Studiengang Holzingenieurwesen

Labor für Bearbeitungstechnik LBT









BHV-02 CADCAM – Dokumentation

Stehlampe mit Schwalbenschwanzverbindung

Studenten: Dozenten:

Jonas Meinecke Dipl.-Ing. Norbert Linda

Moritz Wachsmann Dipl.-Ing. Renke Abels

CAD/CAM Praxisprojekt WiSe 2020/2021	Maßst	ab 1:1	Fertig gestellt am:	18.02.2021
Dateiname	Stehlampe mit Schwalbenschwanzverbindung			
Seitenanzahl	28	HAWK Hildeshe	im - LBT	BHV02

Inhalt

1	Da	as Proje	kt	3
	1.1	Über	blick	3
	1.2	Erwa	rtung	4
2	Id	eenfind	ung	4
	2.1	Idee	1	4
	2.2	Idee	2	5
3	Uı	msetzur	ng	6
	3.1	Zeitp	lan	6
	3.2	CAD		8
	3.3	CAM		8
	3.4	Press	sformen	9
	3.5	Druc	kberechnung & Pressen	10
	3.6	Mate	erialauswahl	11
	3.7	Form	atierung	13
	3.	7.1	Formatierungsaufnahme	13
	3.	7.2	Nuten	14
	3.	7.3	Schwalbenschwanz	14
	3.8	Zusät	tzliche Fertigung	16
	3.	8.1	Ständer	16
3.8.2		8.2	Schirmhalterung	19
	3.	8.3	Elektronik	19
	3.9	Verle	eimen und Montage	20
4	Er	gebnis.		24

CADCAM – BHV 02 WiSe 20/21

5	Pro	otokolle	25			
6	Faz	:it	26			
7	Quellen					
-	7.1	Literaturverzeichnis	28			
-	7.2	Abbildungsverzeichnis	28			

1 Das Projekt

Im Projekt BHV-02, das CADCAM Praxisprojekt geht es um die selbstständige Arbeit mit CNC-Maschinen und einem CAD/CAM System. Die Durchführung dieser Übung basiert auf der Erstellung eines gewünschten Projektes. Ziel ist es verschiedene Praktiken zu erproben und anhand von theoretischen Kenntnissen anzuwenden.

1.1 Überblick

Der Inhalt des Projektes sieht wie folgt aus: Gruppenzusammenstellung mit einem:er beliebigen Partner:in, Planung, Konstruktion, Herstellung und Montage von einem Objekt, Umsetzung von digitalen 3D-CAD-Entwürfen in 3D Modelle mittels 5-Achs-Technologie, Programmierverfahren und Frästechnologien mit fünf Bearbeitungsachsen, Mehrseitenbearbeitung, 4/5-Achs-Simultanbearbeitung, Aufbau Arbeitsweise und unterschiedlicher CAD/CAM-Systeme, Datenaustausch zwischen unterschiedlichen CAD/CAM-Systemen, 3D-Digtalisieren, praktische Anwendung von Werkstoff- und Materialkenntnissen. Ziel ist ein fertiggestelltes Möbel, welches mit der vorher beschrieben Verfahren umgesetzt ist.

Wir entschlossen uns dafür ein Möbel zu wählen, welches einen nicht allzu hohen Aufwand hatte, um es unter den gegebenen Umständen zu realisieren, jedoch einen praktischen und alltäglichen Nutzen erweist. Durch ein Brainstorming sammelten wir mehrere Ideen, wie zum Beispiel einen Fahrradhelm oder eine Stehlampe. Wir diskutierten über Vor- und Nachteile des Objektes, Realisierbarkeit und Materialaufwand. Schlussendlich entschieden wir uns für die Stehlampe. Sie hatte einen Nutzen für uns beide und ist in dem geplanten Umfang realisierbar. Den Anfang bildeten gebastelte Modelle, danach erstellten wir einen Zeitplan und machten erste Zeichnungen und Skizzen im CAD-Programm. Danach fokussierte sich die Arbeit auf die Werkstatt. Wir fertigten Pressformen an, machten unterschiedliche Materialversuche und formatierten alle Einzelteile der Stehlampe. Zum Schluss erstellten wir den Ständer der Lampe und montierten die Einzelteile miteinander.

Diese schriftliche Ausarbeitung dient zur Dokumentation und gibt Einblicke in die Ausarbeitung des Projektes.

1.2 Erwartung

Von dem Projekt erwarteten wir einen theoretischen aber vertiefteren und praktischen Einblick in die Arbeit mit der CNC-Technik. Diese wurde im Studium bisher theoretisch behandelt. Wir wollten diesen Teil der Produktionskette genauer kennenlernen, da sie einen sehr praktischen Ansatz hat. Weiterhin fanden wir wichtig, einen guten Umgang mit einem CAM-Programm zu erlernen. Unser Ziel war es, die Formen, die wir uns vorstellten in die Realität umzusetzen. Außerdem wollten wir den richtigen Umgang mit den Fräsen erlernen, wie zum Beispiel die richtige Einstellung der Vorschubgeschwindigkeit. Als eher kleineres Ziel hatten wir für dieses Projekt ein ansprechendes Design bei unserem Objekt.

2 Ideenfindung

Wie schon am Anfang beschrieben wollten wir eine Stehlampe konstruieren. Die Ideenfindung umschreibt in der Dokumentation zwei Ideen. Die erste Idee haben wir nach den ersten drei Wochen wieder verworfen, da wir das Design der Lampe im CAD-Programm nicht ansprechend fanden, auch wenn dieser Punkt nicht eine allzu hohe Gewichtung bekommen sollte. Die Fräsbearbeitung wären eher notgewollt gewesen und stellten uns nicht zufrieden. Mit der zweiten Idee kamen wir unseren Ansprüchen an das Projekt näher.

2.1 Idee 1

Nach einem Brainstorming entwickelten wir eine Form, die wir als Krone auf einen Ständer setzen wollten. Dieser Kranz sollte aus einzelnen Formen bestehen, die später in einen Ring verleimt werden sollten. Im Inneren des Kranzes sollten LED-Leisten montiert werden. Der Ständer bestand aus einer Säule, die Nuten innehat, sodass das Licht nach außen scheinen könnte (Siehe Abbildung 1).

Als erstes entwickelten wir die Formen anhand von Drahtmodellen. Diese Formen wurden in AutoCAD übertragen und danach auf dem Laser der Modellbauwerkstatt ausgeschnitten. Diese wurden dann miteinander verklebt (siehe Abbildung 2). Da diese Idee aber nicht unseren Vorstellungen entsprach, haben wir es verworfen und eine neue Konstruktion entwickelt.

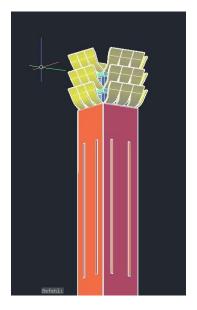


Abbildung 1 – CAD Modell (eigene Darstellung)



Abbildung 2 - Probestück (eigene Darstellung)

2.2 Idee 2

Die neu entwickelte Konstruktion sollte trotzdem eine Stehlampe sein. Wir orientierten uns an bestehenden Objekten und Designen, die gerade modern jedoch einen zeitlosen Stil hatten. Immer wieder fielen uns Stehlampen auf, die aus drei Beinen und einem Schirm bestanden. Der Aufbau war nicht komplex, jedoch ansprechend für uns. Daher haben wir uns dazu entschlossen eine "Drei-Bein Stehlampe" zu bauen. Die Maße entnahmen wir aus bereits bestehenden Modellen, die von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Unser eigener Anspruch war es mit klassischen Verbindungen, wie zum Beispiel dem Schwalbenschwanz zu arbeiten.

Aus der Recherche ermittelte Maße änderten wir leicht ab. Der Schirm hat einen Durchmesser von 400mm und die Höhe ist 200mm. Mit einem Furnier stellten wir den Umfang der Designlampe uns unserem Maße exemplarisch da. Unser Maß fanden wir ansprechender, da es nicht klobig wirkte. Die Beinabstände blieben gleich. Wir wollten eine garantierte Standfestigkeit für unser Projekt.

3 Umsetzung

In der Umsetzung beschreiben wir den Verlauf des Projektes und die einzelnen Stationen, die wir bearbeitet haben, um das Ziel, die Herstellung einer Stehlampe zu erreichen. Als Überblick erläutern wir erst unseren Terminplan. Danach beschreiben wir die CAD und CAM Bereiche und die daraus resultierenden Pressformen. Mit der Materialauswahl zeigen wir Versuche und Testungen auf, die wir gemacht haben, um die richtige Mittelschicht und den richtigen Kleber für unsere Anforderung zu finden. Die Formatierung bestand aus zwei Schritten und folgte zum Abschluss des Projektes. Der letzte Teil erläutert den Aufbau des Ständers.

3.1 Zeitplan

Den kompletten Zeitplan erstellten wir am Anfang der zweiten Ideen. Der orangen Zellen stellen den Umbruch dar. Die roten Zellen stellen einen freien Zeitraum dar. Ziel war es, die Milestones und Wochenaufgaben regelmäßig einzuhalten, da unser Projektzeit aufgrund der verworfenen Idee drei Wochen kürzer war. Die Kalenderwoche (im Folgenden KW) 6 & 7 sollten als Puffer dienen. Hier sollte, laut Zeitplan, nur nach an der Dokumentation gearbeitet werden. Dadurch, dass ein reibungsloser Ablauf nicht möglich war, nutzen wir diese Zeit noch im Labor, da an einigen Stellen weitere Versuche durchgeführt werden mussten.

CADCAM - BHV 02 WiSe 20/21

KW	Datum von bis		Ziele	Aufgabe
KW 45	02. Nov	06. Nov	Fräsversuche & Formverleimung	Material (Holz) zusamensuchen und Fräsung vorbereiten; Ständer zeichnen
KW 46	09. Nov	13. Nov		Neue Idee ausarbeiten (ab hier neu ausarbeiten)
KW 47	16. Nov	20. Nov	Fräsen der Formen/ Herstellung von Pressform	Fräsen von Pressformen/ Formiertungsformen
KW 48	23. Nov	27. Nov	Fräsen der Formen/ Herstellung von Pressform	Formatierung der Rohteile/ Pressen
KW 49	30. Nov	04. Dez	Kauritleim/ Weißleim	Pressversuche
KW 50	07. Dez	11. Dez	Kauritleim/ Weißleim	Pressversuche
KW 51	14. Dez	18. Dez	Fräsen der Formen/ Herstellung von Pressform/ Fräsen der Ringe/ Zusammenbau des Schirmes	Formatieren/ Pressen/ Montage des Schirmen
KW 52	21. Dez	25. Dez		

Abbildung 3 - Zeitplan 2020 (eigene Darstellung)

KW 1	28. Dez	01. Jan		
KW 2	04. Jan	08. Jan	Fräsen der Formen/ Herstellung von Pressform/ Fräsen der Ringe/ Zusammenbau des Schirmes	Formatieren/ Pressen
KW 3	11. Jan	15. Jan	Fräsen der Formen/ Herstellung von Pressform/ Fräsen der Ringe/ Zusammenbau des Schirmes	Formatieren/ Pressen
KW 4	18. Jan	22. Jan	Montage und Fertigstellung des Projektes	Montage
KW 5	25. Jan	29. Jan	Montage und Fertigstellung des Projektes	Montage
KW 6	01. Feb	05. Feb	Inhalte zusammen fassen/ Plakat erstellen	Dokumentation
KW 7	08. Feb	12. Feb	Inhalte zusammen/ Plakat erstellen	Dokumentation
KW 8	15. Feb	19. Feb	Doku final am 16. fertig/ Präsentation fertigstellen	Dokumentation
KW 9	22. Feb	26. Feb	Kolloquim 22.1/ 10 Uhr (Abgabe: Modell, Poster, Doku, Dateien)	

Abbildung 4 - Zeitplan 2021 (eigene Darstellung)

3.2 CAD

Mit AutoCAD wurden erste Zeichnung vorerst als 2D Zeichnung angelegt. Diese wurden dann extrahiert und als Volumenkörper in den 3D Bereich übertragen. Da die Maße schon vorher feststanden und die Details der Verbindung lediglich noch geklärt werden musste, konnte wir AutoCAD gut nutzen. Eine Alternative, wenn wir die Parameter der Lampe hätten ändern müssen, wäre Cimatron. Da AutoCAD präsenter und der Umgang damit allgegenwärtiger war, entschieden wir uns für AutoCAD.

Der erste Teil in CAD konzentrierte sich auf den Schirm. Dieser besteht aus vier Teilen und soll mit Hilfe einer klassischen Verbindung aus dem Tischlerhandwerk zusammengefügt werden können. Dafür eignet sich die Schwalbenschwanzverbindung. Sie hat den Vorteil, dass sie formschlüssig ist, die Radien des Schirmes auf die Schwalben und Zinken übertragen werden können und ein Arbeiten der Materialien verhindert wird.

Nachdem das Schirmteil fertig war, zeichneten wir uns Blöcke, in die wir das Schirmteil hineinlegen und "abziehen" konnten. Dadurch hatten wir die genaue Passform für die Pressund Formatierungsformen.

Als nächster Schritt stand die Entwicklung des Ständers an. Hier wollten wir ebenso eine klassische Verbindung integrieren. Wir entschieden uns für eine Zapfenverbindung, in der die Längsseite länger ist als die Querseite. Dadurch ist das Bein immer genau ausgerichtet und kann beim Verleimen nicht falsch montiert werden.

Die Dateien wurden alle als DXF gespeichert, in separaten Zeichnungsblättern eingerichtet und jeweils an den Ursprung gelegt, damit sie leicht und ohne Probleme in das CAM Programm AlphaCam übertragen werden konnten.

3.3 CAM

Als CAM (Computer-aided manufacturing) Software wurde AlphaCam verwendet. Mit Hilfe dieser Software konnten wir aus den bereits erstellten DFX Zeichnungen Maschinenschritte erstellen und am Ende einen NC-Code generieren. Diese NC-Codes konnten wir daraufhin in eine CNC einspielen und unsere Teile damit fräsen. Für unsere Stehlampe mit

Schwalbenschwanzverbindung brauchten wir unterschiedlichste Arbeitsschritte und Befehle. Diese werden in den einzelnen Unterthemen 3.4, 3.8 und 3.9 erläutert.

Da wir AlphaCam erst kennenlernen mussten, gab es oftmals Probleme beim Programmieren. Wir probierten einiges aus, bis die Programmierung für uns optimiert war. Jedoch gab es dabei oftmals Fehlermeldungen. Diese konnten wir umgehen, indem wir eine neue Datei erstellt haben und unsere gewünschte Programmierung neu schrieben. Wir vermuten, dass es bei den Dateien in denen wir mehrere Befehle ausprobiert hatten, immer Restrückstände von alten Programmierungen gab, die diese Fehlermeldungen verursachten.

Besonders zu beachten bei der Programmierung in AlphaCam waren die werkzeugspezifischen Eigenschaften. Es musste genau auf die Drehzahl und die Vorschubs Geschwindigkeit geachtet werden, um Ausrisse und Verbrennungen zu vermeiden. Außerdem musste man sich die Eilgänge anzeigen lassen und kontrollieren ob die Fräse nicht durch das Werkstück fährt.

3.4 Pressformen

Die Pressform wird benötigt, um unsere Schirmteile aus Schälfurnier in die gewünschte Form zu bringen. Jeweils eine Pressform besteht aus einer oberen- und unteren Pressform. Diese Pressformen entstanden in AutoCAD, indem das konstruierte Schirmteil in einen Block gelegt wurde und das Schirmteil abgezogen wurde. Die Blöcke waren bewusst größer gewählt, damit ein genügend großes Formteil damit gepresst werden konnte. Die untere und obere Pressform wurde jeweils in zwei separaten Dateien in AlphaCam geöffnet und ein Rohteil wurde definiert. Diese Formen wurden dann mit Hilfe der Befehle "3D Fräsen - Z-Ebene schruppen und Fräsrichtung Solid/Oberfläche" erstellt, wobei zuerst ein 20mm Schrubb Fräser (mit 2mm Aufmaß) und dann ein 20mm Kugelfräser verwendet worden ist. Des Weiteren wurden zwei Dübelbohrungen erstellt, damit die Pressformen aufeinander positioniert werden konnten und so die richtige Form gebildet werden konnte. Die Pressformen wurden aus krafttechnischen Gründen aus verleimten Multiplexplatten erstellt.



Abbildung 5 - Fräsen der Pressform (eigene Darstellung)

3.5 Druckberechnung & Pressen

Um die Formen richtig zu pressen und immer die gleiche Dicke in den Schirmstücken zu erhalten, mussten wir uns den erforderlichen Manometerdruck errechnen. Wir benutzten die größte Presse, um drei Schirmteile auf einmal pressen zu können. Der Werkstückpressdruck lag bei unseren Stücken bei 50N/cm². Mit der Werkstück- und Kolbenfläche ergab sich ein Manotmeterdruck von 18,958bar. Da wir diesen Druck nicht gut an der Presse ablesen konnten, nahmen wir 20bar an (siehe Abbildung 6).

Druckbestimmung an hydraulischen Pressen

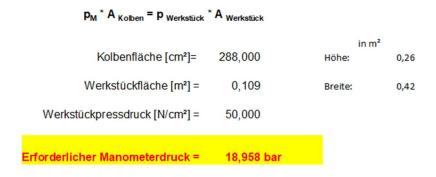


Abbildung 6 - Druckbestimmung (eigene Darstellung)

Die Pressformen wurden mit Material gefüllt und unter dem berechneten Druck eingespannt. Damit wir ein festkleben der Furnierschichten an den Pressformen verhindern konnten, hüllten wir die Formen mit Folie ein und klebten diese fest (siehe Abbildung 7). Auf die

10

Pressform wurde eine Platte gelegt, damit wir den Druck über die ganze Fläche verteilen konnten und keine Konturen der Druckstempel in der Form gebildet wurden. Als zusätzliche Kennzeichnung für die Kommiliton:innen schrieben wir das Datum und die Uhrzeit auf die Vorderkante der Pressformen.



Abbildung 7 - Pressform (eigene Darstellung)

3.6 Materialauswahl

Welche Anforderungen werden an das Material gestellt und wie ist die ästhetische Ausrichtung des Produktes. Wir haben uns relativ schnell als Grundmaterial für Multiplexplatten entschieden. Diese bieten durch die Kreuzverleimung eine sehr gute Stabilität und gleichen zudem die Nachteile von Vollhölzern aus, wie zum Beispiel das Quellund Schwindverhalten. Unser Ständer sowie die Schirmhalterung bestehen aus Multiplex, jedoch wurden die Stirnseiten beim Ständer mit Nussbaum furniert. Dieses erzeugt eine angenehme Wärme und bietet einen Kontrast zum helleren Schirm. Für den Schirm haben wir uns für die helle, leicht durchscheinende und wilde Maserbirke entschieden. Durch die Nuten im Schirm soll Licht durch das Furnier scheinen. Die Maserbirke hat Vielzahl von Blumen im Furnier, wodurch der Schirm interessanter wirkt.

Als Material für den Schirm standen zwei Furniere zur Auswahl, 3D Furnier und Schälfurnier.

Zur Auswahl standen zwei Klebervarianten, die wir untersuchen mussten. Weißleim und Kauritleim haben unterschiedliche Eigenschaften und müssen je nach spezifischem

Anwendungsgebiet eingesetzt werden. Für den Versuch schnitten wir uns Furnier für vier Schirmteile. Auf diese Formen haben wir dann die Kleber aufgetragen und gepresst. Der Weißleim konnte einfach aufgetragen und gepresst werden. Hier hat sich nach dem Kaltpressen gezeigt, dass die Schirmteile mit den beiden Furnierarten nicht formstabil geblieben sind. Danach haben wir zwei weitere Versuche mit Kauritleim gemacht.

Kauritleim 234 lag als Pulver vor und ist ein zwei Komponenten Kleber. Es ist ein Formaldehydkleber mit Harnstoff. Das Mischungsverhältnis ermittelten wir mit der Fläche, die wir Kleben mussten (siehe Abbildung 8). Aus dem Datenblatt entnahmen wir den Leimauftrag in g pro m². Dieser lag bei Furnieren die abgesperrt werden müssen bei 160 bis 180g/m² (vgl. BASF 2008). Mit dieser kleinen Kalkulation konnten wir die minimale Klebermenge bestimmen.

Kauri	tmenge	
Schirmteile pro Pressgang	3	
Auftragsmenge		
	Gewicht	Faktor
Leimpulver 234	449,28 g	1
Wasser	224,64 g	0,5
Härterlösung	67,39 g	0,15
Härterpulver 26	10,11 g	0,15
Wasser	57,28 g	0,85

Abbildung 8 - Kauritmenge (eigene Darstellung)

Nach dem zweiten Versuch und einer Ablüftzeit von vier Tagen zeigte sich keine Veränderung in beiden Furnieren. Mit dem Kauritleim blieben die beiden Furnierarten formstabil. Aufgrund des Preises und der Stabilität entschlossen wir uns, dass Buchenschälfurnier mit einer Stärke von 1,1mm zu verwenden. Wir stellten immer eine Kreuzverleimung her, damit die Furnierlagen sich gegenseitig absperren. Dafür verleimten wir vier hochkant- und fünf längslaufende Furnier miteinander. Die Deckschicht im inneren Bereich mit einer Stärke von 0,5mm wurde im ersten Schritt mitverleimt. Sie läuft ebenfalls hochkant. Die äußere Deckschicht wurde im Nachgang verleimt, damit wir die Nuten in das Schirmteil fräsen konnten.

3.7 Formatierung

Die Formatierung von den Schirmteilen musste gut überlegt sein. Jedes Schirmteil musste immer genau gleich formatiert werden, damit es am Ende zu einem passenden Schirm verleimt werden konnte. Es durfte dementsprechend jeweils eine Form geben und auftretende Toleranzen mussten nach innen verschoben werden. Zuerst sollten die Nuten eingefräst, dann ein Furnierblatt aufgetragen werden und im letzten Schritt die Formatierung mit den Schwalbenschwänzen stattfinden. Dabei musste das Rohteil grundsätzlich immer die gleiche Position haben, damit keine Verschiebung stattfindet, da sonst die Verbindungen untereinander von den Schirmteilen nicht mehr möglich wäre.

3.7.1 Formatierungsaufnahme

Für die Formatierungsform haben wir die bereits erstellte untere Pressform als Vorlage genommen. Sie wurde so verändert, dass die Seiten soweit abgetragen wurden, dass die später gefrästen Schwalbenschwänze in der Luft liegen und somit ohne Probleme gefräst werden konnten. Jedoch mussten die Seiten später noch einmal tiefer abgesetzt werden, da der Zinken- und Schrubbfräser sonst in unsere Form gefahren wäre.

Die Positionierung des zu fräsenden Werkstückes wurde mit Hilfe von zwei Dübel gewährleistet. Diese konnten jedoch nicht unser Haltepunkt für das Schirmteil sein, da wir im Schirm keine Löcher haben wollten. Daher brauchten wir Vakuumflächen, um das Schirmteil in der Form für die Fräse zu fixieren.

Wir zeichneten auf einer Arbeitsebene in AlphaCam den Grundriss des Schirmes und setzten es um 3mm nach innen, woran eine nach innen versetzte Nut mit einer Breite von 4mm anschloss, in dieser befindet sich die 5mm Gummidichtung. Dies wurde mit dem Befehl "Schrubben/Schlichten" erstellt. Zudem wurden drei größere Vierecke, um die zukünftigen Nuten in einer Arbeitsebene erstellt. Dort wurden ebenfalls Nuten für die Gummidichtung mit 4mm Zustellung erstellt. Daraufhin wurden die Flächen zwischen den erstellten Vierecken und der Grundform um 2mm tiefer gesetzt und Bohrungen für das Vakuum eingefügt. Dies wurde mit den Befehlen "Tasche Fräsen" und "Bohrungen" durchgeführt.

Bei dem ersten Versuch Nuten in das Schirmteil zu fräsen, wurde jedoch in eine Gummidichtung gefräst, weshalb wir die Vakuumflächen korrigieren mussten. Wir korrigierten sie und ließen das Programm erneut mit 5mm Versatz nach unten abfahren.



Abbildung 9 - Fräsen der Formatierungsaufnahme (eigene Darstellung)

3.7.2 Nuten

Damit die Position der Nuten richtig definiert werden konnte, wurde ein Schirmteil in die Formatierungsform in AlphaCam gelegt. Die Nuten wurden mit Hilfe des Befehls "Solid Flächen mit WKZ Flanke" erstellt. Es wurde ein 4mm Schlichtfräser dafür verwendet. Zu beachten beim Fräsen war, dass das Schirmteil richtig in der Form lag, damit das Vakuum greifen konnte. Nachdem die Nuten gefräst wurden sind, wurden diese noch einmal ausgeschliffen, damit der Lichtschein der Lampe später nicht durch Späne blockiert wird.

3.7.3 Schwalbenschwanz

Ein Ziel des Projektes war es, dass wir die Teile möglichst praktikabel beim Verleimen miteinander verbinden können, sie sich automatisch an die richtige Position setzen und außen bündig sind. Dies gelingt mit einer klassischen Tischlereiverbindung, dem Schwalbenschwanz. Diese Verbindung findet man eher als Eckverbindung wieder, anstatt in einer Fläche. Sie wird zum Beispiel bei Auszügen benutzt. Der Schwalbenschwanz kann die Kräfte, die beim Aufziehen auf den Schubkasten wirken aufnehmen und auf die Seite übertragen. Außerdem entsteht eine Formverbindung. Da wir diese Verbindung in die Fläche intergrien mussten,

haben wir die Schwalbe mit der Zinke kombiniert. Wir haben es so gelöst, dass die Schwalbe von außen nach innen kleiner wird. Außen haben sie eine Länge von 33mm, innen 39mm. Bei den Zinken ist es genau anders herum. Die Flanken der Schwalben und Zinken habe eine Schräge. Sie ist von oben nach unten zurückfallend und hat einem Winkel von 73°.

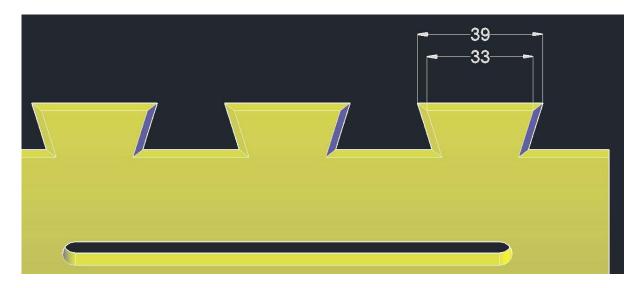


Abbildung 10 - Detail der Schwalbe (eigene Darstellung)

Dies entspricht dem Winkel des Zinkenfräsers, den wir für unser Projekt neu in die Maschinendaten von Maka einfließen lassen mussten. Nachdem wir die Schirmteile aus AutoCAD in AlphaCAM überführt haben, konnten wir die NC-Pfade für die Fräser anlegen. Zuerst wurden Polylinien an den Schwalbenschwänzen erstellt und verlängert. An diesen Polylinien wurde dann mit dem Befehl "3D-Spline oder Polylinie" ein 12mm Schrubb Fräser mit 2mm Aufmaß verwendet, um das Material zwischen den Schwalbenschwänzen abzutragen. Danach wurde der Zinkenfräser verwendet und die Polylinien ohne Aufmaß abgefahren. Beim Fräsen haben wir darauf geachtet, dass der Fräser immer von außen nach innen fährt, damit die Ausrisse auf der Außenseite (bei uns die spätere Sichtseite) minimiert werden. Des Weiteren mussten die An- und Abfahrtwege manuell geändert werden, da diese vorher automatisch durch unsere Formatierungsform verliefen.

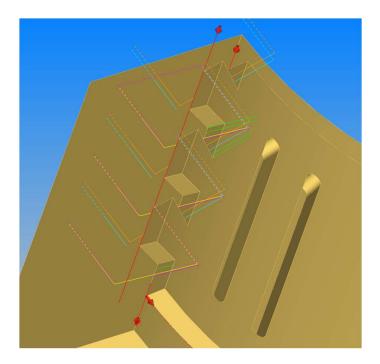


Abbildung 11 - NC-Pfade Schwalbenschwanz (eigene Darstellung)

3.8 Zusätzliche Fertigung

In dem Punkt zusätzliche Fertigung beschreiben wir die Idee und den Aufbau des Ständers sowie die Schirmhalterung und erläutern kurz die Elektronik, die wir in der Stehlampe verbaut haben. Außerdem wird die Fassung näher betrachtet, da diese in unserem Produkt nicht nur die Halterung für das Leuchtmittel darstellt, sondern auch für die Montage und Demontage benötigt wird.

3.8.1 Ständer

Der Ständer der Stehlampe hat mehrere Faktoren zu erfüllen, die da wären:

- Stabilität
- Standfestigkeit
- Führung des Kabels vom Boden nach oben
- Halterung für die Fassung bieten
- Designaspekt

Der Ständer besteht aus vier Teilen, drei Beinen und einem Ring, die nach der Ausarbeitung miteinander verleimt wurden. Die Stabilität wird durch das verwendete Material und durch eine klassische Holzverbindung zu dem Ring im oberen Teil des Ständers erreicht. Das Material

welches hier zum Einsatz kommt ist Multiplex, es passt zum restlichen Konzept der Lampe. Die Verbindung von den Beinen zum Ring erfolgt über eine Zapfenverbindung (siehe Skizze / Abbildung 12).

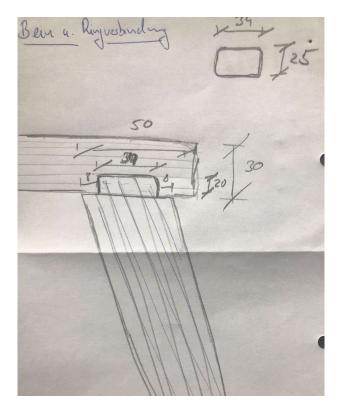


Abbildung 12 - Skizze der Zapfenverbindung (eigene Darstellung)

Der Zapfen hat eine Tiefe von 20mm und die Seitenlängen betragen 34mm und 25mm. Wir haben uns gegen einen quadratischen Zapfen entschieden, da beim Verleimen Fehler in der Ausrichtung entstehen könnten. Außerdem hat die Zapfenverbindung den Vorteil, dass sie eine große Leimfläche bietet und das einzelne Bein direkt richtig im Abstand von 120° zu den anderen Beinen ausgerichtet ist. Das Zapfenloch wurde in den Ring gefräst.

Die Beine laufen von oben nach unten konisch zu. D.h. das Bein hat oben ein Außenmaß von 50mm x 50mm und unten die Maße 30mm x 30mm. Außerdem muss das Fußende schräg angeschnitten werden, damit der Ständer gleichmäßig auf dem Boden steht. Der Zapfen muss parallel dazu verlaufen, damit die Lampe parallel zum Boden ausgerichtet ist.

Für die Herstellung trennten wir als erstes eine Platte mit einer Stärke von 30mm auf. Die Streifen hatten ein Rohmaß von 60mm x 1500mm. Zwei Streifen wurden stumpf miteinander verleimt. Nachdem der Leim getrocknet war, schnitten wir die Beine in einer Vorrichtung auf

der Formatkreissäge zu. Danach spannten wir die zugeschnitten Beine in einer Vorrichtung auf der MAKA 1 ein. Dort wurde der Zapfen ausgefräst und das Fußende auf Fertigmaß angeschnitten. Hierbei wurde zuerst mit dem Befehl "Schruppen/Schlichten" der Zapfen mit einem 20er Schrubb Fräser vor Formatiert und dann mit einem 20er Schlicht Fräser auf das richtige Maß geschlichtet. Für den Zuschnitt am Fußende, musste aufgrund des Winkels vom Fußende und unserer Vorrichtung eine größere Säge verwendet werden. Dafür wurde mit dem Befehl "Schrubben/Schlichten" gearbeitet. Um nicht die einzelnen Lagen der Multiplexplatte zu sehen, die teilweise angeschnitten waren, wurden diese Deckschichten mit Furnier belegt. Hier wählten wir Nussbaum aus, da es farblich einen Kontrast zu unserem Schirm bot. Wir achteten darauf, dass wir ein sehr streifiges Blatt nahmen, dass mittig auf die Beine verleimt wurde. So wird im Furnier noch einmal der konische Zulauf sichtbar gemacht.

Das Kabel, welches für das Leuchtmittel im oberen Bereich genutzt wird, wollten wir durch jeweils ein Bein der Lampe führen. Dafür wurden vor dem Verleimen der Streifen jeweils eine Nut von 8mm x 6mm in die Streifen geschnitten. Vor dem Verleimen mit dem oberen Ring haben wir ein Loch von 8mm Durchmesser unterhalb des Zapfens gebohrt, aus dem das Kabel herausgeführt wird. Am Fußende wurde das Kabel durch die offene Nut aus dem Bein herausgeführt. Die Nut ist lediglich von dem Furnier bedeckt. Damit das Furnier durch das Bewegen des Kabels nicht ausbricht, haben wir 5cm vor dem Fußende einen 2mm Dübel eingesetzt. Darunter läuft das Kabel. Dadurch kann das Kabel elastisch um die Ecke geführt werden ohne dass das Furnier ausreißt.



Abbildung 13 - Detailaufnahme "Dübelsicherung" (eigene Darstellung)

Die Halterung für die Fassung des Leuchtmittels erfolgte mit dem Ring. Im Zentrum des Kreises ist ein Kreis eingefräst. Auf der unteren Seite des Ringes sind die Löcher des Zapfens eingelassen. Die Deckseiten des Ringes sind ebenfalls mit Nussbaum furniert, um den Stil des Ständers mit aufzunehmen.

3.8.2 Schirmhalterung

Die Schirmhalterung soll eine Halterung für die Schirmteile bieten und später eine Verbindung zum Ständer bieten. Außerdem soll Licht vom Leuchtmittel nach unten entweichen. Unter diesen Ansprüchen haben wir eine Schirmhalterung entwickelt, die später stumpf mit den Ringteilen verleimt wird. In der Mitte entsteht ein Durchlass für die Fassung der Lampe. Wir haben auch hier Mulitplex mit einer Stärke von 19mm verwendet. Die Deckschicht wurde nicht furniert, da es im inneren des Schirmes liegt und von außen nicht sofort sichtbar ist.

Die Größe konnten wir anhand von unserer Zeichnung in AutoCAD entnehmen und in AlphaCAM übertragen. Dort haben wir den Kreis aus einer Platte gefräst, indem wir das grobe Material erst geschrubbt und dann das Fertigmaß mit einem 12mm Schlichtfräser erzeugt haben. Ein Problem welches beim Verleimen aufgetreten ist, war eine teilweiser Unterschied im Durchmesser des Schirmes, durch eine variierende Dicke der Schirmteile. Durch die Schwalbenschwanzverbindung wurde die Toleranz der Dicke nach innen verschoben. Das hatte den Nachteil, dass wir teilweise die Ringe am Langbandschleifer etwas nachschleifen mussten, damit wir den genauen Radius erhielten und den Schirm verleimen konnten. Wir zogen hier das nachschleifen vor, da eine Unterkonstruktion mit einer Vakuumhalterung für die Fräse einen zu hohen zeitlichen und materiellen Aufwand gehabt hätte.

3.8.3 Elektronik

Die Elektronik besteht aus dem Aufbau der Fassung im oberen Teil der Lampe sowie einem Fußschalter. Insgesamt haben wir das Kabel 2m aus dem Fuß laufen lassen. Am Ende wurde ein selbst montierender Stecker angebracht. Nach 1,4m Länge vom Stecker aus, haben wir den Schalter eingebaut. Das hat den Vorteil, dass das Kabel auch in eine Steckdose eingesteckt werden kann, wenn diese sich auf einer Höhe von 1,1m befindet. Den Fußschalter wollten wir so nah wie möglich an die Stehlampe anbringen, damit er sich so bei der Lampe befindet. Als

Kabel haben wir ein 3adriges 0,75mm² Kabel verwendet. Die Erde konnten wir im oberen Teil des Schirmes anbringen.



Abbildung 14 - Anschluss der Elektronik im Fußschalter (eigene Darstellung)

Die Fassung des Leuchtmittel hat hier eine doppelte Aufgabe. Sie verbinden den Ring des Ständers sowie den Ring der Schirmhalterung. Dadurch sind beide Teile, Schirm und Ständer, starr miteinander verbunden, können aber nach Belieben auseinander gebaut werden.

3.9 Verleimen und Montage

Die Stehlampe besteht aus zwei Teilen, dem Ständer und dem Schirm. Sie mussten nicht miteinander verleimt werden. Der Ständer bestand aus 4 Teilen. Bevor wir diese zusammenbringen konnten, haben wir das Kabel durch das Bein mit der Nut geführt. Oben konnte es durch ein Loch geführt werden, unter dem Ring lag. Nachdem das Kabel installiert war, haben wir an den Zapfen Weißleim angegeben und diese in die Zapfenlöcher im Ring eingeführt. Mithilfe von langen Zwingen konnten wir die Beine ohne Probleme am Ring befestigen. Der Zapfen hat die Richtung vorgegeben. Durch eine Zustellung beim Fräsen von 0,2mm hatten wir genug Spiel zum Leim angeben und ein einfaches Einführen in das Zapfenloch. Das Bein war trotzdem genau ausgerichtet und hat sich nicht in diesem Toleranzbereich bewegt. Um Macken im Sichtbereich des Ringes zu vermeiden, befestigten wir vorher auf der Oberseite des Ringes eine Opferplatte mit den gleichen Zapfenlöchern.

Mithilfe der Zapfenlöcher konnten die Zwingen an einer bestimmten Stelle positioniert werden. Dadurch konnten wir die Beine mit dem Ring gleichmäßig verleimen. Auf Abbildung 15 sieht man Ende noch eine 35cm hohe Ablage für eine Zwinge. Diese haben wir angebracht, damit das Bein durch das Gewicht der Zwinge nicht wieder auf den Boden fällt.

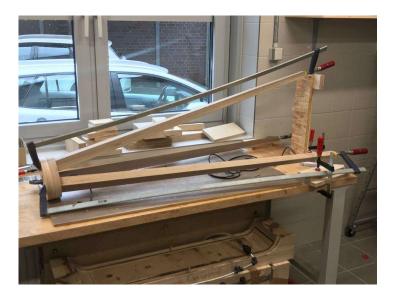


Abbildung 15 - Verleimen des Ständers (eigene Darstellung)

Für den Schirm haben wir uns vorher eine Verleimhilfe gebaut. Diese sieht spartanisch aus, erfüllt jedoch ihren Zweck. Die Blöcke, die im Kreis angeordnet sind, dienen als Auflage für die Schirmteile. Im Inneren haben wir drei Platten mit einer Stärke von 10mm verschraubt. Auf dieser liegen die Arme der Schirmhalterung auf. Dadurch entsteht der erwünschte Versatz von Schirmteilen zur Schirmhalterung.

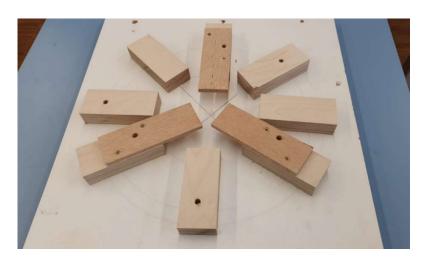


Abbildung 16 – Verleimhilfe (eigene Darstellung)

Die Schirmhalterung wurde stumpf mit den Schirmteilen verleimt. Nachdem an zwei Schirmteilen und der Schirmhalterung der Leim angegeben wurde, konnten alle Einzelteile des Schirmes zusammengesteckt und mit einem Spanngurt, der eigentlich für Kästen die auf Gehrung verleimt werden, angezogen werden. Dieser hatte den Vorteil, dass die Füße, die auf dem Spanngurt befestigt waren die Zinken und Schwalben im unteren Bereich noch einmal zusammendrückte.

Die Schirmhalterung zocken wir mit Hilfe von kleinen Zwingen nachträglich an den Schirm an. Wir hatten zwischen den Auflageklötzen der Verleimhilfe Platz gelassen, wodurch wir die Zwingen hindurchführen konnten. Im oberen Bereich des Schirmes brachten wir einen weiteren Spanngurt an und fügten damit die Zinken und Schwalben ebenfalls außen bündig zusammen. Da manchmal im mittleren Bereich die Verbindung nicht bündig geschlossen wurden, halfen wir hier mit größeren Zwingen nach.



Abbildung 17 - Verleimen des Schirmes (eigene Darstellung)

Die Montage und Demontage sollten bei der Lampe einfach von statten gehen und werkzeuglos funktionieren. Die Fassung der Lampe hat ein Außengewinde. An diesem Außengewinde kann im konventionellen Gebrauch der Schirm eingespannt werden. Für unseren Fall drehten wir die Schirmbefestigung der Fassung um und bohrten Löcher hinein.

CADCAM - BHV 02 WiSe 20/21

Für die Endmontage in der Werkstatt wurden, wie oben beschrieben, die Bein- und Schirmteile miteinander verleimt. Nach der Oberflächenbehandlung durch Holzöl, konnten die Ringe der Fassung mit den beiden Schirmbefestigung der Fassung verschraubt werden. Hierfür verwendeten wir 3x16mm Penheadschrauben. Sie zogen die Halterung gut an und passen farblich zur Fassung. Die Fassung für das Leuchtmittel war zu diesem Zeitpunkt mit dem Kabel, welches aus dem Bein kam, verbunden.

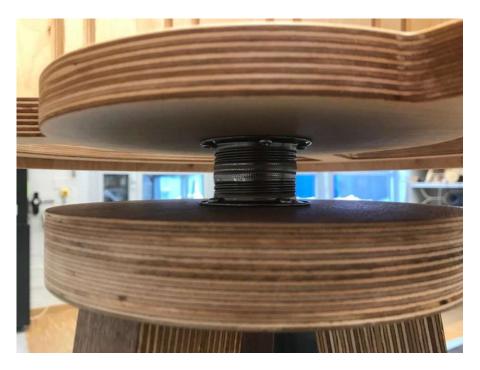


Abbildung 18 - Detail: Fassung als Verbindung (eigene Darstellung)

Dadurch erhält man zwei Teile, den Ständer und den Schirm. Dieser kann bei zum Beispiel einem Umzug oder Transport auseinander gedreht werden und vor Ort wieder leicht montiert werden.

4 Ergebnis



Abbildung 22 - Gesamtansicht (eigene Darstellung)



Abbildung 20 - Ansicht Schirm (eigene Darstellung)



Abbildung 19 - Ansicht Schirmfassung (eigene Darstellung)



Abbildung 21 - Detail Zinken (eigene Darstellung)

5 Protokolle

Termin	Datum	Inhalt
1. Termin	12.10.2020	Themenfindung, Terminabsprache, Formabsprache
2. Termin	13.10.2020	Gespräch mit Herrn Linda; Entwicklung einer Form
3. Termin	21.10.2020	Vorstellung der CAD-Ergebnisse; Absprach des weiteren Vorgehens; Planung und Erstellung eines Zeitplanes; Ziel: AlphaCam Zeichnung beim nächsten Termin vorlegen
4. Termin	02.11.2020	Weiterführung der Zeichnungen im AlphaCam; Verleimen der Rohteile für die Pressform
5. Termin	03.11.2020	Weiterführung der Zeichnung, erste Frässimulationen
6. Termin	09.11.2020	Neugestaltung der Stehlampe aufgrund von Designaspekten
7.Termin	16.11.2020	AlphaCam zeichnen
8. Termin	23.11.2020	Pressversuche
9. Termin	24.11.2020	Pressversuche
10. Termin	30.11.2020	Fräsen der Pressform unten
11. Termin	01.12.2020	Fräsen der Formatierungsform & Pressform oben
12. Termin	10.12.2020	Pressen von Schirmteilen und Vorbereitung für die Beine
13. Termin	14.12.2020	AlphaCam Schwalbenschwänze programmieren und nuten fräsen Fehlversuch
14. Termin	15.12.2020	Formatierungsform nachbearbeitet und Nuten gefräst + Furnier aufgebracht
15. Termin	17.12.2020	Schwalbenschwänze und Formatierung fertigstellen

16. Termin	18.12.2020	Zoombesprechung: Stand der Dinge klären
17. Termin	8.01.2021	Formatierung erster Schirmteile und Erstellung Beine
18. Termin	12.01.2021	Pressen neuer Schirmteile
19. Termin	18.01.2021	Pressen neuer Schirmteile und Nuten + Formatieren
20. Termin	19.01.2021	AlphaCam Beine + bearbeiten von Schirmteilen + Fräsen von Schirmhalterungen
21. Termin	25.01.2021	Fräsen von Beinen
22. Termin	26.01.2021	Beine furnieren, Schirm verleimen
23. Termin	01.02.2021	Schirm Verleimen Beine furnieren und Elektrik anbringen
24. Termin	09.02.2021	Schirm Verleimen + Beine furnieren + Schleifarbeiten
25. Termin	11.02.2021	Schleifarbeiten + Elektrik + Ölen

6 Fazit

Während der ersten Vorlesungen zur Einführung in die CAM Software, begannen bereits die Themenfindung für unser Projekt. Nachdem wir uns spezifisch für eine Stehlampe entschieden hatten, wurden einzelne Entwürfe in AutoCAD erstellt. Die erste Idee wurde aufgrund von Design aspektischen Gründen verworfen. Wir verloren zwar etwas Zeit, wollten jedoch am Ende des Projektes zufrieden sein mit unserem Möbel. Daraufhin suchten wir nach einer neuen Idee, die immer noch um eine Stehlampe behandeln sollte. Als wir uns für eine Idee festlegten und diese in AutoCAD zeichneten, begannen bereits relativ schnell die Verbindung von der CAD zur CAM Software. Außerdem mussten Multiplexplatten für unser Projekt verleimt und gefräst werden. Nun konnten erste Pressversuche mit unterschiedlichen Materialien und Kleberarten erstellt werden. Wir versuchten immer parallel zu arbeiten, um

verlorene Zeit wieder aufzuholen. Währenddessen wurden in AlphaCam die Programme für die Formatierungsform und das Fräsen der Nuten erstellt. Für die Schirmteile wurde sich für Schälfurnier mit einer Deckschicht aus Maserbirke entschieden. Es wurde Kauritleim für die Verbindung der einzelnen Furnierschichten verwendet. Die Formatierungsform wurde in der Zwischenzeit gefräst und fertiggestellt. Daraufhin konnten die Nuten in die Schirmteile gefräst werden und die äußere Furnierschicht mit Weißleim aufgetragen werden. Programmierung für die Formatierung der Schirmteile wurde währenddessen erstellt. Die Schirmteile konnten daraufhin formatiert werden. Im letzten Teil des Projektes haben wir uns mit dem Ständer beschäftigt. Dieser beinhaltet auch eine klassische Verbindung. Die Deckschichten der Beine wurden mit Nussbaum furniert. Die Besonderheit dabei war, dass das Kabel für die Lampe später im Bein verlaufen sollte. Des Weiteren wurde eine Verleimhilfe für den Schirm sowie für das Untergestell erstellt. Der Schirm und das Untergestellt konnten dann jeweils mit Weißleim verleimt werden. Den Abschluss bildete Oberflächenbehandlung, sowie die Installierung der Elektronik.

Das praktische Arbeiten und das Erlernen von CADCAM bot einen attraktiven Einblick in den Bereich der 5Achs Fertigung. Wir konnten viel Wissen aus dem Projekt mitnehmen und mit schon bestehendem Vorwissen verknüpfen. Die Labore des LBT sind für ein solches Projekt ausreichend ausgestattet, sodass immer mit den besten Methoden die Ziele erreicht werden können. Unser Zeitplan war nach dem Ideentausch zwar etwas optimistisch, jedoch konnten wir diesen mit einem Zeitverzug von zwei Wochen trotzdem erfüllen, da wir uns einen Puffer eingeplant hatten. Trotz der Pandemie wurde der Ablauf des Projektes nicht gestört und Umplanungen und Anpassungen waren nicht von Nöten.

Die Ziele, die wir uns am Anfang für das Möbel gestellt haben wurden erreicht. Wir haben ein Möbelstück konstruiert und fertiggestellt, welches transportabel ist, klassische Verbindungen hat und uns einen alltäglichen Nutzen erweist.

Wir sind sehr zufrieden mit dem Ergebnis, da alle unsere Erwartung für dieses Projekt und das Modul BHV 02 praktisch und theoretisch erfüllt wurden.

7 Quellen

7.1 Literaturverzeichnis

BASF SE, Geschäftseinheit Leime und Tränkharze (2008): *Technisches Merkblatt: Leime und Tränkharze für die Holzwerkstoff-Industrie*, ersetzte Ausgabe vom Februar 2008, Ludwigshafen, Deutschland.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – CAD Modell (eigene Darstellung)	5
Abbildung 2 - Probestück (eigene Darstellung)	5
Abbildung 3 - Zeitplan 2020 (eigene Darstellung)	7
Abbildung 4 - Zeitplan 2021 (eigene Darstellung)	7
Abbildung 5 - Fräsen der Pressform (eigene Darstellung)	10
Abbildung 6 - Druckbestimmung (eigene Darstellung)	10
Abbildung 7 - Pressform (eigene Darstellung)	11
Abbildung 8 - Kauritmenge (eigene Darstellung)	12
Abbildung 9 - Fräsen der Formatierungsaufnahme (eigene Darstellung)	14
Abbildung 10 - Detail der Schwalbe (eigene Darstellung)	15
Abbildung 11 - NC-Pfade Schwalbenschwanz (eigene Darstellung)	16
Abbildung 12 - Skizze der Zapfenverbindung (eigene Darstellung)	17
Abbildung 13 - Detailaufnahme "Dübelsicherung" (eigene Darstellung)	18
Abbildung 14 - Anschluss der Elektronik im Fußschalter (eigene Darstellung)	20
Abbildung 15 - Verleimen des Ständers (eigene Darstellung)	21
Abbildung 16 – Verleimhilfe (eigene Darstellung)	21
Abbildung 17 - Verleimen des Schirmes (eigene Darstellung)	22
Abbildung 18 - Detail: Fassung als Verbindung (eigene Darstellung)	23
Abbildung 19 - Ansicht Schirmfassung (eigene Darstellung)	24
Abbildung 20 - Ansicht Schirm (eigene Darstellung)	24
Abbildung 21 - Detail Zinken (eigene Darstellung)	24
Abbildung 22 - Gesamtansicht (eigene Darstellung)	24
