



Linear Guide

Luca Jäger, 11766

IPA 2020

Universität Bern, Physikalisches Institut

Inhalt

1	Einleitung.....	2
2	Aufgabenstellung.....	2
3	Organisation	2
3.1	Speicherort	2
3.2	Prüfprotokoll	2
3.3	Checkliste.....	3
4	Terminplanung	3
5	Fertigung.....	4
5.1	CNC-Fräsen	4
5.1.1	Guideplate 231-4112	4
5.1.2	Guideplate Big 231-4123	7
5.1.3	Baseplate 231-4111	7
5.1.4	Baseplate Big 231-4122	10
5.2	Konventionelles Drehen	11
5.2.1	Holder Shaft (231-4114)	11
5.2.2	Holder Shaft Exzentric (231-4115)	13
5.3	Konventionelles Bohren	15
5.3.1	Mounting Panel (231-4116)	15
6	Montage	17

1 Einleitung

Lieber Leser, liebe Leserin, diese Dokumentation präsentiert die «individuelle praktische Arbeit (IPA)» von Luca Jäger. Durch Bild und Text stellen sich die Vorgehensweise, die Gedanken, die Entscheidungen und die resultierenden Taten dar.

2 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung der IPA bestand aus der Herstellung und der Montage von zwei Baugruppen. Die Baugruppe «Linear Guide» besteht aus einer kleineren und einer grösseren Baugruppe und gehört dem Projekt «MERMOZ» an.

Diese Baugruppen dienen zur Aufnahme eines Lasers. Diese Apparatur wird beim Projekt «MERMOZ» dazu verwendet, um organisches Material in den Wolken zu lokalisieren. Die Lokalisierung in den Wolken dient nur zur Eichung des Gerätes. Wenn dieses Projekt zu einem Erfolg führen sollte, wird dies an Exo-Planeten getestet. Die Lokalisierung von organischem Material ist die Vorstufe von der Suche nach weiterem Leben in unserer Galaxie.

Zu den vorgegebenen Zeiten und Daten, war die Rohmaterialauswahl auch sehr begrenzt. Für die vier CNC-Fräs Werkstücke wurde diese HABA-Platte zur Verfügung gestellt, die in vier Teile unterteilt wurden. Jedes Teil wurde einem Werkstück zugewiesen und gekennzeichnet mit der jeweiligen Zeichnungs-Nummer gekennzeichnet.

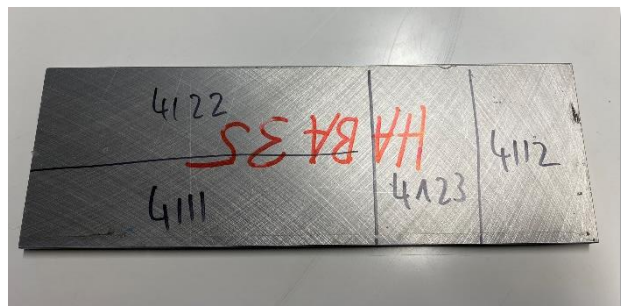


Abbildung 1 | Rohmaterial

3 Organisation

3.1 Speicherort

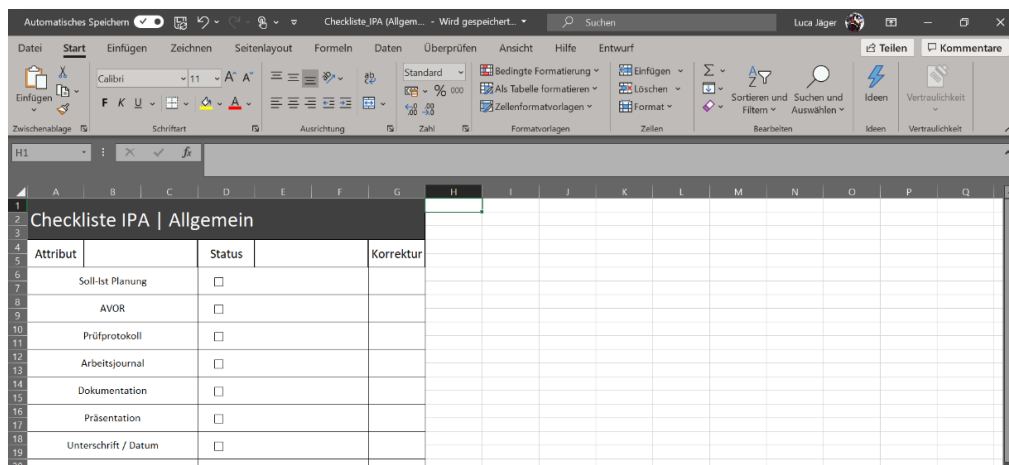
Die gesamten elektronischen Dateien mussten an einem bestimmten Ort gespeichert werden. Dies absolvierte ich auf dem PC und erstellte mir eine elektronische Kopie meines Ordners. Da in der heutigen Zeit die Schnittdatensuche elektronisch verläuft, erstellte ich einen Ordner für die Werkzeuge, die ich verwendete. Daher konnte ich ohne lange Suche die Werkzeug-Datenblätter speichern, anschliessend ausdrucken und mit den AVOR zusammen ablegen.

3.2 Prüfprotokoll

Nach der Soll-Ist Planung begann ich mit der Erstellung der Prüfprotokolle. Dieses Vorgehen gab mir eine gute Übersicht der Aufgabe und der Werkstücke. Da ich mich für die Erstellung der Prüfprotokolle mit den Zeichnungen auseinandersetzen musste, initialisierte ich die Werkstücke bereits früh und konnte bereits gewisse Überlegungen machen. Dieses Vorgehen bewährt sich und ich konnte daher effizient und sicher diese Arbeit vollbringen.

3.3 Checkliste

Da bei einer IPA viele Dinge gleichzeitig zu erledigen sind, musste ich mir meine Gedanken aufschreiben. Dies absolvierte ich mit mehreren Checklisten. Eine Checkliste diente mir zur Übersicht der IPA. Wie in der Abbildung zusehen ist, schrieb ich mir die notwendigen Dokumente auf, um diese



nicht zu vergessen.

Abbildung 2 | Checkliste IPA

Anschliessend verwendete ich die bereits im Vorfeld erstellte Checkliste für das Programmieren beim Fräsen im FeatureCam. Dies werde ich in einem anderen Abschnitt weiter erläutern. Die Erstellung von Checklisten hilft mir sehr, da ich an die aufgeschriebenen Sachen nicht mehr denken muss und mich auf das Wesentliche konzentrieren kann.

4 Terminplanung

Am Anfang eines Projekts wird immer eine Terminplanung durchgeführt, um die Meilensteine festzulegen und im Projekt die Übersicht zu bewahren. Dies wendete ich ebenso bei meiner IPA an. Eine sogenannte Soll-Ist Planung. Diese diente mir als Übersicht im Projekt und zur Koordination der Fertigung und Montage. Solange der geplante Ablauf durchgeführt wird, fällt die Terminplanung kaum auf. Jedoch wie es bei mir der Fall war, als sich die Planung veränderte, diente mir die Soll-Ist Planung als Fundament. Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, verwendete ich Checklisten, da in geraumer Zeit viele Dinge gleichzeitig passieren. Durch dieses System behält man die Übersicht und kann sich jederzeit an diesem Papier orientieren.

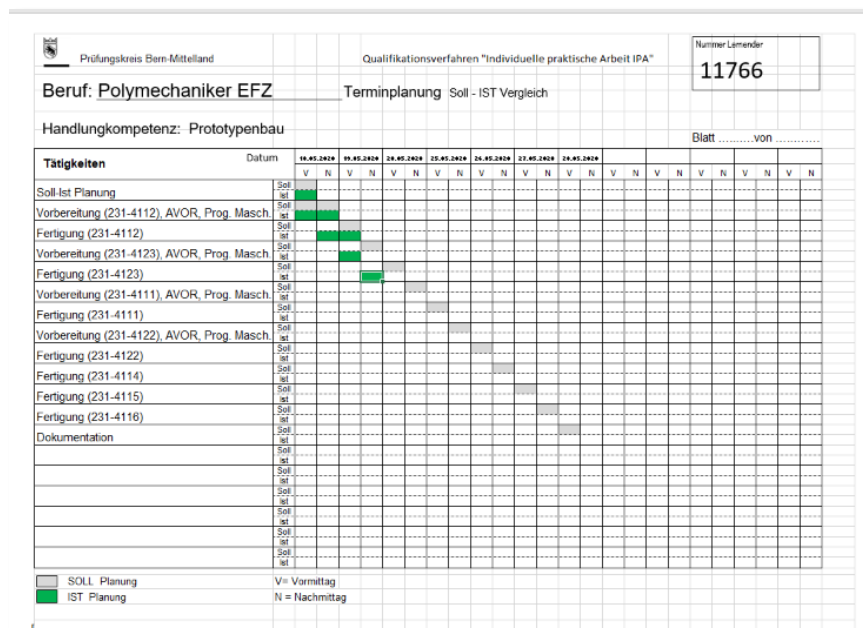


Abbildung 3 | Soll-Ist Planung

5 Fertigung

5.1 CNC-Fräsen

5.1.1 Guideplate 231-4112

Nach einer sauberen Terminplanung und Organisation ging es zur Fertigung. Da am Montag 18.05.2020 noch nicht die gesamten STEP-Dateien online waren, benutzte ich die bereits zur Verfügung gestellten STEP-Dateien. Zu diesen vorhandenen Dateien gehörten die Guideplate (231-4112) und die Guideplate Big (231-4123).

Vor der Fertigung erstellte ich eine ausführliche «AVOR». Dies half mir bei dem Orientieren der Fertigung. Die Schnittdatensuche verlief parallel zu der Erstellung der AVOR. Die Suche nach Schnittdaten für Hartmetall-Fräswerkzeuge stellte sich dank dem «Tool-Expert» von der Firma Fraisa als mühelos heraus.



Abbildung 4 | Fraisa Tool-Expert

Als die AVOR vollständig war, begann die Programmierung. Dank der AVOR war mir meine Richtung bekannt, welche ich gehen will und deshalb gestaltete sich die Programmierung als sehr angenehm.



Da ich das CAM «FeatuerCam» von Autodesk schon eine gewisse Zeit anwende, war mir dieses Programm bekannt.

Abbildung 5 | FeatureCam, Autodesk

Bekanntlich lernt man aus seinen Fehlern. Daher habe ich seit dem 3. Lehrjahr meine Fehler, die ich in der CNC-Technik gemacht habe, aufgeschrieben. Resultierend entstand daraus eine Checkliste. Diese Checkliste sollte dazu dienen wiederkehrende Fehler zu vermeiden und um eine gewisse Routine zu gewinnen.

Checkliste FeatureCam Fräsen				
Attribut		Status		Korrektur
Rohmaterial		☐		
Werkzeug		☐		
V/D		☐		
Zustellung/Bahnabstand		☐		
Verlängerungsabstand		☐		
Z-Zustellung		☐		
Eckenverrundung		☐		
Fasentiefe		☐		
Wendeplatten (Planfräser)		☐		

Abbildung 6 | Checkliste Fräsen



Abbildung 7 | Erste Spannung, Guideplate (231-4112)

Als ich meine Checkliste vollständig abgearbeitet habe, konnte ich mit der Fertigung der Guideplate beginnen. Als Unterlage verwendete ich 31x100mm Unterlagen. Durch diese Unterlagen ragte das Rohmaterial 6mm über den Schraubstock hinaus. Ich entschied mich die Rückseite zuerst zu bearbeiten. Durch dieses Vorgehen schuf ich mir durch die Geometrie des Werkstücks eine Spannfläche für die zweite Spannung. In der untenstehenden Abbildung ist dies gekennzeichnet durch rote Pfeile. Die auf der aussenstehenden M4 Gewinde konnten nicht auf der CNC entgratet werden. Da die Tiefe der Stufe sehr gering war, musste ich dies noch nachträglich entgraten.

Die zweite Spannung stellte bezüglich der Nullpunkt-Setzung als eine kleine Herausforderung dar. Da das Rohmaterial ein gewisses Aufmass zur Unterseite der Guideplate besitzt, konnte ich nicht direkt auf die gefertigte Fläche nullen. Der 3D-Taster würde am Rohmaterial anschlagen und dies würde das Messergebnis verfälschen. Doch dieses Problem konnte ich dank Parallelunterlagen lösen. Die Parallelunterlagen dienten mir als Verlängerung der gefertigten Flächen. Danach konnte ich mit dem Feature «Ausmitten» die Nullpunkt-Setzung rasch und unkompliziert umsetzen. Dies ist in der unteren Abbildung ersichtlich. Da der grösste Teil der Fertigung auf der ersten Seite erledigt war, konnte die zweite und letzte Spannung rasch durchgeführt werden. Durch den Entscheid die Unterseite zuerst zu fertigen ersparte ich mir viel Aufwand und war effizient gelöst.

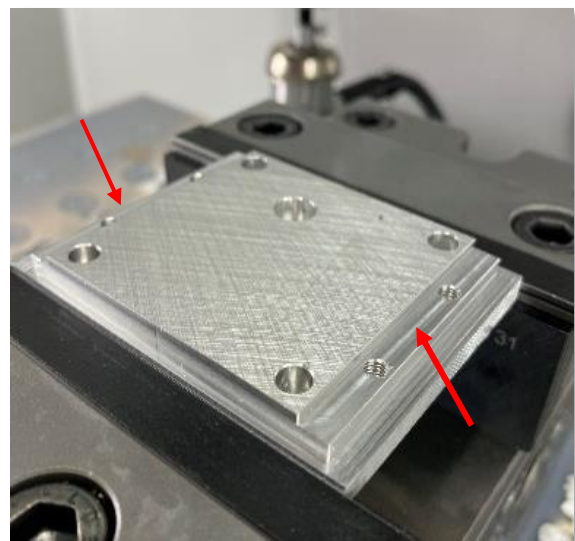


Abbildung 8 | Spannfläche für zweite Spannung, Guideplate (231-4112)

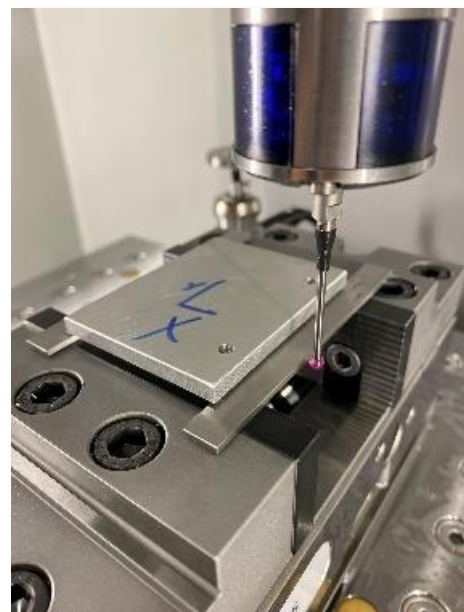


Abbildung 9 | Nullpunkt-Setzung zweite Spannung, Guideplate (231-4112)

Nach der CNC-Fertigung musste die gefertigte Geometrie noch überprüft werden, dies mit Hilfe eines Prüfprotokolls. Gewinde und Reibungen so wie Stufen oder Längen und Breiten konnten wie gewohnt mit Gewindegrenzlehndorn oder Messschieber vermessen werden. Jedoch besass dieses Werkstück eine gewisse Stufensenkung, die nicht mit den herkömmlichen Messmittel vermessen werden konnte. Da diese Senkung keine Kante zum Anschlagen besass, musste dies optisch vermessen werden.

Das optische Vermessen folgt einem einfachen Prinzip. Muss ein gewisses Mass in Z-Richtung vermessen werden, so wird zur Nullpunkt-Setzung auf der Oberfläche des Werkstücks das Bild scharfgestellt und den Tiefenmessschieber auf null gesetzt. Ananhiessend wird auf die gewünschte Kante verfahren und scharf gestellt. Sobald die benötigte Kante oder Fläche zusehen ist, kann das Mass am Tiefenmessschieber abgelesen werden.



Abbildung 10 | Optische Vermessung, Guideplate (231-4112)

Dieses Vorgehen habe ich bei der Vermessung der Guideplate angewendet. In der linken Abbildung ist die Nullpunkt-Setzung und in der rechten Abbildung ist das Mass ersichtlich.

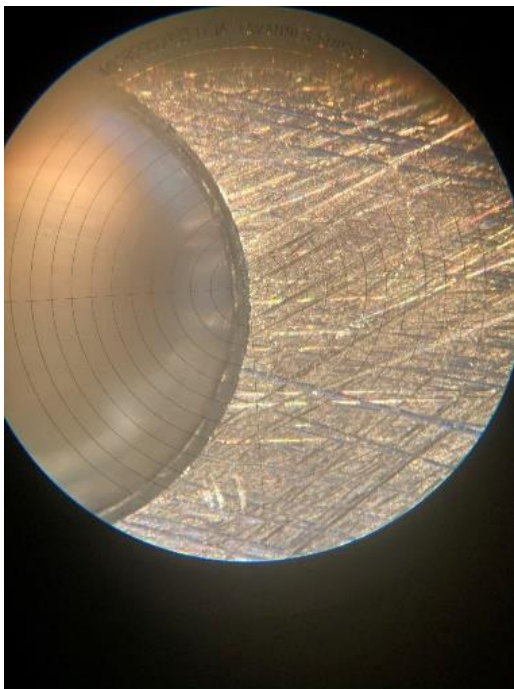


Abbildung 11 | Optische Vermessung, Guideplate (231-4112)



Abbildung 12 | Optische Vermessung, Guideplate (231-4112)

5.1.2 Guideplate Big 231-4123

Die Guideplate Big besass sehr ähnliche Geometrien wie die Guideplate. Bereits bei der AVOR gab es Überschneidungen. Daher konnte ich nur noch gewisse Parameter, wie zum Beispiel Schnittdaten, Bohrer oder Tiefen anpassen. Jedoch konnte die Programmierung nicht übernommen werden, da es doch ein anderes Werkstück war.

Bei der Bestückung der Maschine hatte ich keinen grossen Aufwand, indem ich die Werkzeuge des vorherigen Werkstücks verwendete. Daher konnte ich den Fokus auf die Fertigung setzen.

Die erste Spannung erfolgte gleich wie bei der Guideplate. Das Rohmaterial in den Schraubstock mit 31x100 mm Unterlagen einspannen. Danach zuerst die Unterseite fertigen, da die nachher notwendige Spannfläche benötigt wird.

Die zweite Spannung verlief gleich wie bei der Guideplate. Das Werkstück spannte ich auf die vorher gefertigten Flächen und konnte so die Vorderseite fertigen.

Auch die Vermessung war gleich wie bei der Guideplate. Die Stufensenkung hatte jedoch dieses Mal eine Kante, die vermessen werden konnte. Doch es stellte sich als zu gering dar und ich habe es wie bei der Guideplate berührungslos ausgemessen.

5.1.3 Baseplate 231-4111

Da jetzt nun alle STEP-Dateien vorhanden waren, konnte ich nun mit der Fertigung der «Baseplates» starten. Einer meiner ersten Gedanken war, die Aussenkontur mit einer Spiralschlichtung zu fertigen. Doch bald realisierte ich, dass diese Vorgehensweise nicht plausibel und unbefriedigend ist. Beim zweiten Versuch der «Arbeitsvorbereitung» entschied ich mich für das Vorgehen mit zwei Spannungen. Die erste Spannung erfolgte über zwei Spannpratzen und durch zwei geschliffene Zapfen, die als Anschlag fungierten. Mit Hilfe diesen Zapfen habe ich sichergestellt, dass das Rohmaterial rechtwinklig zum Frästisch ausgerichtet ist. Durch diese Spannung konnte ich die gesamte Tiefe ausnutzen und mir dies zum Vorteil machen. Einer dieser Vorteile war, dass ich alle Operationen bis auf die Kontur 4-5 (rot gekennzeichnet) in derselben Aufspannung fertigen konnte. Im Gegensatz zu meiner ersten Auswahl benötigte ich wohl eine Aufspannung mehr, jedoch konnte ich die Aussenkontur stabil und sicher fertigen.

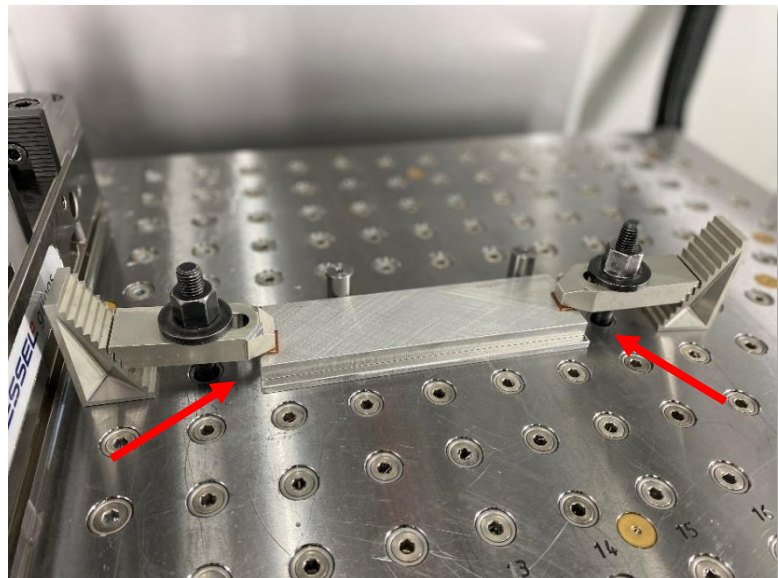


Abbildung 11 | Erste Spannung

Als alle Operationen der ersten Aufspannung erledigt waren, spannte ich auf die zweite Aufspannung um. Mit Hilfe weiteren zwei Spannpratzen spannte ich das Werkstück auf den Frästisch und löste die nicht mehr benötigten Spannpratzen bei der Kontur 4-5. Um die frisch gefertigte Oberfläche nicht zu beschädigen, benutzte ich zwischen Spannpratzen und Werkstück Kupferunterlagen.

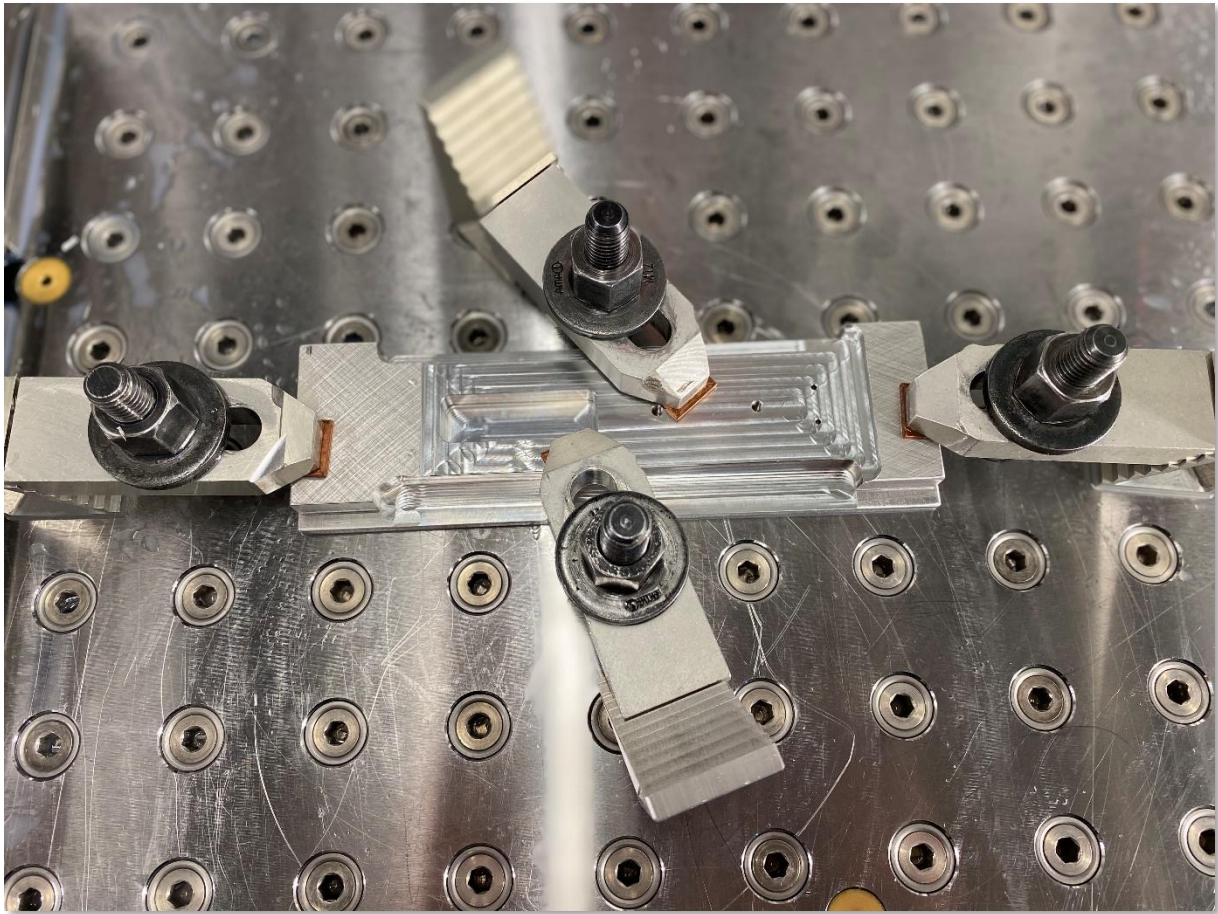


Abbildung 12 | Umspannen von Spannpratzen

Die zweite Aufspannung diente nur noch für die Fertigung der Kontur 4-5 und für die Entgratung der scharfen Kanten. Doch die Rückseite musste auch noch entgratet werden. Diese Aufgabe löste ich konventionell.

Weiter mussten die sogenannten V-Nuten gefräst werden. Da dies für mich ein neues Gebiet war, habe ich mich für die konventionelle Fertigung entschieden. Zur Sicherheit habe ich ein Probestück gefertigt. Eine der wohl grössten Herausforderungen beim Fräsen von V-Nuten stellt sich beim Setzen des Nullpunkts heraus. Dies absolvierte ich mit dem Touchieren der Werkstückoberfläche. Zum Schutz vor Kratzern nahm ich mir ein Blatt Papier zur Hilfe. Die Differenz zur Werkstückoberfläche habe ich beim Nullen berücksichtigt. Zuerst plante ich die Fertigung mit nur einer Spannung, jedoch bekam ich einige Platzprobleme. Die Spannpratzen stiessen an der Fräsaufnahme an, somit konnte ich nicht



Abbildung 13 | V-Nuten fräsen

die komplette Länge des Werkstücks verfahren. Danach verwendete ich eine etwas längere Fräsaufnahme und kleinere Spannpratzen. Doch dies reichte immer noch nicht aus und daher entschied ich mich für eine zweite Spannung. Da der Fräser von unten durch eine Schraube befestigt ist, musste ich eine gewisse Höhe kompensieren. Dies löste ich mit Hilfe einer Unterlage 30x40. Doch die grösste Schwierigkeit bei der Fertigung der Nuten war, dass man keine Messung während der Fertigung durchgeführt werden konnte.

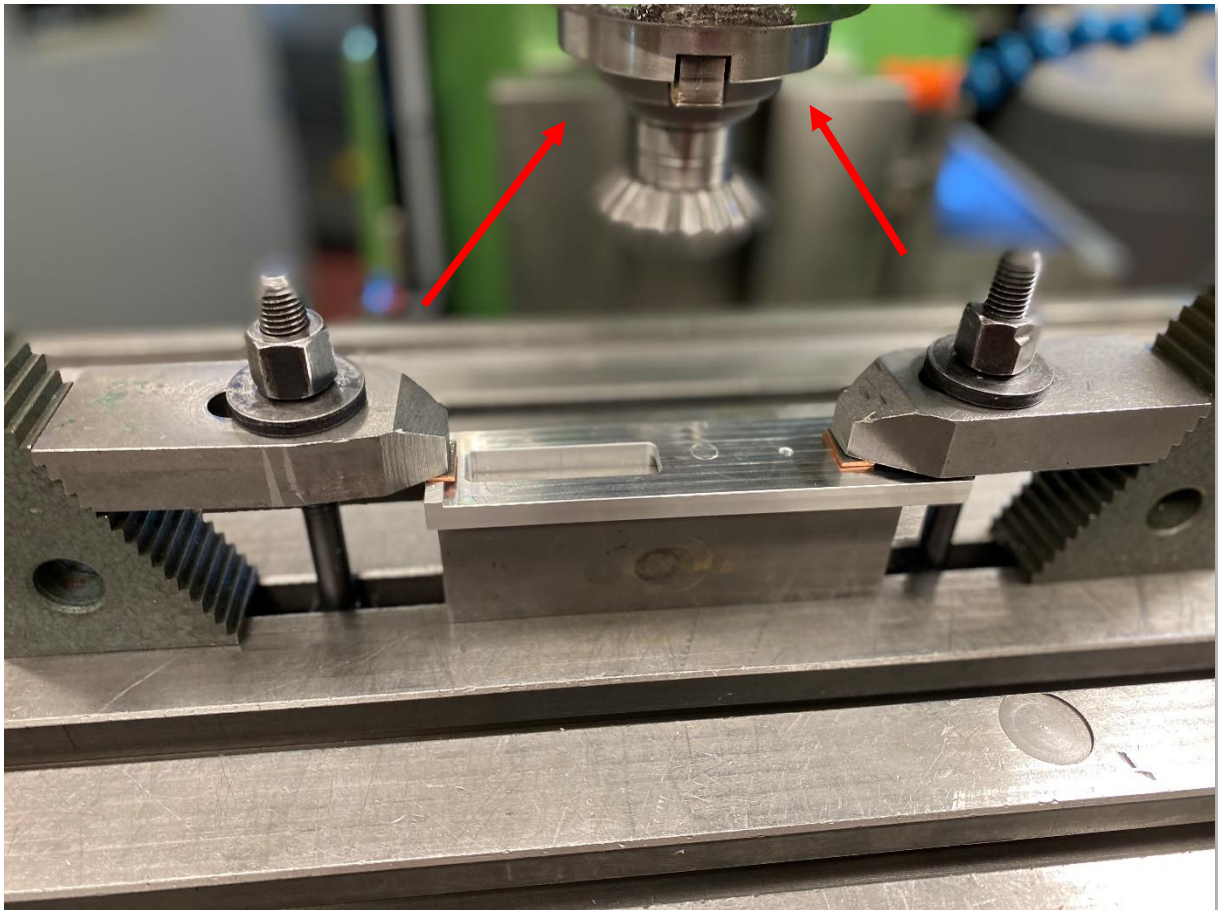


Abbildung 14 | Probleme bei der Spannung

5.1.4 Baseplate Big 231-4122

Die Baseplate Big besass ebenso ähnliche Geometrien wie die Baseplate. Es war jedoch nicht wie bei der Baseplate nur zwei Spannungen erforderlich sondern drei. Da die Geometrie des Werkstücks auf der Rückseite eine Nut besass musste noch ein weiteres Mal umgespannt werden. Die erste Spannung erfolgte genau wie bei der Baseplate mit zwei Spannpratzen und mit den geschliffenen Zapfen als Anschlag.

Als ich die erste Spannung erfolgreich beendete, spannte ich wie bei der Baseplate die Spannpratzen um. Danach konnten die Konturen 4-5 gefertigt und entgratet werden.

Die dritte Spannung erfolgte im Schraubstock mit 31x100 Unterlagen. Der Nullpunkt setzte ich mit dem Feature Ausmitten und konnte dann rasch mit der Fertigung beginnen. Die letzte Spannung war ein kleiner, aber notwendiger Aufwand. Die Fertigung der Nut war erforderlich, jedoch konnte ich dank der dritten Spannung für das Entgraten der scharfen Werkstückkanten viel Zeit einsparen. Mit Hilfe von 3D-Fasenfeatures war es möglich die Kanten so weit wie möglich zu entgraten. Nach dieser Operation hielt ich ein fast fertiges Werkstück in der Hand.



Abbildung 15 | Dritte Spannung

Nach der CNC-Bearbeitung mussten noch 2x M2 geschnitten werden. Diese Arbeit löste ich konventionell auf einer Hand-Gewindeschneidmaschine. Da ein M2-Gewinde ziemlich ein filigranes und kleines Gewinde ist, entschied ich mich für die konventionelle Lösung. Doch mit dem Schneiden der M2-Gewinde war es noch nicht getan. Die sogenannten V-Nuten mussten ebenso noch gefräst werden.

Das Vorgehen beim Fräsen von V-Nuten verlief gleich wie bei der «Baseplate».

5.2 Konventionelles Drehen

Alle Werkstücke die, die Operation «Drehen» beinhalteten, wurden auf einer Schaublin 125 gefertigt. Die Schnittdaten und die Vorgehensweise sind in der AVOR ersichtlich.



Abbildung 16 | Schaublin125

5.2.1 Holder Shaft (231-4114)

Am Anfang der IPA plante ich die Fertigung dieser Drehteile zu einem früheren Zeitpunkt. Jedoch war die ausgewählte Maschine an dem geplanten Datum nicht verfügbar, daher musste ich meine Terminplanung anpassen.

Die erste Seite spannte ich in der Spannzange. Die Grösse dieser Werkstücke wurde mir erst bewusst,



Abbildung 17 | Spannung Spannzangen

als ich den Vergleich vom Werkzeug zum Werkstück sah. Trotzdem plante ich zuerst die Stirnseite des Werkstücks. Danach schruppte ich die Konturen vor und schlichtete sie im Anschluss. Anschliessend schnitt ich das Gewinde M5 mit Hilfe einer Filiere.

Die zweite Spannung erfolgte ebenso in einer Spannzange. Wie gewohnt plante ich zuerst die Stirnseite, schruppte danach die Konturen und fertigte im Anschluss mit einem Schlichtspan das

Werkstück. Doch in der Stirnseite der Welle benötigte es noch ein Gewinde M2. Dies fertigte ich ebenso wie gewohnt. Zuerst die Zentrierung und danach das Bohren von 1.6mm. Die letzte Operation auf dem Drehbank war das Schneiden des M2. Somit war die Arbeit auf der Drehbank vollendet.

Die Schlüsselweite fräste ich auf einer Fehlmann P10. Ich spannte das Werkstück in die Spannzange und setzte den Nullpunkt. Danach konnte ich ohne Probleme die Schlüsselweite fräsen und mit der Entgratung der Werkstücke die Fertigung der «Holder Shaft» beenden.



Abbildung 18 | Schlüsselweite fräsen

5.2.2 Holder Shaft Exzentric (231-4115)

Der «Holder Shaft Exzentric» besass, wie der Name bereits verrät, sehr ähnliche Geometrien wie der «Holder Shaft» - ausser dem Exzenter. Die Vorgehensweise war bis auf die zweite Spannung identisch wie die der «Holder Shaft». Bei dieser Spannung verwendete ich ein Exzenterfutter, das mir einiges erleichterte. Ab da verlief es wieder gleich. Schrappen, schlichten, zentrieren, bohren und gewindeschneiden.

Mit der Messuhr mass ich die Exzentrizität und stellte entsprechend den Exzenter im Dreibackenfutter ein. Jedoch musste die Exzentrizität von 0.8mm bei dieser Messmethode verdoppelt werden. Da die Welle sich dreht, ist eine Exzentrizität von 0.8mm in der X- Richtung und in der X+ Richtung. Dieses Überlegungsfehler bemerkte ich leider erst nach dem zweiten Stück. Zum Glück fertigte ich zwei

Reserve-Werkstücke und konnte diese nun verwenden. Dieser fatale Fehler kostete mir viel Zeit und Kraft. Trotz diesem Rückschlag fertigte ich alle Werkstücke und konnte mit der Fertigung der Schlüsselweite beginnen.



Abbildung 19 | Exzenter einstellen

Die Werkstücke spannte ich in die Spannzange ein und richtete sie mit einem abgebrochenen und nachgeschliffenen Gewindebohrer aus. Dadurch sparte ich viel Zeit.



Abbildung 20 | Ausrichtung Exzenter

5.3 Konventionelles Bohren

5.3.1 Mounting Panel (231-4116)

Auf den ersten Blick sahen die «Mounting Panel» grösser aus, als sie waren. Doch auf den zweiten Blick bemerkte ich wie klein diese Panels sind.

Um die Aussenkonturen auf Mass zu fertigen, fräste ich zuerst die Aussenkonturen und sägte diese anschliessend aus. Danach stirnte ich die letzte Kontur und spannte es anschliessend in den Schraubstock. Hier rechts in der Abbildung ist die erste Spannung ersichtlich.



Abbildung 21 | Aussenkontur fräsen

Nachdem ich die Aussenkonturen gefräst habe, bohrte ich die gewünschten Bohrungen und Senkungen. Anschliessend musste ich die Rückseite noch entgraten und das Werkstück waschen und verpacken. Danach war die Fertigung vollendet.



Abbildung 22 | Mounting Panel bohren

6 Montage

Die Montage der Werkstücke verlief einwandfrei. Zuerst richtete ich mich meinen Arbeitsplatz ein und beschaffte alle notwendigen Werkzeuge für die Montage. Der grosse Moment ist gekommen. Die Heirat der Werkstücke. Zu guter Letzt musste ich noch Kugellager in die PEEK Rollen einpressen. Dies war dank der Kniehebelpresse relativ einfach durchzuführen. Danach konnte ich alle Teile verbauen und meine IPA beenden.



Abbildung 23 | Montage