

Designerstuhl mit Massivholzelementen

Eine Holz-Interpretation des UpChair von Tonon

Modul BHV 02 CAD-CAM Praxisprojekt

Wintersemester 2017/18

HAWK Hildesheim Labor für Bearbeitungstechnik

> Dipl.-Ing. Norbert Linda Dipl.-Ing. Renke Abels

> > Eike Hain 659244 Nils Daniel Stein 660644

Februar 2018, Hildesheim

Inhalt

IIIIait
Das Projekt4
Überblick4
Erwartungen/ Ziele4
Die Vorplanung4
Der Weg5
Von der Idee zum Entwurf5
Vorgehensweise5
Pflichtenheft5
Materialwahl6
Aufgetretene Probleme6
Lösungsansätze6
Reflexion7
CAD
Vorgehensweise/ Programmwahl
Aufgetretene Probleme9
Lösungsansätze9
Reflexion
CAM11
Vorgehensweise/ Programmwahl11
Aufgetretene Probleme
Lösungsansätze12
Reflexion
Vorrichtungsbau
Vorgehensweise
Aufgetretene Probleme
Lösungsansätze
Reflexion
Fertigung der Sitzschale
Vorgehensweise
Aufgetretene Probleme
Lösungsansätze
Reflexion
Fertigung der Beine
Vorgehensweise
Aufgetretene Probleme
Lösungsansätze20

Fertigung der Armlehne
Vorgehensweise
Aufgetretene Probleme23
Lösungsansätze23
Reflexion
Fertigung der Metallaufnahme24
Vorgehensweise
Aufgetretene Probleme25
Lösungsansätze25
Reflexion25
Zusammenbau26
Vorgehensweise26
Aufgetretene Probleme26
Lösungsansätze26
Reflexion26
Das Ergebnis
Das Fazit29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Der UpChair der Firma Tonon	5
Abbildung 2 - Die "wooden" Variante des UpChair	
Abbildung 3 - Aufnahmenut der Armlehne mit Falz	
für Schattenfuge; Ansicht von Unten	7
Abbildung 4 - Stuhlzusammenbau in Cimatron	
Abbildung 5 - Manuelle Projektion des	
Stuhlquerschnitts; Grün: Vielflächennetz, Rot:	
Hilfslinien, Blau: Kontur	g
Abbildung 6 Sitzschale erster Versuch	
Abbildung 7 Sitzschale finaler Entwurf	
Abbildung 8 Armlehnen	
Abbildung 9 - Untere Presform mit eingeblendeten	10
NC-Pfaden	11
Abbildung 10 - Untere Pressform	
Abbildung 11 - Schlichten der oberen Pressform	
Abbildung 12 - Pressform oben drei geteilt, unten ei	
Teil	
Abbildung 13 - Konditionierform beim Schlichten	
Abbildung 14 – Formatiervorrichtung	14
Abbildung 15 - Beinvorrichtung mit eingespannten	
Bein	15
Abbildung 16 - Armlehne mit ausreichender	
Ansaugfläche	15
Abbildung 17 - Armlehnen Vorrichtung mit	
Probestück	15
Abbildung 18 - Furnierzuschnitt mit der	
Klemmschablone und Stichsäge	
Abbildung 19 – Trennung der oberen Pressform	
Abbildung 20 – Belegte Konditionierform	17
Abbildung 21 – Vorbereitungen für die Fließ-	
Beschichtung	
Abbildung 22 - Stuhlbein nach der CNC-Bearbeitung	20
Abbildung 23 - Stuhlbein samt Vorrichtung auf der	
CNC	20
Abbildung 24 - Simulation der linken Armlehne	22
Abbildung 25 - Simulation der linken Armlehne	22
Abbildung 26 - Armlehne mit Versatz nach der	
Bearbeitung von oben	22
Abbildung 27 - Schweißen der Metallaufnahme	24
Abbildung 28 - Flammenrichten	24
Abbildung 29 - Metallaufnahmen geölt	25
Abbildung 30 - Klebeversuche	26
Abbildung 31 – Endergebnis vom Designerstuhl	27
Abbildung 32 - Seitenansicht	
Abbildung 33 - Frontalansicht	
Abbildung 34 - Detail - Metallaufnahme Beine	
Abbildung 35 - Detail - Schichtaufbau	
Abbildung 36 - Isometrie	

Das Projekt

Überblick

In der Auftaktveranstaltung zum CAD-CAM Praxisprojekt wurde uns nicht nur das Lernziel dieser Veranstaltung erläutert, sondern auch mögliche und realisierbare Aufgaben für dieses Projekt aufgezeigt.

Es geht in diesem Projekt u.a. darum, ein Formholzteil herzustellen. Dieses soll mit der CAM-Software AlphaCAM programmiert und auf einer der drei CNC-Fräsmaschinen der Hochschule hergestellt werden.

Nach der Auftaktveranstaltung bildeten wir, Herr Hain und Herr Stein, ein Team und machten uns anschließend Gedanken zu unserem möglichen Formholzteil.

Im Nachfolgenden werden wir zuerst genauer auf die Findungsphase und das Design unseres Werkstücks sowie dem Pflichtenheft eingehen, um dann darauffolgend unsere Vorgehensweise bei der praktischen Arbeit zu erläutern sowie die Probleme mit ihren Lösungen für dieses Projekt aufzuzeigen. Abschließend wird das Endergebnis präsentiert sowie einer Reflexion unterzogen.

Erwartungen/ Ziele

Unsere Erwartungen an dieses Projekt waren relativ hoch, da wir aus den Vorjahren schon die einzelnen Erzeugnisse begutachten konnten und das hohe Niveau erkannten, auf welchem sich das Projekt bewegen würde. Persönlich freuten wir uns auf das praktische Arbeiten an den CNC gesteuerten Fräsen, da dieser Teil eine gute Abwechslung zum theoretischen Fachhochschul-Alltag bot und das Arbeiten an den CNC-Fräsmaschinen eine Herausforderung für uns darstellte, derer wir uns gerne annahmen.

Für unser Produkt war uns wichtig, ein anspruchsvolles Formholzteil herzustellen, welches im Nachhinein auch genutzt werden kann. Es sollte ein designtes Werkstück entstehen, welches optisch ansprechend ist.

Die Vorplanung

Da wir lediglich eine Zweiergruppe sind und trotzdem einen gewissen Anspruch an Qualität und Umfang hegen, war uns klar, dass die Zeit effektiv zu nutzen ist. Daher entschieden wir uns von Anfang an für eine Arbeits- und Aufgabenteilung. Nachdem die Findungsphase gemeinsam absolviert wurde, übernahm Herr Hain die Hauptrolle im CAD-Bereich, Herr Stein wiederum bei CAM-Aufgaben. CNC- und Fertigungstätigkeiten wurden je nach Verfügbarkeit aufgeteilt. Wir legten bei unserer organisatorischen Planung viel Wert darauf, nicht doppelt zu arbeiten bzw. zu zweit bspw. an der CNC-Fräse zu stehen und dadurch Zeit zu verlieren.

Um dennoch einen funktionierenden Projektablauf zu gewährleisten, legten wir ein besonderes Augenmerk auf die Kommunikation. Dementsprechend erstellten wir zu Beginn einen Ordner in der Nextcloud, damit jeder jederzeit Zugriff auf alle Dateien hat. Ebenfalls wurden Aufgaben und Zuständigkeiten regelmäßig besprochen und mit dem aktuellen Arbeitsfortschritt abgeglichen. Um die Zeit im Projekt ebenfalls einschätzen zu können, erstellten wir ein elektronisches Gantt-Diagramm, welches jegliche Aufgaben sowie den zeitlichen Umfang beinhaltet.

Der Weg

Von der Idee zum Entwurf

Vorgehensweise

Für uns beide stand aus persönlichen Beweggründen schnell fest, entweder ein Sitzmöbel oder aber ein Hinsteller wie z.B. eine Vase, Uhr oder Lampe entwerfen und herstellen zu wollen.

Zur Inspiration dienten hierbei verschiedene Bilder aus verschiedenen Online-Plattformen für Design und Möbel, wie z.B. Pinterest.

Nach einiger Recherche und Kombination aus verschiedenen Ideen, fiel die Entscheidung vorerst auf eine 3D verformte Uhr mit gebogenem Ziffernblatt sowie integrierter Beleuchtung. Nach Rücksprache mit unseren Dozenten stellte sich jedoch heraus, dass der Arbeitsaufwand für den Rahmen dieses Projektes nicht hoch genug sei.

Somit begannen wir mit der Suche nach einem geeigneten Stück von vorn, diesmal jedoch mit dem Fokus auf einem Sitzmöbel. Aus dieser Suche ergab sich der UpChair der italienischen Designermöbel-Firma *Tonon* (Siehe Abb. 1&2).

Dieser begeisterte uns von seiner einzigartigen und organischen sowie raffinierten Formgebung. Dennoch war uns klar, dass dieser, auf Grund eben dieser organischen Form, nicht ohne Weiteres aus Lagenholz als Formteil zu fertigen wäre.

Um ein weiteres strukturiertes und zielgerichtetes Vorgehen zu ermöglichen, erstellten wir an dieser Stelle ein Pflichtenheft, um eine klare Richtung für eine Holzinterpretation des UpChair zu erhalten:

Pflichtenheft

- Maßstab 1:1, um eine spätere Verwendung zu garantieren
- Nutzbar und alltagstauglich, also bequem und ausreichend stabil dimensioniert
- o Optisch ansprechend
- Gestalterisch orientiert am UpChair
- Sitzschale möglichst dünn, um eine filigrane und leichte Art zu suggerieren
- Leichte Montierbarkeit
- Massivholzelemente als Kontrast zum formverleimten Element



Abbildung 1 - Der UpChair der Firma Tonon

Quelle: www.pape+rhode.de



Abbildung 2 - Die "wooden" Variante des UpChair

Quelle: www.tononitalia.com

Materialwahl

Da die Formgebung organisch und eher harmonisch ist, wollten wir diese durch kontrastreiche Farbgebung durchbrechen. Hierzu entschieden wir uns zu der klassischen Kombination aus Ahorn und Nussbaum.

Da auf Nussbaum Nutzspuren nicht so schnell auffallen wie bspw. auf Ahorn, entschieden wir uns dafür, die Beine und Armlehnen aus massivem Ahorn zu fertigen, die Sitzschale hingegen mit 0,6 mm Nussbaum-Messerfurnier als Decklage zu versehen. Da im Lager nicht mehr ausreichend vorhanden war, fuhren wir 50 km zu *Hennig-Furniere*. Hier wurden wir schließlich fündig und wählten französischen Nussbaum, welcher, im Gegensatz zu seinem amerikanischen Verwandten, die positive Eigenschaft besitzt, mit der Zeit eher dunkler als gelblicher zu werden. Hiervon suchten wir ein Furnierbuch von relativ großer Breite und mit ansprechend intensiver Fladerung aus.

Für die Mittellagen wählten wir 1,3 mm Buche-Schälfurnier. Einerseits sorgt dieses für ausreichend Stabilität, andererseits ist es in sehr großen Blättern im Lager des LBTs vorrätig. Bei dem farblichen Unterschied zu Nussbaum war uns klar, dass dieser zu vernachlässigen ist, da die Farben in die gleiche Richtung zielen.

Als Oberflächenbehandlung war uns wichtig, dass der gesamte Stuhl geölt und als Finish gewachst wird. Zum einen sehen wir das Ganze als deutlich ökologischer und besser für die Umwelt an, zum anderen wird dadurch auch zu Hause eine gute Möglichkeit geboten, die Oberfläche mit geringem Aufwand auch wiederaufzufrischen.

Aufgetretene Probleme

Als nächstes standen also die technische Analyse des Stuhls sowie die theoretische Betrachtung der Umsetzbarkeit im Vordergrund. Hierzu unterteilten wir den Stuhl in die vier Hauptbestandteile: Sitzschale (1), Armlehne (2), Stuhlbeine (3) und Beinaufnahme (4). Als problematisch wurden hier folgende Punkte gesehen:

- Die Sitzschale ist durchgehend und stark 3D-verformt. Ebenso besteht die Originalschale aus nur einem Stück, was aus Holz nur mit sehr großem Aufwand möglich wäre.
- 2. Wird sich an der "wooden" Variante (Abb. 2) orientiert, so ist die Armlehne immer noch eine sehr komplexe Geometrie, in die ebenfalls noch eine Befestigungsmöglichkeit für eine Fräsvorrichtung sowie für die Sitzschale

- Platz gefunden werden muss. Des Weiteren muss eine Fertigungsstrategie entwickelt werden.
- 3. Für die Stuhlbeine sind passende Maße und Form zu wählen: Schmal, um filigran zu wirken, aber stabil sowie rund, um das organische Design aufzugreifen, jedoch einfach und nicht zu aufwändig herstellbar.
- 4. Da die Beinaufnahme kraftübertragungstechnisch das Rückgrat des Stuhls bildet, sollte diese entsprechend stabil sein.

Lösungsansätze

Folgende Lösungen kristallisierten sich nach eingehender Betrachtung und Diskussion mit verschiedenen Fachleuten heraus:

- Um den Projektumfang für eine Zweiergruppe nicht zu übersteigen, entschieden wir uns Stelle hauptsächlich 2D-Verformungen, jedoch in verschiedenen Ebenen. Um ein komfortables Sitzen zu gewährleisten, ist uns eine leichte Abrundung jeweils am Ende der Sitz- und Rückenfläche sehr wichtig. Die in einem Punkt somit erzwungene 3D-Verformung nehmen wir somit bewusst in Kauf. Einerseits wertet es den besagten Sitzkomfort auf, andererseits ist die betroffene Nettofläche der Sitzschale nur gering betroffen. Unsere Vermutung ist also, dass mögliche Risse zwar entstehen, jedoch nach dem Formatieren nicht mehr erkennbar sind.
- 2. Um die Realisierbarkeit dieser in sich verdrehten und gebogenen Form zu testen, sind gezielte CAD-Versuche durchzuführen. Sollte es uns nicht mit vertretbarem Aufwand möglich sein, diese zu zeichnen, werden wir die Form entsprechend vereinfachen.

Bezüglich der Befestigung an der Sitzschale bedienen wir uns gleich an zwei konstruktionstechnischen Tricks. Zum einen planen wir mit einer Nut in der Lehne, sodass sich auch eventuelle Toleranzen des Öffnungswinkels der Sitzschale einfach kompensieren lassen. Zum anderen soll ein Falz als Schattenfuge (Abb. 3) den Übergang zur Sitzschale so gestalten, dass auch hier eventuelle Toleranzen und Fertigungsungenauigkeiten aufgefangen werden können.

Als Verbindung zur Fräsvorrichtung soll diese Nut ebenfalls genutzt werden, jedoch zusätzlich unterstützt durch eine Metalldübel-

- Verbindung (für Details siehe Kapitel "Vorrichtungsbau").
- 3. Da bis hierhin schon ein starker Arbeitsaufwand angewachsen war, entschieden wir uns bei den Stuhlbeinen, nicht wie beim Original, für eine konische, vollständig runde Variante, sondern für eine im Querschnitt gleichbleibende quadratische Variante mit starker Kantenrundung (≥10 mm). Als Verbindung zur Beinaufnahme soll eine Schlitz-Zapfen-Verbindung (Holz/ Metall) zum Tragen kommen, welche durch metrische Schrauben unterstützt wird.

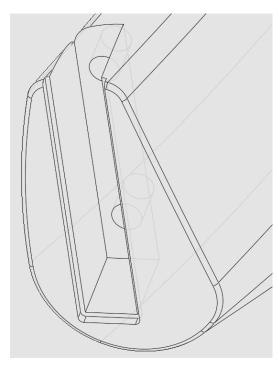


Abbildung 3 - Aufnahmenut der Armlehne mit Falz für Schattenfuge; Ansicht von Unten

4. Um auf Nummer sicher zu gehen, entschieden wir uns in diesem Punkt für Metall als Material. Da wir uns mit der Dimensionierung von Metall auf Grund unserer Profession nicht ganz so gut auskennen, gilt hier besondere Achtsamkeit. Neben den besonderen Materialeigenschaften sind ebenfalls andere Fertigungsverfahren und -genauigkeiten zu beachten. Um hierbei keine falschen Annahmen zu treffen, besprachen wir unser Vorhaben mit dem Werkstattleiter der HAWK-Metallwerkstatt, Cord Theinert (für Details, siehe Kapitel "Fertigung der Metallaufnahme").

Reflexion

Zeitlich haben wir ca. zwei Wochen mit der Konzeptund Entwurfsphase verbracht. Den 15 Wochen des gesamten Projekts gegenübergestellt ist dies, unserer Ansicht nach, ein Zeitaufwand, der vertretbar ist, zumal verschiedenste Aspekte berücksichtigt werden mussten und dies allgemein die Basis für jegliches weitere Vorgehen bildete.

Bezüglich der Methodik und des Ergebnisses sind wir sehr zufrieden und würden auch in Zukunft ein vergleichbares Vorgehen anstreben. Gerade die Mischung zwischen der Inspiration durch schon Dagewesenes, gepaart mit dem kreativen Weiterspinnen von Ideenansätzen und der Rücksprache mit Fachleuten wie unseren Dozenten und Handwerksmeistern, ist für uns ergebnisentscheidend gewesen.

CAD

Vorgehensweise/ Programmwahl

Als feststand, welcher Stuhl es werden soll und wie die einzelnen Details auszuarbeiten sind, konnten wir mit den computergestützten 3D-Zeichnungen starten.

Als CAD-Programm wählten wir anfänglich Auto-CAD, da uns dieses am vertrautesten war und wir uns so schnelle Arbeitsfortschritte erhofften. Zum Generieren der ungefähren Abmessungen des Originals war diese Wahl auch sinnvoll. Im weiteren Verlauf, speziell als es daranging, 3D-Flächen zu erzeugen und vielseitig zu bearbeiten sowie in Volumenkörper umzuwandeln, stießen wir jedoch vermehrt an die Grenzen des Programms. Auch unter Berücksichtigung, dass wir uns Änderungen verschiedener Maße offenhalten wollten, jedoch dadurch nicht unverhältnismäßig viel Zeit durch vollständiges neuzeichnen verlieren durften, entschieden wir uns noch recht am Anfang des Projektes für den Umstieg auf Cimatron.

Die aktuell in der HAWK verwendete Version ist Cimatron 13.0 und bietet neben der Möglichkeit der parametrischen Beschreibung von Geometrien auch eine umfassende Flächen- und Volumenköperbearbeitung. Gerade diese Vielzahl an Bearbeitungsmöglichkeiten rechtfertigten schon nach kurzer Zeit die zusätzliche intensive Einarbeitung in das Programm.

Aufbauend auf den Querschnittsmaßen zeichneten wir die Sitzschale und alles weitere, wie schon beschrieben, von nun an in Cimatron.

Es wurden, basierend auf der in Abb. 5 gezeigten Kontur, entsprechenden Ebenen erstellt, auf denen Sketcher mit entsprechenden Quer-Konturen platziert und in einer Parametertabelle verknüpft wurden. Nach dem Erstellen von einem Flächenmodell durch die hauptsächlich verwendeten Befehle *Drive* und *Skin* wurden die gewünschten Konturen aus der Seitensowie Draufsicht projiziert und verbunden. Abschließend wurden die Flächen gestutzt und durch *Wandung* ein Volumenkörper erstellt. Basierend auf diesem Volumenkörper wurden die Armlehnen durch Sketcher in Kombination mit dem Befehl *Drive* erstellt und anschließend durch weitere Sketcher und *Teilen durch Kontur* die Nuten und Fälze für die Lehnen-Aufnahme erzeugt.

Ergänzend dazu wurden nun durch Sketcher und Extrud sowie Direktes Modellieren die Beine und die Beinaufnahme erstellt und mittels verschiedener BKS entsprechend platziert (Abb. 4). Um diese Bauteile

nun auch fertigen zu können, mussten auf diesen CAD-Daten basierende Vorrichtungen entworfen werden.

Allgemein wurden die fertigen CAD-Dateien so angelegt, dass möglichst alles Zusammengehörige in einer Zeichnung steckt und über die entsprechenden Sets ein- und ausgeblendet werden kann. Somit sind auch alle Rohteile, die für die weitere Bearbeitung im CAM wichtig sind, direkt vorhanden und es entsteht keine mögliche Suche nach den passenden Dateien. Alle Einzelteile wurden abschließend immer vom jeweils aktiven BKS auf das allgemeine WKS kopiert und so positioniert wie es auf der CNC-Fräse liegen soll, bevor es als STEP-Datei exportiert und in entsprechender Ordnerstruktur in der Cloud abgespeichert wurde, da das WKS jenes ist, welches für das Schreiben einer STEP-Datei von Cimatron bzw. auch allgemein herangezogen wird. So lässt sich mit dem im Verhältnis aufwendigeren Drehen und Verschieben in AlphaCAM umgehen und spart gerade bei freieren Formen Zeit.

Die Pressformen für die Sitzschale wurden zusammen generiert und anschließend vereinzelt.

Hierzu wurden die Flächen der Sitzschale verlängert, Lücken mit Blend und Begrenzt gefüllt und mit einem

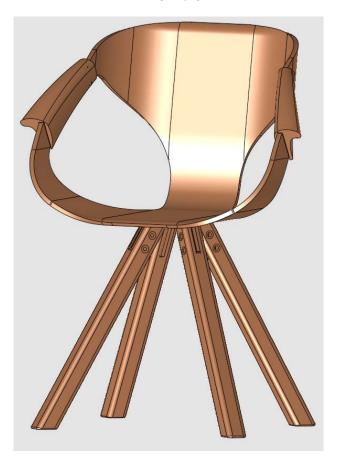


Abbildung 4 - Stuhlzusammenbau in Cimatron

Quader verschnitten, sodass die jeweiligen Pressformen als Volumenkörper erfasst werden konnten. Die obere Pressform wurde durch Teilen durch Kontur gedrittelt. Im Kapitel "Fertigung der Sitzschale" wird genauer auf den Grund eingegangen.

Alle weiteren Vorrichtungen wurden nach ähnlichem Schema erstellt. Die Erläuterung der jeweiligen Konstruktion ist im Kapitel "Vorrichtungsbau" zu finden.

Aufgetretene Probleme

- 1. Da der UpChair eine gewisse Popularität aufweisen kann und er auch sonst optisch sehr modern und ausgefallen wirkt, gingen wir anfangs auf die Suche nach DWG-Dateien für den Stuhl. Auf verschiedenen Internetseiten wurden wir auch fündig. Der ersten Freude darüber, verschiedene Maße somit übernehmen und abgreifen zu können, wich schnell Ernüchterung. Die Dateien, die zu finden waren, beinhalteten lediglich Vielflächennetze als Geometrien, keine Flächen- oder Volumenköper.
- Die erfassten Querschnittsmaße führten oft zu dem Problem, Flächen erzeugen zu können, da diese so nicht geometrisch beschrieben werden konnten.
- 3. Wir starteten mehrere Versuche, die Armlehnen annähernd so zu zeichnen wie die Originallehnen. Dies gelang zwar mittels Hilfskonstruktionen, jedoch litt die Ästhetik so stark, dass wir das Ergebnis nicht für vertretbar hielten.

Lösungsansätze

- 1. Um sich den Originalmaßen dennoch anzunähern, wendeten wir einen Trick an, welcher sich zwar als aufwendig, jedoch auch als informationsbringend erwies. Wir schnitten das Vielflächennetz längs sowie quer zur Sitzfläche und quer zur Rückenlehne durch, simulierten eine Projektion auf eine Ebene durch das Zeichnen paralleler Linien auf den gleichen Ebenen-Wert und zeichneten anhand dieser Endpunkte eine Polylinie für die Kontur (siehe Abb. 5). So konnten wir davon ausgehen, dass der Stuhl relativ bequem zu sitzen sein wird, ohne aufwendige Vorrichtungen für Sitzproben nehmen zu müssen.
- Erst haben wir geschaut, ob es an der Wahl der Befehle liegen könnte. Nach intensivem Probieren haben wir zwar Möglichkeiten gefunden, dass Cimatron die Flächen generieren

kann (entscheidend waren die linksoben in der Ecke erscheinenden Detaileinstellungen bzgl. der Befehle), jedoch gefiel uns das Ergebnis nicht (Abb. 6).

Wir erkannten, dass das Problem einen Schritt zuvor schon geändert werden müsse. Daher änderten bzw. vereinfachten wir die Querschnittskonturen

Es mussten also die Konturlinien verändert bzw. vereinfacht werden. Den entscheidenden Unterschied brachte hier die Tatsache, dass die neue Querschnittskontur in der Mitte, also im Bereich der Sitz- und Rückenfläche, diesmal als Gerade ausgebildet und die seitlichen Rundungen nur noch durch zwei Radien beschrieben wurden (Abb. 7).

3.

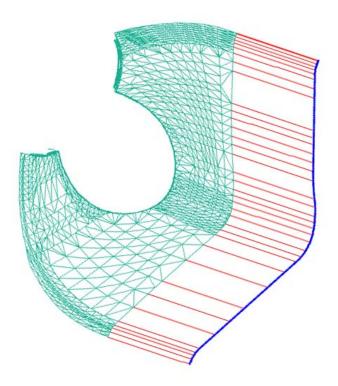


Abbildung 5 - Manuelle Projektion des Stuhlquerschnitts; Grün: Vielflächennetz, Rot: Hilfslinien, Blau: Kontur

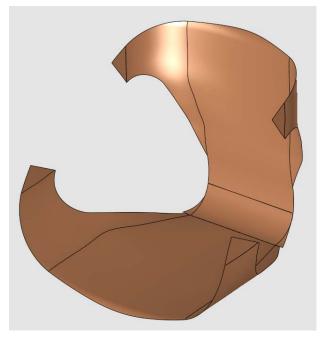


Abbildung 7 – Sitzschale erster Versuch

Um den Arbeitsaufwand nicht noch weiter in die Höhe zu treiben, entschieden wir uns an dieser Stelle für das Erstellen neuer, vom Original abweichender und nicht verdrehter Armlehnen. Um trotzdem nicht ganz auf ein markantes Detail verzichten zu müssen, erhielten unsere eigenen Lehnen (Abb. 9) jeweils eine leichte Ausladung nach außen. Die größere Auflagefläche soll Armauflegen noch angenehmer machen.

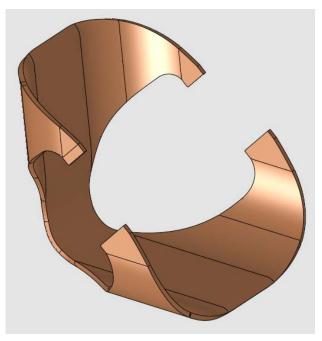


Abbildung 6 – Sitzschale finaler Entwurf

Reflexion

Die Einarbeitungszeit in Cimatron war zwar zeitraubend, aber definitiv lohnenswert. Für nachträgliche Änderungen waren in den meisten Fällen nur wenige Klicks notwendig. Durch dieses Projekt war der Lernzuwachs bzgl. des Aufbaus und der "Denkweise" von CAD-Programmen enorm. Gerade das Auseinandersetzen mit komplexen Formen war eine perfekte Ergänzung zu den Übungs- und Lehrvideos.

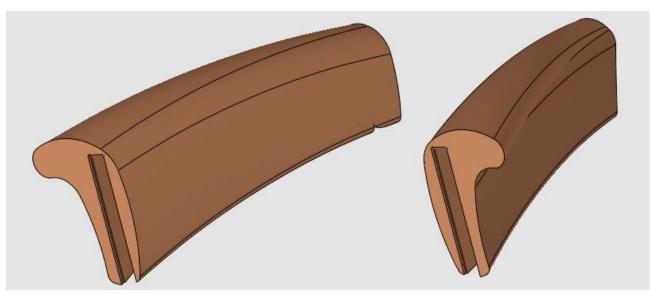


Abbildung 8 - Armlehnen

CAM

Vorgehensweise/ Programmwahl

Bei der CAM Bearbeitung gab es in dem Sinne keine Auswahl des Programmes, weil die Postprozessoren der CNC-Fräsmaschinen, die an der Hochschule vorzufinden sind, nur in AlphaCAM integriert sind. Darüber hinaus ist in der Modulbeschreibung auch dieses Programm vorgeben. Auf den Rechnern im Holzbearbeitungslabor ist die Software installiert und somit stand kein weiteres Programm für dieses Vorhaben zur Debatte.

Durch die Einweisung bei den Auftaktveranstaltungen konnte ein erster Eindruck vom Programm gewonnen werden. Das weitere Einarbeiten wurde anschließend selbstständig vorgenommen. Dabei waren der rege Austausch mit den Mitstudierenden und ebenso das Einholen von Tipps bei den beiden begleitenden Dozenten, die uns mit Rat und Tat zur Seite standen, hilfreich.

In der Regel wurde mit Hilfe der erstellen STEP-Datei, die aus dem CAD Programm "Cimatron" generiert wurde, ein Werkstück sowie ein Rohteil in das Programm AlphaCAM eingeladen. Nachdem dies geschehen ist, wurde das Rohteil mit dem Befehl Rohteil definieren, der unter dem Reiter 3D zu finden ist, bestimmt. Außerdem wird unter diesem Reiter mit dem Befehl Konstruktionsquader automatisch erstellen ein

Konstruktionsquader erstellt. Der nächste Schritt beinhaltet meistens das Erzeugen von verschiedenen Arbeitsebenen. Über den Reiter Arbeitsebenen sind verschiedene Möglichkeiten gegeben, solch eine zu erstellen. Bei den Arbeitsebenen von den Seiten: oben, unten, vorne, hinten, rechts und links, wurde der Befehl 2 Linien als X- und Y-Achse verwendet. Wenn Schräge Arbeitsebenen von Nöten waren, wurden diese entweder durch das Zeichnen von zwei Linien und dann ebenfalls mit dem Befehl 2 Linien als X- und Y-Achse erzeugt oder durch das Navigieren, mit Hilfe der Maus, die eine gewünschte Ansicht eingestellt und mit zur Hilfenahme des Befehls Normal zur Ansicht eine Arbeitsebene erzeugt hat. Der darauffolgende Schritt war immer das Umbenennen der Arbeitsebenen, damit sich gut durch diese navigieren und zurechtfinden lässt. Anschließend wurden die unterschiedlichen Bearbeitungen erstellt. Hierfür waren auch oft Begrenzungen von Nöten. Diese wurden über den Reiter Geometrien und den einzelnen Befehlen auf den Arbeitsebenen gezeichnet. Die Formen haben wir zum größten Teil mit dem Befehl 3D Solid fräsen unter dem Reiter NC-Pfade erstellt/gefräst. Die Bohrungen haben wir mit dem Taschen- und Inselfräsen Befehl erstellt. Bei beiden Befehlen wurde sich nach Anwählen durch die Maske geklickt und die Grundund Feineinstellung vorgenommen. Anschließend wurden mit Hilfe der Simulation, die Bearbeitungen, soweit es möglich war, auf Kollisionen des Fräsers

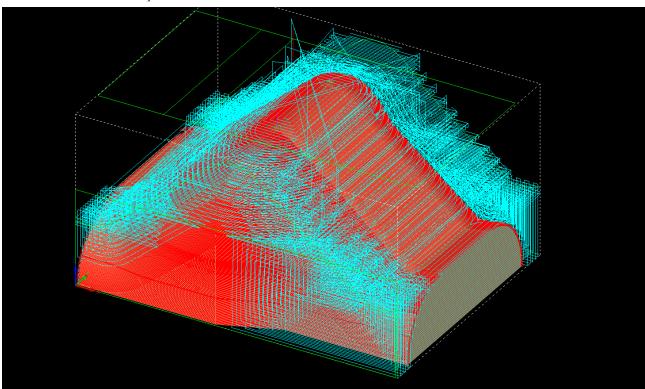


Abbildung 9 - Untere Presform mit eingeblendeten NC-Pfaden

oder der Spindel kontrolliert. Darüber hinaus konnten wir ebenso einen Eindruck über die Oberflächenqualität, die Fräsabläufe oder andere Fehlprogrammierungen, gewinnen.

Dies beschreibt den groben, allgemeinen sowie von uns häufigen verwendeten Ablauf beim Programmieren der Programme. Es gab aber auch abweichende und extra Programmierungen, die in den nachfolgenden Kapiteln extra behandelt werden. Die Programmierungen haben wir immer im 3 Achsen Modus durchgeführt. Die einzige Bearbeitung, die im 5 Achs Modus vollzogen wurde, war die Formatiervorrichtung für die Sitzschale.

Aufgetretene Probleme

- In diesem Abschnitt werden nur die grundlegenden Probleme aufgelistet und auf den nachfolgenden Kapiteln kann es im Bereich CAM zu Überschneidungen bzw. zu Ergänzungen kommen.
 - Ein grundlegendes Problem aus unserer Sicht ist, dass das Programm sehr umfangreich ausgestattet ist und man für den relativen kurzen Zeitraum, in dem das Projekt stattfindet, die Funktionen zu umfassend sind, um alle entsprechend ihrem Zweck einsetzen bzw. anwenden zu können, weswegen in unserer Gruppenarbeit oft ein und dieselbe Strategie verwendet wurde. Dies führte bei dem einen oder anderen Bauteil zu komplexen Lösungen, die mit anderen Befehlen leichter oder auch schneller behoben hätten werden können. Hierfür hat uns die Erfahrung sowie die nötige Zeit gefehlt, um sich tiefer in das Programm einzuarbeiten.
- 2. Die Simulation ist in unseren Augen unzureichend, da die einzelnen CNC-Fräsmaschinen nicht in das Programm eingeladen sind und somit nur der Fräser mit einem Teil der Spindel visualisiert wird. Dabei war es unserem Vorhaben wichtig, die gesamte Maschine angezeigt zu bekommen.
- 3. Nach dem Fräsen eines Körpers lässt sich dieser als STL-Datei speichern und wiederum als Rohteil in das nächste Programm integrieren/ laden. Hierbei ist uns die Positionierung des Rohteils nicht genau gelungen. Da die einzelnen Fräser ihre "Spurrillen" hinterlassen und AlphaCAM dann die Endpunkte sowie andere Punkte wie z.B. Mittelpunkte nicht erkennen kann. Somit ist die genaue Position nicht möglich.

Lösungsansätze

- 1. Um dem umfangreichen Programm entgegenzuwirken, wurden sich regelmäßig Tipps und Gedankenanregungen bei den begleiteten Dozenten eingeholt. Ebenso wurde ein reger Austausch mit anderen Gruppen gefördert und gehalten, um den Wissenstand möglichst schnell und breit zu fächern. Der Vorteil war dabei, dass man sich nicht alles selber aneignen musste und man auf die Erfahrungen von den anderen Teilnehmern des Modules profitieren konnte.
- 2. Zum einen wurde die Simulation weitestgehend ausgenutzt. Zum anderen haben wir durch das Fräsen ohne Werkstück (in der Luft fräsen), das Fräsen von Probestücken und dem vorsichtigen Antasten am Original Werkstück, die Programme kontrolliert.
- Dieses Problem konnten wir nicht beheben. Durch das Vergrößern der gewünschten Stelle konnte eine Annährung stattfinden. Die Abweichung ist in einem hundertstel Bereich zu verzeichnen.

Reflexion

Wie schon erwähnt ist das Programm AlphaCAM eine sehr umfangreiche Software. Somit war es nicht immer einfach, den "richtigen" Befehl für die anstehende Aufgabe zu wählen. Es hat uns daher an Erfahrung gefehlt. Durch die einzelnen Symbole und der Benennungen dieser, sind die Befehle gut zu erkennen und nachvollziehbar. Die Masken, die sich dann hinter den einzelnen Befehlen verbergen, sind durchaus komplexer und auch nicht immer übersichtlich gestaltet. Für diese hätten wir uns eine genauere Erklärung/Einführung bei den Auftaktveranstaltungen gewünscht.

Vorrichtungsbau

Vorgehensweise

Für all unsere Einzelteile (Sitzschale, Beine und Armlehne) sind Vorrichtungen notwendig. Zum einen für die Pressung sowie für die anschließende Konditionierung und zum anderen als Fräsvorrichtungen für die CNC-Fräsmaschine.

Für jede einzelne Vorrichtung wurden Zeichnungen angefertigt und ebenso, wenn notwendig, ein Rohteil im CAM Programm gezeichnet. Anschließend wurden diese programmiert und gefertigt. Um dies klar und nachvollziehbar zu beschreiben, wird im Folgenden die Vorgehensweise der Fertigung jeder einzelnen Vorrichtung näher erläutert. Die Pressform sowie die Fräsvorrichtungen sind aus Vollmaterial (MPX Platten mit unterschiedlichen Stärken aufeinander geleimt), lediglich die Konditionierform besteht aus einzelnen Platten.

Angefangen haben wir mit der Fertigung der Pressform. Diese besteht aus einer unteren Pressform und einer oberen, wobei das obere Gegenstück wiederum aus drei Einzelteilen zusammen gesteckt ist. Die untere Pressform wurde aus einer verleimten "Pyramide" gefräst. Die Positionierung des oberen Gegenstückes sowie des Furniers findet über zwei



Abbildung 10 - Untere Pressform

Metallbolzen statt. Diese sind mit einer Presspassung, am höchsten Punkt der unteren Pressform, angeordnet und in die Löcher getrieben worden. Hierzu lässt sich ergänzend sagen, dass wir die Metallbolzen mit Kerben versehen haben, damit beim Einschlagen dieser, die Luft aus dem Loch entweichen kann und somit das Montieren leichter fällt. Da beim Programmieren ein sehr feiner Bahnversatz gewählt wurde, musste keine Nachbearbeitung in Form von z.B. Schleifen an der Pressform stattfinden. Das obere Gegenstück wurde, wie schon erwähnt, in drei Teilen hergestellt. Hierfür haben wir alle Einzelteile zuerst auf der CNC-Fräsmaschine geschruppt, um diese anschließend im zusammengebauten Zustand, zu schlichten. Durch diesen Vorgang werden mögliche Toleranzen minimiert bzw. unterbunden.

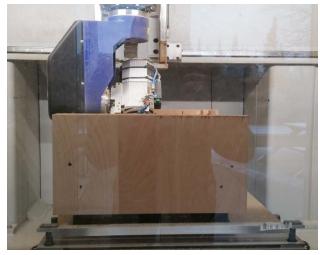


Abbildung 11 - Schlichten der oberen Pressform

Die Seitenteile werden wiederum durch jeweils zwei Metallbolzen positioniert und mit jeweils zwei Holzschrauben am Mittelteil befestigt.



Abbildung 12 - Pressform oben drei geteilt, unten ein Teil

Nach der Bearbeitung auf der Fräse mussten als nachträglicher Arbeitsschritt die Löcher im mittleren Teil der Pressform, die zur Positionierung der gesamten oberen Pressform auf die untere Pressform dient, durchgebohrt werden. Darüber hinaus wurden die Übergänge bei der oberen Pressform, vom Mittelteil zu den Seitenteilen, an einigen Stellen gespachtelt und geschliffen, da diese nicht sauber abgeschlossen haben.

Nach dem Pressen müssen die Sitzschalen konditioniert werden. Hierfür haben wir eine Konditionierform aus einzelnen Platten konstruiert. Damit die Luft gut zirkulieren kann, aber ebenso die Formgebung gewährleistet ist, sind die Platten mit Löchern versehen und die Formgebung der Sitzschale wird mit der Unterfangung der markanten Punkte durch drei aufrechte Platten gewährleistet. Die einzelnen Platten und Gegenstücke wurden nach dem Zeichnen auf der CNC-Fräse ohne weiteren Aufwand abgearbeitet und im Nachhinein verleimt. Da die aufrechten Platten nur geschruppt wurden, haben diese nach dem Verleimen noch ihre korrekte Form erhalten und wurden im Ganzen geschlichtet.



Abbildung 13 - Konditionierform beim Schlichten

Ein weiter Vorteil ist, dass mögliche Toleranzen, die beim Verleimen entstanden sein können, dadurch ausgebessert wurden. Die Seitenteile werden bei der Benutzung mit jeweils zwei Schrauben befestigt, die Auflagen vorne und hinten werden mit Klemmzwingen an der Unterkonstruktion fest gezwungen. Somit ist das zu konditionierende Teil fixiert. Von der Konditionierform haben wir drei Stück hergestellt, damit ein schnelles Abarbeiten möglich ist und wir die Wartezeit von fünf Tagen einhalten können.

Der Vorrichtungsbau für die Formatiervorrichtung ähnelt dem der unteren Pressform. Zusätzlich zu dem Fräsen der Form und den Bohrungen für die Positionierbolzen, wurden weitere Bohrungen für die Vakuumzuführung sowie Taschen und Konturen gefräst. Die Taschen dienen zur Erzeugung der Vakuumansaugfläche und die Kontur beinhaltet, nach dem Fertigstellen der Fräsung, ein Moosgummi mit einem runden Querschnitt, welches einen Durchmesser von 6 mm besitzt. Dieses dient als Abdichtung, womit das Vakuum erzeugt werden kann. Die Kontur läuft im Abstand von 10 mm an der fertigen Kontur entlang. Diese Kontur hat eine eckige Grundfläche, damit beim Ansaugen des Werkstückes sich das runde Moosgummi in die Ecken drücken kann. Die Vakuumtaschen sind in vier kleine seitlich und in eine gro-Be mittige Tasche unterteilt, welche 2 mm tief sind.



Abbildung 14 – Formatiervorrichtung

Diese Aufteilung ist vorgesehen, damit beim Auflegen erst die große Fläche angesaugt werden kann und diese den Halt garantieren kann. Die kleinen Taschen seitlich sollen zusätzlichen Halt geben und ebenso die kleinen "Flüge" der Sitzschale ansaugen, damit diese beim Fräsen nicht vibrieren und somit ein ordentliches Fräsergebnis gewährleistet ist. In der großen Vakuumtasche sind zusätzlich mittig zwei Materialinseln stehen gelassen, damit sich dieses bei der "langen" Spannweite des Werkstück nicht durchbiegt, sondern auf den Inseln aufliegt.

Die Beine wurden mit Hilfe einer Aufspannvorrichtung für die CNC-Fräsmaschine auf dieser fixiert. Diese wurde handwerklich und in einer einfachen Ausführung hergestellt. Sie besteht aus einer Grundplatte, sodass in der Länge ein Sauger und in der Breite mind. drei Sauger positioniert werden können. An

dieser Grundplatte ist vorne eine Platte als Anschlag befestigt und hinten sind zwei L-förmige Teile angeordnet die mit Schrauben befestigt sind. Mit diesen kann der Fuß auf der Grundplatte fixiert werden. Zur Positionierung in der Länge dient ebenfalls ein L-Winkel, der beim Aufspannen angehalten wird.



Abbildung 15 - Beinvorrichtung mit eingespannten Bein

Die Armlehnen-Bearbeitung wurde in zwei Bearbeitungsschritte unterteilt. Erst wird diese von unten bearbeitet und es muss eine ausreichend große Ansaugfläche geschaffen werden. Dies haben wir durch das Aufleimen der Vollholzteile auf MPX Platten geschaffen, somit wurde die Ansaugfläche vergrößert.



Abbildung 16 - Armlehne mit ausreichender Ansaugfläche

Die Bearbeitung wurde, mit der Nullpunktverschiebung um die Stärke der jeweiligen verwendeten Platte, in den positiven Z-Bereich verschoben. Der zweite Arbeitsschritt beinhaltet das anschließende Bearbeiten von oben. Hierzu musste eine aufwendige Vorrichtung konstruiert werden. Es gibt eine Grundplatte, damit genug Sauger zum Ansaugen, auf dem Maschinentisch, positioniert werden können. Auf dieser gibt es dann eine fixe Halterung, die auf der Grundplatte mit zwei Stiften positioniert ist und mit Schrauben von unten befestigt wird. Eine zweite Halterung, die variable ist, kann gelöst werden, um die Armlehne aufzuspannen. Die variable Halterung ist mit einer Feder versehen, die in die Nut der Grundplatte greift. Durch eine Gewindeschraube werden dann beide Teile kraftschlüssig verbunden. Die Armlehne wird

auf jeder Seite durch die Halterung, die jeweils mit einer Feder und zwei Aufnahmen Stiften versehen ist, gehalten und gegen ein Verdrehen beim Bearbeiten des Werkstückes gehindert. Die Einzelteile wurden auf der CNC-Fräsmaschine gefertigt und anschließend zu der Vorrichtung montiert.



Abbildung 17 - Armlehnen Vorrichtung mit Probestück

Aufgetretene Probleme

Die auftretenden Probleme sind chronologisch zum Abschnitt "Vorgehensweise" aufgelistet.

- 1. Bei der Bearbeitung der unteren Pressform ist beim Schlichten aufgefallen, dass die verschiedenen Bearbeitungen im selben Programm nicht zu einander passen und es einen Versatz in der Form gab. Nach dem Versetzten der Fräsung um Z-5 mm tauchte dieser Fehler erneut auf.
- 2. Des Weiteren ist beim Fräsen der Form aufgefallen, dass die Maschine nicht alle Bereiche, ohne sich selber zu schaden, anfahren kann. Durch die Gesamtgröße der Form würde der B-Achsen Motor, wenn ein niedriger Bereich gefräst werden soll, auf dem höchsten Punkt aufsetzten. Dieser kritische Punkt ist aber nur auf einer Seite (links) gegeben.
- Bei der oberen Pressform gab es dieselben Probleme und zusätzlich das Problem, dass die Seitenteile nicht korrekt mit dem Mittelteil abgeschlossen haben. Hier war ein leichter Versatz und ebenso Lücken vorzufinden.

Lösungsansätze

Zu den auftretenden Problemen werden in diesem Abschnitt die Lösungsansätze erläutert.

- Dieser Fehler konnte durch das neue Einmessen der Maschine/Spindel behoben werden, daher liegt die Vermutung nahe, dass eine andere Gruppe einen Crash gefahren hat, aber dies nicht kommuniziert hat und die Maschine somit auch nicht überprüft wurde.
- 2. In diesem Fall haben wir das bestehende Programm in mehrere Programme unterteilt und in den Bereich, den der Fräser nicht, ohne einen Schaden am B-Achsen Motor zu verursachen, erreichen würde, die A-Achse um 180 Grad gedreht. Hierfür muss eine schräge Arbeitsebene erstellt und die folgenden Schritte befolgt werden. Als erstes muss die gewünschte Bearbeitung ausgewählt werden, sodass diese blau hinterlegt ist. Danach wird die ausgewählte Bearbeitung über den NC QuickEditor (oben rechts in der Leiste zu finden) editiert. Es erscheint ein Fenster, in dem mit der Maustaste über die Spalte Tool PostData geschwebt und mit Rechtsklick ändern ausgewählt wird. Für die gewählte Bearbeitung wird die Ziffer 1 eingeben und mit ok bestätigen. Dieser Befehl, die Drehung der A-Achse, gilt nun für das komplette Programm, weshalb darauf geachtet werden muss, dass nur die Bearbeitungen auf der gewünschten Seite gedreht werden, in unserem Fall die linke Seite. Wenn wir alle Bearbeitungen ausgewählt hätten, wäre die Problematik auf der rechten Seite entstanden und diese somit nur verschoben worden. Die generelle Problembehandlung wäre in unserem Fall durch die Drehung des Werkstückes um 90° möglich, so wie wir es bei der Vakuumvorrichtung gehalten haben. Im aktuellen Fall war dies jedoch nicht sinnvoll, da schon alles programmiert war. Unter dem zeitlichen Aspekt unserer Gruppe, war das beschriebene Drehen der A-Achse und das einhergehende Splitten des Programmes die beste Wahl.
- 3. Die Problematik mit dem B-Achsen Motor wurde, wie unter Punkt zwei beschrieben, behoben. Die Übergänge der oberen Pressform wurden gespachtelt und geschliffen, um so mögliche Abdrücke auf unserer fertigen Oberflächen der Werkstücke zu verhindern. Diesen Vorgang mussten wir nach den ersten

Pressungen wiederholen, um die Pressform weiter zu optimieren.

Reflexion

Der Vorrichtungsbau hat einen großen Zeitraum in unserem Projekt eingenommen und wir haben viel Zeit in diesen investiert. Da wir sicher gehen wollten, dass wir von Anfang an mögliche Fehler ausschließen bzw. minimieren können. Im Nachhinein lässt sich sagen, dass Holz nicht immer die beste Wahl für eine Vorrichtung ist, z.B. bei den Armlehnen wäre eine präzise gefertigte Vorrichtung von Vorteil gewesen. Ebenso hat die Wahl, den Stuhl 1:1 zu fertigen, gewisse Nachteile gebracht, da die Größe der jeweiligen Vorrichtungen zu groß für die Maschinenbearbeitung ist und man sich oft andere Wege und Mittel einfallen lassen muss.

Fertigung der Sitzschale

Vorgehensweise

Das aufwändigste und größte Bauteil unseres Stuhls: die Sitzschale. Sie ist, wie schon beschrieben, ein Formholzteil mit 2D-Verformung in verschiedenen Ebenen sowie an vier Stellen mit einer leichten 3D-Verformung. Sie besteht aus sieben Mittellagen aus 1,3 mm dickem Buche-Schälfurnier, welche teilweise kreuzweise verleimt werden. Als Decklage wird jeweils 0,6 mm französischer Nussbaum als Messerfurnier verwendet.

Zunächst wurde die ungefähre Form der Furnierblätter händisch ermittelt und auf dieser Basis eine Schablone zum dazwischen Spannen und Aussägen der Furnierblätter gefertigt.



Abbildung 18 - Furnierzuschnitt mit der Klemmschablone und Stichsäge

Danach stand das Pressen an. Hierbei war neben der exakten Planung und Organisation des Verleimens der korrekte Aufbau der Pressform elementar. Da wir eine Presse haben, die nur in eine Richtung, also von oben nach unten pressen kann, unsere Sitzschale aber Druck von der Seite ebenfalls nötig hat, wird dieser Druck mit seitlich angesetzten Zwingen generiert. Ebenso wichtig wie der seitliche Druck ist aber auch, dass wir die obere Pressform in drei Teile, nämlich Mittelteil und linke sowie rechte Seite, geteilt haben. Getrennt haben wir diese bei ca. 45° bzgl. des Radius der Sitzschale. Es verhindert ein Reißen des Furniers beim Aufsetzten der Pressform. So kann das Furnier sich entsprechend in Form bringen, bevor die Seitenteile seitlich aufgeschoben, festgeschraubt und festgezwungen werden.



Abbildung 19 – Trennung der oberen Pressform

Ist der Pressvorgang abgeschlossen, bei Kaurit wie wir ihn verwendet haben ca. 5 Stunden Pressdauer, kommt das Formteil in die Konditionierform, welche extra gute Belüftungsmöglichkeiten besitzt, so dass ein späteres Verziehen durch etwa Feuchtigkeitssammlung ausgeschlossen werden kann.

An Kauritmenge haben wir 600 g genommen, entsprechend den Herstellerangaben 120 g Härter und 480 g Wasser.

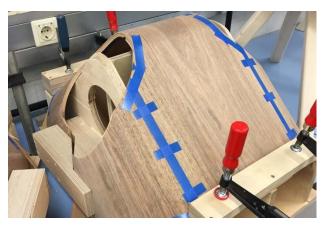


Abbildung 20 – Belegte Konditionierform

Nach weiteren vier Tagen der Konditionierung ist der Kauritleim vollständig durchgehärtet, sodass der Rohling auf die Vakuum-Formatiervorrichtung gespannt und entsprechend formatiert werden kann. Abschließend sind Feinarbeiten wie Schleifen, kleine Ausrisse ausbessern sowie Oberflächenschutz und - veredlung aufbringen auszuführen, bevor es zum endgültigen Zusammenbau kam.

Aufgetretene Probleme

- Zunächst musste die 3D-Form aus dem Computer auf unsere Furnierblätter. Eine softwaregestützte Abwicklung war jedoch auf Grund der zusätzlichen 3D-Verformung nicht möglich.
- 2. Nach dem ersten Pressvorgang, waren deutliche Risse in unserem Deckfurnier zu sehen.
- 3. Ebenfalls wiesen die Mittellagen starke Risse je nach Lagenrichtung auf.
- 4. Der nach dem Pressen produzierte Rohling war deutlich zu flexibel bei Belastung der Rückenlehne. Immerhin soll ein steifes Element dazwischen geklebt werden, möglichst wenig Eigenbeweglichkeit seitens der Sitzschale ist daher sinnvoll.
- 5. Bei der Begutachtung der ersten Pressung, war unter anderen starker Leimdurchschlag zu verzeichnen.
- 6. Ebenfalls viel auf, dass die seitlichen Flächen teilweise Knicke im Deckfurnier aufwiesen.
- Durch die Hilfe zweier Personen beim Verleimen, die trotz Einweisung logischerweise nicht so tief in den einzelnen Teilen und Abläufen steckten, gab es ein gewisses Chaos.
- 8. An der Stoßstelle der geteilten Pressform kam es häufiger zu Abdrücken.
- 9. Zudem gab es starke Unterschiede zwischen der Enddicke von der Mitte und den Seiten.
- 10. Ebenso kam es an den Seiten teilweise zu Fehl- bzw. Nichtverleimung.
- 11. Beim Formatieren entstanden Ausrisse des Deckfurniers.
- 12. Auch waren teils starke Brandstellen nach dem Formatieren zu erkennen.

Lösungsansätze

1. Hierfür haben wir markante Punkte in CAD gemessen und händisch übertragen. Aus mehreren auf der unteren Pressform markierten Punkten leiteten wir uns die Kontur her, welche wir auf 5 mm Polsterfolie übertrugen. Diese hatte den Vorteil, stabil und formbeständig zu sein. Darauf aufbauend sägten wir zwei Furnierschablonen aus Plattenwerkstoff her. Zwischen diese konnten wir anschlie-

- ßend die Furnierblätter mittels Schrauben spannen und ebenfalls in Form sägen.
- Zunächst haben wir das Deckfurnier mit dem blauen Furnierfügeband armiert. Dies brachte zwar eine Verbesserung, jedoch konnten die Risse so nicht ganz vermieden werden. Auf der Suche nach weiteren Möglichkeiten stießen wir im Gespräch mit Herrn Linda auf ein Kaschierfließ der Firma PWG Veneer Backings GmbH. Wir nutzten das vorrätige VC150+, erfuhren, mehr durch Zufall und leider zeitlich zu spät, von der Firma selbst, dass für 3D-Verformungen explizit das VC300 empfohlen wird, da dieses noch stärker ist. Dies kann auch als mögliche Erklärung für das weiterhin leichte Einreißen des Deckfurniers gedeutet werden. Dennoch sind die nun erhaltenen Risse nur noch sehr selten und wenn dann nicht stark ausgeprägt.



Abbildung 21 – Vorbereitungen für die Fließ-Beschichtung

3. Zur Minimierung der Einrisse in den Mittellagen versuchten wir, durch Formreduktion der Furnierschablone an entsprechenden Schlüsselstellen, ein besseres Ergebnis zu erzielen. Natürlich unterstützte dies auch die Problematik der Risse in den Decklagen positiv. Es war auch eine deutliche Verbesserung zu erkennen.

Als weitere Möglichkeit sehen wir hier Furnierweichmacher, jedoch hörten wir aus den Gesprächen mit Herrn Abels und Herrn Linda heraus, dass dies sehr aufwendig sei und der ideale Zeitpunkt zum Pressen exakt abgepasst werden muss.

Ebenfalls wäre eine Optimierung der Pressform denkbar, für uns jedoch nicht im Umfang dieses Projektes möglich.

- 4. Längst zur Faser ist Holz steifer, somit entschieden wir, die Anzahl an Längslagen zu erhöhen. Von vorher 3 längs und 4 quer auf 5 längs und lediglich 2 quer. Dies brachte eine merkbare Verbesserung.
- Hierbei achteten wir fortan darauf, gerade bei der ersten und letzten Lage weniger Leim anzugeben. Auch das zeigte gewünschte Wirkung.
- 6. Da wir die erste Verleimung nur zu zweit durchgeführt hatten und daher nicht die Möglichkeit, das komplette Furnier jederzeit anzudrücken, kann das Furnier sich selbst einen falschen Weg gesucht haben. Seitdem haben wir immer zu viert verleimt. An jedem Ende drückt einer das Furnier an, während die obere mittlere Pressform von zwei weiteren Personen aufgesetzt wird.
- 7. Die Einweisung für die Helfer bzgl. des Ablaufes wurde präzisiert und noch gewissenhafter durchgeführt. Zudem wurden zur Fehlervermeidung Beschriftungen und Farbcodes an der Pressform appliziert. Eine Seite wurde bei allen Pressformelementen weiß angesprüht, da so eine Seitenverwechslung, zu der es zuvor zweimal gekommen war, ausgeschlossen werden konnte. Ebenso wurden nicht nur die Zwingen für den nötigen Seitendruck in der Presse vorpositioniert, die Positionen wurde mit großen und kleinen Kreisen auf der Außenseite der Pressform entsprechend der Zugehörigkeit für die großen und kleinen Zwinge markiert.
- 8. Die Reihenfolge der Montage der oberen Pressform wurde geändert in: Mittelstück aufsetzen, in die Presse schieben, ohne Druckerzeugung zufahren, Seitenelemente montieren (schrauben und zwingen), dann erst den Druck aufbauen.
- 9. Errechneter Druck laut Tabelle ist 75 bar. Eine Reduktion um knapp die Hälfte auf 40 bar führte zu einem deutlich besseren Ergebnis. Seitdem verliefen die Pressungen diesbezüglich immer ohne Probleme. Wir stellten die Presse immer auf 45 bar, da ca. 5 bar Druckabnahme während der Presszeit feststellbar waren.
- Durch eine leichte Korrektur der Zwingenpositionen konnte auch dies in den Griff bekommen werden.
- 11. In unserem Fall wurden die Ausrisse so gelassen bzw. durch einen Vorschub von lediglich 500 mm/min minimiert. Dennoch führen wir

- diese auf eine nicht perfekte Bindung zwischen Furnierverstärkungsfließ und Deckfurnier zurück. In Zukunft würden wir das Fließ mit noch mehr Druck aufbringen. Wenn das nicht helfen sollte, könnte man dazu übergehen, fertig beschichtetes Furnier zu kaufen, wobei man dann keinen Einfluss mehr auf das Furnierbild hat.
- Eine weitere Möglichkeit der verbesserten Kantengüte würde ein Fräser mit Linksdrall statt, wie hier im LBT üblich, einer mit Rechtsdrall beim Schlichten bewirken.
- 12. Zum einen drehte die A-Achse die Spindel sehr viel auf einer Stelle, was das Brennen natürlich stark förderte. Dies liege, so Licom selbst, an dem in der HAWK verwendeten Postprozessor. Für uns beinhaltete das also die Information, das Drehen so hinnehmen zu müssen. Es blieb also nur noch die Möglichkeit, Hardwaretechnisch nachzubessern. Anfänglich haben wir auf Grund der nötigen Überfahrhöhe mit dem T120er geschruppt und mit dem T220er geschlichtet. Die Idee dahinter war, dass neben der Länge der Fräser, der Schneidenflugkreis bei den 20 mm Fräsern am größten ist, somit haben diese auch am meisten Zeit, abzukühlen. Nach ein wenig Suchen entdeckte Herr Linda für uns noch einen T112er Fräser mit ausreichend Länge, um die Überfahrt der B-Achse über der Vorrichtung zu gewährleisten. Das Fräsergebnis war so viel besser, dass wir auch einen dünneren Schlichtfräser (T208) ausprobierten. Das Ergebnis konnte sich sehen lassen: nahezu keine Brandspuren!

Reflexion

Die Herstellung der Sitzschale war sehr umfangreich und mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet. Gerade auch die Größe und das Gewicht der entsprechenden Pressform erleichterten die Arbeit nicht gerade. Doch auch wenn die 3D-Verformung durchgehend für zusätzliche Kopfschmerzen sorgte, beschert sie an Rücken und Beinen beim Sitzen auf dem Stuhl ein eindeutiges Plus an Komfort. Zusätzlich ist es ein weiteres "Hingucker"-Detail. Ebenfalls als positiv empfanden wir die Praxisnähe und die Möglichkeit, mal wieder in einer Werkstatt zu arbeiten. Auch die strukturierte Suche nach Fehlern und deren möglichen Lösungen hatte seinen Reiz und in uns auf gewisse Weise auch den Ehrgeiz geweckt.



Abbildung 22 - Stuhlbein nach der CNC-Bearbeitung

Fertigung der Beine

Vorgehensweise

Das Material ist, wie bei den Armlehnen auch, massives Ahorn aus einer von zwei 52er Bohlen, welche wir zu Beginn des Projektes beim Holzhändler ausgesucht und den Grobzuschnitt durchgeführt haben. Dies war wichtig, da so das Massivholz akklimatisieren und dabei Spannungen abbauen konnte. Der Feinzuschnitt erfolgte, passend zur möglichst langen Konditionierzeit von knapp drei Monaten, eineinhalb Wochen vor Fertigstellung des gesamten Stuhls.

Relativ zu den anderen Bauteilen unseres Stuhls sind die Beine recht einfach gehalten. Wie schon beschrieben, basieren sie aus den in Cimatron definierten Maßen. Mit einem Neigungswinkel von 60°, einem mittigem, 10 mm breiten Schlitz für die Metallaufnahme sowie Sackbohrungen für die Befestigungsschrauben

ist die Bearbeitungsliste bzgl. der Arbeitsschritte, welche an der CNC durchgeführt werden kurz.

Zwischen Feinzuschnitt/ Aushobeln und der CNC-Bearbeitung lag noch das Radien fräsen. Hierzu nutzten wir die stationäre Oberfräse mit entsprechendem R10 Fräser samt Anlaufring. Bei insgesamt 20 Beinen, die zu fertigen waren, stand eine Fertigung der Radien mittels CNC-Fräse ohne passenden Profilfräser nicht zur Debatte.

Aufgetretene Probleme

1. Beim Fräsen der ersten drei Beine viel auf, dass der Schlitz nicht mittig saß.

Lösungsansätze

 Nach dem die Maschine, Steuerung sowie die CAD-Daten als Grund für die Ungenauigkeit ausgeschlossen werden konnten, kamen für

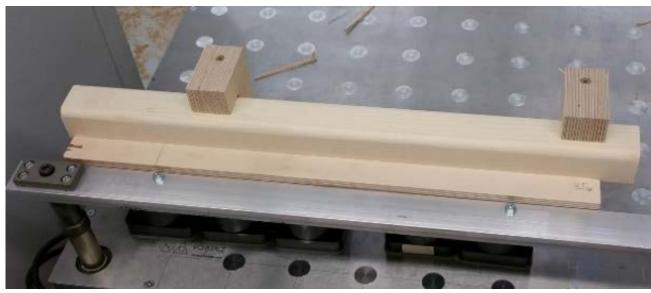


Abbildung 23 - Stuhlbein samt Vorrichtung auf der CNC

uns noch das Auflegen und Spannen des Werkstückes sowie die Vorrichtung an sich in Frage.

Bei genauerer Betrachtung waren, systematisch bedingt, insgesamt tatsächlich ein paar zehntel Differenz an dem Aluminiumanschlag zur Vorrichtung sowie vom Vorrichtungsanschlag zum Beinrohling. Zusätzlich ergab eine Messung mit einem Messschieber, dass auch die Vorrichtung an sich nicht ganz toleranzfrei gefertigt wurde. Da diese kurz zuvor an der gleichen Maschine formatiert worden war, kam der Verdacht auf, dass doch etwas mit der Maschine nicht ganz stimmen konnte. Die Summe dieser Toleranzen, wenngleich sich einige theoretisch gegenseitig auch wieder aufheben könnten, werden durch die geplante zentrierte Lage des Schlitzes noch verdoppelt, da jeder zehntel Millimeter der auf der einen Seite mehr auftaucht auf der anderen fehlt. Insgesamt kamen wir so auf eine Abweichung bzw. Zwangsverschiebung der Bearbeitungswege in den CAM-Daten von 1,4 mm in der Y-Achse. Nach dieser bewusst exzentrischen Lage in den Bearbeitungsdaten und bei genauem und langsamen Auflegen der Beinrohlinge gelang es, eine Regelabweichung von Plus-Minus einem zehntel Millimeter zu erzielen, was für unsere Zwecke völlig ausreichte.

Reflexion

Die Fertigung der Beine war sehr interessant.

Zum einen konnte man eine systematische Fehlersuche durchlaufen. Diese an sich wäre erstmal nichts Positives. Jedoch kam bei diesem Werkstück, für dieses Projekt eher unüblich, kein weiteres Problem auf. So konnte man sich voll und ganz auf die Lösungssuche konzentrieren, als dann noch das Korrekturergebnis stimmte, war man schon ein wenig stolz, einen Fehler analysiert und nahezu beseitigt zu haben.

Zum anderen wurde an dieser Stelle das erste Mal schon in unserem kleinen Rahmen die Auswirkungen von C-technisch gesteuerter Fertigung unmittelbar erkennbar. Nach der Feineinstellung brauchte man lediglich die Teile nacheinander auflegen und die Abnutzung der Vorrichtung im Auge behalten. Diesen Ablauf einmal real mitzuerleben und von sich selbst dann auf wirklich große Fertigungseinrichtungen zu übertragen sowie zu erkennen, wie kleine Abweichungen im Ablauf große Auswirkungen auf die gesamte Produktion haben können, war beachtenswert.

Fertigung der Armlehne

Vorgehensweise

Die Armlehnen sind aus Vollholz hergestellt und da diese eine komplexe Formgebung vorweisen, wurden ausgiebig Gedanken zu der Fertigung und zum Vorrichtungsbau angestellt. Wir haben schlussendlich als erstes die Bearbeitung von unten durchgeführt. Hierzu wurde, wie schon im Kapitel "Vorrichtungsbau" der Vollholzklotz auf eine MPX Platte geleimt. Die Programmierung der Bearbeitung von unten hat einige Stunden in Anspruch genommen.

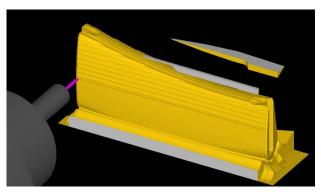


Abbildung 24 - Simulation der linken Armlehne

Nach zwei Probestücken von der linken Armlehne, konnten wir das erste Gutteil fräsen. Die Programmierung der Bearbeitung von oben war im Verhältnis nicht so zeitintensiv und wurde ebenfalls erst an Probestücken getestet. Wir stellten bei den Probestücken fest, dass die Fräsungen nicht zu der unteren passte und mussten somit die Bearbeitungen in der X-Achse verschieben und anpassen.



Abbildung 25 - Armlehne mit Versatz nach der Bearbeitung von oben

Danach konnte auch diese Bearbeitung am Gutteil ausgeführt werden. Die erste Armlehne war hergestellt. Danach galt es das Gegenstück, die rechte Armlehne, zu programmieren. Diese spiegelten wir über eine Arbeitsebene, die genau in der Mitte des Werkstückes lag. Das war eine schnelle Lösung. Die Nachbearbeitung der Armlehnen wurde zuerst in der Vorrichtung, die eigentlich zum Fräsen diente, durchgeführt. Es bot sich an, da die Armlehne fixiert war und man an die zu bearbeitenden Stellen gut heran kam. Es wurde lediglich der Konturübergang von der unteren zur oberen Bearbeitung verschliffen. Anschließend haben wir die Lehne ausgespannt und insgesamt geschliffen.

Aufgetretene Probleme

- 1. Bei der ersten Bearbeitung gefielen uns die Rundungen am Ende der Armlehne nicht bzw. diese waren nicht exakt rund wie in der Zeichnung. Da wir möglichst wenig Nacharbeit anstrebten, wollten wir diese weiter optimieren. Es stellte somit kein Problem dar, war aber in unseren Augen ein Mengel, da wir dem Projekt gerecht werden wollen und viele Arbeitsschritte an der CNC-Fräsmaschine durchführen wollten somit möglichst wenige Handgriffe beim späteren nachbearbeiten benötigen wollten.
- 2. Darüber hinaus hatten wir größere Probleme nach dem Umspannen der Lehnen und mit der oberen Bearbeitung. Es traten immer wieder Versetzte bei den unterschiedlichen Bearbeitungen auf. Die untere Bearbeitung, da waren wir uns sicher, passte. Die obere hingegen passte nicht zu der unteren und die Versetzte unterschieden sich von einem Werkstück zum nächsten.
- 3. Des Weiteren wurden beim Spiegeln der Bearbeitungen, in AlphaCAM, die NC-Pfade nicht mehr bearbeitbar. Daher waren anschließende Anpassungen umständlich durchzuführen. Es mussten die Änderungen bei der linken Armlehne durchgeführt werden und dann diese gespiegelt werden, sodass wir die Rechte dazu erhielten.

Lösungsansätze

1. Die Rundungen konnten wir deutlich besser mit einem kleineren Kugelfräser ausführen, somit entschieden wir uns nach drei Simulationen, in denen Kugelfräser mit verschiedene Durchmesser (20 mm, 8 mm und 3 mm) getestet wurden, für den 3 mm Kugelfräser, da dieser die besten Ergebnisse hervorbrachte. Wir überarbeiteten das Programm, sodass ein Schruppfräser zuerst das grobe Material abträgt, anschließend der 20 mm Kugelfräser bis 0,7 mm an die gewünschte Kontur heran fräst und zum Schluss der 3 mm Kugelfräser die komplette Armlehne ausarbeitet. Nach mehreren Fräsversuchen wurden die Vorschubgeschwindigkeit beim Schruppfräser halbiert und die Vorschubgeschwindigkeit des 3mm Kugelfräsers beim XY-Vorschub von 3000 auf 5000 mm pro Minute und der Z-Vorschub von 1000 auf 2000 mm pro Minute angepasst. Dies führt zum einen dazu, dass

- das Material schonender bearbeitet wird und zum anderen die Laufzeit des Programmes verkürzt wurde.
- Bei den Versetzten von der unteren Bearbeitung zur Oberen, konnten wir auf Grund der drängenden Zeit, nur noch bedingt Lösungsansätze finden. Zum einen konnten wir während des Fräsvorgangs schon abschätzen, ob die Bearbeitungen zueinander passen. Wenn dies nicht der Fall gewesen ist, haben wir das Programm nach den ersten zwei Bearbeitungen (Schruppen und 20 mm Kugelfräser Oberflächenbearbeitung) unterbrochen und die 3 mm Kugelfräser Bearbeitung in die gewünschte Richtung verschoben. Eine andere Möglichkeit war das Nacharbeiten mit dem Exzenterschleifer. Mögliche Ursachen dieses Versatzes sprechen wir den Fertigungstoleranzen zu. Hier treffen verschiedene Faktoren aufeinander. Zum einen haben wir die Vorrichtung aus Holz hergestellt. Es ist denkbar, diese aus Metall zu produzieren, sodass diese dadurch genauer wird. Darüber hinaus wurde diese Vorrichtung immer wieder auf und abgespannt, weswegen beim Aufspannen auf die Maschine selber ebenso Toleranzen auftreten können. Eine weitere Fehlerquelle kann das Aufspannen der Armlehne in die Vorrichtung darstellen. Es hätten statt der Aufnahmebolzen evtl. Kegel verwendet werden können, damit sich die Lehne selbst zentriert.

Reflexion

Die Fertigung der Armlehne hat uns viel Zeit gekostet. Diese ist, im Nachhinein gesehen, immer noch nicht ausgereift und bietet viel Optimierungspotenzial. Wenn mehr Zeit gewesen wäre, dann hätte man sich mit dieser durchaus weiter beschäftigen können und mit den jetzt gesammelten Erfahrungen würden sich auch einige Dinge besser machen lassen und auch realisierbar sein.

Fertigung der Metallaufnahme

Vorgehensweise

Zu Anfang an holten wir den Rat bei dem Leiter der Metallwerksatt der HAWK, Cord Theinert, ein. Hierzu haben wir unsere Konstruktion vorgestellt und ebenso die Materialauswahl mit Herrn Theinert besprochen. Des Weiteren wurde gemeinsam der Arbeitsablaufplan für das Herstellen der Metallteile ausgearbeitet.

Aus dem Gespräch konnten wir folgende Dimensionierung des ausgewählten Materials, welcher Stahl (mit einer Zunderschicht bedeckt) ist, erarbeiten. Die Grundplatte mit den Maßen 150x150x6 mm sollte nicht zu dünn gewählt sein, damit sich diese beim Schweißen möglichst wenig verzieht. Die Aufnahmen die nachher in die Schlitze der Füße gleiten sollen und darstellen, somit die Verbindung 100x50x10 mm dimensioniert. Die Stärke dieser Ausleger ist ebenso, im Verhältnis, dick gewählt, da es zum einen für die Optik gewünscht ist und zum anderen wird ebenso für das Schweißen eine gewisse Dicke benötigt, damit sich die einzelnen Teile, bei der extremen Hitzeeinwirkung, möglichst gering krumm ziehen.

Nach der Sichtung des Materials wurden, mit Hilfe der Kappsäge und dem Winkelschleifer, die Einzelteile zugeschnitten. Ebenso wurde die Schmiege von 60° an die Aufnahmeteile geschnitten. Als nächstes wurden alle Kanten der beiden Bauteilgruppen am Bandschleifer geschliffen und die Kanten leicht angefast. Nach diesem Schritt musste mit einer Anreißnadel, dem Streichmaß und einem Maßband die einzelnen Bohrungen angerissen werden. Im gleichen Zuge ist die Mitte, auf der Kante der einzelnen Aufnahmen, angerissen worden. Mit zwei diagonalen Strichen, von einer Ecke zur nächsten, auf der Grundplatte konnten die Aufnahmen dann beim Schweißen, mit Hilfe der Mittelstriche, positioniert werden. Bevor dieser Schritt folgen konnte, mussten erst einmal die angerissenen und vorgekörnten Bohrlöcher gebohrt werden, hierfür wurde eine Standbohrmaschine verwendet. Die Bohrung mit 9 mm Durchmesser mussten zuvor mit einem 4 mm Bohrer vorgebohrt werden. Die 7 mm Bohrungen haben wir in einem gebohrt. Die Bohrlöcher wurden mit einem Handsenker nachbearbeitet, damit der Grat entfernt ist.

Der nächste Schritt beinhaltet das Schweißen. Hierfür wurde jede Aufnahme einzeln und nacheinander geschweißt. Als erstes mussten diese positioniert werden, danach wurde durch zwei Haftpunkt, auf den beiden kurzen Kanten des Metallteils, dieses fixiert.



Abbildung 26 - Schweißen der Metallaufnahme

Nach dem Heften musste auf der Seite, von der sich das Metallteil wegkrümmt, die erste Schweißnaht gezogen und möglichst sofort danach die andere Seite geschweißt werden. Es wurde stechend mit einem MAG-Schweißgerät gearbeitet, was bedeutet, dass man mit dem MAG-Schweißgerät vom Körper wegarbeitet.

Da sich die fertigen Teile durch die extreme Hitzeeinwirkung leicht verzogen haben, wurde die fertige Metallaufnahme umgedreht und auf der Seite, wo keine Teile aufgebracht sind mit einem Acetylenbrenner erhitzt.



Abbildung 27 - Flammenrichten

Durch dieses erneute Erhitzen, von der gegenüberliegenden Seite, konnten die Metallteile wieder gerade gezogen werden.

Der vorletzte Schritt beinhaltet dann das Vorbereiten der Metallaufnahme zum Ölen. Hierfür musste die Schlacke, die beim Schweißen entstanden ist, mit der Drahtbürste entfernt werden. Ebenso mussten Schweißdraht-Reste, die vom Schweißen stammen, mit einem Pickel entfernt werden. Durch das Erhitzen ist ein Farbverlauf auf den Kanten des Metalls hervorgerufen worden, welcher noch einmal weggeschliffen wurde. Zu guter Letzt konnte dann mit Brennspiritus das Metallteil entfettet werden. Die Oberfläche ist mit Öl (Owatrol Oil) behandelt, um das Metall vor Korrosion und Schmutz zu schützen. Zusätzlich gibt es dem Ganzen optisch eine besondere Note.



Abbildung 28 - Metallaufnahmen geölt

Aufgetretene Probleme

- 1. Durch die geringe Abnahme von Material, wurde kein Material bestellt, welches genau auf unsere Anforderungen zutrifft.
- Eine weitere Schwierigkeit stellte beim Schweißen das Verziehen der Teile da, wodurch größere Toleranzen der Metallaufnahme entstanden sind.
- 3. Darüber hinaus fehlte die Übung mit dem Schweißgerät, weswegen eine saubere Schweißnaht nicht einfach herzustellen war.

Lösungsansätze

- Durch das Zuschneiden des "unpassenden" Materials konnten wir Material herstellen, welches unseren Anforderungen entspricht. Den zeitlichen Mehraufwand nahmen wir dabei in Kauf.
- 2. Durch die etwas stärkere Dimensionierung der einzelnen Bauteile wurde dem Verziehen entgegengewirkt. Ebenso konnte durch die taktische Reihenfolge beim Schweißen, kurze

Kanten heften – an der wegkrümmenden Seite die erste Schweißnaht und sofort im Anschluss, die auf der gegenüberliegenden Seite setzen, dem Verziehen entgegengewirkt werden. Da sich die Metallaufnahme trotzdem ein wenig gekrümmt hat, wurde mit dem Acetylenbrenner die Gegenseite erhitzt und die Grundplatte hat sich beim Abkühlen, zur anderen Seite, zusammengezogen.

 Von einer Schweißnaht zur nächsten wurden diese besser und ordentlicher. Außerdem wurden zuvor, zur Übung, Schweißnähte gezogen, um ein Gefühl für das Gerät zu bekommen.

Reflexion

Abschließend lässt sich sagen, dass die Bearbeitung des Metalls eine gelungene Abwechslung zur Holzbearbeitung war und wir zusätzlich unseren Wissenshorizont erweitern konnten. Auch haben wir handwerklich, z.B. das Schweißen, neue Errungenschaften kennen- und erlernen können. Mit mehr Erfahrung und Übung wäre auch ein noch besseres Endprodukt herzustellen gewesen. Wir sind mit dem Endergebnis des Metallerzeugnisses sehr zufrieden.

Zusammenbau

Vorgehensweise

Als erstes haben wir das Gestell montiert. Hierzu haben wir die Füße auf die Metallaufnahme gesteckt und diese jeweils mit zwei Schrauben und den dazugehörigen Hülsenmuttern verschraubt. Die Sitzschale hat dann vier Einschraubmuffen erhalten, damit das Gestell an die Sitzschale montiert werden kann. Anschließend wurde die selbige für die Oberflächenbehandlung vorbereitet. Das bedeutet, dass die Kanten eine leichte Rundung bekommen haben und die Oberflächen wurden mit einem 240 Korn geschliffen. Danach haben wir die vorbereiteten Armlehnen mit Epoxidkleber eingeklebt. Diesem Arbeitsschritt gingen Klebeversuche voraus.



Abbildung 29 - Klebeversuche

Wir haben in unseren, zur Probe gefrästen Armlehnen, mit Zweikomponenten Epoxidkleber, PUR Klebstoff und handelsüblichen Weißleim, 10 mm starke Platten eingeklebt. Nach der Aushärtung haben wir diese auf Zugbeanspruchung getestet. Da wir dies händisch getan haben, können wir keine Werte vorweisen. Der Epoxidkleber und der Weißleim haben ähnliche Widerstände aufweisen können. Wir haben uns schlussendlich für den Epoxidkleber entscheiden, weil dieser nach fünf Minuten fest ist und somit ein schnelles Weiterarbeiten ermöglichte. Die Sitzschale konnte im Nachhinein, mit vier Gewindeschrauben, auf das Gestellt geschraubt werden. Der letzte Arbeitsschritt beinhaltet die Oberflächenbehandlung. Wir haben uns für eine geölte Oberfläche entschieden und diesen Arbeitsschritt im zusammengebauten Zustand durchgeführt. Vor dem Ölen haben wir den gesamten Stuhl gewässert und noch einmal geschliffen, damit die einzelnen Fasern sich aufstellen und

abgeschliffen werden konnten. Das Auro Hartöl wurde, mit einem Lappen, satt aufgetragen und, nachdem alles behandelt wurde, mit einem frischen Lappen die Überreste des Öls abgenommen. Nach der Trocknung des Öls hat der Stuhl einen Zwischenschliff erhalten und wurde anschließend mit Hartwachs behandelt. Dies stammt aus derselben Reihe wie das Hartöl und ist somit aufeinander abgestimmt. Bevor der Stuhl jetzt zu benutzen war, haben wir noch Filzgleiter unter die Füße montiert, somit kann der Stuhl auch ohne Gefahr des Zerkratzens, auf Parkettfußboden gestellt werden.

Aufgetretene Probleme

- Beim Zusammenbau des Gestelles ist aufgefallen, dass die Schweißnähte der Metallaufnahme mehr auftragen als zuvor geplant, weswegen die Beine nicht montierbar waren.
- 2. Die Einschraubmuffen haben sich beim Einschrauben verkantet und das Material wölbte sich beim Vorgang, am Bohrloch, nach oben.

Lösungsansätze

- An den Beinen wurde nachträglich, mit der Oberfräse und mit Hilfe eines Anschlages, auf der Innenseite des Schlitzes, eine Fase angefräst. Somit konnten die Schweißnähte und Beine ineinander greifen und die Beine ohne weitere Probleme montiert werden.
- 2. Mit Hilfe einer Bohrschablone, die die Einschraubmuffen exakt aufnimmt, konnten wir ein Verkanten beim Einschrauben verhindern. Diese Schablone befestigten wir mit einer Schraubzwinge und somit konnten wir die Muffen mit einem breiten Schlitzschraubendreher eindrehen.

Reflexion

Nach dem Zusammenbau konnten wir zufrieden auf das Endergebnis schauen. Wir sind auch mit der Passgenauigkeit der Einzelteile zufrieden. Die Metallteile, das Vollholz und die selbst hergestellten verleimten Holzwerkstoffe passten sehr gut zueinander, an manchen Stellen sogar besser als zuvor erhofft.

Das Ergebnis

Ohne viel Worte, ist hier nun das Endergebnis zu sehen.





Abbildung 32 - Frontalansicht



Abbildung 31 - Seitenansicht



Abbildung 35 - Isometrie



Abbildung 34 - Detail - Schichtaufbau



Abbildung 33 - Detail - Metallaufnahme Beine

Das Fazit

Am Ende dieses Moduls blicken wir auf eine ereignisreiche Zeit zurück, die Höhen und Tiefen mit sich gebracht hat. Mit dem Produkt und unserem Lernerfolg sind wir sehr zufrieden. Dabei haben wir auch einige negative Punkte, die wir hier aufführen möchten. Zum einen haben wir einen sehr hohen Zeitaufwand für dieses Projekt betrieben, welcher nicht im Verhältnis eines Moduls steht, das sechs Leistungspunkte erbringt. Hier hätten wir uns im entscheiden Moment eine klarere Entscheidung von unseren begleitenden Dozenten gewünscht. Wir sind der Meinung, dass dieses Projektvorhaben für eine zweier Gruppe einen deutlich zu hohen Aufwand dargestellt hat. Darauf hätten wir hingewiesen werden müssen. Ansonsten waren wir mit der Betreuung des Projektes mehr als zufrieden. Wir hatten immer eine Anlaufstelle, wenn Fragen aufgetaucht sind und wurden fachlich sehr gut beraten. Ein weiterer negativer Punkt ist unserer Meinung nach, dass ein breites Spektrum an neuem Wissen, wenn dies gewollt ist, auf einen eintreffen kann. Die Problematik dabei ist, dass das eine große Menge umfasst und wir diese nur oberflächlich bearbeiten. Wir hätten uns mehr Zeit für die einzelnen Aufgaben gewünscht, was widersprüchlich zu dem bereits genannten Punkt ist. Vielleicht lässt sich im nächsten Semester die Aufgabenstellung eingrenzen, damit dies nicht wieder vorkommt. Die Eigenständigkeit bei der Projektorganisation, sowohl bei Absprachen mit dem Teamkollegen als auch bei den Fertigungsabläufen wurde weiter geschult und ist somit eine gute Vorbereitung auf das Praxissemester. Ebenso erhielten wir einen guten Einblick in das Arbeiten an CNC-Fräsmaschinen, was uns einen hohen Lernzuwachs in diesem Bereich bescherte. Schlussendlich überwiegen am Ende die positiven Punkte und wir sind mit unserem vorzeigbaren Produkt und dem Ablauf des Projektes zufrieden.