

# Deckel FP1- Rescraped! (Teil 2)

## 1 Einleitung

Ich habe nachgeschaut: es war Juli 2018, als ich meine FP1 kaufte. Das ist jetzt fast 3 Jahre her- und ich habe mir ihr seitdem nicht einen einzigen Span gemacht. Nein, schlimmer noch: sie hat bei mir noch nicht einmal Strom gesehen! Jede Umdrehung, die sie machte, erfolgte nicht aus eigener Kraft, sondern manuell durch mich; z.B. beim händischen Durchdrehen des Getriebes oder der Spindel zwecks Ausbau oder Inspektion. Unfassbar! Aber warum?



Abbildung 1: so kam sie vor fast 3 Jahren bei mir an!

Hauptgrund war ein Spindellagerschaden, der mich zu einer kompletten Überholung der Maschine verleitete.

Das ist auch der Grund, weshalb es diesmal so lange gedauert hat. Das Aufarbeiten einer Werkzeugmaschine halte ich für mindestens genauso komplex bzw. aufwändig wie z.B. das Aufarbeiten einer alten Hammondorgel. Macht man das zum ersten mal, fehlt einem meist nicht nur die entsprechende Fertigkeit, sondern oft auch das Werkzeug. Schlimmer noch bei der FP1: mir fehlte überhaupt erstmal die richtige „Umgebung“!

## 2 Retroperspektive

Was alles dazu gehört, um eine Werkzeugmaschine diesen Kalibers wirklich seriös und effektiv aufzuarbeiten, habe ich in diesen 3 Jahren erst einmal lernen, aber auch teilweise anschaffen müssen.

### Hebewerkzeuge:

- hydraulischer Hubwagen
- Motorkran
- Kettenzug
- elektrische Seilwinde

### Messmittel:

- Granitplatte
- Messwinkel verschiedener Größen
- Surface Gauge mit Messuhren
- Haarlineale, verschiedene Größen
- Nachbau eines kleinen Richard-King Alignment-Tools
- Satz Präzisionswasserwaagen, Rahmenwasserwaagen, electronic Levels

### Maschinen:

- Flachschleifmaschine (inkl. Resturation)
- Metallbandsäge (inkl. Restauration)
- Nachrüstung eines Frequenzumrichters für die Flott Standbohrmaschine
- Flott Tischbohrmaschine
- Stichschleifmaschine (inkl. Bau eines Unterstands)
- Entgratmaschine (mal nix- nur putzen ;-)
- Elektroschleifer zum Läppen der Schabeklingen
- Bohrerschleifmaschine
- mehrere Doppelschleifer

### Schaben:

- Set Tuscherlineale; gerade, verschiedene Größen bis 2m(!)
- Set Tuscherlineale; Schwalbenschwanz, verschiedene Größen bis 750mm
- Schabewerkzeuge; manuell und elektrisch (Biax)

### Know-How:

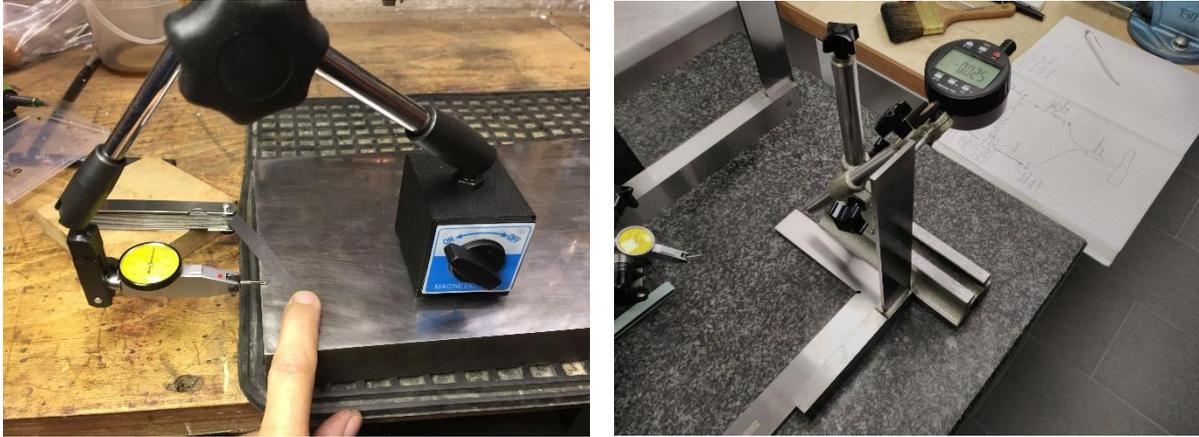
- „Schaben“ lernen: z.B. durch Richard King Schabevideo und Internet (youtube)
- „Üben“; z.B. an Tuscherlinealen oder –danach- der LIP-515
- danach an der Leinen MLZ4S Drehmaschine

### Netzwerk:

- In-Kontakt-kommen mit anderen Hobbybastlern; Teilen von Erfahrungen, Wissen

und, und, und....

Wenn ich das so aufliste, bin ich im Rückblick doch eigentlich ganz zufrieden, was in den letzten 36 Monaten so passiert ist. (Man darf nicht vergessen, dass ich nebenbei eben auch noch Familie, einen Vollzeitjob und weitere Hobbies habe!) Die Werkstatt ist inzwischen auf einem Niveau angekommen, bei dem ich einen Misserfolg nicht mehr pauschal durch mangelnde Werkzeuge oder Umgebung rechtfertigen könnte.



**Abbildung 2: mein mechanisches Messequipment damals und heute- ein deutlicher Unterschied!**

Natürlich: „besser geht immer“- der bärtige Michael redet beispielsweise zunehmend auf mich ein, mir endlich eine etwas „erwachsenere“ Drehmaschine der 2,2kW-Klasse anzuschaffen<sup>\*1</sup> und auch Richard King würde über meinen alten Biax 7EL wahrscheinlich nur fassungslos die Augenbrauen hochziehen, aber ich muss einfach anerkennen, dass man irgendwo Grenzen hat. Die Myford Super 7 mit ihren 750Watt habe ich beispielsweise noch nie zum Stehen gebracht und der Biax 7EL mit seinen bestimmt 30 oder 40 Jahren schnurrt mit etwas Öl und neuem Entstörkondensator<sup>\*2</sup> ;- ) auch noch immer wie eine Eins. Beide Werkzeuge<sup>\*3</sup> – so alt und unvollkommen sie auch sein mögen- sind mir jedoch trotzdem eine große Hilfe in der Werkstatt und mit dem Gedanken, dass es eben „immernoch etwas besser geht“ muss man auch irgendwann einmal Frieden schließen.

Wow- diese Worte aus meiner Tastatur ☺

\*1 was ich dann mit der Leinen dann ja auch gemacht habe ;-)

\*2 siehe Reparaturbericht zur LIP 515 Flachsleifmaschine

\*3 dass ich die Myford S7 nur wenig später gegen eine Leinen MLZ4S upgraden würde, wusste ich da noch nicht....der bärtige Michael hatte am Ende also doch recht ;-)

### 3 Aktueller Stand

Für die Leser unter Euch, die jetzt den Stand aus dem ersten Teil der Deckel FP1-Restauration nicht mehr so im Kopf haben, hier in Kurzform:

Die Maschine wurde komplett zerlegt. Motor, Support, Spindeln, Fräskopf, Getriebe, einfach alles. Mit dem Fräskopf hatte ich ja etwas Ärger, weil die dort eingebauten Spindellager Schrott waren. Aber neue Lager sind gekauft, werden aber erst zum Schluss eingebaut, wenn das ganze Einschaben erledigt ist.

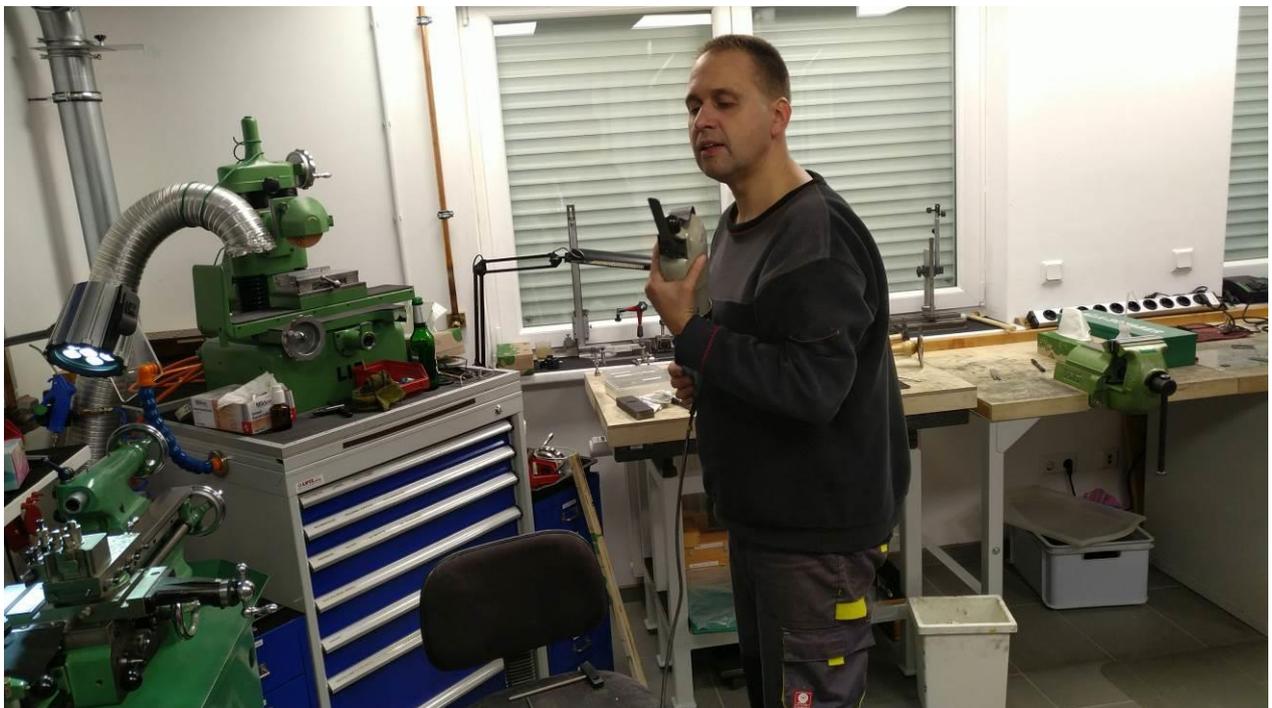
Die Maschinensäule und den Fuß habe ich bereits komplett entlackt und neu gestrichen. Der nächste Schritt ist jetzt das Einschaben der Führungsflächen. Damit geht es jetzt los.



**Abbildung 3: mit der Maschinensäule der FP1 wird dieser 2. Teil des Reparaturberichts beginnen**

## 4 Los geht's

Das Einschaben einer Fräsmaschine ist sicher kein Projekt für blutige Anfänger. So fühle ich mich inzwischen allerdings auch nicht mehr. Auch wenn ich mich auf der anderen Seite auch längst noch nicht als Experte bezeichnen darf, so hat mir der Erfolg mit der LIP-515 Flaschschleifmaschine und dann sogar noch der Leinen MLZ4S Drehmaschine sowie ein paar erfolgreiche Tuschieerlineale immerhin so viel Mut gegeben, dass ich mich dieser Aufgabe nun ganz gut gewachsen fühle- zumindest für die Anforderungen des Hobbybereichs. Im Gegensatz zu einer professionell/industriellen Instandsetzung muss ich am Ende die Spezifikation der FP1 weder einhalten noch nachweisen und ich kann mir auch so lange Zeit lassen, wie ich will. Das macht es viel leichter. Und es muss auch nicht alles perfekt werden. Die Hauptsache ist für mich, dass ich die Maschine "besser" mache als sie jetzt schon ist. Und das wird mir gelingen, da bin ich mir sicher!



**Abbildung 4: kritische Begutachtung der eingespannten Biax-Schabeklinge (Foto: Max Michalzik). Hier ist noch links meine alte Myford Super7 zu sehen.**

Wenn ich meine eigenen Schabemarken so ansehe und mit denen aus einigen Internet-Videos vergleiche (auch welche, die Teilnehmer während der Schabekurse von Richard-King gemacht haben), so bin ich der Überzeugung, dass es zwar Viele gibt, die das Schaben besser beherrschen als ich- allerdings mindestens auch genauso viele, gegenüber denen ich meine eigene Schabetechnik für nicht schlechter halte!

Immerhin habe ich im Laufe der Zeit schon einen gewissen Blick dafür entwickeln können, was "gut" und was "schlecht" aussieht und meistens auch, WAS genau das schlechte Bild dann so "schlecht" macht.



**Abbildung 5: bestimmt kein Profi-Niveau, aber so richtig "schlecht" sicher auch nicht!**

Wer aufmerksam ist, lernt aus den Youtube-Videos schnell die 5 von Richard King gelehrtten Grundregeln beim Schaben:

1. immer individuelle Reihen setzen
2. immer individuelle Schabemarken setzen
3. Tiefe der Schabemarken etwa 10..20 $\mu$ m
4. das Werkstück beim Tuschieren immer "hinge-en" (= den Drehpunkt ermitteln)
5. Schmutz entfernen (=vor dem Tuschieren mit der Hand drüberwischen)



**Abbildung 6: Semi-Finishing mit Checkerboard-Muster (Foto: Max Michalzik)**

Diese gelten primär für die Phase des "Finishings"; also dann, wenn die Geometrie bereits stimmt und es nur noch um eine Verbesserung der Kontaktpunkte und der Ebenheit geht. Vorher (=beim Roughing) ist fast alles erlaubt, solange es ordentlich Späne abnimmt. Ich persönlich benutze dann gerne die Technik des Kreisens in Verbindung mit einer kurzen Schabeklinge (von denen habe ich so viele ;-). Das erzeugt natürlich nicht so saubere und sanfte Schabemarken, sondern leider auch ziemlich viel Rattermarken, daher muss man rechtzeitig auf sanftere Techniken umstellen, damit man diese hässlichen Rattermarken während des Finishings wieder beseitigen kann. Aber es führt einen in kurzer Zeit zum Ziel und darauf kommt es beim Roughing an.

Hier alle Schabe-Techniken im Detail zu erklären, ist nicht das Ziel dieses Berichts. Aber es schadet nichts, beim ungeübten Leser etwas Interesse für diese fast vergessene Kunst zu wecken. :-)



**Abbildung 7: Ich und der Biax 7EL im Einsatz (Foto: Max Michalzik)**

## 5 Flachführung an der Säule (Z-Achse)

Wie immer, beginne ich mit den Flachführungen. Und auch hier erforsche ich erst die Verschleißsituation, bevor ich zu irgendeinem Schaber greife. Je genauer man den Verschleißmechanismus versteht und je mehr ursprünglich erhaltene Führungsflächen man durch sorgfältige Detektivarbeit entdeckt, desto einfacher wird es am Ende und desto größer wird die Sicherheit, dass man alles richtig macht.

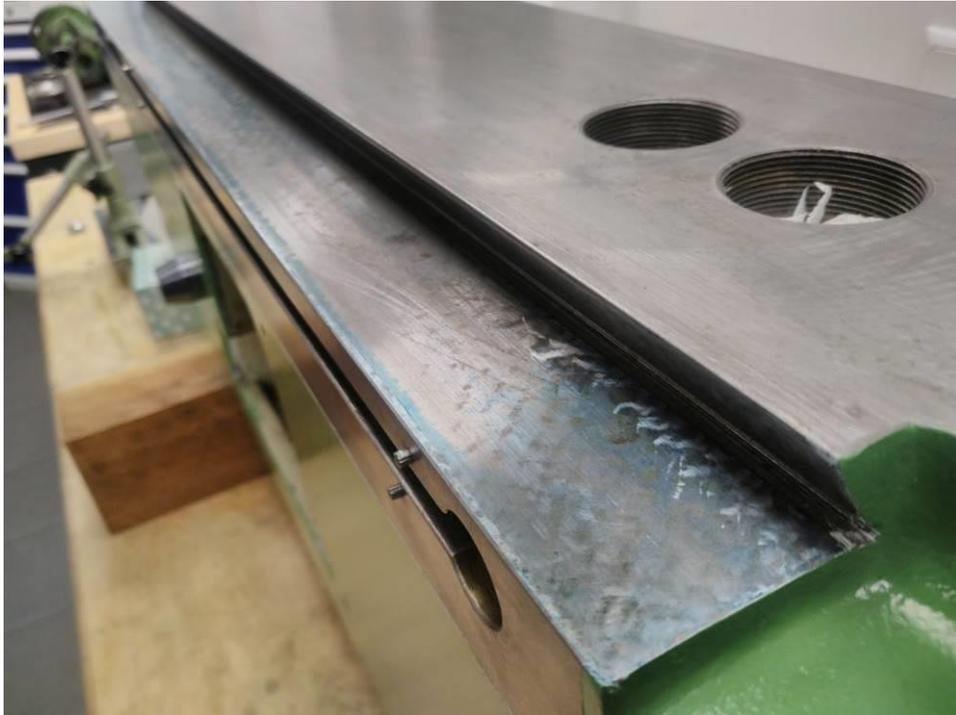


Abbildung 8: erstes Tuschiebild der Flachführung

In meinem Fall erkenne ich anhand der ersten Tuschiebilder die offensichtlichen Abnutzungs-Stellen in den Führungsbahnen. Eine Kontrolle mit Haarlineal und Fühlerblatt zeigt, dass wir es wohl nur mit etwa 10..20 $\mu$ m Abnutzung zu tun haben- das ist super für eine so alte Maschine! Ich entdecke am Rand einen ganz dünnen Streifen der Führungsbahn, der noch ursprünglich zu sein scheint (er zeigt noch Anzeichen eines ursprünglichen Schabemusters). Vergleiche ich dieses Niveau mit dem abgenutzten Teil (Messuhr) komme ich ebenso auf die vorher schon ermittelten 10..20 $\mu$ m.



Abbildung 9: Detektivarbeit: ein Streifen noch "jungfräulicher" Führungsbahn!



**Abbildung 10: Prüfung mit Haarlineal an abgenutzter Stelle (links) und Vergleich ganz am Ende (rechts) der Führungsbahn**

Ein Wort zum Messaufbau:

Ich kann die schwere Maschinensäule natürlich nicht auf meine Messplatte heben. Also muss ich mit Tuschierlinealen und Tricks arbeiten. Um mir eine "unverbeulte" Referenzfläche zu schaffen, benutze ich mein 100cm Tuschierlineal, von dem ich weiß, dass es auf besser 10µm Ebenheit eingeschabt ist. Ich lege es auf die Säule und richte es mit einem Streifen Fühlerlehrband unter den linken Fuß so aus, dass die Messuhr am Anfang und am Ende der Führungsbahn denselben Wert (Null) anzeigt, denn dort bin ich mir ziemlich sicher, dass die Führungsbahnen auch heute noch so gut wie nicht abgenutzt sind (man sieht noch Schabemuster).



**Abbildung 11: 100cm Straight Edge als Referenz**

Dann erst mache ich die eigentliche Messung und fahre mit der Messuhr vom Tuschierlineal aus längs über die zu prüfende Bahn. Sämtliche Messwerte, die von Null abweichen, sind dann auch wirklich auf eine krumme Führungsbahn zurückzuführen- und nicht auf die krumme Referenzfläche!

Diesen Fehler machen allerdings leider Viele: sie stellen die Messuhr auf dieselbe verbeulte Führungsbahn, die sie eigentlich messen wollen! Das halte ich für keine gute Methode. Ähnlich wie bei dem Prinzip einer Kopierfräse "kopiert" man damit die Beulen und Dellen der abgenutzten Führung ungewollt mit in sein Messergebnis und erhält damit schlimmstenfalls stark irreführende Messwerte!



**Abbildung 12: links/rechts: Messuhr auf Null. Mitte: die Abnutzung beträgt an dieser Stelle offensichtlich nur(!) etwa 10µm!**

Ich bin überzeugt, dass ein Setup mit dem ge-shimmmten Tuschierlineal hier die weitaus bessere Methode ist. Auch hier ermittele ich gemessene Abweichungen von kleiner 20µm- ebenso wie bei den beiden anderen Messungen.

Nachdem sich diese drei Prüfungen also sogar gegenseitig bestätigen, kann ich mir ein belastbares Bild über den Abnutzungszustand der Maschine machen. Der Bereich im untersten Drittel der Maschinensäule ist am stärksten abgenutzt. Das zeigt auch das Tuschierbild. Das Schaben kann beginnen!

Nach Lehrbuch wird die Fläche zuerst im Kreuzgang generell einmal komplett mit dem Schaber "aufgeraut". Die dafür verwendete Klinge am Elektroschaber hat bei mir einen Radius von etwa 90mm und eine (von mir) aufgelötete Hartmetallklinge. Durch die Nähe zum Schwalbenschwanz stoße ich damit aber leider ziemlich oft dort an. Daher stelle ich um auf meine Lieblings-Schabeklinge: eine 150mm lange und 20mm breite Biax-Klinge OHNE Hartmetall! Diese produziert mit 60mm Radius für diese frühe Phase des Schabens eigentlich etwas zu schmale Schabemarken, aber mit ihren absichtlich rund geschliffenen Ecken macht nicht

gleich solche tiefen Kratzer, wenn man doch mal versehentlich am Rand damit anstößt. Weil sie auch etwas schlanker ist, komme ich damit -mit etwas Aufpassen- etwas besser in die Ecken. Deckel hat den dafür sehr vorteilhaften Freistich am Ende der Flachführung schon bereits großzügig vorgesehen. Die Jungs bei Deckel haben exzellent mitgedacht!



**Abbildung 13: wir beginnen mit dem "Aufrauen" der Oberfläche**

Der schlankere Schabeeinsatz führt natürlich dazu, dass er nicht so viel Material abnimmt wie eine breitere Klinge und ich ein paar mehr Schabedurchgänge brauche. Aber das macht bei nur 20µm abzunehmender Fläche noch nicht so viel Zusatzarbeit. Nach etwa einem guten Dutzend Durchgängen sieht die erste Flachbahn für mich gut aus. Noch nicht perfekt, noch nicht 100%ig gleichverteilt, aber nahezu überall deutlich größer als 20ppi und damit gut genug zum Umschwenken auf die zweite Flachführung. Vorher will ich mich aber davon überzeugen, dass die Geometrie zwischen den beiden Bahnen nach meinem Schaben noch immer stimmt; also ob sie über ihre Länge gegenüber der 1. Flachführungsbahn irgendwo ansteigt oder abfällt. Man könnte das wieder mit dem Tuschierlinealaufbau von vorhin machen. Es geht aber auch anders: ein Job für Mini-Richard!



**Abbildung 14: Führungsbahn links: bereits grob geschabt; rechts: noch unbehandelt**

Trotz etwas improvisierter Bauweise (ich hatte damals (wie heute ;-)) nur eine Drehmaschine und eine Bohrmaschine zur Verfügung; keinen Teileapparat, keinen Fräzsatz, nichts weiter) und den damit verbundenen Einschränkungen funktioniert der kleine Eigenbau-Bruder des berühmten Richard-King Alignment Tools hervorragend mit der chinesischen 100µm/m Libelle! Beim Drüberschieben markiere ich mir die Tiefstellen mit einem Filzstift und vergleiche mit dem ersten Tuschiebild. Und was soll ich sagen: die Geometrie stimmt einwandfrei; beide laufen bis auf 10µm genau parallel- ich muss die Bahn in erster Linie wieder nur begradigen. Step-Scraping oder andere geometrie-veränderten Techniken brauche ich nicht. Ich muss nur ebnen und diese eine hässliche Delle rausschaben.



**Abbildung 15: Mini-Richard beim Ermitteln der Parallelität**

Das gelingt mir ebenfalls in ein oder zwei Dutzend Durchgängen und erzeugt teilweise ein wirklich schönes Tuschiebild. Weil meine blaue Diamant-Tuschierfarbe bei den hauchdünnen Farbschichten gegen Ende des Finishings manchmal etwas wenig Kontrast hat (selbst bei Verwendung von gelbem Highlighter auf der Gegenseite), tupfe ich ein wenig von meinem schwarzen Betonpulver-Öl zusätzlich mit auf das blau eingefärbte Tuschieblineal. Als Folge davon wird das Tuschiebild "schwarz-auf-gelb", was man deutlich besser sieht als "himmelblau-auf-gelb". Zumindest ich mit meinem 45jährigen Augen ;-)

Die 1 Quadratzoll Biax-Schablone zeigt mir, das ich auch hier die benötigten 20ppi schon erreicht zu haben scheine. Prima, also auf zur nächsten Etappe!



**Abbildung 16: damit bin ich erstmal zufrieden...**

## 6 Schwalbenschwanz

Sobald die Flachführungen beide eben und parallel sind, ist der Weg offen für die Messung der Schwalbenschwanz-Schrägen. Wir messen mit zwei präzise geschliffenen Röllchen, die wir gegen die Schräge drücken und uns so deren Lage in die Ebene "übersetzen". Wenn der Untergrund gerade ist (das haben wir ja vorhin durch das Schaben der Flachführungen erreicht), ist damit der Röllchen-Abstand ein Maß für die Abnutzung des Schwalbenschwanzes. Röllchen-Abstand können wir recht einfach messen: mit der Mikrometerschraube!



Abbildung 17: teil-massakrierte Mikrometerschraube

Eine gute "chinesische" muss es diesmal tun, denn die benötigte Größe 125..150mm brauche ich sonst so selten, dass sich hier eine Mitutoyo, Mahr oder Meuser nicht wirklich lohnt (zumal die Dinger ja auch exponentiell immer teurer werden, je größer sie werden!). Und am Ende bin ich sogar froh, dass ich hier eine günstige Messschraube gekauft habe: weil der Plastik-Klemmring zum Feststellen der Schraube bei der Durchführung der Messung stört, muss ich ihn entfernen. Es zeigt sich, dass sich dieser Plastik-Klemmring sich nur durch gewaltsames Herausschlagen entnehmen lässt- das hätte ich bei einer Mitutoyo natürlich nie gemacht! Bei meiner "Guanglu"- nunja-...also raus damit!

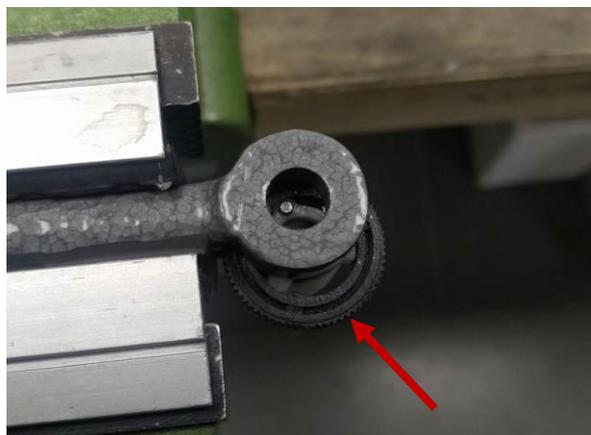


Abbildung 18: der Plastikklemmring stört- also raus damit!

Ein beherzter Schlag mit dem Durchschläger und das Plastikteil fällt in Einzelteilen nach unten heraus. Der so geschaffene Platz reicht jetzt aus, damit ich die Messschraube so tief auf die Flachführung auflegen kann, dass ich meine Messröllchen nun sauber zwischen die Messflächen der Mikrometerschraube kriege.

Alle etwa 10cm mache ich eine Messung und schreibe mir den Wert auf. Um meine eigene Messung zu überprüfen, wiederhole ich alles drei mal- und wechsele zwischendrin absichtlich sogar die Messröllchen. Aber die Werte bleiben alle fast bis auf etwa 5µm genau gleich reproduzierbar- das spricht für ein gutes Mess-Setup und auch qualitativ ausreichende Messmittel. Das Ergebnis der Messung: Ganz oben hat die Schwalbenschwanz-Verbindung die größte Breite; im unteren Drittel (also da, wo der Fräsupport vermutlich am häufigsten stand) die kleinste: etwa 60µm weniger!



Abbildung 19: Messung des Schwalbenschwanzes

Somit hätten wir auch hier also bis zu 30µm Abnutzung pro Seite- ähnlich wie bei den Flachführungen (da waren es etwa 20µm) und auch an genau derselben Stelle. Vom Verschleißbild her passt es also gut zusammen! (Bedenke: bei einem 45°-Winkel besteht zwischen Messung und benötigtem Materialabtrag das Verhältnis von 1/Wurzel(2)!)

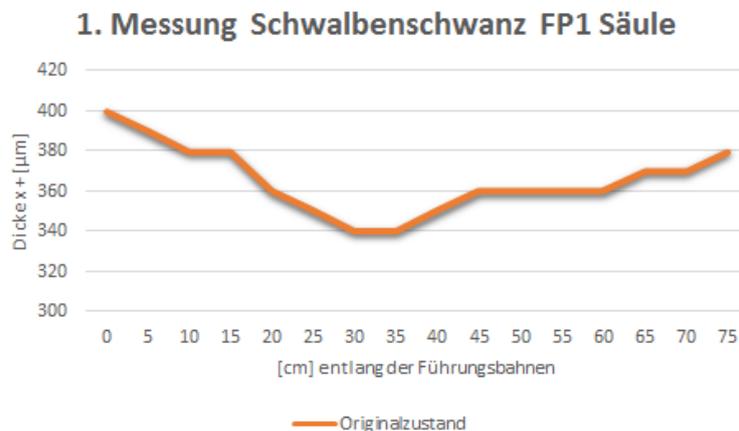


Abbildung 20: Originalzustand des Schwalbenschwanzes (Abnutzungdiagramm)

Etwas ratlos bin ich noch, wie ich mein Schabe-Setup gestalten will. Einerseits besitze ich auch diesen 90° gedrehten Biax-Halter für Hartmetall-Schabeklingen, der einem helfen soll, an hochkant stehenden Säulen zu arbeiten. Manchmal geht es vielleicht auch nicht anders, dass man so arbeiten muss (gerade bei extrem schweren Maschinen, die man nicht mehr heben oder versetzen kann). Aber ich würde tatsächlich am Liebsten wieder von oben schaben, also wie gewohnt. Das würde bedeuten, dass man die Maschinensäule irgendwie umdrehen und im 45°-Winkel zu sich lagern müsste. Möglicherweise muss ich mir vielleicht ein paar Holzgestelle/winkel bauen, die ich mir auf einen alten Tisch schraube, in der die FP1 Maschinensäule dann liegt (und der Tisch dann nicht zusammenbricht ;-). Mal überschlafen die Idee.



**Abbildung 21: Setup zum Schaben des Schwalbenschwanzes**

## 7 Hoovern

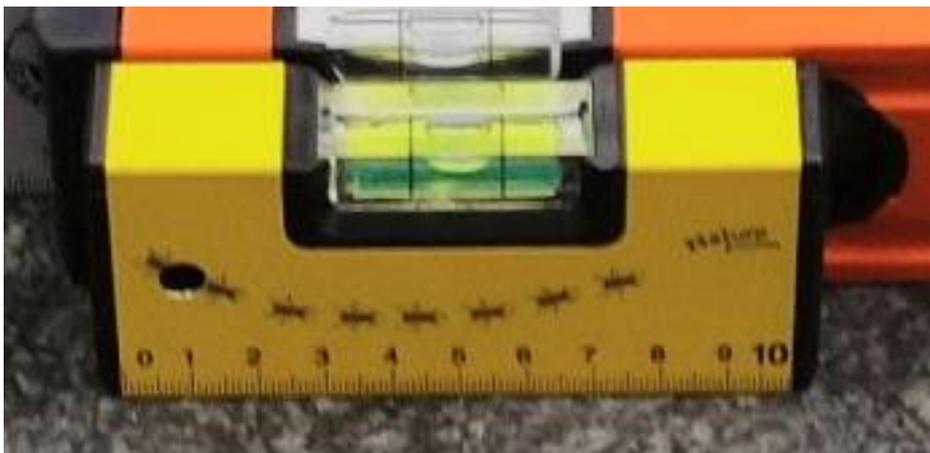
Quizfrage: Kann ein 10kg schweres Tuschieerlineal fliegen?

Ja, kann es! Aber nur etwa 10 $\mu$ m hoch!

Jedenfalls ist das die bei mir erreichte Flughöhe auf der Granitplatte. Es ist schon beeindruckend: wenn eure geschabte Fläche wirklich extrem eben ist, dann beginnt das Teil irgendwann auf der Granitplatte zu schweben, weil sich ein Luftkissen zwischen Werkstück und Granitplatte bildet. Selbst mein nur etwa 10cm breites Tuschieerlineal gleitet damit völlig geräuschlos(!) über die Granitplatte und -würde ich es nicht wieder auffangen- würde es hinten gegen die Fensterbank hoovern und mir -beim Herunterfallen- dort den Heizkörper im freien Fall von der Wand abschlagen.

Ich finde das so beeindruckend, dass ich sogar meine staunende Familie hole, um ihnen den Effekt ("Hoovern") live vorzuführen. Hätte ich das mal lieber nicht getan. Denn natürlich bringt der Kleine in diesem Moment sofort wieder seine kürzlich eingeschabte 10cm Spielzeugwasserwaage ins Spiel und erwartet, dass auch sie auf der Granitplatte "hoovert". Natürlich tut sie dies nicht. "Warum nicht?", will der Kleine wissen. "Weil ich noch nie eine Wasserwaage habe hoovern sehen", antworte ich. Aber das reicht ihm nicht als Antwort. Denn mein Tuschieerlineal hoovert doch schließlich auch. Sofort spüre ich das schneidende Misstrauen eines 7 Jährigen, ich hätte mir mit dem Einschaben seiner Spielzeugwasserwaage neu nicht genug Mühe gegeben, denn sonst würde sie ja auch hoovern.

Jetzt hätte ich echt gerne mal einen Rat von Euch, wie man einem durchaus aufgeweckten Zweitklässler anschaulich genug erklärt, warum ein in mehreren Wochen mühsam händisch eingeschabtes Grauguss Tuschieerlineal hoovert, aber nicht eine Spielzeugwasserwaage- die er selber aber natürlich für die Beste und Genaueste der Welt hält. Irgendeine Idee? Das Leben kann manchmal schon echt anstrengend sein.



**Abbildung 22: die genaueste Spielzeugwasserwaage der Welt - sogar mit Ameisenmuster drauf!**

## 8 Schwalbenschwanz

Vor vielen Jahren habe ich mir mal eigene Tische für Messplatz und Büro gebaut. Das waren aus Quadratrohr geschweißte Eisengestelle, mit Spanplatte und Laminat belegt. Unglaublich robust gebaut, aber irgendwann war ihre Zeit gekommen und ich musste sie zum Recyclinghof bringen. Sie waren aber so stabil gebaut, dass ich selbst mit einem Vorschlaghammer die im Quadratrohr verschraubte Tischplatte nicht herunterschlagen konnte!

Von dieser Bauweise ist noch ein kleines Tischchen geblieben: früher als Unterstand für meinen ersten Messplatz konstruiert, hat er die Umbauphase irgendwie als mobiler Rolltisch überstanden, weil er klein und niedrig genug war, dass er immer irgendwo eine Ecke fand, wo er gerade nicht im Weg war. Dieser Tisch kommt mir nun wie gerufen.

Ich fahre meinen hydraulischen Hubwagen unter die Palette mit der FP1-Säule und hebe sie auf Tischhöhe. Dann ziehe ich die beiden Eichenbalken, auf denen die Säule liegt, auf den Tisch herüber. Trotz des hohen Gewichts gelingt das ziemlich gut. Schließlich liegt sie schön sauber auf dem Rolltisch- der mit der Masse der FP1-Säule nicht das geringste Problem hat. Ich könnte bestimmt noch eine zweite und eine dritte Säule mit drauflegen, ohne dass ich mir Sorgen um die Stabilität machen müsste. Und das ist gut so, denn ein sicheres Set-Up hat die allerhöchste Priorität. Man stelle sich vor, was eine FP1-Säule mit einem Fuß machen würde, der unter einem überlasteten und just zusammenbrechenden Tisch stünde. Daher: Maschinenrestauration ist eine faszinierende Sache, aber die Sicherheit muss immer vorgehen.

Daher fixiere ich die beiden Eichenbalken, auf denen die Säule liegt, erstmal hinten mit Schraubzwingen am Tisch. Dann schraube ich vorne zwei Eichenholz-Klötze in die Balken- die fungieren als Stopper. Dann säge ich mir zwei große 45° Keile - ebenfalls aus Eichenholz. Diese schiebe ich hinter die Säule, während ich sie schräg ankippe. Sicher eingeklemmt - zwischen Stoppen vorn und Keil hinten- liegt das Werkstück nun schön satt und stabil in seiner Halterung- ideal zum Schaben des Schwalbenschwanzes.



Abbildung 23: mein langes 750mm Tuschierlineal für Schwalbenschwänze

Das 750mm Tuschierlineal wird eingebläut und wir machen den ersten Abdruck. Wie erwartet, haben wir eine größere Delle im unteren Drittel der Führung. Die gemessenen Werte mit der Mikrometerschraube decken sich ganz genau mit dem Tuschierbild- ein Zeichen, dass wir wohl Vieles richtig gemacht haben.

Also dann den Schaber raus und erstmal im Kreuzgang drüber.



**Abbildung 24: Tuschierbild und Messung bestätigen sich - das ist gut!**

Das ist gar nicht so einfach, denn ständig stoße ich mit dem elektrischen Kollegen hinten in der Nut an. Mit einer rund geschliffenen Klinge wird das etwas besser, aber das Schaben mit dem Biax gestaltet sich dennoch ziemlich hakelig. Tatsächlich komme ich mit händischem Schaben hier zwar langsamer, aber sauberer voran! Ich mache also einen Mix aus Hand- und Maschinenschaben.

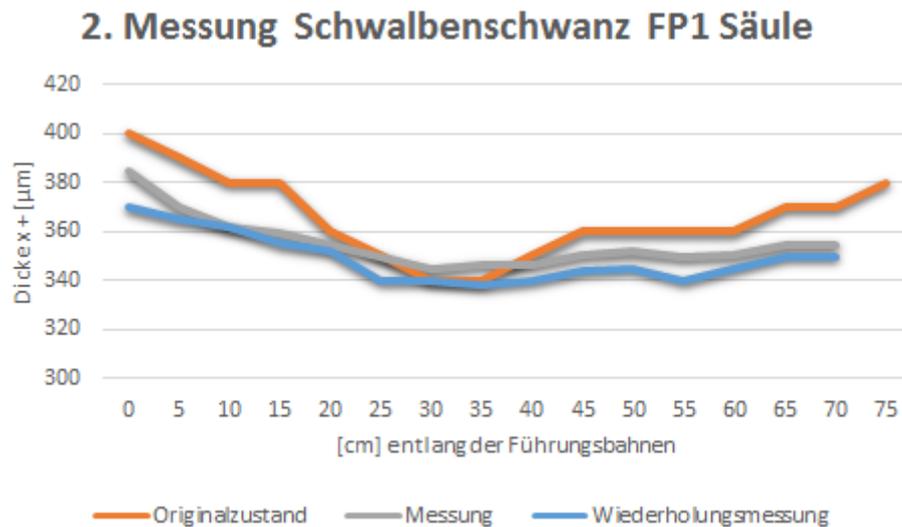
Nach etwa knapp 10 Durchgängen schließt sich bereits das Tuschierbild- die Delle scheint fast herausgeschabt zu sein. Bevor wir den Feinschliff machen, bearbeiten wir zuerst die andere Seite und messen dann lieber nochmal.

Also muss der Patient umgebettet werden. Das ist ähnlich anstrengend wie das Umdrehen eines bettlägerigen Patienten im Altenheim. Die Säule muss erst in Rückenlage umgedreht, dann die Keile raus, dann Stopper auf die Gegenseite schrauben, Säule rüberkippen, Keile dahinter. Gut, dass der Tisch Rollen hat, denn anstatt nun all mein Werkzeug auf die andere Tischseite zu räumen, drehe ich den Tisch einfach um 180° um und kann an alter Position arbeiten.

Wieder erstmal Tuschierbild, gucken, im Kreuzgang aufräumen, tuschieren, schaben, entgraten, tuschieren, schaben. Auch hier wächst die Farbe des Tuschierbilds nach etwa knappen 10 Durchgängen sichtbar zusammen- ein deutliches Zeichen dafür, dass die Delle langsam verschwindet.

Bevor wir hier ins Detail gehen, ist es Zeit für eine Kontrollmessung. Also die Säule wieder auf den Rücken legen, die Führungen peinlichst sauber machen, Messröllchen in den Schwalbenschwanz legen und mit der guten chinesischen Mikrometerschraube messen. Ergebnis:

während wir vorher  $60\mu\text{m}$  maximalen Unterschied hatten, messe ich jetzt nur noch  $30\mu\text{m}$  maximale Varianz der Messwerte. Das bereits jetzt schon immerhin schon eine Halbierung des Ebenheitsfehlers verglichen mit dem Originalzustand! :-)



**Abbildung 25: die Delle wird kleiner!**

Malt man sich die Werte in ein Diagramm, kann man die Delle sehr schön optisch sehen. Die erste Kurve beschreibt so Originalzustand- also so, wie ich die FP1 aus der Ausbildungswerkstatt bekommen habe.

Die zweite Kurve ist das Zwischenergebnis. Hier sehe ich, dass ich grundsätzlich gut auf Kurs bin- die Delle schrumpft und die Bahn wird insgesamt ebener. Allerdings: ich erkenne ebenfalls, dass wir die Geometrie ein wenig werden richten müssen: zum Anfang hin (Ref=0cm) scheint der Schwalbenschwanz (SSW) leicht dicker zu werden (ca.  $20\mu\text{m}$  dicker als unten). Durch das Schaben ist die Tendenz zwar schonmal richtig: in dieser ersten Zwischenmessung ist der Unterschied von oben/unten nicht mehr  $20\mu\text{m}$ , sondern auf nur noch  $15\mu\text{m}$  geschrumpft. Aber das reicht mir noch nicht, denn selbst wenn am Ende alles eben ist, wird oben eine kleine Verdickung zurückbleiben. Ich erwarte, dass wir auf beiden Seiten bei  $l=0\text{cm}$  wenigstens jeweils 1x Stufenschaben werden machen müssen, um diese Verdickung am Führungsbahnanfang wegzubekommen.

Übrigens bin ich fasziniert von der Präzision dieser Messung: mit zwei einfachen 15mm-Röllchen einer bei ebay gekauften h6-Welle und einer chinesischen Mikrometerschraube kriegt man die gemessenen Werte so gut reproduziert, dass wir uns sogar um Abweichungen von  $10\mu\text{m}$  Gedanken machen können. Normalerweise ist das etwa die Tiefe eines einzigen Schabebetals!

## 9 Mini-Richard

Bevor wir aber weiter schaben und über mögliche Verdickungen reden, möchte ich noch einmal ausschließen, dass wir hier wirklich eine SSW-Verdickung messen und nicht eine Unebenheit der Flachführung. Wie gesagt- die Übersetzung der SSW-Schräge mittels Röllchen funktioniert nur, wenn die Unterlage absolut eben ist. Auch wenn ich diese Messung der Flachführung bereits schonmal gemacht habe, will ich diese Messung noch einmal wiederholen- ggfs. diesmal mit erhöhter Präzision und erhöhten Anforderungen. Zu Beginn des Schabens guckt man erstmal "grob" und macht sich ein Bild. Aber wenn wir jetzt von Verdickungen von  $15\mu\text{m}$  oder weniger reden, stellt und das automatisch erhöhte Anforderungen an unsere Arbeitsweise- und unsere Messungen (von denen sämtliche weiteren Ergebnisse und Folgearbeiten abhängen!). Es macht also Sinn, sich die Zeit zu nehmen und seinen letzten Arbeitsschritt (=die Flachführungen) gründlich zu hinterfragen, bevor man an andere Stelle weiterrückt.



Abbildung 26: erneuter Einsatz für Mini-Rich'

Ich schiebe also Mini-Rich über die Säule und nehme alle 5cm einen Messwert. Ich merke, dass wir bei wenigen  $\mu\text{m}$  Auflösung landen und hier sogar die Position, wo ich im Raum stehe, darauf Einfluss hat: wie bei einem modernen Wohnhaus üblich, stehen wir am im Keller nicht direkt auf der Bodenplatte, sondern wir haben einen "schimmenden Estrich"; also eine Isolierung darunter. Die gibt bei Belastung natürlich nach. Und obwohl durch Estrich und Fliesen hier bereits mehrere Tonnen auf die Isolierung drücken, so reicht bereits mein Körpergewicht aus, um die Wasserwaagen-Blase tatsächlich um bis zu 1 Skalenstrich zu beeinflussen! Bei einem Messabstand von 17cm sind das hier immerhin  $17\mu\text{m}$ !

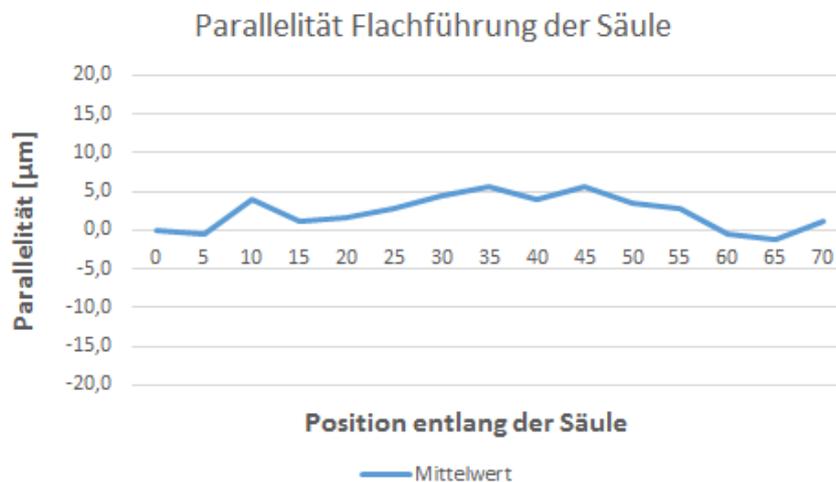


Abbildung 27: ermittelte Nicht-Parallelität zwischen den Flachführungs-Bahnen

Vielleicht liegt es auch daran, dass die Säule auf meinem Rolltisch liegt und nicht auf einer Granitplatte; jedenfalls versuche ich, während der Messungen immer am selben Platz ruhig stehen zu bleiben, so dass mein Körpergewicht möglichst wenig Einfluss auf die Messung hat.

Nach drei Messreihen und durchgeführter Mittelwertbildung sehen wir das hier (Abbildung 27).

Also Unterschiede von maximal  $6\mu\text{m}$ . Damit kann ich doch mehr als zufrieden sein!



**Abbildung 28: auch dieses Tuschiebild gefällt mir recht gut**

## 10 Pflicht und Kür

Trotzdem reizt es mich. Ich überlege, ob ich die Messung nicht noch anders machen kann. Also fange ich in einem Anflug von Größenwahn an, auch die Frontseite der Säule zu schaben! Ich weiß, die hat absolut keine Relevanz für die Genauigkeit der Führungen, aber ich könnte sie vielleicht später auch als Referenzfläche für Messungen benutzen?

Egal, ich bin im Schabefieber und da ich total fasziniert bin von dem funkelnden Finish geschabter Graugrussflächen, lege ich los. Ich will hier kein 40ppi-Finish erreichen, denn das würde bei der großen Fläche eine längere Aktion werden. Aber ich möchte die Stirnfläche der Säule in soweit eben haben, dass ich dort einen Messuhrhalter draufstellen und die Führungen von dort aus abfahren kann - ohne daraufgestelltes Tuschierlineal!

Es dauert natürlich ein bisschen. Das erste Tuschierbild sieht so aus, als ob mich die FP1 fröhlich angrinsen würde. :-)



Abbildung 29: die FP1 macht einen Grinsemund :-)

Stück für Stück wachsen die geschabten Flächen zusammen und als am Ende zwar nicht alles absolut gleichmäßig von Tuschiefarbe bedeckt, aber der Check mit dem Haarlineal und 10µm Fühlerlehre eine für meine Zwecke hinreichende Ebenheit beweist, mache ich einen Test.



**Abbildung 30: so lasse ich es**

Zuerst nehme ich meine Surface Gage und fahre mit dem Test Indicator über die Flächen. Aber das ist ein wenig fummelig, weil ich dauernd mit dem Gehäuse des Test Indicators an den Schwalbenschwanz anstoße und dann wieder neu justieren muss. Eine Messuhr mit gerade Stiel ist hier vielleicht vorteilhafter. Oder sogar 2 Messuhren?

Ich zerre meinen kleinen DDR-Messbalken heraus. Ich liebe osteuropäische Mechanik, weil die oft sehr viel robuster gemacht ist, als heutige (meist asiatische) Importe. Auch wenn die Dinger dann schon uralt sind und erstmal etwas Zuwendung brauchen- nach der Aufarbeitung belohnen sie mit noch immer ansehnlichem Finish und sehr robuster Funktion. Weil ich noch einen zweiten Messbalken des gleichen Typs kaufen konnte (etwas länger, aber dasselbe Profil), kann ich nun zwei Messuhrhalter auf einen gemeinsamen Fuß schrauben- und damit zwei Messuhren einspannen!

Irgendwie sieht der Messaufbau richtig gut aus. Mit meinem kleinsten Winkel (den mir der Verkäufer meines verstellbaren Kontrollwinkels als "Zugabe" mit ins Paket packte; vielen Dank dafür!) richte ich die Stiele der Messuhr möglichst senkrecht zur Messfläche aus. Mit etwas Geduld gelingt das recht gut.



**Abbildung 31: mein Messbalken als alternative Prüfmethode**

Dann spanne ich die Uhren so ein, dass die Zeiger möglichst in 12Uhr-Stellung sind. Das macht das Ablesen einfacher.

Ein dahinter gelegter Baumarktwinkel hilft mir dabei, dass der Messbalken auch immer rechtwinklig zur Säule ausgerichtet liegt. Ich nulle die Uhren und dann schiebe ich fröhlich los. Was ist meine Erwartung?

Nun, wichtig ist dabei, dass die Uhren möglichst SYNCHRON laufen. Wenn sie etwas fallen oder steigen, ist das nicht relevant, solange sie dies immer BEIDE tun. Denn das zeigt mir nur, dass die gerade geschaffene Referenzfläche (=Stirnfläche der Säule) nicht exakt parallel zu den Flachführungen ist. Weil -wie ich schon sagte- die Stirnfläche das aber gar nicht sein muss, ist das auch nicht wichtig. Sie muss nur gerade sein und die Fläche nicht gekippt.

Soweit ich das beurteilen kann, laufen die Uhren aber ziemlich synchron, wenn ich sie über die Säule schiebe. Die größte Abweichung, die ich sehe, ist allerdings 20 $\mu$ m. Nun bin ich mir

nicht sicher, ob das gerade eine ungünstige Kombination von Schabe-Berg auf der einen und Schabe-Tal auf der anderen Seite ist oder ob wir hier wirklich eine Schiefelage sehen? Was ich brauche, ist wieder eine Art "Mittelwertbildung"! Also brauche ich neue Fühltester; also die Endstücke unter den Messuhren. Momentan ist da ein Endstück mit kleiner Kugel dran. Ich bräuchte eher einen Teller, der tiefe Schabetäler überbrücken kann und so das starke Zappeln des Zeigers an der Messuhr verhindert.



**Abbildung 32: gleich zwei Messuhren im Blick zu haben, hat einen gewissen Charme!**

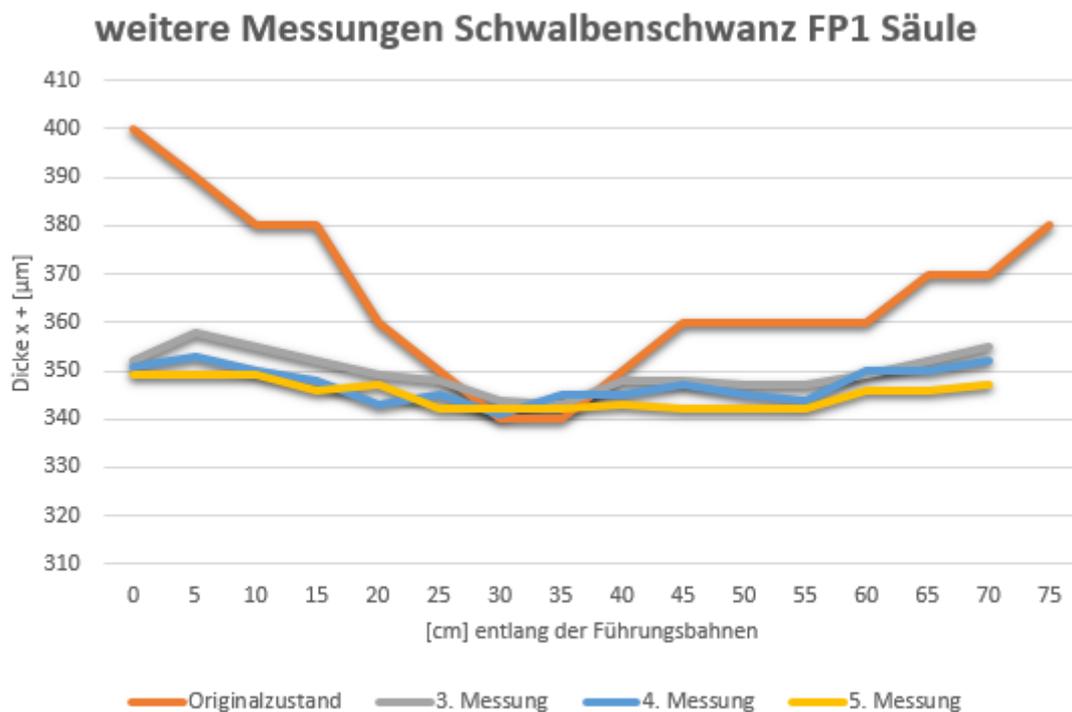
Das Internet macht's möglich. In nur 5 Minuten finde ich zwei Telleraufsätze des Herstellers "Vogel" mit Standard M2,5mm-Gewinde für zusammen 12Euro inkl. Porto. Da kann man doch nicht schimpfen! Falls ihr es noch nicht wusstet: in der Regel kann man die Messspitzen aller Messuhren abschrauben und auswechseln. Das nur mal als Tipp, falls ihr eine Messuhr habt, deren Tastspitze schon stark abgenudelt ist...

Weiter dann mit dem Schwalbenschwanz

Nun, wo ich die Ebenheit und Geometrie der Flachführungen noch einmal hinterfragt und auch durch die Messuhren eine „Absolution“ erhalten habe, mache ich erneut weiter mit dem Schwalbenschwanz.

Es gibt hier nicht viel zu berichten, außer dass man höllisch aufpassen muss, die Mikrometerschraube mit den Händen nicht allzu doll zu erwärmen, weil man sonst schnell bis zu  $10\mu\text{m}$  größere Messwerte erhält.

Nach insgesamt 5 Messungen, zwischen denen ich immer weiter händisch fein-geschabt habe, erreiche ich die gelbe Linie (siehe Abbildung 33).



**Abbildung 33: Messung des Schwalbenschwanzes**

Der größte zwischen zwei beliebigen Punkten gemessene Unterschied ist max.  $7\mu\text{m}$  und der Unterschied von Anfang zu Ende der Säule  $2\mu\text{m}$ . Wobei ich hier sagen muss, dass ich hier in Bereiche meiner Messtechnik komme, in denen ich keinerlei Erfahrung mehr über die wirklich erreichbare Genauigkeit mehr habe!  $2\mu\text{m}$  mit meiner Mikrometerschraube zu messen, ist auch ein Stück weit mehr „schätzen“ als „messen“, denn es liegt zweifellos im absoluten Grenzbereich der Auflösung der aufgedruckten  $10\mu\text{m}$ -Skalierung!

Ich will es daher hier –für meine Hobbyzwecke- so belassen! Die Führungen der Fräse sind damit zweifellos (um mindestens eine Größenordnung!) besser als zuvor, und genau das war ja mein Ziel.

# 11 Richtfest

Und damit kommt der große Moment: die Säule wird endlich auf den seit bestimmt 1 Jahr fertig restaurierten und herumstehenden Maschinenfuß gehoben! Richtfest!!!



**Abbildung 34: Anheben der Säulensäule**

Ich rolle meinen chinesischen Motorhebekran in die Werkstatt und fädle eine Hebeschlinge durch die Säule. Vorsichtig pumpe ich den Ausleger hoch und kurz darauf hängt die Säule nahezu senkrecht am Haken. Nun bugsiere ich sie in Richtung des bereitstehenden Maschinenfußes und lasse sie vorsichtig darauf ab- allerdings nicht ohne vorher die beiden Kontaktflächen an Säule und Fuß kurz mit einem Abziehstein gradfrei abgezogen und zur Konservierung leicht eingölt zu haben.



**Abbildung 35: die Säule hängt!**

Sobald die Säule steht, drehe ich schnell die vier Schrauben ein und ziehe sie mit der Knarre fest. Dann erst lasse ich den Kran ab und hänge die Säule aus der Schlinge. Schließlich soll sie mir nicht noch im letzten Moment umkippen und mich darunter erschlagen.



**Abbildung 36: Richtfest!**

Ich habe mich an diesem Punkt bewusst dafür entschieden, die Kühlmittelpumpe, deren Ansaugrüssel eigentlich bis tief in den Standfuß reicht und nur entnommen werden kann, wenn man Fräse und Fuß voneinander trennt, wegzulassen. Der Grund: für meine kleinen Hobbyarbeiten werde ich wohl nur in den seltensten Fällen ein gepumptes Kühlmittel verwenden und selbst wenn, dann möchte ich dieses Kühlmittel auf gar keinen Fall mehr im Fuß der Maschine haben! Zu eklig war die Sauerei, als ich die jahrelang gesammelten Reste damals in tagelanger Reinigungsarbeit herauskratzen musste. So etwas will ich mir nicht nochmal geben! Wenn überhaupt Kühlmittel, dann mit externer Pumpe und externem Kühlmittelkanister!

Deswegen habe ich auch den großen Spritzschutz, der normalerweise um den Fuß herum aufgesteckt wird, (unrestauriert, verrostet und verbeult wie er war) direkt auf den Recyclinghof gebracht. Er würde mir nur Platz in der Werkstatt rauben und wäre sowieso nur sinnvoll bei heftig herumspritzendem Kühlmittel. Wie gesagt- für den geplanten Hobbyeinsatz bei mir brauche ich weder Kühlmittel, noch Pumpe, noch den Spitzschutz. Das macht Vieles einfacher. Die FP1 wird definitiv nicht im Grenzbereich betrieben werden und hinsichtlich Kühlung strebe ich entweder trocken oder allenfalls Sprühnebelkühlung an.

Natürlich werde ich die originale FP1-Kühlmittelpumpe und deren Anbauteile (Antrieb, Kette usw.) nicht wegwerfen. Nur einbauen werde ich sie nicht!

## 12 Rechtwinkligkeit

Nun, da die Säule steht, richte ich sie mitsamt Fuß erst einmal einigermaßen waagrecht und kippelfrei aus. Nicht perfekt, aber das ist ja auch gar nicht notwendig. Hier gibt es kein Maschinenbett wie bei einer Drehmaschine, das unbedingt spannungs- und verdrehfrei ausgerichtet werden muss (selbst die muss nicht exakt waagrecht stehen- nur verwindungsfrei!).

Jetzt wieder Detektiv spielen! Finden wir hier unbenutzt aussehende Teile von Führungsflächen? Ja, finden wir! Ein schmaler Streifen an der rechten Flachführung in Verbindung mit Haarlineal und Fühlerblattlehre zeigt uns, das auch hier nur wenige 10µm Abnutzung zu korrigieren sind!

Dann will ich ein erstes Tuschiebild machen. Dazu benutze ich eine kleine Granitplatte von 20x30cm und 5cm Dicke; laut chinesischem Messprotokoll auf DIN876/00 geläppt.



Abbildung 37: eine kleine Granitplatte als Tuschieleinal

Ich schmiere sie satt ein und lege sie kopfübe auf den Säulenkopf. Sehr schön sieht man den Teil der Führung, der nicht abgenutzt und damit erhalten wurde (Pfeil).



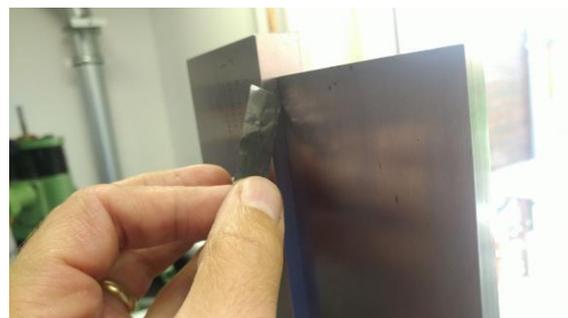
Abbildung 38: Tuschiebild

Dann kommt das Spannende: das Messen der Rechtwinkligkeit zu den eben geschabten Führungen der Z-Achse. Wie messe ich sowas??

Nach einigem Überlegen entscheide ich mich dafür, einen meiner beiden 750mm Referenzwinkel als Tuschierwinkel zu verwenden. Zur Erklärung:

Ich besitze zwei sehr gute Riesenswinkel. Der erste ist ein JFA Referenzwinkel in unbekannter Genauigkeit, jedoch vom Optischen her in tadellosem Zustand. Weil mir das aber keine Ruhe ließ, habe ich noch einen zweiten Winkel gekauft- einen von MASSI, (also DDR-Produkt) und nach TGL6163/0 beziffert. Wer sich diesen alten DDR-Standard mal aufmalt und mit der DIN875/00 vergleicht, wird feststellen: identische Grenzen!

Also: der alte DDR-Winkel, der von Vielen in den Kleinanzeigen so lange verschmäht wurde, ist in Wirklichkeit ein absolutes Präzisionsinstrument! Nachdem ich ihn etwas überpoliert und eingölt hatte, stellte ich ihn auf die Messplatte und legte meinen JFA Winkel dagegen. Das Ergebnis: die Abweichungen der beiden Winkel zueinander ist so gering, dass nirgends ein 10µm Fühlerblatt zwischenpasst! Und das auf 750mm Länge! Sensationell!



**Abbildung 39: die beiden Winkel stimmen super überein- Test mit 10µm Fühlerblatt!**

Natürlich prüfe ich noch gegen meinen 250mm Granitwinkel; nur um sicherzustellen, dass beide Referenzwinkel nicht zufällig einander kompensierende Winkelfehler aufweisen. Tun sie aber nicht. Sie sind beide superexakt und erfüllen beide wahrscheinlich noch heute den DIN875/00 Standard. Das soll mir als Beweis genügen!



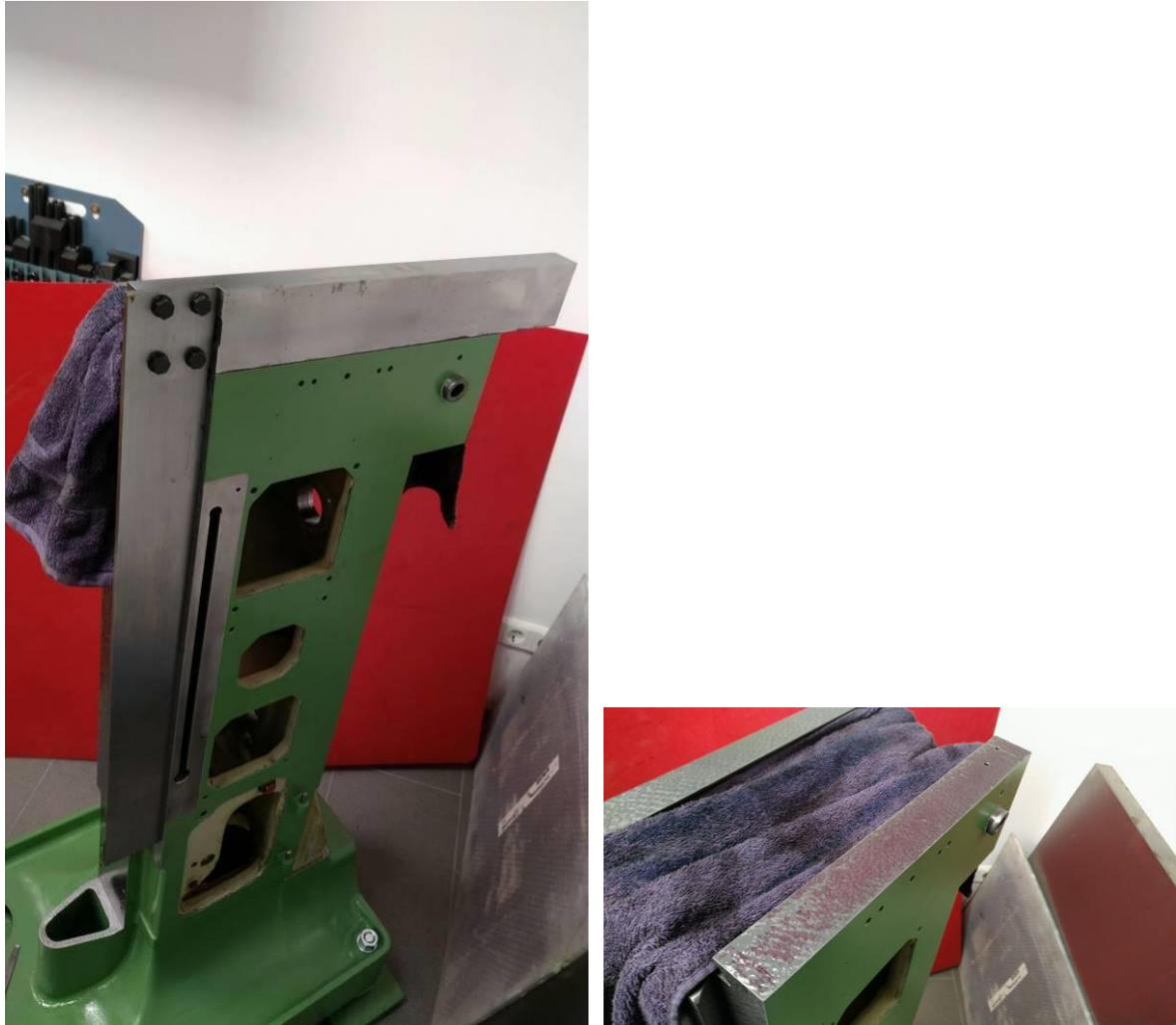
**Abbildung 40: zuerst sicherstellen, dass die Messwerkzeuge ok sind!**

Ich rolle also eine großzügig dicke Schicht roter Tuschiefarbe auf den MASSI-Winkel und benutze ihn als Tuschiewinkel. Ich wähle den MASSI und nicht den JFA; weil ersterer auf seiner Oberseite breiter ist als der JFA und damit das Tuschieren einfacher wird.



**Abbildung 41: der MASSI-Winkel wird zum Tuschiewinkel**

Ich setze den Winkel an die Säule an und reibe ihn vorsichtig hin und her. Nach dem Abnehmen sehe ich etwas, was absolut perfekt zu den Abnutzungsspuren zu passen scheint! Der überhängende Fräskopf nutzt mit seinem Gewicht die Vorderkante entsprechend mehr ab und genau das sehen wir hier bestätigt. Ich mache noch eine allerletzte Kontrolle mit einem angelegten 30cm Haarwinkel und Taschenlampe- auch dieser bestätigt meine Untersuchungen.



**Abbildung 42: Überprüfung der Rechtwinkligkeit**

Jetzt wird geschabt!

Weil es nicht viel Material ist, das abgetragen werden muss, wende ich keine fiesen Roughing-Techniken an, sondern mache etwas engeres, teilweise absichtlich überlappendes Checkerboard-Pattern.

Sohn Max stürmt herein und fragt, was er denn tun könne. Das iPad sei alle und ihm sei nun langweilig. Ich drücke ihm mein Handy in die Hand und bitte ihn, ein paar Fotos von mir zu machen. Heraus kommen nicht weniger als 140(!) Fotos innerhalb von vielleicht 15 Minuten Arbeitszeit. Es werden auch so wichtige Dinge wie der NOT-AUS-Schalter unserer Werkstatt oder die LED-Maschinenlampe unserer Bandsäge fotografiert.



Abbildung 43: Sohn Max fotografiert...

Nun ja. Ein paar sehr schöne Schabe-Fotos sind allerdings tatsächlich dabei und wenn man so seinen Sohn zur Werkstattarbeit motivieren kann, soll der Zweck die Mittel heiligen ☺

Sobald die Führungen einigermaßen eben zueinander sind, lege ich den MASSI-Winkel wieder an. Es ergibt sich ein ähnliches Tuschierbild und ich klettere wieder auf meine Schabeleiter.

Nach ein paar Zyklen Winkeltuschieren und Checkerboard-Scrapen wird die Fläche geometrisch deutlich besser. Ich spanne um auf kleineren Schabe-Radius und kürzere Stroke Length und mache brav meine Reihen.

Der Rest ist „main stream“. Am Ende sind beide Flachführungsseiten schön im Winkel und auch die dpi stimmen ganz gut. Natürlich: besser geht immer, aber es soll nicht noch ein Jahr dauern\*, bis ich die FP1 endlich in Betrieb nehmen kann, also konzentriere ich mich also darauf, erstmal voranzukommen.

Hinweis: bei einigen Fräsen ist es so, dass man den Winkel von Säule zu Fräskopf nicht exakt  $90,0^\circ$ , sondern leicht kleiner macht. Somit steht der Fräskopf damit gaaanz leicht nach oben und das zwangsläufig unvermeidbare nach-vorn-Kippen beim Ausfahren des Fräsauslegers soll damit kompensiert werden. Mag sein, dass man das bei der FP1 auch so macht. Herr Singer wird das sicherlich wissen. Aber hier das richtige "Maß" zu finden, überfordert mich und außerdem denke ich, dass ich so schrecklich viel auch nicht falsch mache, wenn ich das erstmal rechtwinklig schabe. Denn: so ist es definitiv besser als vorher- und „nur“ das ist ja auch mein Ziel! ☺

**\* HA HA HA HA !!!!!**

(Nein, es wird noch viel länger dauern, aber das weiß ich da noch nicht!)

# 13 Über Kopf

Die Flächen sind eben, der Winkel zu von Y- zu Z-Achse stimmt. Nun kommen die beiden Schrägen (=Schwalbenschwanz). Eine Schräge verläuft dabei orthogonal zur Säule, die andere ergibt erst zusammen mit dem eingelegten Gib strip (Keilleiste) eine dazu parallele Fläche.

Zuerst kümmern wir uns um eine ebene Fläche im Schwalbenschwanz. Also mein kurzes Tuschierlineal herausgeholt und den SSW tuschiert. Wir erkennen, dass die Fläche in sich ganz gut eben ist, jedoch in Richtung Fräskopf sich etwas geweitet (oder abgenutzt) zu haben scheint. Klar- denn hier wirken ja die seitlichen Druckkräfte beim Fräsen in X-Richtung am stärksten ein.



Abbildung 44: Schaben der Schwalbenschwänze

Also schaben wir die Fläche so lange, bis auch der vordere Teil blau wird.

Und das wird jetzt richtig hässlich. Warum?

Wer von Euch hat schon einmal eine Decke tapeziert? Also kopfüber einkleistern und dann die Pappe dran?

So und noch viel schlimmer ist hier das Schaben! Weil die Säule bereits aufrecht steht (und ich sie auch nicht wieder abbauen möchte), muss ich quasi über-Kopf-Schaben. Das Aufbringen von Druck gegen die Fläche und auch der Stoß selbst müssen zu 100% aus den Armen kommen- keine Hüfte und auch keine Schulter kann hier helfen!

Dementsprechend schlecht wird auch das Schabemuster. Kaum Kontrolle über die Länge der Schabemarke, man ist schon froh, wenn man überhaupt dort „irgendwie trifft“, wo man

wollte. Mit dem Biax klappt es rein gar nicht, denn der schlägt mehr am Grund an als er Schabemarken macht und von oben richtig führen kann ich ihn schon gar nicht. Selbst mit dem um 90° verdrehten Vorsatz klappt es nicht.

Also Handschaben. Das geht immerhin, aber es ist so anstrengend, dass ich vielleicht 2 oder 3 Durchgänge schaffe und mich dann mit durchgeschwitztem T-Short erschöpft auf einen Stuhl fallen lassen muss. Was für eine sch...undankbare Arbeit!!!



**Abbildung 45: nicht perfekt, aber besser kriege ich es nicht hin!**

Natürlich frisst sich das Blau irgendwann in Richtung Ende des SSW; d.h. die Fläche wird zunehmend eben und der Verschleiß kompensiert. Aber ein schönes Schabemuster mit gleichmäßig verteilten Kontaktpunkten erreicht man so leider nicht. Zumindest ich nicht!

Also versuche ich zuerst, alles „irgendwie blau“ zu kriegen und erst, wenn das erreicht ist, tue ich es mir wirklich an, jede einzelne(!) Schabemarke individuell anzusteuern und bestmöglich über-Kopf zu kratzen. Eine Arbeitsweise, die mir ALLES an Geduld und Kraft abverlangt! Kein einheitlicher Rhythmus ist möglich, keine gleichförmige Arbeitsweise, keine Wiederholbarkeit. Jede Schabemarke ist individuell. Also genauso, wie wir es eigentlich NICHT haben wollen. Aber die einzige Möglichkeit, hier überhaupt irgendein Muster zu bewerkstelligen.

Sorry, sicher kein Lehrbeispiel für ein Schabe-Buch, aber besser krieg ich's nicht hin. Willkommen in der Praxis!

Trotzdem zeigt eine einfache Sitzprobe mittels Tuschiepaste, dass die Flächen gegeneinander recht gut zu passen scheinen. Besser als vorher allemal!

# 14 Säule ge-finished – nun den FRÄSBOCK!

Ich kümmere mich um das nächste Teil, den Fräsbock! Das ist der Metallblock, in dem die Horizontalspindel untergebracht ist und der sich zwischen Fräsausleger und Säule befindet.



Abbildung 46: der Fräsbock (Pfeil) ist das nächste zu schabende Bauteil

Hier gibt es reichlich Gelegenheit zum Schaben; insgesamt 8 Flächen zum Begradigen. Ich fange unten an, mache alles gerade, dann lege ich wieder meine Röllchen in den SSW ein und messe mit der Mikrometerschraube. Das geht mehr schlecht als recht, weil die gute chinesische eigentlich bei 150mm endet und ich sie so weit auseinanderschrauben muss, dass die Mikrometerschraube bereits die Skala verlässt und ich somit etwas schätzen muss.

Also rein ins Auktionshaus, eine schöne gebrauchte 150..175mm Mikrometerschraube von KS Keilpart Suhl (=ex DDR) für 28€ inkl. Versand ausgesucht und bestellt. Schöne, neue Welt!

Dann bearbeite ich die oberen Flächen. Ich hieve den Fräsbock auf meine großen Präzisions-Fräsunterlagen, damit ich deren Parallelität zur Unterseite messen kann. Die Messuhr zeigt tatsächlich 40µm Unterschied zwischen vorne und hinten- und zwar erstaunlicherweise in die Richtung, die sich gerade NICHT durch Abnutzung erklären lässt.

Ich vermute Absicht hinter den  $40\mu\text{m}$ . Doch ist das nicht etwas viel? Persönlicher Berater „Jan Sverre Haugjord“ stimmt mir zu:  $10\mu\text{m}$  Steigung, um ein mögliches Vorne-Überkippen des Fräskopfes beim Ausfahren zu kompensieren, wären noch plausibel. Aber  $40\mu\text{m}$  hält auch er für zu viel. Also schabe ich das Ding herunter und mache es parallel. Meine kleine  $20 \times 30$  Granitplatte dient mir auch hier wieder als Tuschierplatte.



**Abbildung 47: Messung der Parallelität zwischen unteren und oberen Führungsflächen**

Zum Schluss kommen die SSWe auf der Oberseite dran. Hier kann man nicht mit Röllchen messen, weil man dazu einen sauberen und geraden Untergrund bräuchte. Ich verzichte darauf, jetzt diesen Grund auch noch geometrisch einzuschaben nur für diese einzige Messung. Der Grund: die Verbindung von Fräsbock zu Fräsausleger ist später eine rein statische Verbindung- hier gleitet nichts mehr aufeinander oder wird gegeneinander verschoben. Es muss lediglich einen guten Kontakt geben, dann wird angeschraubt- und dafür reicht auch das spätere Einpassen mittels Tuschierpaste. Ich begnüge mich also auf ein reines Begradigen und der Herstellung der Ebenheit. Die Geometrie werde ich dann final prüfen und ggfs. aufeinander anpassen, wenn der Fäskopf fertig ist und alles zusammengebaut wird.



**Abbildung 48: schönes Tuschierbild!**

# 15 Fräsbock-Kosmetik

Nun, da alle Flächen begradigt und –wo möglich- geometrisch auch korrekt eingepasst worden sind\*, fehlt dem Teil natürlich noch ein guter Anstrich. Dazu muss der alte Lack runter, denn hässliche Scharten, Dellen und Riefen zeugen in den letzten Jahrzehnten nicht nur von guter Behandlung dieser Werkzeugmaschine. Ich frage mich, mit welchen Werkzeugen man auf dem Fräsbock wohl herumgehauen hat, um solche tiefen Scharten in den Lack zu kriegen. Vor allen Dingen- warum? Warum schlägt man eine Werkzeugmaschine?

**\* ich werde noch Gelegenheit bekommen, das Gegenteil zu beweisen!**

Okay, bei einem Schraubstock kann ich es ja noch einsehen, dass man mal mit nem Hammer danebenhaut und den Schraubstock trifft. Oder mit dem Stechbeitel abrutscht, mit der Bügelsäge irrtümlich Kratzer in den Backen macht,..... habe ich alles Verständnis für. Nur warum bitte hämmert man auf dem Fräsbock einer Fräse herum? Und erzählt mir bitte nicht, dass diese Lackschäden durch zärtliches Streicheln entstanden seien!



**Abbildung 49: Fräsbock bereits entlackt; Fräskopf noch nicht**

Nunja, egal. Die FP1 ist robust genug gebaut, um auch solchen Misshandlungen zu widerstehen. Ich hieve das Teil in die Garage und entlacke mit Abbeizer und Schleifscheibe (Flex). Auf der Flex habe ich einen so genannten „Negerkeks“. Ich weiß leider die korrekte Bezeichnung für diese Gewebe-Schruppscheiben nicht, also werft mir jetzt bitte keine Diskriminierung vor. Im Handwerker-Sprachgebrauch heißen die Dinger wohl wirklich so, wie man mir sagte. Genauso wie ich nicht ernsthaft glauben kann, dass man diskriminierende Gedanken im Kopf hat, wenn man ein Zigeunerschnitzel bestellt. Meine Gedanken sind da eher „Hunger“. Mit Rassismus hat das nichts zu tun. Also: Zigeunerschnitzel und Negerkeks. Schöne Wörter. Ich fände es eher diskriminierend, sie NICHT zu benutzen, denn erst DANN würde man meiner Meinung nach diskriminieren! Schwieriges Thema. Ich hoffe, es versteht nun jeder richtig und ich werde nicht von Leuten angefeindet, die sich für Randgruppen halten, es aber in meinen Augen gar nicht sind ☺

Jedenfalls schruppt der Keks den Lack weg, wie ich es mit Schleifpapier und Abbeizer wohl kaum besser hinbekäme. Trotzdem ist es eine riesen Sauerei und ich mache sowas nur in der Garage bei laufendem Staubsauger. Gibt aber auch so immernoch genug Staublunge in mir und Patina auf den in der Garage geparkten Autos.

Auch hier kommen etliche verschiedenen Lackschichten herunter; ein Profi könnte Euch bestimmt sagen, wozu welche gut ist (Grundierung, Haftvermittler, Lückenfüller, usw.). Ich werde es bei der Aufarbeitung jedoch so wie immer machen: 2K-Grundierung, dann 2K-Lack in langweiligem resedagrün. Ob ich vorher noch was spachtele? Mal sehen. Wohl eher nicht, denn meine Geräte sind Werkstattmaschinen, keine Models! ;-)

Doch zu einem Neuanstrich kommt es noch nicht.

Warum?

Lest das nächste Kapitel, dann wisst ihr's.



**Abbildung 50: der Dremel is oft hilfreich, am Lack an Stellen abzutragen, an die man sonst nur schwer rankommt**

## 16 Fräsbock re-scraped!

Und natürlich kommt es wieder anders, als ich denke. Ein bei Youtube gefundenes Video vom Aufarbeiten einer Fräsmaschine lässt es mir wie Schuppen von den Augen fallen: ich habe zwar nun alle Führungen schön parallel zueinander, aber ich habe eines komplett vergessen: die Parallelität zur Spindelachse! Denn: die FP hat ja nicht nur eine Vertikalspindel, sondern auch eine –im Fräsbock liegende- horizontale Frässpindel!

Also das Hirn wieder einschalten und überlegen: muss diese Spindel denn auch bei einer FP1 überhaupt parallel zu den Führungen des Fräsbocks sein? Kurz überlegt- oh ja, sollte sie!

Denn wenn sie das nicht ist, würde beim Fräsen in Y-Richtung (also zum Bauch den Bedieners hin) die Dicke eines so gefrästen Werkstücks zu- oder abnehmen, denn dazu muss der Fräsbock auf seinen Führungen ausgefahren werden. Sind diese dann nicht genau parallel zur Z-Achse (also zur Spindel), wird's schief.

So ein Mist. Aber vielleicht stimmt die Geometrie ja auch schon so zufällig?

Natürlich tut sie das nicht. ☹

## 17 Messaufbau

Also wieder Kommando zurück, den Fräsbock wieder auf die Arbeitsplatte und im Lagerraum nach der ausgebauten Frässpindel gesucht. Ich finde alles, auch die Zubehörteile, aber die brauche ich erstmal nicht, denn ich will ja nicht final zusammenbauen, sondern nur erstmal die Spindel provisorisch einstecken, damit ich nachher einen Test mit dem Prüfdorn machen kann.

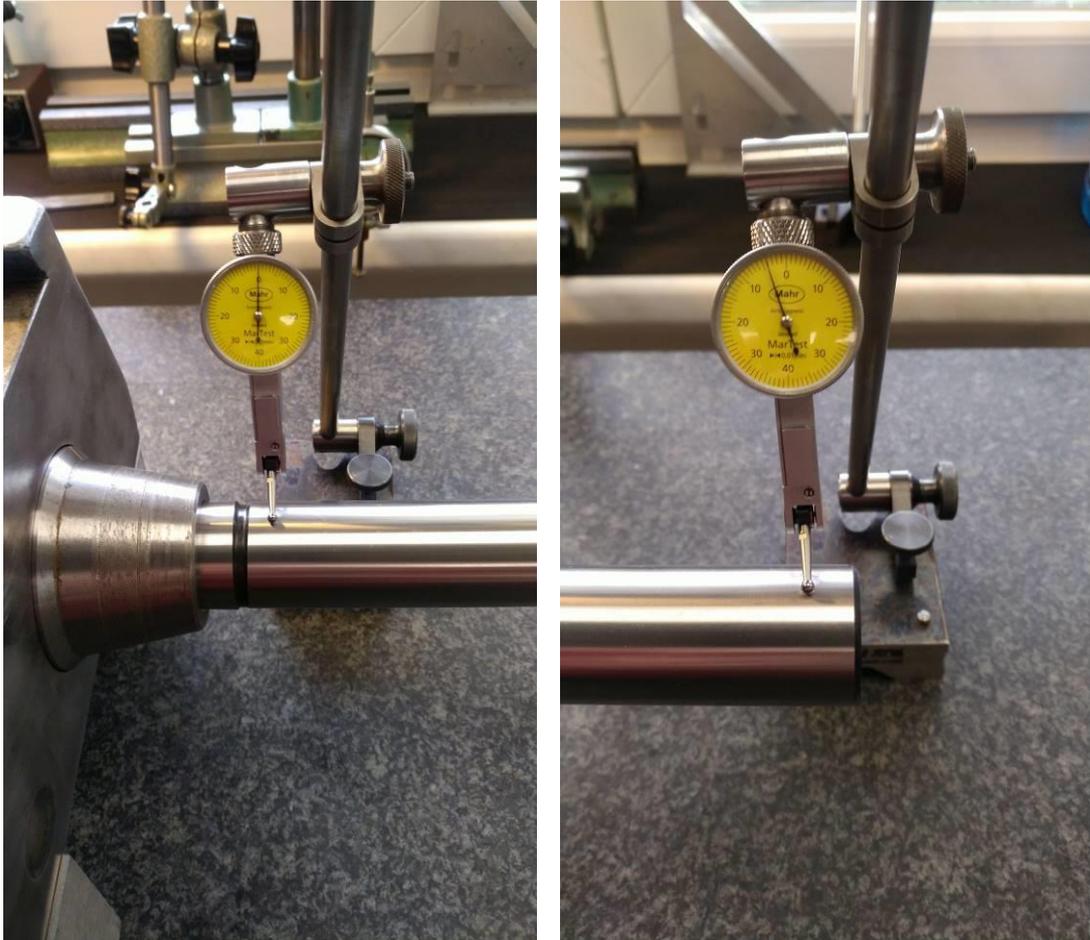


Abbildung 51: Messaufbau mit Prüfdorn

Ich putze alles sorgfältigst und öle die Spindel als auch die Lagerbuchsen leicht mit HLP32 Hydrauliköl ein (habe ich für meine Myford S7 Drehmaschine). Dann schiebe ich die Spindel in den Lagerbock ein, die extrem genauen Passungen machen das nicht immer leicht. Aber mit etwas Öl, Drehbewegungen und ganz leichtem Klopfen mit dem Plastikhammer gelingt es.

Dann wird das Ungetüm wieder auf meine großen Fräsunterlagen gehievt und das Ganze auf die Messplatte gestellt. Mit der Messuhr prüfe ich, ob auch alles weiterhin gerade und parallel ist: ist es! Zumindest alles innerhalb max.  $10\mu\text{m}$  (größere Genauigkeiten sind aus meiner Sicht eh „schwierig“, denn wenn alleine die Tiefe der Schabetäler teilweise größer ist als die erwartete Genauigkeit an die der Ebenheit, ist alleine eine Messung mit größerer Auflösung als  $10\mu\text{m}$  eh diskussionswürdig!).

Gut. Ich greife in meinen Magazinschrank und fische einen MK4 Prüfdorn heraus. Den habe ich mir damals im Rahmen eines Verkaufs von der zerspanungsbude geordert. Nun kann ich ihn also zum ersten Mal so richtig gut benutzen. Vorher fahre ich mit dem Finger durch die MK4-Aufnahme der Frässpindel. Nunja, definitiv nicht so sauber und gleichmäßig wie die Vertikalspindel. Ich nehme etwas Schleifvlies und ebne erstmal etwas, bevor ich mir gleich meinen Prüfstab durch eine schlechte MK4-Aufnahme vermackele.



**Abbildung 52: links 0μm; rechts etwa -40μm**

Doch dann bin ich erstaunt: der Rundlauf ist hervorragend! Selbst am äußersten Ende in immerhin 26cm Entfernung messe ich nur einen Maximalausschlag von insgesamt 20μm TIR, wenn ich die Spindel mit dem Prüfstab langsam von Hand durchdrehe! Wahnsinn, das spricht nicht nur für die Qualität der Fräse und deren Lager, sondern auch für die des Prüfdorns! Aber nun die eigentliche Messung: ich fahre den Prüfdorn der Länge nach ab und stelle fest: er hängt am Ende leicht nach unten- und zwar um etwa 40μm auf 25cm Länge! Hmm...das ist nicht so richtig schlecht, aber so wirklich „gut“ ist es auch nicht.



**Abbildung 53: die Prüffläche des Dorns ist etwa 27cm lang**

Nun werden bestimmt die ersten Stimmen laut, die der Messung nicht trauen. Beispielsweise, ob der Prüfstab infolge seiner eigenen Schwerkraft bereits etwas durchhängt, ob er nicht richtig rund ist, nicht wirklich „straight“ ist, ob er richtig eingesetzt ist, usw.

Alles durchaus zulässige Einwände! Mein Prüfstab hat natürlich kein Kalibrierzertifikat, nicht einmal seine Spezifikation kenne ich, und ich habe ihn vorher noch nie für eine Messung eingesetzt, von daher ist hier etwas Skepsis durchaus angebracht und nur durch das Hinterfragen und Gegenprüfen kann man hier Vertrauen in seinen Messaufbau bringen.

Zuerst wiederhole ich die Messung. Ich klopfe den Prüfdorn heraus, drehe ihn um 90° und setze ihn wieder zurück in die Spindel. Ergebnis: identisches Ergebnis. Sowohl im Rundlauf als auch in der Neigung (40µm auf ca. 25cm). Das macht schonmal Zuversicht hinsichtlich MK4-Konus und der Rundheit des Prüfdorns!

Um den Einfluss der Schwerkraft zu prüfen, mache ich folgenden Test. Ich messe wieder zuerst direkt am Anfang des Prüfstabs. Also direkt vor der Spindel. Da bin ich mir ziemlich sicher, dass sich ein MK4-Prüfdorn auf den ersten 2cm noch nicht messtechnisch nachweisbar durchbiegen kann.

Für die zweite Messung verschiebe ich allerdings nicht die Messuhr entlang des Prüfstabes, sondern schiebe stattdessen den ganzen Fräsbock auf meinen Fräsunterlagen um genau 25cm weiter! Damit wird der Prüfstab als Fehlerquelle ausgeschlossen und nur die Parallelität der Führungen kann jetzt noch Einfluss auf das Messergebnis haben!

Weil der Fräsbock in dieser Position etwas Übergewicht nach vorne bekommt, drücke ich am hinteren Ende mit der Hand drauf und zwingen ihn damit zur guten Auflage auf den Unterlagen. Mit der rechten bediene ich die Messuhr und lese ab: 35µm!

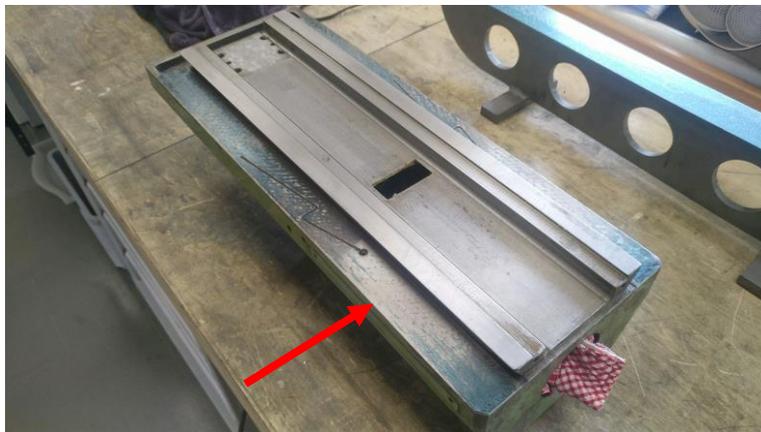


**Abbildung 54: alternative Messmethode: anstatt entlang des Prüfstabs zu messen verschiebe ich den Auflagepunkt des Fräskopfes – damit schließe ich Fehlmessungen durch den Prüfdorn aus**

35µm liegt so nahe an den vorher gemessenen 40µm dran, dass der Beweis für mich erbracht ist- das Hängen des Prüfstabs liegt nicht am Prüfstab selbst, sondern tatsächlich an einer leicht geneigten Spindelachse in Bezug zu den Führungen. So ein Mist!

Zur weiteren Untersuchung lege ich beim Fräsbock vorne noch einmal 40µm-Fühlerblattlehren unter und messe erneut: damit ist das Hängen der Spindelachse verschwunden! Da die Führungen am Fräsbock in Summe etwa 50cm lang sind, bedeutet das eine erforderliche Materialabnahme von etwa  $2 \cdot 40\mu\text{m} = 80\mu\text{m}$  am Ende, um das Hängen der Achse zu korrigieren. Das ist eine Menge!

Doch bevor ich hier ein hartes Step-Scraping starte, will ich die Messung besser verstehen. Die Achse hängt also nach vorne. Ok. Das kann damit erklärt werden, dass der Fräsbock nach vorne Übergewicht hat und somit auf den vorderen Teil der Führungen tendenziell immer mehr Gewicht drückt (=höherer Verschleiß) als hinten. Damit ist erklärbar, dass sich die Fräsachse nach vorne hin SENKT und nicht HEBT. Wir erinnern uns: das hat uns das allererste Tuschiebild ja auch gezeigt:



**Abbildung 55: altes Bild: hier sah man bereits, dass der Bereich vorne stärker abgenutzt war (Pfeil)**

Was mich jedoch wundert, ist, dass ich zu Beginn ja noch Teile des originalen Schabemusters auf den Führungen fand. Das, was ich da messen konnte, war definitiv weniger als die 80µm, die nun im Raum stehen! Bin ich hier wirklich korrekt „auf Kurs“ mit meiner Vermutung?

## 18 Säule re-measured

Vor allen Dingen- wie sieht es denn mit dem Gegenstück aus: der Säule!?! Der Fräsbock wird über eine lange Walze angetrieben, von der er die Drehkraft mittels eines Zahnrades abgreift. Wenn ich ihn nun in der Geometrie verändere- was bedeutet das für das Zahnrad und die Walze auf der „Welle Nr.0“, wie ich sie nannte?



Abbildung 56: Messung auf der Welle Nr. 0

Also den guten DDR-Messbalken herausgeholt und die Hommel Messuhr. Zuerst die Welle Nr.0 eingeschoben ohne die Walze und den Abstand der Welle zur Führungsfläche gemessen. Ergebnis: vorne derselbe Messwert wie hinten. Uff. Damit sind meine Säulen-Führungsflächen definitiv parallel zur Antriebswelle Nr.0. Glück gehabt.

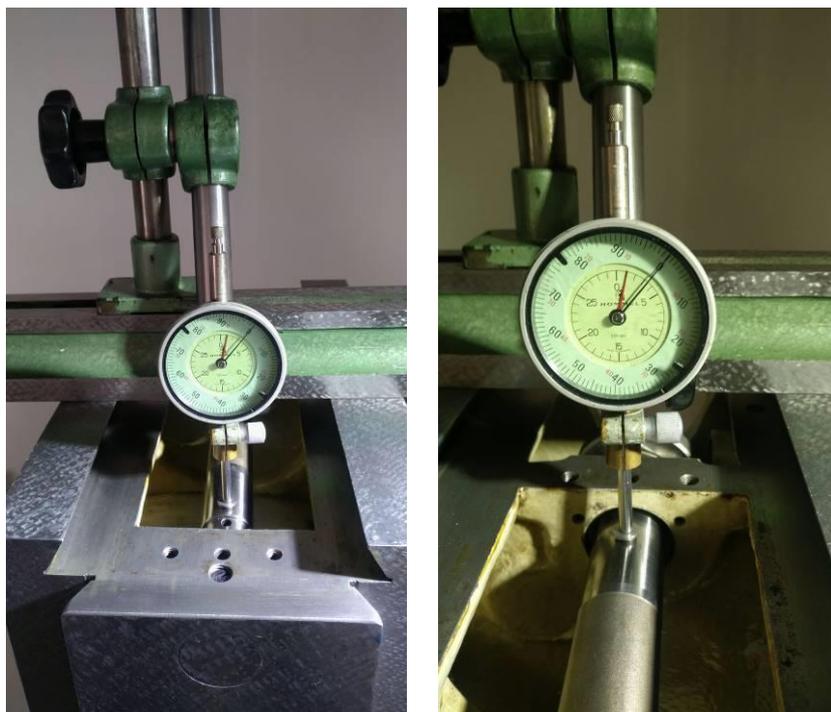


Abbildung 57: Erleichterung! Vorne und hinten derselbe Messwert!

Nun dieselbe Messung mit eingebauter Walze. Als Taster nehme ich einen mit leicht ballig geschliffener Tastfläche. Ich schiebe meine Messuhr entlang eines beliebigen Walzen-Zahns und beobachte die Messuhr. Auch hier: Unterschiede zwischen vorne und hinten von kleiner 10 $\mu$ m! Ich prüfe den Rundlauf der Walze sowohl vorne als auch hinten: auch hier Abweichungen von vielleicht 10..15 $\mu$ m TIR. Das klingt in meinen Ohren auch gut.



**Abbildung 58: Messung der Walzenzähne**

Was lernen wir daraus?

1. Wir haben beim Einschaben der Säule erstmal einen guten Job gemacht.
2. Die Achse der Welle Nr.0 und die Antriebswalze sind parallel zu den Führungen
3. Damit sollte auch der oben aufgesetzte Fräsbock mit seinem Zahnrad möglichst parallel zu genau dieser Achse ausgerichtet sein!

Wenn er das aber nicht ist, sondern die Spindelachse (da sitzt das Zahnrad ja mit drauf) leicht verkippt ist, würde das bedeuten, dass das Zahnrad auch nicht ganz exakt parallel zur Welle Nr.0 läuft. Nun gut,  $80\mu\text{m}$  Schiefelage auf 50cm Strecke würden rechnerisch  $3,2\mu\text{m}$  für ein 2cm dickes Zahnrad ergeben. Also trotzdem vernachlässigbar.

Viel kritischer kann es sein, dass sich durch das Schaben die Walze und das Zahnrad deutlich näher kommen und damit auf „Kollision“ arbeiten könnten! Wenn ich also später den Zusammenbau mache, muss ich hier unbedingt ein Tuschiebild der Zahnräder machen. Sollten sie sich infolge des Näher-Zusammenrückens gegenseitig behindern, oder gar klemmen, werde ich das Zahnrad als auch die Walze in der Länge ihrer Zähne etwas stutzen müssen; z.B. durch geringfügiges Abschleifen seiner Zähne!

Okay, ich glaube, ich bin mir über die Auswirkungen meiner Schabearbeiten grob im Klaren. Ich werde die hängende Spindelachse korrigieren. So schwer es mir fällt, denn die Führungsflächen waren sowohl auf der Ober- als auch Unterseite bereits komplett fertig geschabt- inklusive Schwabenschwanz! Diese Aktion wird mich um Wochen zurückwerfen!!!

Mist mist mist!



Abbildung 59: Vorbereitung zum Stufenschaben

## 19 Step-Scraping

Um nicht gleich im ersten Versuch über das Ziel hinauszuschießen, plane ich zuerst vorsichtige 60µm Materialabnahme (anstatt 80). Alle 7 cm mache ich ein Segment und färbe mir die Flächen orange ein. Eine 90er Schabeklinge mit mittlerem Schabehub macht die Hauptarbeit. Zuerst mache ich nur eine der beiden Bahnen, um nicht gleich beide zu versauen.



Abbildung 60: Stufenschaben - es geht los

Als die 6 Durchgänge gemacht sind, spendiere ich noch zwei Durchgänge für die Ebenheit, dann geht es auf die Messplatte. Ergebnis: ziemlich genau die geplanten 60µm „geholt“, hat also geklappt.



Abbildung 61: das gewünschte Ergebnis wurde erreicht

Ich greife die zweite Bahn an. Identisches Vorgehen. Auch hier werde ich wieder knappe  $60\mu\text{m}$  holen.

Dann der Test mit dem Prüfdorn. Ergebnis: die Achse hängt nun nicht mehr  $40\mu\text{m}$ , sondern um  $200\mu\text{m}$ ! Wie bitte?!?!?!?!?

Erst nach langer Suche und viel Putzen finde ich den winzigen Metallspan , der sich trotz vorgeringen Putzens und leichten Einölns zwischen Prüfdorn und Frässpindel gemogelt hatte! Uff!

Also Blutdruck wieder senken, nochmal alles putzen und neu messen. Ergebnis: die Achse hängt nicht mehr um  $40\mu\text{m}$ , sondern nur noch um  $20\mu\text{m}$ . Wir sind also noch nicht am Ziel, aber konnten den Fehler immerhin schon einmal halbieren. Das ist doch was, wir sind auf dem richtigen Weg!

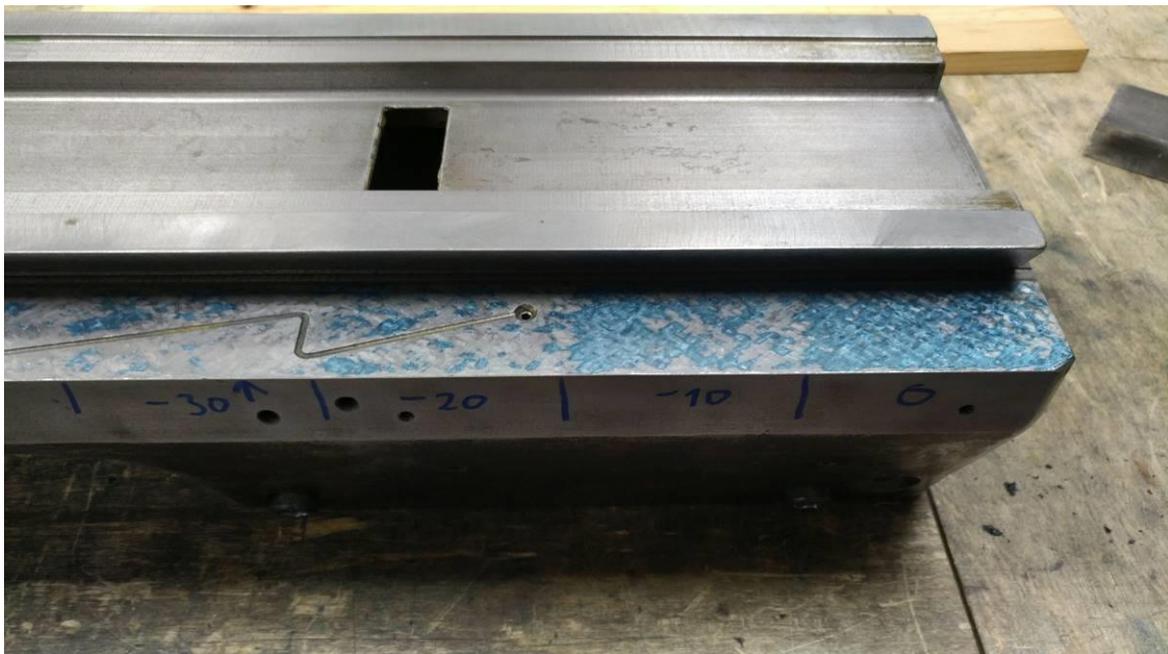


**Abbildung 62: es wird schon besser: nur noch  $20\mu\text{m}$ !**

Ich starte ein erneutes Step Scraping, diesmal aber nur zwei Durchgänge, um etwa weitere  $20\mu\text{m}$  zu holen. Danach spendiere ich noch ein wenig mehr Zeit für das Herstellen einer guten Ebenheit, denn die ist für meine Messung sehr wichtig: der Fräsbock liegt während der Messung ja auf meinen Präzisions-Fräsunterlagen. Und die sind nur etwa  $20\text{cm}$  lang, decken also nicht die gesamte Flachbahn der Fräsbocks ( $50\text{cm}$ ) ab. Ebenheitsvariationen/fehler werden

durch diese kurze 20cm Auflagestrecke also quasi „verstärkt“ wiedergegeben, was mein Messergebnis deutlich verfälschen könnte. Also daher lieber „nur“ am Ende auf  $40\mu\text{m} + \text{weitere } 20\mu\text{m} = 80\mu\text{m}$  herunter und dafür lieber danach die gesamte Führung schön eben machen – und beide auf exakt dasselbe Niveau bringen. Und immer Schritt für Schritt. Was einmal abgespannt ist, kann nicht mehr angeklebt werden. Zumindest nicht mehr so leicht ;-)

Es ist übrigens sehr interessant, wie man nach dem Step-Scraping noch die einzelnen Stufen sehen kann. Jeweils die linke Seite eines Feldes wird vom Tuschieerlineal getroffen, die jeweils rechte Hälfte liegt (noch) hohl und wird sich bei der Herstellung der Ebenheit dann nachher dem Rest angleichen. Ein schöner Beweis dafür, dass man während des Stufenschabens offensichtlich relativ konstant und gleichmäßig gearbeitet hat, denn sonst hätte man mehr Beulen und Unregelmäßigkeiten drin, die das Stufenbild komplett überlagern würden.



**Abbildung 63: man erkennt noch sehr gut die einzelnen Stufen**

## 20 Ziel erreicht

Tatsächlich ackere ich fast das ganze Wochenende an den Führungen herum- natürlich mit Unterbrechungen. Die nächste Messung mit Prüfdorn zeigt allerdings dann nur noch ein Hängen von vielleicht  $10\mu\text{m}$ - ein Wert, den ich für akzeptabel halte. Ein eingespannter Horizontalfräser wird die Spindel durch den Schneiddruck eh nach oben drücken, daher ist es gar nicht schlecht, wenn die Drehachse ganz wenig „hängt“. Bei Drehmaschinen macht man dieses entgegen-gerichtete Einschaben teilweise sogar ganz gewollt, um Verbiegungen von Drehmeißeln oder Oberschlittenführungen auszugleichen.



Abbildung 64: Ziel erreicht: nur noch  $10\mu\text{m}$  Durchhang. Das lassen wir so!

## 21 Auswirkungen

Nachdem nun die Flächen beide parallel zur Spindelachse sind, lege ich noch einmal meine Mess-Röllchen in den Schwalbenschwanz und stelle mit der Mikrometerschraube nun natürlich wieder Unterschiede zwischen vorn und hinten fest: etwa  $60\mu\text{m}$ ! Ganz toll... :-/

Angeregt durch die Korrektur der Spindelachse in der Höhe, will ich nun natürlich wissen, ob sie auch zur Seite hin korrekt fluchtet. Und wie misst man das? Es wird wieder interessant...

Ich mache folgenden Messaufbau:

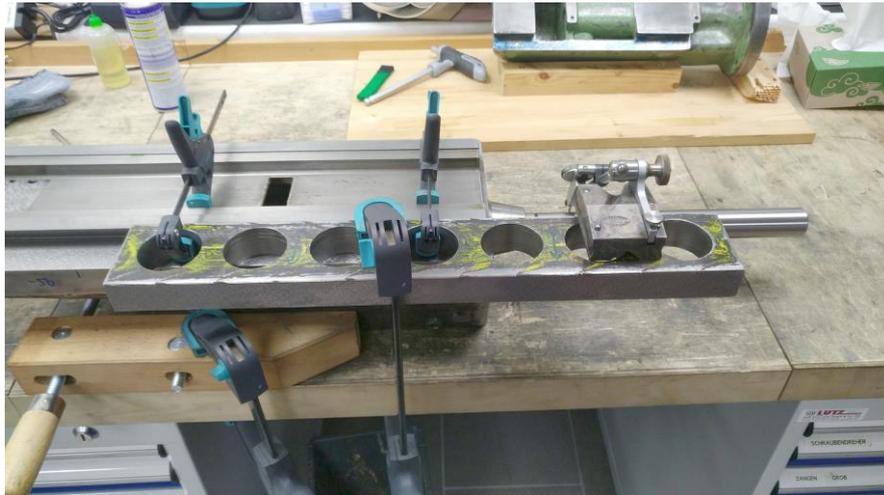


Abbildung 65: Messaufbau - Übersicht

An die zwei hintereinander eingelegten Röllchen, die den Schwalbenschwanz abtasten, lege ich mein 50cm langes Tuschierlineal. Dieses verlängert die –durch den SSW vorgegebene– Achse über den Rand des Gehäuses hinaus in Richtung Prüfdorn. Nun ist die Idee, mit einem Messuhrhalter, bei dem man die beiden Anschlag-Pins aktiviert hat, diese Flucht aufzunehmen und mit einer Messuhr gegen den Prüfdorn abzufahren und zu messen. Schraubzwingen drücken das Tuschierlineal eng an die Röllchen und auch an die Flachführung, um keinen Achsenfehler in der Höhe zu erhalten.

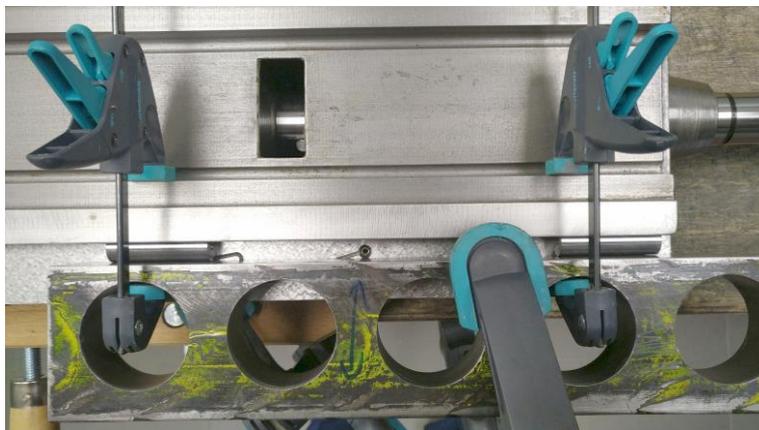


Abbildung 66: zwei Röllchen projizieren die Geometrie des SSW auf eine Ebene- die das Tuschierlineal verlängert...

Das funktioniert tatsächlich- allerdings, bedeutet das wieder eine meiner geliebt-gehassten Zusatzarbeiten: das Tuschierlineal muss dazu nicht nur auf den Messflächen eben sein, sondern auch an seinen Seiten, wo nachher der Messuhrhalter drübereutscht!



Abbildung 67: ... und den das Messuhrstativ als Messanschlag benutzt

## 22 Tuschierlineal die wass-weiß-ich-wievielte...

Es hilft nichts, wenn ich den Fräsbock schon einschabe, dann will ich es auch so gut wie möglich machen und das geht nur mit einem guten Tuschierlineal. Die Parallelität der Spindelachse zu seinen Führungen ist dabei eine wichtige Voraussetzung für die später erreichbare Genauigkeit der Maschine, somit sollte sich der Aufwand lohnen. Und es macht mein Tuschierlineal am Ende noch besser, da noch universeller!



Abbildung 68: nun schabe ich auch noch die Seitenflächen!

Die Aufspannung erfolgt zwischen den großen 12“ Dubuque-Klemmen. Mangels einer funktionierenden Fräse (ich weiß, ich wiederhole mich) muss ich das Lineal mit dem Schaber schlichten. Ich nehme meine besonders giftige 30mm Kurzklingscheibe und mache richtig Späne.

Zuerst geht es mir darum, wirklich die größten Beulen zu schlichten. Sobald das erledigt ist, nehme ich einen Haarwinkel und prüfe die Rechtwinkligkeit zu den Messflächen. Die schlimmsten Abweichungen kringele ich mir mit dem Filzstift ein und schabe dort besonders intensiv.

Dann probiere ich etwas aus, was ich lange Zeit –völlig zu Unrecht!- als Hilfsmittel verkannt habe: eine Vierkantfeile!



**Abbildung 69: hilfreich: eine Vierkantfeile!**

Sie war Bestandteil eines Tuschieerlineal.Sets, das ich mal in den Kleinanzeigen gekauft hatte. Es handelt sich dabei um eine etwa Holzbalkengroße Feile von ca. 20cm Länge mit einem Griff dran. Wie sich jetzt herausstellt, eignet sich dieses Werkzeug nicht nur ideal zum Entgraten von Schabemarken, sondern auch zum Feilen eines Grauguss-Werkstücks in seine erste grobe Form!



**Abbildung 70: schweißtreibend, aber effektiv!**

Natürlich ist die Arbeit anstrengend und es ersetzt auch nicht das Haarlinealwinkel und den Filzstift, aber sobald man weiß, wo genau man am Werkstück ansetzen muss, kann man mit diesem Teil schnell und effizient grobe Formabweichungen und Berge wegfeilen. Am Ende sieht es fast so aus wie „geschliffen“, wodurch man auch rein visuell schon Berge und Täler recht gut erkennen kann- ganz ohne Tuschiepaste!

Der Schweiß tropft und ich wechsele mich mit Messwinkel, Schaber und Feilblock ab. Das Lineal wird zunehmend glatter und geometrisch besser. Aber es wirft mich natürlich deutlich zurück hinsichtlich der Fertigstellung meiner FP1.

## 23 Noch 'ne Pause!

Dezember 2019. Das war das Datum, in der ich die letzten Zeilen des vorherigen Kapitels in diesem Bericht getippt habe.

Nun ist es März 2021.

Was ist passiert?

Nun- wieder eine Menge!

Es ist mal wieder was in das Projekt "hineingegrätscht": sowohl elektronisch als auch mechanisch als auch renovier-technisch. Hier mal eine kurze Auflistung der wesentlichen Dinge:

- Aufarbeitung eines Rohde&Schwarz Sepktrumanalyzers FSEK bis 40GHz
- Komplettrestauration einen Rohde&Schwarz Funkmessplatzes SMDU
- Bau eines Intermodulations-Messplatzes mit nachweislich >110dB IMDR
- Aufarbeitung eines Brüel&Kjaer BK2636 NF-Voltmeters
- Aufarbeitung einer Flott TB10St Standbohrmaschine
- Aufarbeitung eines Mitutoyo Höhenanreißers
- Aufarbeitung eines weiteres VEB Galvanotechnik DS175 Doppelschleifers
- Reparatur einer DDR-Bahnhoftuhr
- Renovierung unseres Treppenhauses
- Renovierung unseres Badezimmers
- Anfertigen dreier Artikel für ein Amateurfunkmagazin
- Aufarbeitung eines HP419A Null-Detector-Voltmeters
- Upgrade meines Phasenrauschmessplatzes bis >-170dB
- Einschaben eines 3kant Tuschierlineals (500mm)
- Bau einer Fench-Cleat-Wand in der Werkstatt
- Reparatur einer 7Gang Shiamano Nabenschaltung für eine Fahrrad
- Kalibrierung und Justierung eines Sets Wyler Minilevel A10 Messwaagen
- Bau einer Sägeblattabsaugung für die Metabo Formatkreissäge
- Nachschleifen der Arbeitsspindel einer Genko TB6 Standbohrmaschine
- Programmieren eines Messprogramms in RS-Basic
- ...

COVID-19 hat uns gerade alle fest im Griff, da sollte man doch meinen, dass man bei Kurzarbeit und homeoffice eigentlich mehr Zeit haben müsse, oder nicht? Leider nicht. "Homeoffice" heißt nicht automatisch "frei" und ganz furchtbar wurde es mit "homeschooling". Insbesondere die "Partneraufgaben", die unser Sohn mit keinem anderen Partner -außer uns- lösen kann, führten manchmal zu echt schwierigen Ressourcen-Engpässen für alle Familienmitglieder. In einem Haushalt, in dem beide Eltern voll berufstätig sind, die Schule, der Hort als auch die Kinderbetreuung von Oma&Opa ausfallen müssen, und selbst Judo- und Leichtathletikvereine schließen, ist es nicht immer einfach. Aber das geht in dieser Zeit wohl vielen anderen Familien ganz genauso.

Zurück zum Hobby:

Den wohl größten Impact jedoch hatte der ungeplante Umtausch meiner Myford Super 7 Drehmaschine in eine Leinen MLZ4S- die tatsächlich in einer vollständigen Überholung inklusive Geometrie ausartete. Ein Jahr hat das gebraucht- solange stand hier an der FP1 alles still. Nun ist die Maschine aber fertig und einsatzbereit, daher habe ich jetzt beschlossen, dass mir ab sofort nichts mehr dazwischen kommt: die FP1 muss endlich fertig werden!



Abbildung 71: "kleines" Zwischenprojekt: Leinen MLZ4S

Rückblickend kann ich sagen, dass diese -bislang- 3 Jahre mir aber gut getan haben: nicht nur die Werkstatt hat seither Riesen-Fortschritte an Ausstattung, Werkzeugen und Messmitteln gemacht, sondern auch ich persönlich fühle mich nun in der Maschinenaufarbeitung deutlich sicherer als früher. Nicht so sicher, wie ich es mir immer wünschen würde- zugegeben- aber ich halte es nun für durchaus machbar, dass ich die FP1 am Ende wieder zu einer schönen Werkzeugmaschine werde aufbauen können.

## 24 Wiederaufnahme

Nach einer so langen Projektunterbrechung macht es Sinn, den letzten erreichten Stand erstmal neu zu evaluieren. Wenn ich meinen eigenen Bericht lese, so war ich gerade im Begriff, daran zu verzweifeln, dass die SSW-Führung des Fräsbocks zum Ende hin 60µm kleiner wird.

Erst dachte ich, dass man diese 60µm in Verbindung mit der einzuschabenden Keilleiste kompensieren könne. Doch das ist Unsinn! Der in der Praxis vorn stark klemmende und hinten wackelnde Sitz des Fräsbockes war auf diese Weise nicht zu eliminieren. Und wenn man darüber etwas in Ruhe nachdenkt, versteht man auch, warum. Es ist völlig logisch- denn nur wenn die Breite des SSW entlang seiner Bewegungsrichtung(!) überall konstant ist, läuft er sauber und gleichmäßig!

Also Mikrometerschraube herausgeholt, Röllchen zwischen den SSW gelegt und gemessen. Und siehe da: die damals ermittelten 60µm Unterschied haben sich nicht verändert- ich komme zu demselben Ergebnis.

Es hilft also nichts: es wird wieder stufengeschabt!

Nach der Korrektur der Geometrie und anschließendem Schaben auf möglichst gleichmäßiges Kontaktbild komme ich endlich zu dem Punkt, an dem der Fräsbock gleichmäßig läuft und ich die Keilleiste einpassen kann!

## 25 Keilleiste (Z-Achse)

Wie bei vielen Keilleisten bei Gebrauchsmaschinen, so sind sie anfangs oft verbogen, wenn man sie untersucht.

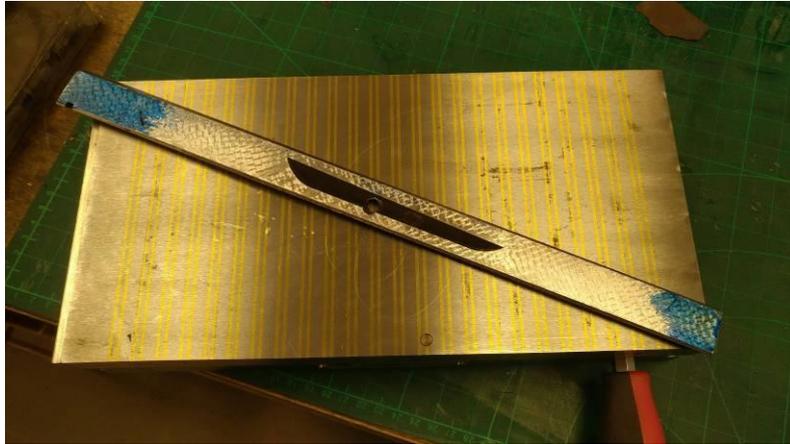


Abbildung 72: typisches Anfangs-Tuschierbild einer alten Keilleiste

Auch bei meiner Maschine war das nicht anders. Wir sehen lediglich die beiden äußeren Enden blau eingefärbt. Nun könnte man natürlich stumpf nach Tuschierbild schaben und irgendwann würde die Keilleiste sicher wieder gerade werden. Allerdings ist die Dicke der Keilleiste "kostbar". Wir sollten nur so viel wegschaben, wie unbedingt notwendig (und nicht mehr).

Es gibt da aber einen Trick, wie man das Schaben minimieren kann. Wir biegen die Keilleiste vorher erstmal zurück- und zwar kontrolliert mit einer Schraubzwinde und aufgesetzter Messuhr. Nach dem Lösen der Schraubzwinde kann man ganz sauber sehen, auf welchen Wert die Keilleiste wieder zurückfedert und das mit dem Anfangswert auf der Messplatte vergleichen.

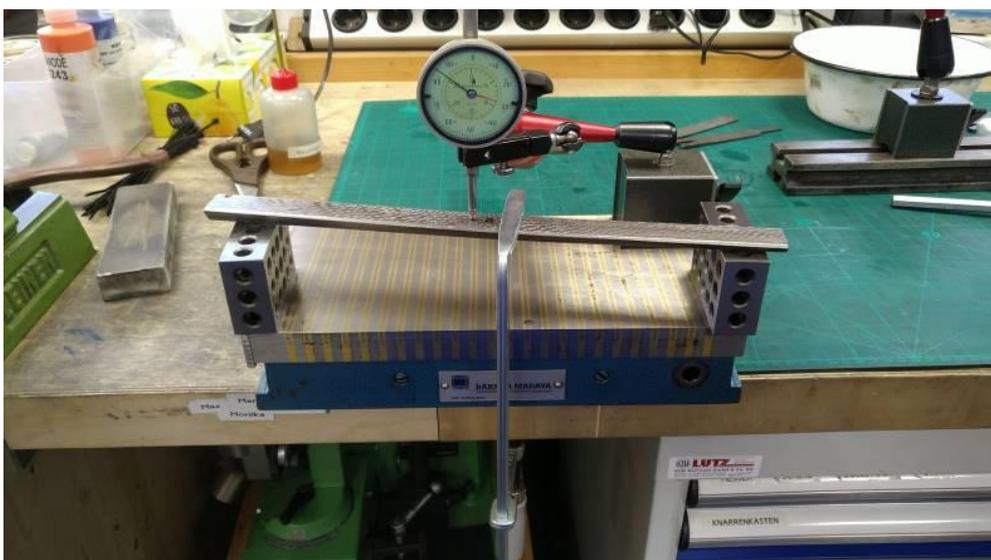


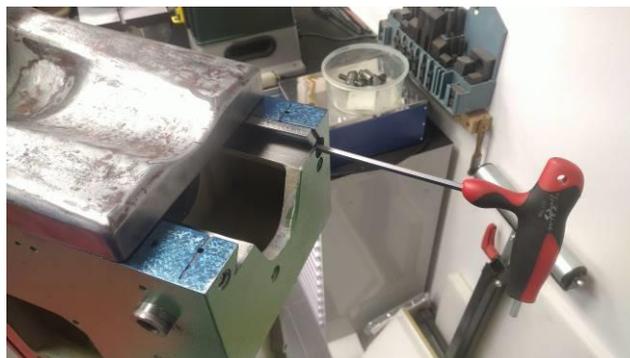
Abbildung 73: Vor-Biegen der Keilleiste mit Messuhr

Nach dem ersten Biegen sieht das Tuschiebild schon deutlich besser aus. Darauf aufsetzend, schabe ich die Keilleiste sukzessive auf beiden Seiten gerade.



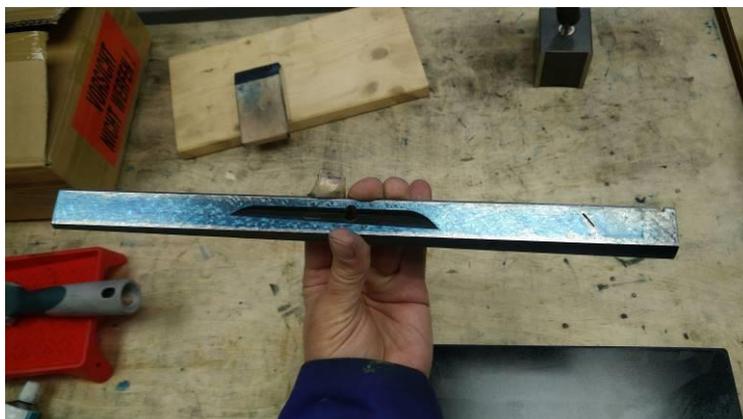
**Abbildung 74: dieselbe Keilleiste nach dem Biegen und etwas Schaben**

Dann setze ich die Keilleiste ein und prüfe mittels Tuschiepaste den Kontakt zu den beiden Seitenflächen.



**Abbildung 75: erste Anpassprobe**

Der Kontakt ist nach einigen Durchgängen schon gut, doch es gibt ein Problem: die Keilleiste ist -trotz vorherigen Richtens mit der Messuhr- bereits zu dünn geworden und guckt fast 2cm vorne heraus!



**Abbildung 76: schön! Überall Kontakt!**

Dann gibt es eigentlich nur noch eine Chance: Keilleiste mit aufgeklebtem Bronzeblech verdicken und dann erneut einschaben.



**Abbildung 77: Bronzeblech zum Aufdicken der Keilleiste**

Weil die Keilleiste länger ist als mein Stück Bronzeblech, muss ich zwei Schnipsel ausschneiden und hintereinander kleben.



**Abbildung 78: Bronzeblech ausschneiden**

Wie schon beim Reitstock meiner Leinen MLZ4S Drehmaschine erfolgreich angewendet, benutze ich wieder den Wekem WK-2400 Kleber.



**Abbildung 79: Wekem WK-2400 Kleber**

Eine Tuschieplatte mit aufgeklebtem Paketklebeband als Schutz dient als glatte und stabile Unterlage.



**Abbildung 80: Kleber aufgetragen**

Dann werden die Bronzebleche aufgelegt....



**Abbildung 81: Bronzeblech auflegen**

...angedrückt...



**Abbildung 82: andrücken**

und angezwängt.



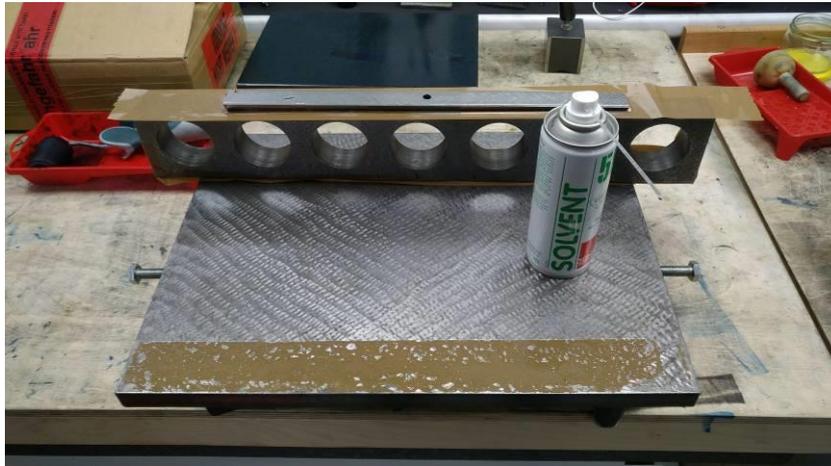
**Abbildung 83: anzwängen**

Vermutlich hätten es auch weniger getan, aber ich wollte einen möglichst gleichmäßigen Anpressdruck erreichen.



**Abbildung 84: viel hilft viel!**

Nach einer durchgetrockneten Nacht baue ich alles wieder auseinander. Leider hat sich das Paketklebeband unter dem Druck etwas zerdrückt, so dass ich Klebstofflöser brauche, um die Reste wieder runterzukriegen.



**Abbildung 85: Rückstände von Paketklebeband**

So sieht die Keilleiste danach aus.



**Abbildung 86: frisch aufgedickte Keilleiste**

Danach folgt das saubere Zuschneiden/Abfeilen der überstehenden Kanten sowie das erneute Einschaben. Dabei zeigt sich, dass der Kleber trotz der vielen Schraubzwingen an zwei erbsengroßen Stellen offensichtlich die Bronze nicht überall 100% richtig erreicht hat und die Schabeklinge kleine Bronzeplättchen aus dem Material herausschält. Nun gut, wir wollen die Kirche im Dorf lassen, es sind nur sehr kleine Stellen und der Rest ist bombenfest, daher kein Problem für uns.

## 26 Zusammenbau von Vorschub- und Fräsge- triebe

Es geht los- der Zusammenbau!

Beginnen werde ich damit, alle Wellen nacheinander wieder einzubauen. Davon gibt es in der FP1 einige. Das Deckel-Manual zeigt, dass wir im unteren Teil drei Wellen haben, die für das Vorschubgetriebe verantwortlich sind (Welle 3,4, und 5 in rot). Im oberen Teil haben wir das Getriebe für die Frässpindel(n)- über Welle 2 kommt die Antriebskraft (Motor), Welle 1 wählt verschiedene Übersetzungen und Welle 0 ist schließlich bereits die Horizontal-Frässspindel. Im Bild alles orange markiert.

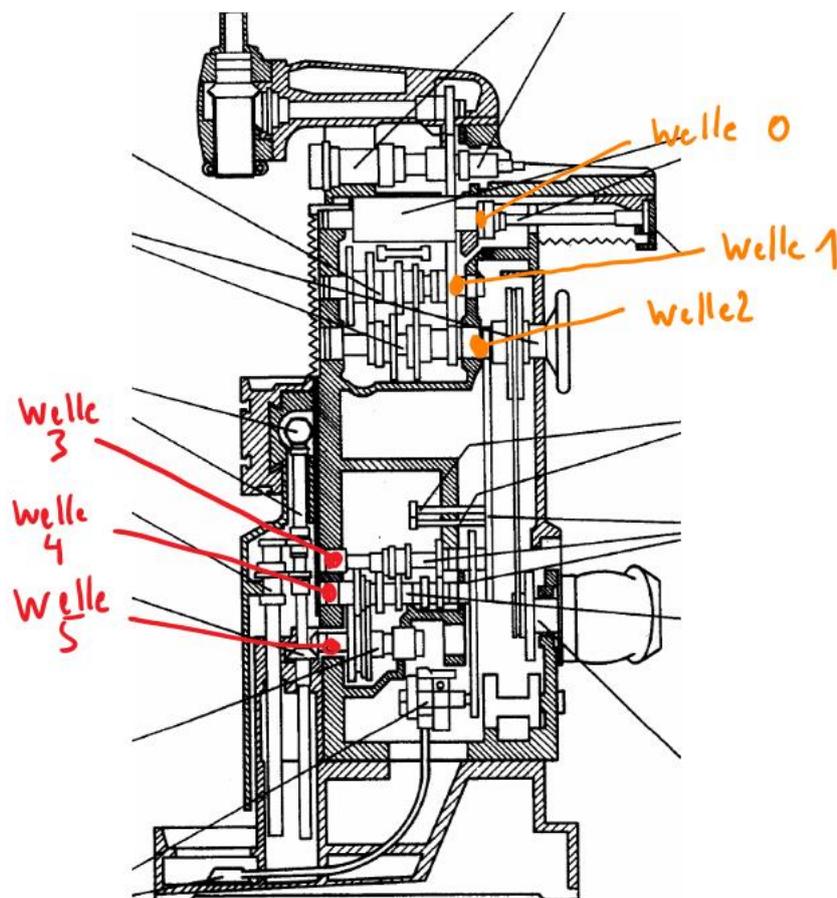


Abbildung 87: Übersicht der Wellen

Generell muss ich sagen, dass der Wiedereinbau der ganzen Getriebewellen ein ganz schönes Gefummel ist. Es gibt scheinbar immer nur genau **einen einzigen Weg des Einbaus**, den man aber jeweils erstmal herausfinden muss. Am Ende habe ich mir sogar kleine Videos mit dem Handy gefilmt, wie der Einbau an der jeweiligen Welle zu machen ist, damit ich später mal wieder nachsehen kann- sollte ich mal wieder in dieselbe Situation kommen (hoffentlich nie!).

Die folgenden Seiten beschreiben den Einbau für meine eigene Deckel FP1. Keine Gewähr, dass es bei anderen Maschinen genauso sein muss.

## 27 Welle Nr.5: Vorschubgetriebe

Wir beginnen ganz unten mit der untersten Welle.

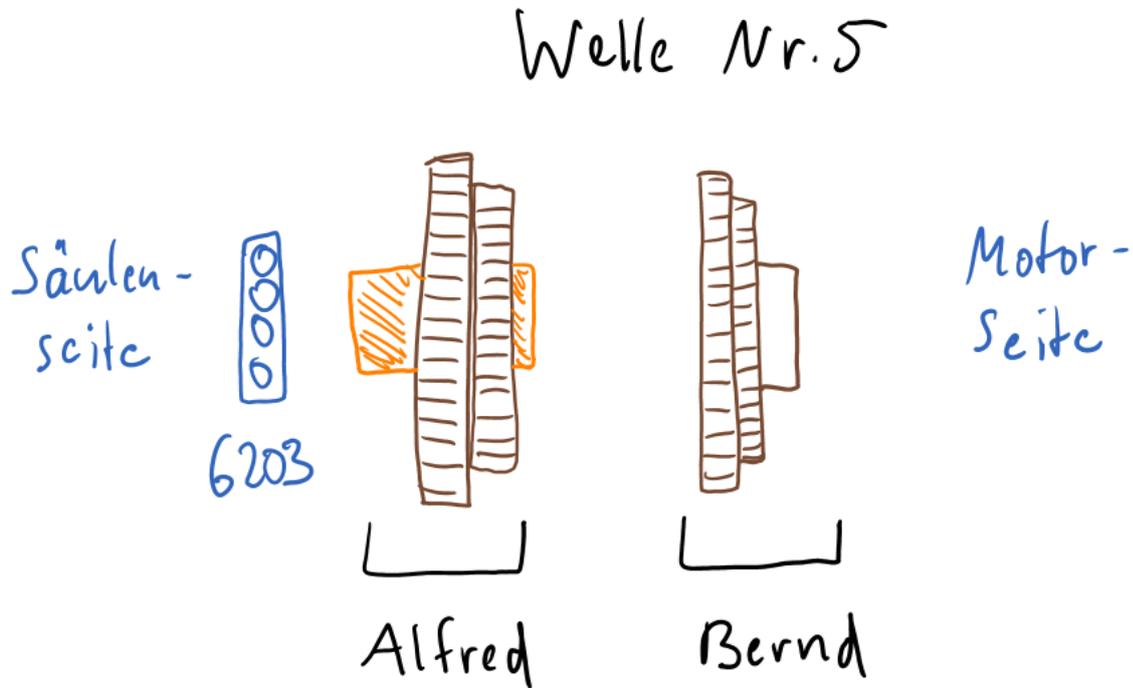


Abbildung 88: Welle Nr. 5

Bei Welle 5 beginnt man damit, das ganz große Zahnradpaket (Alfred) mit der Bronzebuchse erst einmal in die Maschinensäule zu legen. Dann legt man auch Bernd mit dazu. Jetzt erst schiebt man von hinten (also von der Motorseite her) die geschlitzte Hohlwelle durch die Öffnungen und versucht dann, im Innern das Zahnradpaket "Bernd" auf die Welle aufzuspießen. Die Teile sind super präzise gebaut, man darf nicht verkanten, sonst ist Bernd beleidigt und klemmt sofort. Viel Öl und viel leichtes Wackeln hilft beim Einführen der geschlitzten Welle in Bernd.

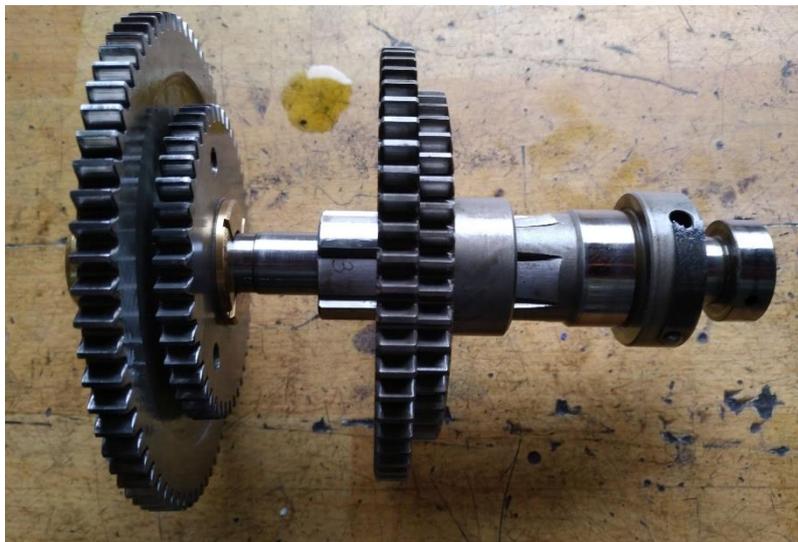


Abbildung 89: Welle 5 in natura

Okay, das klang jetzt etwas komisch. Aber wir sind ja alle tolerant und haben weder was gegen Schwule, noch Lesben, Diverse oder Tunten, und schon gar nicht gegen Leute, die zufällig Bernd heißen. Und schwul sind. Oder auch nicht.



**Abbildung 90: Alfred in Position bringen**

Egal, -erst wenn das alles sitzt, schiebt man die innere Welle (ebenfalls von der Motorseite her) in die geschlitzte Hohlwelle- und fädelt dabei nun auch Alfred (der mit der Bronzebuchse) auf. Liegt alles richtig, schlägt man von vorne das 6203 Kugellager drauf.

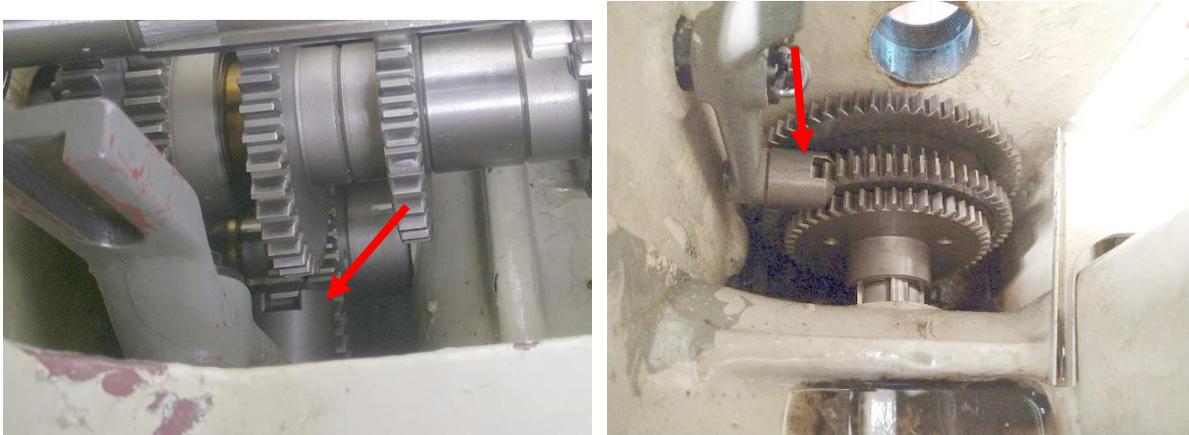
Spätestens jetzt dürften sich einige Leute bekringeln vor Lachen. Ich gebe zu, dass mein Text eine ganz andere Bedeutung bekommt, wenn man den Zahnrädern Namen gibt. Aber ich wollte sie nicht so langweilig beschriften wie A,B,C, usw.



**Abbildung 91: Zielgebiet für Welle 5 mit dem Umwerfer. Die lange Schräge (Pfeil) muss dann später nach unten zeigen und in Bernds großes Zahnrad greifen!**

Einen Hinweis noch an dieser Stelle:

Das Einsetzen von Bernd ist auch deswegen etwas fummelig, weil gleichzeitig das Umwerferstück in das größere der beiden Zahnräder eingreifen muss- und das auch noch mit seiner großen Schräge nach UNTEN!



**Abbildung 92: hier soll der Umwerfer hineingreifen (Pfeil)!**

Das "blind" durch Tasten hinzukriegen, ist nicht ganz einfach, denn man sieht in der Regel nicht wo man greift, wenn man mit dem Arm in der Fräse steckt. Man muss es erfühlen und viel Geduld mitbringen. Ich war froh, als es mir endlich gelang, das muss ich zugeben.

Das anschließende Reindreschen des Lagers auf die Welle sollte nur mit extrem viel Gefühl und nur mit einem absolut plan gedrehten Schlagstück (bei mir ein dafür gedrehtes Stück aus Grauguss mit außen 39,5mm und innen 20,0mm), erfolgen damit der Schlag auf **BEIDE** Ringe des Kugellagers gleichzeitig geht. Der Schlag darf **NIEMALS** durch die Kugeln selbst gehen, denn das schädigt sie und das Lager wird schon bald wieder ausfallen.

Idealerweise schlägt man bei Lagern ja nur auf EINEN von beiden Ringen (innen oder außen). Bei mir wurde das mit dem Schlagstück aber nötig, weil der Sitz des Innenrings auf der Welle so eng war, dass ich es von Hand nicht aufschieben konnte. Aufwärmen hing auch nicht, weil das Lager dadurch ja außen ebenfalls größer würde- was dann wiederum zu verstärktem Klemmen am Außenring geführt hätte. Ich hätte höchstens nur die Welle selbst im Gefrierschrank kleiner schrumpfen können- aber bei all dem Gebastel war ich froh, sie endlich in Position in der Fräse zu haben und nicht wieder alles noch einmal auseinanderreißen zu müssen!



**Abbildung 93: selbstgedrehtes Schlagstück aus Gusseisen**

Am Ende haben ein paar wirklich zarte Hammerschläge mit meiner Schlagbuchse ausgereicht, um das Lager sauber und vorsichtig in seine Endlage zu bringen. Ich bin mir sehr sicher, dass es damit nicht groß gelitten hat. Ich habe übrigens hinter das Ende der Welle zwei Holzklötzchen geklemmt, damit die Welle selbst durch die Hammerschläge mir nicht entgegenflutscht kommt.



**Abbildung 94: hintergelegte Holzklötzchen als Gegenlager**

Nachdem die Welle sitzt, habe ich mein Klüber NBU15 Fett herausgeholt und das 6203 Lager damit eingefettet. Bedenke: das ist eine offene Ausführung und bei Deckel vermute ich hinter jedem Designmerkmal auch Absicht. Da das Original offen war, habe ich die neuen Lager in derselben Ausführung bestellt. Möglicherweise wird es später durch das Getriebeöl im Innern der Fräse versorgt, aber ein Vorab-Schmieren mit Fett schadet sicher trotzdem nicht. Im Zweifelsfall wird es später durch das Hydrauliköl ausgewaschen und verdünnt sich- aber auch das wäre hier bei einem Fräsgetriebe absolut kein Problem. ALLES ist besser als Trockenlauf.

Am Ende kommt noch das Kegelzahnrad auf die Welle. Eine 6Kantschraube mit 10mm Schlüsselweite kommt hier zum Einsatz. Vorher die Passfeder nicht vergessen. Am Ende mit einem Schlagschrauber das Ding anziehen, denn sonst wird es mit dem Gegenhalten etwas schwierig. Ich habe dafür ein altes Handtuch genommen. Hat geklappt.



Abbildung 95: das Kegelrad sitzt

Der Vollständigkeit halber: so ist die Schnittzeichnung im Deckel FP1 Manual für Welle 5. Ich persönlich erkenne aus meinen selbstgemalten Bildern mehr, aber ich bin ja auch kein gelernter Metallbauer ;-)

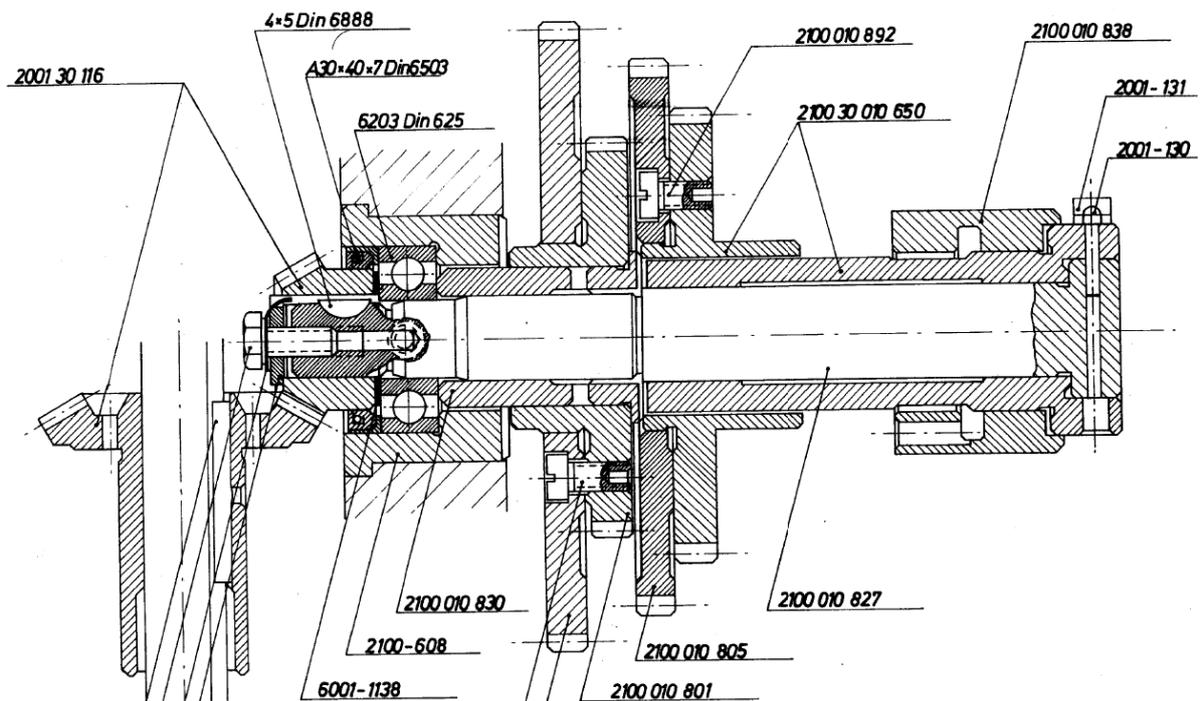


Abbildung 96: Welle 5 im Deckel Ersatzteilplan

## 28 Welle Nr. 4

Wir arbeiten uns hoch. Die darüberliegende Welle Nr. 4 gehört ebenfalls zum Vorschubgetriebe.



Abbildung 97: Welle Nr.4 in der Realität

Der Einbau ist leider genauso ein Gepfriemel.

Man schafft es nur, wenn man die Welle selbst vorher erst komplett "nackt" macht. Man legt Doris so vor das Loch in das Getriebegehäuse, so dass man Doris' Bronzebuchse von außen sehen kann. Dann nimmt man die Welle in die Hand, steckt sie von der Säulenseite her ein und fädelt Doris damit im Innern auf.

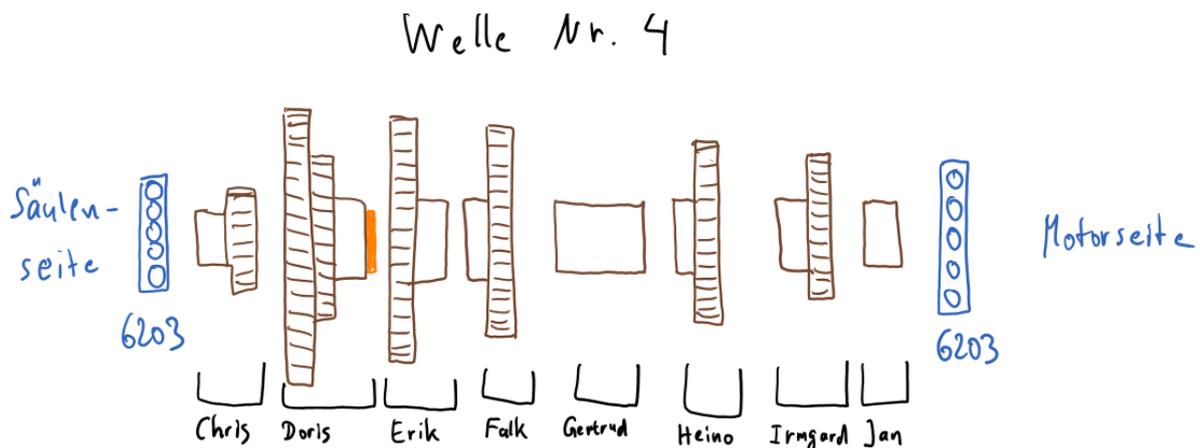
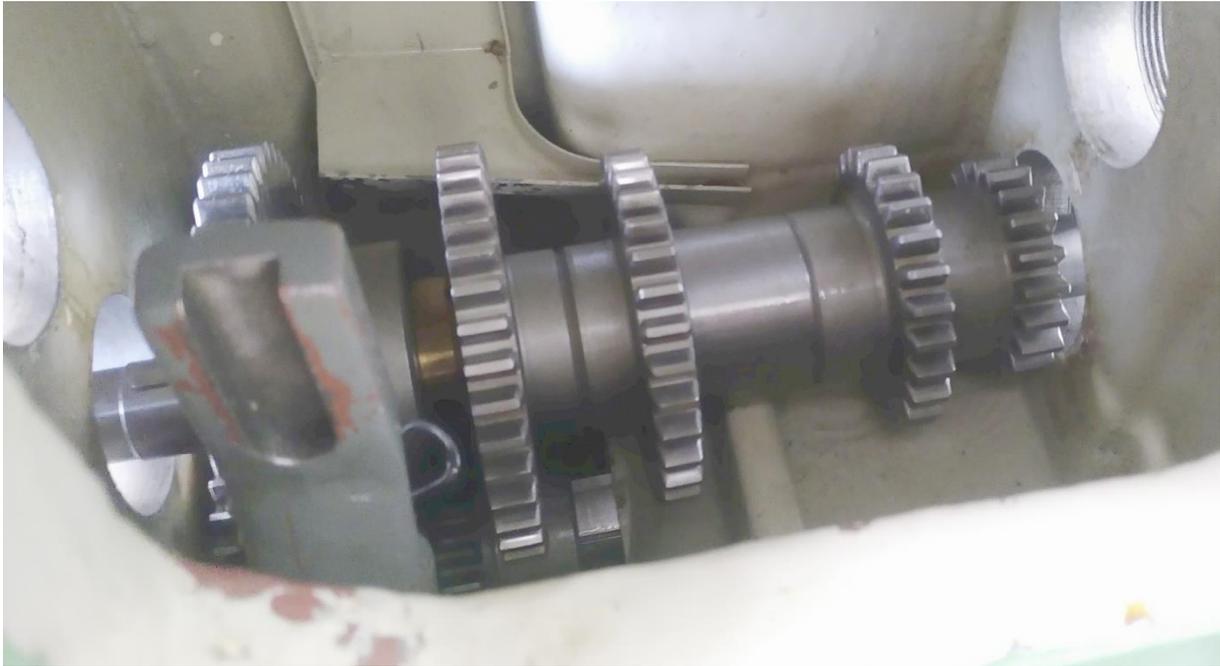


Abbildung 98: Welle Nr. 4

Sobald das erledigt ist, steckt man Erik und Falk hinterher. Aufpassen: sie alle haben eine Nut, so dass sie nur in einer ganz bestimmten Lage aufgeschoben werden können. Etwas Öl und Geduld helfen dabei, die richtige Position zu finden.

Gertrud geht leicht, jedoch Heino und Irmgard können nur zusammen aufgefädelt werden, weil sonst kein Platz mehr im Gehäuse ist, um sie einzeln einzusetzen.



**Abbildung 99: die Zahnräder sind bereits alle lose aufgefädelt**

Jan ist eine abschließend aufgesteckte Buchse, die man von außen nachschieben kann (Motorseite).

Genauso macht man es bei Chris: da er gerade so durch das Loch auf der Säulenseite passt, kann man ihn nun schließlich von außen ebenfalls aufschieben.



**Abbildung 100: Chris ist klein genug, dass er durch's Loch passt**

Nun kommen die beiden offenen 6203 Lager von beiden Seite aufgesteckt- das geht superleicht von Hand. Abgeschlossen werden die Enden der Welle durch das Aufschrauben zweier Stirnlochschauben. Um die überhaupt lösen zu können, habe ich mir damals wirklich zwei(!) Vorsätze für den Schlagschrauber und 1/2"-Knarre bauen müssen. Die benutze ich nun zum Wieder-Verschrauben. Mit der Knarre halte ich hinten gegen und von vorne benutze ich den auf Minimal-Power eingestellten Schlagschrauber.



**Abbildung 101: Vorsätze für die Stirnlochmuttern (hier gezeigt beim Ausbau damals)**

Jetzt kommt noch was Kniffliges: die korrekte Lageeinstellung. Momentan kann man die Welle noch ein paar Zentimeter frei beweglich entlang ihrer Achse hin- und herschieben. Erst durch das Einlegen von Distanzringen und anschließendem Aufschrauben der Deckelplatten wird die korrekte Lage eingestellt und fixiert.

Wie genau das geht, dazu kommen wir gleich.

Hier aber noch erst das Schnittbild für Welle 4 aus dem Deckel Manual.

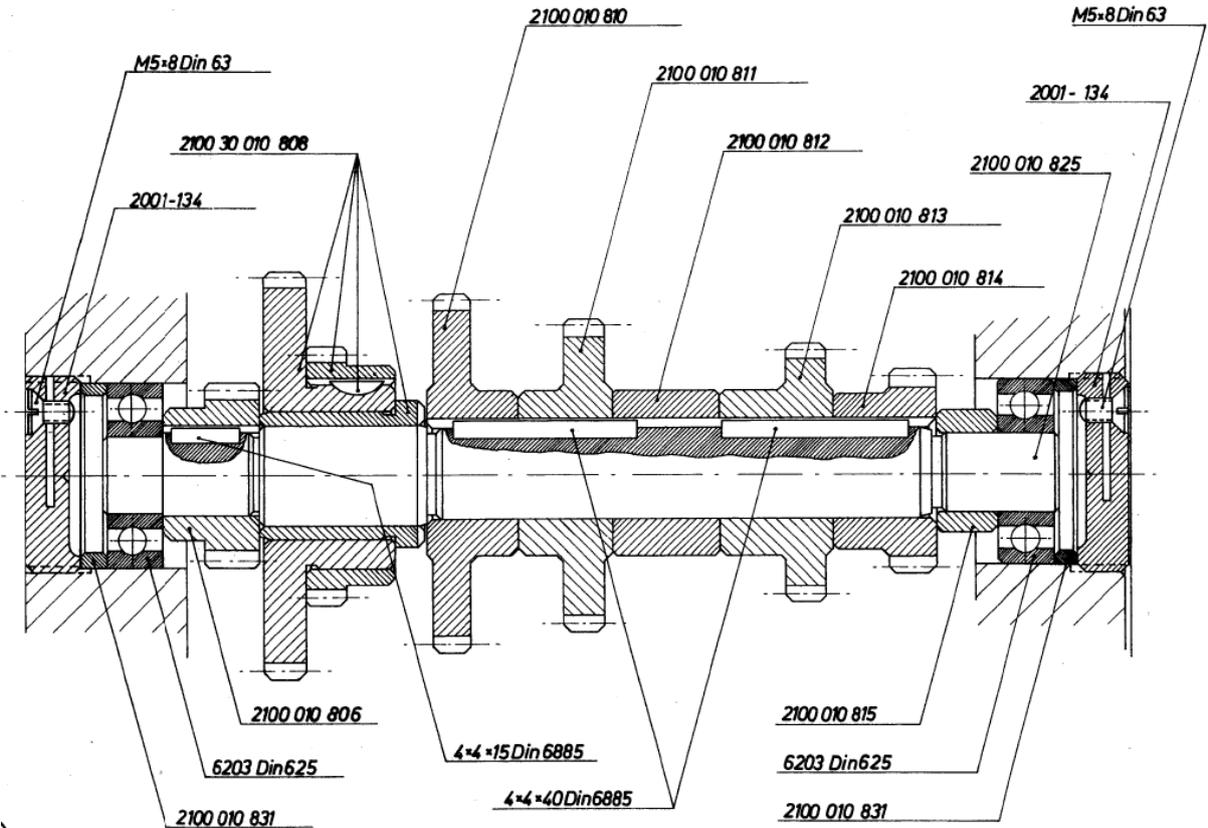


Abbildung 102: Welle 4 im Deckel Ersatzteilplan

## 29 Welle Nr. 3

Die letzte der Getriebewellen im Vorschubgetriebe ist Nr.3. Der Einbau ist diesmal nicht ganz so kompliziert wie bei Nr. 4 und 5, es gelingt mit weniger Gefummel.

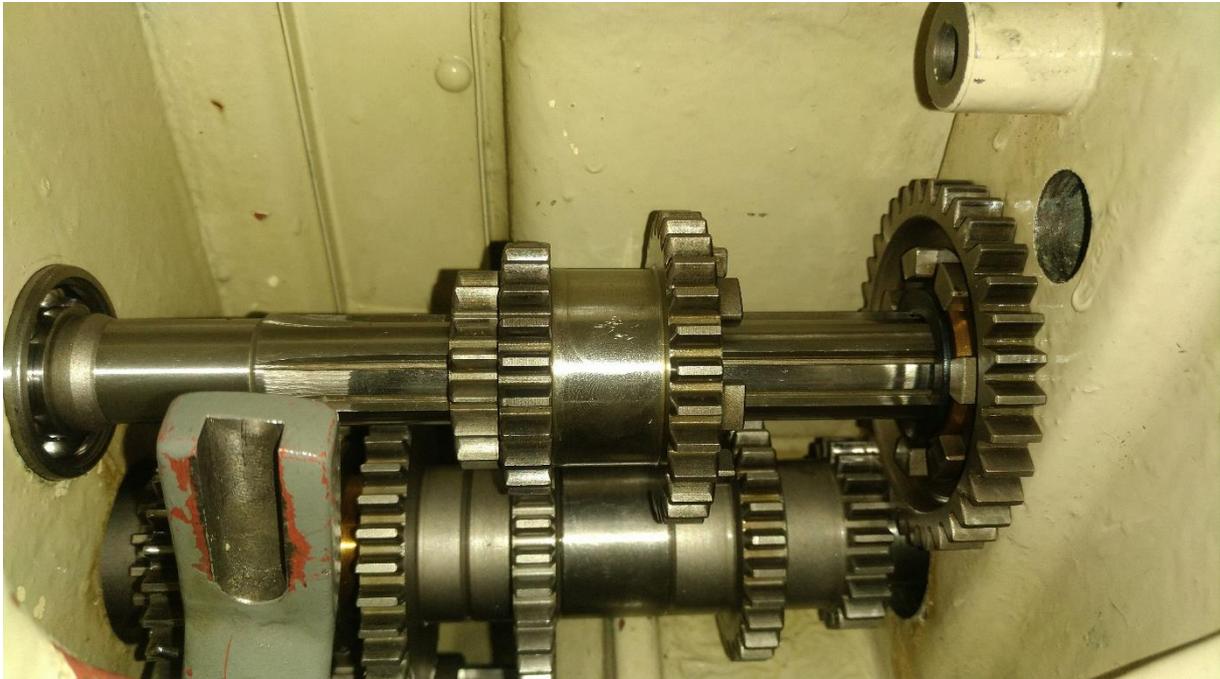


Abbildung 103: Welle Nr.3 in eingebautem Zustand (die oberste)



Abbildung 104: Welle ausgebaut

## Welle Nr. 3

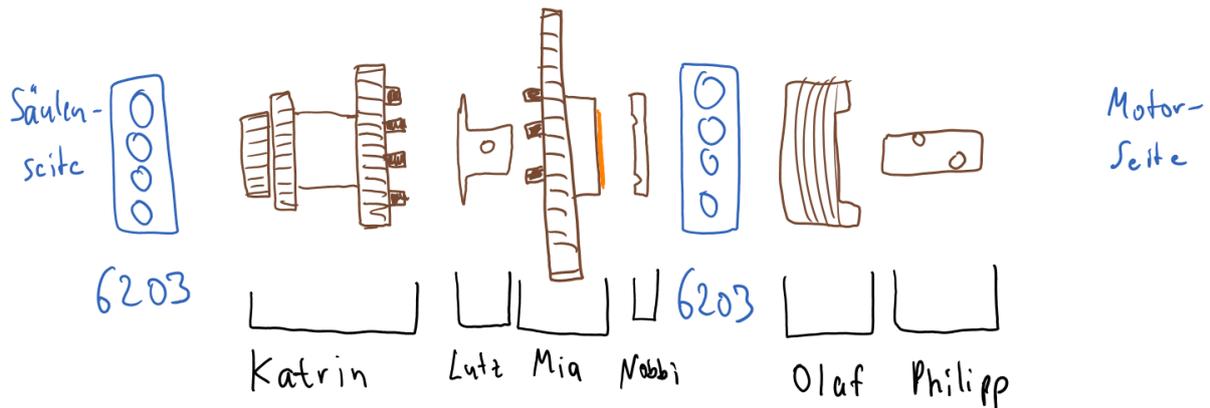


Abbildung 105: Welle Nr. 3

Interessant ist hier, dass die Welle am motorseitigen Ende die beiden Gliederketten hat für Kühlmittelpumpe und Antrieb. Das Ein- und Auskuppeln der Kühlmittelpumpe funktioniert über einen Hebelmechanismus und eine Trenngabel. Das ist auch nicht wirklich komplex, allerdings muss man aufpassen, dass man keine kleinen Einzelteile verliert. Philipp hat zum Beispiel eine kleine Madenschraube zum Feststellen im Flansch und auch die Unterlegscheibe und Schlitzschraube zum Anschrauben der Kettenräder kann man leicht verlieren. Ebenso wie die Madenschraube, Feder und Kegelstift an der Trenngabel.



Abbildung 106: Philipp hat eine kleine Madenschraube. Bei mir kommt sie beim Einschrauben von Philipp ganz genau rechts auf exakt 90° zum Liegen!

Nobbi muss unbedingt korrekt herum eingelegt werden, damit seine Ölnuten/Kerben den Bronzeinsatz von Mia angucken und dort etwas Öl zur Lagerstelle hindurchlassen. Lutz wird so auf die Welle aufgeschoben, dass er als Anlage- und Gleitfläche für Mia dient.

Philipp wird erst am Ende aufgeschoben und dient dann als Basis für die Kettenräder (im Bild nicht eingezeichnet).

Die Deckel Schnitzzeichnung für Welle Nr.3:

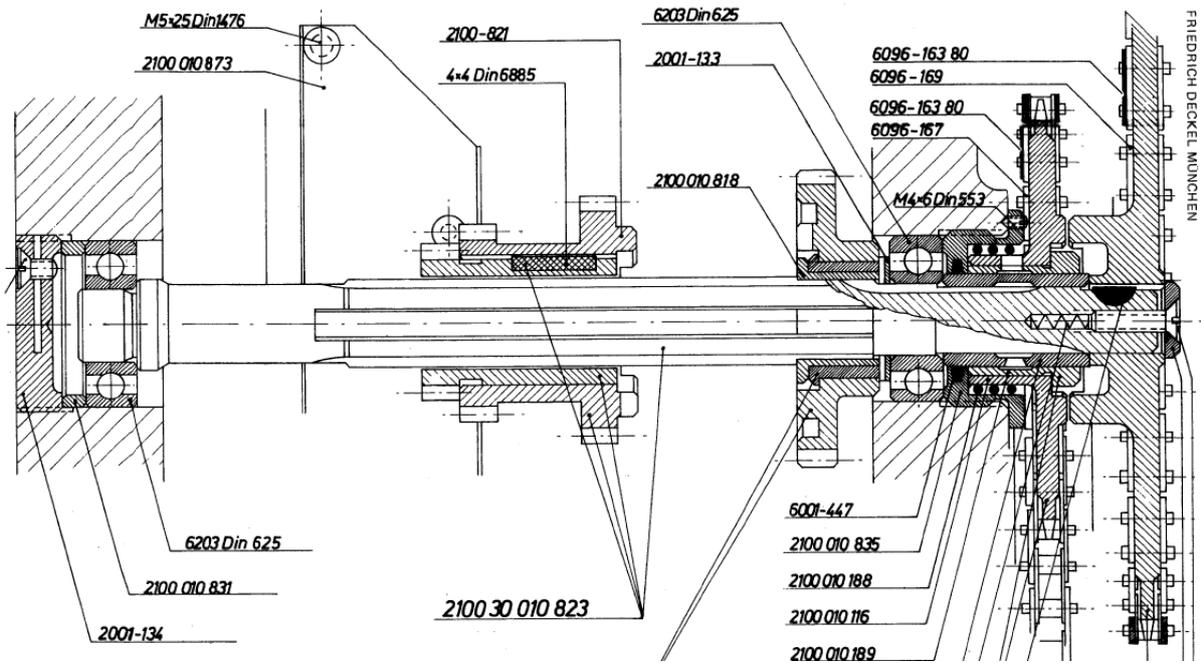


Abbildung 107: Welle 3 im Deckel Ersatzteilplan

So sieht die Trenngabel aus. Der nach links herausguckende Kegelstift muss noch gekürzt werden.



Abbildung 108: Trenngabel eingebaut

## 30 Alles paletti im Vorschub?

Mit Welle 5, 4 und 3 alle Teile des Vorschubgetriebes eingebaut. Nun geht es darum, dass die Lage der Achsen zueinander auch korrekt eingestellt ist und damit die Zahnräder auch mit möglichst viel Berührungsfläche mittig ineinander greifen.

Das einzustellen ist auch wieder etwas Gefummel, denn man kann leider die Flucht der ineinander greifenden Zahnradpartner nicht immer ohne weiteres gut sehen, sondern muss auch manchmal mit dem Finger blind im Getriebekasten "fühlen", ob die Zahnräder übereinander stehen oder seitlich grob verschoben sind. Erschwerend kommt bei mir hinzu, dass vermutlich jemand die im Deckel-Plan unter der Nummer 2100 010 831 geführten Distanzscheiben möglicherweise modifiziert hat. Jedenfalls kommen diese Scheiben in meiner Maschine drei mal vor, haben im Plan auch überall dieselbe Teilenummer- allerdings in der Realität alle eine unterschiedliche Dicke! Kann denn sowas sein?



Abbildung 109: links der Ring 2100 010 831, rechts die Schraubkappe

Ich baue die Ringe alle nochmal aus und messe mit dem Messschieber nach:

Welle 3 vorne: 7,0mm

Welle 4 vorne: 6,8mm

Welle 4 hinten (Motorseite): 5,2mm

Wenn wir uns dann mal die Abbildung 102 schauen (also den originalen Deckel Ersatzteilplan), so finden wir sowohl am linken als auch rechten Ende dieselbe Teilenummer (2100 010 831), allerdings sieht es mir auch in der Zeichnung so aus, als ob der rechte Ring etwas schmaler als der linke gezeichnet sei!

Ich messe es auf dem Bildschirm nach: wenn der linke 7mm breit ist, messe ich den rechten mit dem Lineal nur zu etwa 6mm. Ist das dasselbe Verhältnis wie in der Realität?

Reales Bauteil mit Messschieber gemessen:  $5,2/7 = 0,74$

Zeichnung am Computerbildschirm abgemessen:  $6/7=0,85$

Real gemessener Ring und nachgemessen am Bildschirm unterscheiden sich um gerade mal 13%. Auch wenn ich stark in die Zeichnung hineinzoome, messe ich denselben Faktor zwischen linken und rechtem Ring (der rechte ist um Faktor 0,85 dünner gezeichnet).

Sollte es daher also wirklich so sein, dass es das Teil 2100 010 831 tatsächlich in verschiedenen Dicken gibt? Müsste es da nicht eine andere Teilnummer haben? So kenne ich es jedenfalls aus der Industrie: nur Teile mit identischen Eigenschaften und Merkmalen haben auch eine identische Teilnummer!

Wie auch immer: letztendlich ist das Absolutmaß der Ringe wahrscheinlich gar nicht so wichtig, denn am Ende wird die Achslage eh dadurch bestimmt, wie weit die Schraubkappen eingedreht sind. Nur wenn die Schraubkappe am Ende des Gewindegangs ist (=Ring zu dünn) oder vorn heraussteht (=Ring zu breit), müsste man die Ringe irgendwie abändern. Ob ich das aber überhaupt machen muss, oder nicht einfach auch mit den Ringen so leben kann, wie sie im Moment sind, wird sich gleich zeigen, nachdem ich die Justierung gemacht habe.

## 31 axiale Justierung der Wellen (Vorschub)

Mann, was das ein Akt!

Ich weiß nicht, wie viele Versuche ich gemacht habe, wie viele MB ich das in kleinen Videos mit dem Handy gefilmt habe und wie oft ich die Schraubkappen nun neu eingestellt habe- mit Messuhr und ohne.

Irgendwie hat es erst mit dem folgenden Vorgehen geklappt, daher bin ich der Meinung, dass es eigentlich nur wie folgt gehen kann:

Wir beginnen mit Welle 3 und schrauben Olaf ein. Wenn alles richtig ist, kommt der am Gehäuse am Ende genau so zum Liegen, dass man seine kleine Inbusschraube eindrehen kann und die dann just in die unter ihr liegende Mulde greift. Zumindest war das bei mir so. Dabei liegt die kleine Mutter dann genau auf der rechten Seite von Olaf. Siehe dazu auch Abbildung 106.

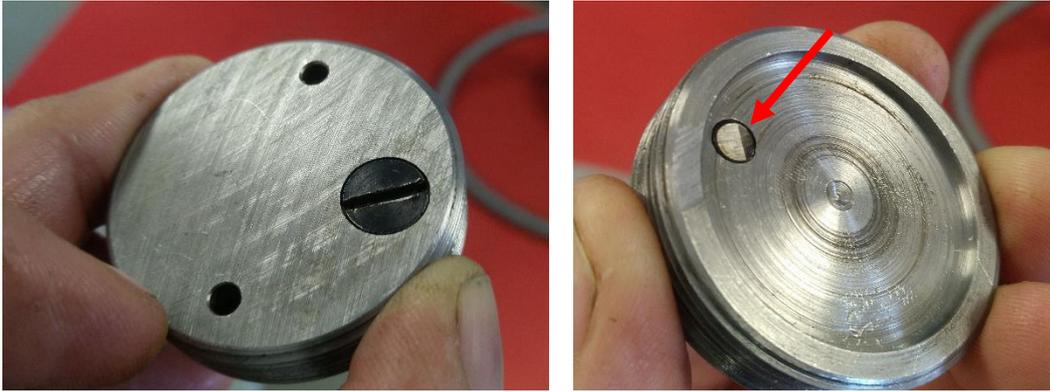
Nun hat Welle 3 rechts mit Olaf einen festen axialen Anschlag. Wenn wir also nun an Welle 3 etwas wackeln, werden wir feststellen, dass wir sie axial noch leicht hin- und herschieben können. Nun wackeln wir weiter und ziehen dabei die säulen-seitige Schraubkappe (mit Unterlegring) langsam an. Wir bemerken, dass das Wackelspiel dabei immer kleiner wird. Kurz bevor das Spiel wirklich Null wird, halten wir an und fixieren die Schraubkappe. Das geschieht mit der kleinen Schlitzschraube, die bewirkt, dass sich das gesamte Bauteil im Gewinde verspannt und sich damit dann nicht mehr drehen lässt (es verklemmt, das ist gewollt).



Abbildung 110: Schraubkappe mit Distanzring kurz vor dem Eindrehen an Welle 3

Bei mir ist da vorher noch ein Problem aufgetaucht- nämlich dass die Festklemmschraube zu lang war und beim Eindrehen nicht nur das Gewinde (gewollt) verklemmte, sondern auch an die Welle anstieß (ungewollt!).

Also musste ich die Schlitzschraube ausdrehen und am Doppelschleifer erst etwas kürzen. Keinesfalls darf sie -auch in angezogenem Zustand- höher aufragen als der Rand/Kragen der Schraubkappe!



**Abbildung 111: Schraubkappe mit Klemmschraube. Ihr Ende darf keinesfalls zu weit herausstehen! (Pfeil)**

Mit dem Aufdrehen und Festklemmen der Schraubkappe ist das Axialspiel der Welle festgelegt. Man kann hinten ans Wellenende eine Messuhr anstellen und dann von Hand axial an Welle 3 wackeln- bei mir tut sich da so gut wie nichts mehr ( $<10\mu\text{m}$ ). Verspannen darf man das System natürlich auch nicht- also immer schön kontrollieren, ob sich die Welle noch leicht und sauber drehen lässt.



**Abbildung 112: Axialspielkontrolle mit Messuhr**

Nun ist Welle 3 eingestellt. Davon ausgehend brachte ich nun Welle 4 in dieselbe Lafebene wie Welle 3. Lutz, Mia und Nobbi werden ja durch Olaf in ihrer Lage auf der Welle fixiert. Damit ist auch die Laufbahn von Mia sauber definiert.

Nun stellen wir Welle 4 so ein, dass Irmgard möglich auf genau dieselbe Laufbahn kommt wie Mia (Welle 3). Das geschieht durch Verstellen/Eindreihen der beiden Schraubkappen mit ihren Unterleglingen. Mia gibt dabei die Lafebene vor und Irmgard wird daran ausgerichtet.

Ich habe das so gemacht, dass ich die Welle 4 zuerst so weit es ging in Richtung Bediener gezogen habe (also in Richtung Schwalbenschwanz an der Säule). Dementsprechend war die Laufbahn von Irmgard noch zu weit vorne. Durch langsames Eindrehen der vorderen Schraubkappe an Welle 4 kann man gut beobachten, wie sich Irmgard immer weiter in Richtung Mia bewegt (=in Richtung Motorseite). Irgendwann steht Irmgard ganz genau unter Mia. So wollen wir es haben, also jetzt die vordere Schraubkappe so arretieren. Danach schrauben wir die hintere Schraubkappe ein und arretieren auch sie.

Eine finale Kontrolle, bei dem man alle verschiebbaren Zahnradblöcke hin- und herschiebt und auch den Umwerfer an Welle 5 nicht vergisst, macht Sinn. Es sollte sich alles frei und sauber und ohne viel Kraft drehen lassen.

## 32 Welle Nr. 1: Fräsgetriebe

Wir beginnen nun mit dem Einbau des Fräsgetriebes. Das geht zwingend nur, wenn man mit Welle Nr.1 beginnt, denn bei eingebauter Welle 2 behindert diese den Zugang zu den dicken Zahnrädern und man bekommt sie weder rein noch raus!

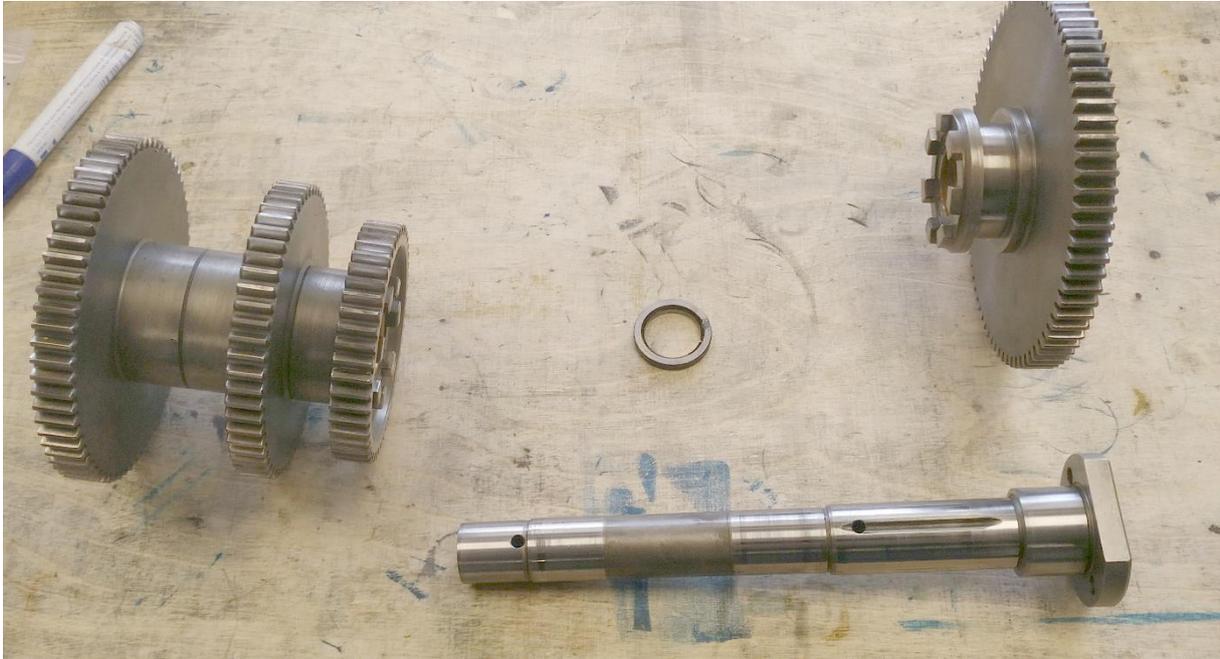


Abbildung 113: die Teile von Welle 1 in der Realität

Welle 1 ist nicht schwer, aber es gibt ein paar Details zu beachten. Beginnen tun wir damit, Brigitte in den Fräsgetriebekasten zu bugsieren (an die SSW-Seite). Dann wird Detlef vor das motorseitige Wellenloch gelegt. Dann schieben wir die Welle 1 (sie hat am Ende einen Flansch) von der Motorseite her von hinten in die Maschine und fädeln Detlef auf.

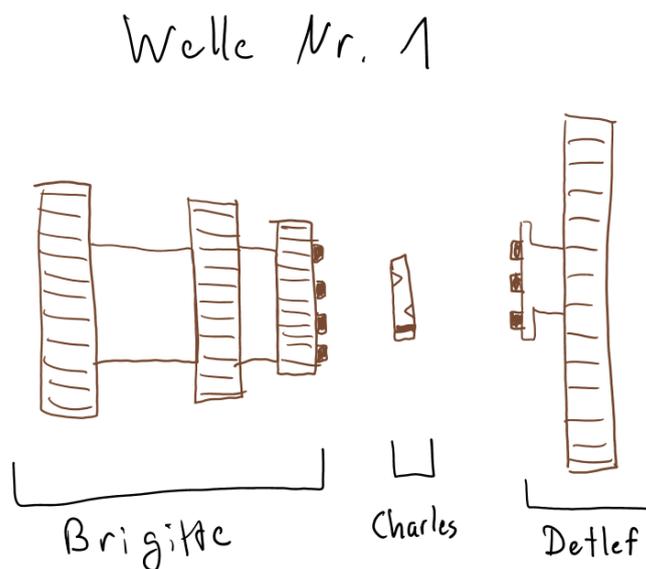
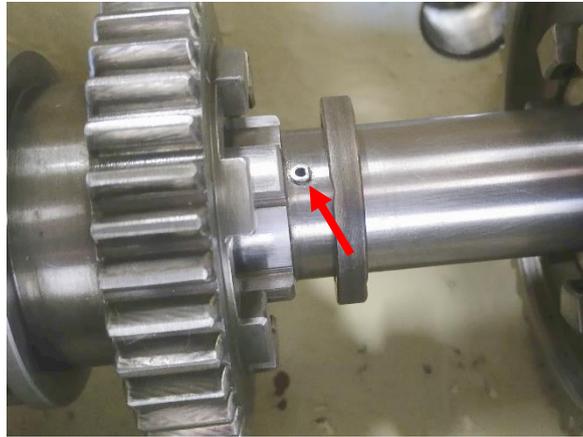


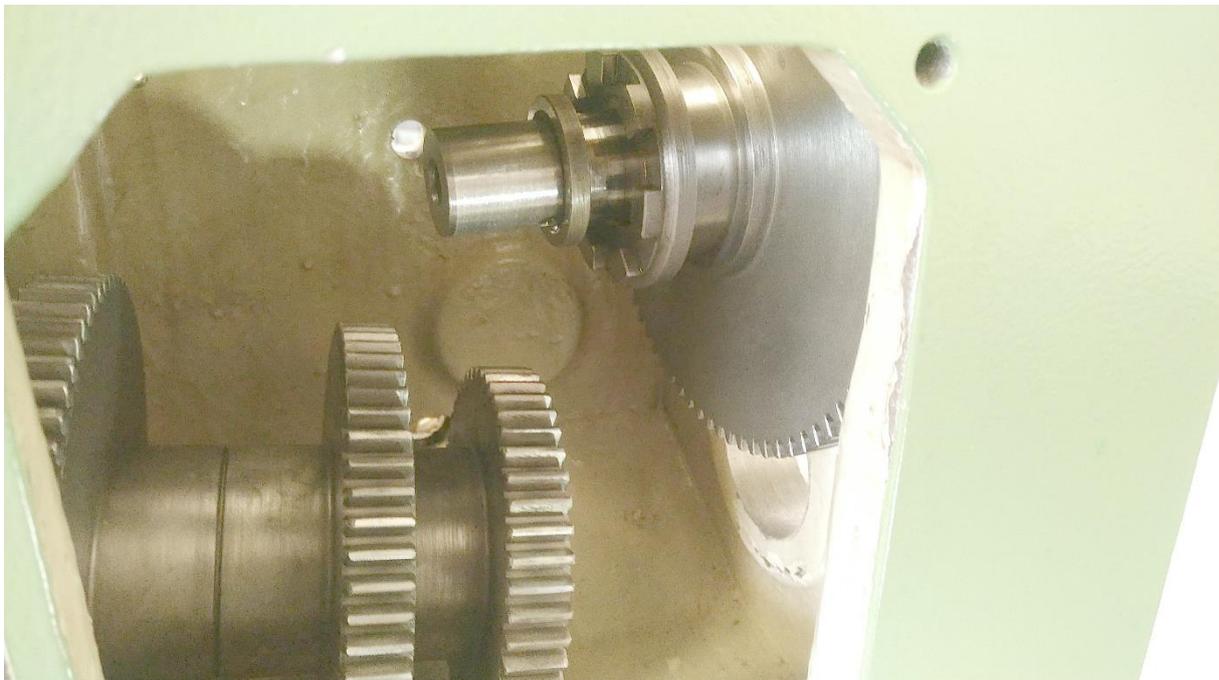
Abbildung 114: Welle Nr.1

Vorsicht jetzt bei Charles: er hat nicht nur zwei Ölkerben, sondern auch eine Passfedernut, die ganz sorgfältig auf den winzigen Mitnehmerstift auf der Welle 1 aufgeschoben werden muss. Bei meiner Maschine war dieser Mitnehmerstift leider schon ziemlich abgenutzt. Wie und warum, dafür finde ich absolut keine Erklärung, denn eigentlich sollte sich Charles- einmal korrekt aufgeschoben- auf der Welle selbst nicht mehr drehen und damit am Mitnehmer keine Abnutzung erzeugen können.



**Abbildung 115: winziger Mitnehmerstift (hier im Beispiel an Welle 2 gezeigt)**

Wie auch immer: sobald Charles und Detlef aufgefädelt sind, wird Brigitte ebenfalls aufgespießt. Danach versuchen wir, die ganze Welle mit den aufgefädelten Zahnrädern in die SSW-seitige Bronzebuchse einzuschieben. Vorher natürlich peinlichst saubermachen und leicht einölen, damit es besser flutscht.



**Abbildung 116: Charles und Detlef sind aufgefädelt, die "dicke Brigitte" wartet schon unten**

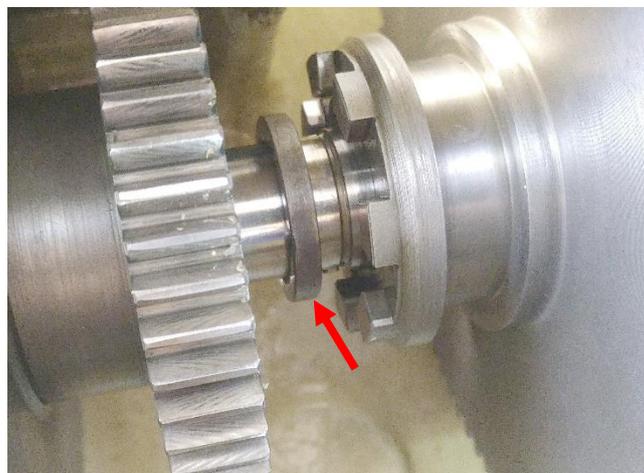
Nunja- flutschen tut es trotzdem nicht, weil man den Endflansch von Welle 1 am Ende ganz schön reinkloppen muss. Und jetzt ein Fallstrick:

Wenn man den Gummihammer benutzt und die restlichen Zentimeter der Welle 1 damit ein- treibt, passiert folgendes: der sorgfältig auf den Mitnehmernippel aufgeschobene Charles ruckelt sich aus seinem Sitz, wird dann irgendwann aber von Brigitte wieder zurückgeschoben- und verfehlt dabei aber 100%ig den Mitnehmernippel und blockiert dann die weitere Mon- tage!



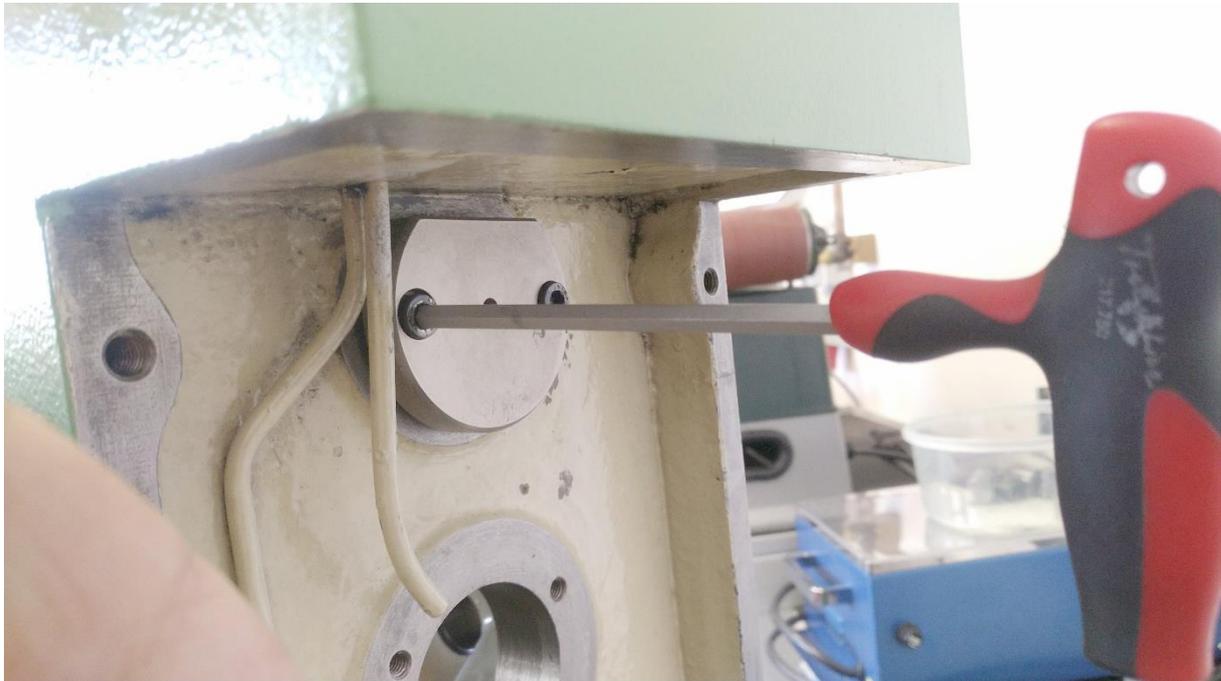
**Abbildung 117: Welle 1 wird eingeschoben. Zuletzt geht es sehr stramm, aber man sollte den Gummihammer trotzdem in der Schublade lassen! Warum- sehe Text!**

Auf diese Weise hätte ich mir im ersten Versuch fast den kleinen Mitnehmernippel abge- schert!! Ist das meinem Vorbesitzer vielleicht auch so gegangen und daher die Abnutzung?



**Abbildung 118: da haben wir den Salat: durch den Einsatz des Gummihammers haben wir Charles verse- hentlich vom Mitnehmerstift heruntervibriert- das verhindert den weiteren Zusammenbau!**

Glücklicherweise habe ich das noch vorher bemerkt, konnte den Mitnehmer wieder vorsichtig zurückklopfen und die Montage anders machen: anstatt des Gummihammers habe ich für die letzten 1..2cm die originalen Flanschschrauben eingedreht und die Welle das letzte Stück dann durch wechselweises Andrehen der Schrauben eingezogen. Das ging sehr schön, erzeugt keinerlei Vibrationen und wenn man etwas gefühlvoll mit den Schrauben umgeht, reißt man auch keine ab und kann die Welle sauber einführen und befestigen.



**Abbildung 119: bessere Lösung: die letzten zwei Zentimeter des Flansches lieber mit gefühlvollem wechselseitigem Anziehen der Inbusschrauben zurücklegen. So bleibt Charles auch in Position und verklemmt sich nicht**

Uff! Welle 1 drin.

### 33 Welle Nr. 2

Weil wir bei Welle 2 zwei Stück NJ205-Lager mit separaten Laufbuchsen haben (NU205), die einen sehr strammen Sitz auf der Welle haben, muss der Einbau und insbesondere die Reihenfolge des Einbaus gut überlegt sein!



Abbildung 120: alle Teile von Welle 2 ausgebreitet.

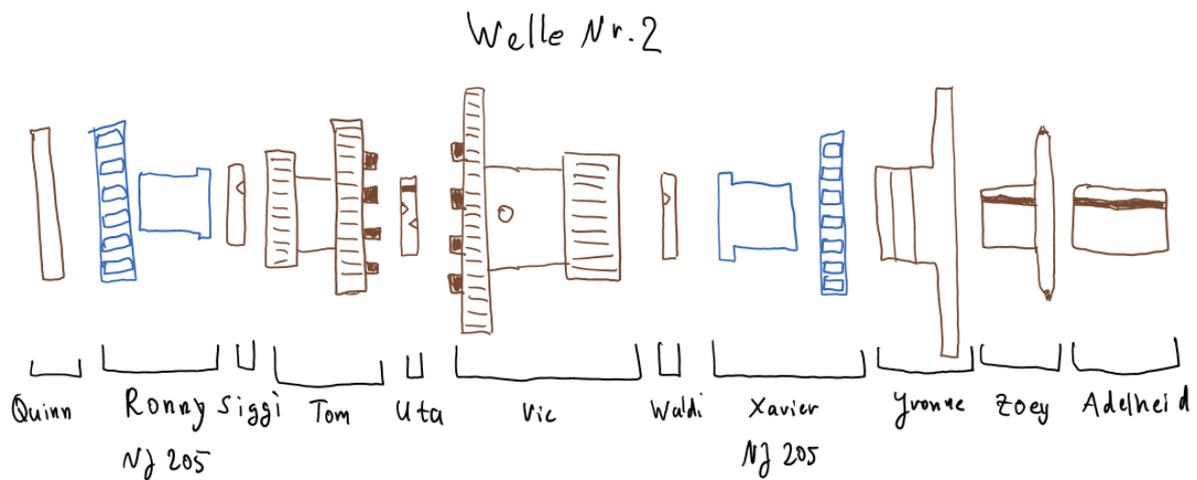


Abbildung 121: Welle Nr. 2

Wir beginnen mit der nackten Welle. Der geschlitzte Knubbelteil ist links (also zur Schwalbenschwanzseite der Säule hin zeigend).

So werfen wir die Welle von der SSW-Seite her in die Säule (in Richtung Motor).



Abbildung 122: wir schieben Welle 2 ein

Im Innern schieben wir dann Tom auf die Welle, gefolgt von Uta. Achtung: Uta hat -genauso wie Charles vorher- eine kleine Passfedernut, die auf den kleinen Mitnehmerstift der Welle greifen muss!



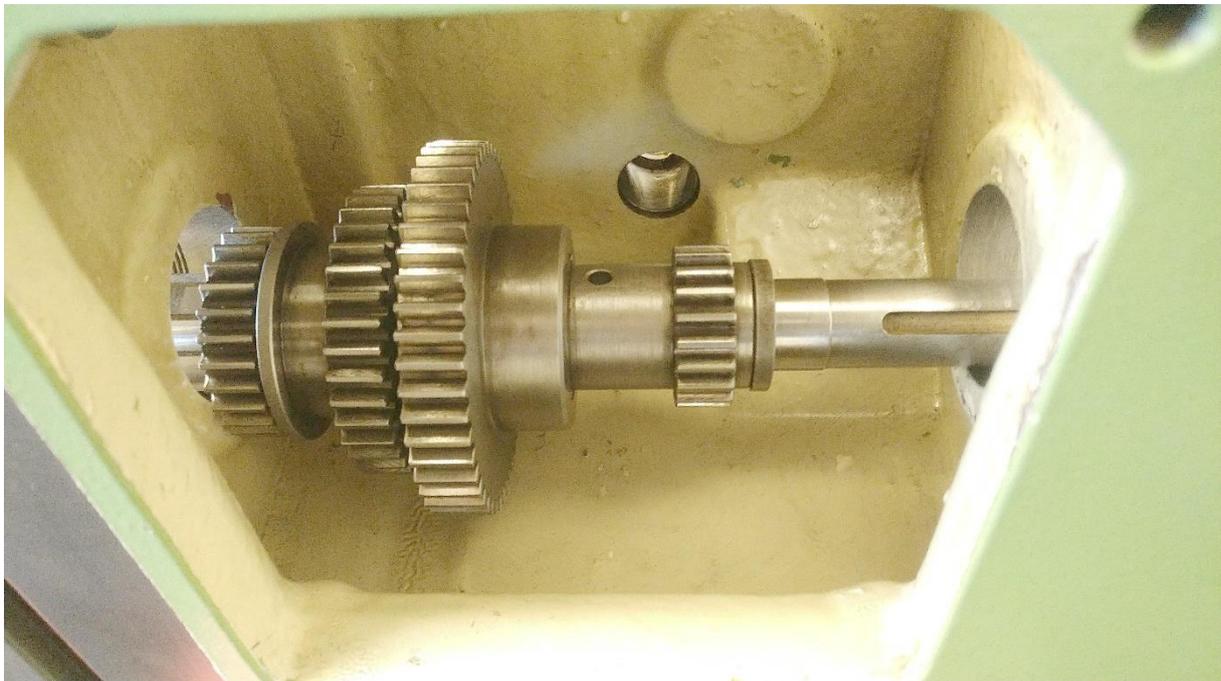
**Abbildung 123: Tom ist schon drauf**

Dann schieben wir Vic hinterher. Tom, Uta und Vic schieben wir zu einem Bündel zusammen und platzieren es möglichst weit links auf der Welle. Darauf achten, dass Uta stets richtig liegt, es geht ganz schnell, dass der Mitnehmerstift sie nicht mehr richtig greift!



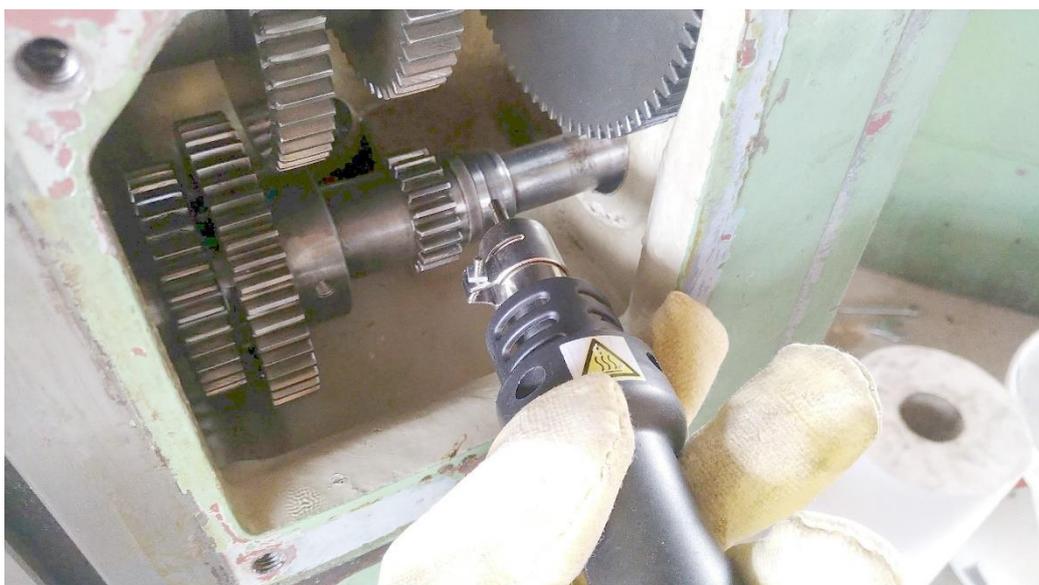
**Abbildung 124: Tom, Uta und Vic. Noch einzeln, aber gleich werden wir sie zusammenschieben und als Paket ganz nach links bewegen**

Dann kommt Waldi von rechts. Auf die Kerbnut achten, dass sie richtig liegt. Sie zeigt immer vom Lagerring weg, also zu dem sich auf der Welle bewegenden Teil (der innere Lagerring ist ja fest auf die Achse gepresst und bewegt sich nicht)!



**Abbildung 125: alles ist bereit für den Lagerring Xavier!**

Sobald die Teile aufgesteckt sind, legen wir die Welle so hin, dass wir den inneren Lagerring von Xavier aufbringen können. Wie ich bereits sagte, scheint das hier eine Presspassung (Übermaßpassung) zu sein. Will sagen: Xavier geht nicht so leicht auf die Welle aufzuschieben, sondern will überredet werden. (Ich erinnere mich an damals an die Demontage: da musste ich das mit einem Heißluftfön machen, anders ging er nicht runter!)



**Abbildung 126. Bild vom Ausbau: nur mit dem Heißluftfön ging Xavier damals herunter**

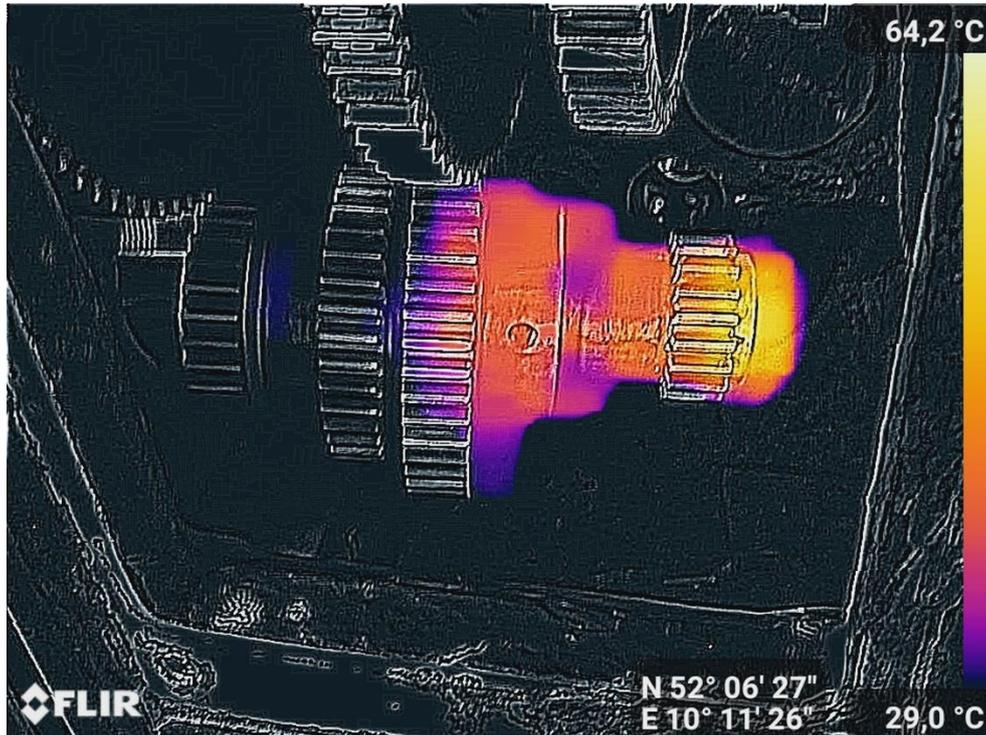


Abbildung 127: erhitzte Stelle von Xavier während des Ausbaus und etwas tiefer die WGS84-Koordinaten meiner Garage :-)

Man könnte den Ring nun mit einer Hülse aufschlagen, aber da wird Uta wieder von ihrem Sitz springen und auch das Gegenhalten der Welle wäre nicht so einfach. Ich versuche das daher mal anders: mit vorherigem Aufheizen! Von der Firma IKA Combitherm gibt es so schöne Heizplatten zu kaufen. Hin und wieder taucht mal eine gebraucht im Internet auf. Meine Version hat (leider) einen nicht abnehmbaren Topf integriert, aber deshalb wollte das Gerät wohl kaum einer haben und es relativ günstig zu kriegen (mit Porto etwas über 50Euro) und mit 800W Heizleistung hat das Teil auch genug Power, um sogar Flüssigkeiten (z.B. Öl) in kurzer Zeit aufzuheizen.



Abbildung 128: das neue Lager NJ205 von FAG

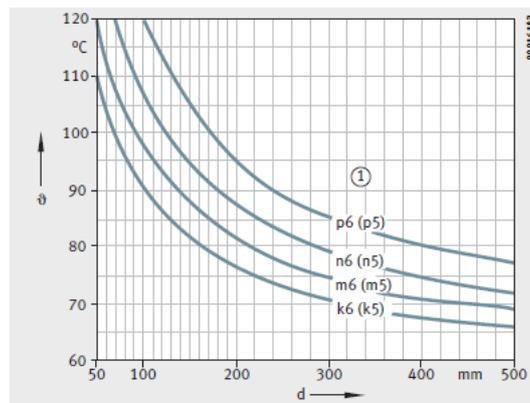
Statt Öl, lege ich eine Stück Aluminiumfolie unter (als Schutz vor Dreck) und lege dann den aufzuwärmenden Innenring von Xavier darauf. Damit der Kontakt zur Heizplatte möglichst gut ist, lege ich noch einen schweren Abziehstein drauf, der das ganze beschwert.



Abbildung 129: der Innenring von Xavier wird im Heizplattentopf aufgeheizt

Nun kann man über geteilte Lager ja auch geteilter Meinung sein- doch hier haben sie eindeutig einen Vorteil gegenüber den "normalen" Kugellagern: dadurch, dass ich den Ring von Xavier einzeln entnehmen und aufheizen kann, kann ich ihn viel höher aufheizen als ein komplett integriertes Lager: es ist ja nur ein Metallring! Kein Fett drin, kein möglicherweise bei hohen Temperaturen schmelzender Nadelkäfig, nichts, was sich verspannen könnte! Also die Heizplatte auf 250°C gestellt und ein paar Minuten gewartet.

Leider viel zu spät kommt mir der Gedanke, dass der Lagerring durch mein Aufheizen mit doch relativ hoher Temperatur zumindest einen Teil seiner Härte verloren haben könnte!



Beim Anwärmen der Lager muss die Temperatur genau kontrolliert werden. Ein zu großer Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Komponenten kann zu Verspannungen innerhalb des Lagers und dadurch zu Beschädigungen führen. Zudem darf üblicherweise eine maximale Anwärmtemperatur von +120 °C nicht überschritten werden, damit sich das Gefüge und die Härte des Lagers nicht ändern.

Lager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid sowie abgedichtete oder bereits gefettete Lager dürfen beim Einbau bis maximal +80 °C angewärmt werden, jedoch nicht im Ölbad.

Abbildung 130: Information des Herstellers FAG über thermische Montierverfahren (mh1\_thermal\_mounting\_de\_de.pdf)

## EINSCHUB

Natürlich hatte ich im Internet schon oft gesehen, dass Kugellager normalerweise nicht viel höher als 100°C aufgewärmt werden. Manchmal vielleicht kurz drüber, aber niemals auf 250° so wie ich! Ich habe das allerdings immer nur auf die begrenzte Temperaturbeständigkeit der verwendeten Schmiermittels (z.B. Fett) bezogen oder auf einen Nadelkäfig aus Kunststoff, der einfach nicht mehr Wärme verträgt.

Dass ein "einfacher" Lagerring, der weder Fett noch Kunststoff an sich hat, ebenfalls keine höheren Temperaturen vertragen würde, kam mir überhaupt nicht in den Sinn!

Nun, wenn es ein Kind gibt, das in den Brunnen fallen kann, dann ist es jetzt eh zu spät. Ich kann nur (vermutlich jedoch berechtigterweise!) hoffen, dass die vielleicht 2 Minuten bei dieser hohen Temperatur die Anordnung der Struktur im Lagerring noch nicht komplett umgeformt hat und damit die Härte nur gering gelitten hat. Denn: das Weichglühen von Stahl erfolgt normalerweise meines Wissens nach in mehreren Sessions mit einer Haltezeit von vielleicht 1 Stunde pro Durchgang- und nicht 2 Minuten!

Vielleicht habe ich hier also nochmal Glück gehabt. Und wenn nicht: naja, die Lager kann ich auch später mal wechseln, ohne gleich die FP1 komplett auseinanderbauen zu müssen. Ich vermute jedoch, dass das bei mir trotzdem nie notwendig werden wird: bei DER geringen Beanspruchung (die Lager können um einiges mehr ab als das, wofür sie hier eingesetzt werden!) sowohl durch den Einsatzort als auch durch meine voraussichtliche Nutzungsdauer (Hobbybastler) bin ich verhalten optimistisch. Trotzdem: vorher Nachdenken wäre besser gewesen ;-)

## AUSSCHUB

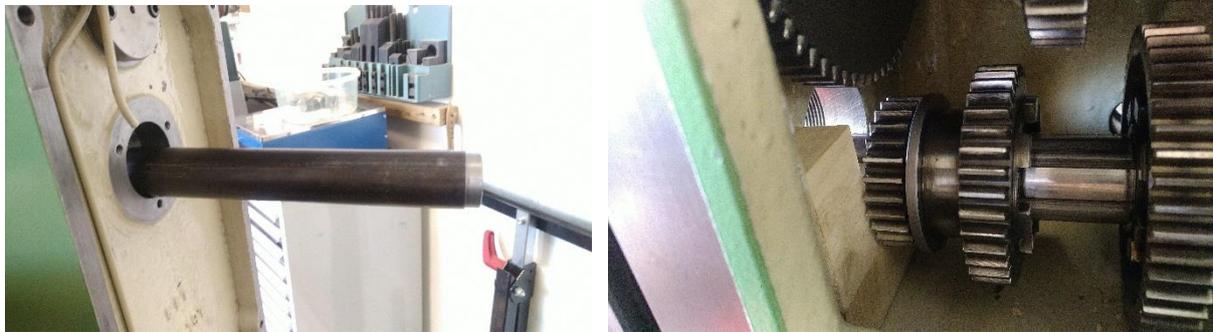
Mit einem Satz wärmeisolierender Wildlederhandschuhe nehme ich den Ring zügig von der Heizplatte und schiebe ihn vorsichtig von der Motorseite her auf die Welle in den Lagersitz. (Keine Zeit für Fotos, sorry!) Durch die hohe Temperatur gleitet er völlig problemlos drauf! Ich kontrolliere noch einmal die korrekte Position und lasse dann alles in Ruhe erkalten.

Und trotzdem: noch während Xavier erkaltet, verschiebt sich Uta und verlässt ihre Position in der Mitnehmernut! Was jetzt?!?!?



Abbildung 131: Xavier ist kalt und sitzt- aber an der falschen Stelle!

Xavier ist inzwischen kalt und lässt sich per Hand nicht mehr verschieben. Es bleibt mir nichts anderes übrig, als Xavier mit einem Rohr (Innendurchmesser 27mm) vorsichtig noch weiter auf die Welle aufzuklopfen, sobald Uta wieder in Position ist.



**Abbildung 132: ein 27mm-Rohr bringt Xavier wieder ein Stellung (links) und Holzklötzchen schützen das Zahnrad Tom (rechts)**

Glücklicherweise gelingt das mit nur moderaten Stößen durch das dickwandige Rohrstück. Als Gegenlager zur Entkopplung stecke ich zwei kleine Fichtenholzstückchen zwischen Tom und das Getriebegehäuse, denn irgendwo muss die Schlagenergie dann ja hingeleitet werden und ich will nicht, dass sich durch meine Schläge irgendwelche Getriebeteile in den Lack bohren.

Xavier bewegt sich und nach etwa 5mm ist die Stoßfahrt beendet. Nun geht es an den Innenring von Ronny.

Und jetzt ganz wichtig:

Bevor man Ronny auf das andere Ende der Welle aufschraubt, muss die komplette Welle erstmal so weit es geht in das Innere geschoben werden (=in Richtung Motor). Warum? Macht man das nicht und montiert nun Siggie und Ronny, kann man die Welle anschließend nicht mehr in das Gehäuse zurückschieben, weil Vic an Brigitte hängen bleibt! Es geht nur um vielleicht 1 oder 2 Millimeter- aber es geht nicht! Mir ist das passiert und ich musste daher Siggie+Ronny tatsächlich wieder mit einem Abzieher herunterholen und neu aufschraubfen.



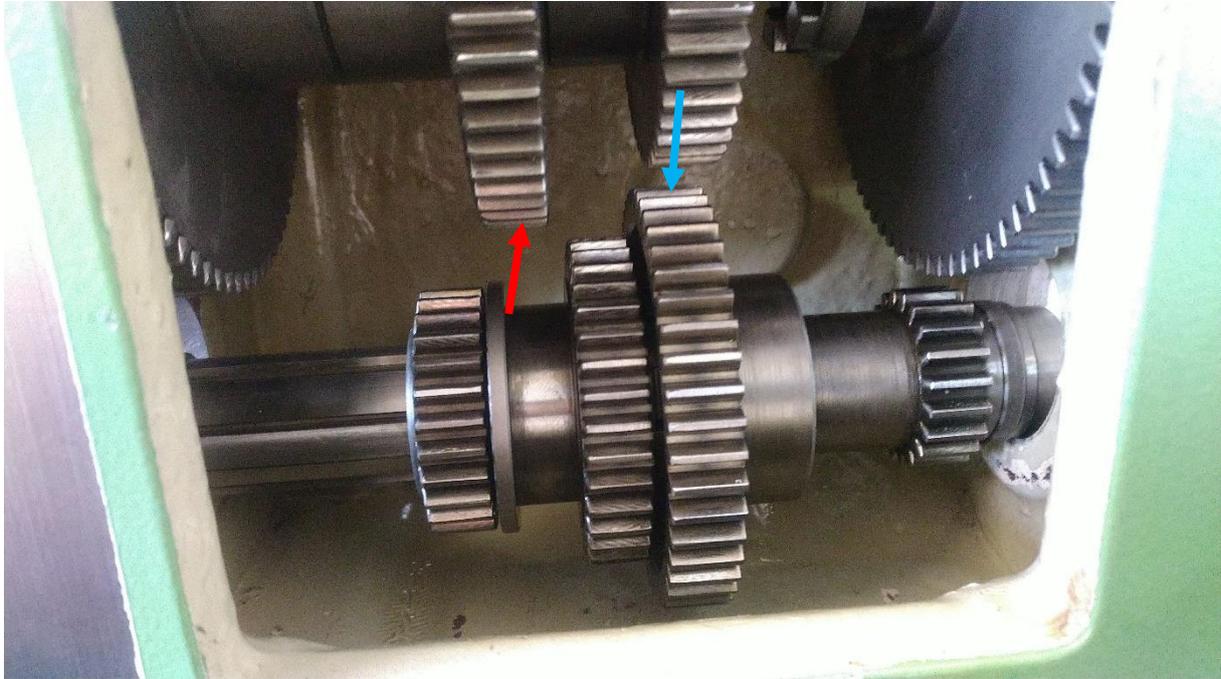
**Abbildung 133: links: falsch! Die Welle darf bei der Montage von Ronny nicht herausgucken!**



**Abbildung 134: rechts: richtig! Die Welle ist eingeschoben, nun kann Ronny aufgesetzt werden**

Richtig ist also:

Welle Nr.1 so weit in Richtung Motor zurückschieben, bis Vic (Pfeil blau) das größte Zahnrad von Brigitte (Brigitte ist ja ein 3er-Paket; Pfeil rot) hinter sich gelassen hat



**Abbildung 135: Vic (blau) muss rechts von Brigitte (rot) sein!**

Der Wellenanfang guckt dann definitiv nicht mehr aus der Maschine heraus, aber es reicht noch, um Siggi und den heißen Ronny sicher und fachgerecht durch das große Loch von vorne auf die Welle aufzuschieben.



**Abbildung 136: Ronny ist montiert!**

Nach dem Erkalten geht es darum, die Außenringe mit den Rollenkörpern einzusetzen. Diese habe ich vorher großzügig mit meinem Klüber NBU15 Spindelfett eingeschmiert und setze sie in die Lagerschalen ein.



**Abbildung 137: vermutlich viel zu viel Fett, aber die Drehzahlen sind hier ja nur sehr gering**

Natürlich gehen sie etwas stramm, so dass leichtes Nachtippen mit dem Gummihammer (auf die Außenringe!) dabei hilft, sie einzutreiben. Für Ronny benutze ich Quinn als Unterlegscheibe und als dieser in der Tiefe nicht mehr reicht, zusätzlich eine 51mm große Eisenscheibe, die ich mir aus einem asiatischen Lagerabzieher-Set entliehen habe. Damit kann man das Lager schön sauber und gerade bis zu seinem Endsitz eintreiben.



**Abbildung 138: Quinn und eine 51mm-Scheibe als Eintreibhilfe**

Wichtig dabei: immer schön die Welle beobachten, dass sich nirgendwo was verklemmt und damit die Rollenkörper verspannt oder schief klopft! Weder in den Lagern noch an den Zahnradern. Alles muss immer schön leicht und fluffig gehen und der Gummihammer darf wirklich nur sehr sparsam eingesetzt werden.

Irgendwann ist die Welle drin und nach dem Aufsetzen der Schraubkappe (SSW-Säulenseite) und Anschrauben von Yvonne bin ich über ihren sauberen Lauf und das gute Fluchten der Zahnräder untereinander begeistert. Das Axialspiel ist gerade so noch minimal fühlbar, also vermutlich genau richtig. Ich würde sagen: bis hierhin ist es echt ein Erfolg!



**Abbildung 139: an der Rückseite ist das Einsetzen durch die vorstehende Welle etwas schwieriger, aber es ging dann irgendwann auch**

Ich öle das Loch von Yvonne vor dem Einbau noch ordentlich mit Hydrauliköl (das klingt jetzt wieder....), denn dort hat der Hersteller -vermutlich als Dichtung- zwei Filzringe eingelassen, die vermutlich das Schmiermittel aufnehmen und ähnlich wie ein Simmerring die Welle abdichten sollen. Ich schiebe danach Zoey hinterher, was etwas hakelt und stramm geht. Adelheid ist trotz vorheriger Reinigung noch etwas widerspenstiger und somit bleibt mir wieder nichts, als mein 27mm-Rohr erneut zu nehmen und sie etwas zu überreden, den ihr bestimmten Platz einzunehmen. Ich weiß, dass die Stöße hier wieder voll aufs Lager gehen, daher klopfe ich sehr behutsam. (Aber auch im späteren, ganz normalen Betrieb sind axiale Beanspruchungen nicht auszuschließen; z.B. beim Gangwechsel wenn ein Zahnrad hakt oder die Klauenkupplung nicht gleich einrastet; ein wenig axiale Kraft muss der Hersteller in seinem Lagerungskonzept also trotzdem berücksichtigt haben müssen!)

Kurz vor dem Zu-Bett-Gehen lege ich noch die frisch im Ultraschall gereinigte Kette auf, die Welle Nr.2 mit Welle Nr. 3 verbindet. Zufrieden drehe ich das Ganze noch ein paar Umdrehungen durch, nehme leichten Lauf und fluffiges Umschalten der Übersetzungen zur Kenntnis und gehe dann beruhigt ins Bett. Mal sehen, was wir am nächsten Tag anstellen!

## 34 Welle 0- und Y-Handrad/Spindelmutter

Es ist Zeit für die oberste Welle, quasi die "Welle 0". Das ist die mit der dicken Walze, die später den verschiebbaren Fräsbock antreibt.

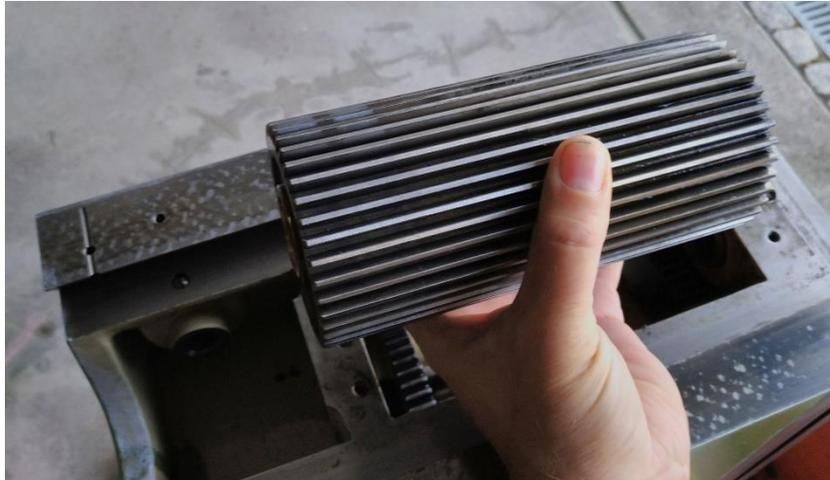


Abbildung 140: die dicke Walze- hier beim damaligen Ausbau gezeigt

Die Walze hat zwei Bronzebuchsen, die auf den polierten Flächen der Welle 0 laufen- also ein Gleitlager. Da der Sitz hier noch gut aussieht und nichts groß wackelt, baue ich die Welle nach der Reinigung und Ölung von hinten wieder ein.

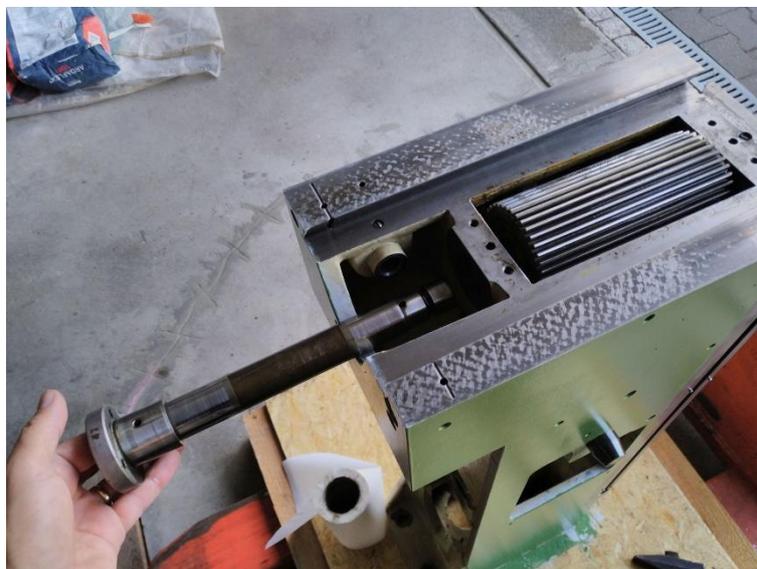


Abbildung 141: ...und die Welle 0

Danach kommt die Spindelmutter für die Y-Achse. Die ist in einer Art Flansch verbaut, der nun in das Ende von Welle 0 eingeschraubt wird.

Daran angeschlossen ist ein Kegelzahnrad, das dann in ein weiteres Kegelzahnrad eingreifen wird, woran schließlich der Handgriff für die Y-Verstellung angebaut ist.

Meine Schaberei dürfte sich bis jetzt auf keine der Wellen 0..5 und auch nicht auf die die beiden Kegelzahnräder ausgewirkt haben. Ich verzichte daher auf Tuschiebild oder ähnliches, sondern begnüge mich mit der Reinigung und Kontrolle der Zahnradflanken, denn wenn man ganz genau hinsieht, kann man natürlich schon kleine Spuren der Benutzung erkennen. Logisch- es ist ja eben auch keine Neumaschine ;-)

Das ganze Handgeraffel der Y-Verstellung werfe ich bei +60°C ins Ultraschallbad: das hat den Vorteil, dass es auch den Lack auf dem abgenuffelten Handrad so weit aufkräuselt, dass man es danach mit einer Messingdrahtbürste abbürsten kann. Neu lackieren muss ich ja sowieso, also ist abPELLender Lack eher eine Hilfe als ein Problem.

Die Skalenringe werden bei so hoher Temperatur fast perfekt und auch die Ritzen zwischen den Zähnen der Kegelzahnräder werden blitzblank. Ich werfe noch eine Handvoll Schrauben und Kleinkram mit ins Bad, denn eine bessere Reinigung mit weniger Aufwand gibt es kaum. Schließlich möchte ich am Ende eine saubere Werkzeugmaschine habe. Nichts finde ich schlimmer, als wenn man bei Arbeiten ständig in Dreck greifen muss. Deswegen dauern meiner Arbeiten vielleicht auch so lange: ich wasche mir zwischendurch dauernd die Hände, weil ich dreckige Hände absolut nicht leiden kann! ;-)

Die frisch trockengepusteten Teile besprühe ich noch schnell mit Petroleum, denn das verwendete Entfettungs-Reinigungsmittel ließe sie an der Luft sonst schnell Flugrost ansetzen. Schön abgespült und "eingecremt" kommen sie dann an die Maschine. Das ist alles straightforward und muss ich hier wahrscheinlich nicht groß beschreiben. Das Handrad verliert fast seine Kurbel, daher flexe ich sie flugs ab. Aber auch das Handrad selbst braucht definitiv eine Menge Liebe und Politur. Da das aber jederzeit innerhalb von nur 20 Sekunden von der Maschine einzeln abgebaut werden kann, verschiebe ich diesen Akt auf später. Es ist erstmal sauber und einsatzbereit. Das zählt erstmal.

## 35 Walzenwanne

Anders vielleicht bei dem Gedöns um die Walze herum.

Zum Auffangen von Öl und Einleiten in die Öllöcher gibt es so eine Art Rahmen, der kleine Ölrinnen eingelassen hat und den Ölfluss gezielt in zwei Öffnungen einleiten. Die Dichtung darunter ist aus Pappe mit einer Dicke von 0,25mm.



Abbildung 142: Nachfertigen der Papierdichtung

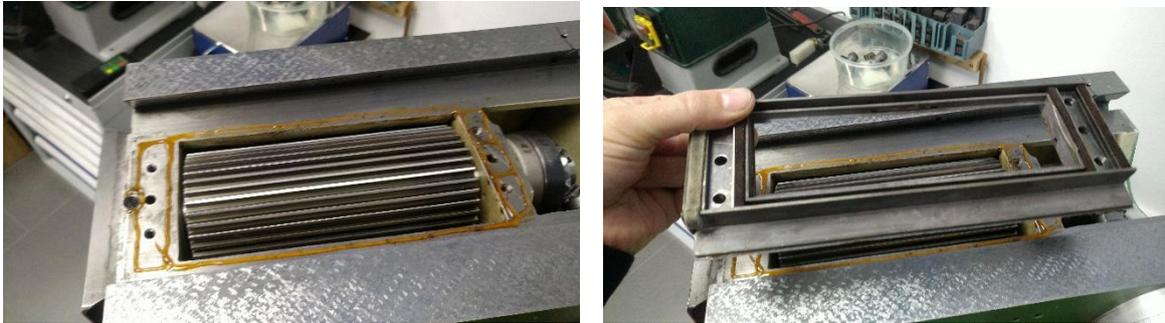
Ich lege das ganze Teil auf den Scanner und drucke mit eine 1:1-Vorlage aus, mit deren Hilfe ich später eine neue Dichtung aus Dichtungspapier nachbauen werde. Vorher wandert auch der ganze Kram ins heiße Ultraschallbad.

Das erleichtert es mir, die alte Dichtung mit einem scharfen Messer von der Walzenwanne zu trennen, denn es scheint auch den alten Kleber etwas anzugreifen. Mit einer Rasierklinge ziehe ich die Fläche ab, damit sie sauber und eben ist.



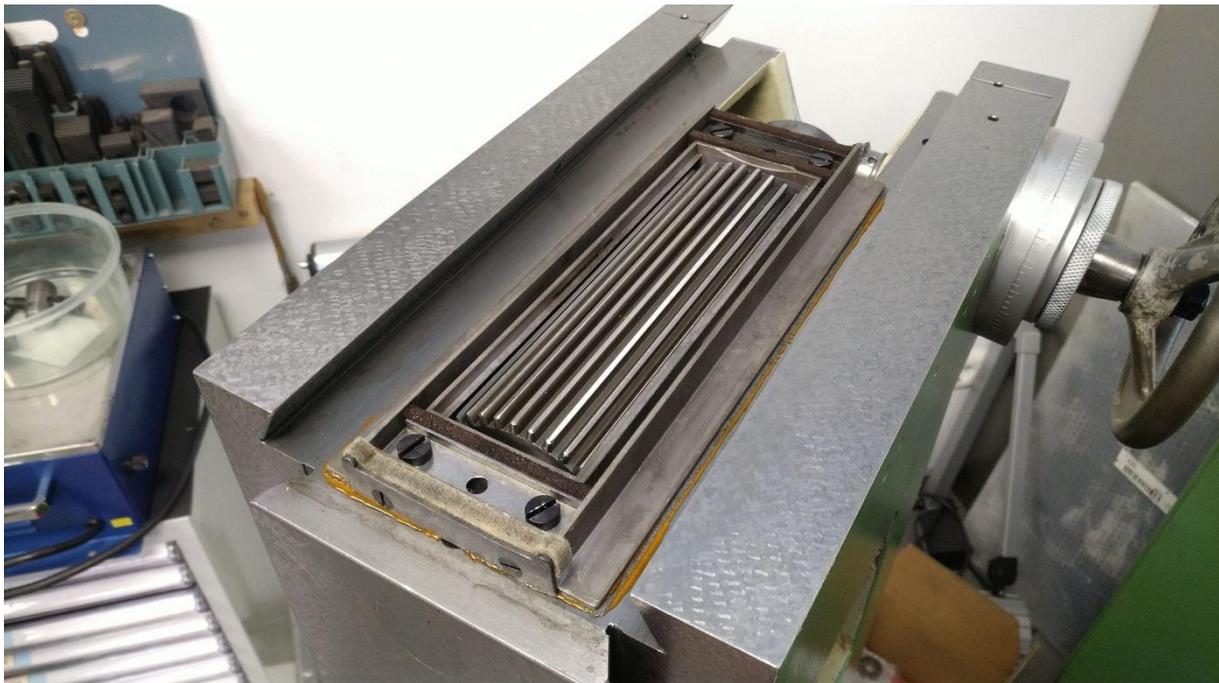
Abbildung 143: Flüssigdichtung auftragen (Curil)

Im Internet habe ich mir einen Satz Dichtungspapier und eine Flasche Curin (=Dichtungskleber) erstanden. Darin enthalten ist auch ein Bogen mit 0,25mm Dicke, perfekt. Mit Skalpell, Schneidmatte und Lineal mache ich mir eine neue Dichtung. Die Löcher stanze ich mit einer Gürtellochzange aus.



**Abbildung 144: Aufbringen der Flüssigdichtung an der Säule**

Das Auftragen des Curin geht problemlos. Es erinnert mich in Aussehen, Geruch und Verarbeitbarkeit irgendwie an Pattex. ;-)



**Abbildung 145: Ergebnis**

Die neue Dichtung wird aufgeklebt und nach der Komplettierung mit den Dichtstreifen auf die Fräse aufgeschraubt. Die grüne Säule erinnert langsam immer mehr an eine wirkliche Werkzeugmaschine!

## 36 Ölauge sei wachsam

Dann kümmere ich mich um das Ölauge im Fräsbock. Durch die Schleiferei ist es matt geworden und dreckig war es sowieso. Also mache ich mir enorm Mühe und poliere es mit einem Dremel Polierset vorsichtig wieder auf Hochglanz. Das gelingt sogar- wenn etwas aufpasst und nicht zu lange mit der Polierscheibe auf einer Stelle stehen bleibt (denn dann schmilzt das Kunststoff sofort unter der Scheibe und macht hässliche Brandmarken).



**Abbildung 146: zuerst ziehe ich die Oberfläche mit einer Rasierklinge ab**

Nun, da das Frontglas endlich wieder klar ist, kann man sehen, wie dreckig es von innen ist. Leider kann man das Glas nicht ausschrauben, sondern es scheint eingeklebt zu sein. Also: Reinigung von hinten!



**Abbildung 147: mit Polierpaste und Polierset....**

Das ist gar nicht so einfach, denn man kommt da nicht so wirklich einfach ran. Nur durch eine kleine Bohrung von hinten im Gusskörper erreicht man das Auge von hinten-allerdings mit keinem Wattestäbchen, denn dafür sind die zu kurz. Was sich allerdings dafür sehr gut eignet, sind die langen Tupfer aus den Corona-Testsets, mit denen man normalerweise einen Abstrich seiner Nasenschleimhaut macht. Torben, ein guter Freund von mir, ist Apotheker. Der macht mit seinen Mitarbeitern momentan hunderte (tausende?) von Tests. Da in den meisten Test-Sets immer ein oder zwei Tupfer zusätzlich mehr drinliegen als man braucht, bleiben die normalerweise immer über. Weil Torben aber weiß, dass ich Bastler bin, hat er die Dinger nicht

alle weggeschmissen, sondern mit mal eine ganze Plastiktüte davon geschenkt. Klar- für medizinische Anwendungen darf man die Teile wahrscheinlich nicht mehr nutzen (obwohl sie ja noch alle einzeln eingeschweißt sind, aber trotzdem kenne ich die Regelungen nicht), aber zum Basteln und Reinigen von irgendwelchen Ölkanälchen in der Fräse darf man sie sicher noch bedenkenlos verwenden!



**Abbildung 148: ...wird das Ölauge von außen bald wieder klar!**

Und damit gelingt mir das Reinigen: mit etwas Geschick komme ich sogar zwischen den kleinen Reflektor und das Schauglas und kann es zusammen mit Spiritus super reinigen.

Ich verbrauche bestimmt 30 Corona-Stäbchen und putze etwa 1 knappe Stunde an dem Ding herum. Das Ergebnis kann sich sehen lassen.



**Abbildung 149: Von innen muss es aber noch geputzt werden!**

Dann gibt es bei uns Mittagessen. Spargel mit Bratkartoffeln und Schweineschnitzel- natürlich von einem Bio-Hof hier in der Gegend, denn wir unterstützen die Massentierhaltung möglichst nicht, weil wir großen Wert auf das Tierwohl legen. Egal: das Essen schmeckt vorzüglich, ein Glas Weißweinschorle dazu (es ist Wochenende) und der Tag erreicht mit einem kleinen Mittagsnickerchen seinen Höhepunkt.



**Abbildung 150: Endergebnis - nicht perfekt, aber auch nicht schlecht!**

Eine halbe Stunde später (kurzer Power-Napping reicht) bin ich in der Werkstatt und traue meinen Augen kaum: das eben so mühsam aufpolierte Ölauge ist zersprungen!! Wie denn das?!?! Es stand doch hier nur ruhig im Keller herum!

Ich kann es leider nicht klären. Ob es mein Spiritus nicht vertragen hat oder durch das Polieren eine zu hohe Temperatur gesehen hat und dadurch Oberflächenspannungen entstanden sind, die zu Rissen geführt haben- keine Ahnung. Es bleibt aber der Fakt: das Ölauge ist hin und muss ersetzt werden. So ein Ärger!



**Abbildung 151: irgendetwas ist dem Ölauge nicht bekommen...!!!**

Mit einem kleinen Spiralbohrer bohre ich es kreisrund aus und entferne die Reste mit einer kleinen Zange. Es scheint sich um ein Ölauge mit 20mm Durchmesser zu handeln. Wo kriege ich denn nun sowas nur her?

Lennart weiß man wieder Rat. Ein kurzer Link auf die Homepage von Franz Singer und schon ist das passende Ersatzauge gefunden. Bei dieser Gelegenheit ordere ich gleich noch einen kompletten Dichtungssatz für die FP1. Klar kann man die ganzen Filzstreifen auch selber ausschneiden. Ich kann es aber auch einfach mal "genießen", dass es solche Geschäfte wie Singer überhaupt noch gibt und man dort Ersatzteile kaufen kann, daher will ich das auch unterstützen. Etwa 50 Euro kostet das alles zusammen, aber das ist es mir wert.



**Abbildung 152: das Öläuge ist hin- aber Singer hat das passende Ersatzteil!**

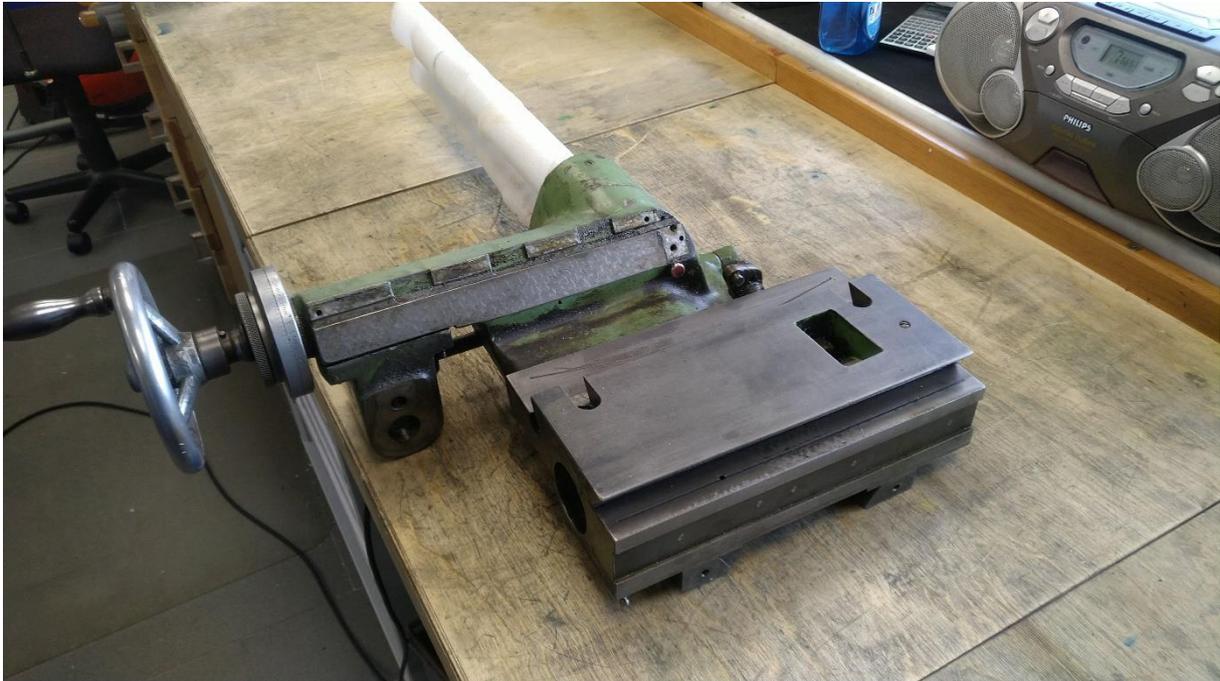
Meine Zeit setze ich dafür lieber für was anderes ein, wovor ich ehrlich gesagt schon seit längerem etwas Bammel habe: das Aufarbeiten des Supports! Also das Teil, das an den Schwalbenschwänzen der Säule nachher dort hoch und runter fährt (Z-Achse). Deckel nennt ihn "Konsolschlitten".



**Abbildung 153: Trauriges Loch- aber das Ersatzteil ist unterwegs!**

## 37 Der Konsolenschlitten

Vor diesem Bauteil habe ich irgendwie großen Respekt. Zum einen, weil er schwer ist und sich deshalb nicht so einfach händeln lässt. Dann ist er auch noch sehr schmutzig und schmierig. Er hat im Innern den Antrieb mit Zahnrädern und Kupplungen für die Bewegung in Z und X und auch noch das Hebelgestänge für dessen Bedienung.



**Abbildung 154: wird wieder nen Haufen Arbeit: der Konsolenschlitten!**

Dann hat er zwei Schwalbenschwänze, die hinterher nicht nur in der Ebene, sondern auch im Winkel zur Maschinensäule passen müssen und mindestens eine Keilleiste, die eingeschabt werden muss.

Nicht zuletzt ragen hier auch noch zwei lange Stangen heraus (eine davon eine Spindel), die man während des Händlings keinesfalls verbiegen darf.

Wer hier jetzt Hals über Kopf loslegt und nicht vorher den Verstand einschaltet, wird Schwierigkeiten kriegen.

## 38 Der erste Schritt

So ziemlich das erste, was ich mache, ist, das schwere Teil auf die Werkbank zu hieven und in allen möglichen Stellungen Fotos zu machen. Ich habe während der letzten Zeit gemerkt, dass manchmal sogar auch Videoschwenks von Vorteil sind, denn nicht immer erfasst der gerade gewählte Winkel beim Foto oder die gewählte Perspektive gerade das, was man sehen will. Bei einem Schwenk über das gesamte Teil kann man manchmal auch die Zusammenhänge der einzelnen Bauteile im Nachhinein besser erkennen als bei einfachen Fotos.

Das nächste wird es sein, die Konsole Stück für Stück auseinanderzubauen und die Einzelteile zu reinigen. So verliert das schwere Teil immerhin etwas an Gewicht und auch die langen Spindeln will ich unbedingt abbauen, bevor ich das Vermessen und Schaben beginne.

Es hat sich gezeigt, wie wichtig es für den späteren Zusammenbau ist, alle(!) ausgedrehten Schraubchen und Kleinteile in eine sauber beschrifteten Tütchen zu sammeln und sie in räumlicher Nähe der entsprechenden Baugruppe zu lagern. Ich hatte beispielsweise für die ganzen Getriebewellen damals einen ganzen Haufen kleiner Pappkartons gesammelt. Jede Welle war in einem eigenen Pappkarton, zusammen mit den kleinen Tütchen Kleinteilen. Das ins Regal gestellt und von vorne beschriftet, hat mir (gerade!) nach den fast 3 Jahren Bearbeitungspause unglaublich geholfen, dennoch alles wiederzufinden und korrekt zusammensetzen zu können. Nicht auszudenken, welche Krise ich heute bekommen hätte, wenn ich damals alle Kleinteile einfach nur ohne Beschriftung in einen gemeinsamen Topf geworfen hätte. Daher mein Rat: gute Beschriftung, einzelne Tütchen, einzelne Baugruppen sowie Fotos, Notizen, Videos! Gerade bei einem so komplexen und langwierigen Projekt wie einer FP1-Restauration!



**Abbildung 155: Für die Entfernung des Handrads brauchte ich tatsächlich meinen 30er Ringschlüssel!**

Auch wenn ich diesmal keine weiteren 3 Jahre warten will, so will ich aus gerade genannten Gründen die Demontage ganz genauso machen wie damals. Aber möglicherweise mit einem Zwischenschritt: anstatt die dreckigen Teile in eine Tüte zu werfen und zu beschriften, möchte ich diesmal einen Reinigungsschritt im Ultraschallbad vorschalten. Zumindest während ich bei der Demontage noch Fotos mache und die richtigen Schraubenschlüssel suche, solange könnten die bislang abgebauten Kleinteile doch nebenbei im Ultraschallbad ein wenig gesäubert und entfettet werden.

## 39 Das veflixte Schaltgestänge!

So mit das erste, was man an dem Konsolenschlitten so abbaut, ist das Schaltgestänge für die automatischen Vorschübe. Und hier habe ich mir echt fast die Zähne ausgebissen. Um hier niemanden komplett zu verwirren, schreibe ich hier auf wie es geht, und nicht, wie es NICHT geht. Sprich: meine Fehlversuche verschweige ich gentleman-like und berichte nur über den Ansatz, wie es bei mir funktioniert hat.

Zuerst baute ich das Hebelchen für den Auto-Feed-off ab. Das scheint ein Anschlag zu sein, der den Vorschub vorher abschaltet, bevor die ganze Konsole bei eventueller Fehlbedienung gegen den Anschlag brettet und die Spindelmutter ruiniert.



Abbildung 156: das Hebelchen ist ab- aber nur mit Ausbohren!

Der ist mit einem Kegelstift gesichert, der aber so fest saß, dass ich ihn nur ausbohren konnte. Zwei 2,5mm-Bohrer und einen ebenfalls ruinierten 4mm-Bohrer später konnte ich den Stift endlich raushauen.

Das Hebelchen selbst kann man dann mit etwas Drehen und der Rohrzanze herunterziehen.

Die Achse, auf der das Hebelchen saß, kann man nun auch abziehen. Dazu die Madenschraube an diesem Verbindungsstück herausdrehen. Bei mir war die Schraube schon ziemlich vernudelt und ging sehr schwer zu drehen.



Abbildung 157: Heraushebeln der Achse

Das wird mir jetzt überall so gehen. Insbesondere der Konsolenschlitten ist so verdreht, dass sämtliche Wellen und Stifte so fest sitzen, dass ich sie nur mit Gewalt und/oder Ausbohren lösen kann. Bei Madenschrauben hilft nur viel WD-40 und vorsichtiges Wackeln mit dem Schraubendreher.

Nun hätte ich mir gewünscht, dass ich die Achse und die Klaue auf der anderen Seite ebenfalls so "einfach" abbauen könnte. Geht aber nicht. Selbst nachdem ich den Kegelstift mit viel Aufwand ausgebohrt und die Gabel mit Unmengen von WD-40 gängig gemacht habe, kann man sie (noch nicht) abziehen.



**Abbildung 158: die Gabel stößt an und kann noch nicht abgezogen werden!**

Das gelingt nur, wenn man vorher die Brücke aus dem Getriebe ausbaut. Vorher müssen die beiden Madenschrauben heraus.



**Abbildung 159: die Brücke, die beide Achsen miteinander verbindet**

Aber selbst dann kann man sie noch nicht entnehmen. Die rechte Achse muss erst noch weiter nach rechts verschoben werden, damit sie die Brücke wirklich freigibt.

Das wiederum geht nur, wenn man vorher die Gabel auf der Achse so verschiebt:



**Abbildung 160: die Gabel ist nach links verschoben**

Erst damit kann man die Achse weit genug nach rechts schieben, dass sie auf dem Eingriffsbereich der Brücke gelangt und sie entnommen werden kann.



**Abbildung 161: jetzt ist die Brücke gleich draußen!**

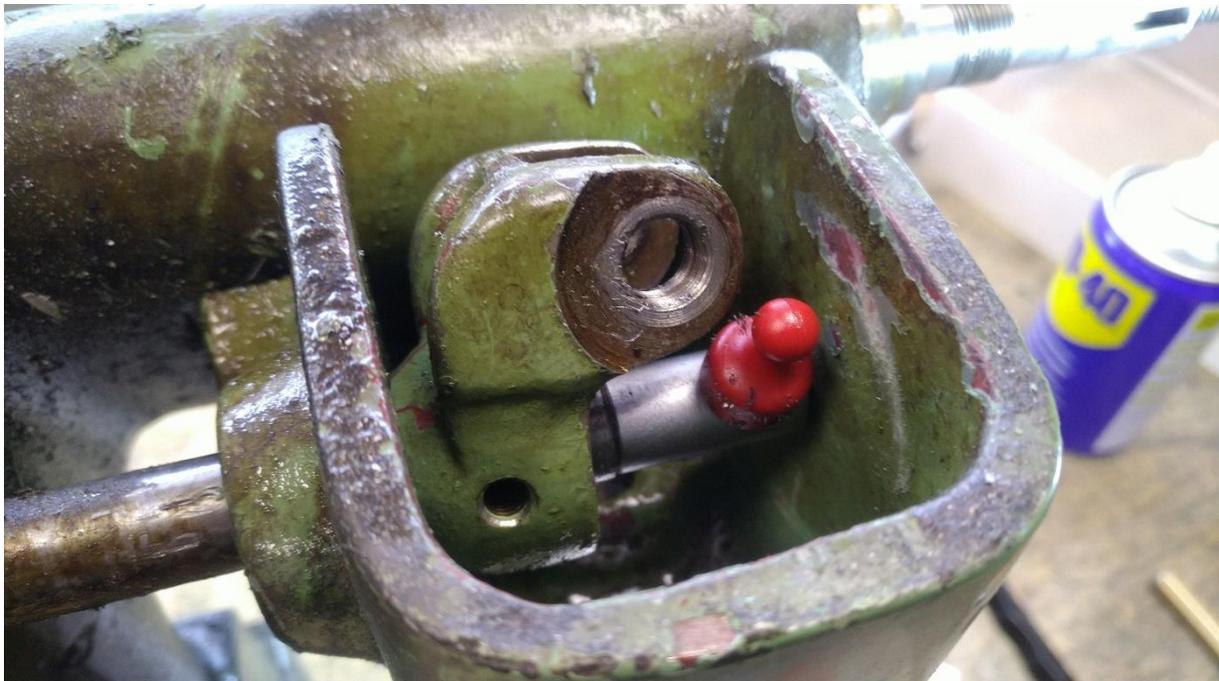
Da ist sie!



**Abbildung 162: die Brücke**

Wie aber nun die Welle wieder zurückdrücken?

Kleiner Trick: eine 1/4Zoll 9mm-Nuss nehmen und mit einem kleinen Magneten vor die Achse positionieren:



**Abbildung 163: Magnet-Nuss-Trick**

Nun kann man mit einem Schraubendreher die Gabel in Richtung Wellenende hebeln.

Gegebenenfalls muss man die Nuss dann irgendwann gegen ein anderes (geringfügig längeres) Druckstück auswechseln, wenn die Länge nicht reicht.



**Abbildung 164: Gabel zum Wellenende drücken**

Aber irgendwann klappt es und die Gabel ist runter!



**Abbildung 165: die Gabel ist ab!**

Leider ist aber noch keine Lösung für die Welle! Die kriegt man nach wie vor nicht heraus!

Warum?

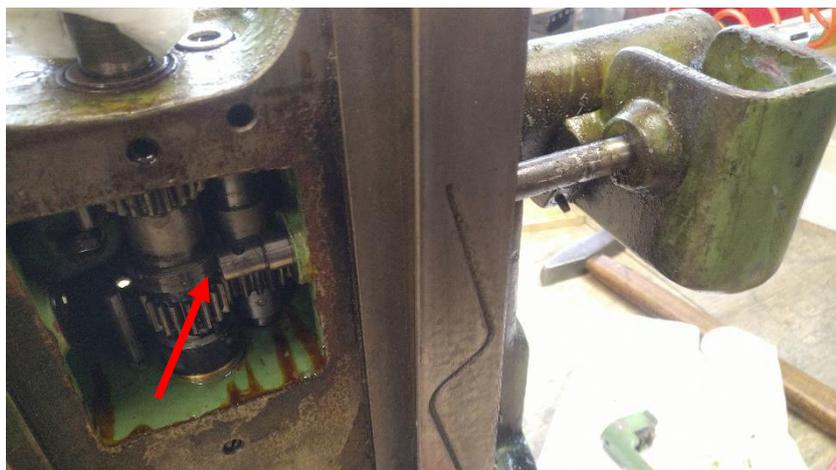
Zwei Gründe. Erstmal ist der ganze Block, in dem Gabel und Achse stecken, mit zwei Gewindebolzen gegen Bewegungen entlang der Achse gesichert. Man kriegt diese verflixten Gewindebolzen auch nicht heraus. Sogar Mit Schlitz reindremeln und Schlagschrauber gelang es mir nicht. Und solange die Teile (auf beiden Seiten) noch drin sind, kann man die Baugruppe nicht abziehen. Man könnte sie nur mit Gewalt abhebeln und dabei das Welle verbiegen, aber das wäre noch schlimmer als das, was ich der Mechanik auch so schon antue.



**Abbildung 166: ein Gewindestift verhindert den einfachen Ausbau der Achse**

Und der andere Grund:

Zur anderen Seite kann man die Achse auch nicht durchschieben, weil hier eine weitere Welle im Weg ist:



**Abbildung 167: in die Richtung geht es auch nicht!**

Was also machen? Ich muss die andere Welle ausbauen, bevor ich die Achse des Schaltgestänges endlich herausziehen kann.

Etwas doof, aber ich will ja eh alles ausbauen, also ist es jetzt auch fast egal.

## 40 Ausbau einer Welle

Die Welle kriegt man nur heraus, wenn man die Zahnräder los kriegt, die mittels Kegelstiften auf ihr befestigt sind.

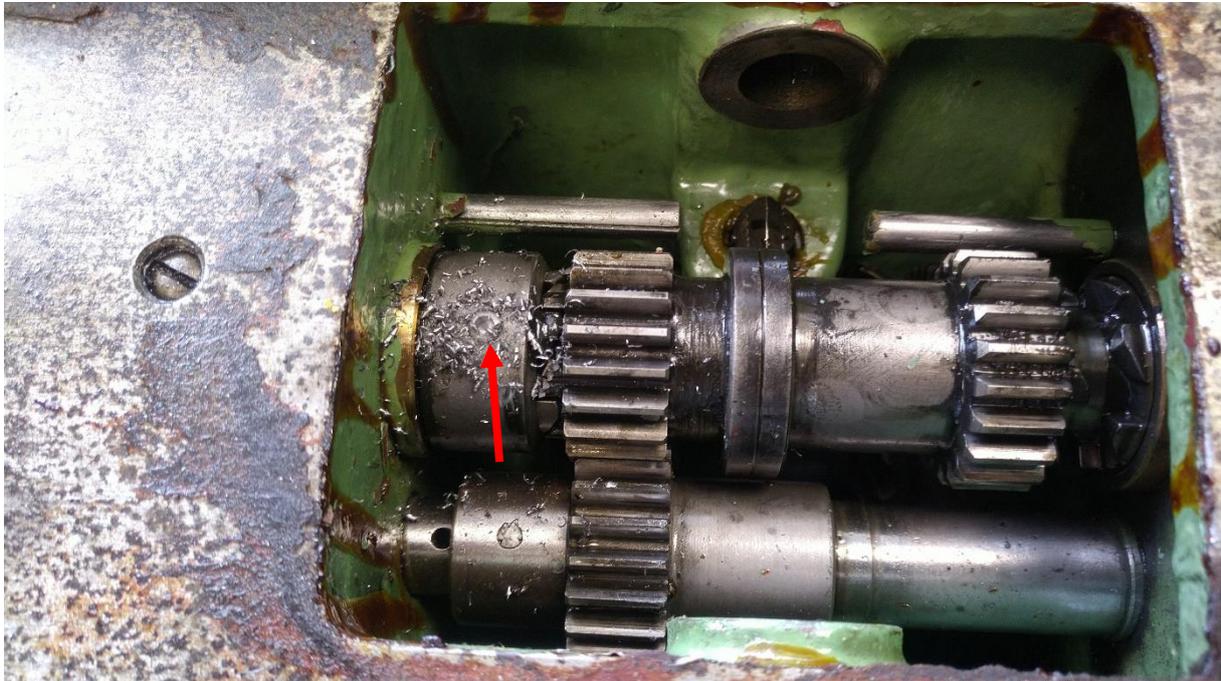


Abbildung 168: es wird mal wieder ausgebohrt...

Natürlich sitzen die alle so bombenfest, dass sie mit einem normalen Durchschläger nicht heraus gehen. Außerdem ist es manchmal gar nicht so einfach zu sagen, wo die dünne und wo die dicke Seite ist- so zerdengelt, wie die Oberfläche manchmal ist.



Abbildung 169: geschafft!

Als bleibt also nur Ankörnen, mit 2,5mm vorbohren und dann mit 4,0mm und notfalls auch 4,5mm hinterher. Und beten, dass man mit 2,5mm nicht schief bohrt und die Achse trifft.

Ich bohre so zwei Kegelstifte aus uns stehe vor einem neuen Problem: die Achse müsste man nun eigentlich nach oben hin ausklopfen können- aber wie soll ich mit meinem Hammer da von unten gegenhauen können?



**Abbildung 170: Selbst mit ausgebohrtem Stift ist kein Platz, um die Welle mit einem Hammer nach oben austreiben zu können!**

Erneut also das Problem, dass alles so festgegemelt ist, dass man überall leichte Gewalt anwenden muss!

Mit Petroleum, Pinsel und einem großen Haufen Putzklappen schaffe ich aber tatsächlich das Unglaubliche: ich kriege die Welle nach oben hin herausgeschoben!



**Abbildung 171: die (noch dreckige) Achse mit ihren Teilen**

## 41 Die Stirnloch- und die X-Spindelmutter

Der weitere Ausbau knüpft an mit dem Entfernen der Spindelmutter (X). Und auch dort hat der Schöpfer der FP1 eine kleine Hürde für mich aufgestellt:



Abbildung 172: die X-Spindelmutter

Eine Stirnlochmutter! Und auch noch vergnaddelt! Was bin ich verzückt!

Die Regression nimmt kein Ende. Ich muss also zuerst einen Stirnlochvorsatz für den Schlag-schrauber bauen, um die X-Stirnlochmutter lösen zu können.

Was für ein Ritt, aber anders geht es wohl nicht.

Der Außendurchmesser der Stirnlochmutter ist 50mm, also drehe ich mir einen Klotz aus Baustahl auf 49,8mm Durchmesser. Die 4mm-Stirnlöcher scheinen auf einem etwa 42..43mm-Kreis zu liegen, genauer kann ich das mit den mir zu Verfügung stehenden Mess-mitteln und DEN ausgegaddelten Löchern unmöglich sagen.

Also bohre ich in meinen Stahlklotz zwei 3,7mm-Löcher im Abstand von ca. 42,5mm ein, reibe sie auf 4,0mm ab, breche noch 5mm vor Ende des zweiten Lochs meine Reibahle ab, schlage lauf fluchend die Reste aus dem Loch und prügele dennoch demonstrativ zwei Pass-stife 4,0mm durch die hergestellten Löcher, so dass sie unten noch ca. 5mm herausgucken. Das sind meine beiden Mitnehmer.

Erstaunlicherweise passen Sie mit etwas Kloppen sogar ziemlich gut in die Stirnlochmutter. Das hätte ich nicht gedacht! Meine mechanischen Skills werden immer besser!

Aus einem uralten FAUST Knarrenkasten, der inzwischen knappe 40 Jahre alt sein dürfte, wähle ich eine der letzten noch verbleibenden Nüsse aus und schweiße sie auf der Gegenseite auf meinen Klotz. Damit kann ich dann meinen Schlag-schrauber anschließen und die Mutter hat keine Chance mehr!



**Abbildung 173: Vorsatz für den Schlagschrauber**

Tatsächlich geht der Ring mit dieser Methode leicht ab. Der Schlagschrauber tackert vielleicht 2 Sekunden, dann dreht sich die ganze Chose und die Stirnlochmutter kommt mir entgegen.

Ich hatte ja gehofft, dass mir die Spindelmutter ebenso entgegengefliegen käme. Tut sie aber nicht.

Klasse. Was jetzt?



**Abbildung 174: die Stirnlochmutter ist wenigstens runter**

Ich könnte nun einfach wie ein Minderbemittelter wild mit einem Hammer auf die Mutter eindreschen, aber ich habe gelernt, dass man im Leben mit "Smart-Sein" oft viel mehr erreicht als mit Gewalt. Also frage ich die Mitglieder der Zerspanungsbude.com mal wieder um Hilfe. Es dauert nur wenige Minuten, da schickt man mir Schnittzeichnungen zu, und erkundigt sich nach weiteren Informationen zu meiner FP1. Auch Lennart hat meine Frage gelesen und natürlich wieder sofort die Lösung parat: Spindel eindrehen, dann hinten mit dem Plastikhammer -zusammen mit der Mutter- mit sanften Schlägen herausklopfen.

Durch die netterweise zur Verfügung gestellte Schnittzeichnung weiß ich auch, dass ich nichts mehr im Weg ist, was meine Aktion behindern dürfte. Also los!

Ich drehe die X-Spindel von vorne vorsichtig ein.



**Abbildung 175: die X-Spindel einschrauben...**

Irgendwann kommt sie am anderen Ende der Konsole heraus. Dann nehme ich den Plastikhammer.



**Abbildung 176: ...und zwar so lange, bis sie hinten herausragt.**

Nur wenige leichte Schläge reichen schon aus und die Spindelmutter zeigt sich.



**Abbildung 177: leichte Hammerschläge reichen aus, um die Spindelmutter auszutreiben**

Natürlich wird die Spindelmutter erstmal gebadet und gereinigt. Auch hier habe ich Reste von Fett gefunden. Ich bin mir jedoch sicher, dass hier nur Hydrauliköl hingehört und kein Fett.



**Abbildung 178: ein erstes Bad im Ultraschall**

Nun ist die X-Spindelmutter draußen, aber noch immer klemmt das kleine Kegelrad zwischen den beiden großen Kegelzahnradern fest, so dass es nicht entnommen werden kann. Wäre nur ein ganz wenig mehr Platz vorhanden oder könnte man die Kegelräder axial ein wenig verschieben, so würde das vermutlich schon reichen, um das kleine Rad zu entnehmen. Was also machen?

Wieder eine Frage in die Zerspanungsbude. Diesmal bestätigt mich Moderator Jonathan damit, dass es keinen anderen Ausweg gibt, als die Bronzebuchse des kleinen Kegelrades mit einer Gewindestange ein paar Millimeter in das Gehäuse zurückzuziehen, damit der notwendige axiale Platz geschaffen wird.



**Abbildung 179: Lagerbuchse zurückziehen mit M12 Gewindestange**

Also tue ich genau das. Auch wenn ich noch nicht weiß, wie ich die Buchse dann später je wieder zurückgeschoben bekommen soll, ist der Wunsch nach einer Lösung dieses Problems zu groß. Eine M12 Gewindestange, ein paar Unterlegscheiben und zwei M12-Muttern reichen aus, um eine einfache Zugvorrichtung zu konstruieren.

Vorher noch die Klemmschraube heraus, dann kann es losgehen.

Nur wenige Millimeter reichen aus, dann ist die Lagerbuchse so weit zurückgezogen, dass das Kegelrad so viel Spiel bekommt, dass man es herausnehmen kann.



**Abbildung 180: die Buchse muss nur um die halbe Lochbreite seiner Halteschraube zurückgezogen werden, das reicht schon!**

Hurrah, sie ist draußen!



**Abbildung 181: endlich: das kleine Kegelzahnrad ist frei**

Dahinter liegt noch eine Anlaufscheibe, die von der Buchse her mit zwei Stiften in Position gehalten wird. Daher konnte man sie leider auch nicht unter dem Kegelzahnrad wegziehen und auf diese Art Platz schaffen.



**Abbildung 182: zwei Stifte hielten die Anlaufscheibe fest**

Geschafft!

## 42 Die großen Kegelräder...

...bleiben drin!

"Warum das denn?", werdet ihr fragen. Die Antwort ist relativ einfach: der Ausbau dieser beiden Räder kann nach Rücksprache mit dem Zerspanungsforum vermutlich nur erfolgen, wenn man sich zwei ca. 1cm breite Halbschalen dreht, die man dann zwischen Ring und Gehäuse legt und dann mit demselben Trick (Gewindestange und Mutter) die Lagerbuchsen der Räder ein Stück weit ins Gehäuseinnere einzieht.



**Abbildung 183: zum Entnehmen der großen Kegelträger braucht man Knoff-Hoff - weil wir es nicht müssen, bleiben sie drin**

Also genauso wie bei dem kleinen Kegelrad, nur mit dem Unterschied, dass man dafür noch ein weiteres Spezialwerkzeug anfertigen muss.

So, und da ich selbst mit eingebauten Kegelrädern den Konsolenschlitten reinigen, einschaben und später neu lackieren kann, gebe ich mir diese Arbeit nicht. Denn merke: hier ist ja nichtmal was kaputt! Im Gegenteil: es besteht eher die Gefahr, dass ich durch meinen Aus- und Wiedereinbau eher was kaputt mache. Von daher: die Räder bleiben drin- der Ausbau macht keinen Sinn und ich will ja auch irgendwann mal fertig werden.

## 43 Die Z-Spindel (Teil 1)

Im Gegensatz zu den Rädern, muss die Spindelachse jedoch wirklich weichen, denn zum einen habe ich die große Gefahr, dass ich sie während der Schaberei verbiege und zum anderen macht sie das Handling des gesamten Konsolenschlittens absolut schwierig. Wenn was schwer geht, steigt die Gefahr für Verletzungsrisiken und das wollen wir nicht. Also: raus das Ding. Nur wie?



Abbildung 184: bis zu diesem Moment wird es noch etwas dauern... ;-)

Eines ist klar:

Um an die 6Kant-Schraube der Z-Spindel zu kommen, muss ich erstmal Platz im Getriebe-fach schaffen. Die kleine Nebenwelle muss erstmal raus!

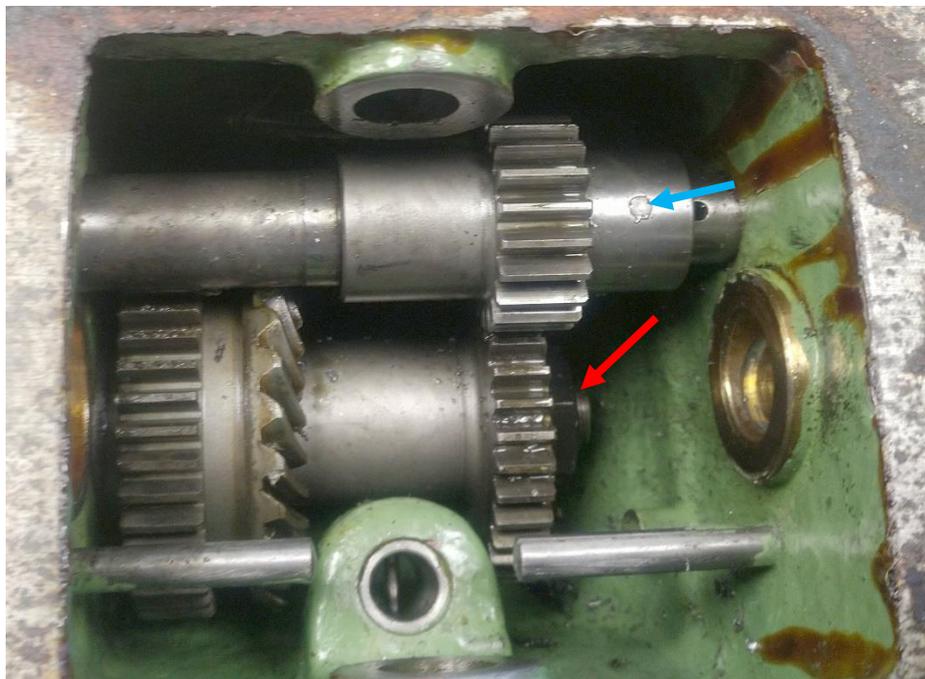


Abbildung 185: die Z-Spindel ist mit einer 22mm Sechskantschraube gesichert (roter Pfeil)

## 44 Nebenwelle ziehen

Zuerst versuche ich, den Kegelstift der Hülse auszubohren, weil ich befürchtete, dass beim Ziehen der Welle das Zahnrad irgendwo gegen das Gehäuse gezogen und beschädigt werden könnte (Abbildung 185, blauer Pfeil). Problem: die Welle lässt sich nicht drehen, man kann den Kegelstift nur von der dicken Seite aus sehen; d.h. ihn mit Hammerschlägen nur noch weiter REIN treiben, aber nicht HERAUS! Denn dieses Ende liegt auf der anderen Seite der Welle, wo man nicht rankommt. Es ist also so, als ob man jemand bitten würde, ein Mondfoto von seiner Schattenseite zu machen. Geht nicht von der Erde aus!

Also versuche ich das Ding aufzubohren. Ganz super Idee. Der 2,5mm-Bohrer bricht mitten-drin im Loch ab und bleibt stecken. Statt besser, ist es nun noch viel schlechter geworden.

Ich fasse mir ans Herz und wage es. Auch mit noch steckendem Kegelstift. Jetzt nur vorsichtig und immer aufpassen, dass das Zahnrad beim Wellenziehen nirgends anstößt und Zähne abbrechen.



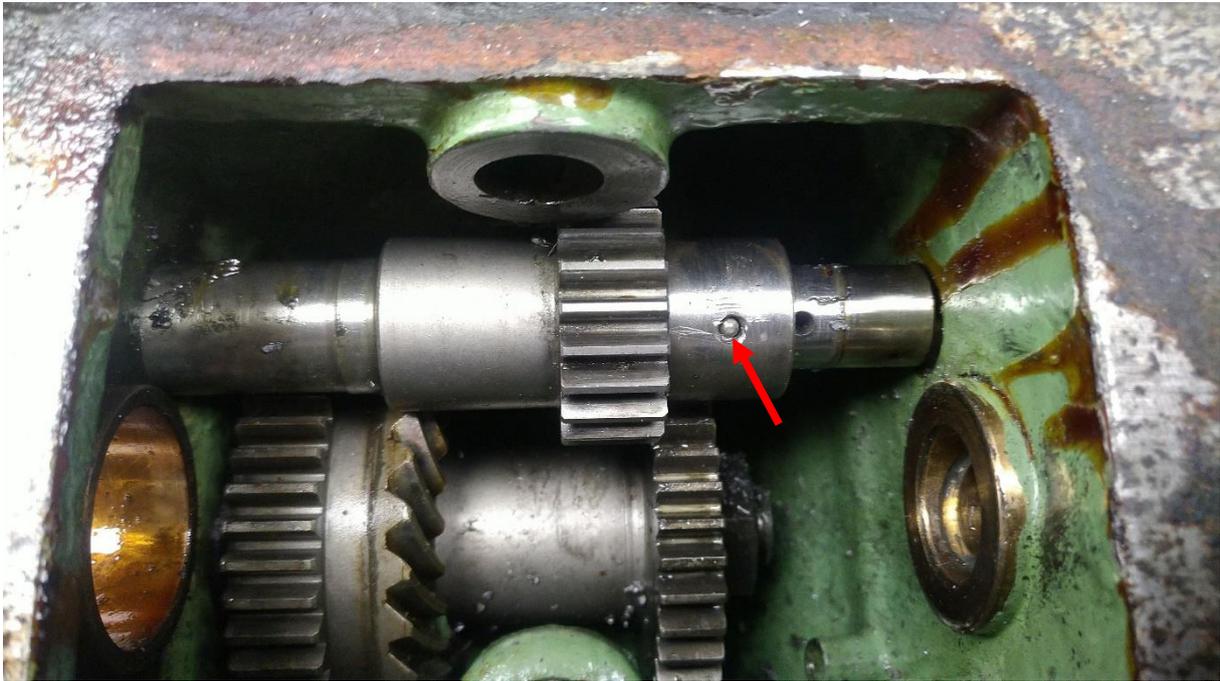
Abbildung 186: diese Halteschraube muss aber vorher heraus, sonst bewegt sich NICHTS!

Eine 19mm Langnuss, eine M10x100 6Kantschraube, eine Unterlegscheibe und eine M10-Mutter- schon ist der provisorische Wellenzieher fertig. Ich drehe ihn in die Buchse ein und ziehe die M10-Mutter langsam an: und es klappt! Die Welle kommt!



Abbildung 187: improvisiertes Ausziehwerkzeug

Tatsächlich kann man die Welle irgendwann um 180° drehen, so dass ich den angebohrten Kegelstift wirklich von der Hinterseite aus erreichen und mit einem einfachen Schlag mit dem Splintentreiber herausschlagen kann. Samt noch immer steckender Bohrerspitze.



**Abbildung 188: die Achse ist um 180° gedreht, die Rückseite des Kerbstifts wird sichtbar- jetzt kann endlich der Durchschläger verwendet werden!**

Daraufhin kann ich das kostbare Zahnrad auch (aus dem Gefahrenbereich) von der Welle nehmen und wenige Sekunden später ist die komplette Nebelwelle ausgebaut. Prima. Wenn alles so einfach ginge!



**Abbildung 189: links: das Zahnrad; rechts: alle Teile der Nebelwelle und das Ausziehwerkzeug**

## 45 Die Z-Spindel (Teil 2)

So, wie kriege ich aber nun die 22mm-Mutter ab? Sie sitzt b o m b e n f e s t!!!

Der Zerspanungsforum weiß Rat: es müssen so eine Art "Schonbacken" her, mit der ich die Z-Spindel beschädigungsfrei in einen Schraubstock fest einspannen kann- und zwar so richtig fest. Meine Spindel hat knapp 25mm Durchmesser; d.h. ich brauche nun ein etwa 5cm langes Stück Aluminium, das ich auf 24mm aufbohre, dann längs aufschlitzen, oder vielleicht sogar in zwei Teile sägen, die ich dann um die Spindel legen und sie so wirklich festsetzen kann.

Ein erster, schnell hergestellter Versuch aus billigem Fichtenbalken mit 24mm Forstnerbohrer und Standbohrmaschine schlägt fehl. Der Klotz aus Weichholz gibt zu sehr nach und überträgt entsprechend zu wenig Klemmkraft auf die Spindel, so dass sie durchdreht, wenn man die Mutter mit etwas Kraft zu lösen versucht.



**Abbildung 190: erster Versuch: Fichtenholzbacken versagen!**

Nun habe ich mal wieder das Problem, dass mein Materiallager nicht wirklich groß ist. So eine "Bastelkiste", wie ich sie am Messplatzzimmer für Elektronikteile an der Wand habe, fehlt mir sehr für die Mechanik. Das Bestellen von Rund- und Vierkantmaterial im Internet ist zwar eine Alternative, ersetzt aber nicht den erfolgreichen Fischzug auf dem lokalen Schrottplatz (der wegen Corona aber auch nicht wirklich gut zugänglich ist).

Am Ende muss ich weitere 30€ in eine Bestellung von 250mm Alu-Vierkantmaterial mit 60x60mm investieren, um mir die Schonbacken daraus herstellen zu können. Es hilft ja nichts, Metall ist eben teuer und auch, wenn ich einen Großteil davon in eine Schonbacke für die Demontage der Z-Spindel verbraten werde, so werde ich auch dabei irgendwas lernen.

Aber natürlich bin ich mal wieder ungeduldig und will nicht auf die Lieferung des Aluminium warten. Also suche ich mit einem Klotz aus Eiche, also Hartholz, und mache mir daraus neue Schonbacken. Als Gegenhalter benutze ich einen Schraubstock, den ich mit Schraubzwingen auf meiner Werkbank befestige.



**Abbildung 191: neues Set-up: damit soll es mir gelingen!**

Ich knalle sämtliche Zwingen und auch den Schraubstock "so richtig" an. Das braucht es auch: mit festen Hammerschlägen bewegt sich endlich was!

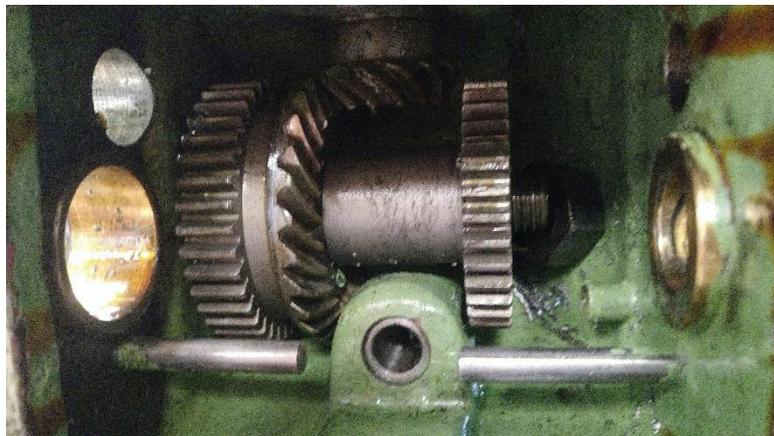


**Abbildung 192: fetter 1,5kg Schlosserhammer**



**Abbildung 193: die Eichenbacken halten!**

Nach ein paar weiteren Hammerschlägen ist die Mutter schließlich runter von der Spindel. Nun muss die Welle noch herausgezogen werden.



**Abbildung 194: die Mutter ist ab!**

Wie mache ich das? Ganz einfach: den Schraubstock als Schlaghülse benutzen. Das ist zugeben nicht ganz "smart" für den Schraubstock, aber solange man vorsichtig schlägt, kriegt er auch keine Dellen. Stück für Stück hämmert man somit den Schraubstock quer über die Werkbank- und zieht damit auch gleichzeitig die Spindel hinaus.



**Abbildung 195: sie kommt!**

Und endlich haben wir wirklich alles draußen: Z-Spindel, Zahnräder und auch ein 51104 Drucklager, das ich natürlich auch austauschen werde, denn so leicht komme ich später nie wieder dran wie jetzt.



**Abbildung 196: die Z-Spindel ist auch ziemlich verpekt**

Was ich befürchtet habe: selbst nach dem Ausbau aller möglichen Teile (die beiden großen Kegelzahnräder nehmen wir mal aus, aber die machen den Kohl dann auch nicht mehr fett) ist der Konsolenschlitten noch immer so schwer, dass ich ihn alleine nur mit Mühe vom Tisch auf meinen kleinen Palettenwagen heben kann. Im Moment habe ich noch absolut keine Idee, wie ich so ein schweres Bauteil am Ende auf die Maschinensäule aufeinander hin einschaben soll!



**Abbildung 197: Geschafft: diese 6Kant-Mutter war echt stramm drauf!**



**Abbildung 198: Konsolenschlitten- endlich fertig ausgebaut!**

## 46 Entkeimung ;-)

Nun gut erstmal muss die Konsole aber saubergemacht werden. So verschmoddert, wie sie hier auf dem Tisch liegt, möchte man sie kaum mit bloßen Fingern anfassen. Teilweise millimeterweise verharztes Fett, vermischt mit Dreck und Frässpänen. Ein Fall für den guten Mellerud Backofenreiniger und die Zahnbürste!



Abbildung 199: Backofenreiniger und Wasserschlauch

Tatsächlich holt dieser Reiniger mit etwas Einwirkzeit erstaunlich viel herunter. Sogar der Decklack wird von ihm teilweise angelöst. Gut für mich, denn der soll am Ende sowieso herunter.

Der Hersteller des Backofenreinigers sagt, dass man am Ende den Ofen mit viel Wasser abspülen soll, um die verbleibenden Reinigerrückstände zu entfernen. Das bedeutet für mich: eine Schale und einen Wasserschlauch!

Ganz im ernst: ich spritze den kompletten Konsolenschlitten mit einem Gartenschlauch ab. Weil ich aber keine Umweltsau bin, lege ich eine Plastischale unter und fange das Waschwasser auf, damit es nicht in das Regenwasser läuft und dieses verunreinigt. Sobald das getan ist, blase ich sofort alles mit Druckluft trocken und dann sofort(!) eine halbe Flasche WD-40 hinterher, damit auch die letzten Wasserrückstände in den Lagern verdrängt werden.



Abbildung 200: Trocknung mit Heizlüfter

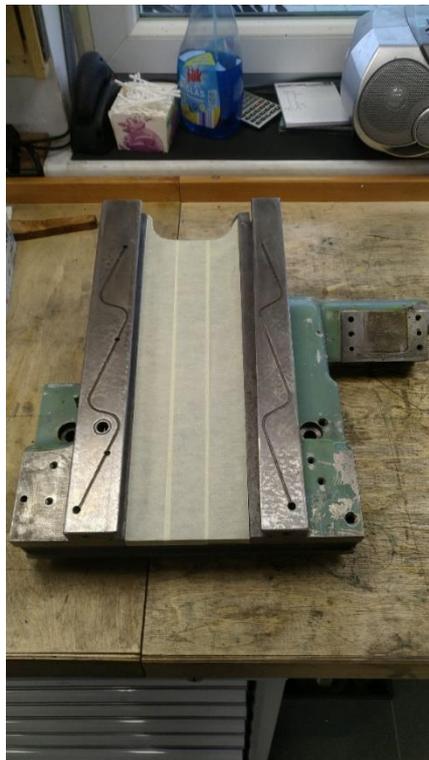
Dann fahre ich den Konsolentisch auf meinem kleinen Wägelchen sofort wieder in die Werkstatt und stelle einen Heizlüfter für eine gute Stunde davor. Das letzte, was ich jetzt gebrauchen kann, sind -durch meine Reinigungs- verrostete Führungen oder Lagerbuchsen.

Ganz explizit knöpfe ich mir noch die großen Kegelräder vor, denn hier ist die Gefahr am größten, dass sich hier Wasser in den Ritzen halten konnte. Und so scheint es auch: sie scheinen fest zu sitzen! Nur sehr mühsam mit viel Ruckeln, Fluten mit Petroleum und anschließend Einölen mit VG68 Hydrauliköl kriege ich sie wieder sauber und weich zum Drehen. Jede Wette, dass sich die Räder nach meinem Waschen "fest gefressen" hätten, wenn ich diese Intensivkur nicht gemacht hätte.



**Abbildung 201: besondere Sorgfalt bei diesen Zahnradkammern**

Nun bin ich jedoch sicher, dass meine Backofenreinigerrückstände abgespült sind und der Konsolenschlitten dabei nicht gelitten hat. Zum Schluss klebe ich die Zahnradkammern mit Malerkrepp zu, denn für die nun folgenden Arbeiten (Messen und Schaben) möchte ich nicht, dass da weder Öl herausläuft noch Späne hineinfallen.



**Abbildung 202: Abkleben mit Malerkrepp**

## 47 Konsolenschlitten: Geometrie ausmessen

Die Geometrie dieser Baugruppe verlässlich und nachvollziehbar zu bestimmen, ist sehr wichtig, denn schließlich soll unsere Fräse später ja möglichst rechte Winkel erzeugen und keine krummen.

Die Messung beginne ich mit den Flachführungen. Zuerst fahre ich mit dem Abziehstein über alle Führungsflächen, um ggfs. vorhandenen Grat damit zu entfernen, denn der wäre weder gut für die Messergebnisse noch für die Granitplatte. Dann lege ich den Konsolenschlitten mit seiner Rückseite auf die Messplatte und fahre mit einer Messuhr in einem stabilen Messuhrhalter die Parallelität der X-Flachführungen ab. Idealerweise sollte beides genau parallel (und eben) zueinander sein. Bereits vom ersten Angucken haben wir schon deutliche Verschleißspuren gesehen, die beim Drüberfahren mit dem Fingernagel jedoch nicht wirklich tief zu sein scheinen. Eine dicke Fressspur auf der X-Achsenfläche zeugt von nicht immer perfekter Behandlung dieser Maschine und sorgt bei mir für etwas Betrübnis.



**Abbildung 203: Bereits während der Reinigung fiel mir schon was auf: hier gehört Öl hinein- kein Fett!  
Das was todsicher der Grund für die Fresser an den Führungsflächen!**

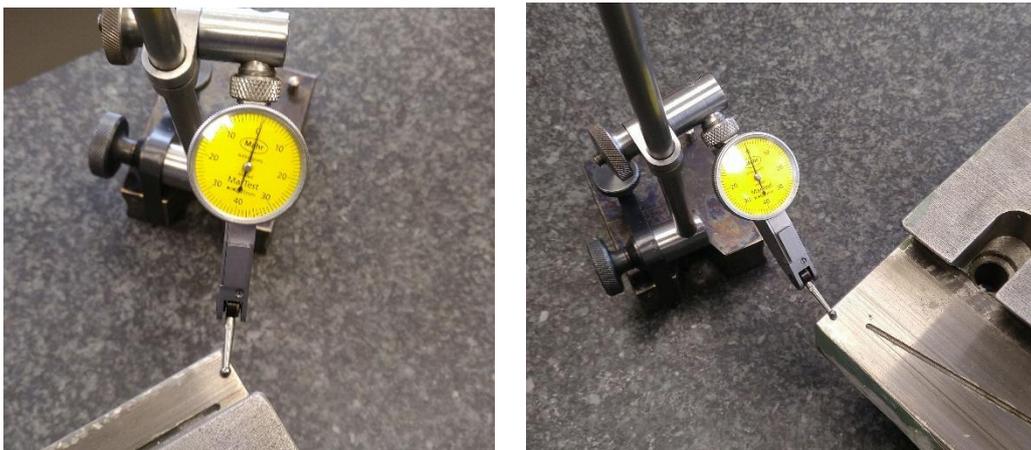
Im Gegensatz zu einem Kugellager sind bei einer Gleitfläche einer Maschine diese i.d.R. noch nicht gleich irreparabel zerstört. Natürlich kann in dem zerkratzten Bereich keine wirklich guter Kraftschluss zwischen Säule und Konsole erwartet werden. Das kann man bei einer Ölrinne/Ölkanal aber auch nicht- und trotzdem baut man welche hinein! Will sagen: dieser (winzige) Verlust an Kraftschluss wird sich in der Praxis kaum bemerkbar machen. Ein sauberes Einschaben jedoch schon: selbst mit diesem Fresser dürfte die Maschine mit erfolgtem Einschaben auf 20ppi eine deutlich bessere Performance erreichen als vorher. Wir leben also mit diesem kleinen Ratscher, glätten ihn vielleicht etwas, aber ärgern uns nicht mehr darüber.

Viel überraschter bin ich über das, was mir meine Messuhr dann beweist:  
Ich messe an allen vier Ecken nahezu überall denselben Wert! Bedeutet: die Flachführungen der Z-Achse sind bereits jetzt schon super parallel zu denen der X-Achse!



**Abbildung 204: erste Vermessung des Konsolenschlittens**

Ich will das fast gar nicht glauben und messe nochmal. Aber es bleibt dabei: Die Parallelität zwischen diesen beiden Ebenen scheint wirklich nicht schlecht zu sein. Möglicherweise wurde die Maschine wirklich schon einmal aufgearbeitet? Das "R" vor der Seriennummer sei ja nochmalerweise ein Zeichen dafür, wird mir gesagt.



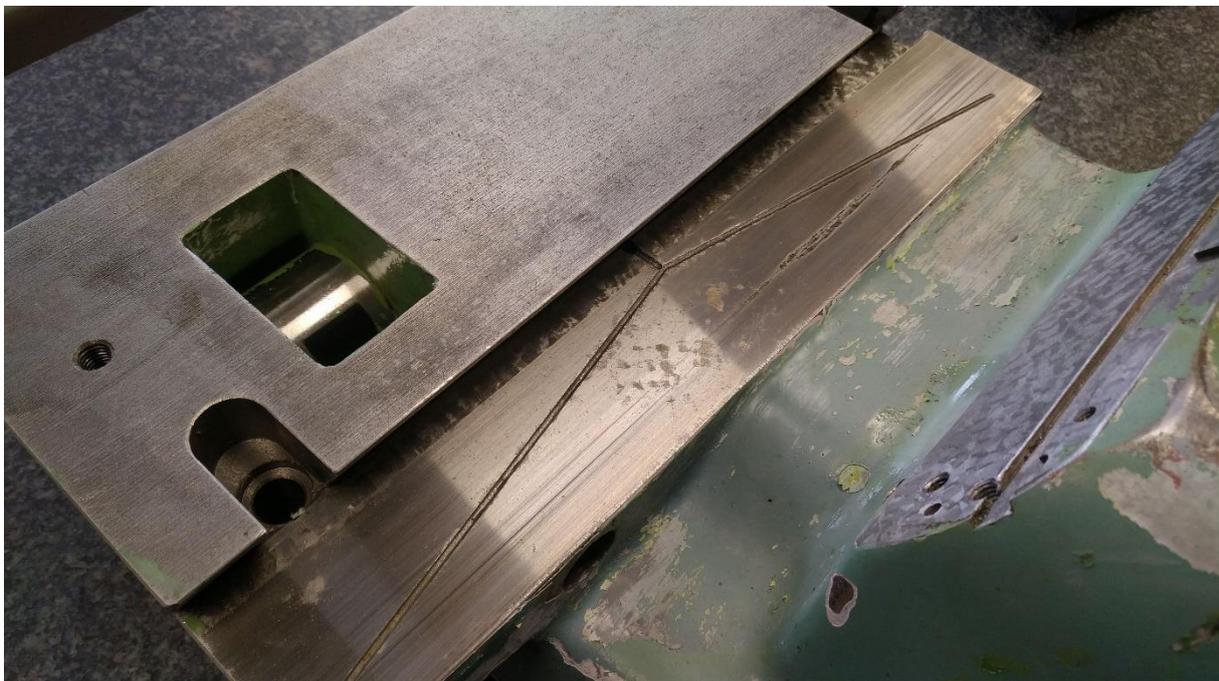
**Abbildung 205: erstaunlich: bereits von Anfang an alles parallel!**

Ich untersuche das Bauteil weiter. Man sieht die ursprünglich geschabten Flächen. Der größte Unterschied, den ich mit der Messuhr zwischen den augenscheinlich Stellen mit der größten Abnutzung und den noch "jungfräulich" aussehenden mit Schabemuster finde, sind etwa  $30\mu\text{m}$ . Das ist vielleicht nicht perfekt, aber es gibt viele andere Werkzeugmaschinen, die von so geringen Abnutzungsspuren nur träumen würden.

Natürlich werde ich das alles noch weiter verbessern, aber eines steht schonmal fest: außer dem hässlichen Fresser in der einen Fläche ist auch der zweite Eindruck nicht wirklich schlecht.



**Abbildung 206: die Abnutzung scheint maximal 30 $\mu$ m gewesen zu sein**



**Abbildung 207: hässliche Fressspuren an der Flachführung**

## 48 Vorgedanken zum Einschaben

Der erste Schritt des Einschabens wäre also dann -wie immer- eine Herstellung der Ebenheit und Parallelheit der Flachführungen zueinander. Aus der ersten Vorab-Messung im letzten Kapitel wissen wir, dass wir da gute Startbedingungen haben. Ich beginne trotzdem zuerst mit den unteren (Z-Achse), so dass die Konsole noch sauberer auf der Messplatte liegen kann.

Erst dann kann man strenggenommen die Parallelität der ZX-Ebene unten mit der ZX-Ebene oben messen und beurteilen und die X-Flachführungen entsprechend schaben.

So richtig interessant wird es aber erst dann: die SSW-Seiten! Wie und was messe ich denn da?

Zu allererst habe ich inzwischen gelernt, dass es immer gut ist, wenn die Bewegungsachse (=das, was uns die Führungen vorgeben) mit der Spindelachse (=die Richtung, in die die lange Gewindestange zeigt) übereinstimmt. Denn tun sie das, fährt auch die Spindelmutter im immer gleichen Abstand zur Bewegungsebene mit- eine ganz wichtige Grundvoraussetzung, um eine Schwergängigkeit (oder sogar Verklemmen!) der Spindel beim Drehen zu vermeiden.

Leider ist es ziemlich schwierig, die genaue Drehachse einer Gewindespindel zu bestimmen. Zumindest für mich. Zum einen macht einem das Vorhandensein eines Gewindes die Messung nicht gerade einfacher und zum anderen kann man eine so lange Spindel gar nicht so gut abstützen, dass sie am Ende nicht doch irgendwie durchhängt (alleine schon wegen ihres Eigengewichts!). Das suggeriert einem während der Messung eine Schiefelage und erschwert uns die korrekte Bestimmung erheblich!

Eine weitere Herausforderung stellt sich uns dann auch gleich in den Weg: spätestens wenn ich den Konsolenschlitten dann auf die Säule fein-einschaben will, muss ich dazu die extrem schwere Konsole auf die Säule heben und dann in diesem Zustand damit Tuschiebilder machen. Wenn wir uns erinnern, habe ich im ersten Teil dieses Berichts zum Abheben der Konsole sogar einen Kran bzw. elektrischen Seilzug benutzen müssen! Wie soll ich denn nun mit Muskelkraft die Konsole auf die Säule heben und sauber tuschieren- und das auch noch mehrmals?

Das funktioniert so nicht!

## 49 Flachgelegt

Es wird wohl kaum eine andere Möglichkeit geben, als dass ich die Säule der Fräse wieder flach auf meinen Werkstatt-Rolltisch hebe, so dass die Säulenführung wieder waagrecht liegt. Nur dann werde ich den Konsolentisch per Hand darauf aufsetzen und tuschieren. Selbst in der Waagerechten wird das noch schwer genug- dasselbe in der Vertikalen per Hand machen zu wollen, wäre illusorisch!

Im folgenden beschreibe ich mit einer kleinen Fotostrecke, wie ich das bei mir gemacht habe.



Abbildung 208: Schritt 1: Säule anheben



Abbildung 209: Schritt2: in Richtung Tisch fahren



**Abbildung 210: Schritt 3: auf Tisch ablassen**



**Abbildung 211: Schritt 4: langsam abkippen (Vorsicht, Rutschgefahr!)**



**Abbildung 212: Schritt 5: auf Holzbrett ablegen**



**Abbildung 213: Schritt 6: Schwerpunkt suchen und sichern**

Das, was hier so leicht aussieht, war in Wirklichkeit ganz schön anstrengend und schwierig. Besonders das kontrollierte Abkippen in die Waagerechte erforderte zusätzliche Sicherungen und sorgfältige Überlegungen (z.B. Vermeidung des ungewollten Herausrutschens der Hebeschlinge, usw.).

Am Ende hat es aber geklappt und der Weg ist nun frei für das Einschaben des Konsolenschlittens!

## 50 Konsolenschlitten einschaben

Wie ich ja schon erstaunt feststellte, scheint die Geometrie am Konsolenschlitten bereits von Anfang an gar nicht so schlecht zu sein. Ich beginne mit der Unterseite (Z-Achse). Nach ein paar Schabedurchgängen sieht die Unterseite so aus:



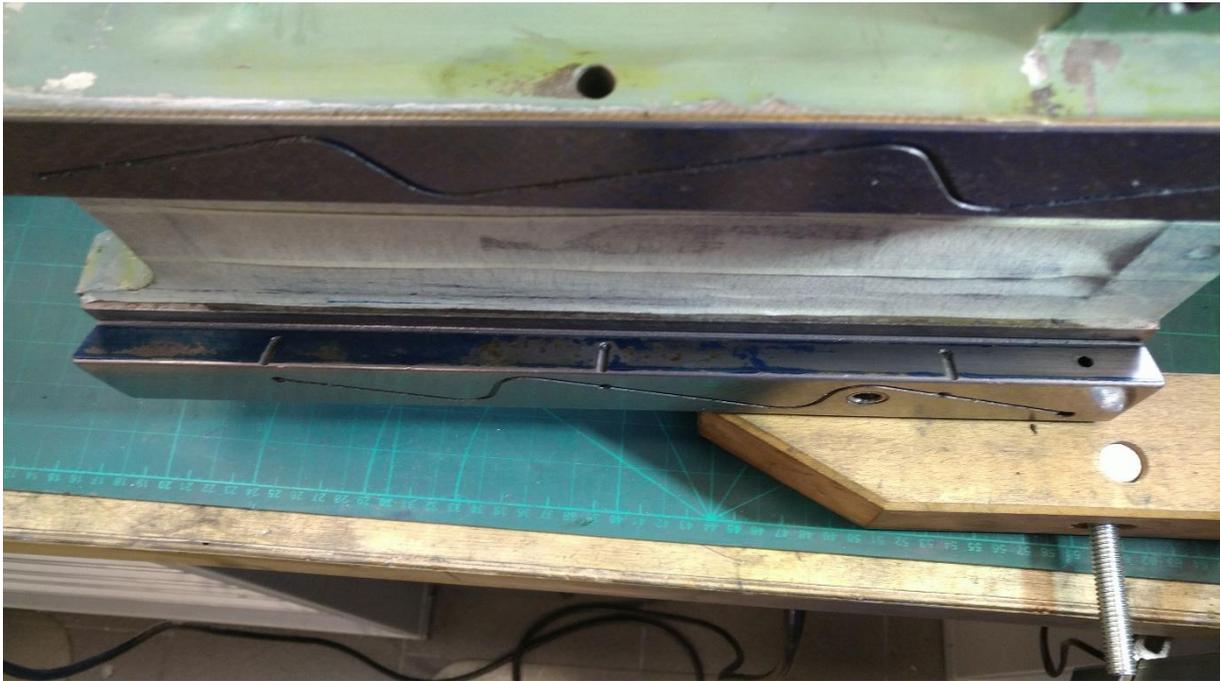
Abbildung 214: Flachführungen in Z

Besser geht natürlich immer, aber das reicht mir erstmal. Ich nehme die Oberseite (X) in Angriff. Die hat etwas Zuwendung nötig.



Abbildung 215: Flachführung in X, vorher

Dann die SSW-Seiten. Erstmal alles gerade machen und die Abnutzungsspuren egalisieren.



**Abbildung 216: SSW-Führung in Z, vorher**

Nachdem die SSW-Führung in Z erstmal gerade ist, interessiert mich, ob zwischen Z und X auch wirklich  $90^\circ$  sind. Also mache ich mal einen Messaufbau.



**Abbildung 217: Messaufbau zur Kontrolle des Winkels zwischen Z und X**

Wie habe ich das gemacht?

Also zuerst habe ich die Konsole auf die Säule aufgeschoben. Dann habe ich zwei Präzisionsröllchen auf die X-Achse gelegt und einen Maschinenwinkel dort angeklemt.



**Abbildung 218: rechter Winkel angespannt**

Dann stelle ich eine Messuhr an den langen Schenkel des Winkels und fahre den Konsolenschlitten in der Z-Säule entlang.



**Abbildung 219: Anlegen der Messuhr**

Das Ergebnis ist eine Veränderung von guten  $30\mu\text{m}$  auf etwa  $20\text{cm}$  Schiebelänge. Das sieht doch gar nicht so schlecht aus! Dafür, dass ich in dieser ersten Vorab-Messung weder den Winkel vorher geprüft habe noch die X-Führungen eben geschabt wurden, bin ich damit schonmal sehr zufrieden!

Aber es geht natürlich noch besser. Daran arbeiten wir jetzt.

**Spoiler: der Winkel ist schief! Das werde ich aber glücklicherweise merken, BEVOR ich da irgendwas schabe!**

Die Flachführungen in X brauchten insbesondere auf der Seite der Keilleiste etwas Zuwendung. Wegen des Verschleißes habe ich mich entschieden, hier zwei verschiedene Scraping-Techniken in einem Durchgang anzuwenden. Roughing im oberen Teil (=schnelles Material-Entfernen) und Semi-Finishing im unteren Teil (Reihen legen).



**Abbildung 220: Flachführung in X**

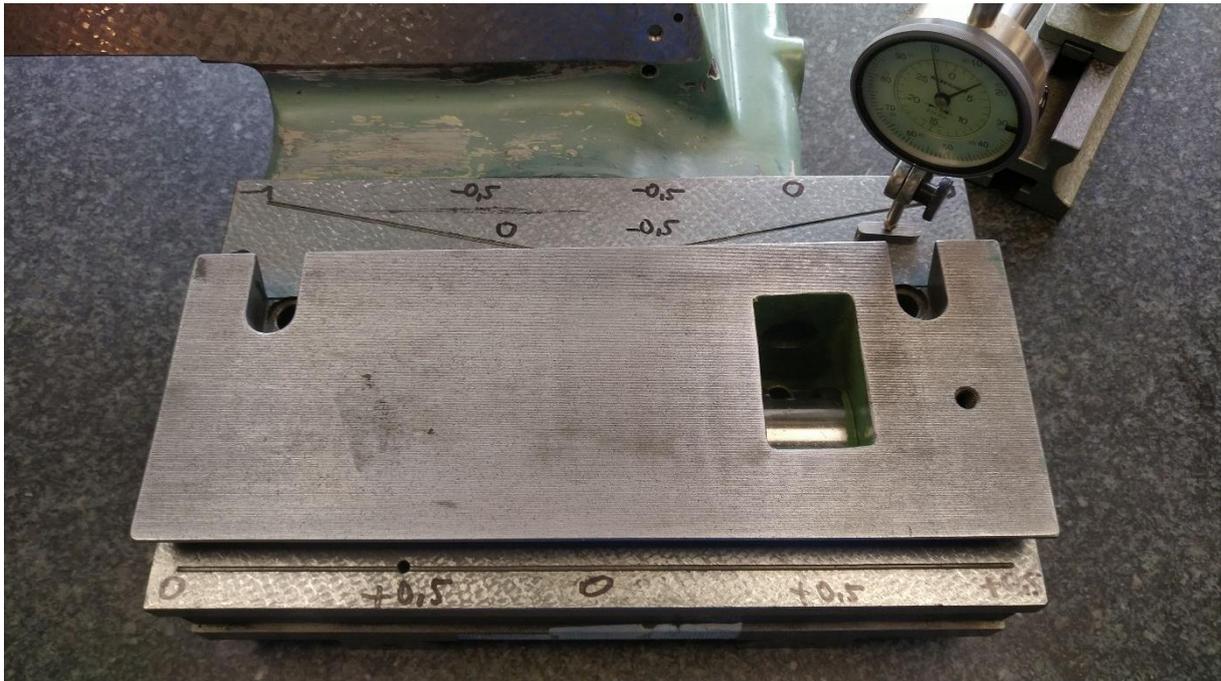
Die Erfolge stellen sich recht bald ein.



**Abbildung 221: während es zuerst noch stark schmiert (links); werden schon bald erste Strukturen erkennbar (rechts)**

Doch bevor ich zu viel Zeit in das Oberflächenfinish investieren, will ich mir erstmal an der Messplatte eine Bestätigung holen, dass die Geometrie auch stimmt!

Der Konsolenschlitten meint es sehr nett mit mir, denn das tut sie: die schlimmste Abweichung ist eine kleine lokale Ecke mit  $-10\mu\text{m}$  Tiefstand (oben links).



**Abbildung 222: kaum was zu meckern: alles innerhalb  $-10/+5\mu\text{m}$**

Der Rest liegt überall innerhalb meiner Messtoleranz, denn der (notwendige!) lange Arm an dem Messstativ vervielfacht jeden Ebenheitsfehler meiner Messplatte und die ist mit max.  $3\mu\text{m}$  Abweichung eben auch nicht perfekt. Eine " $+5\mu\text{m}$ "-Stelle könnte in Wirklichkeit auch schnell eine korrekte "0" sein. Ich vergleiche das Bild am Ende sogar mit der Ebenheitskarte meiner eigenen Granitplatten-Messung und stelle dann wirklich fest, dass es kaum Sinn macht, hier noch weiteren Mikrometern hinterherzujagen.

Ich investiere meine Zeit daher lieber in weiteren Projektfortschritt:



**Abbildung 223: die Schabehalterungen sehen manchmal etwas seltsam aus, aber die Form der Konsole fordert oft viel Einfallsreichtum bei der Einrichtung!**

Dann mache ich ein Kontroll-Tuschierbild zwischen SSW der Säule und SSW der Konsole.



**Abbildung 224: SSW mit Tuschiefarbe vorbereiten**

Die Säule wird zum Master und überträgt die Tuschiefarbe auf den Konsolenschlitten.



**Abbildung 225: Tuschiervorgang**

Ich gebe zu, dass ich hier wahrscheinlich zu viel Farbe aufgetragen habe, sodass der erhaltene und "perfekt" aussehende Tuschieabdruck (Abbildung 226) auf dem Konsolenschlitten mit etwas Vorsicht zu interpretieren ist.



**Abbildung 226: 100% Übertrag auf die Konsole**

Trotzdem ist das erstmal nicht "schlecht", sondern verbirgt vielleicht nur noch weiteres Optimierungspotenzial. Ich begnüge mich aber erstmal mit diesem Ergebnis und versuche, im Projekt weiterzukommen. Als nächstes kommt also die andere Seite des SSW dran: und zwar die, wo die Keilleiste eingeschoben wird. Die muss erstmal nur "eben" werden. Die korrekte Winkelanpassung erfolgt dann zusammen mit der Keilleiste in weiteren Tuschierversuchen.



**Abbildung 227: die SSW-Seite der Keilleiste kommt dran**

Nach einigen Durchgängen scheint dann auch die hinreichend eben zu sein. Die Erreichbarkeit der SSW-Seiten mit dem Schabewerkzeug ist hier auch nicht immer so einfach. Ich muss sogar eine kleine Verlängerung vor die 150mm Schabeklinge stecken, damit ich die hintersten Winkel auch noch mit dem Schaber erreichen kann.



**Abbildung 228: lange Biax-Schabeklinge mit Verlängerung**

Als nächstes kümmere ich mich um die Keilleiste selber.

## 51 Keilleiste (Z-Achse)

Die Keilleiste für die Z-Achse ist prinzipiell auch nicht viel anders als die für alle anderen Achsen auch. Ich mache dieselben Schritte wie

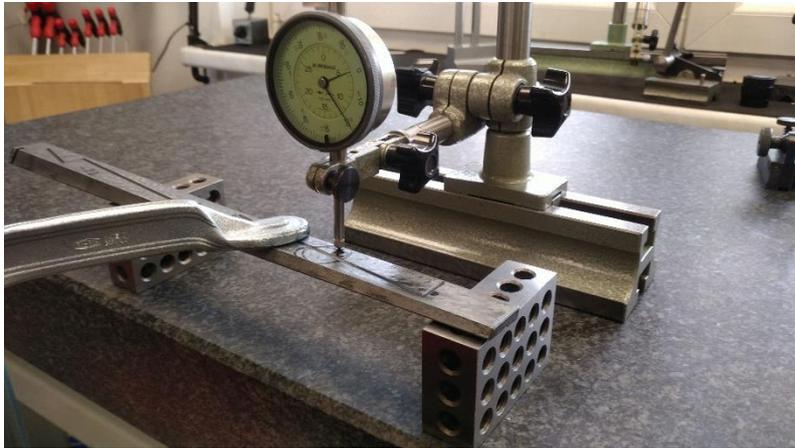


Abbildung 229: bekanntes Bild: Keilleiste vor-biegen

- zuerst messen
- Wölbung größtenteils herausbiegen (Schraubzwinde, Messuhr)
- beidseitig eben schaben.

Da ich mich hier nicht unnötig wiederholen möchte, verweise ich auf das Kapitel 25. Die Abläufe sind hier ganz genauso und am Ende erreiche ich auch hier einen quasi spielfreien Sitz, während ich den schweren Konsolenschlitten trotzdem noch mit nur zwei Fingern über die gesamte Z-Säulenbahn leicht schieben kann.

Eine Besonderheit gab es bei dieser Keilleiste allerdings doch: ihr dünnes Ende ist auf den letzten Zentimetern scheinbar etwas abgknickt, wie wir auf dem Tuschiebild und mit dem Haarlineal sehen:

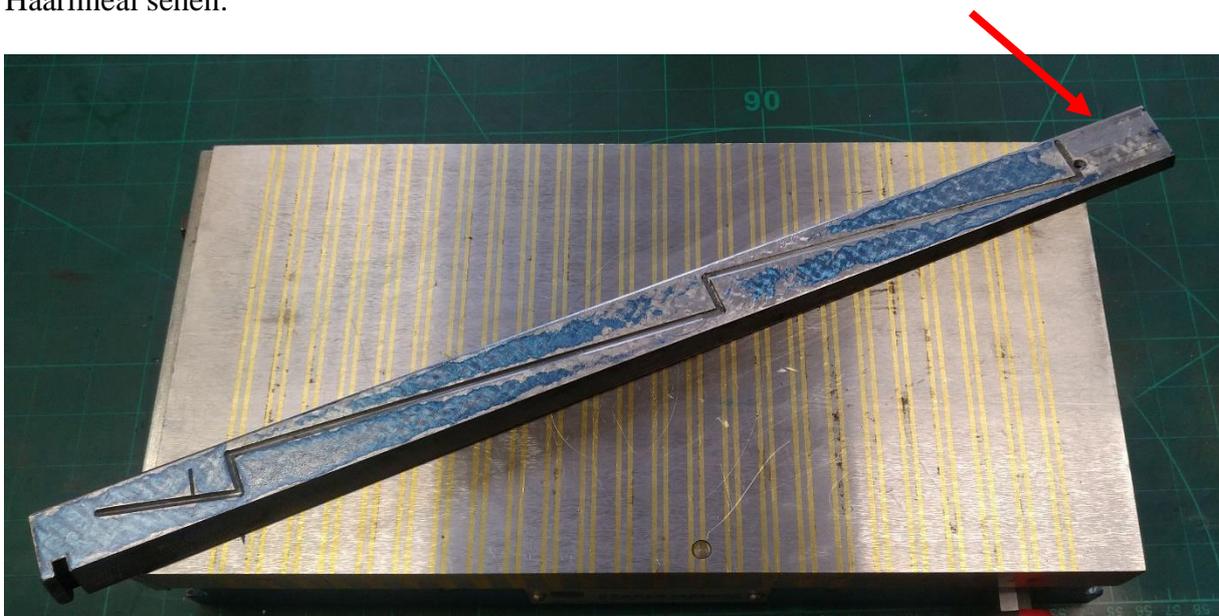


Abbildung 230: Tuschiebild nach Vorbiegen und ein paar Scraping-Durchgängen

Vermutlich haben hier mal große Kräfte auf das Ende der Keilleiste gewirkt, und sie dabei verbogen. Möglicherweise auch in Verbindung mit einem partiell ausgeschlagenen Schwalbenschwanz, denn eine überall sauber flächig anliegende Keilleiste kann man eigentlich nicht verbiegen- auch nicht mit großen Kräften.



**Abbildung 231: das Ende mit dem Gummihammer hertunerhauen!**

Die Korrekturmaßnahme sieht es rüde aus: ab dem Knickpunkt lassen wir die Keilleiste überstehen und hauen sie dann mit dem Gummihammer etwas herunter. Natürlich nehmen wir die Messuhr vorher weg, damit sie keine Hammerschläge abbekommt.



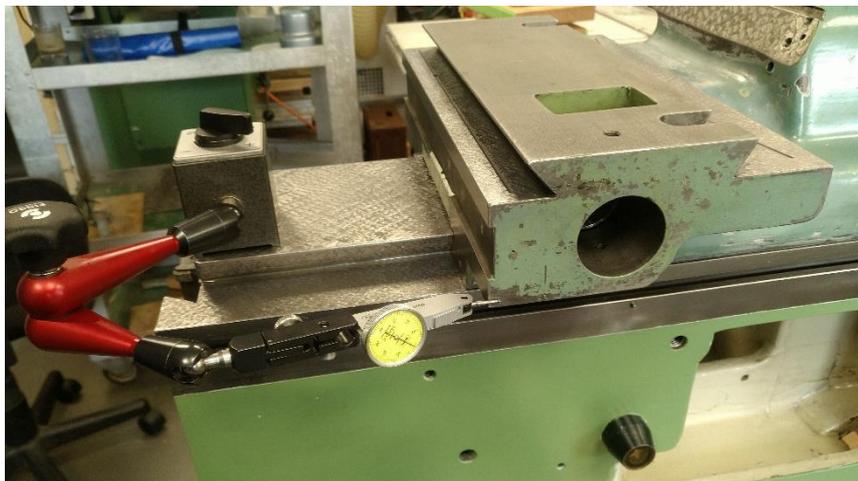
**Abbildung 232: schon besser!**

Ich muss zugeben, dass mir die Keilleiste -trotz materialrettender Arbeiten wie "Vorbiegen" trotzdem ein wenig dünn geworden ist. Als Folge davon steht sie nach oben hin einen guten Zentimeter aus dem SSW hervor, was mir nicht ganz so gut gefällt. Ich habe mich daher erst gefragt, ob ich mir wieder die Arbeit antun soll, die Keilleiste mit Federbronze aufzudoppeln (so wie auch mit der Y-Keilleiste), habe mich am Ende aber aus Aufwandsgründen am Ende dennoch dagegen entschieden.



**Abbildung 233: Tuschierbild im SSW der Fräse**

Der vom Hersteller vorgegebene Verstellbereich der Einstellschraube ist aktuell noch nicht ganz am Ende angelangt, daher mache ich es mir hier mal "einfach" und lasse alles so. Der Sitz ist gut und der Schlitten sowohl vorn als auch hinten so gut wie spielfrei. Dabei belassen wir es.



**Abbildung 234: Test auf Spielfreiheit der Konsole bei eingelegter Keilleiste**

## 52 Rechtwinkligkeit zwischen X und Z messen

Eigentlich stünde als nächstes nun der X-Tisch auf dem Programm- weil dieser an die ebenfalls eingeschabten X-Führungflächen angebaut werden würde. Bevor ich das aber tue, möchte ich wissen, ob seine X-Achse auch wirklich senkrecht zur Maschinensäule ist.

Wie ich das mache? Mit einem Messaufbau, den ich mir ein wenig von Jan Sverre Haugjord bei seinen Myford Super7-Restaurationen angelehnt habe.

Ich lege mir zwei Präzisionsröllchen in den X-Schwalbenschwanz. Daran lege ich einen Maschinenwinkel und zwinge ihn mit Holzzwingen fest gegen diese Röllchen.



Abbildung 235: Messaufbau View 1

Weil der Winkel so schwer ist, unterstütze ich seinen langen Schenkel (450mm) noch mit einem kleinen Eichenholzkeil, damit er am Ende nicht herunterhängt.



Abbildung 236: Messaufbau View 2

Ich fahre den Konsolenschlitten ganz nach oben, stelle eine Messuhr an seinen langen Schenkel und nulle sie. Dann schiebe ich den Schlitten langsam nach unten und beobachte die Messuhr. Ein paar Markierungen auf dem Winkel zeigen mir, dass ich auch wirklich über den gesamten Verfahrbereich messe (30cm).

Und damit fahre ich voll in eine Winkelmess-Odyssee!!

Warum? Nun- je nachdem, welchen meiner vielen Winkel ich einspanne, messe ich auf einer 30cm-Strecke sämtliche Werte zwischen  $-70$  und  $-7\mu\text{m}$ . Bei einer Wiederholungsmessen dann am Ende sogar reproduzierbare(!)  $-150\mu\text{m}$ . Das ist alles doch irgendwie unbefriedigend, denn ich scheine mich hier auf keinen meiner Winkel irgendwie 100%ig verlassen zu können. Zumindest nicht in der Präzision, die ich für diese Messung jetzt gerade brauche.

Was ist hier los?

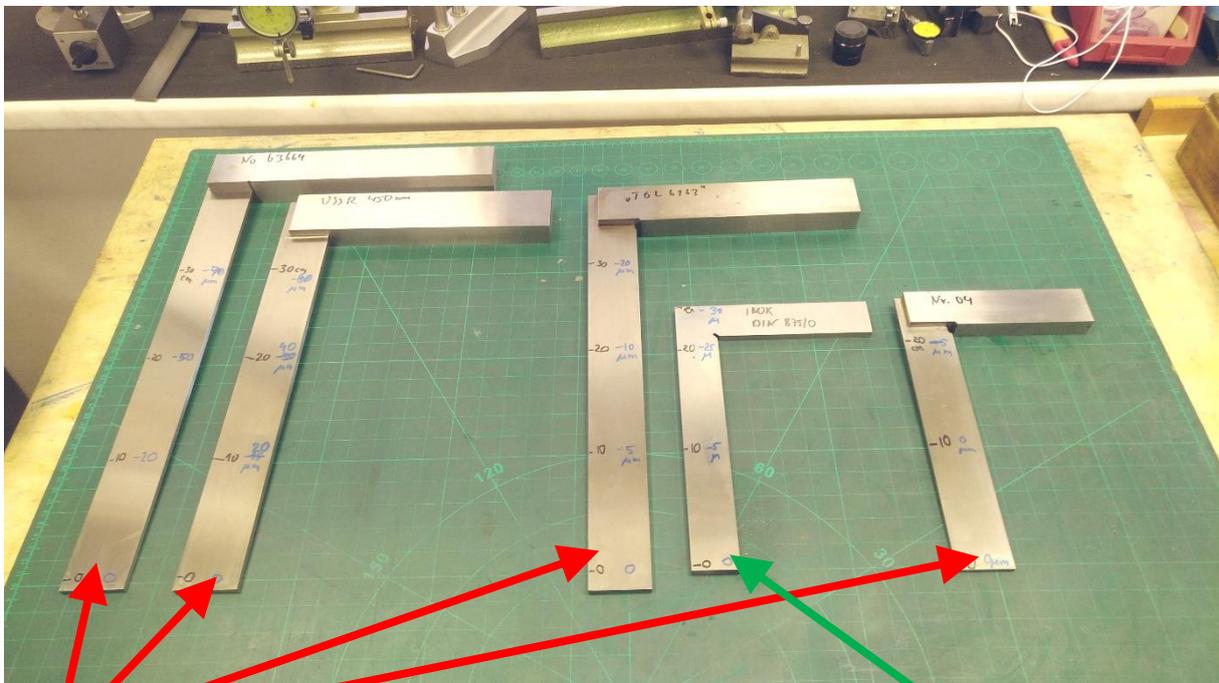


Abbildung 237: mit jedem Winkel ein anderes Ergebnis!

schlecht

gut

Nun hatte ich alle meine Winkel schon einmal auf der Granitplatte gegen meinen kleinen chinesischen Granit-Referenzwinkel (ein  $250 \times 160 \text{mm}$  Grade 0) vermessen, aber schon damals habe ich dabei gemerkt, dass bei einigen meiner Winkel entweder die Schenkel nicht komplett eben waren, die Sockel teilweise wackelten oder meine Lichtspaltprobe nicht bestanden habe.

Die einzigen Winkel, die wirklich ohne Tadel waren, sind meine beiden  $750 \text{mm}$ -Trümmer (hier jedoch nicht auf dem Bild)! Ein Massi und ein JFA- beide irre schwer und unhandlich. Aber -gegeneinander gestellt- so sauber rechtwinklig, dass selbst in  $75 \text{cm}$  Höhe nur ein  $10\mu\text{m}$  Fühlerlehrenband dazwischenpasst! Will sagen: bevor ich nicht wenigstens einen einzigen meiner "kleinen"  $400 \text{mm}$ -Winkel auch auf so ein hohes Präzisionsniveau gebracht habe, macht es wohl keinen Sinn, damit die Rechtwinklichkeit einer Werkzeugmaschine damit einschaben zu wollen!

Schade, dass die großen 750er nicht auf den Konsolenschlitten passen. Ich konnte sie zwar damals zum Schaben der Y-Z-Beziehung der Maschinensäule hervorragend gebrauchen, aber für die Messung heute mit dieser winzigen Auflagefläche sind sie leider deutlich zu groß und schwer (siehe Abbildung 39).

Wir haben also das Problem, dass wahrscheinlich die meisten meiner Metallwinkel für die anstehende Messaufgabe nicht präzise genug sind. Also: Winkel-Messorgie!

Wir beginnen mit dem 450mm-Teil. Referenz ist der Granitwinkel.



**Abbildung 238: links: Granitreferenz; rechts: einer meiner 450mm-Winkel**

Wie wir in Abbildung 238 sehen, liefert der 450mm-Metallwinkel auf derselben Messhöhe (ca. gute 20cm) eine Abweichung von  $79\mu\text{m}$ . Hochgerechnet auf die 30cm Verfahrenweg der FP1 in Z-Achse sind das etwa  $120\mu\text{m}$  Falschanzeige- alleine verursacht durch den Messwinkel! => völlig unsinnig, damit zu messen!

Wenn man eine direkte Lichtspaltprobe zum Granitwinkel macht, sieht man auch hier, dass der 450mm-Winkel nicht wirklich gut aussieht. Auf die 25cm Höhe des Granitwinkels kann man unten tatsächlich eine 100µm Fühlerblattlehre in die Ritze stecken. Ein Beweis mehr, dass dieser Winkel -wie viele seiner Brüder- hier "aus dem Rennen" ist.



**Abbildung 239: Dieser Winkel allerdings ist Schrott: nicht nur die Messuhr, sondern auch der Lichtspalt verrät den schlechten Winkel (rechts)!**

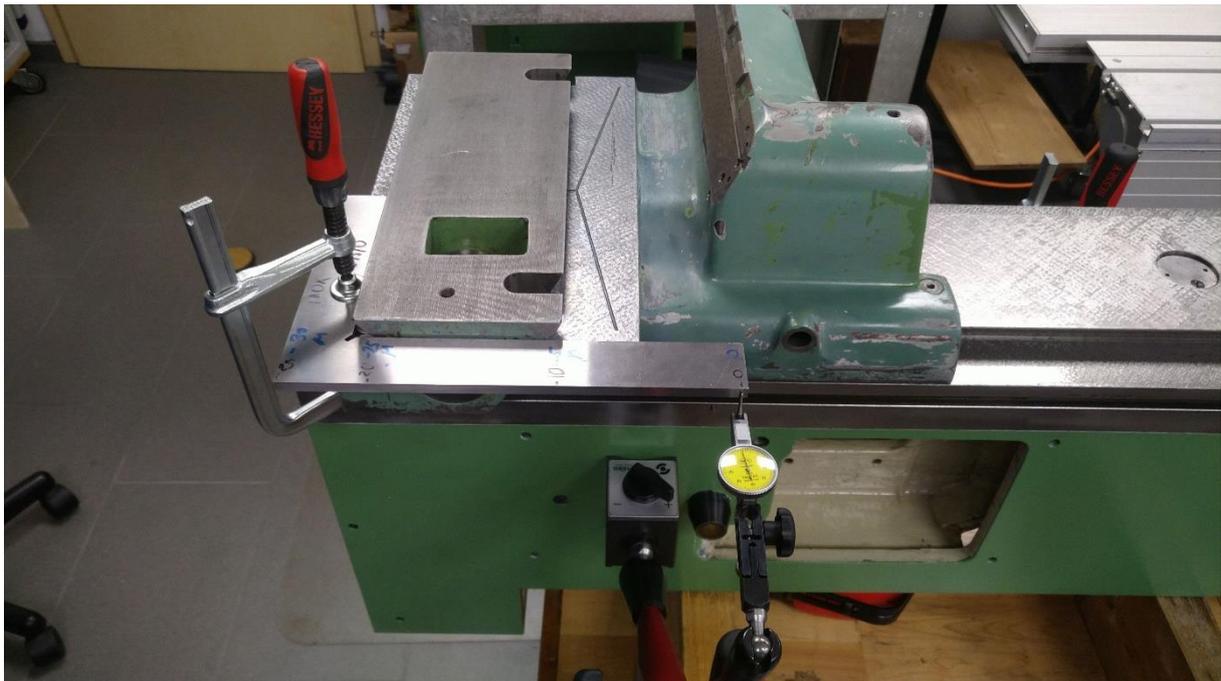
Einziges Lichtblick:

Ich mache eine Gegenprobe mit dem chinesischen 250mm-Winkel; angeblich DIN875/Grade0. Erstaunlicherweise performt der -im Vergleich zum Granitwinkel- aber wirklich gut (Abbildung 240):



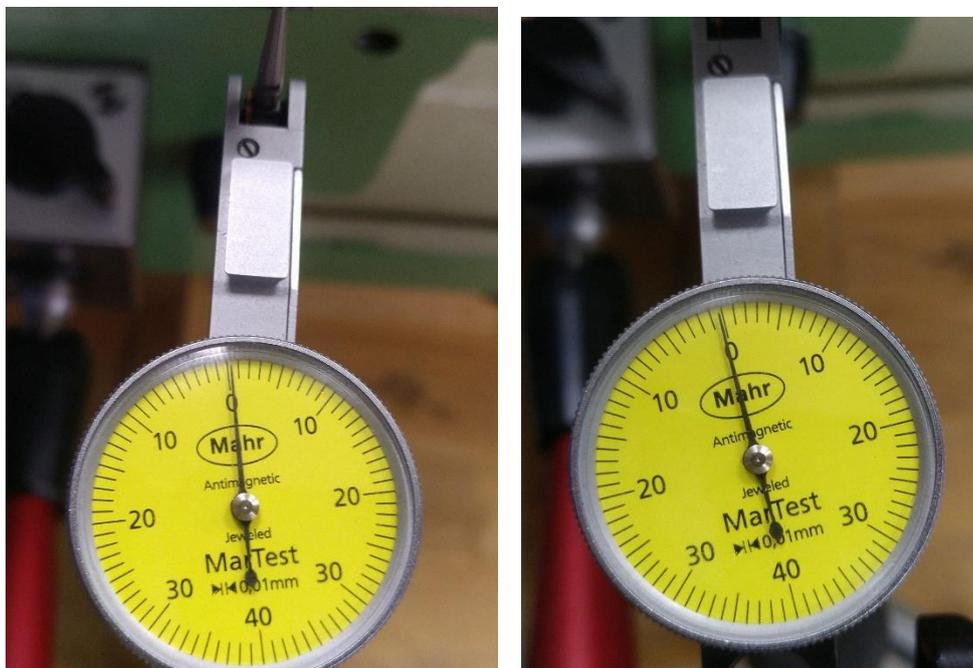
**Abbildung 240: einer der wenigen Winkel, die hinreichend genau für eine FP1-Vermessung zu sein scheinen!**

Ich wiederhole also die Messung an der FP1 mit genau diesem Winkel.



**Abbildung 241: Messung der Geometrie mit chinesischem DIN875/0-Winkel**

Schade ist, dass der Winkel mit seinen 25cm Länge nicht für den kompletten Verfahrweg der FP1 in Z-Achse ausreicht. Wenn man allerdings die Messuhr abliest:



**Abbildung 242: links: Anfang,; rechts: Ende des 25cm Verfahrwegs**

...glaube ich nicht wirklich, dass sich das auf den letzten 5 Zentimetern da noch irgendwas Unerwartetes passieren würde.

## 53 Mein Winkelprojekt

Wir sind auf über 150 Seiten angelangt. Ich freue mich über die gemachten Fortschritte an der Restauration meiner FP1, bin aber durchaus abgeklärt genug, um zu erahnen, dass der Weg bis zum ersten Bestromen der Maschine durchaus noch lang sein kann und es wohl kaum noch in diesen Bericht passen wird.

Insbesondere, wenn ich jetzt gerade feststelle, dass ich mich -um weitere Fortschritte an der Maschine erringen zu können- vorher erstmal um die Verbesserung meiner Winkel-Situation kümmern muss! Ein weiteres Zwischendurch-Projekt, das aber einfach erledigt werden muss!

Dank einer unerwarteten Geldspende meiner Eltern, die über die erreichbare Präzision von Mechanik und Messmitteln so fasziniert waren, dass sie mein Projekt spontan unterstützen wollten, habe ich mir bei einem deutschen Hersteller gerade einen neuen Granitwinkel 400x250mm, DIN875/00 bestellt- mit Kalibrierzertifikat!

Mit so einer Winkelreferenz gehe ich dann schließlich denselben Weg wie mit meiner kalibrierten Granitplatte- es geht eben nichts über ordentlich validierte Messmittel, auf die man sich verlassen kann! Es ist quasi das Fundament all meiner Arbeit und ich habe inzwischen mehr als einmal erfahren dürfen, wie wichtig es ist, sich selbst -und seine Messmittel- immer mal wieder zwischendurch auf den Prüfstand zu stellen und zu hinterfragen. Um auf "Fragen" dieser Art auch in Zukunft bei Winkeln eine gute "Antwort" zu haben, wird mir der nun bestellte Granitwinkel sicher helfen.

Es wird nun ein paar Wochen dauern, bis er gefertigt wurde und bei mir in der Werkstatt. Dann werde ich meine Winkelsammlung aber wohl alle einmal durchrevidieren und auf eine Präzision bringen, mit der ich sie auch für Maschinenrestaurierungen verwenden kann. Momentan sieht das ja bei meinen Winkeln eher "mau" aus:



Abbildung 243: kein gutes Tuschiebild für einen Präzisionswinkel!

## 54 Zwischenausklang

Nein, ich warte nun nicht wieder weitere drei Jahre. Mein erklärtes Ziel ist es, die FP1 bis zu diesem Jahresende (also Dezember 2021) auf Laufen zu haben und so wie ich die Arbeit einschätze, könnte mir das auch gelingen. Wir haben gerade erst Mitte Mai.

Die nächsten Schritte der Restauration wären vermutlich, den X-Tisch mitsamt seiner Keilleiste auf die Konsole einzuschaben. Auch die gehobelte Anlagefläche mit seinen T-Nuten zur Aufnahme des Frästisches könnte ich vielleicht schaben. Auf jeden Fall bleibt auch noch viel an Kleinteilen zu reinigen, abzuschleifen - und neu zu lackieren!

Sobald der X-Tisch fertig ist und die Geometrie nachweisbar ok ist, würde ich mich dann darauf vorbereiten, den Konsolenschlitten zu lackieren und wieder zusammenzubauen (mit all seinen Achsen, Spindeln und Zahnrädern). Die Öldochte muss ich wahrscheinlich infolge des vom Vorbesitzer eingedrückten Fettes alle wechseln. Lennart meint, so etwas sei eine Arbeit, um "seine innere Mitte" wiederzufinden. Darauf freue ich mich schon riesig...

Wenn aber auch das überwunden ist, werde ich die Säule mit meinem Motorkran wieder aufstellen und den Konsolenschlitten mitsamt Achsantrieb und Bedienhebel montieren. Vielleicht nehme ich mir dann auch mal den Motor vor, damit ich die ersten Versuche machen kann, den Konsolenschlitten motorbetrieben hoch- und herunterzufahren.

Der ganze Kleinkram (wie Getriebe-Wahlhebel, Anschlaglineale, Wartungsklappen, usw.) wird mich auch noch signifikant mit Lackier- und Abdichtungsarbeiten beschäftigen.

Nicht zuletzt muss ich mich dann auch um den Fräskopf samt Einbau der neuen Spindellager kümmern, die hier ja auch seit nunmehr fast 3 Jahren auf ihren Einsatz warten. Da hatte ich ja schon bereits Einschabe-Versuche gemacht, aber die Geometrie damals noch nicht richtig im Griff gehabt. Das werde ich noch korrigieren müssen. Auch da wird mir der nun bestellte Granitwinkel eine sehr gute Hilfe sein.

Was ich dann mit dem Frästisch (Schwenktisch-Variante) machen werde, weiß ich noch nicht. Vermutlich auch demontieren und die Oberflächen schaben.

Auf jeden Fall noch genug Stoff für einen gut gefüllten - und hoffentlich dann letzten.- dritten Teil dieser Deckel FP1 Aufarbeitungsserie!

Ich grüße alle die, die sich tapfer bis hierhin durchgelesen haben; ganz besonders jedoch die zahlreichen Autoren in der Zerspanungsbude für ihre Hilfe, darunter natürlich auch "unseren" Lennart, und -etwas weiter weg im schönen Norwegen- natürlich auch Jan Sverre Haugjord, dessen Handy wegen meiner ganzen geschickten Videos wahrscheinlich schon aufglüht, wenn es nur meinen Namen sieht ;-)

Viele Grüße und bleibt mir alle gesund,  
mm



**Abbildung 244: neue Beschriftung der Tür zur Werkstatt :-)**

# 55 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 wieder. 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. V1.42; Marc Michalzik. MAY2021