

Dokumentation

Herstellung eines Bluetooth-Lautsprechers

HAWK Studiengang Holzingenieurwesen

BHV-02 CAD-CAM Praxisprojekt

Linus Espelage und Niklas Bensch

Dozenten: Dipl.-Ing. Norbert Linda

B.Eng. Arvid Schneck



Inhalt

Einleitung/Modulbeschreibung.....	3
Projektidee/Ideenfindung	3
Projektdurchführung.....	3
Zeichnungen	3
Materialauswahl.....	4
Pressform, erste Pressversuche und Konditionieren	4
Formatierungsform und Fehlversuche.....	6
Bearbeitung und Verbindung der Korpusteile	8
Innenleben des Lautsprechers	9
Verstärker.....	9
Akku.....	10
Akkuwächter	10
Taster für den Akkuwächter.....	10
Klinkenbuchse	11
Hohlsteckeradapter.....	11
LEDs.....	11
Terminalbox für Subwoofer	12
Netzteil.....	12
Lautsprecher	12
Deckplatten Vorder- und Rückseite	14
Funktionen der Einstellrädchen	15
Zusammenbau/Verleimung.....	16
Oberflächenbearbeitung	17
Fazit	17
Abbildungsverzeichnis.....	18
Bild- und Produktquellen.....	19

Einleitung/Modulbeschreibung

Die Ziele des CAD-CAM Praxisprojektes umfassen die Planung, Konstruktion, Herstellung und Montage von einem Möbelstück unter Umsetzung von digitalen 3D-CAD-Entwürfen in 3D-Modelle mittels 5-Achs-Technologie. Voraussetzung für die Projektumsetzung ist die Verwendung von Bearbeitungsverfahren und Frästechnologien mit fünf Bearbeitungsachsen. Für die Erstellung der Fräsprogramme wird die CAD/CAM-Software Alphacam verwendet und für die Durchführung werden den Studierenden drei CNC-Maschinen im Labor für Bearbeitungstechnik zur Verfügung gestellt.

Begonnen hat das Modul mit Einführungsveranstaltungen in die Software Alphacam und Vorstellungen des Projektzieles, des Ablaufes der Projekte und von Ergebnissen der vorherigen Semester. In dieser Dokumentation stellen wir die Herstellung unseres Ergebnisses, ein Bluetooth-Lautsprecher, vor.

Projektidee/Ideenfindung

Die Ideenfindung gestaltete sich anfangs als schwierig, da wir keinerlei Vorgaben zur Art des Möbels erhalten hatten. D.h. wir konnten uns bei der Entwicklung frei bewegen, einzige Vorgabe war das Einbeziehen von Bearbeitungsverfahren mit fünf Bearbeitungsachsen. Für uns stand schnell fest, dass wir einen Lautsprecher herstellen wollen. Eine weitere Überlegung war die Fertigung einer Esstischlampe, welche wir aber wieder verwarfen, da uns sehr schnell ein geeigneter Entwurf für einen Lautsprecher einfiel. Der Korpus der Box sollte an allen Seiten konkav ausgeführt werden, mit stark abgerundeten Kanten, ähnlich wie ein Megafon.

Projektdurchführung

Zeichnungen

Die 3D- und 2D-Zeichnungen entstanden mit SolidWorks und AutoCAD. Diese Zeichnungen übertrugen wir dann in AlphaCAM, um die Fräsprogramme zu erstellen. Der erste Entwurf entstand in Solidworks und zeigt eine ähnliche Form (siehe Abb. 1 und Abb. 2), wie unser Endprodukt.

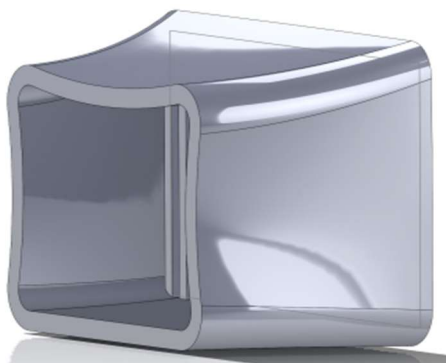


Abbildung 2: Erster Entwurf Rückseite



Abbildung 1: Erster Entwurf Vorderseite

Da es sich fertigungsbedingt einfacher gestaltet den Korpus aus symmetrischen Teilen herzustellen, entschieden wir uns die Box aus zwei gleichen Teilen zu fertigen (siehe Abb. 3)

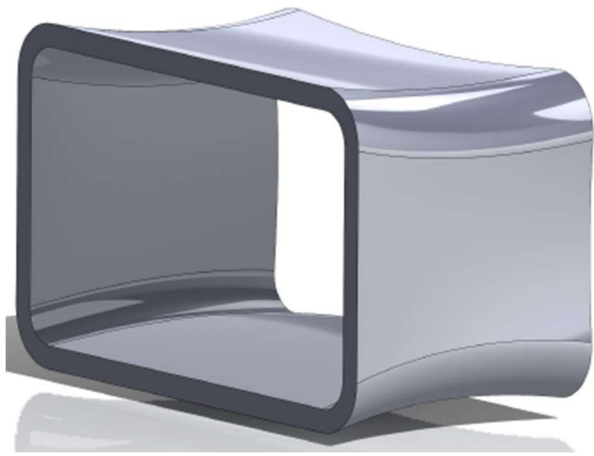


Abbildung 3: symmetrischer Entwurf

Materialauswahl

Der Korpus der Box besteht aus 10 Lagen 3D-Furnier von dem Unternehmen Danzer und hat damit eine Materialstärke von ca. 12mm. Ein Versuch die Deckschicht aus Eschenfurnier herzustellen, scheiterte beim Formatieren, da Esche ein sprödes Holz ist und somit leicht ausreißt. Deshalb fiel unsere Wahl schlussendlich auf Nussbaum, da wir hiermit bessere Ergebnisse beim Fräsen erzielen konnten. Um einen ansehnlichen Kontrast zum Holz zu schaffen, entschieden wir uns die Deckplatten an Vorder- und Rückseite des Lautsprechers aus schwarzem MDF zu fertigen und mit Nussbaum zu furnieren. So entstand eine schwarze Umrandung des Lautsprechers an Front- und Rückseite. Da uns herkömmliche Möbelfüße und Drehknöpfe nicht gefielen, fertigten wir die Knöpfe und Füße des Lautsprechers aus ebenfalls Nussbaumvollholz.

Pressform, erste Pressversuche und Konditionieren

Um eine geeignete, zeichnungsgemäße Pressform für den Korpus anzufertigen, schnitten wir das Zeichenmodell mittig in zwei gleich große Teile und verlängerten die Innenflächen um 30mm, um später etwas mehr Platz und Überstand für das Furnier auf der Pressform zu haben (siehe Abb. 4).

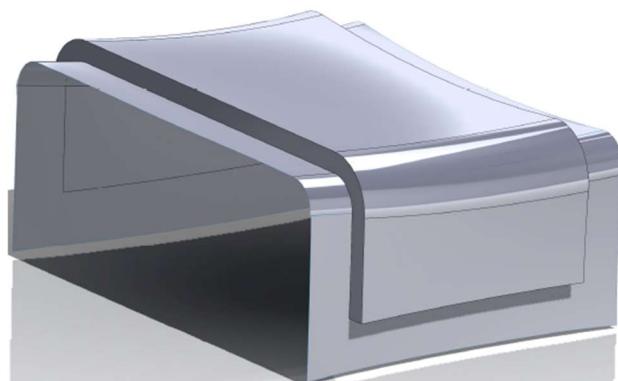


Abbildung 4: verlängerte Innenflächen

Dieses Zeichenmodell übertragen wir in AlphaCAM und erzeugten ein Solid aus den verlängerten Innenflächen. Mithilfe des Solids konnten wir das Fräsprogramm für die Pressform (siehe Abb. 5) erstellen und diese aus einem Block verleimter Multiplex-Platten fräsen. Die erste Fräsung der Pressform war zu groß geraten, da wir versehentlich die Außenflächen unseres Zeichenmodells annahmen. Dadurch entstand bei dem ersten Pressversuch ein zu großes Formteil (siehe Abb. 8). Das war aber kein Problem, da wir den Fehler leicht beheben und die Pressform nachfräsen konnten. Da wir erreichen wollten, dass der Lautsprecher nur aus zwei Formteilen besteht, entschieden wir uns dafür mit dem Vakuumsack (siehe Abb. 6) und ohne Gegenform zu pressen. So konnten wir gewährleisten, dass der Anpressdruck von allen Seiten gleich ist. Für die ersten Verleimversuche legten wir die Furnierschichten alle in die gleiche Faserrichtung. Um höhere Stabilität zu erreichen, legten wir für weitere Pressversuche zwei Furnierschichten quer zur Faser der anderen 8 Schichten.



Abbildung 5: gefräste Pressform



Abbildung 6: Verleimung mit Vakuumsack



Abbildung 7: Formteil mit Pressform nach dem Pressvorgang



Abbildung 8: Formteil

Nach dem Verpressen der Formteile mussten wir sicherstellen, dass der Leim abbinden und dass sich das Furnier nicht in seine ursprüngliche Form ziehen kann. Dafür nutzten wir sogenannte Konditionierformen, die die gleiche Form wie unsere Pressform haben, aber aus Spanplatte, also einem günstigeren Material, bestehen. Um die Bauteile in ihrer Form zu halten und auf der Konditionierform zu fixieren, nutzten wir Schrauben und Spanngurte (siehe Abb. 9).



Abbildung 9: Formteile auf Konditionierform

Formatierungsform und Fehlversuche

Um die Formteile nach dem Verleimen in ihre endgültige Form zu bringen und vernünftig bearbeiten zu können, benötigten wir eine Formatierungsform (siehe Abb. 11). Dafür erstellten wir erneut eine Pressform, in die wir dann eine Tasche und eine Nut einfrästen, um unser Formteil mit Vakuum und ohne Schrauben oder ähnlichem fixieren zu können. Dafür wird das zu bearbeitende Teil auf die Formatierungsform aufgelegt und mit einem Schlauch angesaugt, durch den Moss Gummi wird sichergestellt, dass die Form luftdicht ist. Da das Sägeblatt für die CNC-Maschine zu groß ist, um unser Teil sicher bearbeiten zu können, entschieden wir uns dafür die Formteile mit einem 6mm-Fräser zu formatieren (siehe Abb. 10). Hierfür nutzten wir den Gleichlauf (Spahnabnahme in Vorschubrichtung), um eine möglichst hohe Oberflächengüte zu erreichen.

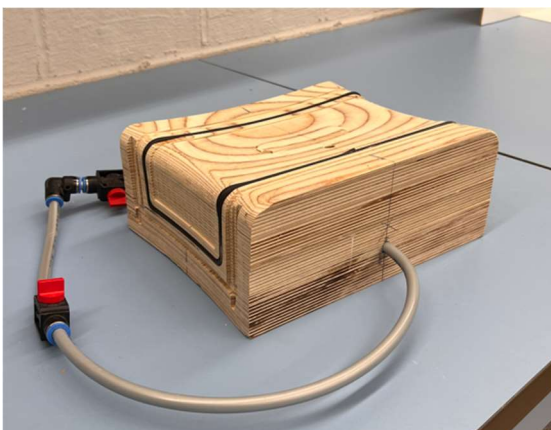


Abbildung 11: Formatierungsform



Abbildung 10: Bearbeitung des Formteils

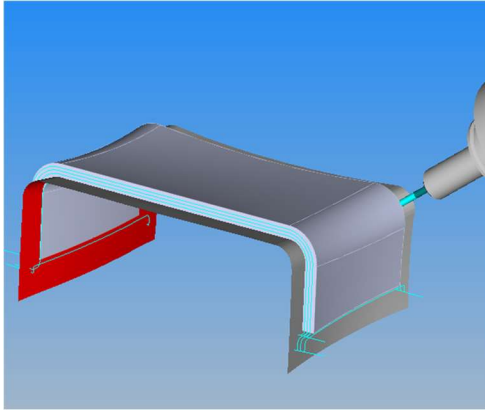


Abbildung 12: Simulation des Formatierens in AlphaCAM

Wie bereits unter „Materialauswahl“ beschrieben, sollte ein Lautsprecher mit einer Deckschicht aus Eschenfurnier gefertigt werden. Leider erreichten wir beim Formatieren keine guten Ergebnisse, da die einzelnen Lamellen des 3D-Furniers stark ausrissen (siehe Abb. 13 und 14).



Abbildung 14: Ausrisse im Furnierbild (1)



Abbildung 13: Ausrisse im Furnierbild (2)

Wir entschieden uns schlussendlich für jeden der drei Lautsprecher Nussbaumfurnier zu verwenden. Auch mit diesem Furnier erzielten wir keine perfekte Oberflächengüte, die Ausrisse waren hier aber deutlich überschaubarer, als bei dem Eschenfurnier. Kleine Ausrisse und Fehlstellen konnten mit Lackstift und Wachs ausgebessert werden. Bei größeren auffälligen Ausrissen durch das Formatieren leimten wir passende Späne ein.

Bearbeitung und Verbindung der Korpusteile

Um das Innenleben bzw. die Lautsprecher im Korpus der Box zu befestigen, frästen wir mit einem Scheibennutfräser eine umlaufende Nut 1cm von der Vorderkante in die jeweiligen Korpusteile ein (siehe Abb. 15). In diese Nut führten wir beim Verleimen des Korpus eine Sperrholzplatte mit zwei Löchern für die Lautsprecher ein. So können wir gewährleisten, dass die Lautsprecher einen festen Halt im Inneren der Box haben.



Abbildung 15: Nut zur Befestigung der Lautsprecherplatte

Für die Verbindung der Korpusteile gab es mehrere Möglichkeiten z.B. Nut und Feder, über einen Falz oder auch mittels einer außenliegenden Feder aus Metall. Wir entschieden uns aber für eine Verbindung mit 6mm Dübeln. Hierfür fertigten wir eine Bohrschablone an (siehe Abb. 17), bei der wir sicherstellen konnten, dass die Bohrlöcher jeweils an exakt der gleichen Stelle in den Korpusteilen liegen (siehe Abb. 16). Die Korpusteile werden mit Dübeln und Multiplexplatten in ihrer Position gehalten, für das Teil oben wird die Schablone von unten aufgesetzt, beim unteren Teil von oben. So konnten die Dübellöcher mit dem Akkuschauber gebohrt werden, sodass der Stoß übereinstimmt.



Abbildung 16: Bohrschablone



Abbildung 17: Bohrschablone mit Korpusteilen

Innenleben des Lautsprechers

Im Folgenden werden alle elektronischen Bauteile aufgezeigt, welche wir für unseren Lautsprecher verwendet haben. Außerdem wird kurz erklärt, welche Funktion die einzelnen Teile haben.

Bevor wir unsere Teile bestellt haben, haben wir grob geschaut, ob wir alles im Korpus unterbringen können. Dadurch das wir nur grob geprüft haben, ob alle Bauteile untergebracht werden können, ist es am Ende, als wir den Lautsprecher zusammengebaut haben ziemlich knapp geworden. Dennoch haben wir alle Teile im Korpus unterbringen können.

Verstärker



Abbildung 18: Verstärker

Wir haben diesen Verstärker ausgewählt, da wir mit ihm die Möglichkeit haben die Box sowohl per Akku als auch mit einem Netzteil betreiben können. Außerdem besteht die Möglichkeit die Audioquelle per Bluetooth oder einer AUX-Schnittstelle zu verbinden.

Der Verstärker bietet die Möglichkeit 2 Lautsprecher mit 50 Watt und einen Subwoofer mit 100 Watt anzuschließen.

Die Einstellrädchen ermöglichen es die Lautstärke zu regulieren als auch die Höhen und Tiefen der 2 Breitbandlautsprecher einzustellen. Für den Subwoofer sind 2 weitere Rädchen verbaut, mit welchem man die Frequenz und die Lautstärke regeln kann.

Der Verstärker ist innerhalb des Gehäuses verbaut. Einzig die Rädchen gucken vorn aus unserer Deckplatte heraus. Da die eigentlichen Rädchen zu kurz gewesen sind, haben wir diese mit 6mm Alu Rundstäben verlängert, sodass wir von außen abdeckkappen aus Nussbaum befestigen konnten, welche als Drehknöpfe dienen.

Akku



Abbildung 19: Akku

Der von uns gewählte Akku ermöglicht es uns die Box auch ohne eine externe Stromzufuhr zu betreiben. Es handelt sich hierbei um eine 12 Volt Batterie mit einer Kapazität von 7.0 Ah.

Akkuwächter



Abbildung 20: Akkuwächter

Damit wir eine Möglichkeit zur Kontrolle unserer Batterie haben, haben wir einen Bausatz für einen Akkuwächter bestellt, welcher mittels LEDs anzeigt, wie voll die Batterie geladen ist (grün= voll, gelb= halbvoll, rot=leer). Dieser Bausatz kam in allen Einzelteilen und musste von uns noch auf einer Platine verlötet werden. Außerdem haben wir nicht die mitgelieferten LEDs verwendet, sondern haben LEDs mit einem längeren Kabel verbaut, sodass wir diese aus dem Gehäuse herauslegen können um von außen den Akkustand einzusehen.

Taster für den Akkuwächter



Abbildung 21: Taster für Akkuwächter

Mit diesem Taster lassen sich die LEDs der Akkustandsanzeige einschalten. Drückt man diesen Taster leuchten die LEDs auf und sobald man ihn wieder loslässt ist der Stromkreis unterbrochen und die LEDs leuchten nicht mehr. Wir haben uns für diesen Taster entschieden, damit beim Betreiben des Lautsprechers nicht immer die LEDs leuchten, Dies haben wir als störend empfunden.

Klinkenbuchse



Abbildung 22: Klinkenbuchse

Diese 3,5mm Klinkenbuchse habe wir mit Kabeln direkt an den Verstärker gelötet, sodass wir diese außen an der hinteren Deckplatte befestigen konnten. Über diesen Anschluss kann man mit einem AUX-Kabel eine Audioquelle anschließen. Bis zum Schluss des Projektes konnten wir allerdings nicht herausfinden, wie man von der Bluetooth Verbindung auf die Kabelverbindung umschaltet. Zufälligerweise hat es manchmal funktioniert. Wir konnten allerdings nicht herausfinden, warum dies so ist, da es auch keine genaue Anleitung zum Verstärkermodul gibt.

Hohlsteckeradapter



Abbildung 23: Hohlsteckeradapter

Mit diesem Adapter haben wir den Stromanschluss des Verstärkers verlängert und auch außerhalb der Box platziert, um den Akku laden zu können.

LEDs



Abbildung 24: LEDs

Die LEDs erfüllen mehrere Funktionen. Zum einen haben wir eine blaue LED in der vorderen Deckplatte verbaut, welche leuchtet, sobald man die Box einschaltet. Drei weitere LEDs befinden sich in der hinteren Deckplatte, welche wie schon erwähnt für die Anzeige des Akkustandes zuständig sind. Bei diesen LEDs sind bereits Kabel und ein Vorwiderstand angebracht gewesen, was uns die Arbeit des Lötens gespart hat.

Terminalbox für Subwoofer



Abbildung 25: Terminalbox für Subwoofer

Diese Terminalbox beinhaltet 2 Schraubanschlüsse als auch Anschlüsse für „Bananenstecker“. An diesen Anschlüssen kann man bei Bedarf die Kabel eines externen Subwoofers anschließen um die Soundqualität der Box zu erhöhen.

Netzteil



Abbildung 26: Netzteil

Das Netzteil versorgt den Verstärker mit Strom. Außerdem wird mit diesem Netzteil der Akku geladen.

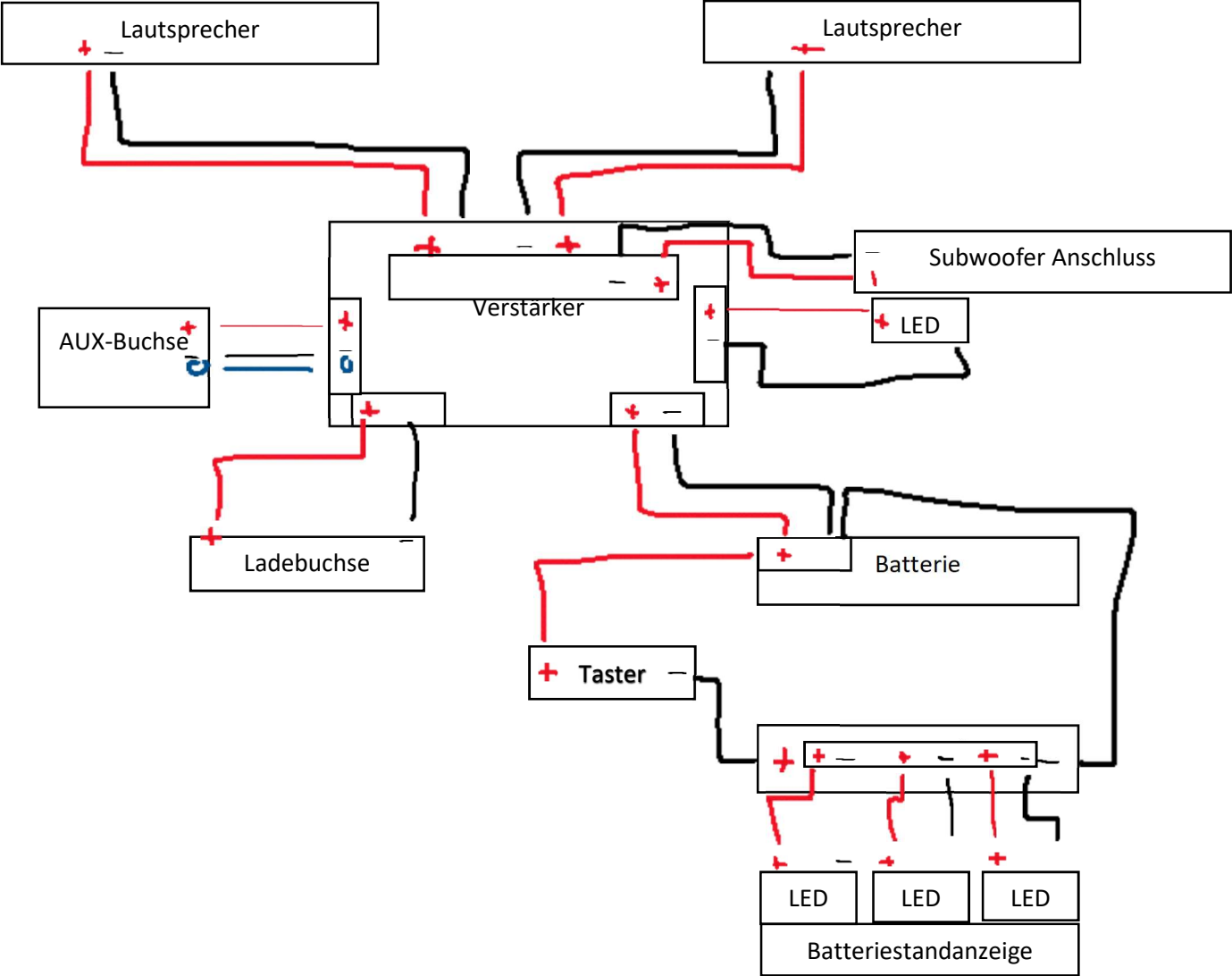
Lautsprecher



Abbildung 27: Lautsprecher

Bei diesen Lautsprechern handelt es sich um die FR 10-4 Breitbandlautsprecher der Firma Visaton, welche uns diese netterweise für unser Studienprojekt zur Verfügung gestellt hat.

Dieser Schaltplan stellt schematisch da, wie welche Bauteile miteinander verbunden sind.



Deckplatten Vorder- und Rückseite

Um den Lautsprecher von vorn optisch ansprechend zu gestalten und von hinten zu verschließen, haben wir Deckplatten angefertigt. Unsere erste Idee war es Sperrholzplatten aus Nussbaumfurnier herzustellen, um diese als Deckplatten zu nutzen. Diesen Gedanken haben wir allerdings relativ schnell aufgrund des hohen Zeit- und Materialaufwandes verworfen. Als Alternative haben wir uns für schwarz durchgefärbtes MDF entschieden, da dieses eine ansprechende Kombination mit Nussbaum ergibt. Im Labor standen uns allerdings nur 19mm starke Platten zu Verfügung, was für unsere Ansprüche zu dick war. Also haben wir diese zunächst auf der CNC dünner gefräst. Beim ersten Versuch haben wir nur eine Seite abgefräst, wobei sich allerdings herausstellte, dass sich diese durch ihren Aufbau schüsselt. MDF hat an Ober- und Unterseite eine feinere, stärker gepresste Schicht als in der Mittellage, wodurch bei einseitiger Spanabnahme auch einseitige Spannungen auftreten. Um dieses Problem zu umgehen, frästen wir für die nächsten Platten jeweils von beidseitig. Die Stärke der Platten nach der Bearbeitung betrug nun 9mm. Ein weiteres Problem welches beim Fräsen von MDF auftritt ist, dass das Vakuum, die Platte auf den Tischen der CNC nicht fixieren kann, da Luft aufgrund des Schichtaufbaus von MDF durch die Platte gesaugt wird. Um dies zu umgehen, haben wir die Unterseite jeweils mit Klebeband abgedeckt. Nachdem wir alle Platten auf die passende Stärke gefräst hatten, haben wir Nussbaum Furnier beidseitig aufgeleimt. Um ein passendes Muster für unsere Lautsprecherfront zu finden, haben wir zunächst einige Beispiele gezeichnet und uns schließlich für ein Muster mit verschiedenen großen Löchern in wechselnder Anordnung entschieden. Für das Exemplar der HAWK haben wir uns überlegt das Logo der Hochschule in Kombination mit Löchern in die Deckplatte zu fräsen. Bei beiden Exemplaren wurden unten mittig fünf 8mm-Löcher für die Drehrädchen des Verstärkers gefräst. Da wir die Deckplatten durchbohrten hatten wir nicht die Möglichkeit diese normal mit den Vakuumsaugern der CNC fixieren zu können. Hierfür verwendeten wir eine Multiplex Opferplatte, auf welcher wir die Deckplatten festschrauben konnten. Im ersten Schritt haben wir also das Muster von vorne in die Platte gefräst. Bei dieser Bearbeitung konnten wir jeweils in den Ecken Schrauben platzieren um das Bauteil auf der Opferplatte zu fixieren. Im nächsten Arbeitsgang haben wir die Platte umgedreht um diese von der Hinterseite zu bearbeiten. Damit wir die gleiche Position finden haben wir in die Löcher für die Drehrädchen 8mm Dübel gesteckt, welche es uns ermöglichten genau dieselbe Position wieder anzunehmen. Durch vier weitere Löcher, welche durch das Muster entstanden sind konnten die Deckplatten mittels Schrauben und Unterlegscheiben fixiert werden. Für die Rückseite haben wir zunächst einen Falz und anschließend die Außenkontur der Box gefräst. Die hintere Platte ist von der Bearbeitungsreihenfolge identisch wie die Bearbeitung der Front. Der einzige Unterschied ist die unterschiedliche Kontur (siehe Abb. 28) und dass anstatt des Musters verschiedene Bohrungen für: AUX-Anschluss, Stromzufuhr, Taster, drei LEDs und das Terminal für den Subwoofer gefräst wurden. Nachdem alle Platten gefräst wurden, haben wir diese zunächst einmal geschliffen, um kleine

Ausfransungen zu entfernen um ein mögliches Beschädigen des Furniers zu verhindern. Anschließend haben wir auf die Rückseite der Frontplatte einen schwarzen Lautsprecherstoff mit Holzleim aufgeleimt, damit die dahinter verbauten Lautsprecher verdeckt sind. Mittels eines Fasenfräasers mit Anlauftring konnten wir im Anschluss umlaufend eine Fase an beide Deckplatten anfräsen. Dafür haben wir die Platten in den Korpus eingelegt und konnten so die exakte Kontur des Korpus abfahren und erhielten eine gleichmäßige, umlaufende Fase.



Abbildung 28: Rückplatte des Lautsprechers

Funktionen der Einstellrädchen



Abbildung 29: Front der HAWK-Box

Subwoofer Frequenz	Subwoofer Lautstärke	Höhen R&L Channel	Bass R&L Channel	An/ Aus Lautstärke
-----------------------	-------------------------	----------------------	---------------------	-----------------------

Zusammenbau/Verleimung

Für den Zusammenbau klebten wir das Furnier an den Stößen mit Klebeband ab, damit kein Leim auf die Fläche austreten kann. Die Deckplatten von Front- und Rückseite steckten wir beim Verleimen ohne Leim in den Korpus, damit dieser die richtige Form behalten kann. Die Sperrholzplatte für die Lautsprecher sorgte ebenfalls für Stabilität und wirkte formgebend. Für das Verleimen nutzten wir Klemmzwingen (siehe Abb. 30), da diese eine Korkfläche haben und damit oberflächenschonend sind.

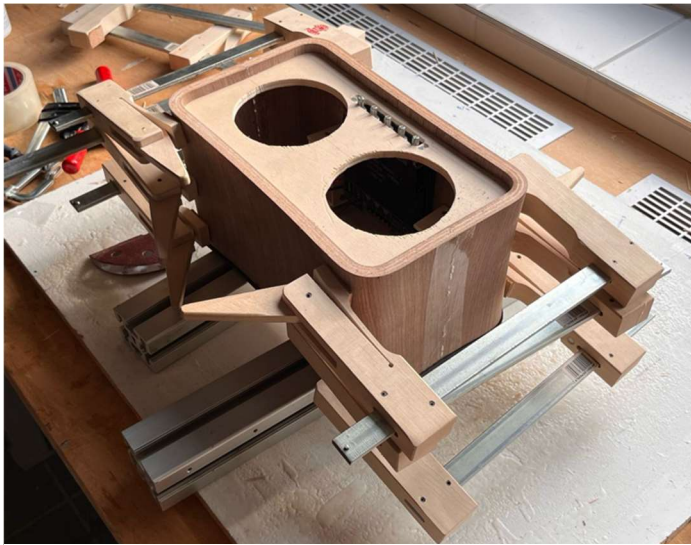


Abbildung 30: Verleimen des Korpus

Nach dem Verleimen des Korpus verleimten wir die Frontplatte mit Weißleim und im gleichen Zuge die Drehknöpfe mit PUR-Leim (siehe Abb. 31 und 32)

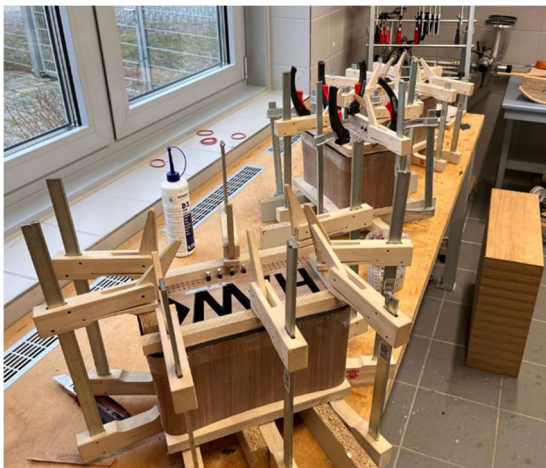


Abbildung 32: Verleimen der Deckplatte



Abbildung 31: Verleimen der Drehknöpfe

Nun folgte die Zusammenführung des Innenlebens der Lautsprecher und das Anbringen der Rückplatte. Hierfür leimten wir drei Klötze im Inneren an den Korpus, um die Rückplatte an drei Punkten mit Schrauben und Rampamuffen fixieren zu können. Wir entschieden uns kurz vor Ende der Projektarbeit noch dafür Füße aus Nussbaum für die Lautsprecher anzufertigen.

Oberflächenbearbeitung

Nach den Verleimarbeiten und dem Zusammenbau schliffen wir die Lautsprecher mit Schleifpapier in 180er Körnung. Hierbei mussten wir besonders vorsichtig vorgehen, da die Deckschicht des 3D-Furniers sehr dünn ist und es so leicht passieren kann, dass das Furnier durchgeschliffen wird. Nach dem Schleifen folgten das Ölen der Oberfläche und nach einem Zwischenschliff die endgültige Bearbeitung der Lautsprecher.

Fazit

Die Fertigung der Lautsprecher lief für uns, abgesehen von ein paar wenigen Rückschlägen, wie geplant. Wir mussten aufgrund der Bearbeitungsgüte alle Lautsprecher in Nussbaum fertigen, was aber nur zeitweise ein Problem darstellte, da die Ergebnisse sehr zufriedenstellend sind. Die Verkabelung des Innenlebens dauerte recht lang, aber alle Lautsprecher funktionieren. Viele kleinere Arbeitsschritte, die wir anfangs als wenig zeitintensiv ansahen, verbrauchten viel mehr Zeit als geplant. Wir konnten einiges zur Ver- und Bearbeitung von Formteilen lernen und durch die Unterstützung der Dozenten und unserer Kommilitonen lief das Projekt nahezu reibungslos ab.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erster Entwurf Vorderseite	3
Abbildung 2: Erster Entwurf Rückseite.....	3
Abbildung 3: symmetrischer Entwurf.....	4
Abbildung 4: verlängerte Innenflächen.....	4
Abbildung 5: gefräste Pressform	5
Abbildung 6: Verleimung mit Vakuumsack	5
Abbildung 7: Formteil mit Pressform	5
Abbildung 8: Formteil.....	5
Abbildung 9: Formteile auf Konditionierform.....	6
Abbildung 10: Bearbeitung des Formteils.....	6
Abbildung 11: Formatierungsform	6
Abbildung 12: Simulation des Formatierens in AlphaCAM	7
Abbildung 13: Ausrisse im Furnierbild (2)	7
Abbildung 14: Ausrisse im Furnierbild (1)	7
Abbildung 15: Nut zur Befestigung der Lautsprecherplatte	8
Abbildung 16: Bohrschablone mit Korpusteilen.....	8
Abbildung 17: Bohrschablone	8
Abbildung 18: Verstärker	9
Abbildung 19: Akku	10
Abbildung 20: Akkuwächter	10
Abbildung 21: Taster für Akkuwächter.....	10
Abbildung 22: Klinkenbuchse	11
Abbildung 23: Hohlsteckeradapter	11
Abbildung 24: LEDs.....	11
Abbildung 25: Terminalbox für Subwoofer	12
Abbildung 26: Netzteil.....	12
Abbildung 27: Lautsprecher	12
Abbildung 28: Rückplatte des Lautsprechers.....	15
Abbildung 29: Front der HAWK-Box.....	15
Abbildung 30: Verleimen des Korpus	16
Abbildung 31: Verleimen der Drehknöpfe	16
Abbildung 32: Verleimen der Deckplatte	16

Bild- und Produktquellen

Alle Bilder entstanden während der Projektarbeit und sind unsere eigenen Aufnahmen.

Lautsprecher <https://www.visaton.de/de/produkte/chassis/breitband-systeme/fr-10-4-ohm>

Verstärkerplatine

https://www.amazon.de/dp/B0B53R2ZPB?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Netzteil https://www.amazon.de/dp/B07L5GP7SD?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Lautsprecherstoff

https://www.amazon.de/dp/B09JRSVKL9?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Akku https://www.amazon.de/dp/B079MBRRHH?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Terminal Subwoofer

https://www.amazon.de/dp/B0CJ9CQGMJ?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Taster https://www.amazon.de/dp/B0C6M99SBC?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Akkuwächter

https://www.amazon.de/dp/B06XC1QVQ2?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

LED https://www.amazon.de/dp/B093F1SJGG?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

AUX https://www.amazon.de/dp/B07B2H4L1V?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Hohlstecker

https://www.amazon.de/dp/B0C6MBNW77?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Stoff https://www.amazon.de/dp/B09JRSVKL9?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details

Kabel https://www.amazon.de/dp/B08NK1GSXF?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details