

BHV-02 CAD-CAM-PRAXISPROJEKTE

Lesestuhl

HAWK Hildesheim

Bauen und Erhalten

Holzingenieurwesen

5. Semester

Florian Funke
688451

Michael Kolbe
702269

Daniel Frischmuth
688435

INHALTVERZEICHNIS

Einleitung	3
Entwurfsphase	4
Pflichtenheft	
Formgebung	
Modellbau	
Konstruktionsphase	5
Sitzschale	
Querlamellen	
Unterkonstruktion	
Arbeitsvorbereitungsphase	7
Sitzlamelle	
Pressform	
Konditionierform	
Formatierungsform	
Querlamellen	
Pressform	
Formatierungsform	
Fertigungsphase	9
Sitzlamellen	
1. Pressung	
2. Pressversuch	
3. Pressversuch	
4. Pressversuch	
Formatierung	
Querlamellen	
Unterkonstruktion	
Verbindung der Einzelteile	
Fazit	13
Abbildungs- und Quellenverzeichnis	14
Eidesstattliche Erklärung	15

EINLEITUNG

Im Vertiefungsmodul „BHV-02 CAD-CAM-Praxisprojekte“, welches im Bereich Möbel und Ausbau des Holzingenieurwesens Studium angeboten wird, geht es darum, an das selbstständige Arbeiten mit CNC-Maschinen mit 5-Achsbearbeitung herangeführt zu werden. Die Grundlage dieses Projektes bilden die von uns im 4. Semester erlangten Kenntnisse in der 3-Achsbearbeitung und die im Verlauf des Studiums immer weiter vertieften Kenntnisse in der Arbeit mit CAD-Programmen.

Die Aufgabe für welche sich unsere Gruppe entschieden hat, war die Herstellung eines Lesestuhls unter Berücksichtigung von Material- und Maschineneigenschaften. In Absprache mit den beiden leitenden Dozenten haben wir beschlossen einen Lesestuhl der Firma *Fjordfiesta* als Ideengeber zu nehmen und eine abgewandelte Form des Stuhls zu entwerfen und zu bauen.

Aufgrund des ausgefallenen Designs und der gewissen Herausforderung, welche der Stuhl mit sich bringt, haben wir uns für diesen entschieden.

Die folgende Ausarbeitung ist in vier Phasen, Entwurfsphase, Konstruktionsphase, Arbeitsvorbereitungsphase und Fertigungsphase eingeteilt.



Abbildung 1: Lesestuhl *Fjordfiesta*, Quelle: <https://shophorme.com/products/scandia-nett-lounge-chair>

ENTWURFSPHASE

Pflichtenheft

Bevor wir mit den Arbeiten am Entwurf des Stuhls begonnen haben, stellten wir ein Pflichtenheft auf, in dem wir alle von uns gestellten Kriterien niederschrieben.

Diese Kriterien haben wir, wie im Folgenden zu sehen, in „MUSS“- und „KANN“- Kriterien eingeteilt.

Muss- Kriterien, sind Bedingungen welche unser Stuhl erfüllen muss. Hierunter fallen Dinge wie die Tragfähigkeit, die für ein Sitzmöbel essentiell sind.

Anders ist es bei den „KANN“- Kriterien. Es wäre schön diese erfüllen zu können, sind aber eher als optionale Ziele zu betrachten.

Muss-Kriterien	Kann-Kriterien
Lasten bis circa 100 kg	Höhenverstellbar
Sitzlamellen aus Gleichteilen	Drehbar
Standfestigkeit	Winkelverstellung
Platz für eine Nackenrolle	Versteckte Verbindungen
Bequem*	3-beinig

Abbildung 2: Pflichtenheft

*= der subjektiv bewertete Begriff der Bequemlichkeit wird durch einen Durchschnittswertes objektiviert

Formgebung

Die optimale Sitzform für einen Stuhl zu finden, ist aufgrund der verschiedenen persönlichen Geschmäcker gar nicht so einfach. Um eine Form zu finden die uns allen gefällt, haben wir eine von der Hochschule angefertigte Form zum Anpassen einer Sitzfläche genutzt.

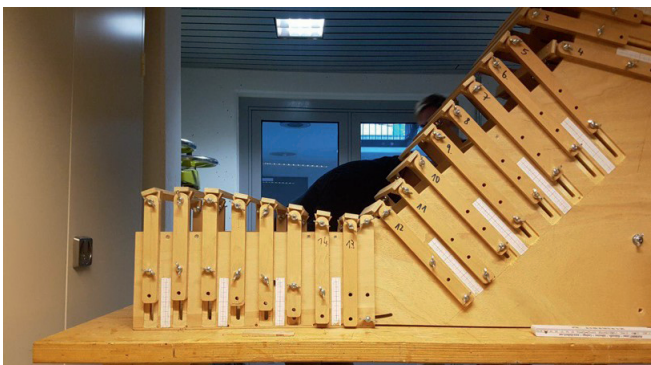


Abbildung 3: Form zur Sitzflächengestaltung der HAWK

Diese Form funktioniert wie folgt:

Durch die in der Höhe einstellbaren Lamellen, die auf der ganzen Fläche verteilt sind, lässt sich eine komplett auf die Wünsche des Nutzers einstellbare Sitzfläche erschaffen. Hierbei war es wichtig, dass die Form für jeden von uns bequem ist. Da unsere Staturen und Anforderungen hierhingehend sehr unterschiedlich sind, hat sich jeder von uns einmal in die Form gesetzt und sie den eigenen Wünschen angepasst. Der hieraus gebildete Mittelwert ergibt die Finale Form für unsere Sitzlamellen. Durch diese Vorgehensweise erhoffen wir uns eine für viele weitere Nutzer gemütliche Form. Die ermittelte Kontur wird nun in *AutoCAD* (*Autodesk*) importiert und zu einem 3D-Volumenkörper mit einer Breite von 50 Millimetern extrudiert. Diese Breite bringt viele Vorteile mit sich. Das Maß lässt sich gut teilen, ist nicht zu breit, sodass der Stuhl seine optische Leichtigkeit behält, allerdings auch nicht zu dünn um eine gemütliche Sitzfläche herstellen zu können. Aufgrund der Vertrautheit mit dem Programm *AutoCAD*, haben wir das komplette Projekt über unsere Zeichnungen in diesem Programm erstellt.

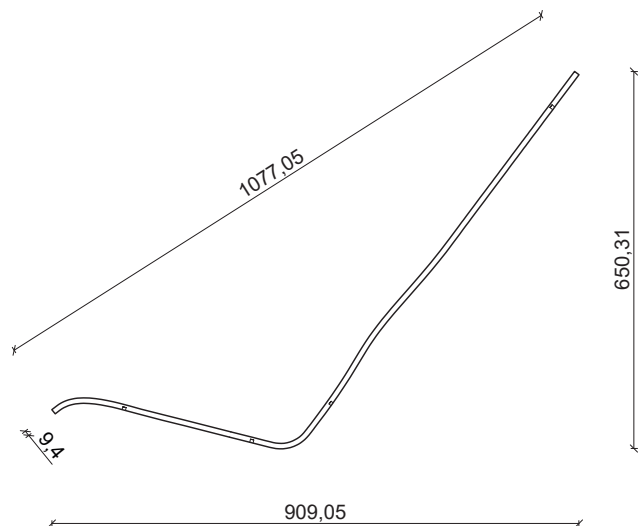


Abbildung 4: Sitzlamelle

Modellbau

Im Rahmen unserer Konstruktionsarbeit achteten wir bereits zu diesem Zeitpunkt auf eine Optimierung für eine Serienproduktion. Hierfür ist es notwendig möglichst viele Gleichteile zu erzeugen um Arbeitsintensive Umrüstungen zu vermeiden. Um eine Sitzschale statt einer Sitzfläche zu erzeugen, ist es möglich gleichförmige Lamellen um eine Achse rotieren zu lassen, die sich vom Anfang der Sitzfläche bis zum Ende der Rückenlehne erstreckt. Um dies zu überprüfen fertigten wir ein Modell an.

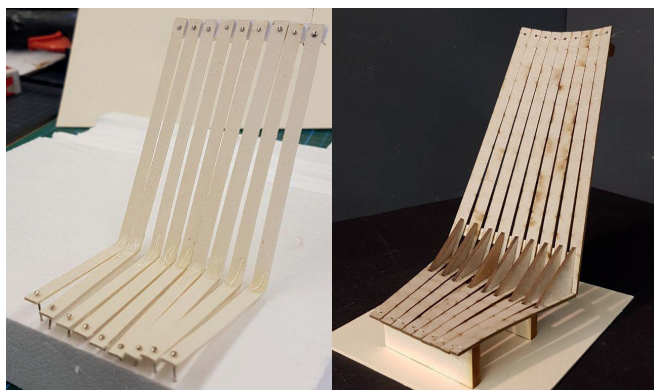


Abbildung 5: Modell 1 (links) und Modell 2 (rechts)

Das erste Modell, welches aus Pappe besteht, wurde um ein zweites Modell ergänzt, mit welchem sich die Rundung und das Verhalten der Lamellen deutlich simulieren lässt. Bereits im Modell zeigte sich, dass bei der Rotation unterschiedliche Abstände zwischen den Lamellen entstehen. Die oberen Enden der Lamellen berührten sich bereits, während im Bogen welches den Übergang von Sitzschale zu Lehne darstellt ein relativ großer Abstand entstand. Um dieses Stauchen zu vermeiden, konstruierten wir die Lamelle ab dem Bogen konisch zulaufend. Die bisher 50 Millimeter breite Lamelle läuft also zum oberen Ende hin auf 40 Millimeter aus.

KONSTRUKTIONSPHASE

Nach Festlegung der Form galt es diese am Computer zu realisieren. Dieser Schritt ist zum einen für das spätere Programmieren der CNC-Maschine notwendig, aber auch um die Querlamellen daraus generieren zu können, welche die einzelnen Sitzlamellen in Position halten. Der Entwurf und die Konstruktion einer Unterkonstruktion und der Querlamellen haben wir aufgrund der Komplexität der Sitzschale bewusst ans Ende des Projektes gestellt.

Sitzschale

Zur Bestimmung der Breite der Sitzschale, welche wie von Anfang an geplant aus Gleichteilen bestehen soll, haben wir die Breite anderer Stühle gemessen um einen Referenzwert zu erhalten. Diese Überlegungen stellten wir, wie auch die Idee an beiden Enden eine Rundung herzustellen, primär aufgrund des Designs an. Der Stuhl soll eine angenehme Sitzbreite vorweisen, allerdings auch nicht klobig erscheinen. Aufgrund der Symmetrie, welche die mittlere Lamelle als Spiegelachse darstellt, besteht die Sitzschale aus insgesamt sieben Lamellen, drei rechts und drei links. Um eine Sitzschale erzeugen zu können, haben wir die Lamellen, mithilfe eines Referenzpunktes im Bogen auf einem Radius von ungefähr 1500 Millimetern im gleichen Abstand angeordnet. Aus dieser Position heraus wurde jede Lamelle einzeln in Richtung der mittleren Lamelle rotiert um eine angenehme Sitzschale zu erzeugen. Durch dieses Vorgehen kommen wir an der breitesten Stelle des Stuhls, welcher sich im Übergang von der Sitzfläche zur Lehne befindet, auf ein Maß von ca. 490 Millimetern.

Querlamellen

Aus der fertig erstellten Sitzschale wurden nun mithilfe eines Volumenkörpers die Querlamellen hergestellt. Um die Formhaltigkeit zu maximieren verbauen wir vier Querlamellen: Jeweils eine am Ende der Lamellen und vor beziehungsweise hinter dem Bogen. Um die Querlamellen möglichst einfach zu halten, haben wir uns die Stellen der Sitzlamellen herausgesucht, an denen keine 3D Verformung der Querlamellen notwendig ist. Die Verbindung zwischen den Sitzlamellen und den Querlamellen wird durch die Verleimung mit Polyurethanleim (PUR-Leim) hergestellt. Zur richtigen Positionierung der Lamellen zueinander, verfügen alle über eine Positionierungsbohrung, welche bereits in der Formatierung gebohrt wird. Hier wird ein Dübel von ungefähr 5 Millimetern Länge eingesetzt.

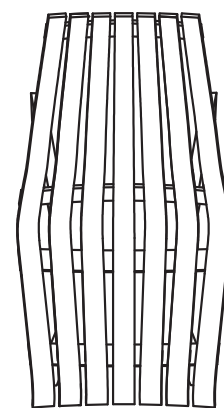


Abbildung 6:
Lamellenanordnung

Unterkonstruktion

Die meisten „KANN“-Kriterien, welche sich im Pflichtenheft befinden, sind auf die Unterkonstruktion zurückzuführen. Hierzu gehören die Punkte Drehbarkeit, Höhenverstellung und die Überlegung den Sitzwinkel ändern zu können. Zudem steht die Idee im Raum, die Unterkonstruktion aufgrund eines kippelfreien Standes, dreibeinig zu gestalten. Bei dieser Anordnung würden zwei Beine nach vorne zeigen und ein längeres nach hinten, um das Umkippen bei falscher Gewichtsverlagerung zu vermeiden.

Aufgrund der Komplexität der Sitzschale, haben wir uns erneut mit der Unterkonstruktion befasst. Unsere festgelegten „KANN“-Kriterien haben wir in diesem Zuge überprüft. Es wurde deutlich, dass eine Höhenverstellung bei einem Lesestuhl, welcher nicht an einen Tisch gestellt wird nutzlos erscheint. Ebenso widerspricht eine Winkelverstellung unserer Planung, da die Sitzschale für einen bestimmten Winkel angelegt ist. Die Drehbarkeit des Stuhles und die Tatsache, dass wir vorerst ein Dreibein geplant haben, überschneidet sich, da so Winkel entstehen, in denen die Standfestigkeit gemindert wird.

In Anbetracht dieser neuen Erkenntnisse und der nun vorliegenden Sitzschale haben wir uns für ein komplett anderes System entschlossen. Es werden pro Stuhl zwei Stahllamellen in Form der Sitzlamellen hergestellt. Diese

Stahllamelle erstreckt sich auf den Bereich von der ersten Querlamelle unter der Sitzfläche bis zur dritten Querlamelle, welche sich am unteren Rücken befindet und verbindet diese. Da sich die Stahllamelle unter der Sitzlamelle befindet, verschwindet sie optisch nahezu komplett. An der Unterseite sind Flansche angeschweißt, welche eine Aufnahme für die Beine

bieten. So haben wir eine optisch leichte und dem Verlauf der Sitzlamellen entsprechende Verbindung zwischen der Sitzschale und den Beinen konstruiert.

Um die optimale Position der Beine festzulegen, haben wir verschiedene Möglichkeiten in *AutoCAD* gezeichnet. Das Vorderbein behält hierbei immer die gleiche Position, das Hinterbein variiert. Aufgrund des Designs und der besten Lastverteilung haben wir uns dazu entschieden, das Hinterbein im Knick zu montieren.

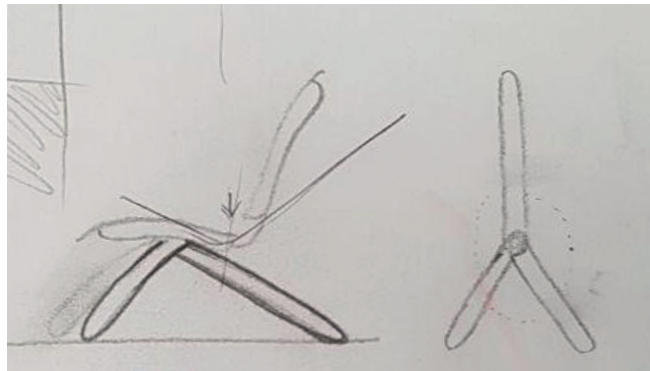


Abbildung 7: Handskizze zur Dreibeinidee



Abbildung 8: Unterschiedliche Modelle der Beinpositionierung

ARBEITSVORBEREITUNGSPHASE

Die Sitzlamelle, so wie auch die Querlamelle werden aus Formsperrholz hergestellt. Unter Formsperrholz versteht man das Verleimen einzelner Furnierschichten unter Druck. Die Maserrichtungen der einzelnen Schichten verlaufen hierbei immer um 90 Grad gedreht zur vorherigen Schicht. Durch diese Vorgehensweise wird die Formstabilität der Werkstücke erhöht und das Quellen und Schwinden vermindert. Beide Lamellenarten besitzen zudem den gleichen Aufbau. Sie bestehen aus insgesamt neun Furnierschichten. Zur Herstellung werden sieben Schäl furnier Mittelschichten und zwei gemesserte Deckfurnierschichten verwendet. Somit erhalten wir eine Gesamtdicke von ungefähr 9 Millimetern.

Sitzlamelle

Zur Erstellung der Press,- Konditionier- und Formatierungsform haben wir die Kontur der Lamelle zur Hilfe genommen und in *AutoCAD* einen Volumenkörper erstellt, welcher die Pressform zeigt. Mit dieser Rohform kann nun in dem Programm *AlphaCAM* (*Licom*) weitergearbeitet werden. Mithilfe des Programmes *AlphaCAM* lassen sich die NC-Codes für die CNC-Maschinen programmieren und die genaue Kontur der Lamelle in die Oberseite der Pressform einfräsen.

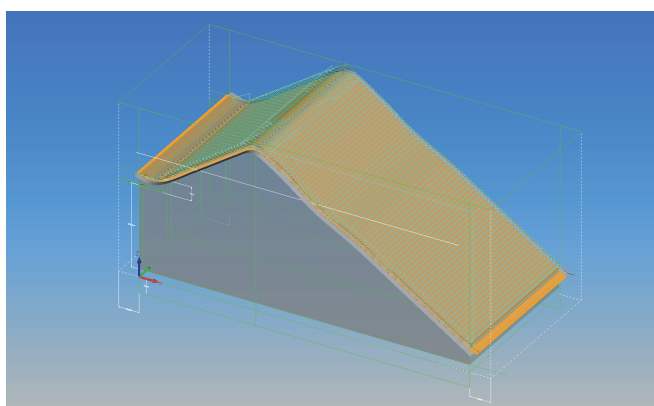


Abbildung 9: Formatierung der Oberfläche für die Pressform (unterer Teil) (AlphaCAM)

Aufgrund der Gleichheit jeder Sitzlamelle haben wir eine große Pressform hergestellt und können die Lamellen nach einem ausreichenden Trocknungs- und Konditionierprozess vereinzeln. Durch diese Vorgehensweise ist es möglich, dass die Sitzfläche später

ein einheitliches Furnierbild ergibt. Die Pressform, wie auch die Konditionierform, bestehen aus einem Ober- und einem Unterteil welche zur Formgebung benötigt werden. Die Formatierungsform hingegen besteht lediglich aus der Unterseite mit einer Oberflächenbearbeitung, die eine Fixierung mithilfe eines Vakuums ermöglicht.

Aufgrund der Größe, welche die Sitzlamelle aufweist, würde eine Pressform aus Vollmaterial zu schwer sein und hohe Materialkosten mit sich ziehen. Aus diesem Grund besteht jede der drei Formen aus drei Elementen:

Die Grundplatte, die Stützen, welche die Form wiedergeben und die Deckplatten aus 40 Millimeter starker Multiplexplatte in welche die Kontur eingefräst wird. Bei der Pressform und der Konditionierform werden zur richtigen Lage der Ober- und Unterseite Buchendübel verwendet. Diese sind in der Unterseite eingeleimt und bei der Zusammenführung, in zwei dafür vorgesehene Löcher in der Oberseite eingeführt.

Pressform

Die Pressform muss aufgrund des Drucks der über sie auf die Furniere ausgeübt wird, sehr Standhaft sein. Aus diesem Grund bestehen die vier Stützen der Form aus 20 Millimeter starkem Mutlplex.



Abbildung 10: Pressform beim Zusammenbau ohne Oberfläche. Blick auf die Stützen.

Konditionierform

Diese Form wird zur weiteren Lagerung der gepressten Lamellen benötigt. Um weitere Pressungen herstellen zu können, werden die Teile nach einer gewissen Zeit aus der Presse herausgenommen und in eine Konditionierform



Abbildung 11: Konditionierform (Ober- und Unterform)

umgelagert. Diese sorgt dafür, dass während der weiteren Aushärtung des Klebers, Formveränderungen durch Spannungen in der gepressten Lamelle ausbleiben. Da diese Form lediglich Ihr Eigengewicht aufnehmen muss, ist es nicht notwendig die Stützen aus Multiplex herzustellen. Stattdessen verwenden wir hierfür eine 20 Millimeter starke Spanplatte (P2). Ein weiterer Unterschied zur Pressform ist die Verwendung von lediglich drei Stützen anstatt der vier. Die Form wird somit um einiges leichter und Handlicher und bietet dem gepressten Material mehr Luftzirkulation zum trocknen.

Formatierungsform

Die Formatierungsform, dient zur späteren Formatierung der Lamellen. Auch diese Form besitzt, wie die Konditionierform, lediglich 3 Stützen, welche hier allerdings, wie auch bei der Pressform, aus Multiplex gefertigt sind. Die Grundidee bei dieser Form ist es die gesamte Pressform aufzulegen und die einzelnen Lamellen in einem Arbeitsgang zu formatieren. Im weiteren Verlauf des Projektes hat sich jedoch herausgestellt das es

sinnvoller ist, die Lamellen vor der Formatierung schon zu vereinzeln.

Zusätzlich zu der Kontur, welche in die Oberseite eingefräst wird, werden hier noch weitere Bearbeitungen zur Positionierung der vereinzelt Lamellen

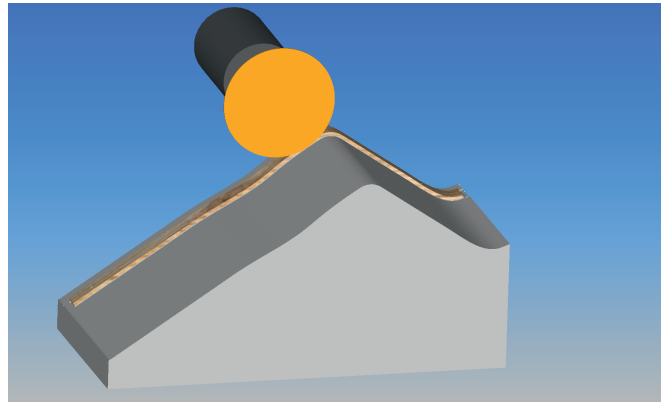


Abbildung 12: Formatierung mit CNC-Säge (AlphaCAM)

vorgenommen. Diese sollen mithilfe eines Vakuums während der Bearbeitung auf der Form befestigt werden. Zur Herstellung des Vakuums werden in die Oberfläche der Form ein Hohlraum und eine Bahn für ein Moosgummi gefräst. Über Löcher die in den Hohlraum führen, wird die Form an das Vakuumnetz der CNC-Maschine angeschlossen. Durch das später einzusetzende Moosgummi werden Toleranzen in der gefrästen Oberfläche überbrückt.

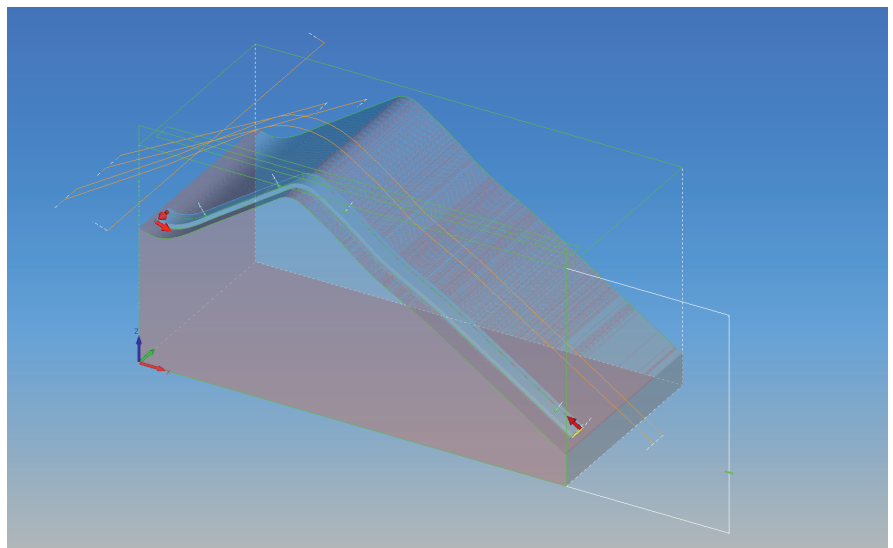


Abbildung 13: Formatierung (AlphaCAM)

Querlamellen

Die Querlamellen, werden auf die gleiche Weise wie die Sitzlamellen hergestellt. Aufgrund der Anordnung der Querlamellen, besitzen drei von vier den gleichen Radius, wodurch wir lediglich zwei unterschiedliche Press- und Konditionierformen herstellen müssen. Formatierungsformen werden wegen der unterschiedlichen Längen der Lamellen dennoch vier Stück benötigt.

Pressform

Die Pressformen sind in Ihrem Aufbau eher simpel gehalten. Sie bestehen aus einer Ober- und einer Unterseite, welche die Form der Lamellen wiedergeben. Auch hier werden Dübel zur genauen Positionierung der Formen aufeinander verwendet.

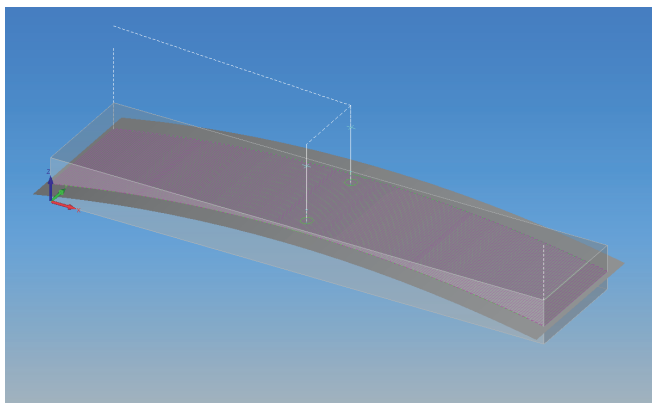


Abbildung 14: Pressform der Querlamelle

Formatierungsform

Jede dieser Formen besteht aus einer 20 Millimeter starken Multiplex- Grundplatte, auf der insgesamt 80 Millimeter Multiplex aufgeleimt sind. In die Oberseite wird die Kontur jeder einzelnen Lamelle eingefräst. Wie auch bei der Formatierungsform der Sitzlamellen, werden hier die Vorkehrungen für eine Halterung durch Vakuum hergestellt.

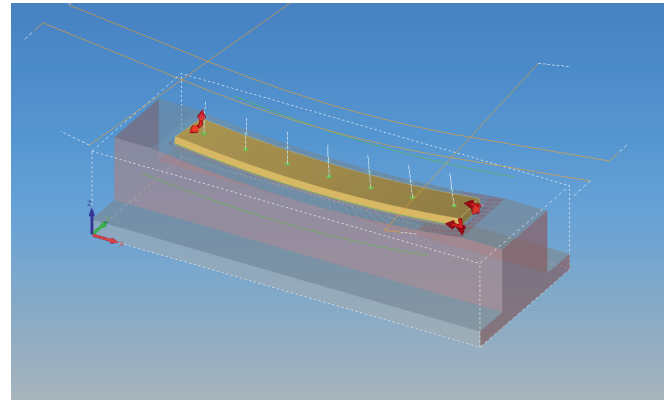


Abbildung 15: Formatierungsformen der Querlamellen (AutoCAD)

FERTIGUNGSPHASE

Nachdem die für die Fertigung benötigten Formen fertiggestellt waren, haben wir mit dem Pressen der ersten Teile begonnen. Unter diesem Punkt werden die Fertigungsschritte der Einzelteile mithilfe der in der Arbeitsvorbereitung gefertigten Formen beschrieben.

Sitzlamellen

1. Pressung

Der Pressdruck beim Pressen der Sitzlamellen soll mithilfe von Zwingen erreicht werden. Hierdurch bietet sich uns der Vorteil, dass wir nicht an die Maximalmaße der in der Werkstatt vorhandenen Presse gebunden sind. Zur Verleimung der einzelnen Schichten wird Kauritleim benutzt. Nach einer angemessenen langen Konditionierzeit stellten wir jedoch fest, dass wir mit den Zwingen nicht den für eine einwandfreie Pressung notwendigen Pressdruck innerhalb der offenen Zeit des Klebers herstellen können. Somit entschieden wir uns dazu, zum Pressen doch die Presse zu benutzen und unseren Verleimvorgang zu optimieren. Allerdings ist unsere Pressform nicht auf diese Maße ausgelegt. Dies hat eine Verkürzung der Lamelle zur Folge.

Um die Form in die Presse zu bekommen haben wir von der Sitzlamelle die obere Rundung entfernt und die Sitzfläche eingekürzt. Hieraus ergibt sich allerdings auch eine Kürzung der Press- Konditionier- und Formatierungsform. Die Pressform muss zusätzlich auch noch in der Höhe verändert werden. Um dies zu bewerkstelligen, haben wir in *AlphaCAM* eine Bearbeitung programmiert, welche

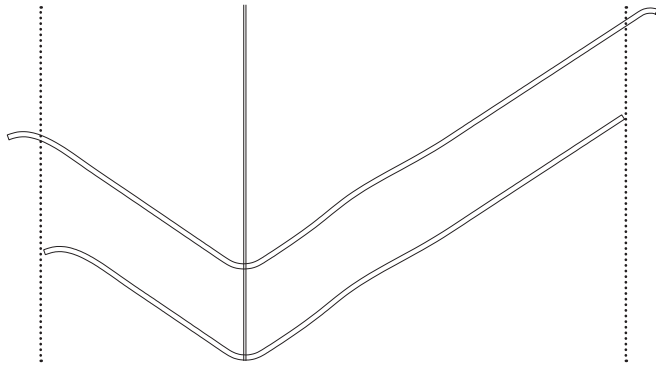


Abbildung 16: Vergleich der Ursprünglichen (oben) Form im Vergleich zur gekürzten Variante (AutoCAD)

die Form in allen Richtungen einkürzt. Um die Höhe der Pressform an die Maße der Presse anzupassen, musste Material von der 40 Millimeter starken Grundplatte abgenommen werden. Um die Grundplatte bearbeiten zu können, haben wir an der Ober- und Unterseite jeweils eine Seitenwand plangefräst, damit diese im 90 Grad Winkel zur Grundplatte steht. Auf diese plangefräste Seite wird nun die Pressform zur Bearbeitung der Grundplatte gelegt.

Nach Anpassung der Pressform, haben wir den zweiten Pressversuch gestartet.

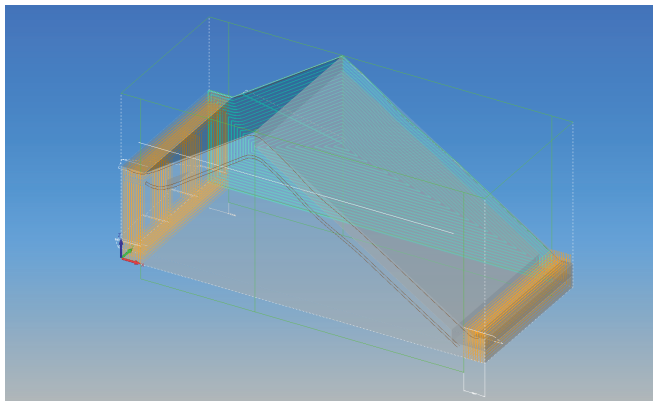


Abbildung 17: Überarbeitung der Pressform für die Pressung in der Presse

2. Pressversuch

Durch die vorgenommenen Änderungen an der Pressform ist diese nicht mehr so stabil wie zuvor. Als Schwachpunkte erwiesen sich die plangefräste Seite und die auf 20 Millimeter dicke gefräste Grundplatte. Das nachgeben der Grundplatte und der Seitenwand, aufgrund der schlechten Druckverteilung, haben dazu



Abbildung 18: Bruch der Pressform an der plangefrästen Stütze (<20 Millimeter)

geführt, dass die Form dem Pressdruck nicht standhalten konnte und während des Druckaufbaus nachgab. Nach Beendigung des Pressvorgangs stellten wir zudem noch einen Riss im Scheitelpunkt der Form fest. Zudem haben wir nicht bedacht, dass auch das Furnier auf ein bestimmtes Maß eingekürzt werden muss. So haben wir bei diesem Pressversuch zusätzlich das Problem gehabt, die Vorrichtung mit dem überstehenden Furnier in die Presse zu bekommen. Durch diese Vorfälle haben sich Risse in den Enden der Lamellen und im Deckfurnier und eine erhebliche Verformung der Lamellen ergeben. Für den nächsten Versuch galt es nun, die Form zu verstärken um den nötigen Pressdruck aufzubauen und die Länge des Furniers zu beachten.

3. Pressversuch

Nach Aussteifung der Form haben wir mit dem dritten Pressversuch begonnen. Die Form hält allerdings trotz Aussteifung noch nicht dem Druck der Presse stand. Wir mussten den Druck verringern um ein erneutes Brechen zu verhindern. Dies hat zur Folge, dass im Übergang von der Sitzfläche zur Rückenlehne die Furnierschichten nicht richtig verleimt sind.

Vor dem nächsten Pressversuch haben wir die Form noch weiter ausgesteift.

4. Pressversuch

Die Form hält dem Druck der Presse stand und wir können den Druck aufbauen, den wir für eine Optimale Verleimung benötigen

Formatierung

Beim Formatieren der mit der Bandsäge vereinzelt Lamellen, hat sich das nächste Problem aufgetan. Die Lamellen sind nicht so Formstabil wie uns erhofft haben. Liegt die Lamelle in der Form und sie wird an einer Seite auf die Form gedrückt, springt sie auf der anderen Seite rund 50 Millimeter nach oben. Hierdurch kann kein Unterdruck zur Fixierung erzeugt werden und die Lamelle lässt sich nicht auf der Formatierungsform befestigen. Da unsere Pressform bei einer größeren Produktionsmenge

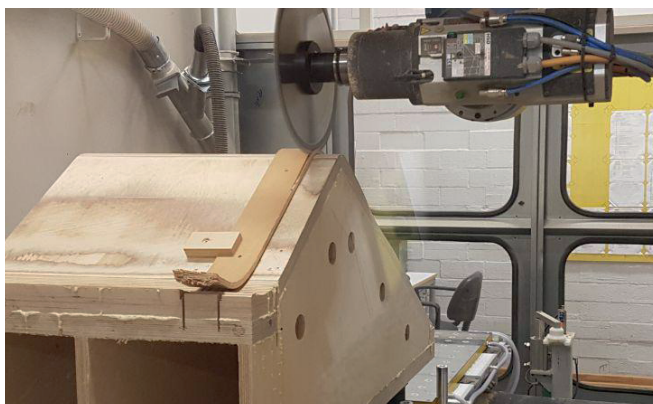


Abbildung 19: Fixierung der Sitzlamellen zur Formatierung

voraussichtlich aus Vollmaterial bestehen muss, erübrigte sich eine erneute Überarbeitung für die Radien, sodass wir zur Fixierung während der Formatierung Holzklötze verwendeten, welche in die Formatierungsform geschraubt wurden.

Querlamellen

Aufgrund der Größe der Querlamellen, müssen wir die Formen im Nachhinein nicht an die Presse anpassen. Auch die Aufspannung mithilfe des Vakuums funktioniert hierbei einwandfrei.

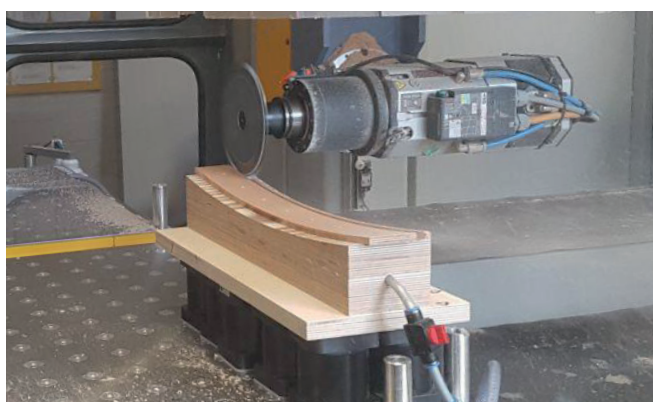


Abbildung 20: gepresste Querlamelle bei der Formatierung

Unterkonstruktion

Mithilfe der Biegevorrichtung werden die Stahllamellen der Unterkonstruktion in die richtige Form gebracht. Im Anschluss werden Flansche für die Beine angeschweißt. Die Beine, welche aus Vollholz gefertigt werden, erhalten ein Zapfenloch in einer der beiden Hirnholzflächen, die gegenüberliegende Seite wird parallel zum Boden angeschnitten. Die Verbindung zwischen den beiden Elementen bilden Schrauben, welche in Schraubenhülsen gedreht werden.



Abbildung 21: Stahl für die Stahllamellen

Nach Fertigstellung der ersten Unterkonstruktion, stellten wir fest, dass die Befestigung zwischen der Unterkonstruktion und der Beine nicht ausreichend ist. In dieser Konstruktion hält der Stuhl der Belastung eines Benutzers nicht dauerhaft stand.

Aus diesem Grund haben wir entschieden, die Flansche länger zu machen und die Beine zu schlitzeln.



Abbildung 22: Stahllamelle mit Flansch



Abbildung 23: Abstand beim Zusammenbau

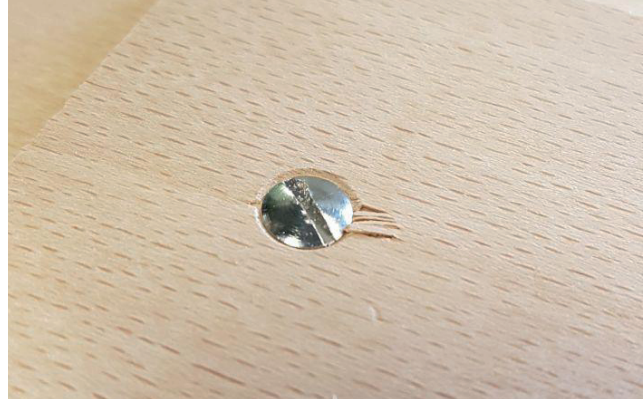


Abbildung 24: Probe einer Verbindungsschraube für die Sitzlamellen-Querlamellen-Verbindung

Verbindung der Einzelteile

Die Verbindung zwischen den Querlamellen und den Sitzlamellen hat uns vor das nächste Problem gestellt. Die Sitzlamellen stehen beim Verbinden so sehr unter Spannung, dass sich die Lamellen ab einem bestimmten Punkt nicht weiter verbinden lassen.

Aus diesem Grund haben wir uns dazu entschieden, die Bohrungen zu erweitern und die Lamellen mittels Schrauben und Schraubenhülsen zu verbinden.

Auf diesem Weg lässt sich auch die Unterkonstruktion mit der Sitzschale verbinden. Die Schrauben, welche zusätzlich noch durch die Unterkonstruktion gehen, sind von uns einfach länger gewählt als der Rest.

Das Problem der unterschiedlichen Positionierbohrungen in den einzelnen Sitzlamellen und in den Querlamellen

ergab sich daraus, dass wir die Positionierbohrungen anhand der Mittellamelle vorgenommen haben. Auch wenn die Sitzschale aus Gleichteilen bestehen, so sind die Bohrungen bei jeder Lamelle unterschiedlich positioniert. Das wiederum ergibt sich aus der Rotation.

Mit Hilfe der CAD-Datei haben wir die Positionen der Bohrungen auf die einzelnen Lamellen projiziert und so vier unterschiedliche Lamellentypen erzeugt. Jede Lamelle ist demnach ein Gleichteil, bis die Position auf dem Stuhl festgelegt wird und eine entsprechende Bohrung an den bestimmten Koordinaten erfolgt.

Nach diesem Schritt, sind die zuvor enthaltenen Spannungen eliminiert und der Stuhl kann nun von einer Person alleine zusammengebaut werden.

FAZIT

Nach Abschluss des Projektes kann gesagt werden, dass wir von Anfang an den Umfang des Projektes unterschätzt hatten. Die Probleme begannen schon bei der Zeichnungserstellung und das Pflichtenheft musste aufgrund der zu hohen Differenz zwischen dem Nutzen und dem dafür aufzubringenden Aufwand, ständig überarbeitet werden. Doch nicht nur im eher theoretischen Teil des Projektes gab es Rückschläge die uns immer wieder einen Strich durch die Rechnung gemacht haben. Das größte Problem stellte die Unterschätzung des benötigten Pressdruckes dar. Nicht nur das die Pressung mithilfe von Zwingen uns zu keinem vernünftigen Ergebnis geführt hatte, mussten wir alle schon gefertigten Formen an die neue Kontur anpassen was uns zeitlich ein ganzes Stück zurückwarf. Als dann auch noch die Pressform brach, waren wir kurz davor das Projekt an den Nagel zu hängen. Am Ende können wir jedoch zufriedenstellend sagen, dass die Mühen und Nachschichten es Wert waren, den Stuhl fertigzustellen. Auch wenn es zwischendurch immer wieder kleinere Probleme gab, wie zum Beispiel die falsche Leimrezeptur, welche bei den ersten Pressungen zu Fehlstellen führte, haben wir aus diesen Situationen gelernt und können es in späteren Projekten anders beziehungsweise besser machen. Im Großen und Ganzen kann man von einer gelungenen Gruppenarbeit sprechen. Die Kommunikation in der Gruppe war sehr gut und jeder hat sich in die Gruppe eingebracht. Auch wenn viele der „KANN“-Kriterien nicht erfüllt werden konnten, sind wir mit dem Endprodukt zufrieden und stolz einen so gemütlichen Stuhl konstruiert zu haben. Zudem würden wir die Pressform beim nächsten mal aus Vollmaterial herstellen um den Pressdruck richtigen Pressdruck zu erreichen.



Abbildung 25: Fertiger Stuhl und Michael bei der ersten Sitzprobe

ABBILDUNGS- UND QUELLENVERZEICHNIS

Fjordfiesta

Autodesk - AutoCAD

Licom - AlphaCAM

Abbildung 1: Lesestuhl Fjordfiesta	3
Abbildung 2: Pflichtenheft	4
Abbildung 3: Form zur Sitzflächengestaltung der HAWK	4
Abbildung 4: Sitzlamelle	4
Abbildung 5: Modell 1 (links) und Modell 2 (rechts)	5
Abbildung 6: Lamellenanordnung	5
Abbildung 7: Handskizze zur Dreibeinidee	6
Abbildung 8: Unterschiedliche Modelle der Beinpositionierung	6
Abbildung 9: Formatierung der Oberfläche für die Pressform (unterer Teil) (AlphaCAM)	7
Abbildung 10: Pressform beim Zusammenbau ohne Oberfläche. Blick auf die Stützen.	7
Abbildung 11: Konditionierform (Ober- und Unterform)	8
Abbildung 12: Formatierung mit CNC-Säge (AlphaCAM)	8
Abbildung 13: Formatierung (AlphaCAM)	8
Abbildung 14: Pressform der Querlamelle	9
Abbildung 15: Formatierungsformen der Querlamellen (AutoCAD)	9
Abbildung 16: Vergleich der Ursprünglichen (oben) Form im Vergleich zur gekürzten Variante (AutoCAD)	10
Abbildung 17: Überarbeitung der Pressform für die Pressung in der Presse	10
Abbildung 18: Bruch der Pressform an der plangefrästen Stütze (<20 Millimeter)	10
Abbildung 19: Fixierung der Sitzlamellen zur Formatierung	11
Abbildung 20: gepresste Querlamelle bei der Formatierung	11
Abbildung 21: Stahl für die Stahllamellen	11
Abbildung 22: Stahllamelle mit Flansch	11
Abbildung 23: Abstand beim Zusammenbau	12
Abbildung 24: Probe einer Verbindungsschraube für die Sitzlamellen-Querlamellen-Verbindung	12
Abbildung 25: Fertiger Stuhl und Michael bei der ersten Sitzprobe	13

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erklären wir an Eides Statt, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der ausgewiesenen Hilfsmittel angefertigt haben. Sämtliche Stellen und Bilder der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach anderen gedruckten oder im Internet verfügbaren Werken entnommen sind, haben wir durch genaue Quellenangaben kenntlich gemacht.

Hildesheim, 15.02.2019

Florian Funke

Michael Kolbe

Daniel Frischmuth

