

Würfelschatulle

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Entwurf.....	2
Unsere Anforderung an das Objekt	2
Der Deckel / Die Würfeldeckel.....	2
Der Korpus	2
Die Formteile.....	2
Dimensionen	3
Formfindung.....	3
CAD.....	4
Konstruktionsprozess Würfeldeckel	4
Konstruktionsprozess Korpus.....	6
Konstruktionsprozess Formteil (Lennart).....	8
Pressformen	9
Konditionierform.....	10
Formatierform.....	10
Ausführung (Lukas)	11
Formteil	11
Würfeldeckel	14
Korpus	18
Oberflächenbearbeitung.....	20
Fazit.....	20

Entwurf

Für unser Projekt in diesem Modul wollten wir beide etwas finden, das unsere Interessen repräsentiert.

Wir haben uns entschieden, unser Hobby, das Pen-and-Paper-Rollenspiel, aufzugreifen und dafür Zubehör zu entwerfen. Nach einigen Überlegungen zu Würfeltürmen, Würfelschalen und Meisterschirmen haben wir uns für die Würfelschatulle entschieden. Diese soll mehrere Zwecke gleichzeitig erfüllen: Sie soll sowohl zur Lagerung als auch zum Würfeln dienen. Dabei soll sie schön aussehen, mit einem schlichten Design und praktischem Nutzen.

Unsere Anforderung an das Objekt

Der Deckel / Die Würfdeckel

Der Deckel der Schatulle soll als Würfelschale genutzt werden. Dies sehen wir als die Kernaufgabe des Objekts. Wir möchten eine sowohl optisch ansprechende als auch funktionell ausgereifte Würfelschale schaffen, die sowohl von oben als auch von unten schön anzusehen ist. Sie sollte sich in die Gestaltung der restlichen Schatulle in beiden Zuständen gut einfügen.

Der Korpus

Der Korpus erfüllt eine optisch untergeordnete Funktion, muss aber eine gute Verbindung mit den Formteilen / Füßen eingehen und soll nicht zu auffällig sein. Der Fokus des Designs sollen die Formteile bleiben.

Die Formteile

Die Formteile wollten wir aufwendig gestalten, um die Materialien gut kennenzulernen. Gedacht waren auch Versuche mit nicht 3D Furnier, um die Fertigungsweise von Formverleimungen zu erforschen, leider hatten wir keine Zeit, dem nachzugehen. Die Formteile sollen der Blickfang des Objekts sein. Sie sollen eine seltene Form haben, aber relativ schlicht gehalten sein, damit die Schatulle keine Unruhe in den Raum bringt, in dem Sie steht.

Dimensionen

Die Schatulle soll auf einen normalen Tisch passen und eine angenehme Höhe haben, sodass man noch bequem hineinschauen kann, aber eine erhöhte Ebene entsteht. Sie soll größer als normale Würfelschalen sein, um ihre Rolle als Kernelement auf dem Tisch zu erfüllen und von möglichst vielen Spielenden erreichbar zu sein.

Formfindung

Wir entschieden uns für eine sechseckige Form, passend zum zwanzigseitigen Würfel, welcher am häufigsten für Tabletop-Rollenspiele verwendet wird, zusätzlich ist die mehreckige Form zugänglicher für mehrere Spielende. Es entsteht keine Ecke, über die man herübergreifen muss, um zu würfeln. Anfangs war die Überlegung, den Korpus aus einer Formverleimung herzustellen, ähnlich wie in *Abbildung 1* zu sehen ist.

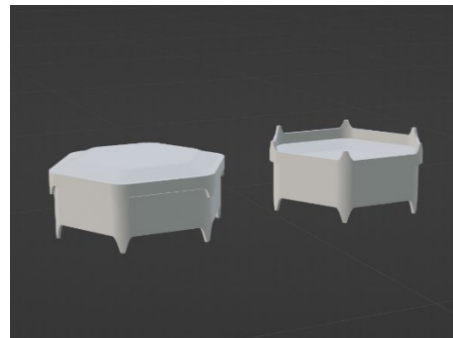


Abbildung 1

Wir entschieden uns dann jedoch dafür, die Würfelschale/Deckel und den Korpus aus einem Hirnholzmosaik zu fertigen und die Beine aus formverleimten Teilen. Der Körper der Schatulle soll durch das Hirnholzmosaik sehr massiv und ruhig wirken und die formverleimten Beine haben die Aufgabe, das gesamte Objekt etwas erhabener aussehen zu lassen, geben etwas Spannung hinein und lassen es wirken, als würde es schweben. Die ersten Entwürfe, die hier zu sehen sind, wurden mit Blender erstellt.



Abbildung 2

CAD

Konstruktionsprozess Würfeldeckel

Wie bereits erwähnt, ist der Würfeldeckel der Hauptaspekt unseres Möbels und hat zwei wichtige Aufgaben: 1. Als dekorativer Deckel für die Schale dienen. 2. als Würfelschale einsetzbar sein.

Diese beiden Funktionen sollten dadurch erreicht werden, dass das Bauteil gedreht werden kann und somit der gewünschte Einsatz zum Tragen kommt. Gleichzeitig sollten beide Seiten optisch ansprechend in der Schale integriert sein. Als erster Entwurf entstand eine Rahmenkonstruktion aus Vollholz mit dünnem Boden als Einsatz und Filz- oder Samtbezug zur Dämpfung der Würfel. (Abbildung 3)

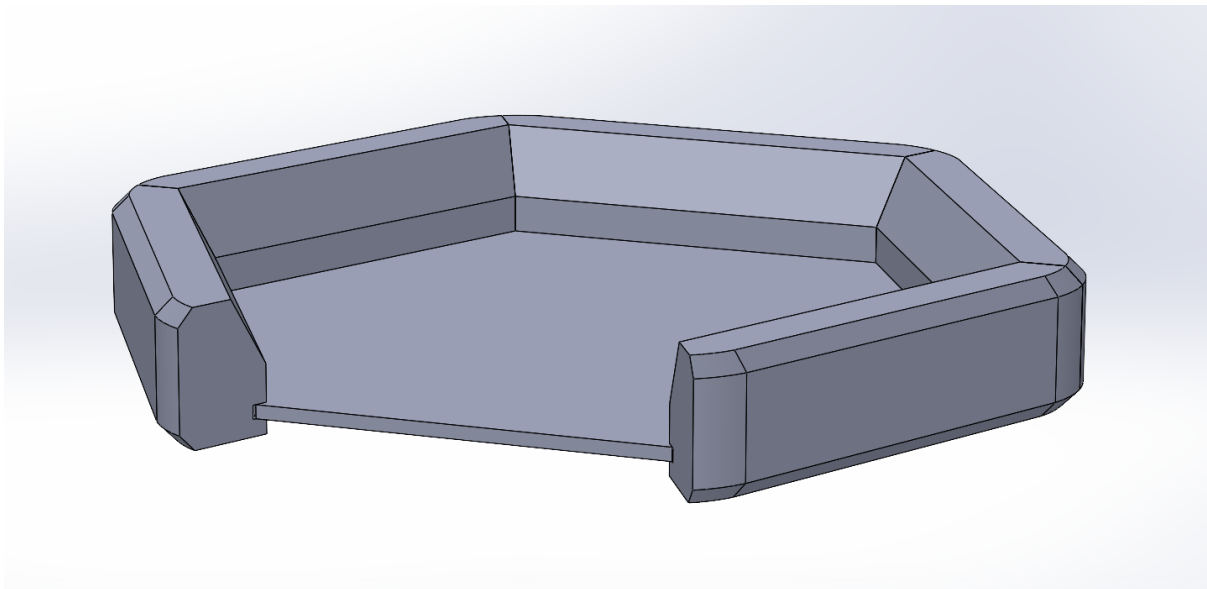


Abbildung 3

Von der Seite betrachtet ist der Würfeldeckel symmetrisch gestaltet, mit einer Fase oben und unten, sodass er problemlos gedreht werden kann und sich optisch einfügt. Jedoch stießen wir mit diesem Design auf mehrere Probleme. Zum einen ist es Voraussetzung, dass die Rundung an den Ecken der Schale den exakten Radius der Formteile erhält, um passend zu sein, zum anderen befürchteten wir, dass dieses Design einen hohlen Klang beim Würfel erzeugen wird. Besonders, wenn der Deckel auf der Schale steht und somit eine Art Klangkörper darstellt.

Das erste Problem wäre sicherlich lösbar gewesen, durch clevere Vorrichtungen zum Fräsen und präzises Arbeiten, das Problem mit dem hohlen Klang andererseits sahen wir als schwieriger zu umgehen an. Hinzu kam, dass der Deckel nicht besonders ansprechend aussähe, sobald er als wirklicher Deckel auf der Schale läge. (Abbildung 4)

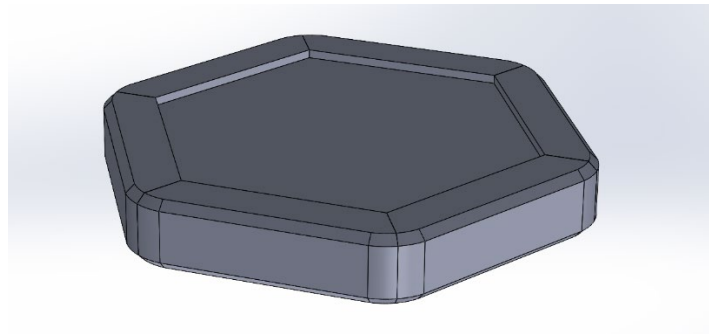


Abbildung 4

Wir überlegten uns ein neues Design, welches die Probleme direkt beheben würde und zusätzlich mehr unseren Ansprüchen zur Optik entspricht.

Die Idee war es, den Würfeldeckel aus einem Bauteil zu erstellen. Jedoch sind die Maße dafür ungünstig. Die Lösung dafür ist in vielen Haushalten zu finden: Ein Hirnholzbrett!

Der Aufbau ist großflächig, stabil und optisch ansprechend. Außerdem ist es möglich, mehrere Holzarten gut miteinander zu verarbeiten, damit Muster entstehen. Um die Stabilität zu gewährleisten, muss der Boden des Deckels deutlich dicker sein, dies kommt uns allerdings zugute, da so die Bedenken, mit dem hohlen Klang beim Würfeln, nichtig geworden sind.

Das Design für den neuen Deckel ist ähnlich zu dem des Alten, mit den optischen Anpassungen, die den letzten Schliff gebracht haben. (Abbildung 5)

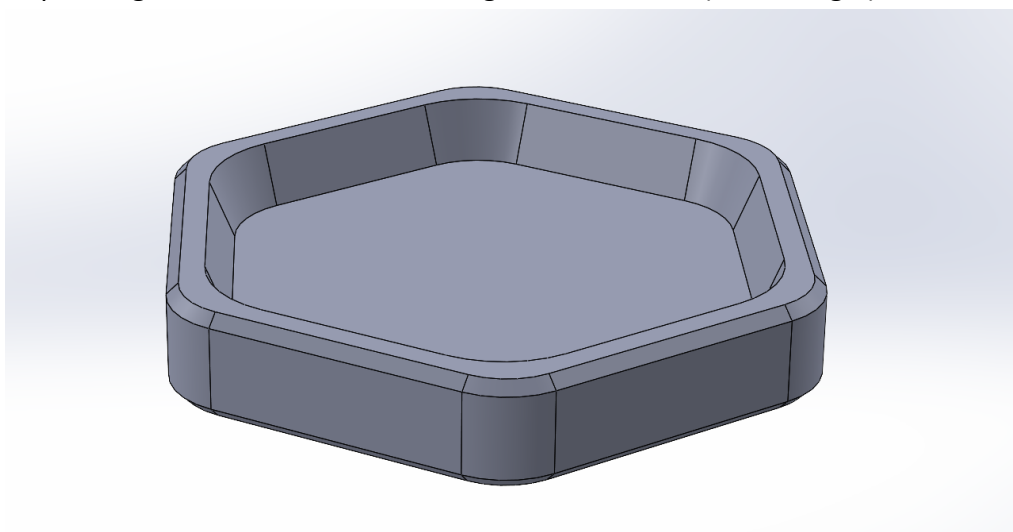
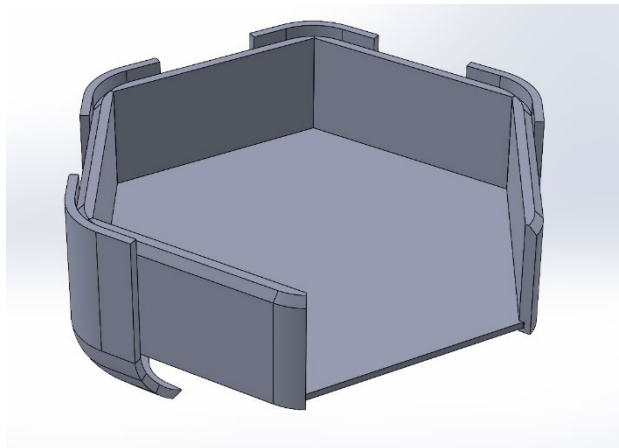


Abbildung 5

Konstruktionsprozess Korpus

Bei dem Durchlaufen des Konstruktionsprozesses für den Korpus sind wir ähnlich vorgegangen wie beim Deckel. Zuerst entwickelten wir Designs, die auf einer Konstruktion mit Rahmenteilen und einem Boden basierten. Hierbei stießen wir ebenfalls auf Herausforderungen.



1. Wie soll die Verbindung zu unseren Formteilen sein, die zugleich auch die Standfüße sind?
2. Wie können wir präzises Arbeiten mit der CNC-Fräse ermöglichen?
3. Wie schaffen wir es, die gleiche Optik, wie die des Deckels zu gewährleisten?

Abbildung 6

Die Verbindung zu den Formteilen ist für die gesamte Konstruktion der wichtigste Punkt. Diese wollten wir erreichen, indem die Bauteile dieselbe Rundung erhalten und dann mit einer Leimverbindung an den Ecken zusammengebracht werden. Auch bei diesem Entwurf (siehe Abbildung 6) gibt es das Problem, den Korpus vernünftig dafür zu bearbeiten. Außerdem gefiel uns das Design in dieser Ausführung ebenfalls nicht.

Die Lösung für den Würfeldeckel ist bei dem Korpus ebenfalls möglich und so entschieden wir uns dazu, den Korpus ebenfalls aus einem Hirnholzbrett zu fertigen und somit aus einem Rohteil. Durch diese Bauweise wirkt das gesamte Objekt robuster und wertiger. Das zusätzliche Gewicht sorgt für einen guten Stand und das Mosaik des Deckels lässt sich durchlaufend in den Korpus fortführen.

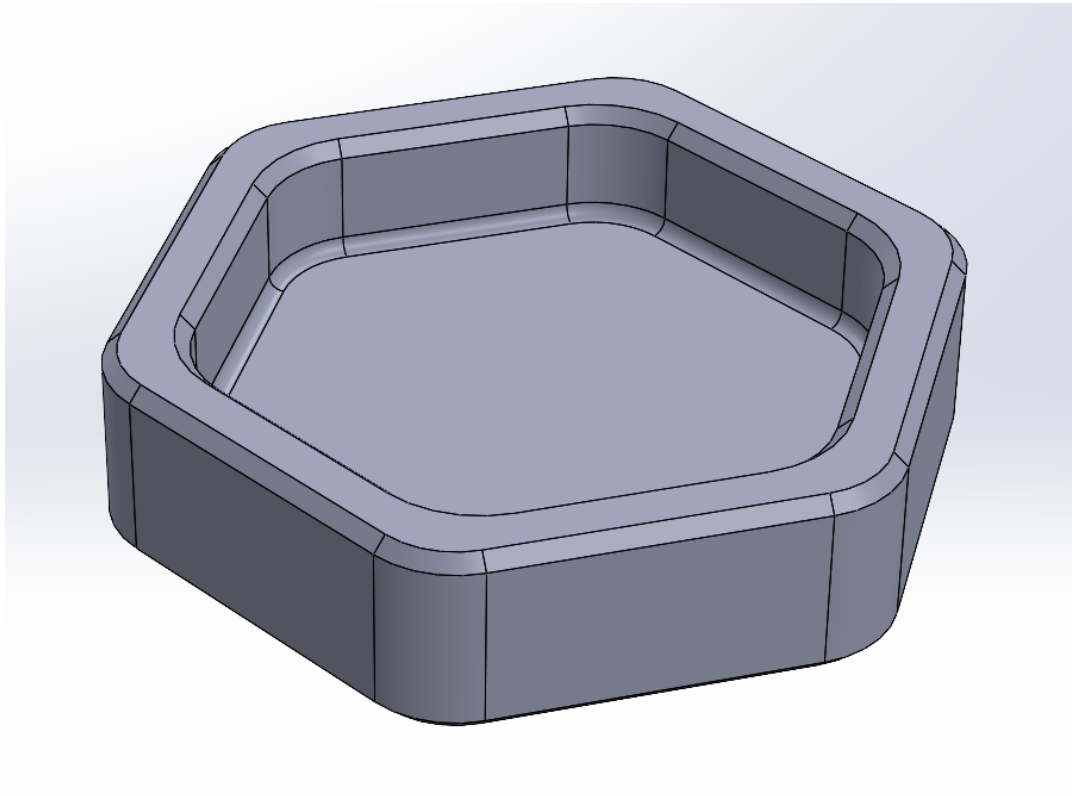


Abbildung 7

Konstruktionsprozess Formteil (Lennart)

Die Konstruktion des Formteils stellte sich schnell als Herausforderung dar. Wir hatten ein bestimmtes Aussehen im Kopf und unsere ersten Versuche, dieses zu erreichen, endeten in Fehlschlägen. Da wir mit der Verwendung von 5 Lagen 3D-Furnier auf die Bauteildicke von 5,5 mm kamen, musste auch die CAD-Zeichnung an jeder Stelle genau 5,5 mm dick sein, durch die nach innen zulaufende konkave Form des Teils entstand bei allen SolidWorks-

Befehlen, die wir testeten, zwischen Abschnitt 2 und 4, die auf der ABB zu erkennen sind, eine dünnere Oberfläche. Dies hätte dafür gesorgt, dass wir unsere Press- und Konditionierformen nicht passgenau hätten herstellen können.

Letztendlich brachte der Befehl „Ausgeformte Oberfläche“ Abhilfe, den Herr Schneck uns vorstellte. Mit diesem Befehl ist es möglich, anhand von Leitkurven eine Oberfläche zu erzeugen (Abbildung 8). Auf diese Oberfläche konnten wir dann eine Wanddicke auftragen, die den Maßen entsprach, welche wir vorgesehen haben. (Abbildung 9)

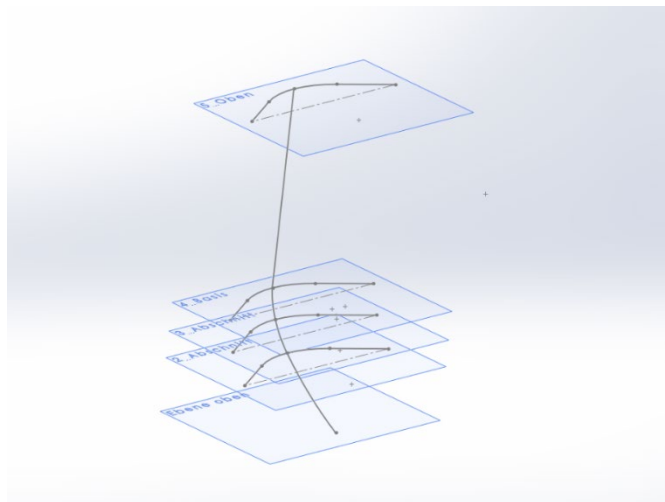


Abbildung 8

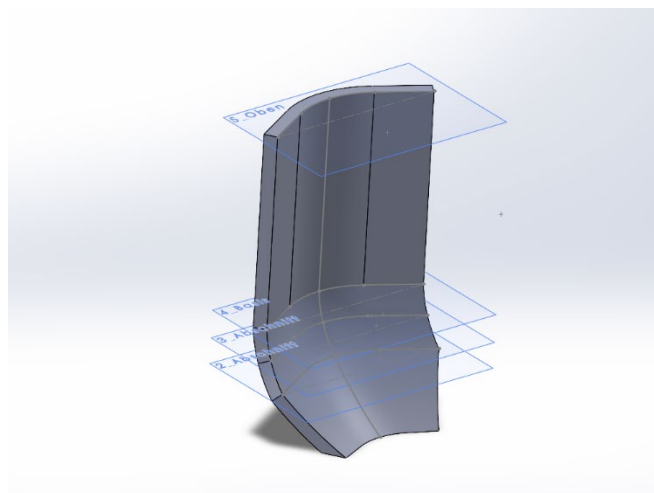


Abbildung 9

Pressformen

Die Pressformen, um die Füße in ihre Form zu bringen, konstruierten wir aus einer „Oberflächenverlängerung“ des Formteils, welches zuvor so gedreht wurde, dass der Druck, welcher dann später auf die Pressformen ausgeübt wird, möglichst gleichmäßig über das gesamte Formteil verteilt wird.

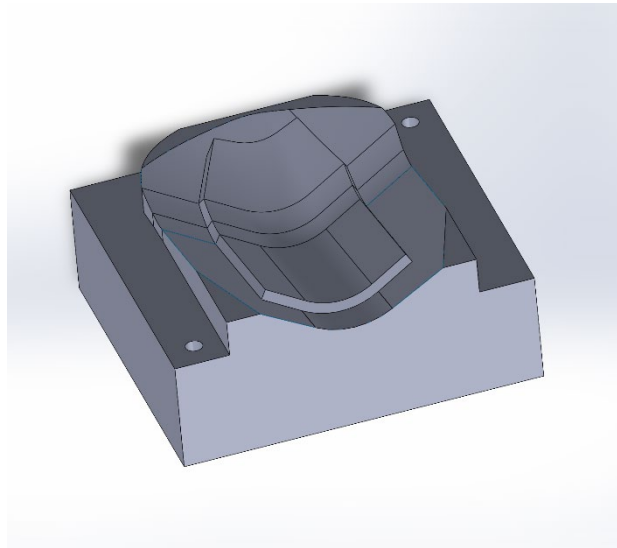


Abbildung 10

Ausgehend von einer zusätzlichen Arbeitsebene, die die Bodenseite der Pressform darstellt, wird dann ein „Linear ausgetragener Aufsatz“ generiert, der von einer Projektion des Formteils ausgehend bis zur verlängerten Oberfläche hin ausgetragen wird. Die Projektion wurde mit dem Befehl „Elemente umwandeln“ erstellt.

Anschließend trugen wir noch einen zusätzlichen, rechteckigen Aufsatz aus, um die Führungsstifte zu platzieren zu können, die für ein präzises Zusammenführen der Pressformen sorgen und halfen, die Furnierblätter in der richtigen Position zu halten. Die Bohrungen, die in (Abbildung 10) zu sehen sind, wurden später noch angepasst und mit der Ständerbohrmaschine gebohrt.

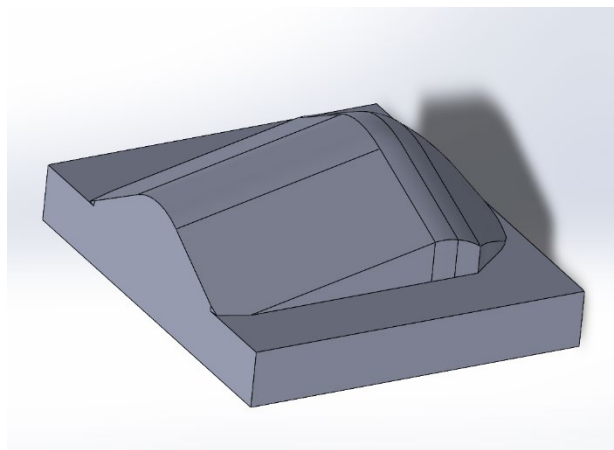


Abbildung 11

Konditionierform

Für die Konditionierformen (Abbildung 12) sägten wir Querrippen in zusätzlich gedruckte Pressformen. Dies ersparte uns Planungs- und Arbeitsaufwand, da wir für die Fertigung von 6 Formteilen am Stück 6 Ober- und Unterteile der Konditionierformen benötigten. Da sich ein Formteilprototyp, den wir fertigten, auch nach nur einem Tag in der Pressform, als recht formstabil bewies, stuften wir das Risiko, dass die Konditionierformen ihren Zweck nicht erfüllen könnten, als ausreichend gering ein. Diese Entscheidung erwies sich als Retter unserer Zeitplanung.



Abbildung 12

Formatierform

Zur 5-Achsign Formatierung der fertig gepressten und konditionierten Formteile musste eine Formatierform gefertigt werden, auf der die Formteile ansaugt werden können. Als Basis hierfür diente der untere Teil der Pressform, auf den die außenform Projiziert und stehen gelassen wurde. In dieser Geometrie frästen wir eine rechteckige Tasche, die als Führung für einen Moosgummi dient. Anschließend wurde dann eine weitere Rechtecktasche in das Material gefräst, die das Vakuum auf eine möglichst große Fläche verteilen soll. Zum Schluss mussten nur noch zwei Bohrungen in das Bauteil gesetzt werden, die sich, nach Möglichkeit genau treffen. Nach der Anbringung des Schlauchs für die Vakuumpumpe war das Teil dann vollständig.

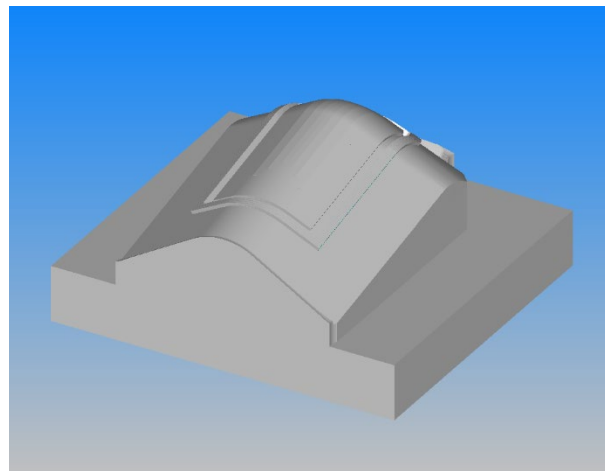


Abbildung 13

Ausführung (Lukas)

Formteil

Um unser Formteil zu verwirklichen, fertigten wir zwei Negativformen, welche als Pressform dienten. Wichtig hierbei war es, den passenden Raum für das Formteil einzuplanen. Die dicke unseres Formteils ist abhängig von der Furnierauswahl. Eines besteht aus fünf Schichten 3D-Furnier. Das Furnier weist eine Dicke von 1,1 mm auf, sodass wir auf eine Gesamtdicke von 5,5 mm kommen. Die beiden Äußeren Schichten sind Nussholz-Deckfurniere mit drei Füllschichten.

Wie bei Furnierplatten entschieden wir uns dazu einen symmetrischen Aufbau zu haben und die Maserung der Schichten jeweils in einem 90° Winkel miteinander zu verleimen, damit die Schichten sich gegenseitig absperren, um die maximale Stabilität zu generieren.

Das 3D-Furnier wählten wir, da wir die Formteile nicht nur in eine Richtung verformten, sondern in zwei. Diese Entscheidung erwies sich als zielführend, da das erste Ergebnis bereits erfolgreich war.

Damit wir die einzelnen Furnierschichten sicher miteinander verleimen konnten, integrierten wir in unsere Pressform seitlich Halterungen in Form von zwei Aluminiumstangen, damit das Furnier nicht im Pressvorgang verrutschen konnte. Dafür schnitten wir in unser Furnier keilförmige Einschnitte. Zudem sorgte Folie dafür, dass die Teile nicht an der Form festgeleimt wurden.



Abbildung 14

Nachdem die Formteile mindestens eine Stunde gepresst wurden und so in die gewünschte Form gebracht waren, mussten die Bauteile noch konditioniert werden. Dafür erstellten wir ebenfalls Negativformen, in die wir Schlitz schnitten, um die Luftzirkulation zu verbessern und das komplette Trocknen des Leims zu ermöglichen.



Abbildung 15

Das Konditionieren ist notwendig, da sonst die Spannung in dem Formteil dafür sorgt, dass die Form nicht gehalten wird und Ungenauigkeiten auftreten. Nach einer Woche waren die Formteile bereit, weiter bearbeitet zu werden.



Abbildung 16

Nach der Erstellung der Rohteile mussten diese nun geschliffen werden und dann formatiert. Wir entschieden uns dazu, die Rohteile zuerst vorzuschleifen, damit wir mögliches Durchschleifen des Furniers an den Rändern vorbeugen konnten. Für die Formatierung erstellten wir die nötige Form, welche ermöglichte, das Bauteil sicher in der Fräse zu halten während der gesamten Bearbeitung.



Abbildung 17

Gehalten wird das Formteil durch ein Vakuum, welches ermöglicht wird, durch eine Öffnung in der Mitte und einer durchgängige Moosgummibahn. So kann das Formteil angesogen und bearbeitet werden.

Zur Formatierung wird die Kontur parallel zur Kante des Formteils zuerst mit einem 4 mm Schrappfräser, mit 2 mm Aufmaß abgefahren. Um zu verhindern, dass sich das Formteil vom Vakuum löst, fahren wir das ganze in 2 Zustellungen ab. Dabei haben wir darauf geachtet, das Rohteil vollständig zu durchtrennen, damit die Restteile abfallen können. Anschließend wiederholten wir den Vorgang mit einem 4 mm Schlichtfräser und ohne Aufmaß.

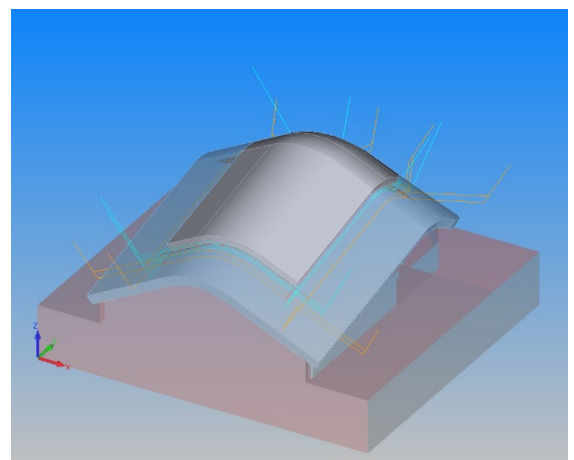


Abbildung 18



Abbildung 19

Nach der Formatierung müssen lediglich die Ränder geschliffen werden und die Kanten gebrochen. Das Formteil ist fertig, um mit dem Korpus verleimt zu werden.

Würfeldeckel

Für das Rohteil des Würfeldeckels war es wichtig, ein Layout für die Anordnung zu erstellen, damit wir sicher gehen konnten, dass wir stets die richtigen Maße für das Rohteil erhalten (Abbildung 20).

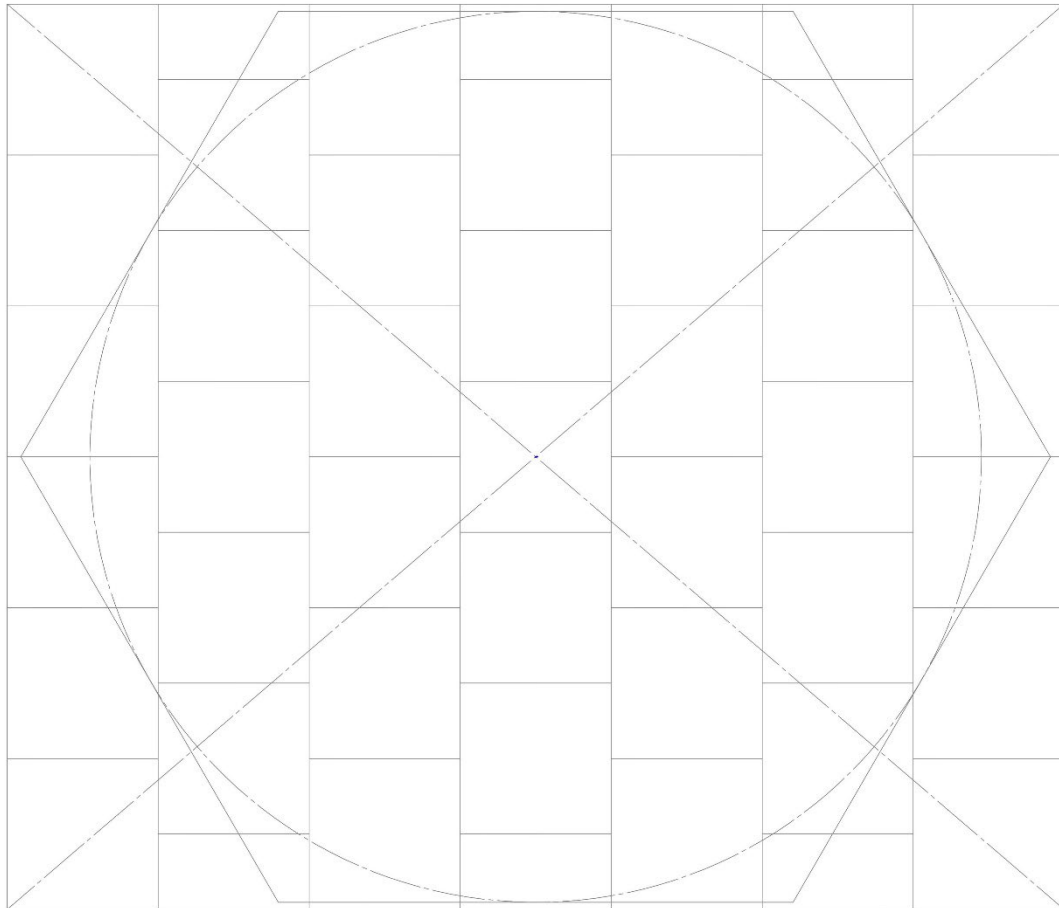


Abbildung 20

Dieses Layout diente zur Orientierung bei der Anordnung der Einzelteile. Um einen gleichen Faserverlauf von Deckel und Korpus zu erhalten, leimten wir mehrere Holzstäbe passend zu unserem Layout zusammen und trennten diese auf. So war es möglich, den gleichen Faserverlauf für Deckel und Korpus zu erhalten. In jeder zweiten Reihe verschoben wir die Einzelteile um die Hälfte ihrer Stärke, damit wir Kreuzfugen umgehen konnten und für mehr Stabilität sorgten. Als Material entschieden wir uns, passend zu unseren Formteilen, zu einer Kombination aus Walnuss und Ahorn, wobei wir für die äußere Optik lediglich Ahorn verwendeten, um einen klaren Kontrast zu den Formteilen zu erzeugen.

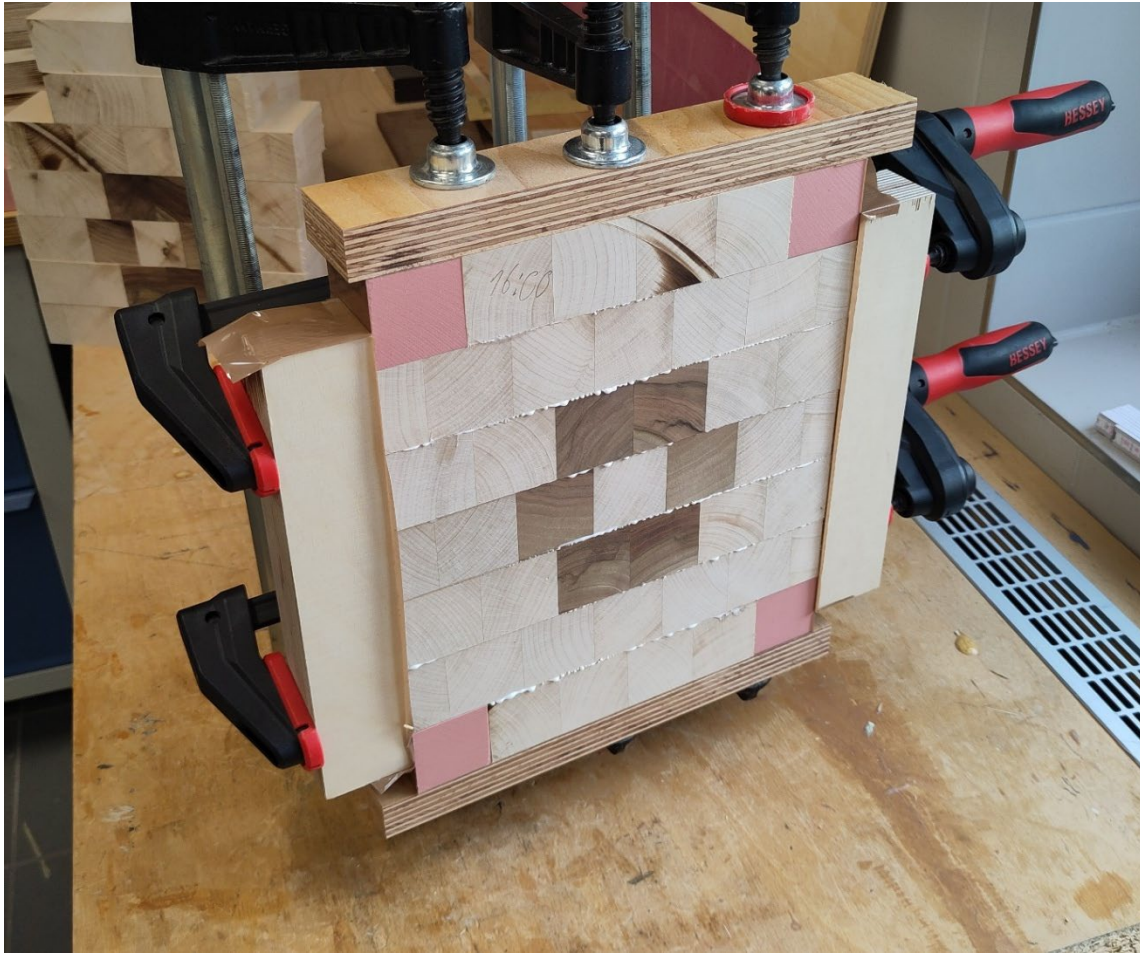


Abbildung 21

Die fertigen Rohteile waren noch nicht ganz eben und mussten zur weiteren Bearbeitung eine plane Grundfläche bekommen. Dies erreichten wir durch das Befestigen einer Spanplatte an das Rohteil, welches nun plan gefräst werden konnte. Der vorherige Versuch die Grundfläche des Rohteils durch die Abrichte plan zu hobeln war nicht zufriedenstellend, da das Ergebnis sehr unsauber war und wir viel Ausriss an unserem Rohteil hatten.



Abbildung 22

Nachdem eine ordentliche Grundfläche gegeben war, konnte der Würfeldeckel weiter gefräst werden. Wir verwendeten eine Schablone, damit die Vakuumsauger der Maschine möglichst effizient und präzise gesetzt werden konnten, ohne im Weg zu sein.

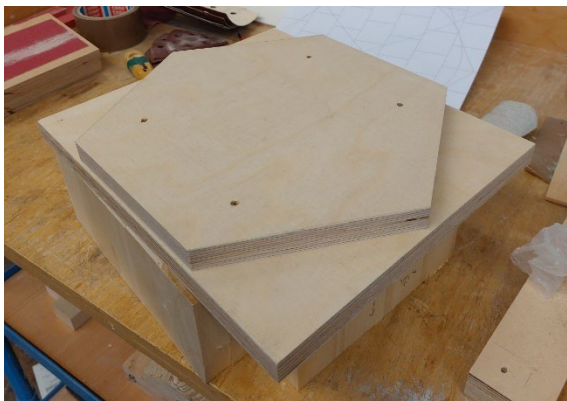


Abbildung 23



Abbildung 24

Das nächste Programm erzeugte dann die Aushöhlung der Schale sowie die äußere Form (Abbildung 25). Hierbei stellte sich heraus, dass es hilfreich ist, einen geringen Fräser-Versatz für die finalen Oberflächen zu wählen, damit die Oberflächenungenauigkeiten, die der Fräser konturparallel verursacht (gelbe Markierungen in Abbildung 26) möglichst gering ausfallen und das Schleifen der Oberfläche damit vereinfacht wird.

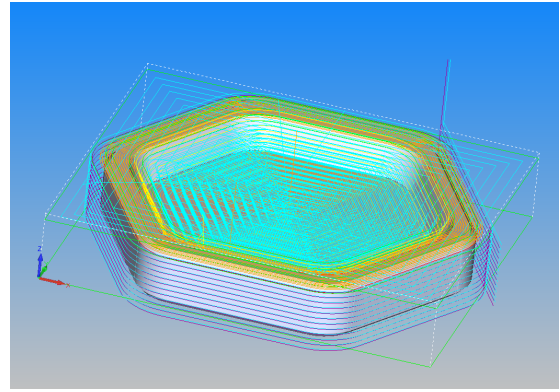


Abbildung 25

Bei dem Programm dafür kam es zu einem Fehler, welcher dafür sorgte, dass das Innere des Deckels nicht zu Ende bearbeitet wurde und eine Kante durch den Fräser entstand (rote Markierung in Abbildung 26).

Dieser Fehler stellte sich jedoch als Verbesserung des Designs heraus, da so verhindert wird, dass beim Würfeln die Würfel ein ungenaues Ergebnis durch Schräglage anzeigen.

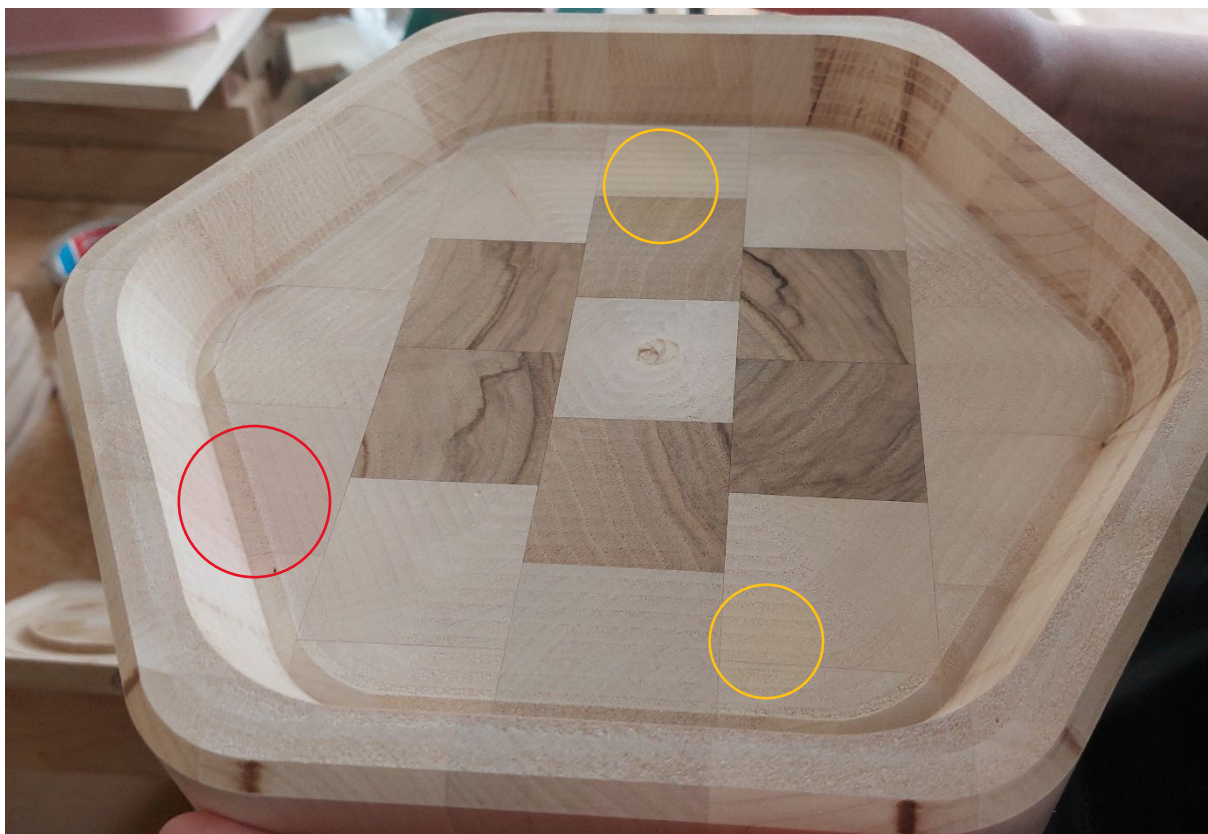


Abbildung 26

Da sowohl eine Fase unten als auch oben an den Deckel gefräst werden musste, entschieden wir uns dazu, diese mithilfe einer Handoberfräse zu fräsen. So konnte die gleiche Einstellung genutzt werden und die Ergebnisse sind identisch

Korpus

Der Korpus entstand auf die gleiche Art und Weise wie der Deckel. Zu beachten war, dass der Faserverlauf richtig herum und passend zum Deckel gewählt wurde, um ein optimales Ergebnis zu erhalten.

Die Höhe des Korpus machte es unmöglich, die Außenformatierung in einem Schritt zu fertigen, da alle Werkzeuge, die für die Maka 2 und Maka 3 Fräsen vorgesehen waren, nicht lang genug waren. Um dieses Problem zu beheben, versuchten wir die Formatierung von einer Seite aus zu beginnen und von der anderen zu beenden. Leider lief der Versuch schief, wie in Abbildung 27 zu sehen. Es entstand ein Versatz, der es unmöglich machte, die Formteile vollständig anzuleimen und dies konnten wir uns mit den Hirnholzteilen nicht erlauben. Nach Rücksprache mit Herrn Linda konnten wir dann glücklicherweise doch eine Lösung finden. Wir nahmen den 20 mm Schlichtfräser der Maka 1, dieser erlaubt eine maximale Zustelltiefe von 72 mm, während der Schlichtfräser der Maka 2 nur 55 mm erlaubt (Vergleich in Abbildung 28).



Abbildung 27



Abbildung 28

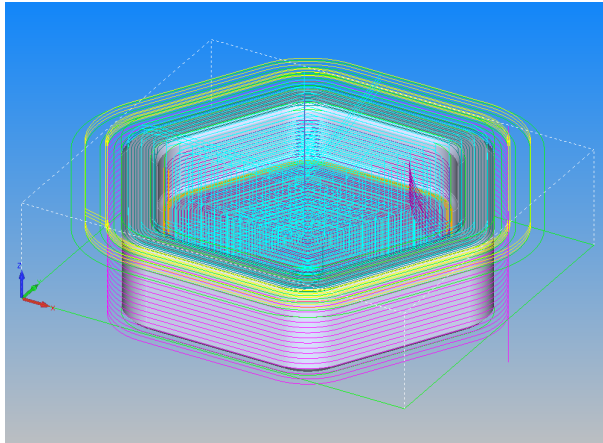


Abbildung 29

Um dem Rohteil nicht zu nahe zu kommen, vergrößerten wir die zu schrumpfende Oberfläche des Korpus und führten die Außenformatierung mit zusätzlichen Zustellungen aus, um das Werkzeug zu schonen. Auch hier war bei der Geschwindigkeit der Bearbeitung besonderes Feingefühl gefragt, um keine Verbrennungen durch zu langsames Fräsen zu erzeugen, aber auch Werkzeug schonend zu arbeiten und Ausrisse an kritischen Kanten des Hirnholzmosaiks zu vermeiden.

Außerdem teilten wir die Programme in mehrere Schritte auf, um in der Pause die entsteht, die Späne, die sich in dem Werkstück sammelt, entfernen zu können.

Eine weitere Herausforderung war das Verleimen des Korpus mit den sechs Formteilen, welche sogleich die Standfüße des Möbels sein sollten. Da die Formteile etwas über den Korpus herausstehen sollten, war eine Schablone notwendig. Die Schablone sorgte dafür, dass der Korpus den gewünschten Versatz bekam und die Formteile konnten aufgrund der angepassten Rundung passgenau an den Korpus angeleimt werden.



Abbildung 30

Die Zulagen sorgten dafür, dass die Ränder bündig angeleimt werden konnten und kein Versatz entstand. Da ein späteres Bearbeiten der Leimfugen sich als schwierig heraus stellen würde, war das präzise Auftragen des Leims notwendig. Dies gewährleisteten wir durch Markierungen auf den Formteilen.

Oberflächenbearbeitung

Durch die Bearbeitung mit der Fräse entstanden sichtbare Rillen der Fräsvorgänge auf der Oberfläche der Bauteile. Diese verminderten wir durch die Verfeinerung unserer Bearbeitungsprogramme und die Wahl von Schlichtfräsern für jede letzte Bearbeitung einer Oberfläche. Trotz alledem musste vieles noch durch Schleifen nachbearbeitet werden, damit keine Frässpuren mehr sichtbar waren. Danach wurden sämtliche Oberflächen bis zum gewünschten Schleifgrad geschliffen, sodass unsere Schale samt Deckel geölt werden konnte.

Wir entschieden uns dazu ein Hartwachsöl zu verwenden, da in Zukunft der ein oder andere Würfel über die Oberfläche rollt und dadurch diese abnutzt. Durch das resistente Material für die Oberfläche konnten wir dem entgegengehen. Nach mehrfachem Auftragen und anschließendem Polieren entstand eine Oberfläche, welche sowohl schützend für das Möbel ist, als auch das Beste aus unserem Material holt. Der Kontrast zwischen dem dunklen Nussholz mit dem hellen Ahorn konnte so optimal in Szene gesetzt werden.

Fazit

Die Wahl unseres Projekts war optimal. Wir beide hatten große Motivation, ein tolles Ergebnis zu erzielen, da zum einen unser Hobby angesprochen wurde und zum anderen das Erlernen von AlphaCAM durch die Wahl unserer Bauteile gut möglich war. Leider wurde die Zeit ein wenig knapp, da wir alles, was wir in dem Programm umsetzen wollten, von Grund auf neu erlernen mussten. Mögliche Verbesserungen, welche uns beim Voranschreiten des Projekts auffielen, konnten wir aus diesem Grund nicht immer oder nur bedingt umsetzen. Nichtsdestotrotz hat das Projekt uns privat und in unserem Studium weitergebracht und wir sind mit unserem Ergebnis sehr zufrieden.