

## Deckel FP1- Das Finale (Teil 4)

### 1 Einleitung

Kaum zu glauben, aber in diesem Teil werde ich endlich mit meiner Fräse fertig!

Diesem Teil vorausgegangen sind bereits drei weitere Teile, die den Weg eines leicht zu begeisternden Laubsägenbastlers zu einem echten "Metaller" beschreiben. Viele Tränen und Schweiß hat mich das Projekt gekostet; angefangen mit beschädigten Spindellagern, einem kleineren Verfahrensweg in X, aber dafür größerem Einsatz an Arbeit und Geld als ursprünglich gedacht.

Mit einer bisherigen Laufzeit von 3 Jahren und 5 Monaten übernehme ich mit diesem "Langläuferprojekt" sicher eines der größten, die ich in meinem Leben je hobbymäßig bearbeitet habe. Bei so einer Laufzeit denke ich vielleicht noch an Frederik und Piggeldy, meine beiden Multifunktionskalibratoren, den Hausbau oder die Aufarbeitung meiner ersten Hammondorgel (eine C-3 samt Leslie 142). Aber viele solcher Projekte, die mich wirklich jahrelang beschäftigten, hatte ich glücklicherweise bislang nicht, denn sonst müsste ich 300 Jahre alt werden, um auch wirklich alle zu schaffen ;-)

Umso mehr ein Grund, jetzt auch langsam zum Ende zu kommen und die Fräse auch dafür einzusetzen, wozu sie ursprünglich konstruiert wurde: nämlich zum Fräsen!



**Abbildung 1: Fertig!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!**

## 2 Einkaufsliste

Was gibt es denn am Start dieses vierten Teils aber eigentlich noch alles zu tun?

Nun, dieser Bericht wird folgend genannte Themen beackern. Zuerst werden wir den starren Winkeltisch, den wir uns aus Süddeutschland gekauft haben, aufarbeiten und einschaben.

Dann werden wir den Schnellläufer-Fräskopf, den ich ebenfalls zugekauft habe, in Betrieb nehmen und damit tatsächlich unsere erste "echte" Fräsungen machen: zusammen mit dem Drehteller von Rudi, dem netten Rentner aus dem Nachbarort, werde ich eine 20x20mm Grauguss-Tuschierplatte mit einem dicken 100mm-Loch versehen, denn das brauche ich für Thema Nr.3: eine gelöcherte Tuschierplatte für die Aufarbeitung des vertikalen Fräskopfes der FP1!

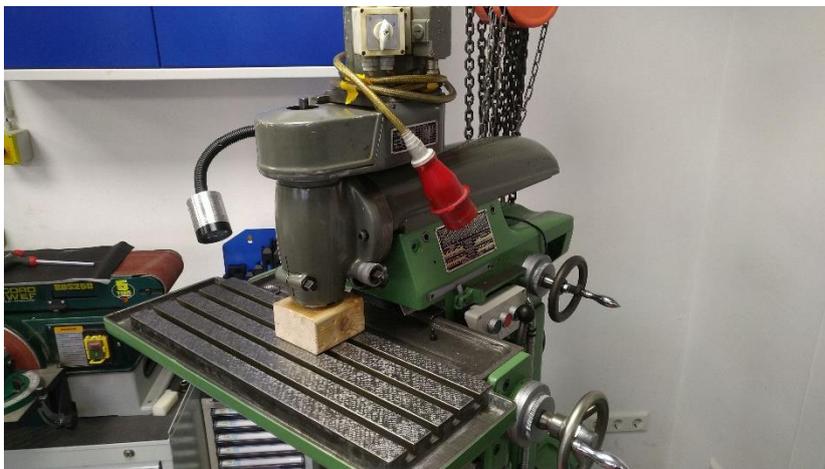


Abbildung 2: auch ein Schnellläufer-Kopf ist nun mit am Start!

Und damit schließt sich der Kreis mit Teil1: die dort als defekt diagnostizierten Spindellager waren der Anfangsauslöser für dieses FP1 Monsterprojekt! Vermutlich wird dieser Fräskopf die größte Herausforderung werden, denn der braucht nicht nur neue Lager, sondern muss auch geometrisch korrekt eingeschabt werden; weiterhin braucht auch seine "verbastelte" Antriebswelle sehr viel Zuwendung. Darum kümmern wir uns hier auch noch.

Zwischendrin wird mir bewusst, dass sowohl ich als auch mein Rücken beide nicht jünger werden. Also baue ich mir noch einen kleinen Portalkran mit Kettenzug, mit dessen Hilfe ich die ganzen Teile der FP1 (Fräskopf, Rundtisch, Winkeltisch, Teilkopf, Stoßkopf, Schnellläufer, usw.) zwar nicht schneller, aber bestimmt deutlich rüchenschonender wechseln kann.

Dann werden wir noch kleine Zugaben haben, z.B. ein Hensoldt Zentriermikroskop. Eigentlich müsste auch noch der drehbare FP1 Winkeltisch, der bei der Maschine beim Kauf mit dabei war, mit auf die Liste, aber ich brauche ja auch noch Perspektiven für spätere Schabprojekte.

Nun, es wird auf jeden Fall spannend werden und ich brenne auch schon darauf, endlich zu meiner Frau sagen zu können: "**Ich bin fertig!**". Darauf wartet sie nämlich schon mehrere Jahre.

Andere brauchen für diesen Spruch nur wenige Sekunden. Aber das ist ein anderes Thema ;-)

### 3 Starrer Winkeltisch

Obwohl er deutlich weniger universell ist, und damit weitaus weniger Möglichkeiten der Aufspannung bietet, ist der starre Winkeltisch eigentlich der geheime Favorit bei der Auswahl der Frästische. Durch seine niedrigere Bauweise gibt er ein paar zusätzliche wichtige Zentimeter Bewegungsfreiheit in der Z-Achse frei und durch seine größere Steifheit ist er auch bei den Freunden größeren "Männerspäne" sehr beliebt.

Ich selber hatte ebenfalls nach diesem Tisch geschaut- auch weil ich damit gerade als Anfänger wohl einen leichteren Start habe als mit einem Frästisch, den ich in zig Achsen verstellen kann (und damit auch einrichten muss!).



**Abbildung 3: so habe ich den starren Winkeltisch gekauft**

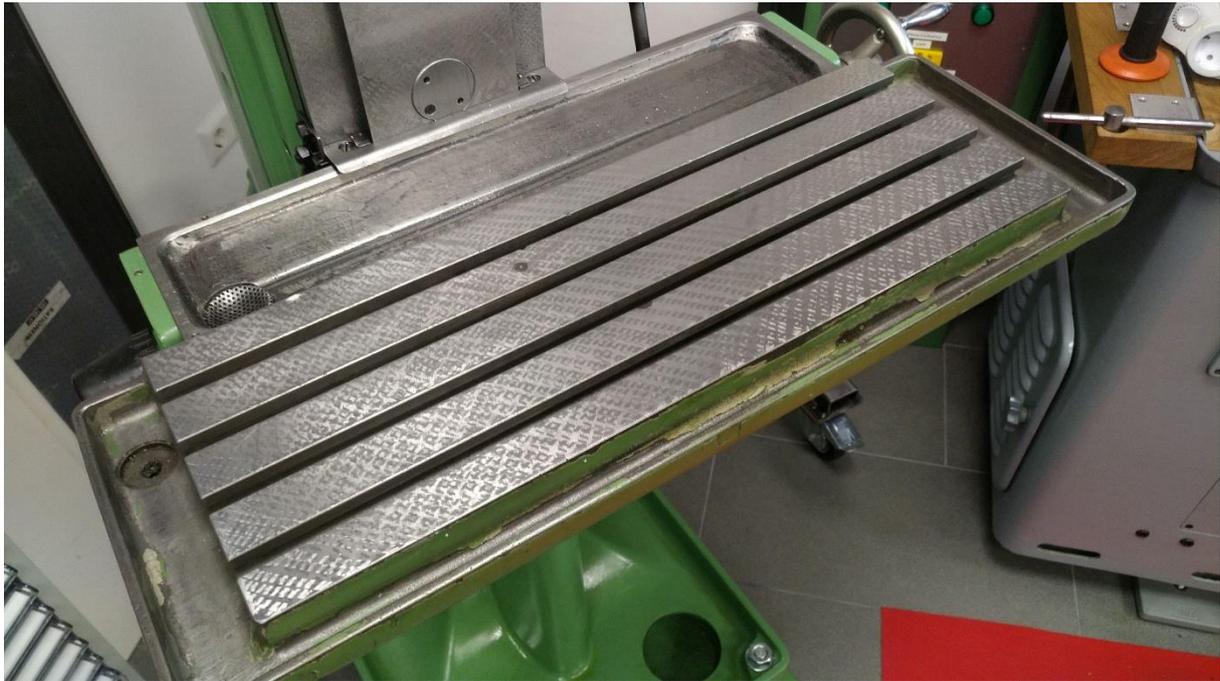
Also habe ich mir einen Tisch gekauft, der zwar nicht mehr komplett jungfräulich ist, aber wiederum auch noch nicht so kaputtgefräst ist, dass man eigentlich nur noch einen Klumpen Altmetall vor der Spindel hat, den man dann auch wieder ähnlich aufwändig wie die FP1 selbst restaurieren muss.

An diesem hier gibt es eigentlich nicht so viel zu tun: die Geometrie muss überprüft werden, dann eingeschabt werden, die Farbe muss neu, klar, dann die beiden kleinen Macken vielleicht mit JB Weld auffüllen.

Ich beginne damit, erstmal die Geometrie messen zu wollen. Dafür schätze ich eine saubere und gut vorbereitete Messfläche. Die erzeuge ich, indem ich die Fläche erstmal eben schabe. Also starten wir damit.

## Deckel FP1- Das Finale!

Nach dem ersten Überschaben im Kreuzgang sieht der Tisch so aus:



**Abbildung 4: erstes Überschaben**

Danach ist das Teil bereit für eine erste Beurteilung auf der Tuschieplatte. Weil ich "schief & krumm" erwarte, nehme ich im ersten Durchgang erstmal sehr viel Tuschiepaste.



**Abbildung 5: das erste Tuschiebild- kommt gleich!**

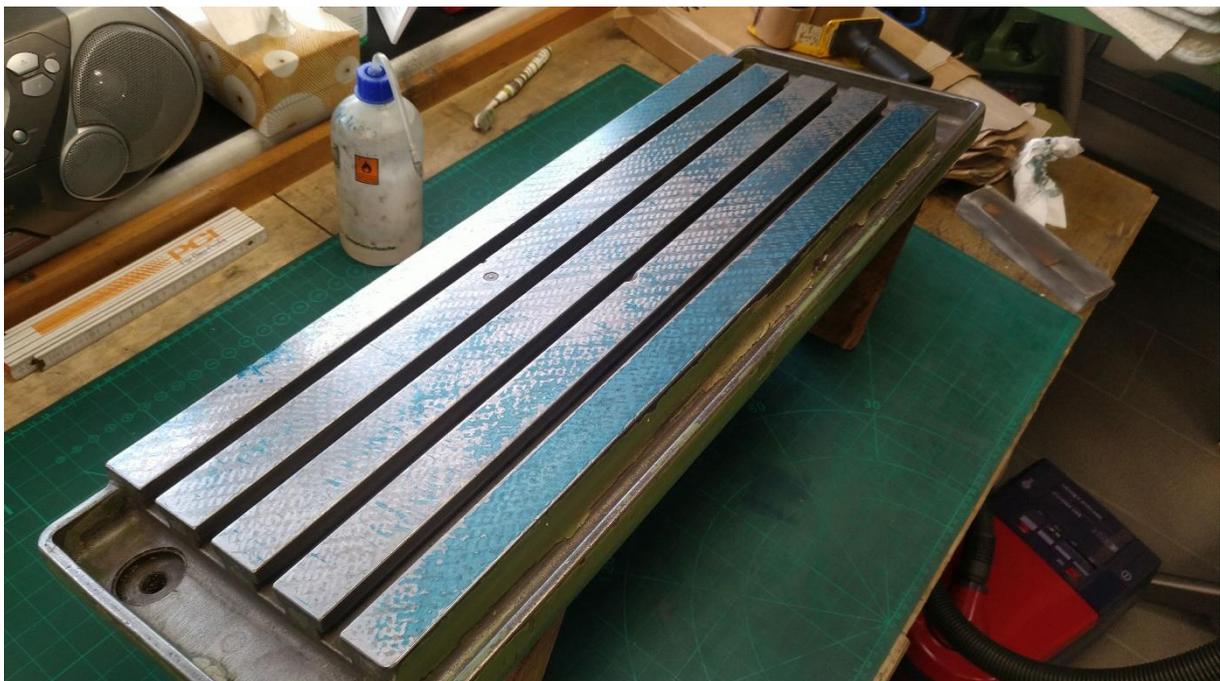
Und dann bin ich erstaunt:



**Abbildung 6: gar nicht so schlecht!**

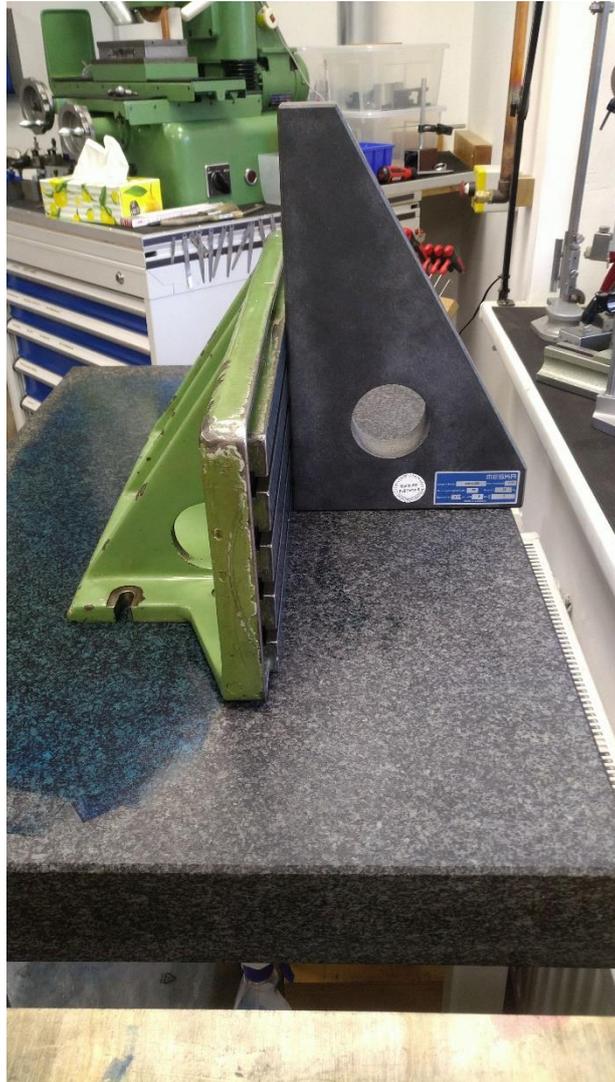
Fast die komplette Fläche ist blau, d.h. der Tisch scheint geometrisch gar nicht so schlecht zu sein! Das hätte ich bei einem gebrauchten Frästisch nicht erwartet!

Mit etwas weniger Tuschiefarbe erkennt man da aber schon, wo der Schraubstock meistens aufgespannt war. Aber auch hier gut: keine T-Nut, die durch übertriebene Anzugsmomente nach oben aufgewölbt wurde und auch keine sonstigen Deformierungen.



**Abbildung 7: mit weniger Tuschiefarbe sieht man dann aber doch, wo man noch optimieren kann**

Als nächstes interessiert mich die Geometrie; d.h. vorwiegend die Rechtwinkligkeit zwischen Tischfläche zu an seiner Anschraubfläche.



**Abbildung 8: Prüfung auf Rechtwinkligkeit**

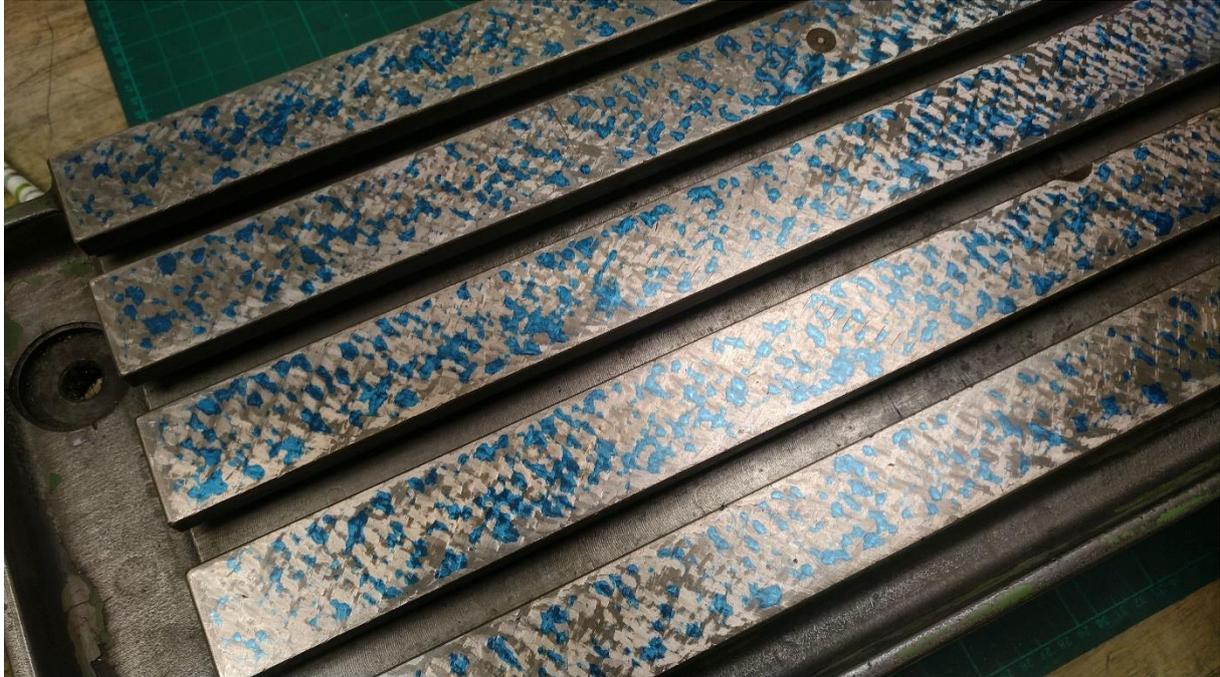
Dazu stelle ich meinen brandneuen MESKA 400mm Granitwinkel gegen die Tischfläche und prüfe mit einem 10 $\mu$ m-Streifen, ob der irgendwo in einer sich möglicherweise irgendwo auftuenden Ritze dazwischen passt.

Es gibt aber keine Ritze! Die Rechtwinkligkeit ist einwandfrei!

## Deckel FP1- Das Finale!

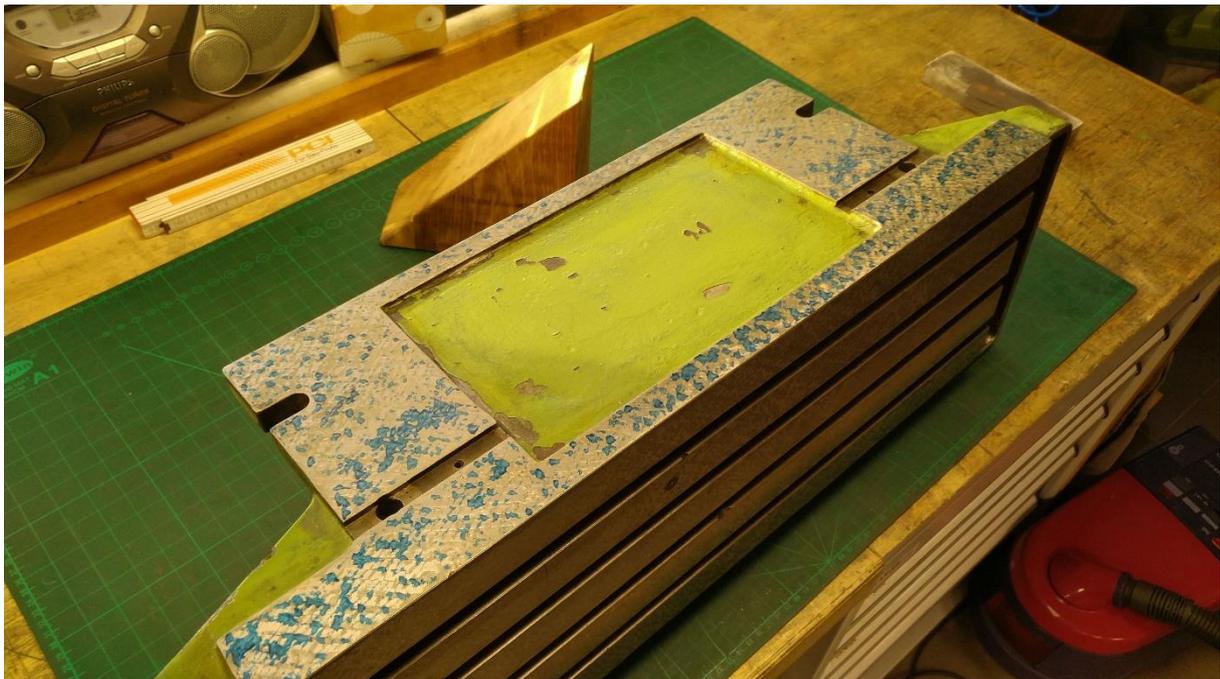
---

Da wir also keine geometrische Korrektur machen müssen, beschränkt sich mein Einschaben auf die Verbesserung der Ebenheit. Mit noch weniger Tuschiefarbe und einem Mix aus Canode blau und Chardonnal Aqua blue, deutlich dünner ausgerollt, sehen wir schon etwas klarer.



**Abbildung 9: das reicht mir für einen Frästisch eigentlich schon!**

Dann die Flanschseite. Die ist nicht ganz so schön gleichverteilt, aber so richtig "schlecht" jetzt auch nicht. Sie kriegt trotzdem noch ein wenig Zuwendung mit dem Biax.



**Abbildung 10: die Flanschseite**

Was ich dann aber dabei finde, ist das hier:



**Abbildung 11: ein Riss!**

Verflixt, ist das nur ein Gussfehler oder ist das wirklich ein Riss? Wenn ja- wie tief geht er und gibt es da eine Gefahr, dass er sich weiter ausbreitet?

Da hilft nur eins: mit dem Dremel ausschleifen und nachsehen!



**Abbildung 12: wir schleifen/fräsen dem Riss hinterher**

Schließlich gibt es Entwarnung: der Riss beschränkt sich wirklich nur auf den Rand des Tisches und dort auch nur auf die Rinne für das Kühlmittel. Hier wirken also keine großen Kräfte, denn er verhindert nur das Auslaufen von Kühlfluid auf den Fußboden. Keine Beeinträchtigung der Steifigkeit oder der Integrität des Tisches. Uff!

Trotzdem möchte ich das irgendwie "reparieren". Man könnte das Schweißen, aber dazu muss man den gesamten Tisch auf etwa 300°C erwärmen, bevor man schweißt, habe ich mir sagen lassen. Das wird schwierig. Einfacher wäre erst einmal ein Versuch mit JB Weld, denn das kann ich auch bei Raumtemperatur verarbeiten.



Abbildung 13: von den Amis hoch geschätzt: JB Weld

Ich presse also zwei ca. 3cm lange Raupen des 2K-Klebers aus und vermische sie. Es ergibt sich eine mittelgraue Masse, die ich mit einem kleinen Holzspatel auf den (vorher sorgfältig gesäuberten und entfetteten) Riss auftrage.



**Abbildung 14: JB Weld aufgestrichen**

Nun braucht man einfach nur ein wenig Geduld, denn erst wenn das Zeug ausgehärtet ist, kann man es vernünftig schleifen und damit sehen, ob es den Riss auch gut ausgefüllt hat.

In der Zwischenzeit reinige ich die Unterseite mit meinem Mellerud Backofenreiniger.



**Abbildung 15: Unterseite säubern - Schutzbrille und Einmalhandschuhe tragen!**

Danach sieht die Unterseite wirklich wieder sehr gut aus:



**Abbildung 16: nach dem Reinigen**

Nun wird geschliffen und alles für die Lackierung vorbereitet. Ein letztes Tuschierbild noch:



**Abbildung 17: so lasse ich es!**

Ja, damit bin ich für einen Frästisch zufrieden. Der Fachmann erkennt vermutlich zu wenige Tragpunkte direkt an den Kanten, insgesamt einen zu geringen Traganteil und noch keine perfekte Homogenität der Tragpunkte. Aber mal ehrlich: das hier ist ein Frästisch, kein Tuschierlineal. So lassen wir es. Außerdem kann ich es eh nicht besser ;-)

## Deckel FP1- Das Finale!

---

Ich setze wieder meinen RAL 6011-Lack an (MIPA 2K) und rolle ihn mit einer Schaumstoffrolle auf. Bewährtes Vorgehen, keine Grundierung, kein Zwischenschliff. Einfach nur den Decklack drauf und fertig. Das Ergebnis gefällt mir trotzdem:



**Abbildung 18: Frästisch lackiert**

Nach dem Trocknen hebe ich den Tisch von der Werkbank. Ich bin sehr zufrieden. Auch den gespachtelten Riss sieht man nicht mehr. Dafür sieht man im Hintergrund schon die Rohversion meines Portalkrans, den ich nebenbei zusammengebastelt habe, um den Tisch und weitere FP1-Anbauteile damit leichter bewegen zu können.



**Abbildung 19: das Endergebnis**

Nun beginnt die Fahrt zur Fräse. Dank der Rollen an meinem Portalkran geht das sehr leicht.



**Abbildung 20: der Tisch von der Frontseite**

Das Ansetzen des Tisches geht deutlich einfacher als befürchtet. Dadurch, dass man für die korrekte Höhenausrichtung ja nicht nur den Kettzug, sondern auch die Z-Achse der Fräse benutzen kann, ist ein sehr feinfühliges Ausrichten möglich. So flutschen die Nutensteine sauber in die T-Nutzen und der Tisch kann ohne großen Kraftaufwand montiert werden.



**Abbildung 21: Ansetzen des Tisches**

## 4 Schnell-Läufer Fräskopf

Danach mache ich stolz ein erstes Foto, nachdem meine FP1 wirklich so richtig nach "Fräse" aussieht. Ich zeige es Euch mal in groß:



Abbildung 22: meine FP1 mit zwei neuen Spielkameraden: Frästisch und Schnell-Läufer!

Nanu- was sehen wir denn da? Einen dunkelgrauen Fräskopf?

Tatsächlich- es ist der Schnellläufer, den ich zusammen mit dem feststehenden Tisch vom selben Verkäufer gleich mitgekauft habe- damit sich die Speditionskosten ein wenig mehr lohnen. Er hat eine SK40-Aufnahme, was für mich eigentlich gar nicht so gut ist, denn alle anderen Spindeln meiner Maschinen in der Werkstatt haben MK-Konus. Für einen kleinen Aufpreis legt mir der Verkäufer aber eine SK40-Spannhülse mit in die Sendung, damit ich meine vorhandenen 355E Deckel Spannzangen auch hier benutzen kann.

Große Durchmesser muss man hier ja eh nicht spannen, denn mit einer Drehzahl von 1900U/min bis max. 6000U/min werden es wohl in erster Linie sehr kleine Werkzeuge sein, die man benutzt.

Das Schöne an diesem Fräskopf war, dass ich ihn nicht erstmal überholen musste, sondern damit schon gleich loslegen konnte. Nunja, fast:



**Abbildung 23: äähhh...ein kleines Problem (links)...aber auch eine Lösung (rechts)!**

Ein wenig irritiert war ich dann nämlich schon, als ich beim Auspacken die defekte Riemenscheibe entdeckte. Gerade wenn man bei einem Verkäufer zum ersten mal was kauft, weiß man nie, wie er sich in solchen Fällen geben wird. Doch dieser hier hat tatsächlich noch eine weitere, absolut heile Riemenscheibe vorrätig, die er mir auch sofort im Austausch zuschickt.

Prima, Missgeschicke passieren einfach, und solange mal sich auch ehrlich um eine Lösung bemüht, gibt es in meinen Augen auch keinen Grund, auf jemanden sauer oder wütend zu sein. Im Gegenteil: gerade in so einem Problemfall kann man die Natur eines Verkäufers am besten herausfinden. Und dieser hier sofort "bestanden", wenn ihr mich fragt.

Wie sehr ich den neuen Fräskopf für meine folgenden Restaurationsarbeiten noch brauchen werde, seht ihr gleich!

## 5 Der Kreis schließt sich: der Vertikalfräskopf!

Nun ist es so weit: das Teil, weshalb die Komplettrestauration überhaupt erst begonnen hatte, bildet den Abschluss meiner Restaurationsarbeiten: der Standard-Vertikalfräskopf!



**Abbildung 24:** ein weiterer Versuch, die Geometrie des Flansches zu ergründen. Es geht so zwar "irgendwie", aber nicht wirklich gut und auch nicht sehr präzise. Wir werden bessere Ansätze finden!

Warum habe ich damit bis zuletzt gewartet?

Ganz einfach- weil ich damals schon spürte, dass ich zum korrekten Einschaben deutlich mehr Erfahrung und Übung brauchte als ich zu diesem Zeitpunkt hatte und auch deswegen, weil ich merkte, dass man eine Maschine erstmal "von unten" geometrisch korrekt aufsetzen sollte, bevor man ganz oben irgendwas zu einer unbekannt Basis anpasst. Das Dach bei einem Haus setzt man ja auch erst dann drauf, wenn man weiß, dass der Keller und das Erdgeschoss sauber und winklig stehen. Genauso ist es mit dem Fräskopf und seinen Spindellagern.

An diesem Bauteil gibt es aber -neben den "normalen" Arbeiten wie abschleifen und neu lackieren- eine Menge anderer, durchaus herausfordernder Arbeiten.

- Flanschfläche des Fräskopfs parallel zur Drehachse messen+ ggfs. schaben
- Gegenstück am Ausleger plan und geometrisch korrekt einschaben
- Komplettaustausch der Welle: die Ersatz-Singer-Welle einbauen
- dafür: neues Bronzelager bauen
- dafür: Einbausituation erforschen (Distanzringe, usw.; ich kann mich wegen des nicht fachgerechten Umbaus meines Vorgängers auf nichts verlassen- alles könnte falsch zusammengebaut bzw. modifiziert worden sein!)
- Kleinteile nachfertigen (Unterlegscheiben, Muttern, usw.)
- die neuen Spindellager fetten und einsetzen
- die passende Distanzscheibe ausmessen, auf Dicke schleifen und einsetzen
- Eingriffbild der Kegelräder ermitteln (Abstimmung der Zahnräder mittels Tuschierbild)

Das ist -zumindest für mich- eine Menge. Und viel Neuland ist auch mit dabei.

Alleine das Nachfertigen einer neuen Lagerbuchse ist schon nicht ganz ohne für mich. Die korrekte Aufspannung, die richtigen Drehwerkzeuge, die richtigen Drehparameter, dann auch noch das "richtige" Konzept. Wobei man sich fragen muss, was dann wieder "richtig" ist und was "falsch"? Bekanntlicherweise führen viele Wege zum Ziel- nur nicht jeder ist gleich gut.



**Abbildung 25: Mit dieser Methode wird die Messung schon deutlich genauer- und ist auch praxisgerechter, denn ich benutze die originalen Führungen der Maschine zum Abfahren. Nun noch den roten Arm durch einen robusten, starren Messuhrhalter ersetzen, und die Messung klappt!**

Nun, beginnen werde ich damit, zu prüfen, ob der Fräskopf mit seiner Flanschfläche eben ist. Sobald er das ist, benutze ich ihn als Tuschiermaster und schabe die Gegenfläche darauf ein.

Und das wird scheitern, aber seht selbst!

## 6 Geometrie des Flansches

Nach einer kurzen Rücksprache mit Lennart steht fest, dass ich die Geometriemessung des Flansches direkt auf der Maschine machen sollte. Das hat viele Vorteile: zum einen kommt es dem realen Betrieb später deutlich näher als bei mir auf der Messplatte und weiterhin kann ich die Tischverfahrwege dazu nutzen, die Fläche um den ringförmigen Vorsprung herum sauber abzufahren und mehrere Messpunkte zu nehmen.

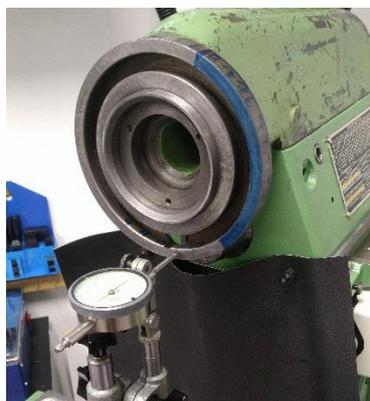


**Abbildung 26: Ich ergänze Lennarts Vorschlag noch um ein Kaltgetränk- und schon geht's!**

Ich spratze also einen meiner stabilen und eingeschabten DDR-Messbalken auf den Tisch und fahre damit dann die beiden ringförmigen Flanschflächen mit ihr ab. Der Nullpunkt liegt scheinbar ganz unten bei "6 Uhr", das Maximum bei etwa 3 Uhr auf der äußeren Fläche bei  $+130\mu\text{m}$ !

Achja: diesmal bestand ausnahmsweise keine Gefahr durch herumtropfende Petroleumflaschen, so dass der Genuss des Bieres auch ohne anschließenden Anruf bei der Gifthotline möglich war ;- ) (siehe Teil 3 dieser Reparaturberichteserie).

Ich markiere mir mit einem Filzschreiber die Stellen, die ich zur Geometriekorrektur erst einmal am Dringendsten abtragen muss und schabe los.



**Abbildung 27: die Geometriekorrektur beginnt!**

## Deckel FP1- Das Finale!

Zum Schaben lege ich mit den Fräsausleger dann in meine wolcraft mobile Werkbank und spanne sie fest.

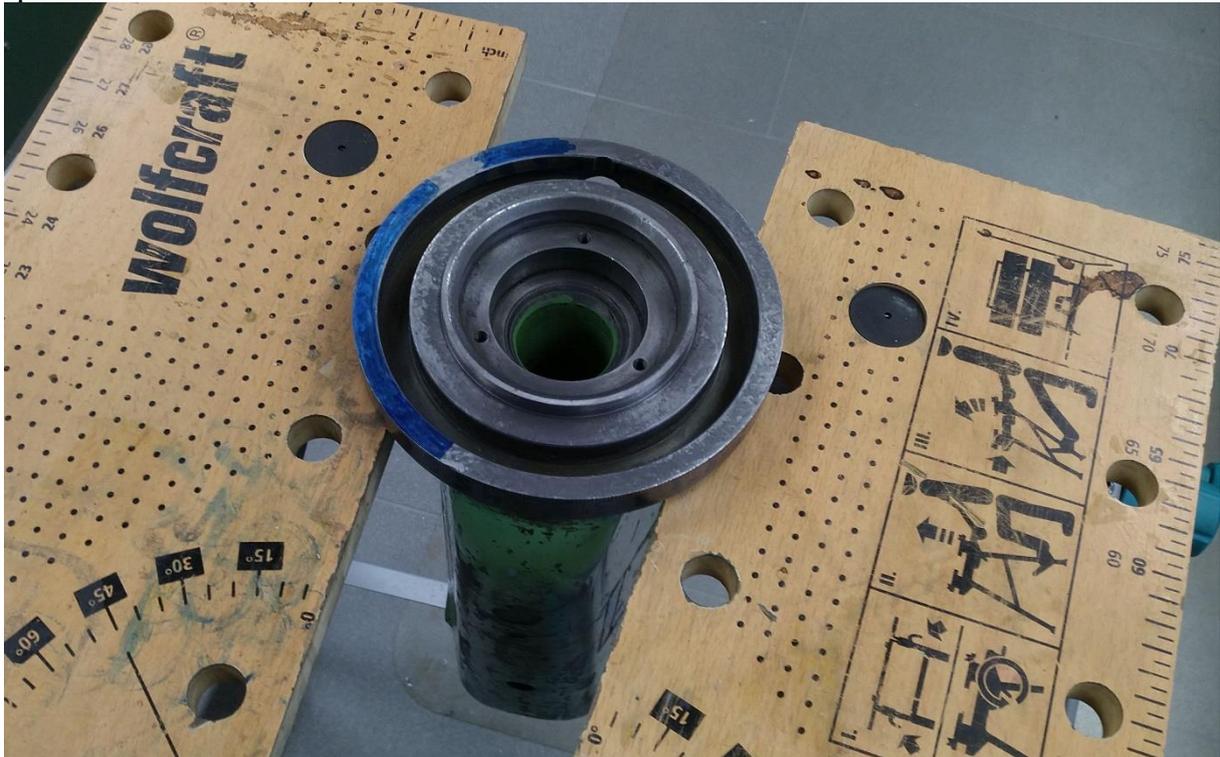


Abbildung 28: das Schaben beginnt!

Mit meinem Biax 7EL und langer Klinge trage ich erstmal großzügig Material ab. Ich weiß, dass das später Einfluss auf die Verzahnung der Kegelräder haben wird, aber es hilft ja nix: wenn ich den Fräskopf in dem aktuellen Zustand auf die Flanschfläche stecke, sieht man einen großen Luftspalt klaffen und - noch schlimmer- er kipzelt!

Ich schabe also weiter und nach recht vielen Durchgängen habe ich folgendes Bild:

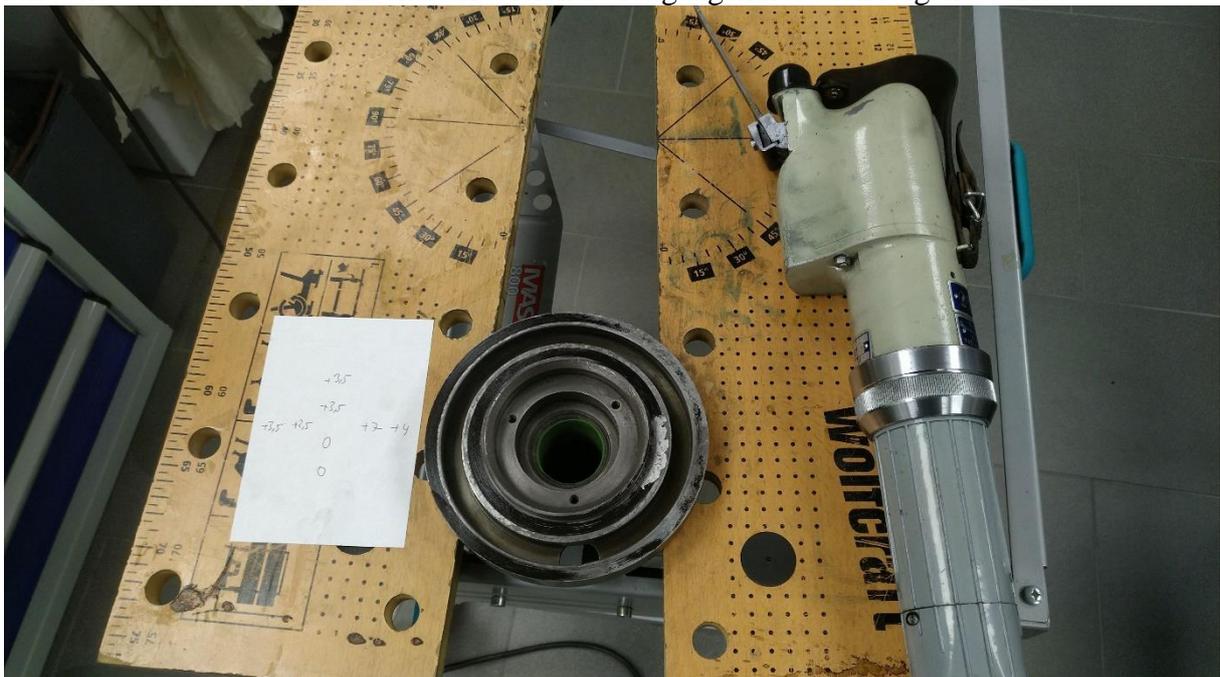


Abbildung 29: wir kommen dem Ziel näher.... aber erreicht ist es noch nicht!

## Deckel FP1- Das Finale!

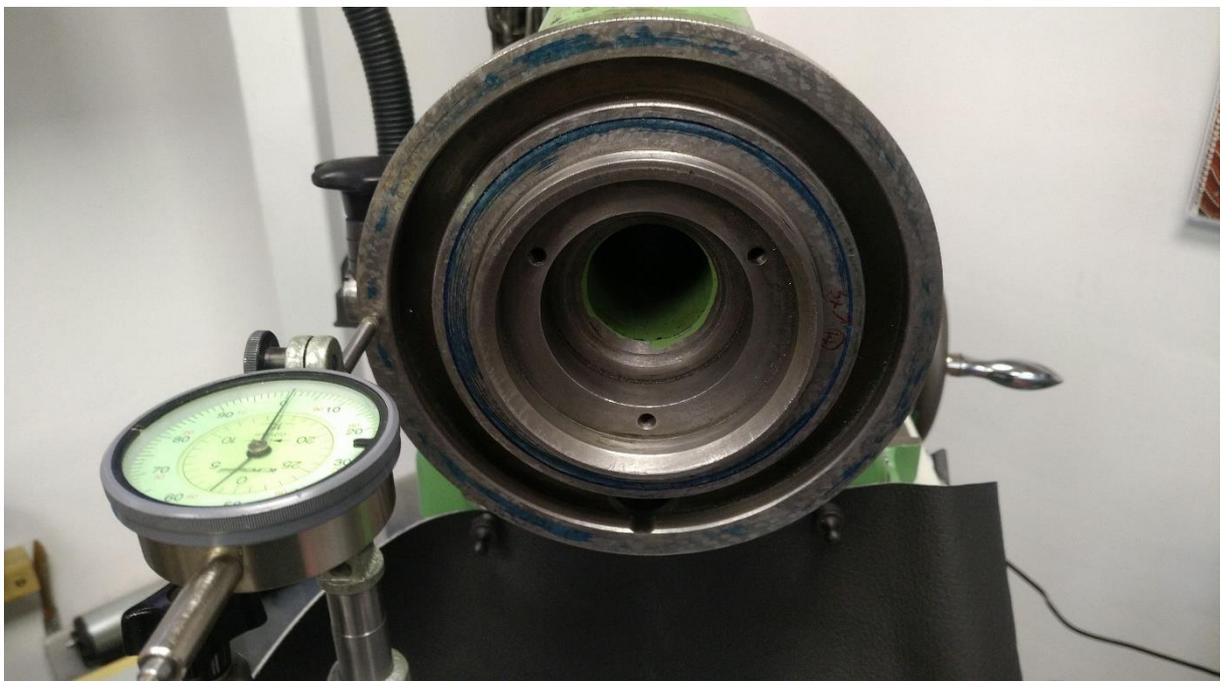
---

Zwischenzeitlich benutze ich noch Reste meiner mal selber angemischten schwarzen Tuschiefarbe (Öl+Beton-Färbepulver), von daher bitte nicht irritieren lassen.



**Abbildung 30: es wird besser...**

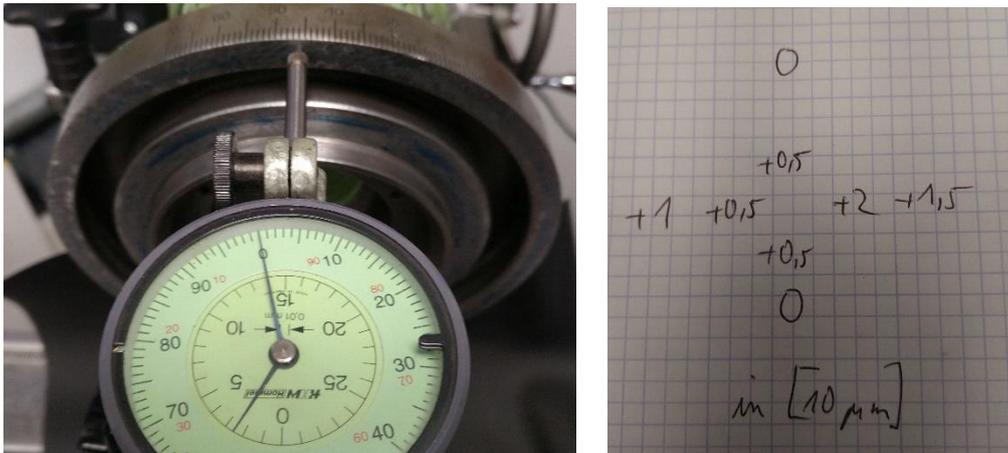
Es geht weiter und ich stelle irgendwann um auf blaue Diamant Tuschiefarbe.



**Abbildung 31: die Geometrie stimmt....oder doch nicht?**

Und dann ist es so weit- es klappt nicht!

Obwohl die Messuhr jetzt fast inzwischen fast überall gute Werte anzeigt, die in etwa mit denen meines SchnellläuferKopfes vergleichbar sind,...



**Abbildung 32: so sollte es doch klappen- warum aber kippelt der Kopf noch?!?!**

...so kommt die große Ernüchterung, als ich den Fräskopf aufsetze: er wackelt!!! Wie kann das denn aber bitte sein?!?!? Mit maximal  $20\mu\text{m}$  Abweichung der Geometrie zueinander kann es doch unmöglich kippeln!!

Ich brauche hier unbedingt Klarheit. Und die hole ich mir jetzt!

## 7 der Tuschier-Donut!

Mir wird klar, dass mir keine andere Wahl bleibt: ich muss mir eine Spezialtuschierplatte bauen, mit der ich die komplette Fläche des Flansches erreicht und nicht immer nur zwei Ringe- wie beim Einsatz des Fräskopfes als Tuschiermaster.

Nun habe ich mal im schönen Städtchen Hildesheim recht günstig eine süße Massi 20cm Tuschierplatte kaufen können. Quasi die Schwester zu derselben Massi Tuschierplatte, die ich bereits hatte. Damit ist klar: eine von beiden wird nun mit einem Loch ausgestattet!



**Abbildung 33: eine Massi Tuschierplatte aus Grauguss**

Damit wird sie zu einem "Tuschier-Donut", wie Jan-Sverre dazu sagt. Er hat auch so eine Platte mit dickem Loch drin. Seine ist sechseckig, sieht daher aus wie eine überdimensionale Schraube, aber manchmal kommt man ohne so einen Spezial-Donut nicht aus- meint auch Jan-Sverre.



**Abbildung 34: nur zwei Ringflächen als Tuschiermaster reichen nicht aus: die gemeinsame Überlappung zwischen den Ringen und dem Gegenstück ist zu klein!**

Die Platte passt wunderbar auf meinen neuen Rundtisch- auch ein Kauf von Rudi, dem netten Rentner aus dem Nachbarort! Somit ist der Plan klar: ich werde die Platte aufspannen und mit dem Schnellläuferkopf meine erste "richtige" Fräsaufgabe erledigen: ich werde ein 100mm großes Loch dort hineinfräsen!

Ich bin super gespannt, denn so etwas habe ich noch nie gemacht!

Mit dem Portalkran hebe ich den Drehtisch auf die Fräse. Für die Aufspannung kann ich gleich ein paar von Rudis Unterlagen benutzen.



**Abbildung 35: die Aufspannung**

Ich benutze einen sehr dünnen Fräser (ich meine, es war 4mm), denn weil der Schnellläuferkopf minimal 1900U/min macht und ich immerhin in Guss arbeite, muss ich mit dem Durchmesser runter, um nicht zu hohe Schnittgeschwindigkeiten zu haben.

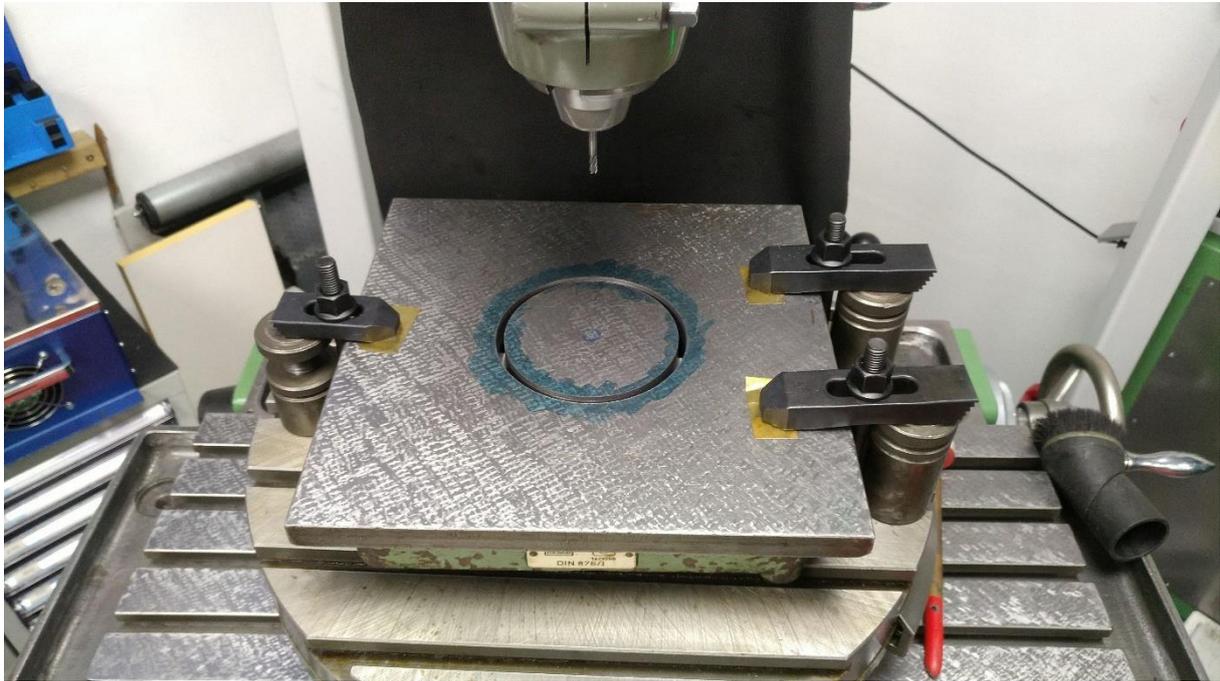


**Abbildung 36: das Fräsen geht los**

Wie es sich gehört, mache ich etwas Anreißfarbe drauf, ritze mit einem Zirkel an und dann geht's los!

## Deckel FP1- Das Finale!

Und es funktioniert wirklich! Und wie! Ich bin total begeistert! Stück für Stück stelle ich zu und kurbele tapfer meine Kreise. Ich traue mich immer nur maximal 200µm zuzustellen, hier fehlt mir einfach noch die Erfahrung.



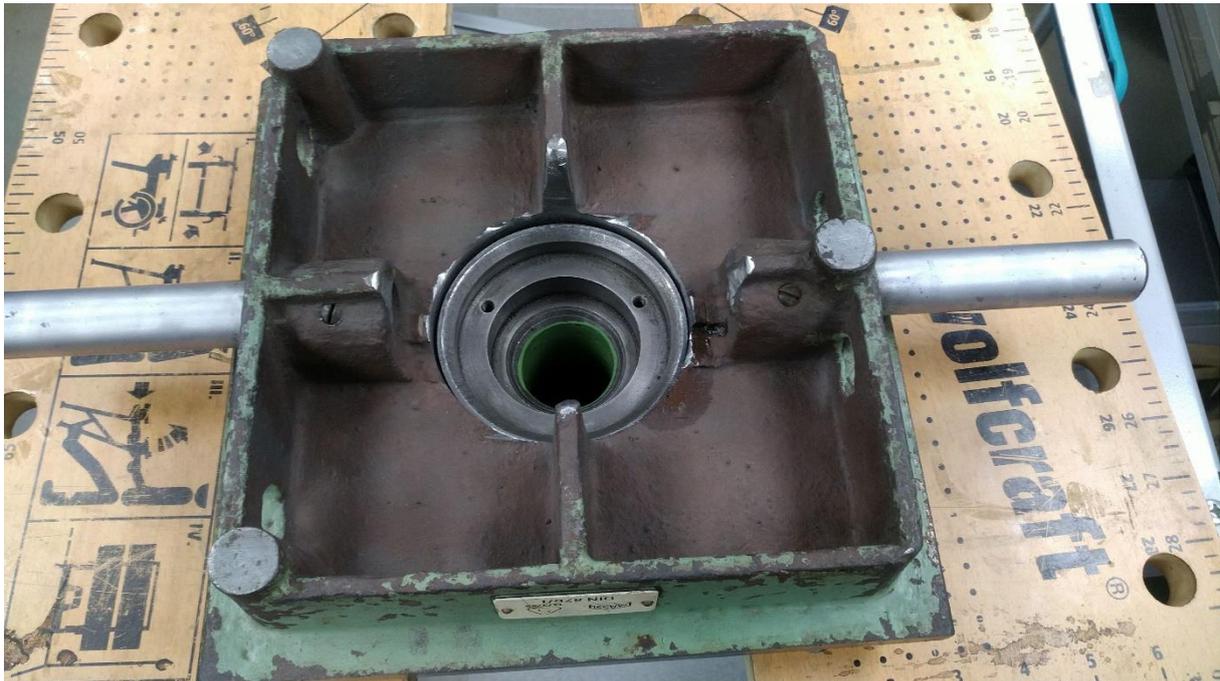
**Abbildung 37: ich klettere tiefer und tiefer!**

Aber irgendwann ist es auch damit soweit: ich bin durch! Auch wenn ich die Reste der Stege (Verrippung) auf der Unterseite noch mit einem Winkelschleifer durchtrennen muss: das Loch ist drin!



**Abbildung 38: mein Donut! :-)**

Probieren wir mal, ob er auch auf die Flanschplatte passt:



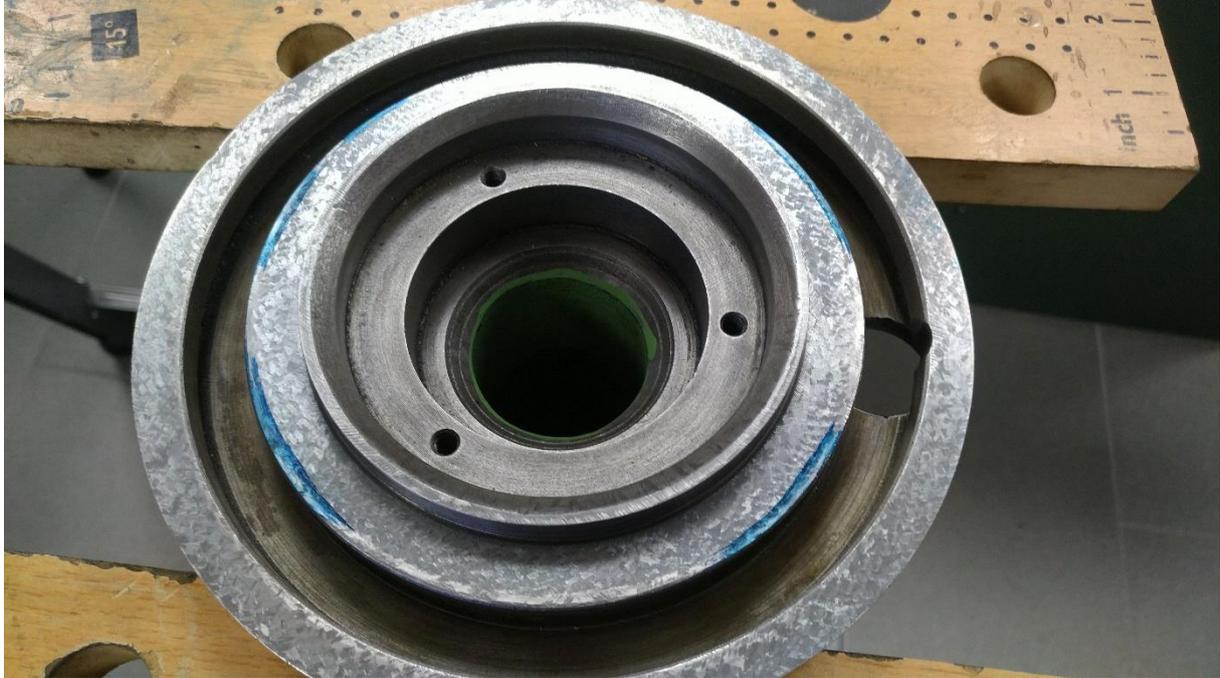
**Abbildung 39: der Donut passt!**

Ja, tut er!

Nun wird er natürlich noch einmal auf der Granitplatte überprüft, denn durch all das Fräsen könnte er ja nun interne Spannungen aufgebaut und sich dabei verzogen haben. Aber erstaunlicherweise hat der das kaum. Liegt vermutlich an der sanften Zustellung, die nur wenig mechanische Spannung in das Bauteil eingebracht hat. Daher ist wirklich nur sehr wenig Nacharbeit und Nachschaben notwendig. Der Donut ist einsatzbereit!

## 8 Erwischt!

Und schon das erste Tuschiebild, das ich mit dem neuen Donut mache, öffnet mir die Augen:



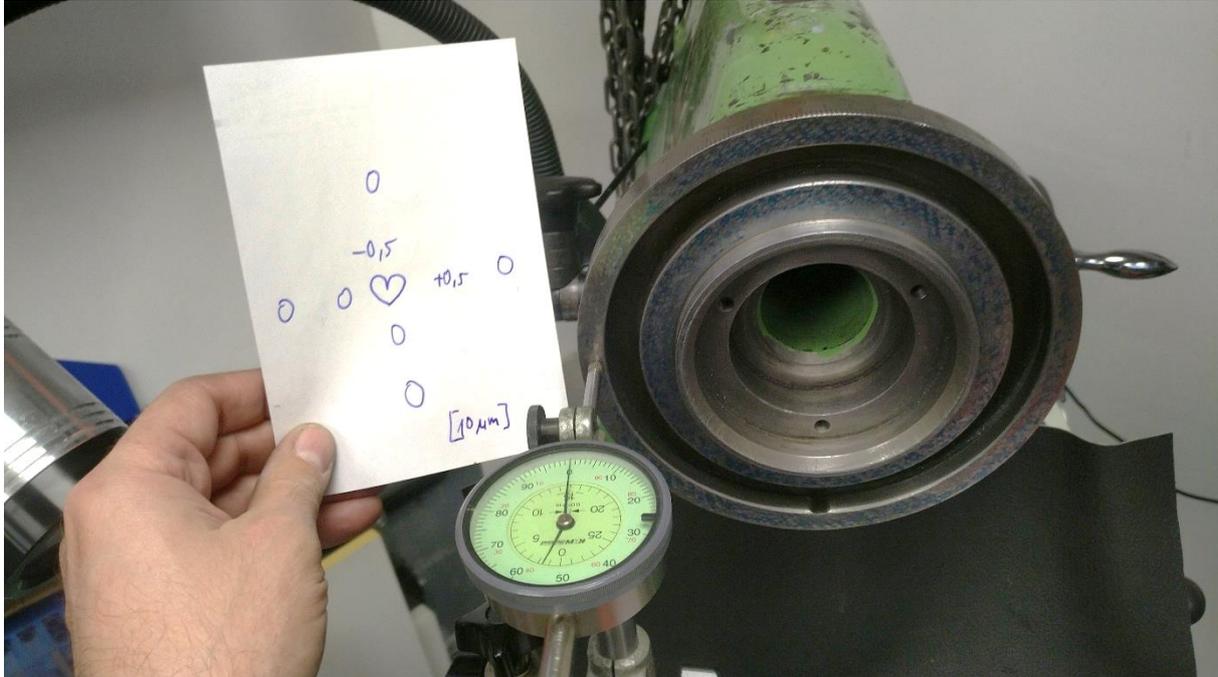
**Abbildung 40: jetzt weiß ich, weshalb mein Fräskopf gewackelt hat!**

Die Flanschfläche meines Schnellläuferkopfes, die ich als Vergleich auch mal tuschiert habe, sieht dagegen so aus:



**Abbildung 41: Flanschfläche des Schnellläufers: deutlich besser! Hier kippelt ja auch nichts!**

Des Rätsels Lösung war also, dass mein Fräskopf, den ich als Tuschiernmaster benutzte, mit seinen schmalen Ringen nicht genug Flanschfläche auf der Gegenseite erreicht hat. Er hat die Gegenfläche einfach nicht 100%ig überlappt und dadurch konnte an einigen Bereichen nie Tuschiernfarbe aufgetragen werden. Bereiche, die noch deutlich zu hoch waren und eigentlich hätten weggeschabt werden müssen! (Abbildung 40)



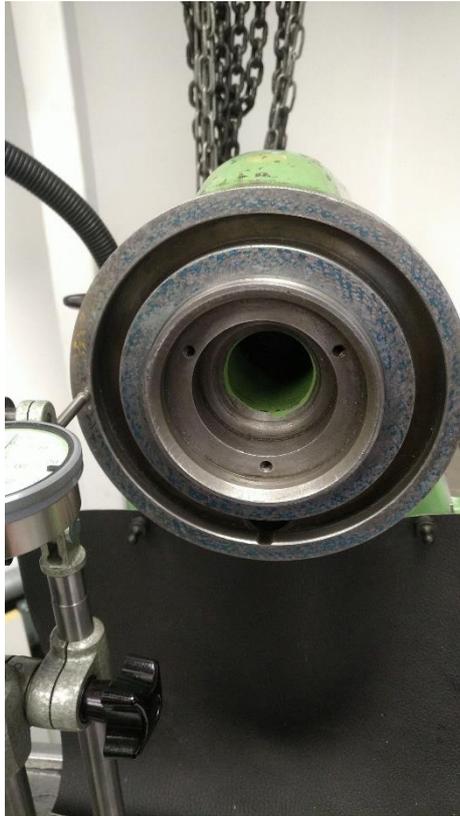
**Abbildung 42: jetzt kommen wir endlich langsam zum Ziel!**

Mit dem Donut aber, der jetzt aber nun wirklich restlos alles unter ihm an Fläche bedeckt, gibt es solche Effekte nicht mehr! Gnadenlos zeigt er die bislang verborgenen Hochpunkte an und so sind sie innerhalb weniger Minuten abgetragen.

Und siehe da: das Kippeln ist weg!

Ha!

Nun überprüfe ich die Fläche nochmals mittels Messuhr und fahre einzelne Punkte ab. Das Tuschiebild wird deutlich feiner und differenzierter.



**Abbildung 43: Abfahren der Flanschfläche mit Messuhr**

Interessant ist vielleicht noch zu erwähnen, dass ich, sobald ich den X-Tisch bewegt habe, vor jeder neuen Messung den Tisch immer erstmal kurz belasten muss (z.B. durch Drauflehnen), bevor ich stabile Messungen machen kann. Meine Vermutung ist, dass durch das Drücken das in den Führungen klebende Ölkissen erstmal verdrängt werden muss, bevor der Tisch dann wirklich starr in seinen Führungen am Metall aufliegt. Durch die Bewegung schwimmt er ganz leicht im Ölfilm auf und gleitet quasi während seiner Bewegung. genau so soll es ja auch sein!



**Abbildung 44: nach einer Tischbewegung muss ich kurz auf den Tisch drücken, um das Ölkissen zu verdrängen**

Aber mit dem Flansch sind wir jetzt fertig! Prima!

## 9 Die Welle kommt!

Das ist normalerweise der Spruch des Bademeisters, bevor im Thermalsolbad in Salzgitter die Wellenmaschine für 15 Minuten eingeschaltet wird. Macht man dann die Augen zu und legt sich dann vorne in die Wellenbrandung, so fühlt man sich in etwa so:



Abbildung 45: Die Welle kommt...

Und wenn die Frau nachher das Auto fährt und man vorher noch schnell beim Schwimmbad-Kiosk war, dann auch so:



Abbildung 46:...aber von innen mache ich mich anders nass ;-)

Es gibt natürlich auch andere Wellen. Eine ganz schlechte Welle sehen wir hier:



Abbildung 47: die ursprüngliche Antriebswelle in meinem Vertikalkopf

Da hilft dann auch das italienische Bier nicht mehr. Als Maschinenfreund Franz Singer dieses Foto sah, hatte er sofort so viel Mitleid, dass er mir spontan eine neue, originale schickte! Kostenlos!

Ich bin darüber bis heute so froh, dass ich seine Seite bestimmt gern ein weiteres mal empfehlen darf:

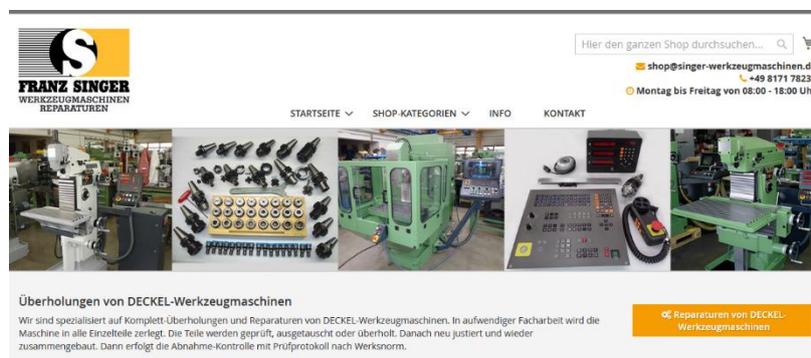


Abbildung 48: die Seite "https://www.singer-werkzeugmaschinen.de/" von Franz Singer

## Deckel FP1- Das Finale!

Heute soll es endlich darum gehen, diese neue Singer-Welle in meinen Fräskopf einzubauen. Das wird spannend werden, denn aus den mir vorliegenden Schnittzeichnungen weiß ich nicht wirklich, wie genau die Welle in korrektem Zustand aussehen sollte. Denn: bei mir wurde ja furchtbar gebastelt- ich kann mich hier auf so gut wie nichts verlassen. Wie also was und mit welchen Teilen zusammen gehört, werde ich mir selber herausfuchen müssen.

Nun- was haben wir denn überhaupt? Also aktuell haben wir das da:



Abbildung 49: Übersicht der Teile

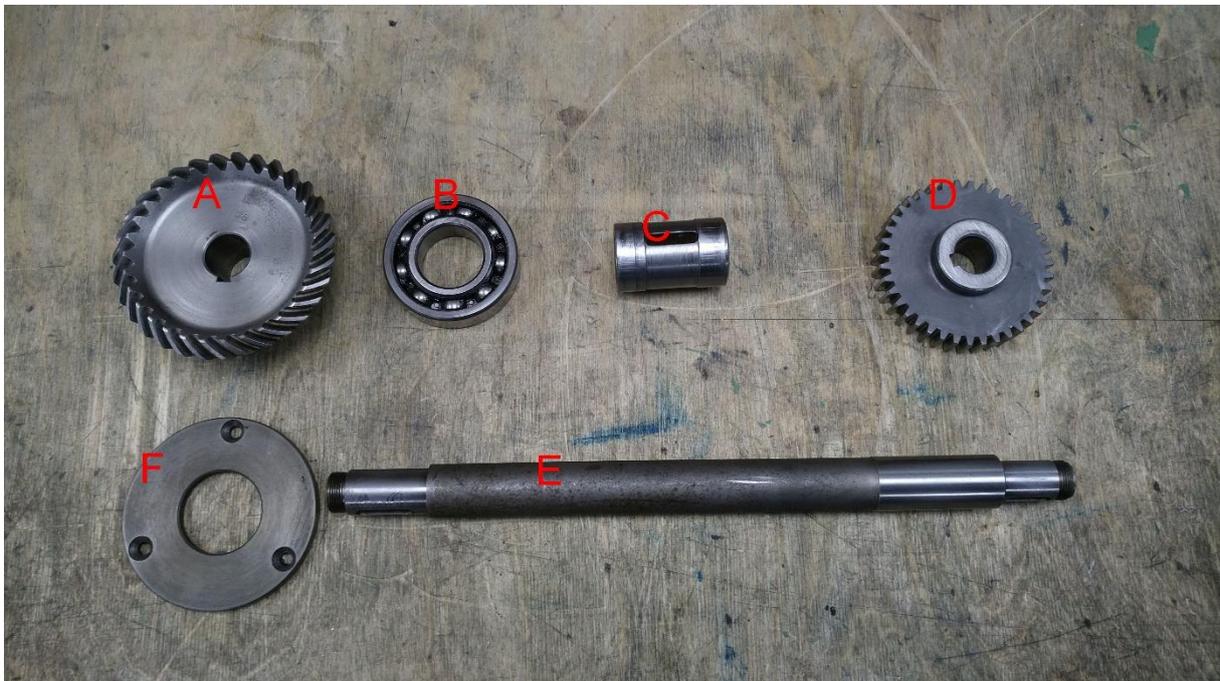


Abbildung 50: Übersicht einzeln

Schon beim bloßen Aufstecken der Teile wird schnell klar, dass mindestens an den Enden der Welle so etwas wie Stirnlochmutter mit 18mm Innendurchmesser und 1,0mm Gewindesteigung fehlen. Da ich sowohl im Internet als auch bei Singer selbst leider keine kriege, werde ich mir diese wohl selber machen müssen. Okay, wieder etwas Neuland für mich, aber nur so lernt man was.



**Abbildung 51: hier fehlenden wahrscheinlich Stirnlochmuttern (M18 x 1.0)**

Nachdem ich alles begutachtet habe, fasse ich den Entschluss, mit dem defekten Gleitlager zu beginnen. Das ist Teil "C" in den Bildern oben. Das Lager ist eine Buchse, die im Innern mit einer Art Gleitlagerbronze ausgekleidet zu sein scheint. Diese Bronze ist aber total kaputt- weder der Durchmesser passt noch seine Oberfläche. Keine Ahnung, was hier passiert ist; ob dort Späne hineingefallen sind oder die Buchse über Jahre trocken gelaufen ist? Auf jeden Fall ist hier nichts mehr zu beschönigen: die Lagerfläche muss ausgebohrt (gedreht) werden und ein neues Inlay gedreht und eingepasst werden.

Der Fachmann sagt wohl "neu ausbuchsen" dazu.

Ich bin aber kein Fachmann, daher darf ich mir den Begriff nicht anmaßen ;-)

## 10 Gleitlager neu ausbuch....äh... auskleiden :-)

Ich habe mir lange überlegt, wie ich das wohl am besten mache. Die Buchse soll ja am Ende auch passen- sowohl im Durchmesser als auch in der Flucht mit der neuen Singer-Welle! Das ist für mich als Metall-Anfänger gar nicht so einfach.

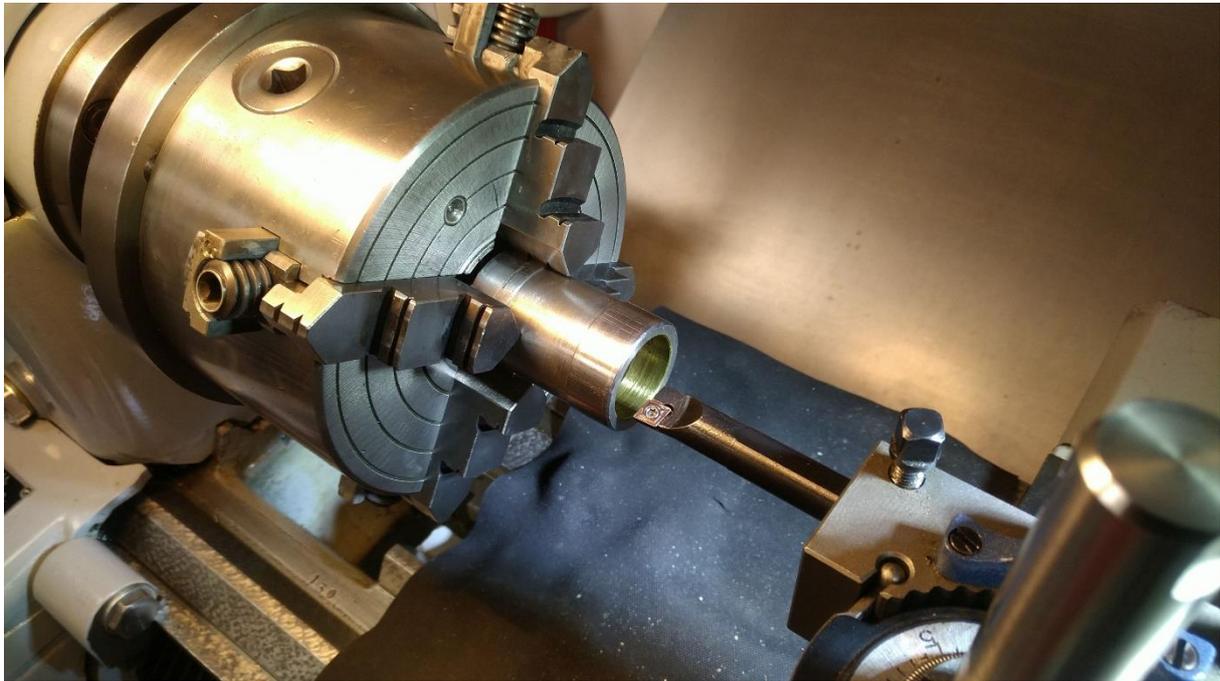


Abbildung 52: Ausdrehen des alten Gleitbelags

Verzeiht es mir daher bitte, wenn ich hier nun nicht alles perfekt richtig mache. Ich muss eben das nehmen, was ich habe und mit dem bearbeiten, was der Werkzeugschrank aktuell hergibt und mit dem begnügen, was mein Gehirn zur Verfügung stellt :-/

Also erstmal unstrittig ist wohl, dass einem bei dem Blick in die alte Lagerfläche wohl schlecht wird:



Abbildung 53: altes Gleitlager: die Fläche ist völlig kaputt!

Also starte ich mit einer (chinesischen) Bohrstange und einer (chinesischen) DCMT (?) - Platte. Vermutlich beides nicht optimal, aber für das Herausschälen der alten Gleitlagerbronze reicht es.



**Abbildung 54: Ausdrehen**

Ich nehme immer 100µm-Schritte; also "Zehntel" im Durchmesser. Bedeutet für Ingenieure: 50µm Schnitttiefe, für Physiker:  $50 \cdot 10^{-6}$  m. Für normale Menschen: "sehr wenig".

Eigentlich ist das für Hartmetallplatten, die eher für höhere Schnittdrücke gebaut sind, wohl viel zu wenig. Trotzdem sagt mir meine Messuhr, dass mir damit meine Cuts überraschend gut und präzise gelingen! Also mache ich mir keine weiteren Gedanken und schäle weiter in Mini-Häppchen meine Schichten heraus. Bestimmt macht das ein Profi mit anderer Drehplatte und stärkerer Zustellung in einem Bruchteil der Zeit, aber ich lerne ja noch, daher bin ich lieber etwas zu vorsichtig. Schließlich soll es am Ende ja auch gelingen!



**Abbildung 55: nun zahlt sich der ganze Aufwand für das Aufarbeiten meiner Leinen MLZ4S Drehmaschine aus: sogar ich als Anfänger treffe damit nun Zielmaße in erstaunlicher Präzision und Wiederholbarkeit!**

Zusehends beobachte ich, wie Stück für Stück die alte Lagerbronze herausgeschält wird. Bei ziemlich genau 25,00mm Durchmesser durchstoßen wir die Trennebene zwischen Bronze und Lagerhülse. Die Gleichmäßigkeit der verbliebenen Restschicht zeigt mir auch, wie gut konzentrisch mir die Einrichtung der Buchse im Futter gelungen sein muss. Wäre ich sehr weit von der originalen Drehachse entfernt gewesen, wären die Reste der Lagerbronze unsymmetrisch in der Lagerhülse zu sehen gewesen, das war aber nicht so. Die letzten "Fetzen" waren überall ziemlich gleichmäßig verteilt; d.h. meine Drehachse passte gut zum realen Drehzentrum der Lagerhülse, als sie mal entstanden ist.



Abbildung 56: anhand der ziemlich gleichmäßig verteilten Bronze-Rückstände bin ich sehr zuversichtlich, dass die von mir eingestellte Drehachse ziemlich gut im Hülsenzentrum liegt!

Nun, die Lagerhülse ist ausgespindelt, also nun weiter: wir brauchen jetzt ein Stück Lagerbronze, das wir nun dort neu einsetzen werden.



Abbildung 57: ich spindele die Lagerhülse auf genau 26mm Innendurchmesser aus

Erstmal werde ich also ein Stück Lagerbronze auf eine Länge von gut 50mm auf genau 26,000mm abdrehen. Oder ein ganz wenig kleiner, damit sie auch gut in die Lagerhülse flutscht. (Mit dem Flutschen wird das nix, aber sehr gleich selber).



**Abbildung 58: Lagerbronze ist teuer, daher versuchen wir, nichts zu verschwenden**

Ich benutze wieder eine chinesische Platte für Stahl. Keine Ahnung, ob das richtig ist. Trotzdem erreiche ich damit das gewünschte Zielmaß sehr genau. Vorne messe ich 25,99mm und hinten am Ende 26,00mm. Also 10 $\mu$ m Unterschied auf die 50mm Drehlänge. Ob das gut ist, weiß ich nicht, aber schlecht bestimmt auch nicht.



**Abbildung 59: Zielmaß getroffen**

Ich poliere die Welle noch etwas mit dem Schleifschwamm nach und drehe eine kleine Fase an den Anfang. In meinem jugendlichen Leichtsinne dachte ich, dass ein 25,99mm dickes Zylinderstück doch in ein 26,001mm breites Loch passen müsste.

Tut es aber nicht.



**Abbildung 60: Füge-Versuch- nunja...**

Hier zeigt sich eben, dass ich im Metallbau noch immer blutiger Anfänger bin. Immerhin bin ich schon auf die Idee gekommen, die Werkstücke für den Fügeversuch nicht auszuspannen, sondern in ihren Drehfuttern zu lassen, damit ich den Rundlauf nicht ruiniere- falls ich was nacharbeiten muss. Denn das müsste ich eigentlich, denn geplant war, das Bronzestück mit Loctite in die Hülse zu kleben. Ich habe nämlich keine Ahnung, in wie weit sich die Hülse bei einem Einpressen aufweitet und danach vielleicht unerwünscht und das später zu anderen Problemen bei der Endmontage führen könnte- daher wollte ich spannungsfrei kleben.

## Deckel FP1- Das Finale!

---

Das Problem: nachdem ich den Fügeversuch begonnen hatte, stecken die beiden Teile nun so kuschelig ineinander fest, dass ich sie nicht mehr herauskriege (zumindest nicht ohne Hämmergewalt).

Also mache ich in der Not das, was vielleicht andere auch getan hätten: es wird eben doch eine Presspassung! Ich spanne aus, reibe etwas Loctite 648 hinein (wobei ich nicht glaube, dass das was bringt, denn durch die stramme Passung dürfte so gut wie kein Spalt mehr für Kleber Platz finden) und stecke die Bronze so weit es geht, hinein.

Es geht genau so weit:



**Abbildung 61: die neue Lagerbronze wird eingesetzt**

Aber das Teil muss rein, es hilft nix. Zum Ende hin wurde mein Zylinder ja um  $10\mu\text{m}$  im Durchmesser dicker, das merke ich jetzt. Ich brauche mehr Einpresskraft.



**Abbildung 62: Einpressen**

Mit dem Schraubstock gelingt es.



**Abbildung 63: hat geklappt!**

Eigentlich müsste nun abgestochen werden, aber darin bin ich nicht besonders gut. Ich benutze die Bandsäge und säge 5mm hinter der Hülse ab.

Dann geht es darum, die Innenbohrung herzustellen. Und die muss wirklich präzise sein- sowohl vom Durchmesser als auch in der Flucht! Also wieder neu einspannen und ausrichten.



**Abbildung 64: die Hülse erneut ausrichten**

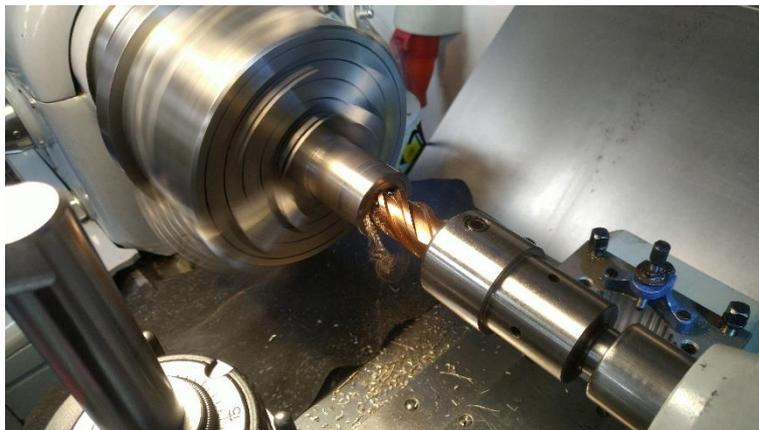
Damit lasse ich mir wirklich Zeit und mache es sehr gewissenhaft, denn ich möchte es nicht versauen. Das Loch muss bestmöglich zentrisch werden, denn all die Präzision im Innendurchmesser nützt am Ende nix, wenn es nicht mit der Drehachse fluchtet.

Apropos- welche Präzision brauche ich eigentlich?

Die Gleitfläche an der Singer-Welle hat exakt 23,97mm Außendurchmesser. Lennart vermutet, dass für ein Gleitlager vielleicht "3..4 Hundertstel" Spiel reichen würden. Was er damit meint, ist natürlich 30..40µm. ;-)

Will sagen: wenn die Bohrung etwa 30µm größer ist als die darin laufende Welle, bildet sich wahrscheinlich der gewünschte Ölfilm zu beiden Seiten aus, wenn sich die Welle dreht. Und die 23,97mm Wellendurchmesser "schreien" irgendwie nach einer 24,00mm Lagerbuchse mit 30µm Spiel für den Ölfilm!

Lennart hat- wie so oft- vermutlich recht!



**Abbildung 65: Ausbohren mit 20mm Kernbohrer**

Es ist jetzt also klar: das Zielmaß ist 24,000mm für die Innenbohrung. Ich beginne mit einem 20mm Kernbohrer. Weil der aber nur 40mm Bohrtiefe hat, muss ich mit einem konventionellen Bohrer nachsetzen.

Ich spindele dann -wieder mit der chinesischen Stahldrehplatte- hinterher und treffe tatsächlich auf den µm genau!



**Abbildung 66: glaubt es oder glaubt es nicht: auf das µm getroffen!**

Ich schnappe mit die Singer-Welle, tropfe ein wenig von meinem Bastelöl drauf und mache die Probe:



**Abbildung 67: die Welle passt!**

Sie flutscht haarscharf hinein! Und noch besser: sobald ich die Welle mit den Fingern etwas drehe, merkt man deutlich, wie sich ein Ölfilm im Innern aufbaut und die Reibung schlagartig nahezu "verschwindet". Es baut sich tatsächlich ein Ölfilm auf, der -während die Welle dreht- sie in einem mikrometerdünnen Ölfilm aufschwimmen und darin gleiten lässt: fast wie bei einem Auto im Aquaplaning!

Für mich ist das ein echtes Erlebnis, denn es ist ein Unterschied, ob man immer nur von diesem Ölfilm-Schmiereffekt hört (ich glaube, der heißt "hydrodynamischer Effekt") oder man ihn wirklich selbst erlebt! Und noch besser: man selbst hat es geschafft, ein Lager zu drehen, das wirklich zu funktionieren scheint!

## 11 Rudi ruft an - und die Zeit läuft ab: Silvester!

In diesem Moment der Ekstase ruft Rudi, der nette Rentner aus dem Nachbardorf, an.

Ich muss dazu sagen, dass heute gerade der 31.12.2021 ist und ich unter dem Vorwand, die Werkstatt etwas aufzuräumen, heute morgen mich für eine heimliche Stunde in die Werkstatt verdrückt habe, um diese Passung zu drehen. Schließlich läuft heute meine "FP1-fertig"-Frist ab und auch wenn es sehr unwahrscheinlich ist, meine Maschine bis 00:00 Uhr komplett "fertig" melden zu können, so bin ich dem Ziel doch schon sehr, sehr nahe gekommen.

Die gut gelaunte Stimme aus dem Telefon wünscht mir einen guten Rutsch, freut sich über seine Erwähnung in Teil 3 dieses Reparaturberichts und will natürlich die aktuellen Fortschritte wissen. Insbesondere wegen der ganzen Corona-Beschränkungen haben wir uns leider schon etwas länger nicht mehr sehen können und auch weil ich über die Feiertage gerade wieder von einer Migräne-Serie "erfreut" wurde, war auch nichts groß mit Laufen. Denn dabei treffe ich Rudi mit nahezu an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit: unsere Standard-Joggingstrecke führt zufällig an seinem Haus vorbei ;-)

Nun, ich finde es immer schön, wenn sich Bastelfreunde nach dem aktuellen Stand der Dinge erkundigen und ich berichte auch immer gern von den gemachten Fortschritten.



Abbildung 68: mit aufgeräumter Werkbank ins Neue Jahr!

Aber für heute ist genug, schließlich ist Silvester und tatsächlich erwarten wir heute Abend sogar Gäste. Da ruft auch schon die Frau nach mir- ich muss mir einen intelligenten Anschluss überlegen, wie wir zwei Racelette-Grills an einem großen Tisch installieren können, ohne dass die Sicherung fliegt. Das hat jetzt natürlich Vorrang!

Ich lasse noch einmal den Blick durch die Werkstatt schweifen. 2021 hat wirklich nicht immer nur Spaß gemacht. Die ganzen Einschränkungen haben nicht nur oft persönlich weh getan, sondern sind sicher auch für die beste Ehe belastend gewesen. Ich kenne mindestens zwei, die dieses Jahr nicht überstanden haben und das trübt meine Stimmung ein wenig.

## Deckel FP1- Das Finale!

---

Trotzdem: es war auch viel Gutes dabei und auch der Werkstatt hat 2021 gut getan. Dies anerkennend, schaue ich noch einmal verliebt in meine Metall-Maschinen-Ecke, in der dieses Jahr die meisten Veränderungen stattgefunden haben. Dann schalte ich das Licht aus und ziehe die Tür hinter mir zu. Die Raclette-Grills warten und ebenso die Familie: nun ist erst einmal Silvester!



**Abbildung 69: Werkstattporno 1**

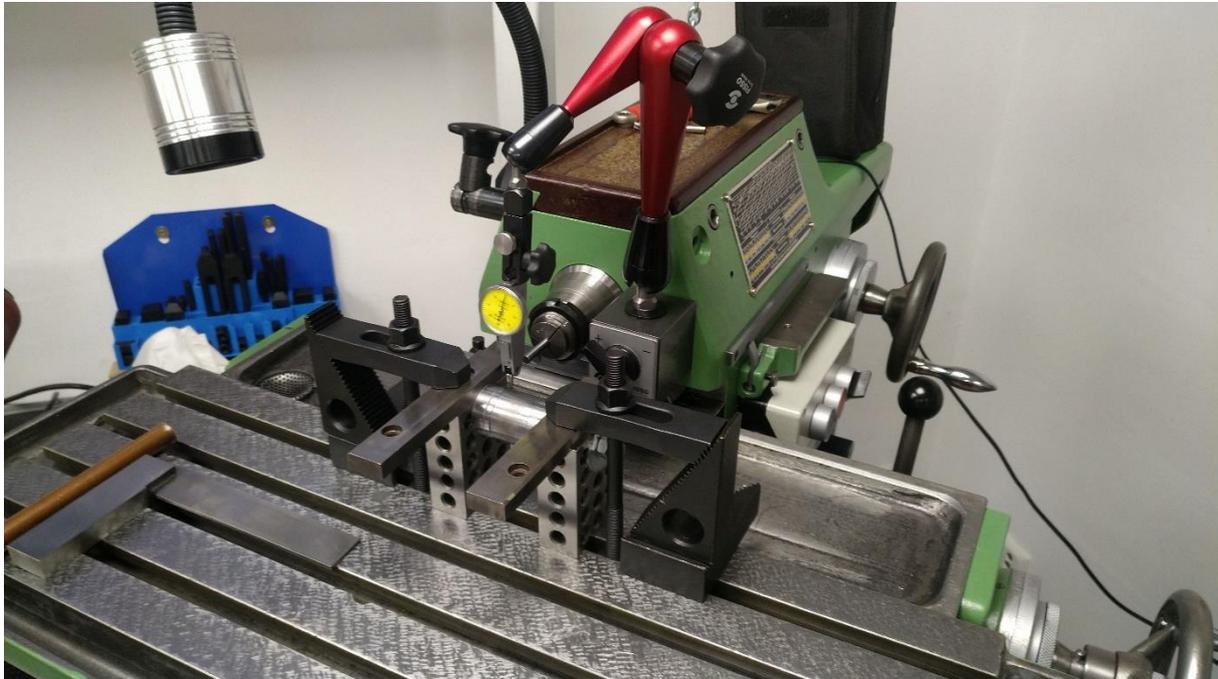


**Abbildung 70: Werkstattporno 2**

Jetzt bin ich echt mal gespannt, wie intelligent heutige Suchmaschinen sind, die Begriffe in Texten und Bildunterschriften suchen aus auswerten....;-)

## 12 Neujahr!

2022 startet und ich brenne darauf, die nächsten Schritte mit meiner Fräse zu machen. Die Gleitlagerhülse ist gedreht, die Passung stimmt, nun muss allerdings noch die Schmiernut ge-  
fräst werden!



**Abbildung 71: die FP1 wird zum Horizontalfräsen vorbereitet**

Nun, die FP1 ist ja grundsätzlich schon einsatzbereit, also müsste ich das benötigte 6mm Langloch doch mit ihr erzeugen können. Trotzdem denke ich recht lange nach, wie ich eine einigermaßen vernünftige Aufspannung hinbekomme, die mir nicht gleich wieder nach den ersten Spänen um die Ohren fliegt.

Ich entscheide mich dafür, die Horizontalspindel zu benutzen. Die Gleitlagerbuchse selbst klemme ich zwischen zwei 123-Blöcke, die ich dann wiederum auf den Tisch aufpratze. Für die korrekte Ausrichtung fällt mir nichts anderes ein, als die Hülse in zwei Achsen mit der Messuhr abzufahren und mit einem Kupferstab in Position zu klopfen. Das klappt aber gut. Dann noch die Nut: wie um Himmels willen richtige ich die im korrekten Winkel und der korrekten Höhe aus?

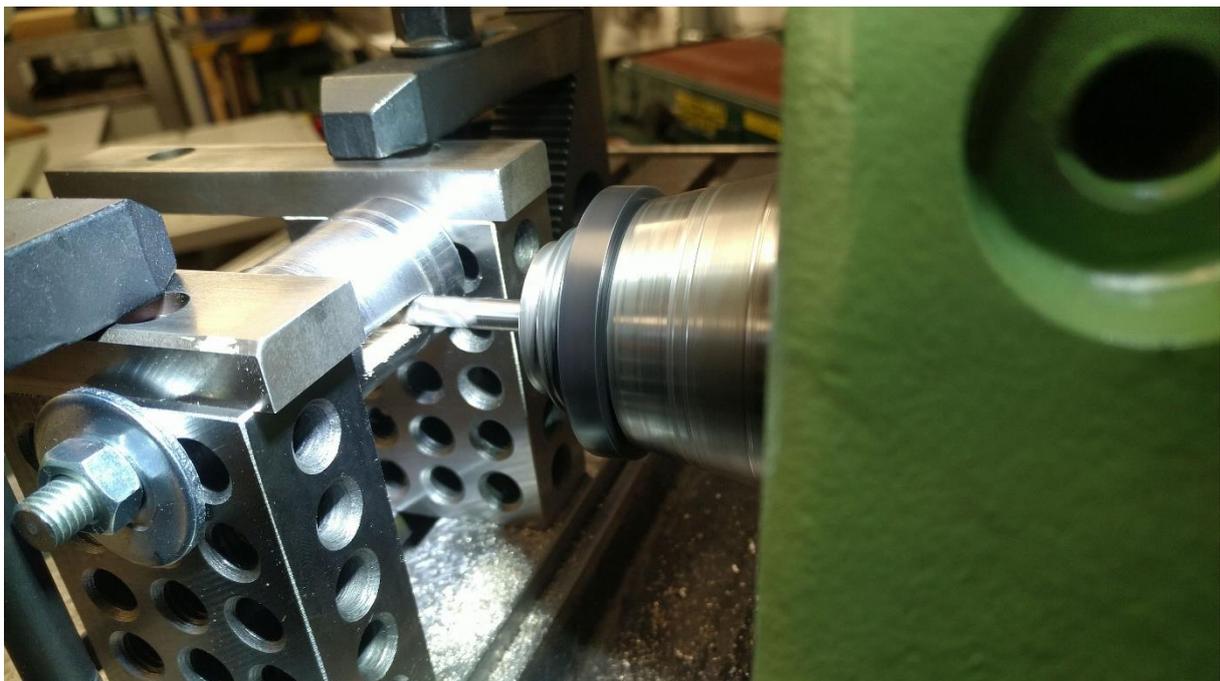
Glücklicherweise ist die Lage und die Geometrie der Schmiernut nicht so kritisch. Also reicht es mir, eine 6mm Präzisionswelle in die Spannzange der Fräse zu stecken, damit in die Nut zu peilen und die Hülse so lange auszurichten, bis der Dorn genau in die Nut trifft.

Vermutlich könnte man es mit Messuhr und Finden des Kreisscheitelpunktes noch genauer machen, aber das verkneife ich mir.



**Abbildung 72: eine eingespannte 6mm-Welle benutze ich zum Anpeilen der Schmiernut**

Ich spanne einen Fräser ein, von dem ich der Überzeugung bin, dass man damit auch ins Material eintauchen kann und stelle nur ganz wenig zu. Schließlich mache ich noch immer meine ersten Fräserfahrungen und habe absolut keinen Schimmer, wie leistungsfähig sowohl mein Setup als auch meine FP1 sind. Es gelingt aber alles ganz prima, zumindest für mein Dafürhalten. Der Schlitz ist drin und mit einer gebogenen Feile entgrate ich die Schnittkanten im Innern des Gleitlagers.



**Abbildung 73: nun wird gefräst!**

Wenn ich ganz akribisch urteile, merke ich, dass die Buchse nun mit etwas mehr Reibung läuft als vorher. Nicht viel, aber das Ausfräsen der Nut scheint zu seinen Rändern ganz minimal Material aufgeworfen zu haben, das den leichten Lauf nun etwas bremst. Mit einer Reibahle könnte man das vielleicht in Ordnung bringen, vermutlich sind es nur wenige Mikrometer. Aber leider habe ich keine passende Reibahle in der exakten Größe und außerdem kann man damit auch manchmal mehr versauen, als es hilft. Ich vermute, dass die Buchse eh erstmal etwas in langsamen Geschwindigkeiten einlaufen muss, wenn ich die Maschine in Betrieb nehme. Wie bei einem neuen Motor. Der muss ja auch erstmal einlaufen. Vermutlich wegen genau derselben Effekte. Ich baue darauf, dass sich solche Art von Materialanhäufungen innerhalb der ersten Betriebsstunden von ganz allein abbauen werden, daher unternehme ich da jetzt erstmal nichts weiter.

Viel wichtiger ist aber nun der Einbau!



**Abbildung 74: die Ölnut ist drin!**



**Abbildung 75: wir probieren das Lager von Hand mal aus**

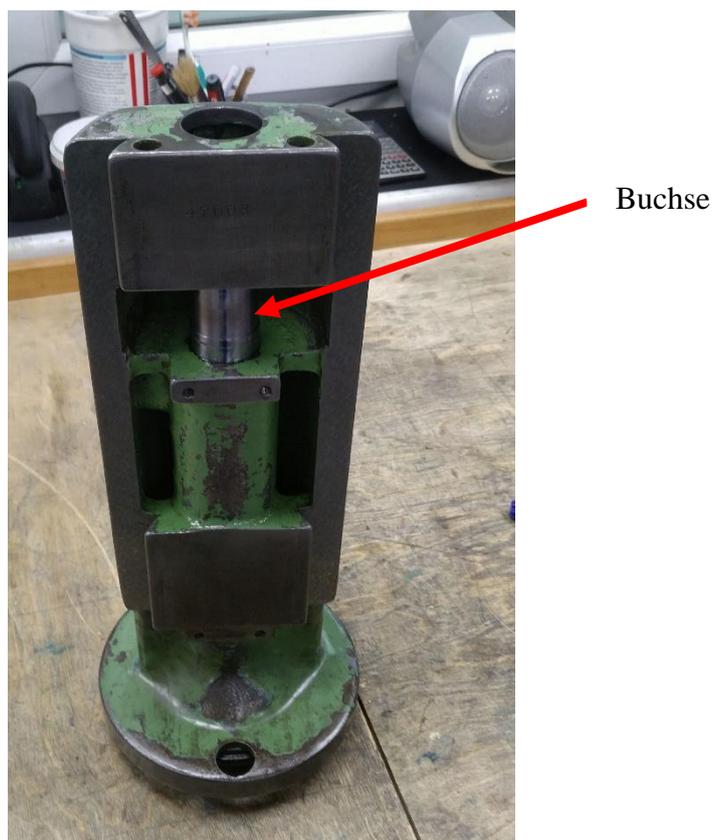
## 13 Einpressen der Lagerhülse

Die Gleitlagerhülse ist fertig und damit schon ein großer Schritt geschafft. Zumindest für mich, denn ich mach so etwas nicht so oft und daher freue ich mich immer, wenn mir mal was gelingt.

Nun muss ich sie noch in den Ausleger des Vertikalkopfes einpressen. Aus leidvoller Erfahrung weiß ich jedoch sehr gut, dass auch dabei viel schief gehen kann! Man kann die Buchse aus Versehen schief einziehen und auch die äußeren Kräfte dürfen nicht zu groß sein, denn sonst pressen sie die Gleitlagerbuchse zu stark zusammen, so dass sie sich verformt und nachher die Passung nicht mehr stimmt.

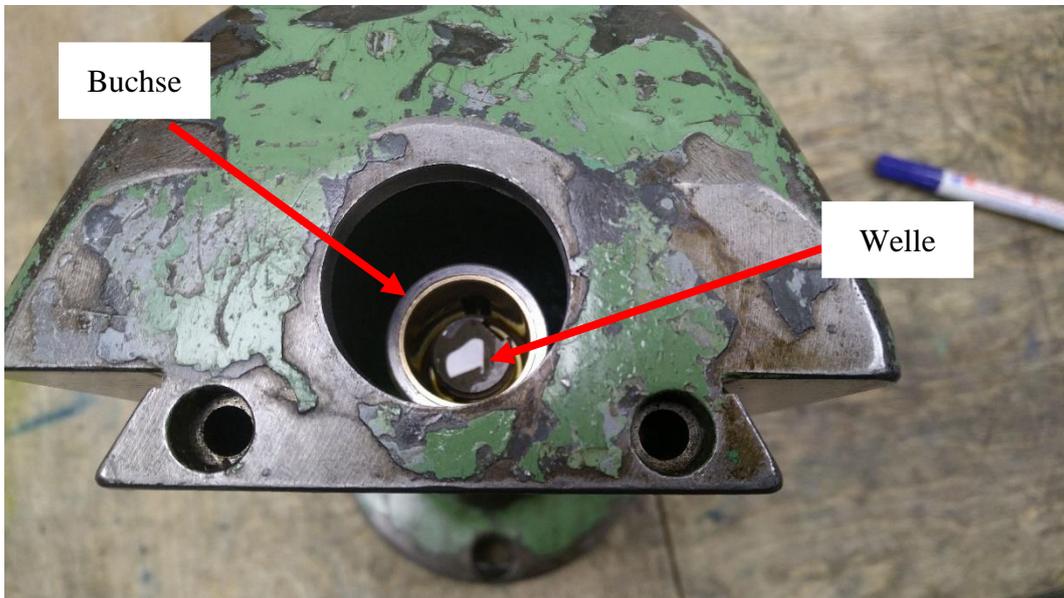
Genau das wird mir passieren.

Aber schön der Reihe nach. Um ein Verkanten zu vermeiden, habe ich sowohl an die Hülse als auch an das Gegenteil leichte Schrägen angeschliffen. Mit der Beigabe von etwas Öl will ich damit das Einfügen/pressen erleichtern. Die von unten bereits eingesetzte Welle dient als Zentrierstab. Es ist quasi sowas wie eine Pilotführung, die verhindern soll, dass das Lager während des Eintreibens kippt und nachher schief in dem Bauteil sitzt.



**Abbildung 76: die Buchse ist fertig zum Eintreiben**

Auf diesem Bild kann man ganz gut sehen, wie die einzutreibende Buchse bereits ein Stück weit auf der Welle sitzt, so dass sie von ihr am dem Weg zum Lagersitz zentrisch geführt wird und nicht schief eingezogen wird.



**Abbildung 77: die Welle dient als Pilotführung**

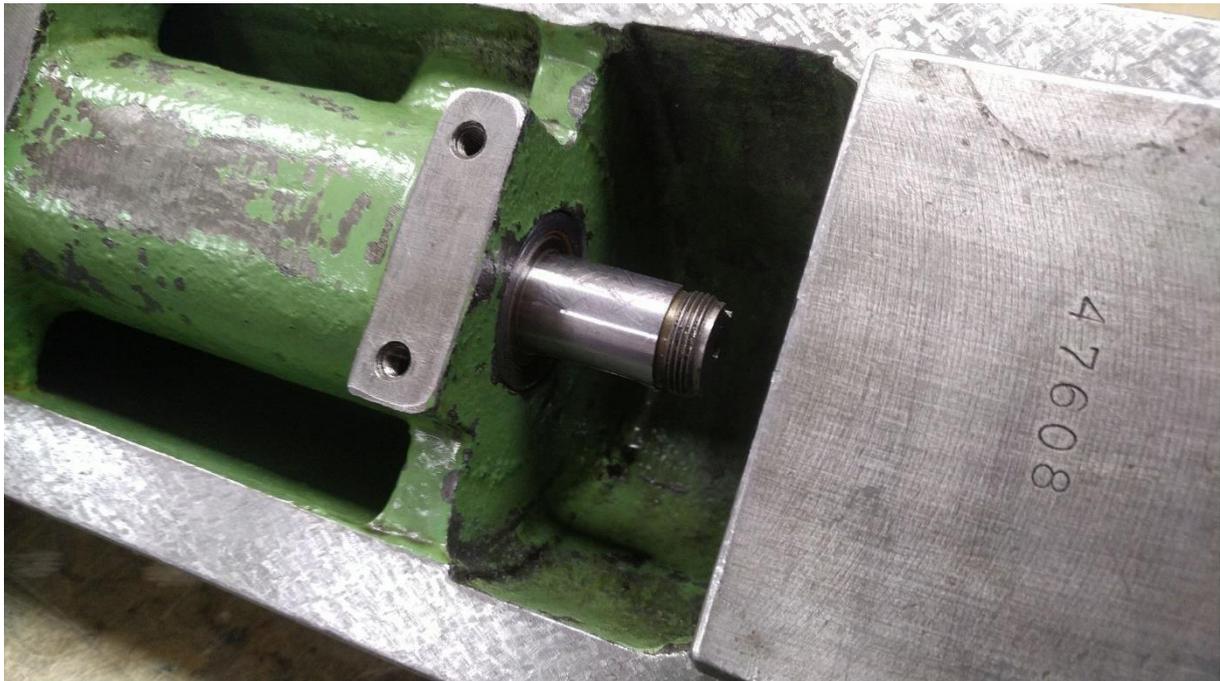
Mit einer 23er Nuss und Verlängerung haue ich sie mit dem Hammer vorsichtig in Richtung Endposition. Natürlich muss ich darauf achten, dass die Ölbohrung nach oben -zum Ölloch- zeigt.



**Abbildung 78: ein Stück weit ist sie schon drin**

Zwischendurch kontrolliere ich immer wieder, dass sich die Welle noch drehen lässt. Das geht noch- allerdings wird es immer schwerer....hmmm....

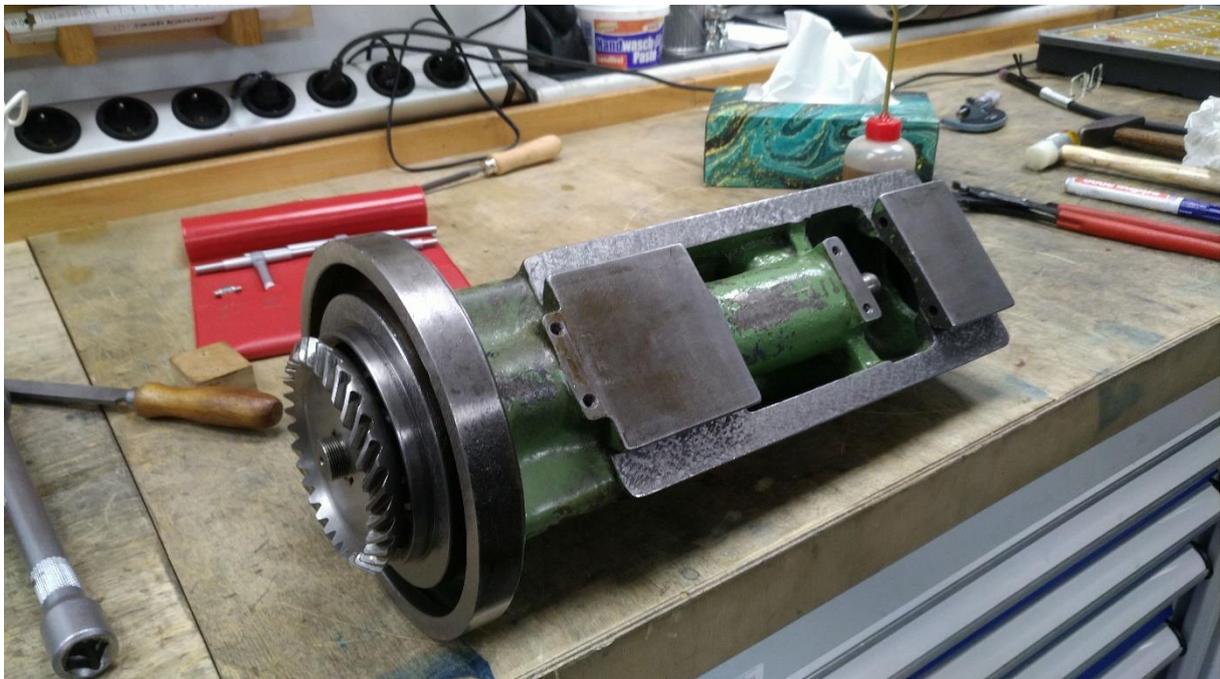
So, nun ist die Buchse vollständig drin und die Welle wohl in etwa so, wie sie später auch laufen wird.



**Abbildung 79: die Buchse ist drin**

Aussehen tut das alles gut. Es gibt nur ein Problem: die Welle klemmt jetzt!!!!

Mist!



**Abbildung 80: das Lager ist drin- aber die Welle klemmt nun!**

Mit einem Gummihammer klopfe ich die Welle wieder heraus und schaue mir das Gleitlager einmal genauer an.



dieser helle Streifen  
ist keine optische  
Spiegelung- der ist  
echt!

**Abbildung 81: Gleitlagerfläche**

Wenn man ganz genau hinschaut und eine Taschenlampe hinhält, so fällt einem auf, dass es links und rechts an den Wänden der Lagerwand so eine Art "poliertes Gebiet" gibt. Gerade so, als hätte da jemand ganz stark gegengedrückt und gerieben....

Halten wir doch einmal unsere Mitutoyo Innenmessstäbchen dort hinein....



**Abbildung 82: Messung des Innenradius'**

Wir lesen ab:



Abbildung 83: Der Innendurchmesser ist um 60µm verkleinert worden!

Wow! Was ist denn hier los?!?!? Das Maß war doch vorher ganz exakt 24,00mm?? Und was soll ich sagen- in der Höhe ist es das auch noch- allerdings nicht in der Breite! Die Buchse ist oval geworden- und zwar um 60µm. Und deswegen klemmt die Welle an dieser Stelle. Die hellen Stellen an der Seitenwand der Lauffläche sind entstanden, weil die Welle dort klemmt- und diese Stelle quasi unter Druck "poliert", wenn man sie trotzdem (mit der Zange) durchdreht.

Dann schaue ich mir noch einmal das Design des Auslegers an (Abbildung 82): das macht alles Sinn! Wir erinnern uns: die Buchse hat ziemlich große Kräfte gebraucht, um eingepresst zu werden. Das heißt, die Kräfte zwischen Lagersitz und Buchse wechselwirken ringsherum um den Bund der Buchse. Nach oben und unten gibt die Struktur des Fräskopfes leicht nach und dehnt sich auf, so dass die Buchse ihr Innenmaß von 24,00mm hält. Doch nicht so zu den Seiten: hier ist die Struktur durch die beiden Seitenstreben so stark und stabil, dass hier \*gar nichts\* nachgibt oder sich aufdehnt, sondern wie ein trotziges Maultier an Ort und Stelle stehen bleibt! Der Einzige, der nachgibt, ist die Hülse selbst- sie wird leicht oval gestaucht! Die in X-Richtung extrem steife Struktur des Designs ist meiner Meinung nach Schuld an der ungleichmäßigen Stauchung!

Die Erklärung klingt vernünftig, aber ich wundere mich ein bisschen. Ich habe am Presssitz von Hülse und Lagerung nichts verändert. Ist das jetzt so immer schon original gewesen, oder ist vielleicht sogar auch meine Buchse ein (unfachmännischer) Nachbau gewesen? Vielleicht von demselben "Unwissenden", auf dessen Konto auch die defekten Spindellager und der Rest der "Reparaturen" geht?

Da ich leider nicht weiß, wie das alles original aussehen sollte, muss ich erstmal mit dem leben, was ich habe. Ich denke aber, dass die Hülse selber wahrscheinlich gar nicht so schlecht

ist. Vielleicht ist ihr Sitz etwas stramm geraten (ich selber habe leider keine Ahnung, wie man solche Dehneffekte berechnet), aber grundsätzlich sollte ich vielleicht versuchen, auf Basis der aktuellen Situation eine Lösung zu suchen und nicht was ganz Neues zu erfinden.

Der Plan ist nun folgender: ich bestelle mir eine verstellbare Reibahle für 23..26mm und werde damit versuchen, die ovalen Seitenflächen heraus zu reiben. Nur ganz vorsichtig und immer nur in ganz kleinen Schritten, denn ich will nicht eine neue Flucht in die Buchse reiben, sondern nur die beiden seitlichen Buckel abtragen. Vermutlich könnte man das sogar schaben, aber leider ist der Platz nicht groß genug, um die Buchse in eingebautem Zustand vernünftig zu erreichen.

Mit dem Schief-Reiben von Gleitlagern habe ich nämlich schon meine Erfahrungen gemacht....



**Abbildung 84: Lernen aus Erfahrung: diese neu bestellte Bronz Buchse hatte ich damals an meiner Myford S7 leicht schief eingezogen....**



**Abbildung 85:....als Folge klemmte die Achse im Lager. Ich habe also auch nachgerieben...**



**Abbildung 86: ...allerdings schief! Die Welle ging dann zwar wieder rein, aber das Öl lief schneller heraus, als ich nachkippen konnte. Am Ende habe ich dann die originalen Lager wieder eingebaut (die waren eigentlich noch ok, wollte sie nur vorsichtshalber tauschen).**

Daher werde ich hier besonders doll aufpassen. Vielleicht bastele ich mir dafür sogar auch eine Art Führung- mal sehen.

Ich weiß, dass manche Buchsen daher erst "in situ" ausgespindelt werden; d.h. mit fertig montiertem und eingepresstem Lager wird erst auf das Fertig-Innenmaß gedreht. Das ist natürlich das Beste, weil sich hier sämtliche Dehnungs- oder Stauchungseffekte durch das Nachdrehen eliminieren lassen- egal, wie groß sie nach dem Einpressen auch sind. Dazu muss man allerdings das gesamte Bauteil auf eine Dreh- oder Fräsmaschine spannen können, das geht bei mir vermutlich nicht, denn dafür sind meine Maschinen einfach zu klein. Außerdem habe ich keinerlei Erfahrungen mit so großen Aufspannungen und auch keine Kompetenz im Ausdrehen von Lagersitzen in dieser Komplexität. Ich war ja schon froh, dass ich meine popelige Buchse geschafft habe.

Was kann ich aber sonst machen? Ich versuche, den Sitz leicht aufzureiben! Mit einer manuellen Hand-Reibahle (ab besten eine verstellbare) kann ich versuchen, mit minimaler Materialabnahme gezielt die beiden Seitenwände  $\mu\text{m}$  für  $\mu\text{m}$  abzutragen und ihr so Stück für Stück die Ovalität zu nehmen. Ob das gut klappen wird, weiß ich nicht, aber viel Alternativen hab' ich nicht. Ich möchte die Buchse nicht gleich schon wieder ausbauen und erneut komplett ausdrehen müssen. Erst möchte ich versuchen, die mühevoll hergestellte Buchse zu retten. Erst wenn ich das mit der Reibahle versaut habe, würde ich sie ausbauen und erneut neu ausbuchsen. Dann allerdings würde ich den Außendurchmesser ebenfalls verkleinern, so dass ich sie dann nicht mehr einpressen müsste, sondern sie kleben könnte. Es ist mir klar, dass man sie dann vermutlich kaum mehr wieder herausbekommt, daher ist das nur die allerletzte Möglichkeit.

## 14 Bestellungen

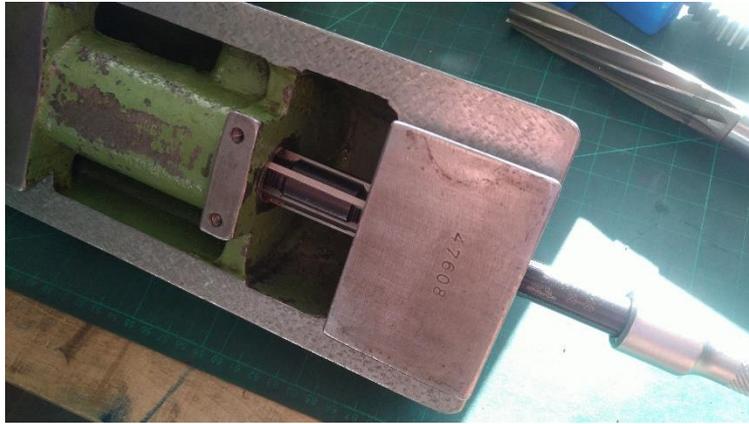
Internet sei Dank platziere ich einen Haufen Bestellungen. Ein paar M5-Schrauben, ein neues 6206 Kugellager von SKF für die andere Seite der Welle vorn, dann eine 6x6x20mm Passfeder und eine neue LR44 Knopfzelle für meine digitale Mitutoyo Mikrometerschraube. Die ist nämlich schon wieder alle. Irgendwie mag ich die Schrauben mit dem mechanischen Zählwerk (siehe Abbildung 83) fast am liebsten. Die können zwar "nur" die 10µm-Stelle anzeigen und nicht auch noch die 1µm-Stelle, so wie die elektronischen, sind dafür aber immer und jederzeit einsatzbereit, brauchen keine Batterie und man muss auch keine Angst haben, dass sich der Nullpunkt vielleicht unbemerkt verstellt hat, weil man zwischendurch mal einen falschen Knopf gedrückt hat. Außerdem kann man trotzdem auch mit einer 10µm-Auflösung die Zwischenwerte abschätzen; vielleicht nicht auf 1µm genau, aber eine präzise Tendenzaussage ist auch für Zwischenwerte möglich. Laut Hersteller könne man mit der Noniusanzeige übrigens sogar trotzdem die 1µm-Stelle ablesen. Hab' ich aber noch nie gemacht. Bei Mitutoyo kann man die Zählwerkschrauben noch immer unter der Serienbezeichnung 193 kaufen und kosten aktuell um die 200Euro, sind also kaum günstiger als ihre digitalen Kameraden.



Abbildung 87: wenn Hydrauliköl nicht mehr hilft...

## 15 Aufreiben!

Nun denn, mit von der Bestellorgie waren eine feste sowie eine verstellbare 24mm Reibahle uns so kann ich schließlich verkünden, dass mir die Operation damit tatsächlich gelungen ist! Die Welle dreht am Ende wieder frei!



**Abbildung 88: Nachreiben der Buchse**

Vielleicht nicht ganz so fluffig wie vorher die Hülse allein, aber ich möchte auch nicht zu stark nachreiben, so dass am Ende der Spalt wieder zu groß wird und mir das Öl wieder literweise entgegenläuft. Wie gesagt, da habe ich damals mit der Myford S7 Restauration ja schon meine Erfahrungen gemacht.



**Abbildung 89: man sieht, dass die Reibahle leichte Späne abnimmt**

Prima- das Problem wäre damit also gelöst. Auf zum nächsten!

## 16 Bei Muttern

Und das heißt: Stirnlochmuttern drehen!

Denn sowohl vorne als auch hinten an der Singer-Welle sind Gewinde mit 18mm Durchmesser und genau 1,0mm Gewindesteigung. Dafür habe ich leider keinerlei Standardmutter gefunden, die man einfach irgendwo bestellen könnte. Jonathan findet immerhin einen Gewindebohrersatz für diese Parameter, aber irgendwie reizt es mich, ob ich mir so eine Mutter mit Innengewinde nicht auch selber drehen kann.

Und ja- ich kann!

Aber natürlich nicht perfekt. Der selbstgeschliffene Innendrehmeißel stößt leider irgendwann im Innern des Loches an und schneidet ab da nicht so gut. Trotz mehrfachen Nachsetzens gelingt es mir nicht, ein Gewinde zu erzeugen, das wirklich leichtfüßig auf die Singer-Welle aufzudrehen geht. Aber nachdem ich zwei kleine Löchlein in die Seite gebohrt habe, so dass man sie mit einem Stirnlochschlüssel fassen kann, drehe ich sie dennoch mit etwas Kraft vollständig auf die Welle. Und die fungiert mit ihrem kleinen Längsschnitt dabei quasi als "Gewindeschneider".



Abbildung 90: Stirnlochmutter M18x1,0 bauen

Nach zwei, dreimal Aufdrehen wird es daher immer leichtgängiger, aber ohne zu kippeln. Mir ist klar: ein gutes Gewinde ist das immer noch nicht. Aber ich schraube sie ja nachher auch nicht als Kronmutter auf einen Achsstummel, der später über "Halten" oder "Nicht-Halten" des Autoreifens bei 250km/h entscheidet.

Dann baue ich die Welle mal spaßeshalber ein und probiere meine beiden selbstgedrehten Muttern aus.

Klappt!



Abbildung 91: Mit Stirnlochschlüssel anziehen

Gut, wieder ein Schritt weiter. Aber nun wird es knifflig, denn für den nun kommenden brauchen wir eine Schnittzeichnung- und zwar solch eine:

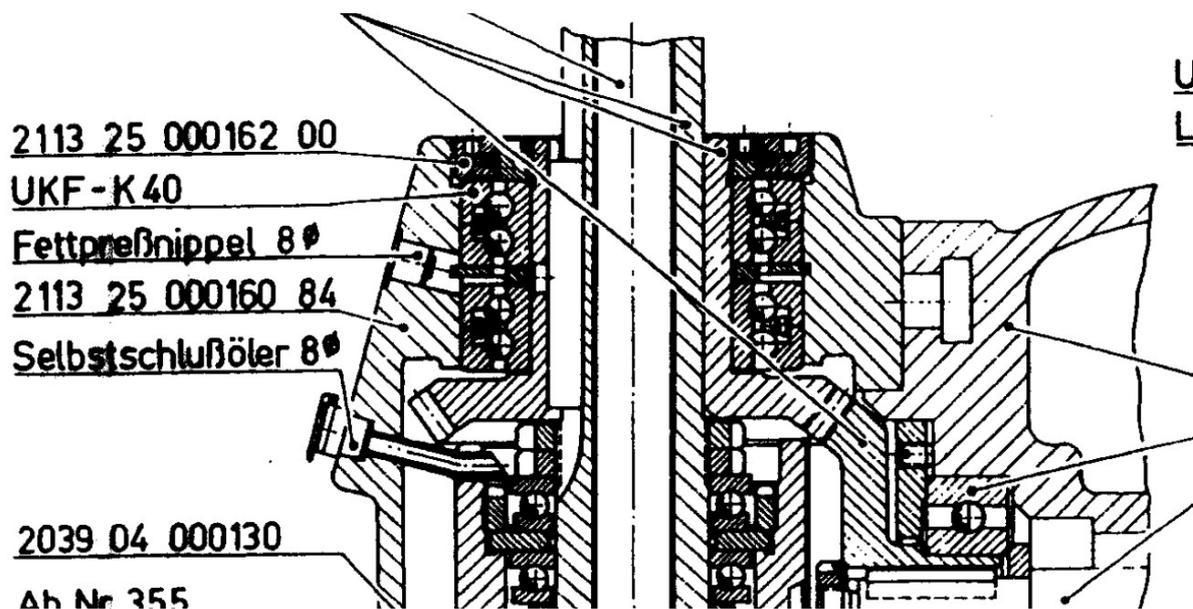


Abbildung 92: Schnittzeichnung für meinen Vertikalfräskopf (Quelle: Deckel Manual)

## 17 Unterlegscheibe für die Singer-Welle

Vorneweg: ich muss zugeben, dass ich im Lesen solcher Zeichnungen wirklich kein Experte bin. Ich habe es nie gelernt. Alles, was ich darüber weiß, habe ich mir mit gesundem Menschenverstand versucht herzuleiten. Und das fällt mir oft schwer genug.

Es geht nun darum, herauszukriegen, welche Abmessungen diese Unterlegscheibe (die leider in der Schnittzeichnung weder bemaßt noch bezeichnet ist) haben könnte. Für alle Nicht-Mechaniker, die im Schnittzeichnungslesen noch schlechter sind als ich, habe ich die Stelle mal grün eingefärbt (Abbildung 93).

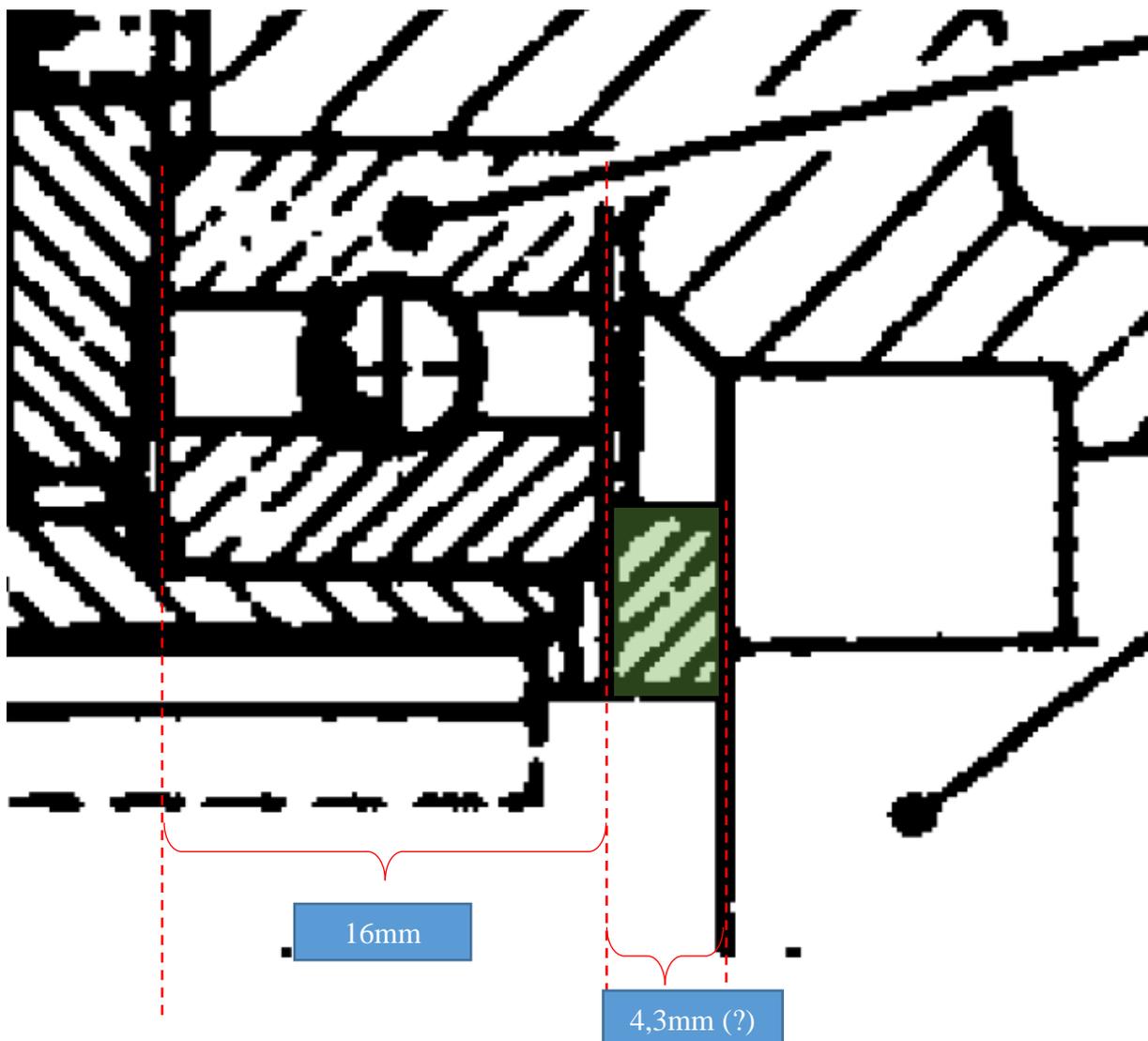


Abbildung 93: Ablesen der Scheibendicke aus Zeichnung

Dass das eine Scheibe ist, habe ich auch erst einmal verstehen müssen. Aber ich erkenne, dass sie einen Innendurchmesser von etwas mehr als 20mm haben muss, denn sie soll ja auf den auf exakt 20mm Durchmesser abgedrehten Teil der Singerwelle passen. Der Außendurchmesser ist nicht wirklich kritisch, solange er sicher gegen den Innenring des verwendeten 6206-Lagers drückt. Also nehmen wir hier mal etwa 35 mm. Das dürfte gut passen.

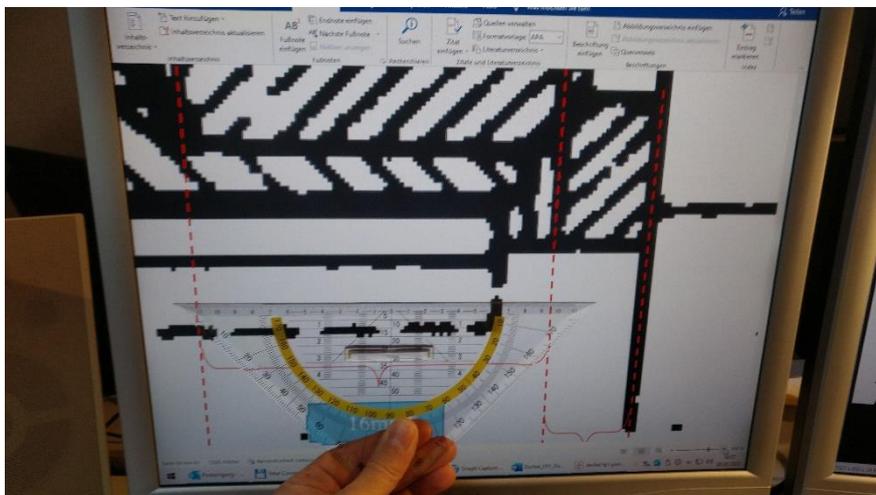
Aber wie dick muss die Scheibe denn jetzt sein? Immerhin hat diese Scheibe nachher Einfluss auf die Lafebene des Kegelrades, das dann den Fräskopf antreibt! Wie kriege ich das denn heraus?



**Abbildung 94: der Innendurchmesser der benötigten Scheibe lässt sich schnell herausfinden- nur wie ist es mit seiner Dicke?**

Eine Anfrage in der Zerspanungsbude kann zwar verständlicherweise niemanden dazu bewegen, seinen Vertikalkopf für mich auseinanderzuschrauben und nachzumessen, aber wenigstens bekomme ich die obige Schnittzeichnung. Und damit mache ich etwas Detektivarbeit!

Weil ich annehme, dass auch Schnittzeichnungen in sich maßstabsgerecht sein müssen, messe ich mir die Dicke aus! Und zwar orientiere ich mich an dem links eingezeichneten 6206-Lager. Von dem weiß ich, dass es exakt 18,00mm breit ist. In der Vergrößerung messe ich mit einem großen Lineal an meinem Computerbildschirm aus, wie viele cm das im Bild sind. Dann messe ich in exakt derselben Ansicht, wie viele cm demgegenüber die Unterlegscheibe gezeichnet wurde. Mit dem aus der ersten Messung errechneten Maßstabsfaktor kriege ich heraus: die Scheibe muss etwa 4,3mm dick sein!



**Abbildung 95: mit dem Geodreieck am Bildschirm versuche ich, die Abmessungen abzuschätzen**

Nun ist es etwas knifflig zu sagen, wie das exakte Maß in Wirklichkeit ist. Aus der Zeichnung heraus wage ich zu behaupten, dass das wahre Maß irgendwas zwischen 4 und 5mm sein müsste. Ich drehe mir also einen Unterlegring aus normalem Baustahl (denn den habe ich gerade im passenden Durchmesser da) und steche bei etwa 5mm Tiefe ab.



Abbildung 96: Vorderseite (gedreht) und Rückseite (geschliffen)

Ich erhalte einen schönen Ring, den ich nachher noch einmal mit der Flachsleifmaschine überschleife. Leider lassen sich aber auch damit meine fabrizierten Rattermarken vom Abstecken nicht ganz beseitigen. Weil ich nicht zu viel Dicke opfern will, was ich hinterher womöglich wieder durch weitere Passscheiben aufdoppeln muss, stoppe ich bei einer Dicke von 4,7mm und mache stattdessen erstmal einen Probe-Zusammenbau.



Abbildung 97: ich starte meine Versuche erst einmal mit 4,7mm Dicke

Die Innenseite wollte ich erst an der Drehmaschine reiben, habe dabei aber aus Versehen verkantet (war keine Maschinenreibahle) und damit die angestrebte H7-Passung völlig versaut. Ich musste dann den entstandenen Grat nochmal überdrehen- herausgekommen sind dann 20,194mm. Egal, es ist ja nur eine Anlaufscheibe für ein 6206 Standardlager. Solange die beiden Stirnflächen zueinander parallel sind (und das sind sie), dürfte das kein Problem sein.



**Abbildung 98: Innenmaß von 20,194mm- aber dafür habe ich wenigstens das Außenmaß sehr gut getroffen (35,00mm)**

Ich starte also den Zusammenbau; d.h. ich montiere den Fräsausleger auf die FP1-Maschine, stecke die Singer-Welle hinein und schiebe meine gerade hergestellte Hülse darauf.



**Abbildung 99: die Unterlegscheibe aufstecken**

Das sieht gut aus. Nun kommt das Lager. Für den Probezusammenbau verwende ich noch das alte. Das neue kommt erst dann rein, wenn die gesamte Abstimmung passt und ich alles final zusammenschraube.



Abbildung 100: also rein das Lager...

Ha. Das wird was :-)

Nun die Tellerscheibe von vorne drauf. Auch hier erstmal die alten, ausgenudelten Schrauben nehmen. Die Tellerscheibe drückt mit ihrem Profil (nur!) auf den äußeren Rand des Lagers und klemmt es so in seiner Lagerbuchse fest.\*



Abbildung 101: Tellerscheibe montiert

Nun kommt das Kegelrad. Ich verbaue auch hier für den Probezusammenbau noch erstmal keine Passfeder. Das macht mir die Montage und spätere Demontage einfacher.



Abbildung 102: Kegelrad aufstecken

Auch das sieht alles gut aus! Alles dreht sich und nichts schleift.

\* zumindest ging ich davon aus. Wer spoilern will: siehe Kapitel 22!

Nun die selbstgedrehte M18x1,0-Stirnlochmutter.



**Abbildung 103: Stirnlochmutter anschrauben**

Fertig. Alles ist fest, die Singerwelle dreht und schlecht sieht es auch gar nichtmal aus. Ich kriege zunehmend mehr Vertrauen in meine Fräskopfaufarbeitung.



**Abbildung 104: der Vertikal-Ausleger ist vorbereitet**

Aber wirklich interessant wird es erst, ob nun die beiden Zahnräder auch korrekt übereinander greifen. Das weiß ich aber erst, wenn ich nach aktuell über dreieinhalb 3 Jahren endlich zum "heißen Eisen" komme: dem Fräskopf mit seinen Spindellagern!

## 18 Unterlegscheibe im Fräskopf

Der Fräskopf war an meiner Fräse das Teil, vor dem ich am meisten Respekt hatte- und noch immer habe. Hier stecken etliche hundert Euro an Kosten für die neuen Spindellager drin und da muss ich mir 1000%ig sicher sein, dass ich auch alles richtig mache. Dass man das nämlich auch verkacken kann, zeigte die Art, wie der Spindellagerschaden entstanden ist (siehe dazu meine früheren Reparaturberichte zur FP1).

Aus der Zeichnung komme ich für die Scheibe nach der bewährten Ablesemethode (siehe letztes Kapitel) auf ein Maß zwischen 3,9 und 4,1mm. Also nehmen wir einmal 4,0mm als Zielmaß für die Dicke der benötigten Passscheibe an. Mit einem Innendurchmesser von 40mm und Außendurchmesser von 50mm gibt es sie bis 1mm Dicke zu kaufen; darüber jedoch ist wieder Heimarbeit angesagt.

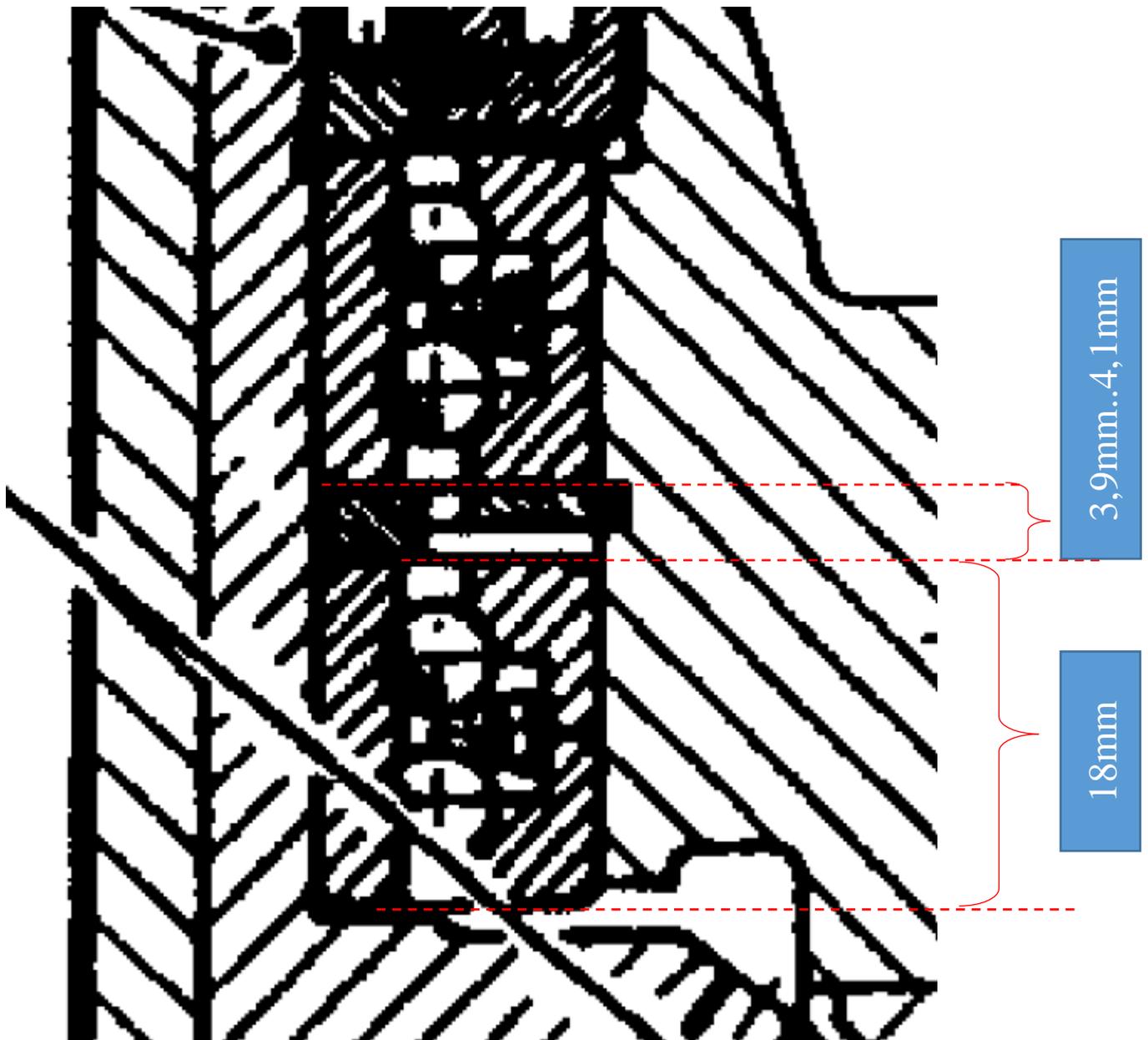


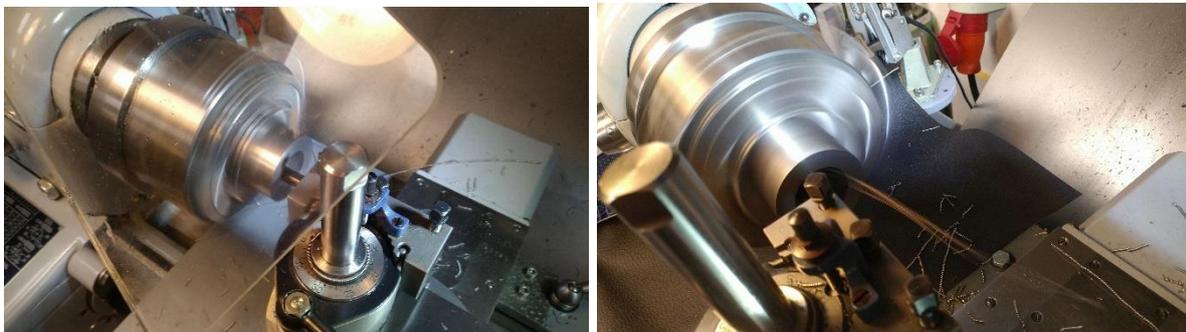
Abbildung 105: Schnittzeichnung des Fräskopfes

Diesmal verwende ich ein Stück Mangan-Stahl. Nicht, weil ich Ahnung davon hätte, welches Material hier am besten geeignet wäre. Sondern weil ich davon gerade eine 50mm dicke, lange Rolle in meinem Materiallager habe.



**Abbildung 106: das lag da bei mir einfach so rum**

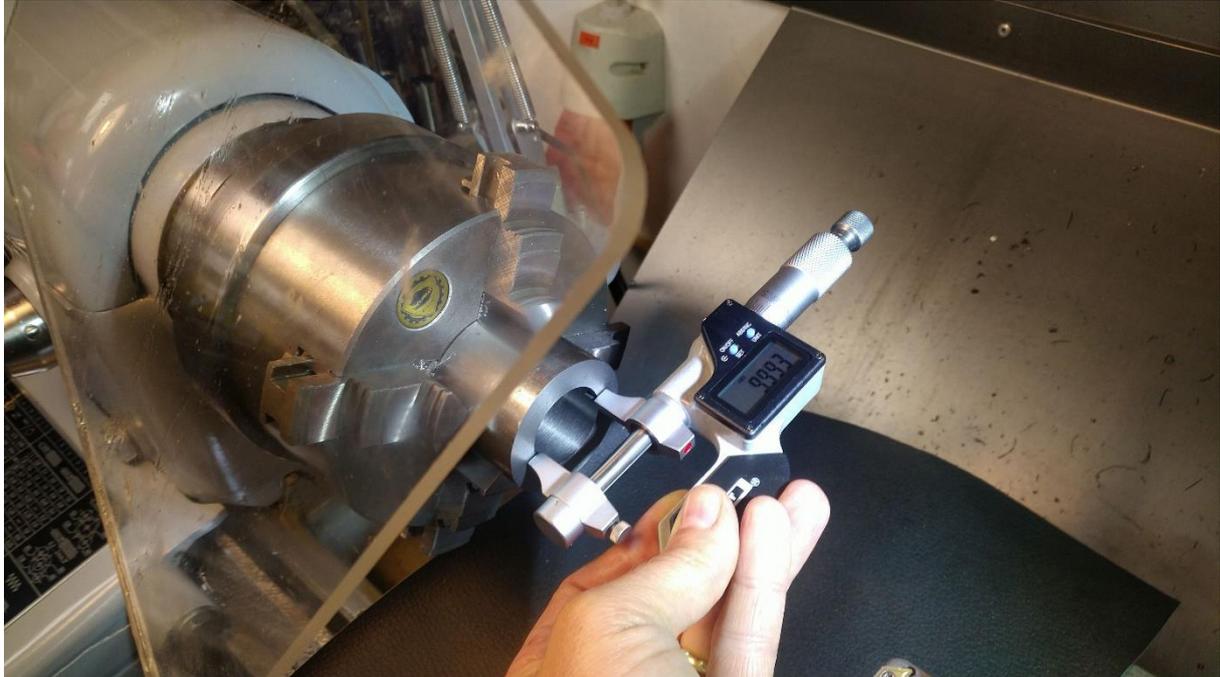
Mit einem Außendurchmesser von 50mm passt es hier ganz genau für den Zweck- es fehlt lediglich ein 40mm großen Loch im Innern.



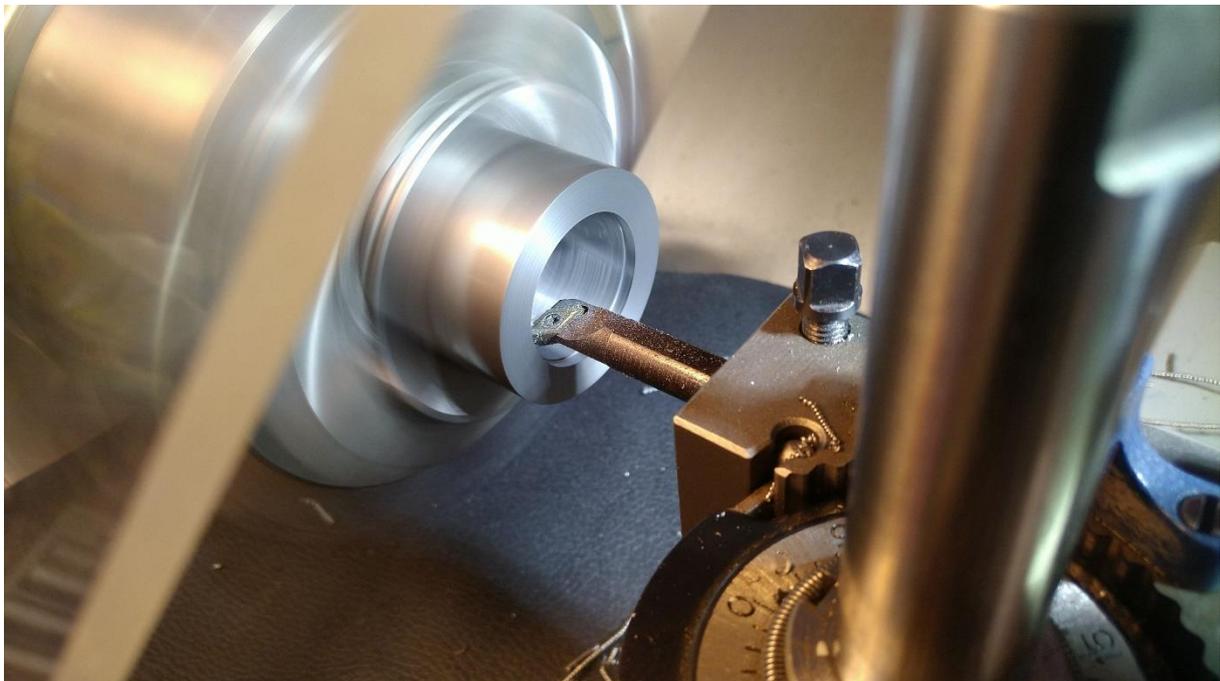
**Abbildung 107: wenn die Späne als kleine geringelte Löckchen herauskommen, hat man meistens was richtig gemacht**

Inzwischen mache ich Fortschritte an meiner Drehmaschine und so gelingt es mir mit einer chinesischen Drehstange und DCMT07-Einsatz, bei einer Schnitttiefe von immerhin 0,5mm, den entstehenden Ring Stück für Stück auszuschälen. Und von der Präzision her wird es mir gelingen, ihn so exakt zu drehen, dass er so eng und wackelfrei wie ein Kugellager aufzuschieben geht!

Nur beim Abstechen vergesse ich daran zu denken, dass ich für die angepeilten 4,00mm natürlich etwas Bearbeitungsspielraum für den Endschliff lassen sollte. So ergibt es sich, dass der Abstechmeißel etwas frisst und ich -um eine saubere Flankenfläche zu haben- am Ende mit der Flachsleifmaschine auf 3,65mm Maß herunter muss, damit auch alle fabrizierten Rattermarken verschwunden sind.



**Abbildung 108: beim Innenmaß bin ich gut auf Kurs...**



**Abbildung 109: ... also weiter!**



**Abbildung 110: Anprobe mit dem Kegelrad: ja, passt!**

(Hinweis: beim Drehfutter (Bison 3906) habe ich vorher extra ins Datenblatt des Herstellers geschaut, ob ich die 50mm damit noch spannen darf. Ergebnis: ja, bis 50mm ist es gerade noch so erlaubt! Schließlich will ich ja nicht, dass mir am Ende noch Teile eines nicht bestimmungsgemäß genutzten Drehfutters durch die Gegend fliegen. Oder durch's Hirn. :-/ )



**Abbildung 111: der erste Ring wird leider etwas zu dünn...aber der zweite wird perfekt!**

Also steche ich einen zweiten Ring ab- in weiser Voraussicht hatte ich mir schon genug Material für einen zweit- oder sogar dritt-Versuch vorbereitet. Nun stelle ich mit höherer Geschwindigkeit und etwas "mutiger" zu. Es bilden sich diese schönen Löckchen, die wir alle immer in den Youtube-Videos sehen, aber selber meist nie hinkriegen. Diesmal scheint ich aber die Parameter richtig gewählt zu haben und am Ende kommt eine geschliffene Passscheibe von wirklich exakt 5,00mm Dicke und sehr genauen 40,00mm Innendurchmesser heraus. Super!

## 19 Einbau der Kegelrad-Einheit

Nun war das Zielmaß ja eigentlich 4,0mm und nicht 5. Im zweiten Versuch wollte ich den Fehler aus dem ersten aber nicht nochmal machen und habe erstmal bewusst ein Übermaß gewählt, das ich beim späteren Anpassen dann mit der Flachsleifmaschine gezielt auf das gewünschte Endmaß anpassen kann.

Also probiere ich es trotzdem erstmal mit 5,0mm als Scheibe und mache einen Probe-Zusammenbau. Dabei hilft mir entscheidend, dass ich damals die defekten Spindellager nicht wegge-  
worfen hatte: heute dienen sie mir prima für die Probemontage!

Zuerst schiebe ich das erste K40-Lager auf das Kegelrad. Wir sehen, dass das Kegelrad unten einen kleinen Absatz hat (Abbildung 112): hier soll nachher der Innenring des K40-Lagers aufliegen und da-gegen wird die Einheit nachher mit der später folgenden Stirnlochschraube verspannt. Wenn man das Lager aufschiebt, sieht man auch, dass der äußere Ring dort bewusst etwas Luft hat. Sehr gut, also weiter.



Abbildung 112: Kegelrad mit dem ersten K40-Lager

dieser Absatz ist wichtig!

Dann die selbstgemachte 5,0mm-Scheibe drauf. Es zeigt sich, dass das am einfachsten gelingt, wenn man es zusammen mit dem Lager aufschiebt, denn dann kann man es nicht so leicht verkanten. Wegen der extrem gut gelungenen Passung, für die ich mich schonmal selber loben darf, ;- ) fluscht hier alles schmatzend aufeinander, wie es sich für Präzisionsteile auch gehört.



Abbildung 113: die selbstgedrehte 5,00mm-Scheibe kommt drauf

Darauf folgt das zweite K40-Lager. Das hatte ich damals zur Analyse in Hälften geschnitten, aber das ist für die Testmontage nicht hinderlich. Im Gegenteil: beim Außenring später benutze ich nur die eine Hälfte und schaffe mir dadurch die Möglichkeit, in montiertem Zustand durch den sich ergebenden Spalt in die Mechanik reinschauen und den Sitz der Lager beurteilen zu können! (was sonst verdeckt wäre)



**Abbildung 114: das zweite K40-Lager wird "symbolisch" in Teilen aufgelegt**

Aber nun erstmal die beiden Innenhälften. Auch sie müssen passgenau auf dem Kegelar-Schaft aufgeschoben und dürfen nicht verkantet werden.

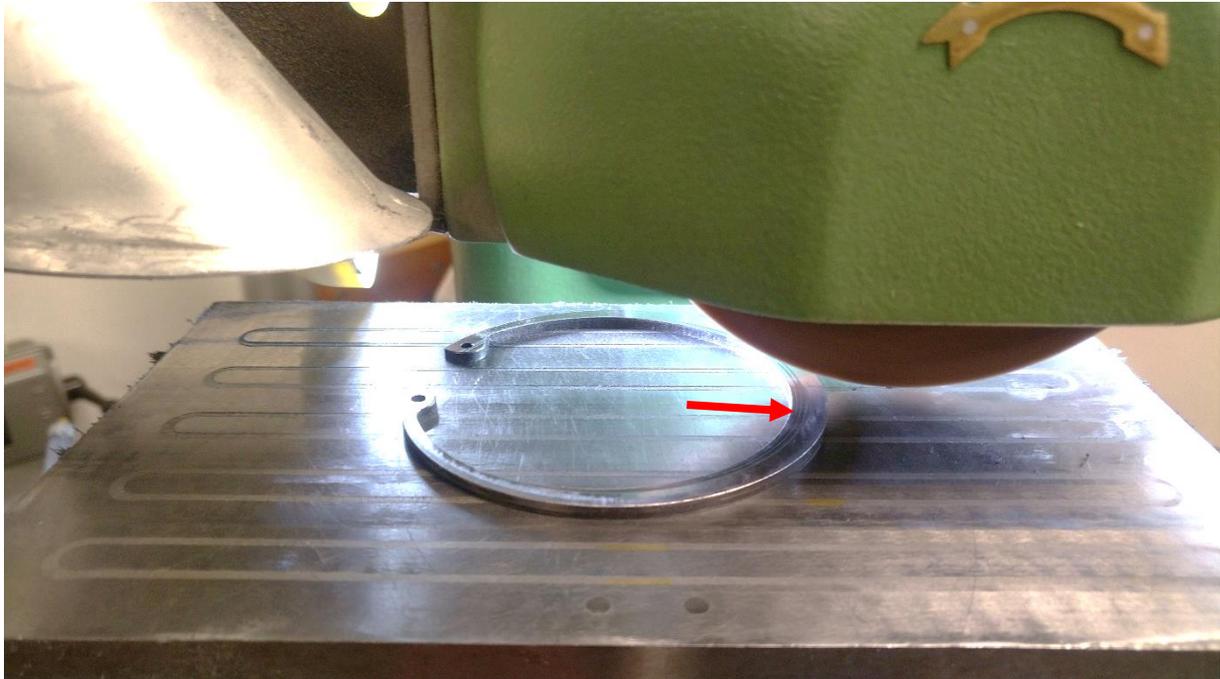
Ganz oben auf das Kegelrad wird nun eine Stirnlochmutter mit Linksgewinde geschraubt und so die beiden K40-Lager mit ihren Innenringen gegeneinander gepresst, so dass sie mit dem Kegelrad eine Einheit bilden und nicht gegeneinander durchrutschen können. Das ist schonmal gut!



**Abbildung 115: die Stirnlochmutter wird aufgeschraubt und verklemmt die Bauteile nun zu einer Einheit. Bei genau diesem Arbeitsschritt hat mein Vorgänger leider das Spindellager beschädigt, weil beim Zusammenschrauben die Scheibe (Abbildung 113) dazwischen fehlte!**

Nun weiß ich, dass diese hier gezeigte Einbaureihenfolge nur deswegen funktioniert, weil das eine Lager in Einzelteile zerschnitten ist und ich es deshalb stückchenweise einsetzen kann. Normalerweise muss das zweite K40-Lager erst später komplett von oben in den Fräskopf eingesetzt werden. Aber das macht hier nichts, für den Probezusammenbau funktioniert es auch so. Später, mit den "richtigen" Lagern beim finalen Zusammenbau darf das zweite K40-Lager natürlich erst kurz vor Schluss eingesetzt werden.

Der Grund für die bestimmte Einbaureihenfolge ist der Innen-Sicherungsring (DIN472) mit den Abmessungen von 67x2,5mm, der später die ganze Kegelradeinheit in der Vertikalen fixieren wird. Diesen setze ich nun erstmal in die Nut ein; stelle aber fest, dass auch er bei der damaligen Spindellager-Kaputtmachorgie gelitten hat: wie man sehr gut sehen kann, hat das Lager irgendwann sogar blockiert, dass es teilweise auf dem Innenring herumgerutscht ist und ihn dabei sogar abgeschliffen hat!



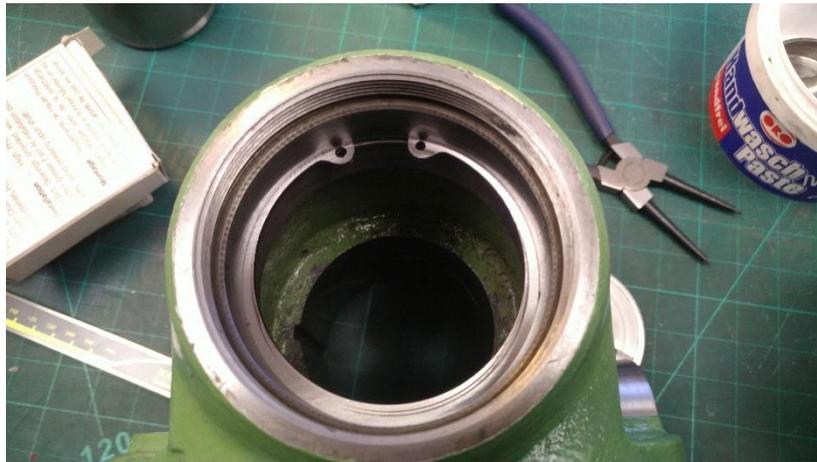
**Abbildung 116: Versuch, die Schleifspuren auf dem Sicherungsring zu beseitigen**

Ich versuche, ihn etwas mit Abziehstein und Flachsleifmaschine zu glätten, das gelingt auch, aber seine Dicke leidet dabei natürlich und am Ende bleiben von den ursprünglichen 2,50mm Dicke auch nur 2,275mm übrig. Nun gut, für den Probeaufbau reicht das sicher, soweit ich das Konzept verstanden habe. Die Dicke ist hier auch nicht kritisch, aber trotzdem bestelle ich einen neuen Sicherungsring im Internet. Weitere 12 Euro aus der Bastelkasse, aber an diesem sensiblen Bereich will ich jetzt auch nicht sparen und damit am Ende aus falschem Geiz noch Schaden anrichten.



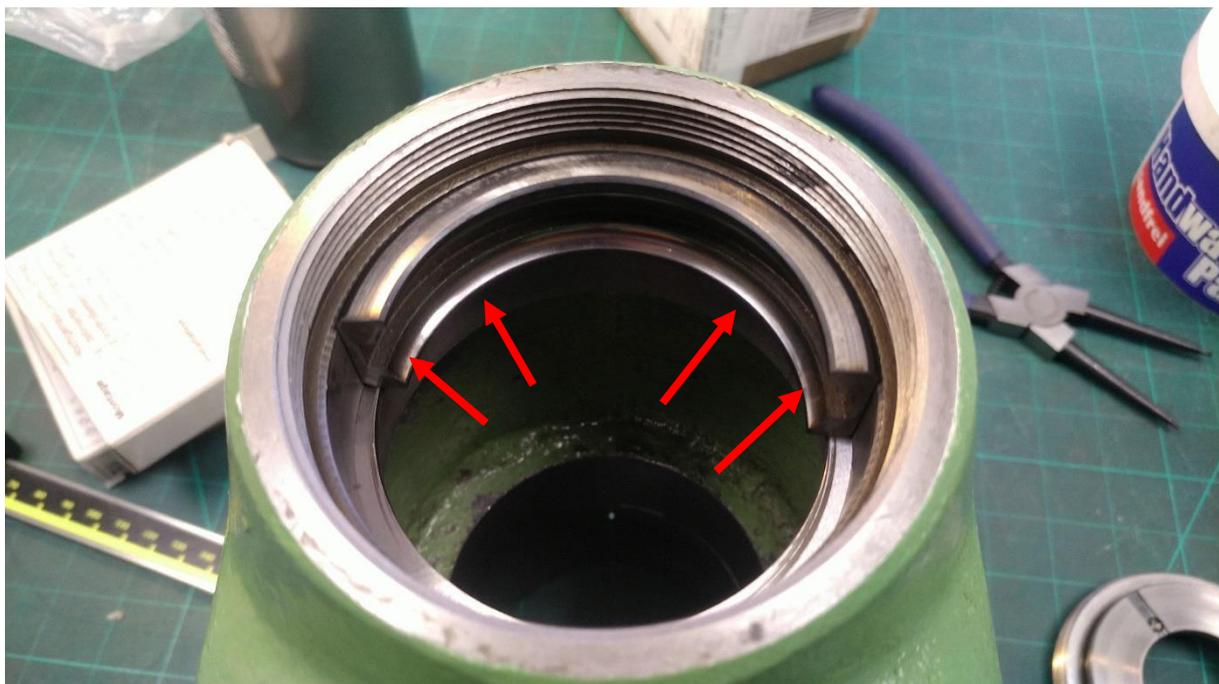
**Abbildung 117: es wird nach dem Schleifen besser, aber leider wird das Bauteil dadurch natürlich auch dünner!**

Für den Test baue ich den vorhandenen also erstmal ein. Das sieht dann so aus:



**Abbildung 118: der Sicherungsring ist drin**

Nun ist ein guter Zeitpunkt, erstmal eine Hälfte des Außenrings des oberen K40-Lagers einzusetzen, denn das gelingt jetzt noch weitaus einfacher, solange noch alles frei ist und mich keine Welle behindert.



**Abbildung 119: wir setzen den zerschnittenen Außenring ein**

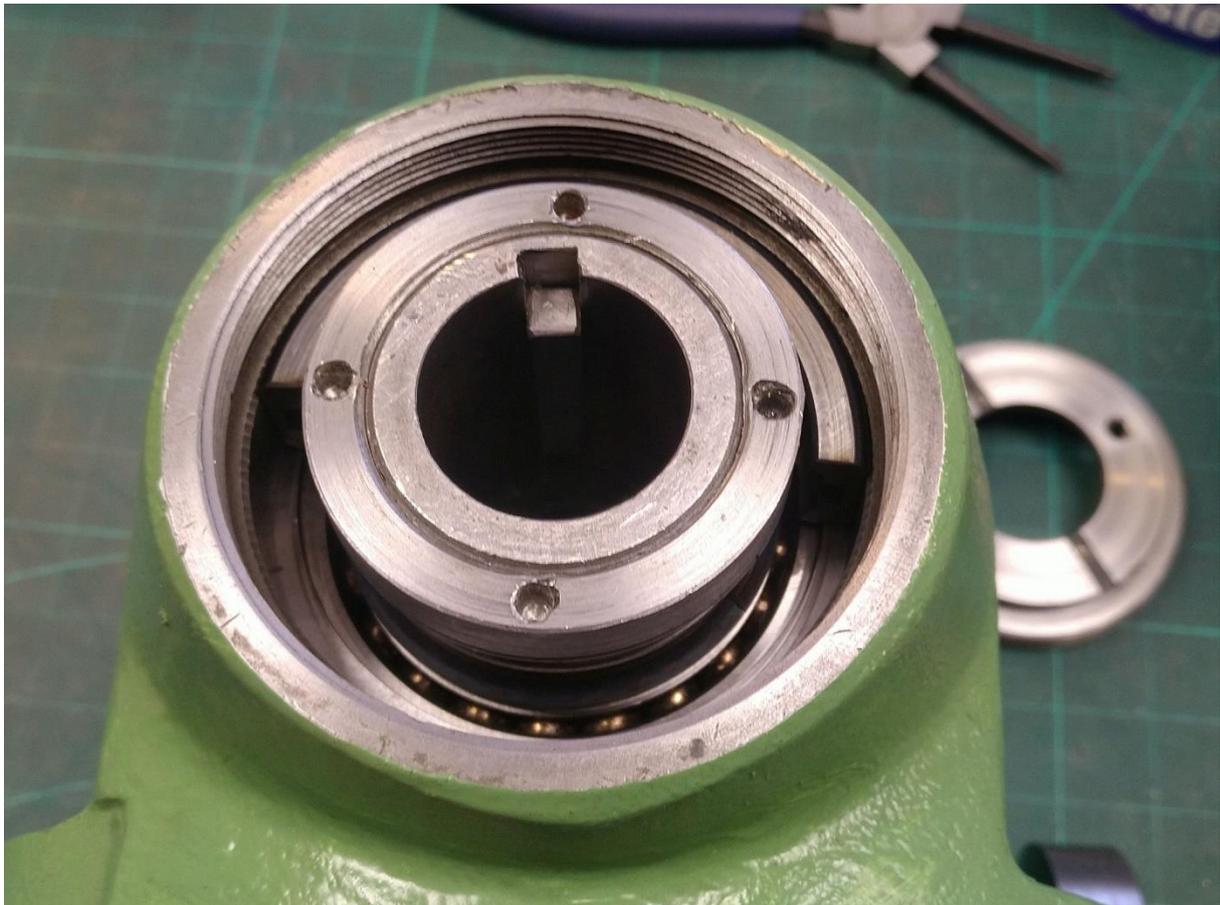
Dann schließlich nehme ich diese kompakte Einheit, bestehend aus Kegelrad, selbstgedrehtem Abstandsring, den K40-Lagern und der Stirnlochmutter und bugsiere sie von unten in das leere Fräskopfgehäuse. Mit einem gefühlvollen Ruck schiebe sie hoch in ihren Sitz- denn das gelingt bei Präzisionspassungen meist besser ruckartig, als wenn man das Teil Stück für Stück hin- und herkantet und so ständig stecken bleibt. Man merkt schon, dass die 5mm-Scheibe in ihrer Dicke vermutlich schon eher grenzwertig dick ist, denn während man die Einheit mit der dünneren 3,65mm-Scheibe noch relativ einfach in den Fräskopf bugsiert kriegt, wird es

mit der dickeren 5mm-Scheibe und dem dadurch leicht höheren Aufbau wird es schon etwas schwieriger.



**Abbildung 120: die Kegelradeinheit einführen und hochschieben (im linken Bild fehlt noch der halbe Lagerring)**

Der Vorteil mit dem halben Außenlagerring: man kann jetzt schön reingucken und sieht den Lageraufbau.



**Abbildung 121: der Lageraufbau- dank des halben Rings nun für uns sichtbar**

Erneut kann ich hier kontrollieren und nachverfolgen, wo die ganzen Lagerkräfte wirklich langeleitet werden. Die gesamte Kegelradeinheit "hängt" vertikal quasi an dem Sicherungsclip. Von oben kommt nun gleich die Deckelkappe drauf, die das Vertikalspiel dann auf Null begrenzt, weil es von oben auf den Außenring des zweiten K40-Lagers drückt.



**Abbildung 122: die Deckelkappe kommt drauf**

Nun ist die Kegelradeinheit montiert. Von unten schräg reingeguckt sieht es so aus:



**Abbildung 123: die Kegelradeinheit ist montiert**

Das macht erstmal einen guten Eindruck. Aber ob es auch passen wird, sehen wir gleich: beim Probe-Zusammenbau: wir verheiraten den Fräskopf mit seinem Ausleger und versuchen eine Zahnrad-Abstimmung per Passscheiben!

## 20 Hochzeit!

Es ist soweit: ich stecke den Fräskopf auf den Vertikalausleger.



Abbildung 124: ein glückliches Paar- aber wie im richtigen Leben fehlt noch etwas "Feinschliff" ;-)

Und siehe da: es passt! Zumindest greifen die Kegelräder ineinander:

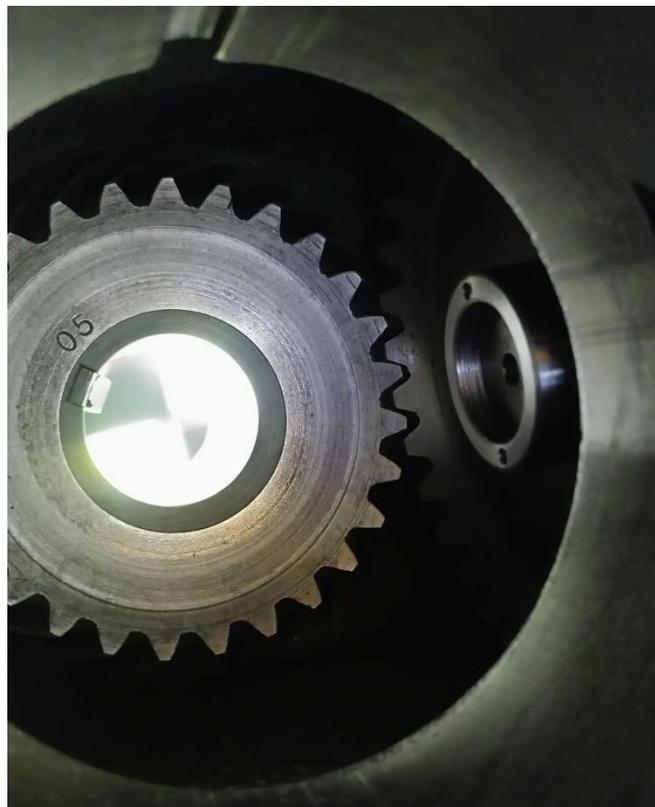


Abbildung 125: Verzahnungsbild mit den dicken Unterlegscheiben

Ich äuge mal in den Fräskopf und schaue mir die "Zähne" des verliebten Paares an (Abbildung 125). Und ich muss sagen: es hätte schlimmer kommen können! Die beiden Zahnräder scheinen sich tatsächlich mittig zu begegnen und greifen einwandfrei ineinander. Wenn man mit der Hand das Backlash durch Wackeln am Kegelrad prüft, so fühlt man jedoch, dass man vermutlich noch was optimieren könnte. Denn es klackert natürlich etwas beim Hin- und Herdrehen. Will sagen: Flankenspiel!

Weil die bestellten Passscheiben leider noch nicht da sind, mache ich mal die Gegenprobe und baue die dünne Unterlegscheibe am Fräskopf an (3,65mm statt 5,0mm). Und siehe da, das Flankenspiel wird erheblich größer und auch die Flucht ist nicht mehr so schön:



**Abbildung 126: deutlich stärkeres Flankenspiel mit der dünneren 3,65mm Unterlegscheibe! => die dickere war besser! (links: nach unten gedrückt; rechts: nach oben gedrückt)**

Wie lernen also: jetzt wird es knifflig, denn wir müssen die Zahnräder aufeinander abstimmen! Das macht man -soweit ich weiß- mit verschiedenen dicken Unterlegscheiben, den so genannten Passscheiben. Sie gibt es üblicherweise in den Größen 0,1mm, 0,2mm, 0,5mm und 1mm. Durch Übereinanderlegen verschiedener Scheiben kann man damit -wie bei einem Endmaßstapel- beliebige Stärken (und damit Abstände) einstellen.

Weil noch nicht alle von den bestellten Passscheiben da sind, drehe ich mir erst noch eine dickere für die Singerwelle. Aber von dem Zielmaß 5,00mm kriege ich am Ende mal wieder nur saubere 4,9mm heraus (das Abstechen klappt bei mir leider nicht immer so gut, da fehlt mir noch Erfahrung). Das sind immerhin 0,2mm dicker als vorher und man merkt bereits jetzt, dass sich das Verzahnungsbild verbessert. Wir sind also in der richtigen Richtung unterwegs!

## 21 Feinabstimmung

Nun kommt das, was auch schon Franz Singer einmal zu mir am Telefon sagte: "Die Kegelräder müssen's sowieso nochemoil separat aufeinanda astimmn"! Und Recht hat der gute Mann, denn "je mehr Backlash die Verzahnung hat, desto mehr neigt sie später bei Belastung zum Rattern", ergänzt Lennart. Zwar ohne so einen schönen Dialekt, aber nicht minder weise! ;-)

Ich muss mich also auf ein neues Thema einschließen: Zahnrad-Feinabstimmung! Und hier helfen uns die ganzen Oldtimer-Restaurateure, denn die haben so etwas bei der Aufarbeitung ihrer Getriebe und Kardanwellen ständig auf dem Programm. Mit Tuschiefarbe eingepinselte Zahnräder verraten später anhand ihrer Kontaktpuren, wo die Zähne gegriffen haben und wo die Kraftübertragung später stattfindet.

Das ist ja fast genauso wie beim Schaben, aber dennoch gibt es Unterschiede. Erst einmal braucht man hier wohl erheblich mehr Tuschiefarbe und außerdem will auch das Lesen des Tuschiebildes gelernt sein: was genau "gut" ist und was "nicht", muss ich mir nun auch erst einmal selber auf den Schirm bringen. Prima, wieder ein Gebiet, wo man was lernen kann!

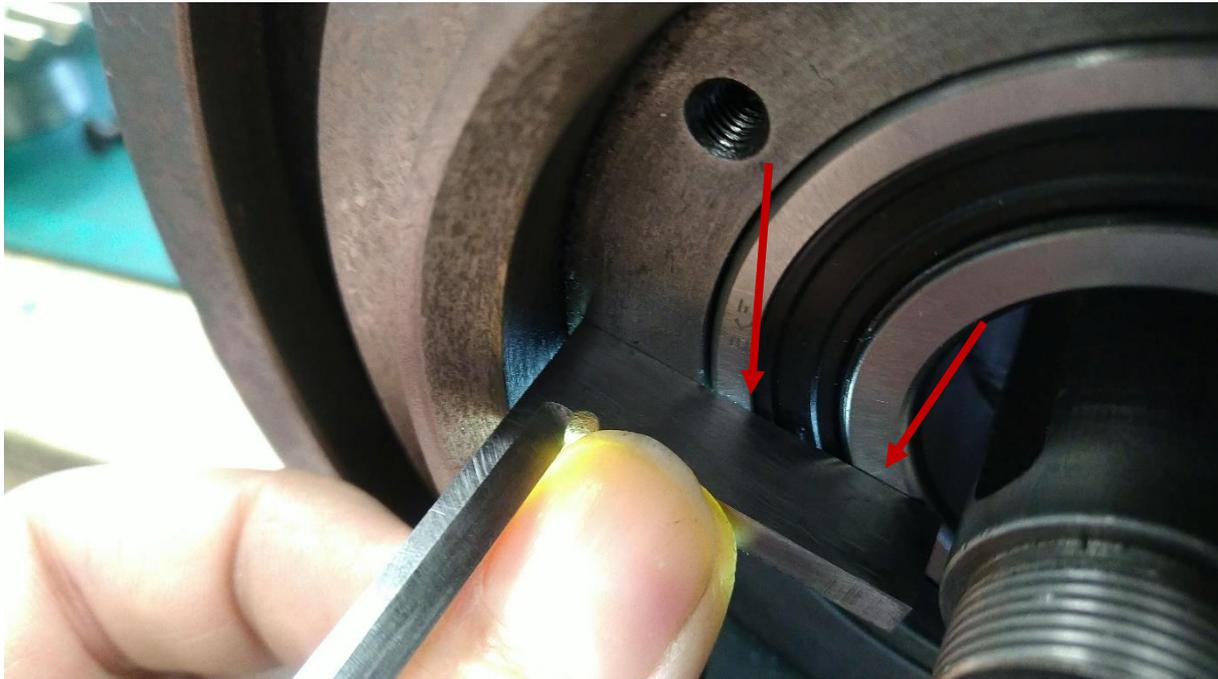
Und wie ich hier lernen werde! Denn erst einmal zeigt sich, dass ich das Lagerungskonzept von Singerwelle und Spindelwelle (also die im Fräskopf) noch gar nicht bis in die Gänze verstanden hatte. Aber das erarbeiten wir uns jetzt. Die ganzen Fehlschläge, aus denen ich erst lernen musste, schreibe ich hier aber nicht auf, denn es macht keinen Sinn, bewusst "falschen" Inhalt hier wiederzugeben und damit am Ende damit nur alle zu verwirren. Lieber schreibe ich, was ich wirklich gelernt habe- und auch das ist bestimmt genug Falsches dabei.

Zuerst allerdings stolperte ich noch über ein Problem!

## 22 axiale Fixierung der Singer-Welle

Mitten in meinem Zahnrad-Abstimmungsprozess merke ich irgendwann, dass das gemessene Zahnradspiel irgendwie keiner Systematik zu folgen scheint. Ich ging ich dem Problem auf den Grund und fand heraus, dass das vordere 6206-Lager in seiner Lagerbuchse hin- und her rutscht und damit meine gemessenen Werte für das Zahnradspiel eher zufällig denn systematisch entstehen!

Wenn das Lager selbst Spiel in seiner Halterung hat, rutscht die gesamte Singerwelle natürlich mitsamt Lager hinterher. So war das sicher nicht gedacht, denn eigentlich erwarte ich, dass das 6206 über seinen Außenring fest in der Lagerbuchse geklemmt wird und so die axiale Ebene der Singerwelle definiert.



**Abbildung 127: mit meinem Mini-Winkel als Haarlineal kann ich sehen, dass das Kugellager leicht nach hinten versetzt liegt: wir sehen einen Spalt!**

Ich messe das alte und das neue 6206-Lager aus und stelle fest, dass das alte 15,980mm breit ist- und das neue sogar nur 15,950mm! Will sagen: die Deckelplatte, die es eigentlich festklemmen soll, klemmt es gar nicht mehr, weil sie das Lager gar nicht mehr erreicht!

Nun habe ich inzwischen genug über Metallbearbeitung gelernt, wie ich diese Klemmung aber erreichen kann: ich stelle ein wenig der Deckelplatte frei, so dass nur ein schmaler, vorstehender Ring entsteht, der gezielt von vorne auf den Außenring drückt. Und wie hoch der gegenüber seiner Umgebung erhaben sein muss, muss ich erstmal ausmessen.

Also schaue ich, wie viel zu tief das Lager denn in seiner Buchse liegt. Mit einem Miniwinkel und Fühlerblattlehre stelle ich fest, dass hier mindestens 80µm Luft zwischen dem Lager und der Oberfläche seiner Umgebung sind.

Zur Bestätigung spanne ich die Messuhr vorne auf die Singerwelle und ihr Axialspiel. Zuerst ziehe ich die Singerwelle nach vorn gegen die Deckelplatte (=Anschlag). Darauf nulle ich die Messuhr. Danach drücke ich das Lager mit beiden Fingern nach hinten und messe, wie weit die Welle wandert: gute 200 $\mu$ m! Oh, das ist natürlich relativ viel!



Abbildung 128: die Welle hat fast 200 $\mu$ m Axialspiel!

Ich spanne also die Deckelplatte auf die Drehmaschine und stelle -wie geplant- einen äußeren Ring von etwa 300 $\mu$ m Höhe frei. Mit dieser Maßnahme drückt die Deckelscheibe nun wie gewünscht gezielt auf den äußeren Lagerring und presst es an die hintere Wand seines Lagersitzes.

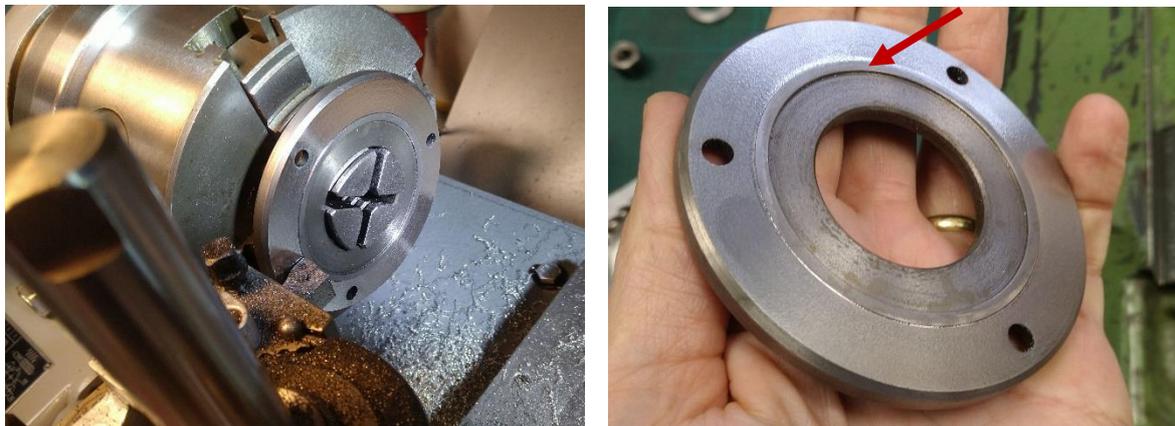


Abbildung 129: ich drehe die Deckelscheibe etwas ab, so dass ein leicht vorspringender Ring entsteht, der dann gezielt auf den Außenring des Lagers drücken wird (Pfeil)

Zumindest das Problem ist damit erstmal gelöst. Nun sitzt das 6202-Lager so, wie es soll: nämlich "fest"!

## 23 Feinabstimmung II

Durch die Modifikation unserer Deckelplatte haben wir einen Großteil des störenden Axialspiels beseitigt und können damit unsere Feinabstimmung der Zahnradabstände fortsetzen. Trotzdem bleibt natürlich axial noch etwas Rest-Spiel. Das kommt nun jedoch aus dem 6206-Lager selbst und ist durch uns nicht mehr wirklich beeinflussbar (ca.  $15\mu\text{m}$ ). Alleine durch diesen Fakt werden wir eine Kegelradverzahnung mit wirklich "0 Spiel" nie erreichen können. Außerdem stelle ich im Abstimmprozess fest, dass natürlich auch ein gewisser vorhandener Verschleiß der Kegelräder dafür sorgt, dass **IMMER** ein wenig Zahnspiel bleiben wird. Meine FP1 ist halt keine Neumaschine mehr. Natürlich nicht, das muss ich einfach akzeptieren!



**Abbildung 130: jetzt schlackert da so gut wie nichts mehr- zumindest axial!**

Das macht aber auch nichts, denn minimales Spiel sei akzeptabel, sagt Lennart. Und wenn Lennart es sagt, dann stimmt es eigentlich immer :-). Viel wichtiger bei der Abstimmung war mir daher, dass die Höhen der Kegelräder ungefähr gleich sind, sich die Zähne der beiden Verzahnungspartner also bestmöglich überlappen. Sprich: die Verzahnungsfläche soll bei beiden möglichst groß sein und die Zähne bestmöglich ineinander haken. Wenn das gewährleistet ist, dann macht man als nächstes einen Versuch mit Tuschiefarbe und schaut sich anhand der Abdruckbilder genauer an, wie gut die Zahnräder wirklich ineinander greifen und wo sie sich treffen und die Kraft weitergeben.

Vorher jedoch noch ein Tipp für die Kontrolle der Laufebene: wenn man eine schmale Hand hat, kann man durchaus in den Fräskopf hineinangreifen (natürlich bei abgeschalteter Maschine!) und die Kontaktebene zwischen beiden Kegelrädern mit dem Finger erfühlen (siehe dazu Abbildung 125f). Wenn man mit dem Fingernagel leicht über die Verzahnungsstelle kratzt und mit dem Nagel irgendwo hängen bleibt, dann sitzt eine Zahnebene offensichtlich höher als beim Laufpartner und das wäre nicht so gut. Wir wollen, dass es möglichst keinen Höhenunterschied zwischen beiden gibt und das stellen wir durch Unterlegen von verschiedenen Passscheiben auf Singerwelle und Kegelradeinheit ein.

Ich bin zuerst so vorgegangen, dass ich zuerst eine Höhe in der Kegelradeinheit vorgegeben habe und dann die Lage der Singerwelle darauf abgestimmt habe. Zu diesem Zweck habe ich erneut etwa 50€ ausgegeben und verschiedene Passscheiben in den Dicken 100µm, 200µm, 500µm und 1mm gekauft, die ich dann testweise eingebaut habe. Das war natürlich ein iteratives Arbeiten; nach jedem Einbau einer weiteren (dickeren) Passscheibe kontrollierte ich zuerst die Laufebene (Fingernagel-Kratztest). War die in Ordnung, stellte ich eine Messuhr an einen Zahn des hinteren Zahnrades der Singerwelle und ermittelte das Spiel. Am Ende werde ich bei etwa 150µm Spiel enden; diese Info nur für die, die hier mal einen Richtwert brauchen.

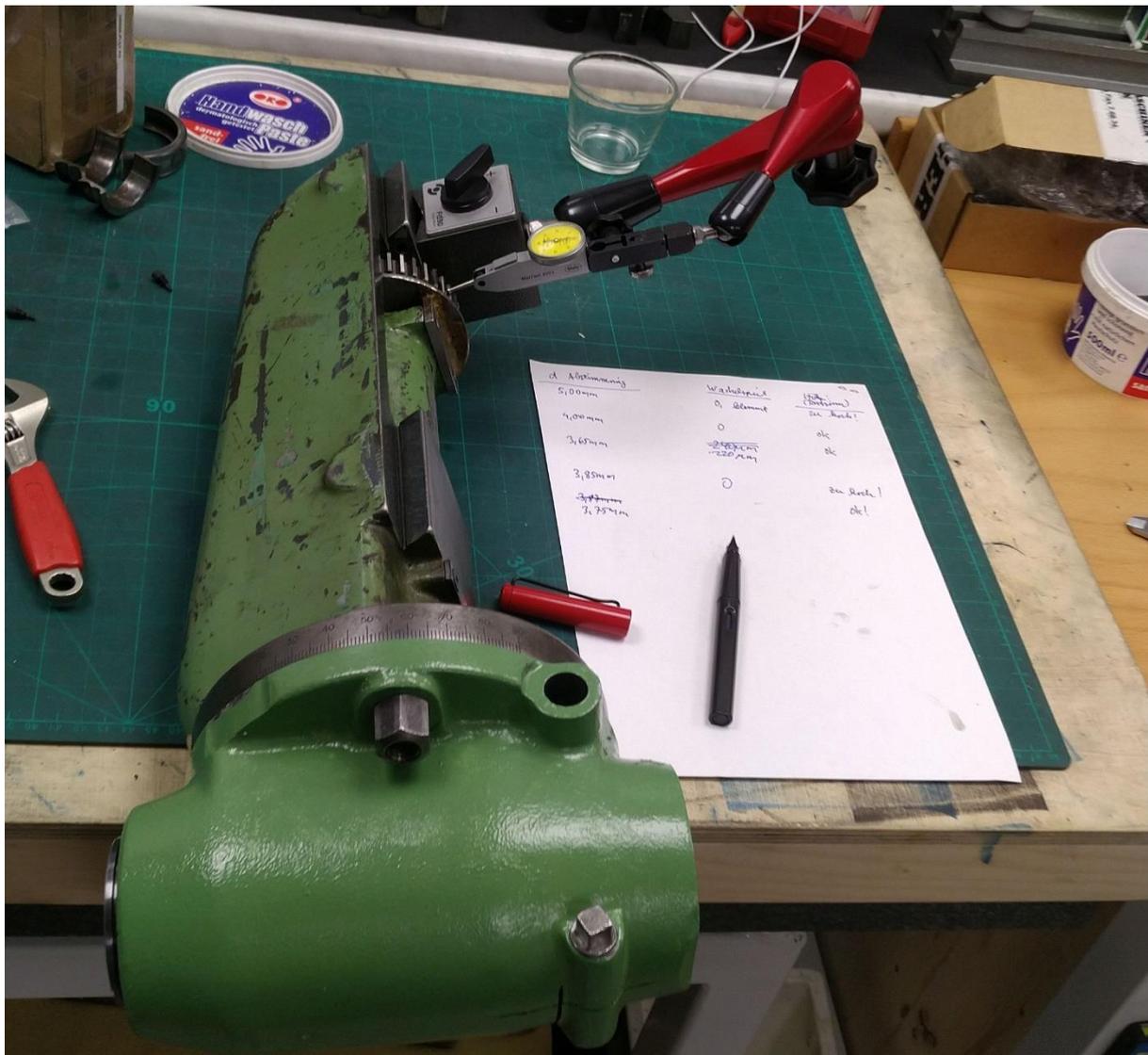


Abbildung 131: so gemessen, habe ich am Ende ein -durch die Kegelzahnäder verursachtes- Flankenspiel von etwa 150µm

Ist das Spiel in Ordnung, beurteile ich anschließend, ob das Ganze auch noch frei durchzudrehen ist und "frei" läuft. Meine Beobachtung ist nämlich, dass -drücken sich die beiden Kegelräder infolge zu dick gewählter Passscheiben zu stark aneinander an- es irgendwann zu einem Klemmen kommen kann. Das merkt man bereits sehr deutlich, wenn man den Fräskopf gefühlvoll von Hand durchdreht. Minimale Höhenschläge der Zahnräder führen dann an bestimmten Stellen zu einem leichten Blockieren/Klemmen. Fühlt man diesen Effekt, stehen die Zahnräder zu dicht beieinander und das Reduzieren einer Passscheibendicke um bereits  $100\mu\text{m}$  reichte bei mir schon aus, um die nötige Luft zu schaffen, dass die Kegelräder wieder klemmfrei ineinander greifen- bei immernoch minimalem Spiel.

Ich habe also beim Ermitteln der korrekten Passscheiben die Dicke gezielt erst immer weiter erhöht, bis ich genau diesen Punkt des leichten "Klemmens" erreicht hatte und dann die Dicke um  $100\mu\text{m}$  (=kleinste Dicke, in der man die Passscheiben fertig bekommt) reduziert. Als ich dadurch dann wieder erfolgreich einen gleichmäßigen Freilauf erreicht und hatte, wusste ich damit ganz genau, dass ich die richtige Dicke gefunden hatte. Eine finale Bestätigung der korrekten Passscheibendicke holte ich mir dann noch über ein Tuschiebild. Mit einem Wattestäbchen tupfte ich etwa ein Dutzend Zähne des Kegelrads auf der Singerwelle ziemlich satt mit blauer Tuschiefarbe ein. Da die Zähne infolge Verschleißes alle schon ziemlich blank gerieben waren, war das Auftupfen mitunter etwas schwierig (die Farbe hält besser auf rauen Oberflächen statt auf polierten!), aber mit etwas Gefühl und Tupfen ging es.



**Abbildung 132: Versuch des Tuschierens eines Kegelzahnrades ;-)**

Danach baute ich den Fräskopf an und drehte den gesamten Fräskopf mit der rechten Hand durch. Mit der linken Hand hielt ich zugleich den Spindeltrieb fest und simulierte damit quasi die Drehmomentabnahme durch einen Material zerspanenden Fräser. Dieses Bremsen ist notwendig, damit die Zahnräder auch genau die richtige Seite der Flanken "anschieben" und dem wahren Betriebszustand möglichst nahe kommen.

Nach ein paar Umdrehungen schraube ich den Fräskopf wieder ab und beurteile das Tuschiebild auf beiden Kegelrädern. Das ist für mich gar nicht so einfach, denn ich habe nie gelernt, wie man sowas macht und auf was man dabei achten muss.

Daher mache ich ein paar Fotos und schicke sie meinem "Mentor" Lennart. Ich persönlich sehe auf den Bildern so viel wie auf einem Röntgenbild beim Zahnarzt, aber Lennart hat da natürlich ein weitaus schärferes Auge als ich. "Gar nicht so schlecht", ist sein Kommentar und darüber freue ich mich: die Abstimmung scheint fertig!



**Abbildung 133: so hat das Kegelrad der Singer-Welle die Tuschiefarbe auf seinen Kontaktpartner übertragen**

## 24 Endmontage

Nachdem die Auswahl der ganzen Passscheiben und selbstgeschliffenen Abstimmringen erledigt ist, baue ich alles nochmal aus, säubere es peinlichst und lege es erstmal weg. Denn: bevor ich den Fräskopf final zusammenbaue, braucht er dringend eine neue Lackierung. Das erledige ich an zwei Tagen nach Feierabend und kratze danach alle Funktionsflächen, wo sich trotz Abkleben noch etwas Farbe unter dem Malerkrepp hindurchgemogelt hat, mit einer Rasierklinge frei.



Abbildung 134: Lackier mich!



Abbildung 135: das Übliche: abschleifen, anrauen,...



Abbildung 136: ...lackieren!

Nun geht es endlich an den finalen Zusammenbau!

Als ersten Schritt führe ich die Singer-Welle in den Vertikalausleger. Natürlich mit viel Öl, damit es auch gut flutscht. Den 6x6x15mm Nutenstein habe ich bereits vorher in die Welle geklopft- ich musste ihn sogar in der Breite etwas an der Flachsleifmaschine ausdünnen und seine Kanten anfasen, damit er rein ging. Nach dem Einschieben der Welle fädele ich die Blende und dann das Zahnrad auf. Festgeschraubt wird es mit der M18 Mutter, die ich selbst gedreht hatte. Zum Gegenhalten verkeile ich die Welle über das Zahnrad mit einem kleinen Hartholzkeil zum Gehäuse, so dass ich meine Stirnlochmutter gut festziehen kann.

Nun arbeiten wir am anderen Ende (=vorne) weiter. Zuerst kommt die selbstgedrehte Scheibe mit 4,70mm Dicke auf die Welle. Diese beeinflusst die axiale Lage der Singerwelle.



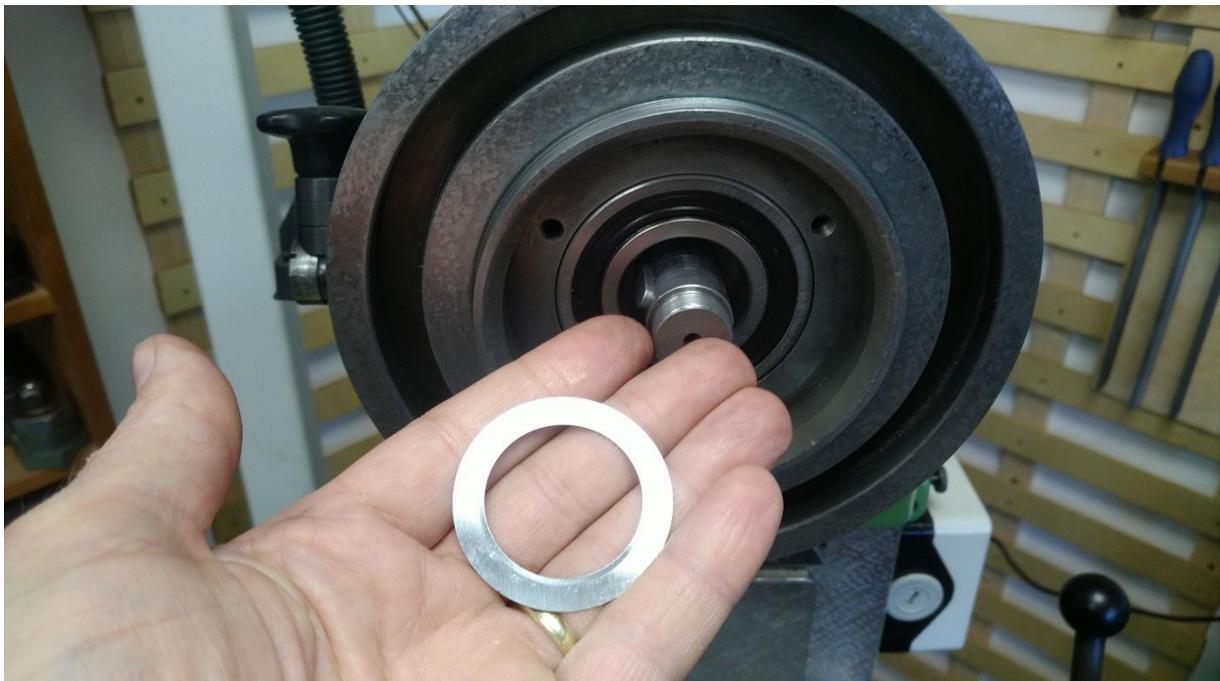
Abbildung 137: 4,7mm-Scheibe (Pfeil). Hier bereits montiert: die Passfeder

Davor stecke ich dann das 6206 Lager.



**Abbildung 138: das 6206-Lager kommt**

Erst jetzt(!) kommt die Passscheibe, um die korrekte axiale Lage des Kegelrads zu definieren.



**Abbildung 139: erst jetzt die Passscheibe!**

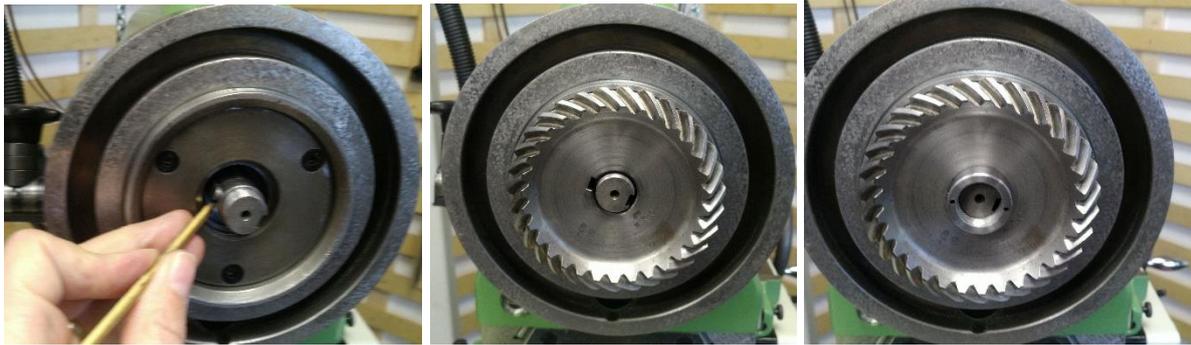
Wir "kleben" sie mit etwas Öl so auf mittig den Innenring des Lagers, dass wir nach dem Anschrauben der Deckelplatte das Kegelrad aufstecken können. Es erfordert ein wenig Fummerei und ein paar Versuche, aber irgendwann haben wir die Passscheibe "aufgespießt" und können das Kegelrad aufschieben. Die zweite selbst gedrehte Mutter hält alles fest.



**Abbildung 140: Aufsetzen der Deckelplatte**

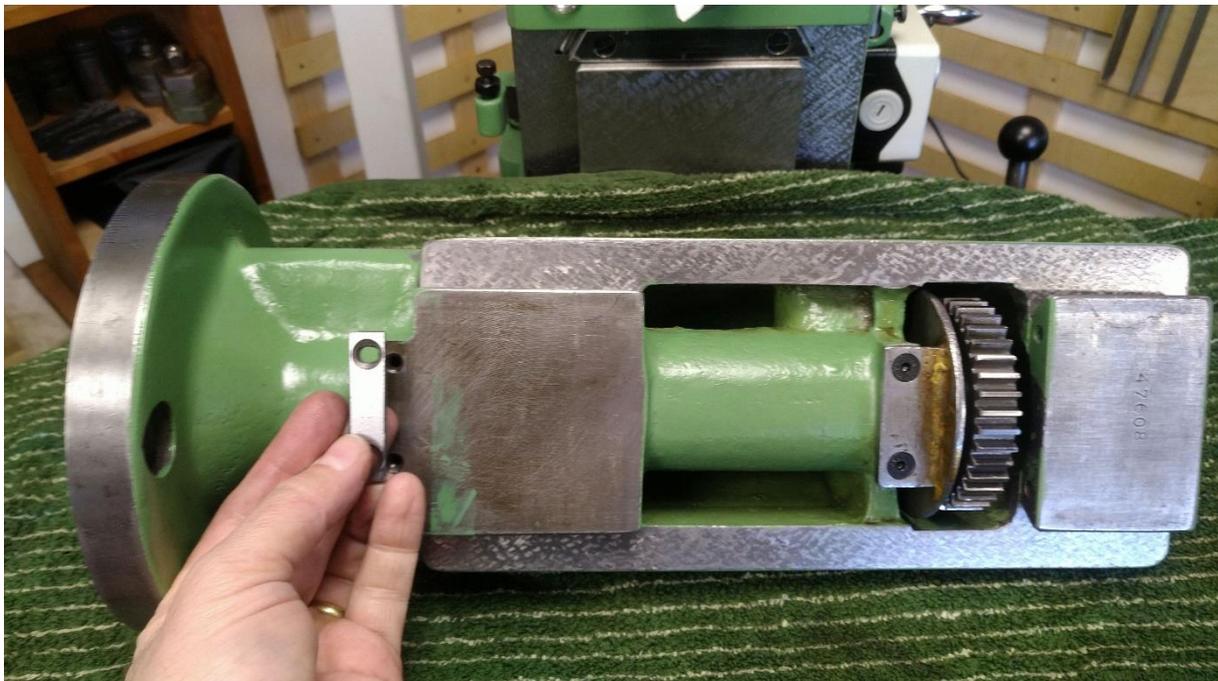


**Abbildung 141: so sieht das dann aus. Die mit Öl "festgeklebte" Passscheibe schieben wir nachher noch mit einem Holzstäbchen mittig hin, damit am Ende das Kegelrad draufgesteckt werden kann**



**Abbildung 142: Fotostrecke: Montage des Kegelrades**

Dann kommt von unten das kleine Metallplättchen. Dieses hat den Zweck, als Anschlag zu dienen, wie weit man den Vertikalfräskopf auf die Deckel FP1 Maschine aufschieben kann. Seine Lage bestimmt ebenfalls mit, ob das eben installierte Zahnrad auch gut in seinen Antriebspartner im Fräsbock hineingreift. Idealerweise laufen natürlich beide in exakt derselben Ebene.



**Abbildung 143: diesen Anschlag nicht unterschätzen: er bestimmt die Laufebene der beiden Zahnräder des Antriebs!**

Ein Abmessen mit dem Metermaß zeigt, dass die Laufebene zwischen Anschlagblock und Vorderkante der Maschine sich ziemlich gut überlappt. Vielleicht nicht perfekt, aber das lasse ich so, denn würde ich hier etwas an der axialen Lage der Singerwelle ändern, müsste ich auch die Kegelradabstimmung wieder neu machen (inkl. Tuschierbild usw.). Dazu habe ich keine Lust und solange die beiden Zahnräder am Ende flächig ineinander greifen, halte ich es an dieser Stelle für unkritisch, ob sie das hier exakt mittig oder einen halben Millimeter versetzt tun.

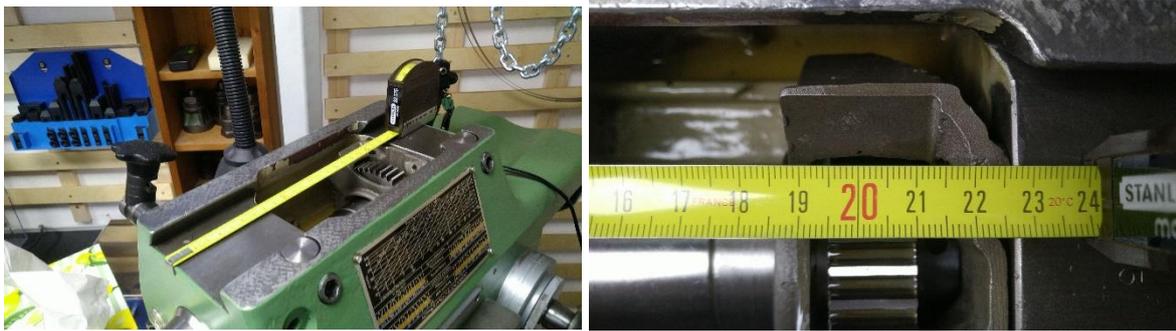


Abbildung 144: Lage am Fräsbock



Abbildung 145: und Lage am Vertikalausleger. Das passt gut zusammen, die Zahnräder werden gut ineinander greifen!

Ein erster Probelauf bei kleinster Drehzahl zeigt, dass die neue Singerwelle in meinem Vertikalfräskopf ordnungsgemäß zu laufen scheint. Also los, wagen wir es: bauen wir den Fräskopf selbst zusammen!

## 25 die neuen Spindellager!

Nun ist es endlich so weit: alle Vorarbeiten sind gemacht und die neuen UKF K40-Lager werden erstmalig aus ihrer Plastikfolie entnommen. Ab nun muss alles blitzblank sauber sein, denn jedes noch so kleine Dreckkörnchen in den Lagern kann nun zu Problemen führen! Jeder noch so kleine Metallspan, der unbeabsichtigt in die Lagerfläche fällt, kann bei diesen ultra präzisen Lagern sofort großen Schaden anrichten. Das war auch der Grund, weshalb ich die ganzen Ein- und Ausbauversuche immer mit den alten (defekten) Lagern gemacht habe und nicht mit den neuen. Ich wollte sie so wenig Kontaminationsgefahr aussetzen wie nur irgend möglich!



Abbildung 146: es geht los: die neuen Spindellager werden ausgepackt!!!!

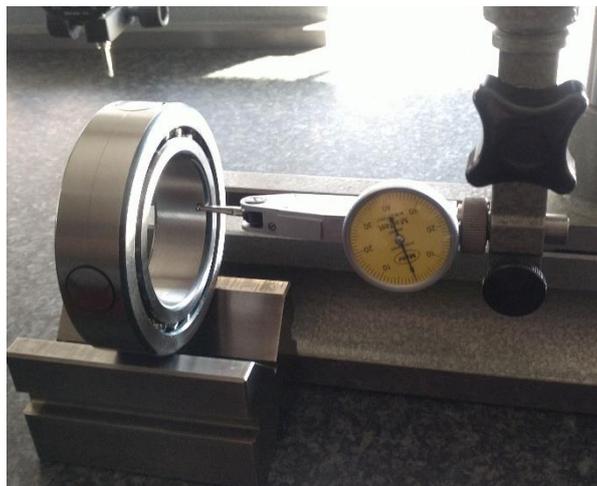


Abbildung 147: voller Ehrfurcht messe ich erstmal Rundlauf und Höhenschlag

## 26 Fetten der Lager

Bevor wie die Lager verwenden können, müssen sie gefettet werden! Ich benutze jeweils 4 Gramm Spindellagerfett pro Lager, weil ich das so ausgerechnet hatte. Also 2 Gramm pro Seite. Damit ich weiß, wann es genug ist, wiege ich die Lager, während ich das Fett einspritze.



Abbildung 148: Einbringen des Lagerfetts

Es zeigt sich, dass auch kaum mehr als die berechneten 4 Gramm ins Lager zu kriegen sind, denn irgendwann ist der Spalt zwischen Innen- und Außenring voll und es passt nichts mehr hinein. Durch vorsichtiges Durchdrehen von Hand helfen wir bei der Verteilung des Spindelvettes.

So wie hier beschrieben, mache ich das bei beiden Lagern genau gleich.



Abbildung 149: etwa 3g Fett- mehr passt beim besten Willen nicht hinein!

## 27 Endmontage des Fräskopfes

Ich muss zugeben, dass ich die Montage nun nicht optimal mache, denn ich bin weder Robin Rinzetti noch ein Spindellagerexperte. Ich weiß nur so viel, dass auf den Lagern die Hochpunkte vom Hersteller ausgemessen und mit einem Punkt markiert wurden (bei mir:  $+4\mu\text{m}$ ). Macht man es richtig, müsste man die Hochpunkte der beiden Lager gegenüber legen, um beste Rundlaufgenauigkeit zu erreichen- zumindest habe ich das so verstanden.

Rein interessehalber lege ich meine Lager mal auf die Messplatte und kann die Hochpunkte des Herstellers tatsächlich bestätigen.



Abbildung 150: keine Ahnung, ob ich das hier so "richtig" messe....

Da ich das Konzept der gegenseitigen Hochpunkt-Kompensation aber trotzdem nicht vollständig durchdrungen habe, lege ich das erste K40 Lager nun völlig wahllos auf das Kegelrad. Ich hoffe, das ist auch richtig so, aber selbst wenn es nicht optimal so ist- Spoiler: am Ende werde ich in der Spindel einen Rundlauf von weniger als  $\pm 2\mu\text{m}$  messen, also bin ich zuversichtlich!



Abbildung 151: das erste K40-Lager wird montiert

Nach dem ersten Lager kommt der geschliffene Ring hinterher und dann die ermittelte Passscheibe, mit der sich dann die korrekte Höheneinstellung des Kegelradpakets im Fräskopf ergibt. Kleiner Tipp: die Ringe flutschen leichter drauf, wenn man sie zusammen als "Paket" mit dem ersten K40-Lager auf den Kegelraddorn auf schiebt, denn dann verkantet man nicht so schnell.

Jetzt bugsiert man die Kegelradeinheit durch die große Öffnung des Fräskopfes hinein und schiebt sie von innen hoch. Weil ich dazu beide Hände brauchte, hatte ich davon leider kein Foto, sorry. Danach kommt das zweite K40-Lager von oben drauf.



**Abbildung 152: Kegelradeinheit einbauen**

Wie gesagt- ohne irgendwelche Ausrichtung der Hochpunkte zueinander. Das überlasse ich dem Zufall. Am Ende schraube ich die Stirnlochmutter drauf und ziehe sie fest. (Endgültig festziehen kann man sie übrigens, wenn der Fräskopf später richtig an der Fräse angebaut ist. Dazu legt man an der FP1 den kleinsten Gang ein. Das sorgt für ein ausreichendes Gegenhaltmoment, so dass man die Stirnlochmutter fest drehen kann.)

Nun messe ich mal interessehalber das Spiel, denn natürlich kann man den kompletten Kegelradsatz mit seinen zwei K40-Lagern noch frei axial verschieben. Das muss auch so sein, denn endgültig fixiert wird die axiale Lager erst, wenn wir die obere Kappe einschrauben (nächster Schritt). Ich messe bei mir das Spiel zu etwa 1,36mm aus.



**Abbildung 153: ja, da ist genug Spiel!**

Es ist völlig unkritisch, wie viel Luft da jetzt noch ist und wie viel Spiel. Wichtig ist nur, dass da ÜBERHAUPT Spiel ist! Ansonsten hätte man die Dicke des geschliffenen Ringes zu klein gewählt und die Krafteinleitung in die Lager wäre falsch- und das würde sie zerstören, wie wir von meinem Vorgänger in der Berufsschule wissen! (siehe Reparaturbericht Teil 1).

Gut, die Stirnlochmutter hat die Lager über ihre Innenringe und die Passscheiben zu einer Einheit zusammengepresst, die sich aber noch als gesamte Einheit leicht axial verschieben lässt. Das ändert sich jetzt mit dem Einschrauben der Deckelscheibe. Diese drückt nämlich das oberste Lager an seinem Außenring nach unten, bis es an den innenliegenden Federring anstößt. Das erst definiert die axiale Lafebene der Kegelradeinheit! Sprich: mit dem Festziehen der Deckelscheibe sollte das Axialspiel nun verschwunden sein.



**Abbildung 154: erst mit Aufschrauben der Stirnlochmutter wird die Lage der Kegelradeinheit im Innern vertikal fixiert**

Nun kommt der große Moment: die Fräskartusche, bei mir eine MK4-Ausführung mit Nadel-lagerung, wird von unten eingeschoben!

Wegen der sehr engen Toleranzen darf hier keinesfalls verkantet werden, sonst klemmt es sofort. Aber mit ein wenig Öl und Geschick kriegen wir die Kartusche eingesetzt.



Abbildung 155: Spindelbüchse einsetzen

Danach folgt die Zahnwelle samt Wickelfeder und Madenschraube. Zum Schluss die Anzugstange von unten einsetzen und von oben mit Kappe und 4mm Kegelstift fixieren.

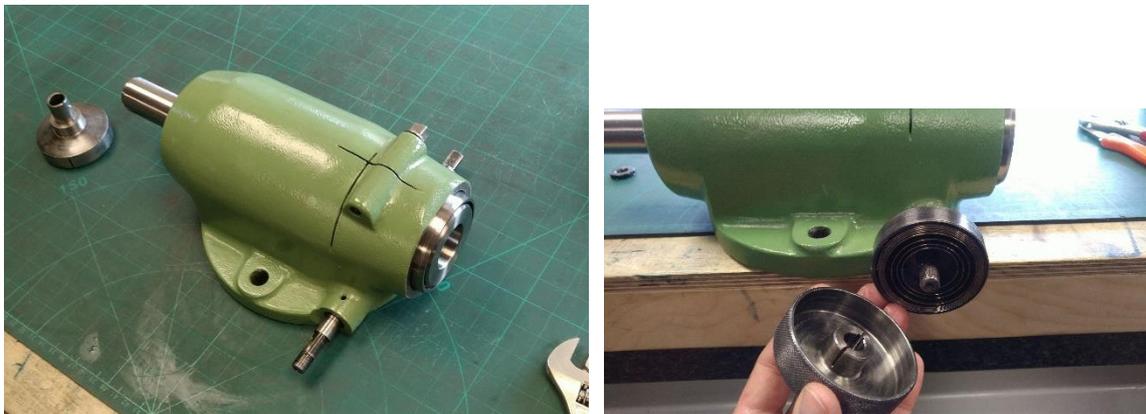


Abbildung 156: Zahnwelle und Wickelfeder

Wir drehen die Spindel von Hand vorsichtig durch und probieren auch das Ausfahren und Klemmen der Spindelbüchse per Zahnwelle. Kaum zu glauben, aber alles funktioniert!!

Sind wir am Ende?

## 28 Sind wir nicht!

Beim Aufsetzen des Fräskopfes auf den Vertikalausleger ergibt sich tatsächlich noch ein Problem, an dem ich noch etwas knabbere. Der Kopf liegt nicht sauber an, sondern wackelt! Wie bitte geht denn das? Ich hatte doch alles "perfekt" geschabt und kontrolliert, wieso bitte wackelt das denn jetzt auf einmal?



Abbildung 157: sieht ja schon fast "fertig" aus- aber warum wackelt der Kopf auf einmal?

Die Lösung war schnell gefunden: meine selbstgedrehte M18x1.0 Stirnlochmutter war zu dick und stieß damit innen an der Fräskartusche an. Das verhinderte ein ordnungsgemäßes Anschrauben und somit kipelte der ganze Kopf über die Flanschfläche. Also baute ich die Fräskartusche kurz wieder aus, und ermittelte mit einer Spitze eines Haarlineals und Anreißfarbe, wie weit die Spindelmutter zu viel herausragt und abgeschliffen werden muss.



Abbildung 158: meine Stirnlochmutter (Pfeil) ist zu dick und steht vor!

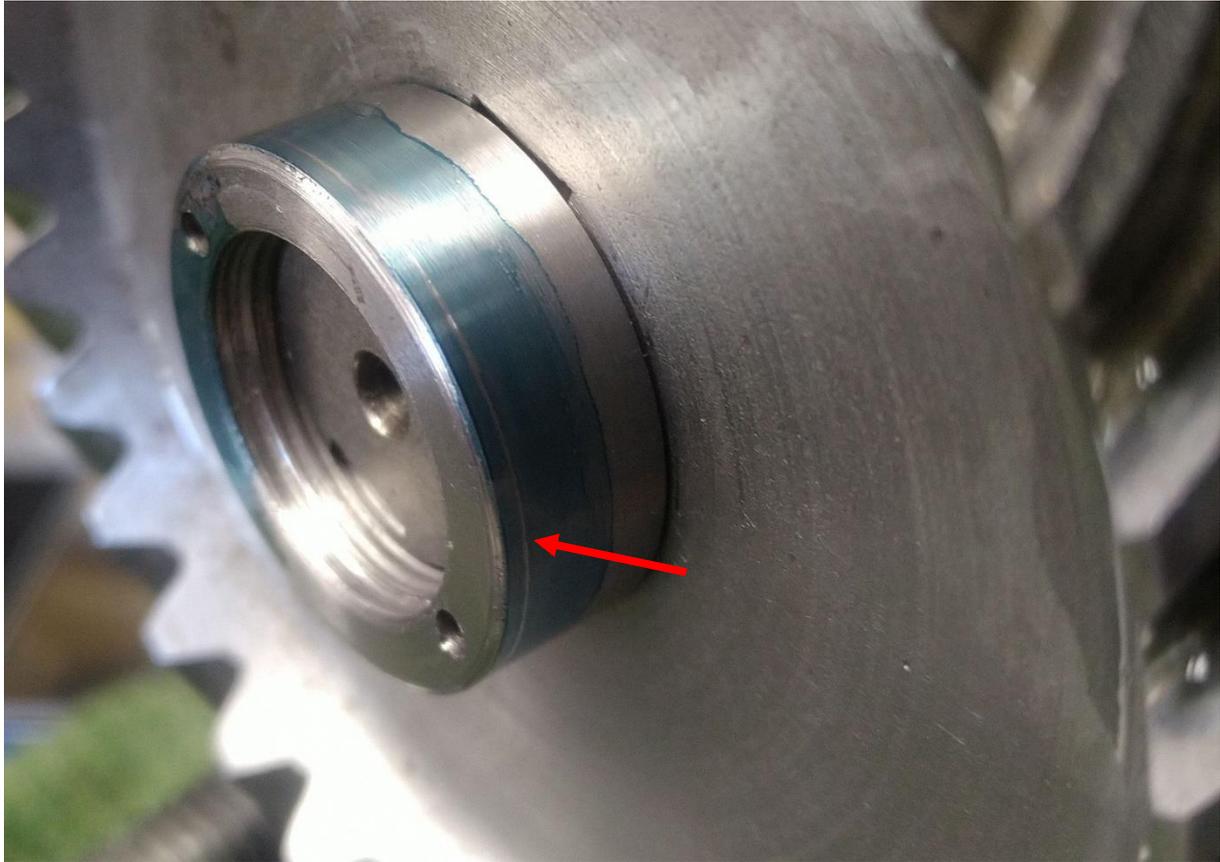


Abbildung 159: so viel steht sie zu viel vor (Anriss)

Etwa 2mm mussten weg- kein leichter Job für eine Flachsleifmaschine; jedoch ist die Mutter nicht sehr groß und so war ich nach bereits 5 Minuten Schleifen schon fertig.

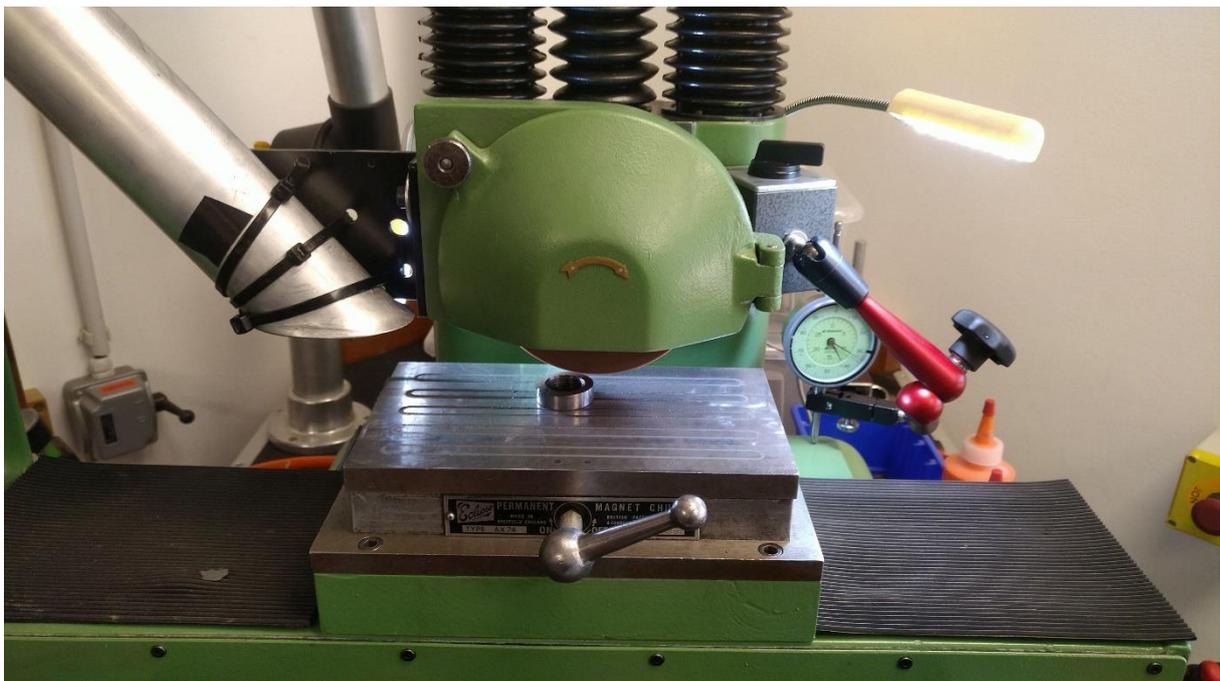


Abbildung 160: aber die Flachsleifmaschine wird's schon richten!

## Deckel FP1- Das Finale!

---

Danach ein wenig entgraten, wieder aufschrauben, finaler Check, dass nun wirklich nichts mehr irgendwo in den Bewegungsraum der Fräskartusche hineinragt- alles klar! Ich traue es mich kaum zu sagen, aber ich scheine fertig mit der FP1 zu sein!!!



**Abbildung 161: Überprüfung mit dem Haarlineal: nein, jetzt steht nichts mehr vor!**

## 29 Späne?

Nein, noch nicht, denn kein neu gebautes Auto schickt man gleich auf die Rennstrecke, sondern man fährt es vorher ein. Und so mache ich es auch mit den Lagern. Bedenke: die beiden K40-Lager sind nagelneu und müssen auf Info des Herstellers auch erst einmal einlaufen! Also stelle ich bei meiner FP1 die langsamste Spindelgeschwindigkeit ein, die sie kann: 95U/min in der Hebelstellung "ganz rechts" und mit Motor in Stufe 1. Das bedeutet etwa 1,5Umdrehungen pro Sekunde, damit sollte es gehen.

Nicht ganz ohne etwas Angst, das gebe ich gerne zu, betätige ich den Start-Knopf. Aber meine Angst ist nicht gerechtfertigt. Wie ein Kätzchen schnurrt die FP1 los und das einzig wirklich Störende ist der Keilriemen, der an der Klebestelle zyklisch eine Art quietschendes Geräusch von der Hinterseite her macht. Ich horche den Fräskopf mit dem Ohr ab, dann auch mit dem Schraubendreher-Stethoskop-Trick. Aber ich finde nichts Auffälliges.

Einen Tag später kommt noch ein Päckchen von Franz Singer: ich habe für ca. 13€ inkl. Porto eine Tube Schmierstoff gekauft, den Singer für die Kegelradverbindung empfiehlt: "Castrol White T".

Es ist eine zähle, weiße Paste- ähnlich wie eine Mischung aus Zahnpasta und Zinksalbe. Aber die hat auf dem Kegelrad eine unglaubliche Wirkung: die Geräuscentwicklung wird derart reduziert, dass ich sie probeweise dann auch auf die Wendeherz-Zahnräder meiner Leinen MLZ4S schmiere- und damit ihr Betriebsgeräusch deutlich ohrenfreundlicher mache! Der Tipp kam aus der Zerspanungsbude und ich bin begeistert. Sowohl davon, dass es diesen Tipp gibt, als auch davon, dass es die Firma Singer gibt. Natürlich werden einige sagen, dass man dasselbe (oder ähnliche) Schmierstoffe sicher auch günstiger woanders kaufen kann. Mag alles sein. Ich kaufe für meine Funkmessplätze auch nicht alle HF-Adapter original von Rosenberger. Auch da finde ich mal was vom Flohmarkt oder von anderen Herstellern, die auch gut funktionieren. Doch auf dem Gebiet der Messtechnik fühle ich mich sicher und weiß in der Regel selbst, was gut ist, woran ich es erkenne und was ich brauche. Doch nicht so mit den Werkzeugmaschinen. Hier bin ich nach wie vor "Anfänger" und bin über jeden Tipp und professionellen Rat dankbar. Dafür bezahle ich auch gerne einmal einen regulären Preis. Nicht alles können Schnäppchen im Leben sein.

War ja meine ganze FP1 am Ende auch nicht!

## 30 Späne! Und: sie singt!

Jetzt aber! Nun kann mich nichts mehr halten. Nachdem die Lager ein paar Minuten bei langsamer Geschwindigkeit eingelaufen sind, traue ich mich zum Fräsen meines ersten Stück Stahls. Ich glaube, eigentlich sind es zwei Graugruss- oder Stahlguss-Teile, aber wie man so gar hier sieht: Anfänger!

Ich spanne eine 25mm Direktspannzange (auch von Singer ;-)) ein und wähle einen dicken Fräser und damit langsame Drehzahl. Schließlich will ich den neuen Lagern, die sich definitiv noch in ihrer Einlaufphase befinden, noch nicht zu viel zumuten. Zum Halten des Werkstücks benutze ich den Schraubstock, der bei meiner Fräse dabei war. Der ist schon ziemlich heruntergeritten, aber für einen Test wird es reichen. Ich starte die Maschine und wenig später fliegen die ersten Späne! Und zwar völlig problemlos- ohne Rattern, ohne Wackeln, ohne Murren!



Abbildung 162: nicht zu glauben: die ersten Späne mit dem komplett aufgearbeiteten Vertikalkopf!

## Deckel FP1- Das Finale!

---

Nach einem kurzen Einstellen der Kopfneigung auf  $0^\circ$  (per Messuhr) werden auch überlappende Fräsungen so sauber, dass ich selbst beim Darüberkratzen mit dem Fingernagel keinerlei Absätze oder Stufen mehr ertasten kann. Nach einigen Betriebsminuten traue ich mich auch zu etwas schnelleren Drehzahlen und begreife jetzt, was Franz Singer damals am Telefon mit dem Satz "eine gute und ordentlich laufende FP1 muss singen!" meinte. Zweifellos spielte er auf das surrende Betriebsgeräusch aus dem Getriebe an, das wirklich etwas an ein "metallisches Singen" erinnert. Und das tut meine jetzt tatsächlich auch: sie singt- und zwar nur für mich!

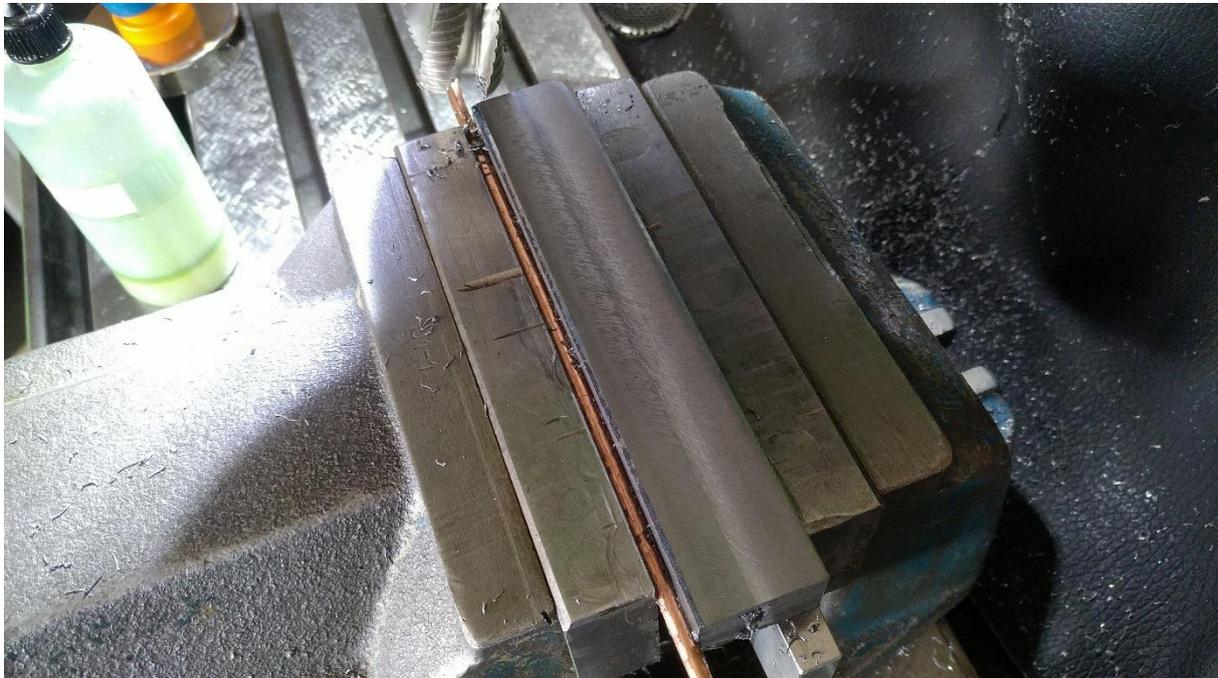


**Abbildung 163: Fräskopf parallel zur Tischfläche ausrichten**

Kaum zu glauben- aber es scheint so, als ob ich nun endlich am Ende der Reise angekommen sei!

## 31 Manöverauswertung: die Aktion "FP1"!

Als ich diese Maschine im Juli 2018 abholte, hätte ich nicht im Traum daran gedacht, dass ich mit ihr erst im Juni 2022 eine 4teilige Berichtserie über eine Komplettrestauration abschließen werde. Und -ganz ehrlich- hätte ich das vorher gewusst, hätte ich die Maschine wahrscheinlich auch nicht gekauft. Der einzig wirkliche "Schnapper" an dieser Maschine war die Tatsache, dass ich lediglich 30km weit fahren musste, um sie abzuholen. Aber weder der Kaufpreis war so niedrig, dass ich ihn auf die Haben-Seite stellen könnte noch der anfängliche technische Zustand. Nicht nur die defekten Spindellager waren zu beanstanden, sondern auch der völlig verkorkste Umbau der Antriebswelle im Vertikalfräskopfausleger haben mir so einiges an Kopfzerbrechen beschert. Als ich schon dachte, dass ich alles an bösen Überraschungen an dieser Maschine erfahren hätte, legte sie mit dem kurzen Verfahrweg von nur 250mm in X und der modifizierten Antriebsmechanik sogar noch ganz zuletzt einen nach. Die verbogenen Zähne der Pinolenwelle und einige Fresser in den Führungen infolge einer Schmierung mit Fett statt Öl sorgten für weitere Zusatzarbeiten.



**Abbildung 164: erste Fräsversuche mit dem Schruppfräser - bitte um Nachsicht, ich bin Fräs-Anfänger!!**

Bei all den Unzulänglichkeiten gab es aber auch ein paar (wenige) Momente des Erfolgs- zugegeben. Dass die Frässpindel selbst mit ihren Nadellagern in noch einwandfreiem, ja sogar nahezu neuwertigem Zustand sei, wie Franz Singer es ausdrückte, ließ mich ganz zu Anfang der Restaurationsarbeiten bei dieser Maschine doch etwas Mut schöpfen. Als schließlich genau derselbe Franz Singer mir noch eine neue Antriebswelle für meinen Fräskopf schenkte, war es klar, dass ich die Restauration jetzt auch irgendwie zu Ende bringen müsse- das war ich sowohl Franz als auch meiner eigenen Familie irgendwie schuldig.

Ich erlernte also die Grundkenntnisse des Schabens, lernte viele nette Maschinenbaufreunde kennen, die mir offenherzig Tipps gaben und stets ehrliche Kritik. Das hat mir extrem viel geholfen; meine Lernkurve war zwar steil, aber trotzdem lang. Nicht nur Tuschiebilder lesen musste ich mir beibringen, sondern auch Passungen drehen und das sehr spannende Thema "wie misst man eine Werkzeugmaschinengeometrie" galt es sich zu erarbeiten.

Das alles hat natürlich seine Zeit gedauert und auch eine Menge Geld gekostet, wenn ich ehrlich bin. Anschaffungen wie "Tuschierplatte", "Referenzwinkel", ja sogar ein Set von Wyler Neigungsmessern zum Verifizieren meiner Granit-Tuschierplatte standen auf dieser sehr, sehr langen Liste.



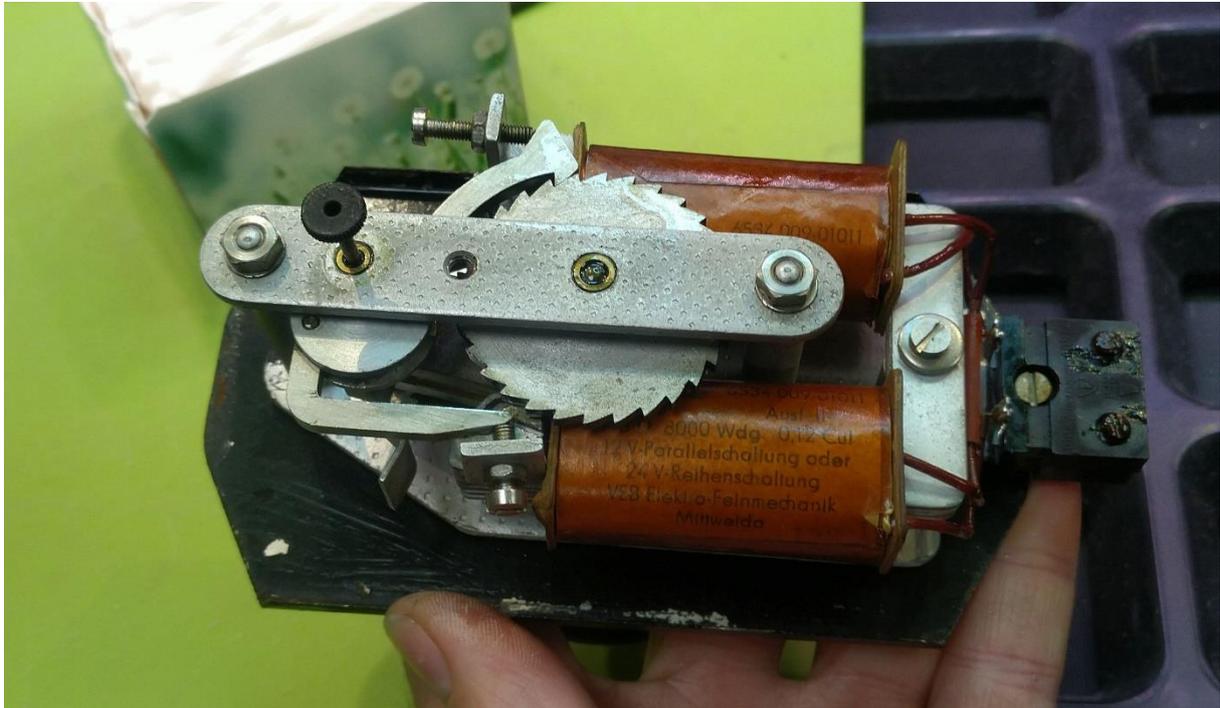
**Abbildung 165: und schon der erste Einsatz: die Langlöcher meines Bohrschraubstocks warten schon ewig auf eine geometrisch korrekte und saubere Ausfräsung**

So ulkig es klingen mag, aber eigentlich muss ich der FP1 rückblickend sogar irgendwie dankbar sein. Ihr anfänglicher Zustand hat mich nicht nur zum Aufbau von Knowhow und Werkzeug getrieben, sondern war auch DIE Eintrittskarte zum Kennenlernen vieler toller Menschen. Rudi beispielsweise, mein Rentnerfreund aus dem Nachbardorf, den habe ich nur deswegen kennengelernt, weil die zerlegte FP1 im Hintergrund eines Fotos in einer Kleinanzeige von mir mit zu sehen war- daraufhin rief er mich einfach mal an.

Und Lennart habe ich ebenfalls nur kennengelernt, weil ich -noch im Kaufrusch durch die FP1 und motiviert durch den Umbau der Kellerwerkstatt- einen kleinen Metallhobel osteuropäischer Produktion gekauft hatte, der dann aber wegen sehr unangenehmen Geruchs (ich hatte Öl als Kühlmittel verwendet) schließlich auf das Veto meiner Frau stieß. Ein Glücksfall, denn nur deswegen meldete sich Lennart bei mir und weil wir uns auf Anhieb sympathisch waren, stimmte ich zu, den Metallhobel nicht gegen Geld, sondern gegen 112 Schleifscheiben einzutauschen. Ist genauso bekloppt, denn gebraucht habe ich von den 112 bislang nur eine einzige. Egal, dafür habe ich Lennart kennengelernt und sein fachkundiger Rat während der Restauration war mir viel wichtiger als Schleifscheiben oder etwas Geld.

So nahm das Ganze dann Fahrt auf. Auf dem Weg, das Schaben zu erlernen, erreichte irgendwann kein Geringerer als Jan Sverre Haugjord mein Smartphone und Jonathan aus der Zerspanungsbude war sogar schon einmal bei mir zu Besuch. Den Geschäftsführer von MESKA habe ich kennengelernt, entdeckte sein großes Herz für Bastler und kaufte dort sofort einen großen Granitwinkel. Er gab mir eine kleine DIN876/000 Granitplatte mit dazu- als Geschenk. Begegnungen, die ich sonst nie gemacht hätte und eigentlich ist es dieser Wert, der bei der FP1 für mich den Ausschlag macht! Von daher: rückblickend war es ein super Kauf!

Nicht wegen der Fräse, sondern wegen all der netten Menschen. Und ihr mögt es mir bitte verzeihen, wenn ich nun nicht alle hier explizit nenne, mit denen ich seither Kontakt hatte. Fest steht: die FP1 hat mir also nicht nur Schlechtes gebracht, sondern mich sowohl technisch als auch sozial auf jeden Fall "gefordert". Am Ende sehe ich mich daher als strahlender Gewinner dieses Kaufs- allen defekten Spindellagern zum Trotz!



**Abbildung 166:** nicht selten habe ich auch mechanische Teile, an denen ich bastele. Hier das Uhrenwerk der originalen Bahnhofsuhr aus dem ehemaligen DDR-Grenzbahnhof Öbisfelde. Sollte da mal ein Ersatzteil benötigt werden, hilft nur "selber machen"- mit einer funktionierenden Fräse habe ich deutlich mehr Erfolgsschancen bei sowas!

## 32 Nachgedanken

Die lange FP1-Reise geht also nun wirklich zu Ende und ich frage mich, ob es wirklich der Zielbahnhof ist, dessen Gleise ich jetzt sehe. Ich denke ja. Obwohl ich nicht verhehlen darf, dass der Winkeltisch, der original bei der FP1 mit dabei war, bei mir noch zerlegt im Regal liegt. Und auch der Schraubstock, der ebenfalls im Lieferumfang der Fräse war. Beide haben eine gründliche Überholung verdient (und teilweise auch nötig) und daher kann ich mir gut vorstellen, mir früher oder später mal eines dieser Projekte vorzunehmen. Gedanklich allerdings schließe ich mit meiner FP1-Restaurierung erst einmal ab- und das ist auch nötig nach so einer langen Zeit!



**Abbildung 167: Abschlussbild: Sonnenaufgang im Dezember 2021 in meinem Wohnort**

## 33 Würde ich es nochmal machen?

Ein Gedanke beschäftigt mich selber allerdings:

Wenn ich das alles vorher gewusst hätte, was da auf mich zukommt und wie lange das alles dauert- hätte ich die Maschine dann trotzdem gekauft?

**Hätte ich irgendwas anders gemacht?**

Ich bin mir tatsächlich nicht sicher. Einerseits war der Lernprozess und der Werkstattaufbau so lehrreich wie keine Studienreise der Welt sein kann. Aber es war eben auch sehr lang- und in dieser Zeit (=fast 4 Jahre!) hätte man mit einer von Anfang an funktionierenden Maschine schon eine Menge Werkstücke fräsen können. Bedenken muss ich dabei allerdings, dass ich erst durch die Aufarbeitung der FP1 selbst einige der Fähigkeiten erlernt habe, ohne die ich "Werkstücke fräsen" gar nicht hätte machen können! Von daher hinkt dieses Argument.

Wie aber ist diese Frage dann zu beantworten? Wahrscheinlich gar nicht. Ich buche es für mich unter "Schicksal" und "Lebenserfahrung". Einerseits möchte ich den Aufwand nicht noch einmal haben- andererseits aber auf das viele dabei Gelernte und die netten Kontakte (wie bereits weiter oben ausführlich beschrieben) nicht verzichten wollen!

**Würde ich beim nächsten mal etwas anders machen oder gerne ändern?**

Nun, sollte ich in meinem Leben aus irgendeinem unvorstellbaren Grund noch einmal irgendwann eine FP1 suchen, würde ich schon auf eine Maschine mit dem langen Verfahrenweg in X (300mm) achten. Wahrscheinlich würde ich dann -trotz höheren Preises- auch die etwas modernere und stärker begehrte Wählscheibenmaschine als Basis nehmen, denn hier zahlt sich der Invest und die vielen Arbeitsstunden am Ende vermutlich mehr aus. Will sagen: restauriere ich einen Fiat 500, stecke dort Geld und Zeit hinein, bleibt es am Ende trotzdem ein Fiat 500. Kaufe ich stattdessen einen teureren Porsche, stecke dasselbe Geld und dieselbe Zeit hinein, gehe ich jede Wette ein, dass der Wertezuwachs beim Porsche am Ende deutlich höher sein wird als beim Fiat 500. In beiden Fällen steckt ohne Zweifel genauso viele Herzblut und Liebe zum Auto drin, mit beiden kann man sicher glücklich werden und die Hände sind am Ende auch gleich schmutzig. Nur in einem Fall hat man dabei auch wirtschaftlich was "verdient"- im anderen Fall halt vermutlich nicht.

Und trotzdem bin ich mir sicher, dass es genug beherzte Autoliebhaber gibt, die sich dennoch bewusst für den Fiat 500 entscheiden würden und denen das Geld komplett egal ist! ;-)

Was ich sonst noch ändern würde, bzw. gerne für das Aufarbeiten gehabt hätte, wäre eindeutig eine Sandstrahlkabine gewesen. Das mühsame Schleifen der kurvenreichen Teile vor dem Lackieren war extremst mühsam. Ehrlich gesagt habe ich es sogar gehasst. Die Möglichkeit, den alten Lack mittels Sandstrahlen bequem entfernen zu können hat für mich einen großen Charme! Leider habe ich weder in der Garage noch in der Werkstatt noch irgendwo einen Platz, wo so eine Kabine noch hinpassen würde. Ein Jammer- zumal ich überall dort bereits Zapfstellen unserer zentralen Druckluftversorgung zur Verfügung habe und der Anschluss einer solchen Kabine daher sogar sehr einfach möglich wäre.

Dieselbe Platz-Einschränkung begründet auch den Verkauf meiner Arboga U2508-Maschine ganz zu Beginn meiner FP1-Odysee. Die U2508 war eine schwedische Bohrfräse, der ich noch heute etwas hinterher trauere. Mit polumschaltbarem Motor und Getriebe(!) war es eine ganz tolle Bohrmaschine mit 8 Geschwindigkeitsstufen gewesen. Gerade für das Bohren großer Löcher in Stahl kommt da selbst meine Flott M3 mit doppelt so leistungsfähigem Motor

(1,5kW) nicht mit. Ein Getriebe ist eben noch immer was anderes als ein Riemenantrieb- auch wenn letzterer i.d.R. im Betrieb deutlich leiser ist. Das größte "Problem" meiner Arboga war allerdings, dass ich bei der Höhenverstellung immer den ganzen Bohrkopf hoch- und herunterkurbeln musste- der ist eben sehr schwer und daher war das immer enorm anstrengend und mühsam. Bei der Flott M3 kurbele ich nur das Tischchen- und habe zudem abartig viel Platz unter der Spindel in der Z-Achse, so dass ich ganze Küchenzeilen drunterstellen und von oben noch Scharnierlöcher reinbohren könnte. Trotzdem: hätte ich genug Stellfläche in der Werkstatt gehabt, hätte ich die Maschine liebend gern als Zweibohrmaschine behalten. Genauso wie meine kleine Flott Bandsäge als Zweitsäge für Holzteile. Beide musste ich leider abgeben.

Seufz.

Es geht eben nicht immer alles und ein Nachtrauern bringt darüber nichts. Ohne den Verkauf des Alten wäre das Neue nicht möglich gewesen. Sobald man das endlich begriffen hat, verkleinert sich auch der Trennungsschmerz etwas über verkaufte Maschinen. Nur komplett verschwunden ist er bei mir bislang allerdings noch nicht.

Hätte ich sonst noch etwas verändert?

Nein. Der Prozess und die Entscheidung, zuerst die Werkstatt, ihre darin befindlichen Maschinen und schließlich auch mich selbst in einen "restaurations-fähigen" Zustand zu bringen, bevor ich Spindellager wechsele und Fräsköpfe einschabe, war zwar langwierig, aber notwendig und damit goldrichtig. Auch wenn das in der Familie zugegebenerweise nicht immer nur für Beifall gesorgt hat: verständlich, denn auf SO eine Aktion war niemand von uns vorbereitet, als wir die FP1 kauften!

Umso stolzer bin ich, dass es am Ende gelungen ist.

Und dass die Ehe gehalten hat.

## 34 Schlusswort

Allen Lesern, die diese Reise auf den vielen hundert Seiten Reparaturbericht mit verfolgt haben, danke ich für's Zusteigen und dem Interesse. Ich hoffe, dass ein paar der Reiseeindrücke hängen bleiben und vielleicht auch etwas mit dabei war, das Euch selber mal hilft. Und wenn es nur ein einziges Foto ist, das Euch die korrekte Zusammenbaureihenfolge zeigt oder nur ein einzelner Hinweis, der Euch davor bewahrt, Fett in Eure Führungen zu drücken und Euch damit Eure Maschine zu ruinieren. Sollte mir das gelingen, würde mich das sehr freuen.

Ansonsten wünsche ich Euch viel Erfolg bei eigenen Projekten und danke für die gemeinsame Zeit mit Euch! Ganz besonderer Dank geht nochmals an die Firma Singer; insbesondere Franz Singer, für die tolle Unterstützung und nicht zuletzt die geschenkte Welle für meinen Vertikalkopf! :-)



**Abbildung 168: alternative Nutzung einer FFP2-Maske als Po-Unterlage auf einer verschneiten Sitzbank. Mann könnte also sagen "für'n Ar....." ....nein, sage ich doch lieber nicht ;-). Hoffentlich sind diese Zeiten bald endgültig vorbei!**

## 35 Persönlicher Gruß an Firma R. aus Bendorf

Ich kann nicht schließen, ohne nicht noch die Firma R. aus dem Ort Bendorf zu grüßen. Die hatte nämlich tatsächlich, kurz nachdem ich meine Zeilen oben schrieb, meine "Jugendliebe" Argoba GL2508 in der Version mit einem kurbelbaren Bohrtisch angeboten!

Mit der Zustimmung meiner Frau im Gepäck hatte ich mich mit einem gegenüber dem angegebenen Preis sogar noch erhöhten Angebot um die Maschine beworben und zur Antwort bekommen, dass "noch alles offen sei" und sich der Verkäufer am nächsten Tag bei mir melden wolle. Es schien so, als ob die Nachricht in Hast auf dem Handy getippt war, daher hatte ich Verständnis für eine spätere Antwort und übte Geduld- auch wenn es mir wirklich schwer fiel.

Weil ich aber höflich erzogen bin und noch immer daran glaube, dass Menschen ihre Zusagen einhalten, wartete ich den ganzen Tag auf die versprochene Nachricht.



Abbildung 169: nicht immer klappt es mit der Jugendliebe...

Doch vergebens. Es kam natürlich nix.

Als am darauffolgenden Morgen schickte ich schließlich selber eine Nachricht: ob ich nicht einmal kurz anrufen dürfe, denn ich hatte zwischenzeitlich die Telefonnummer der Firma R. über das Internet herausgefunden (sie lag der Anzeige nicht bei, denn sonst hätte ich gar nicht erst kompliziert eine Nachricht geschrieben, sondern stattdessen direkt angerufen).

Als Antwort kam dann endlich was. Aber anders, als ich erwartet hatte: während ich gestern noch brav, geduldig und wohlerzogen auf die versprochene Nachricht wartete, wurde die Maschine von einem Kollegen bereits verkauft.

Leider aber nicht an mich. Was lernen wir daraus:

**Manchmal zahlt sich Höflichkeit und vornehme Zurückhaltung eben doch nicht aus.**

Ich werde mich aber trotzdem nicht ändern und weiterhin höflich, geduldig und wohlerzogen bleiben. 😊

Bleibt fröhlich und fair zueinander,  
Euer Marc

## 36 Disclaimer

### Hinweise

1. Wer auf dieser Grundlage bastelt, bastelt auf eigene Gefahr!
2. Das hier ist ein privat und hobbymäßig zusammengestellter Reparaturbericht. Ich übernehme keine Garantie für die Korrektheit der hier beschriebenen Inhalte.
3. Ich übernehme keine Folgekosten, die durch evtl. Anwendung der hier beschriebenen Informationen entstehen könnten.
4. Das Basteln in elektrischen Geräten kann für nicht Sachkundige ein hohes Risiko von Verletzungen aller Art bedeuten. Sollten Sie nicht sachkundig sein, lassen Sie bitte lieber die Finger davon.
5. Die kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen.
6. Alle Meinungsäußerungen (insbesondere über Firmen oder Hersteller) sind stets rein subjektiver Natur und spiegeln nur meine eigenen Erfahrungen oder persönlichen Vorlieben wider. Sie sind weder als Werbung noch Verunglimpfung dieser Firmen oder Hersteller zu verstehen, sondern als persönliche Meinungsäußerung aufzufassen.
7. Vor dem Veröffentlichen meiner Berichte bemühe ich mich stets im Vorfeld um eine Zustimmung der in meinen Berichten vorkommenden Personen/ Firmen. Wenn Sie der Meinung sind, dass das in Ihrem Fall einmal (unabsichtlich!) vergessen wurde und über bestimmte Darstellungen oder Beschreibungen verärgert sind, so setzen Sie sich zur Problemlösung bitte zuerst direkt mit mir in Kontakt (und nicht gleich mit Ihrem Anwalt ;-).

Die Berichte wurden von mir nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

### Disclaimer

Alle Artikel unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Keine unerlaubte Vervielfältigung, Aufführung, Weitergabe, Druck. Eine kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen. Weiterhin übernehme ich weder Gewähr für die Richtigkeit der Inhalte noch übernehme ich Haftung für Risiken und Folgen, die aus der Verwendung/Anwendung der hier aufgeführten Inhalte entstehen könnten. Nicht-Sachkundigen rate ich generell von Eingriffen in elektrische Geräten und Anlagen dringend ab! Insbesondere verweise ich auf die strikte Einhaltung der aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften von VDE und Berufsgenossenschaft über die elektrische Sicherheit!

### Rechtliche Absicherung

Grundsätzlich berufe ich mich bei meinen Dokumenten auf mein Menschenrecht der freien Meinungsäußerung nach Artikel 5, Absatz 1 des Grundgesetzes. Dennoch mache ich es mir zu eigen, von den in den Berichten namentlich vorkommenden Personen vor der Veröffentlichung eine Zustimmung einzuholen. Wenn Sie jedoch der Meinung sind, dass Sie persönlich betroffen sind und das in Ihrem Fall versäumt wurde, und Sie sind darüber verärgert, so bitte ich um eine umgehende Kontaktaufnahme (ohne Kostennote!) mit mir. Das gilt auch für den Fall, wenn meine hier bereitgestellten Inhalte fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen sollten. Ich garantiere, dass die zu Recht beanstandeten Passagen unverzüglich entfernt werden, ohne dass von Ihrer Seite die Einschaltung eines Rechtsbeistandes erforderlich ist. Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werde ich vollumfänglich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.

### Haftungshinweise

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehme ich keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

### Kontakt:

Marc.Michalzik@bymm.de

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. © ®. Alle Rechte vorbehalten. Keine Vervielfältigung, Nachdruck. VI\_34b; Typokorrektur, Marc Michalzik. JUN2022