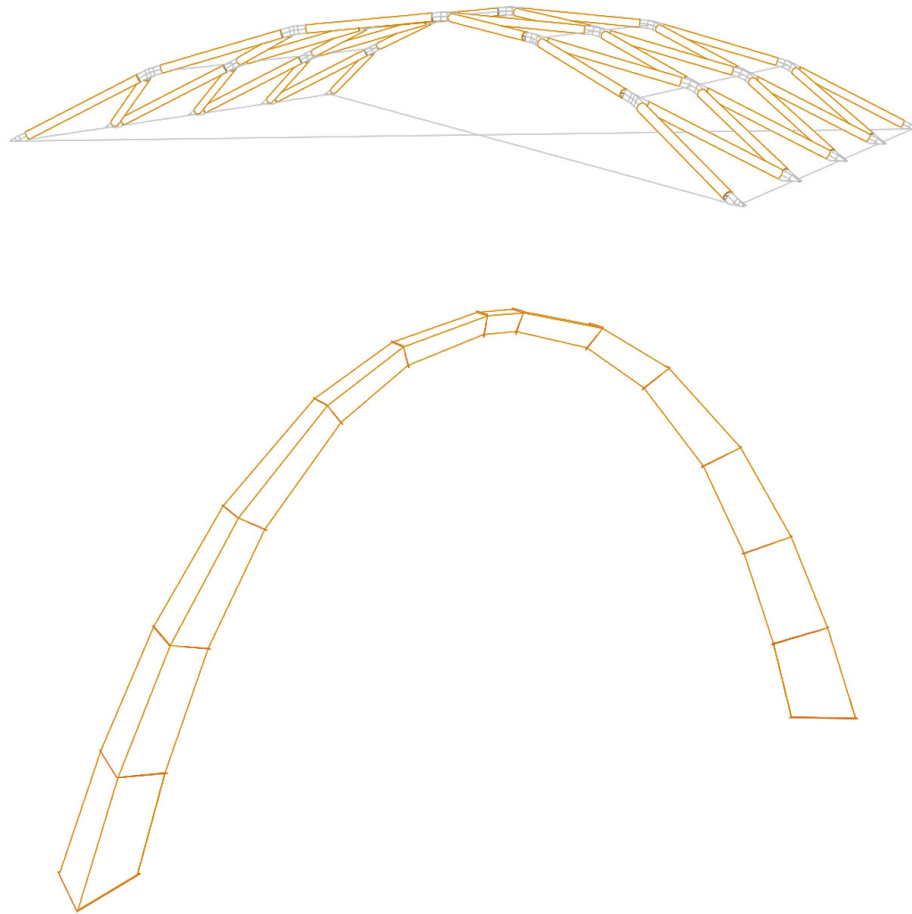
Zuschnitte eines Segments



Details

Verbindungen

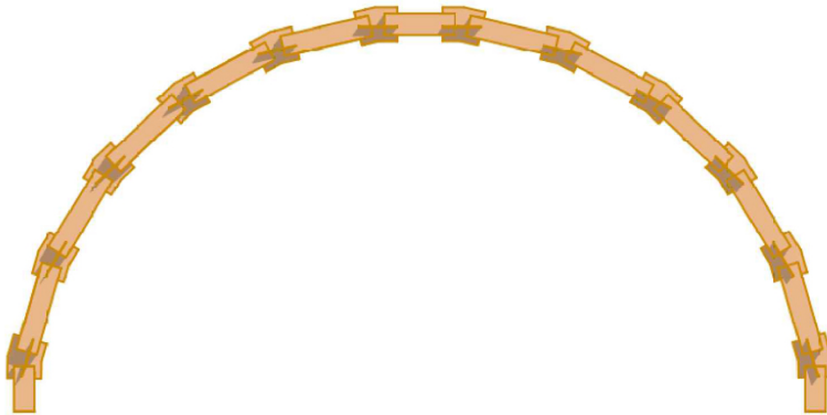




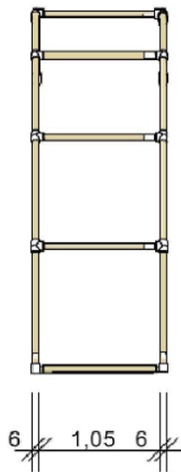
Beide Varianten der Papierbrücke überspannen ca. 6m. Sie werden als Bogenbrücke ausgeführt. Das Eigengewicht wird dadurch hauptsächlich als Normalkraft effizient abgetragen. Der Entwurf mit Wellpappe wird durch Papierklebeband zu den einzelnen Elementen zusammengefügt. Im Detail sind die fünf Teile des größten Elements auf vier Pappen dargestellt. Am Standort werden diese durch Musterbeutelklammern zum Bogen verbunden. Bei Bedarf ist ein Aufbau an einem anderen Standort somit komfortabel. Die Form wurde zu einem sehr steilen Bogen, gewählt, um horizontale Kräfte am Auflager zu vermeiden. Um den Aufbau im Foyer des HMZs zu ermöglichen wird die Höhe auf 4m begrenzt. Die Form verjüngt sich zudem nach oben, da dort die geringsten Kräfte wirken. Nach unten hin werden die Dreiecke breiter, um auch laterale Stabilität zu geben. Trotz der notwendigen Zuschnitte ist die Konstruktion somit sehr einfach gehalten und es ergibt sich eine skulpturale Wirkung. Da die Rohrhülsen durch den runden Querschnitt Tragfähigkeit mitbringen, wurde hier ein flacherer Bogen mit ca. 1 m Höhe

realisiert. Durch die Regelmäßigkeit der wiederkehrenden Rauten ist eine simple Konstruktion mit klaren Linien gegeben. Die breiten Auflager geben Stabilität und gleichzeitig wird Material in Brückenmitte gespart. Die Rauten werden jeweils durch Verbindungsseile in ihrer Lage gesichert. Zwei sich kreuzende Seile spannen in der Grundrissebene und bewirken einen Kurzschluss der Horizontalkräfte. Die Knotenverbindungen bestehen aus zwei Teilen, die ineinandergesteckt werden (siehe Detail). Dadurch wird die Lage der Rohrhülse als auch der Anschlusswinkel vorgegeben. Es werden drei ähnliche Verbindungen realisiert, da es drei verschiedene Knoten mit entweder zwei, drei oder vier angreifenden Rohrhülsen gibt. Eine zusätzliche Lagesicherung der Verbindungen an die Rohrhülsen ist durch einen Nagel möglich. Die Rohrhülsen erscheinen besonders interessant zur Realisation, da die Biegesteifigkeit der Knoten ausgetestet werden kann. Zudem bietet der 3D-Druck gegenüber der Fleißarbeit bei Wellpappe eine interessante Aufgabe

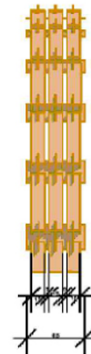
**Ansicht 1**  
Maßstab: 1:100



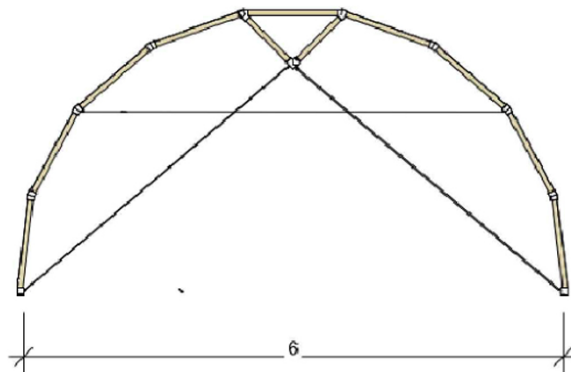
**Ansicht 2**  
Maßstab: 1:100



**Ansicht 2**  
Maßstab: 1:100

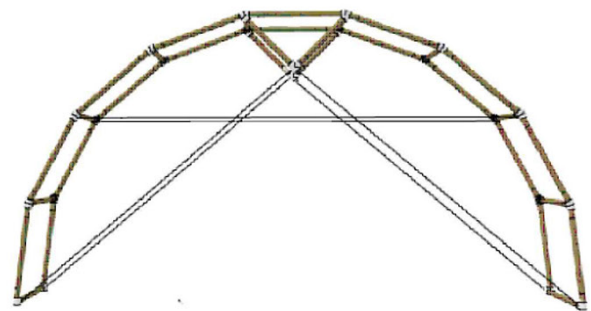
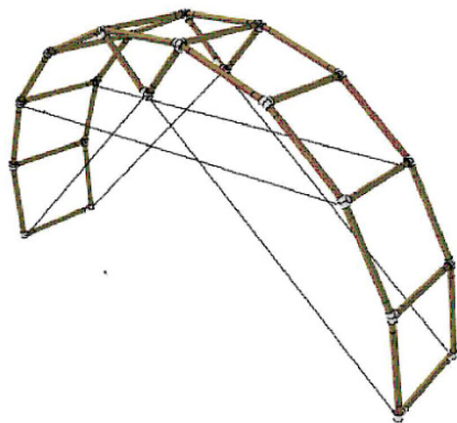
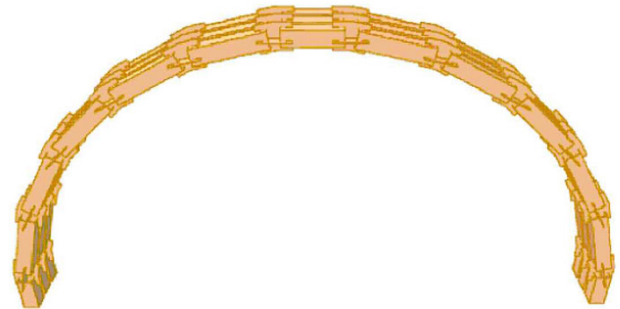
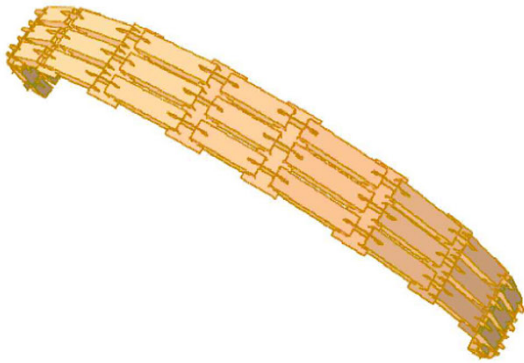


**Ansicht 1**  
Maßstab: 1:100



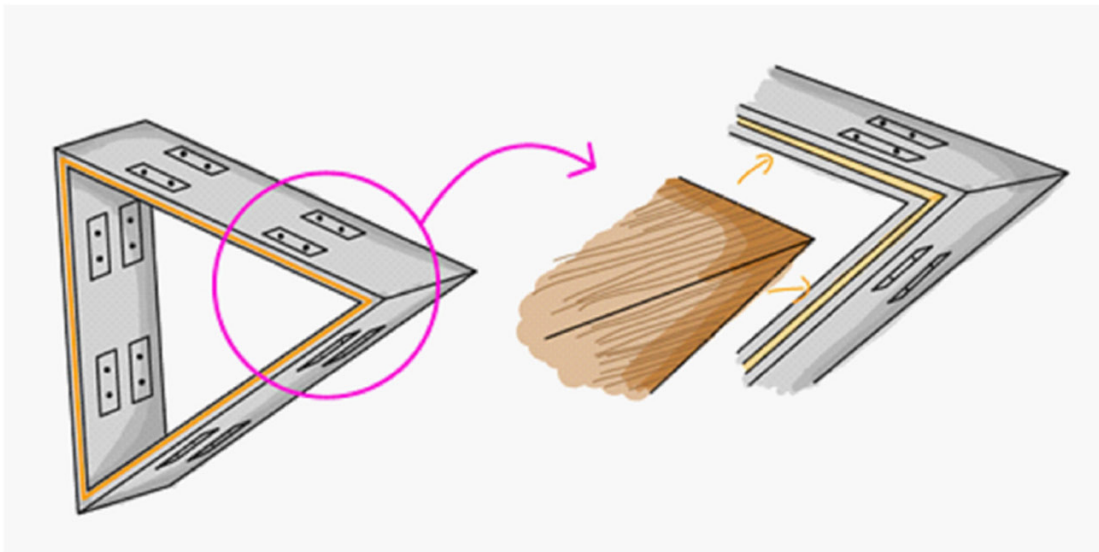
**Draufsicht**  
Maßstab: 1:100





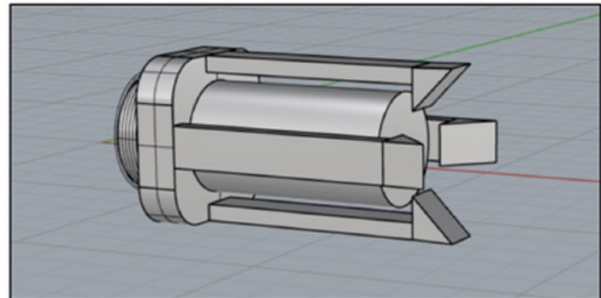
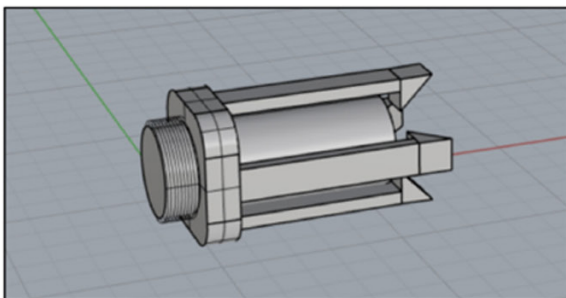
Die erste Variante besteht ausschließlich aus Wellpappe. Die Verbindungen entstehen durch Ineinanderstecken unterschiedlicher Bauteile. Für die Grundelemente muss das geeignete Pappstück (1000x700 mm<sup>2</sup>) nur an den Ecken kleiner geschnitten werden, damit diese den quer gesteckten Bauteilen, die den Zusammenhalt der Grundbauteile ermöglichen, nicht im Wege stehen. Das Grundbauteil hat eine Kantenlänge von 15 cm, weil die Diagonale nach innen gefaltet werden, und mit der Länge von 15 cm es noch genug Material für die Diagonale vorhanden ist. Eine Diagonale ist leicht kürzer, weil die Dicke der Pappe sonst das Falten erschweren würde. Auf die Grundbauteile werden die vertikale Verbindungsbauteile

ausgesteckt. Dieses Verbinden vertikale Bauteile und sogen jeweils für eine Winkeländerung von 15,19°, um die Bogenform zu ermöglichen. Die untersten und obersten Bauteile unterscheiden sich in der Größe von anderen Bauteilen. Die zweite Variante der Brücke besteht aus Rohrhülsen. Die Verbindungsbauteile sind mit dem 3D-Drucker druckbar. Die Rohrhülsen haben jeweils Ihre ursprüngliche Länge. Die Zugkräfte werden von den Seilen aufgenommen. Die Verbindungen, wo die Zugkräfte zu erwarten sind, werden mit Schrauben oder Drähten fixiert, deswegen wird auf Queraussteifung verzichtet. Die Seile können mit Hilfe von Ösenschrauben verbunden werden.

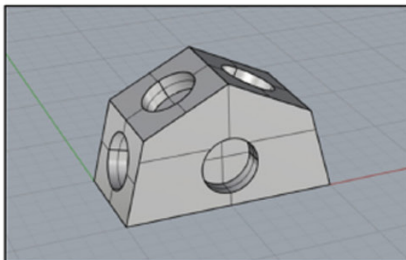


## Fügeelement der Brücke aus Rohrhülsen

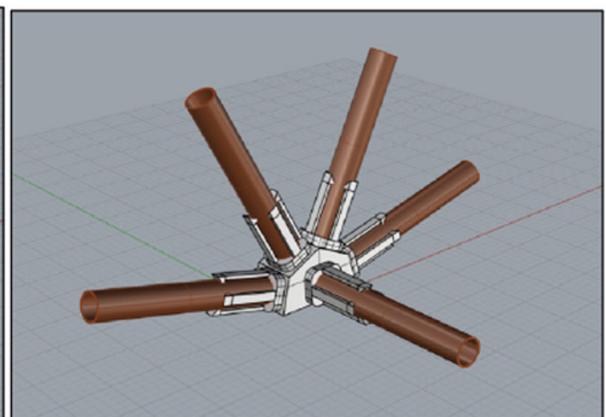
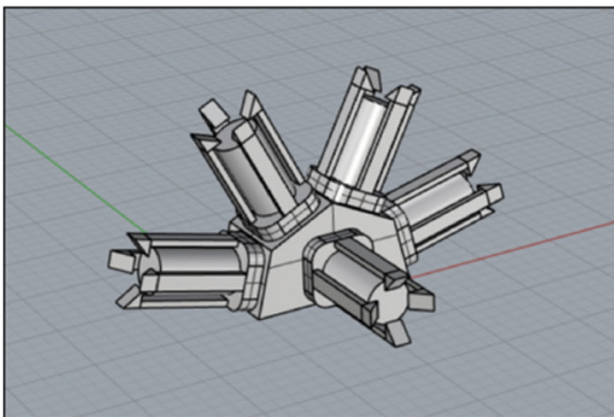
1



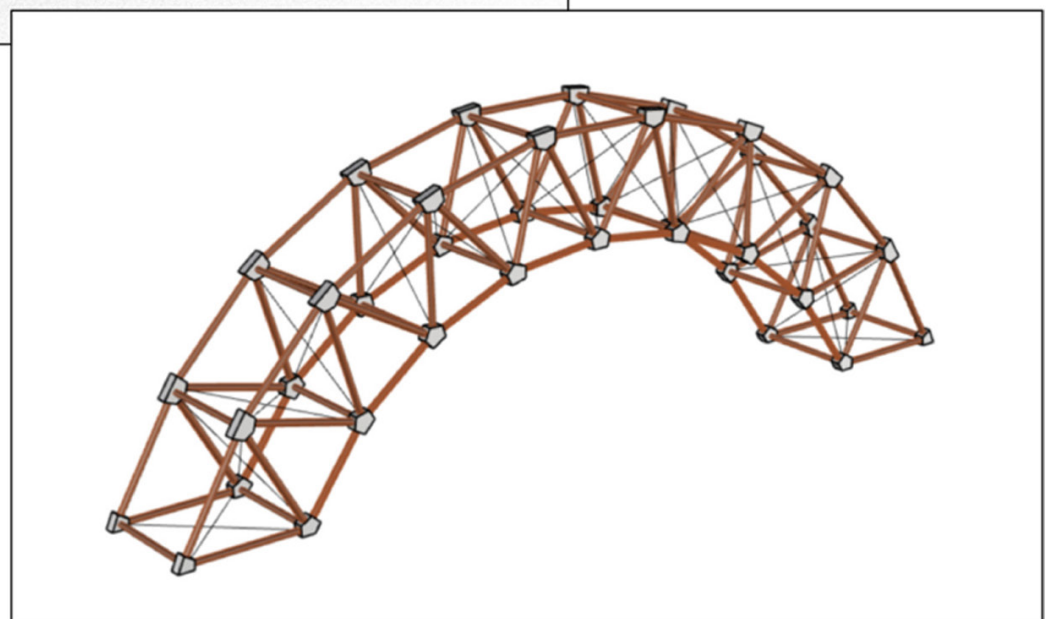
2



1+2



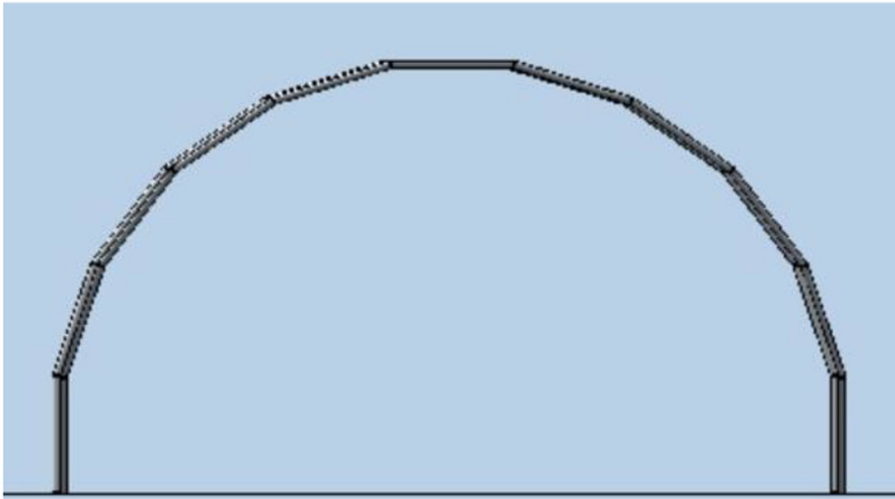
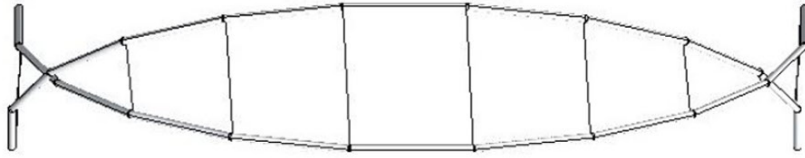




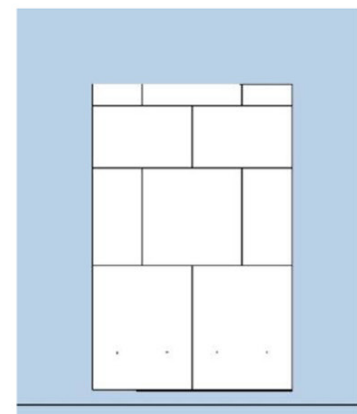
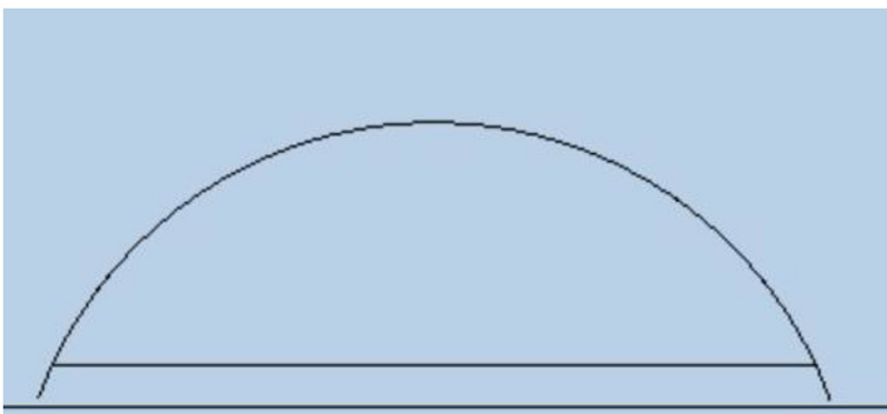
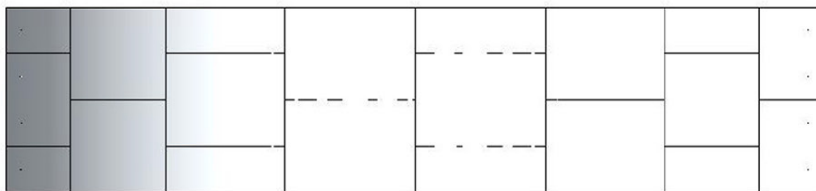
Der erste Entwurf für die Brücke aus Feinwellpappe besaß einen dreieckigen Querschnitt, welcher über eine elliptische Kurve von einer Seite zur anderen aufgezogen wurde. Somit ergab sich vor allem optisch und konstruktiv eine schöne Brücke. Aufgrund der begrenzten Größe der einzelnen Pappstücke haben sich viele Segmente ergeben, die zugleich auch sehr unterschiedlich groß waren. Über Fügeelemente wurde sich zu diesem Zeitpunkt noch keine Gedanken gemacht, da die Einfachheit des Aufbaus der Brücke aufgrund der verschiedenen großen Segmente noch nicht gelöst war. Darüber hinaus ist die Feinwellpappe nur

schlecht formbar, weshalb weitere Überlegungen bezüglich des Bogens getroffen werden mussten. Der erste Entwurf für die Brücke aus Rohrhülsen bestand aus einem Fachwerk und den dazugehörigen Fügeelementen. Es war gebogen, hatte eine Gesamthöhe von ca. 3 Metern, eine Spannweite von ca. 6 Metern und eine Länge von knapp 8 Metern. Dieser Entwurf hatte folgende Mängel: Die Fügeelemente waren über 50 cm lang und konnten somit nicht wie erhofft mithilfe des 3D-Druckers der TU Darmstadt in einem Stück gedruckt werden. Darüber hinaus fehlt die Aussteifung der ganzen Brücke in y-Richtung.

## Papphülsen

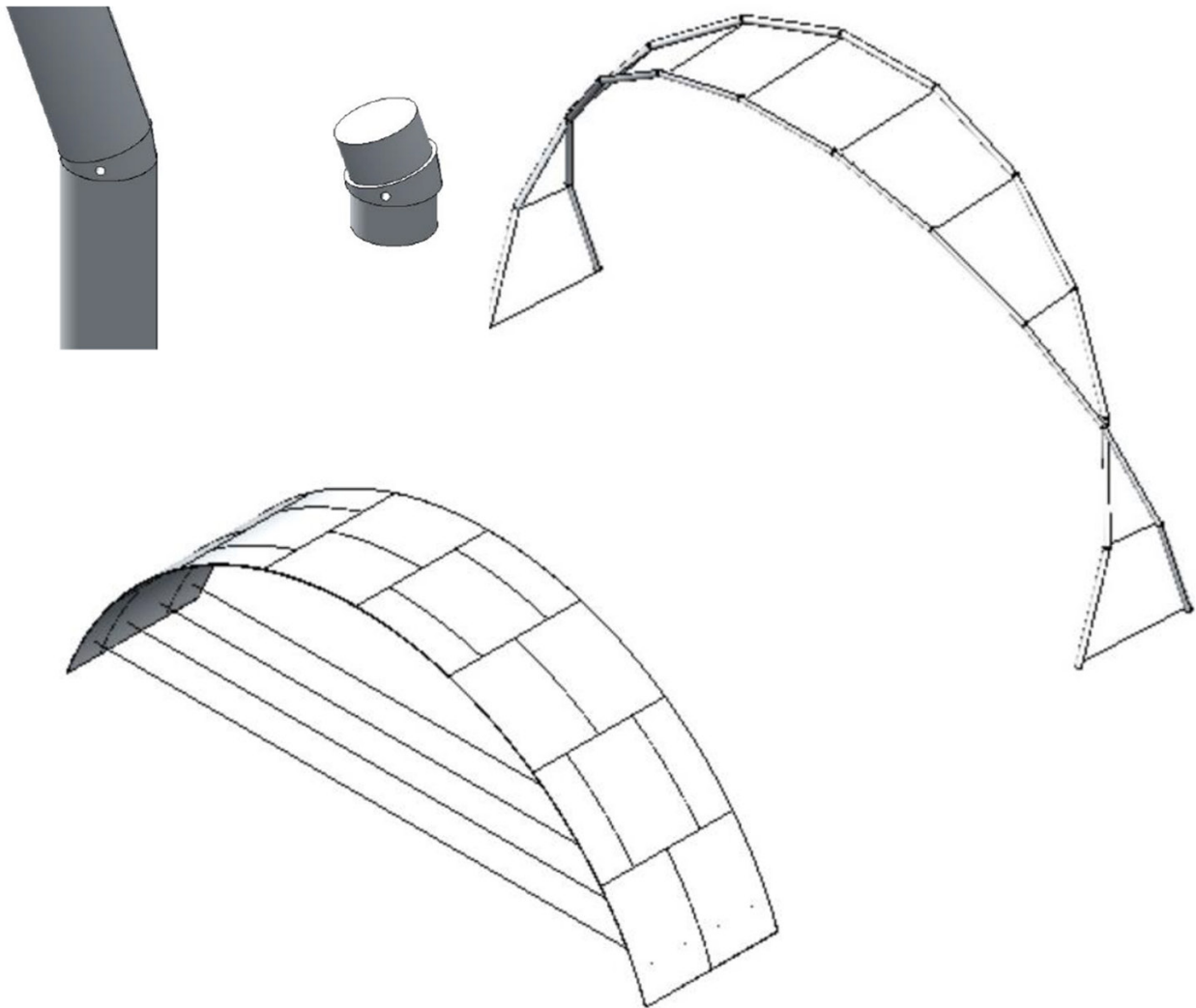


## Wellpappe



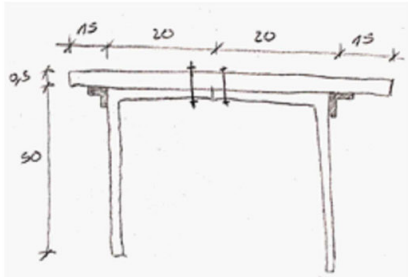
## Zeichnungen

## Räumliche Darstellung

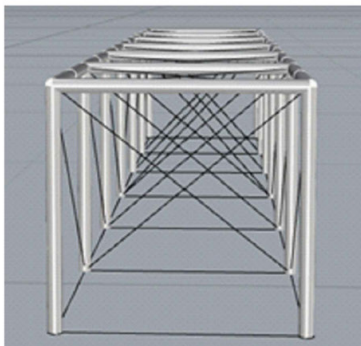
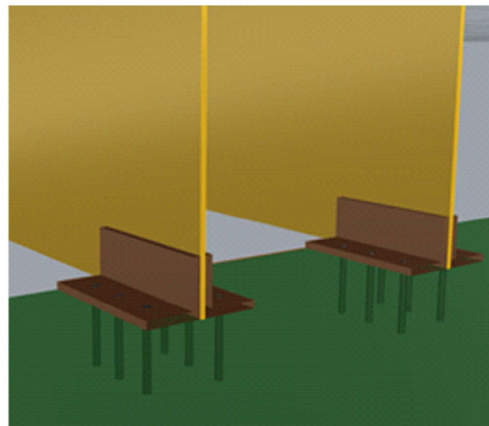
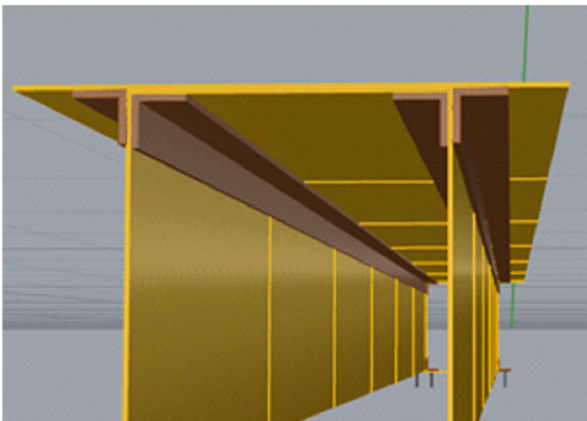


**Papphülsen:** Die Brücke bildet einen Bogen aus 22 Pappröhren mit jeweils 1000mm Länge, einem Durchmesser von 60mm und einer Wandstärke von 3mm. Die Brücke besteht aus zwei gleichen Bögen die beide um  $18^\circ$  in entgegengesetzte Richtung gekippt sind. Die Rohre sind mit 3D-gedruckten Verbindungsstücken verbunden. An den Verbindungsstücken werden auch die Seile befestigt, die die beiden Bögen zusammenhalten. Diese müssen nur Zugkräfte abtragen, dadurch, dass die Bögen gekippt sind. Insgesamt hat die Brücke etwa eine Breite von 6.600mm, eine Tiefe von 1.200mm und eine Höhe von 3.600mm.

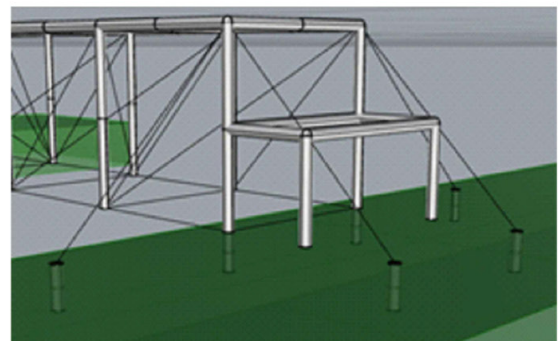
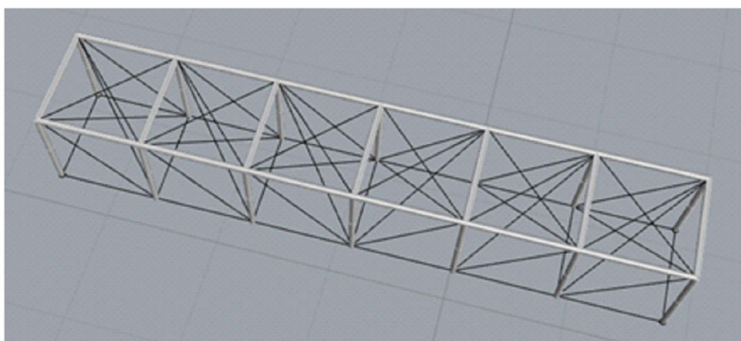
**Wellpappe:** Die Brücke besteht aus 24 Wellpappen mit den Maßen 1000mm x 700mm x 5mm. Diese werden in zwei Schichten versetzt übereinander geklebt. Dafür wird jede zweite Pappe halbiert. In die Breite hat die Brücke acht Wellpappen und in die Tiefe zwei. Die Brücke wird anschließend mit vier Seilen in eine  $140^\circ$ -Bogenform gespannt. Die Seile sind 6000mm lang und werden durch Löcher an der Wellpappe befestigt. Insgesamt hat die Brücke etwa eine Breite von 6.150mm, eine Tiefe von 1.400mm und eine Höhe von 2.200mm.



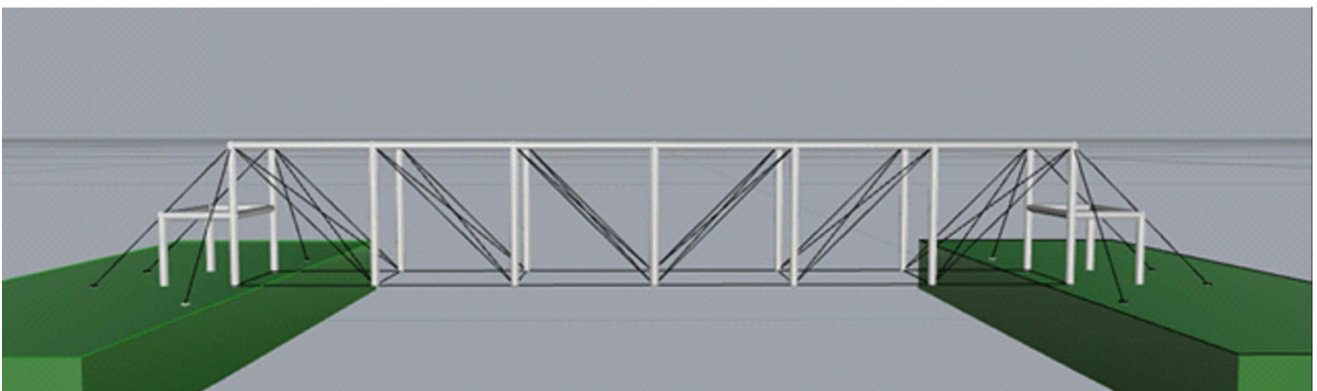
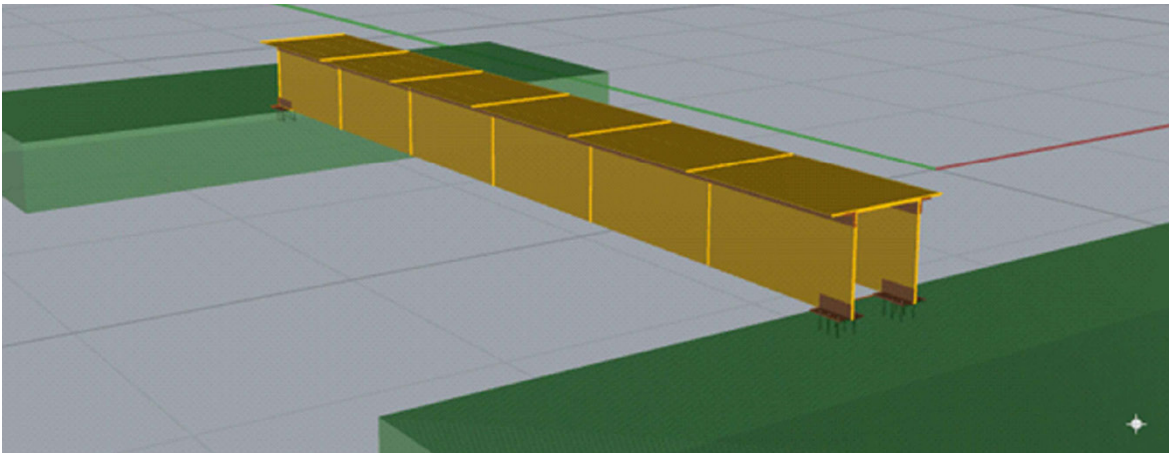
Paper Bridge



Rohr Bridge



Erläuterung der Konzeption



Die Brücken sollen möglichst hohe Lasten tragen können und gleichzeitig materialsparend konstruiert sein. In diesem Entwurf wird eine Balkenbrücke gewählt. Die allgemeine Spannungsgleichung für Balken lautet:  $\sigma = M/l * z$ . Um die Spannung gering zu halten, muss das Flächenträgheitsmoment möglichst groß gewählt werden, da das Biegemoment  $l_y$  und der Hebelarm  $z$  festgelegt sind. Den optimalen Querschnitt stellt damit ein Doppel-T-Träger dar. Für die Paper Bridge werden die vorgegebenen 1000 x 700 x 5 mm - Pappen beibehalten und aneinander gefügt durch Spreizdübel. Die Stege bilden hier jeweils zwei geknickte Pappen. Zu optimieren ist der kraftschlüssige Anschluss und weiterhin die Auflagerung der Brücke auf der Geländeoberkante. Der Anschluss zwischen den Stegen und dem Flansch wird mittels des 3D-gedruckten langen Winkels realisiert. Alle 15 cm wird dieser mit Spreizdübeln fixiert. Für die Verankerung der Auflager im Boden werden Schrauben tief in den Boden gebohrt und die Brückenaullager ebenfalls mit Winkeln fixiert. Auch

bei der Brücke aus Rohren wird ein Doppel-T-Träger konstruiert. Zur Aussteifung dient hier ein Fachwerk mit Zugseilen. Die vorgegebenen Rohre werden in ihren Maßen von 1000 x 60 x 3 mm belassen und mit Eckverbindern zusammengefügt. Die Zugseile werden durch Haken angebracht oder verknötet. Um Biegedrillknicken zu vermeiden, wird eine räumliche Aussteifung ebenfalls mit Zugseilen vorgenommen. An den Auflagern werden die äußersten Rohre im Boden verankert und mit Seilen abgespannt. Um die 1 m hohe Bücke begehen zu können, wird eine Stufe aus gesägten Rohren eingefügt. In der Abbildung auf der rechten Seite wird die Verankerung im Boden genauer gezeigt. Die Rohrbrücke ist stabiler, was die Tragfähigkeit angeht. Auch optisch ist die Rohrbrücke ansprechender. Lediglich im Materialverbrauch weist die Rohrbrücke Nachteile auf, da sehr viele Seile verwendet werden und eine große Anzahl an Rohrverbindungen mit zusätzlichen Halterungen für die Seile hergestellt werden müssen.



---

Redaktion

---

---

Redaktion

---

Herausgeber

Prof. Architekt Stefan Schäfer

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich 13 Bauingenieurwesen und Geodäsie

Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Prof. Architekt Stefan Schäfer

Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt

Telefon: + 49 6151 16 - 21380

[www.kgbauko.de](http://www.kgbauko.de)  
[info@kgbauko.tu-darmstadt.de](mailto:info@kgbauko.tu-darmstadt.de)

Redaktion

Prof. Architekt Stefan Schäfer  
M.Sc. Nikola Bisevac

Auflage

1. Auflage, März 2022

