

Lipemec LIP 515 Flachschleifmaschine

Mein persönliches Abenteuer beim Restaurieren einer „Kometenschleifmaschine“



Abbildung 1: Eine LIP515- noch steht sie beim Verkäufer

1 Einleitung

Ob es bei Menschen besser ist, eher "rund" oder "flach" gebaut zu sein, darüber kann man wohl nichts Generelles sagen. In Zeiten von Hamburger und Pommes-Mayo im Überfluss mag es gerade "in" sein, eher "flach" gebaut zu sein. Das war aber schonmal anders. Im Mittelalter beispielsweise waren damals eher die "runden" hoch im Kurs, weil sie damit öffentlich protzen konnten, wie viel Essen sie sich leisten konnten. Hin und wieder ist das heute in Asien sogar auch heute noch so; wobei man aber auch hier schon deutliche Tendenzen zu "flach" hin erkennen kann!

Die Einstellung ändert sich vielleicht- ein Grundsatz hingegen offensichtlich NICHT: man will immer genau DAS, was man gerade NICHT kriegen kann :-). Früher wie heute!

Bei mir ist das auch gerade so: ich will eine Flachschleifmaschine. Haben tue ich in Wahrheit aber eher eine Art Kometen-Rundschleifmaschine. Zwar mit einem fest eingestellten Durchmesser von - nachgerechnet- etwa einem Kilometer- aber dennoch rund!

Wie geht das denn? Schleift eine Flachschleifmaschine nicht immer automatisch "flach"?
Nein!

2 Lipemec LIP-515

Die Lip515 ist etwas, wofür manche Hobbybastler morden würden. Sie ist extrem selten zu kriegen und wird nur alle Jubeljahre einmal irgendwo angeboten. Nicht zuletzt, weil Zerspanungspapst Stefan Gotteswinter diese Maschine in seinen youtube-Videos benutzt, hat sie inzwischen "Kultruhm" erreicht und irgendwie scheint jeder latent "auf der Suche" nach so einem Teil zu sein. Ganz klar, denn alles andere passt mit seinen 3t oder mehr ja auch in keinen normalen Bastelkeller mehr rein! Also wollen alle was Kleines- wie die LIP515! Um so unglaublicher war es, dass es mir tatsächlich gelungen ist, eine zu kaufen. Denn wenn dann irgendwann doch einmal eine angeboten wird, fragt man nicht erst lange nach Führungen, Zustand des Antriebsriemens oder dem Glanzgrad des Lackes- man kauft einfach blind und so schnell es irgendwie geht- am besten mit Lichtgeschwindigkeit, denn man kann getrost davon ausgehen, dass bereits hunderte andere Metallschrauber auch schon LIP515-Witterung aufgenommen haben und dem Maschinchen wohlwollend ebenfalls jegliche Schäden und Schönheitsfleckchen verzeihen; Hauptsache nur, die jahrelange Suche nach der LIP515 hat damit endlich ein Ende!



Abbildung 2: die LIP515 kommt bei mir an!

Ähnlich ging es mir auch und ich glaubte erst nicht wirklich an einen Käuferfolg, als ich beim Verkäufer anrief, aber –natürlich!- hören musste, dass ich nicht der erste Interessent war. Ich war zwar immerhin an Position Nr. 2, aber Hoffnungen machte ich mir nicht. Wir verblieben so, dass –falls der Interessent den Abholtermin nicht wahrnimmt-, mich der Verkäufer anruft.

Damit rechnete ich nicht wirklich.

Tags drauf saß ich gerade fertig umgezogen in Ritterkostüm im Auto und wollte gerade in Richtung Restaurant starten, in dem ich manchmal Akkordeon für Ritteressen spiele. Kurz bevor ich den Zündschlüssel umdrehe, klingelt mein Handy. Ich gehe ran. Es ist der Verkäufer: der Interessent habe sich bis zum vereinbarten Termin nicht mehr gemeldet, daher fühle er sich an die Zusage nicht mehr gebunden. Wenn ich wollte, könnte ich die LIP-515 nun kaufen!

Ich traue meinen Ohren nicht, höre mich aber sagen: „Egal wie, ich weiß es auch noch nicht, wie ich es organisiere, aber ich nehme die Maschine und morgen abend bin ich zur Abholung da!“

Keine Ahnung, wie ich das meiner Familie beibringen soll. Aber nach dem Auflegen schreie ich ein lautes „Juchuuuu!“ ins leere Auto. Mir rutscht fast der Ritterhelm vom Kopf und die Kofferrauscheibe fliegt vor Schall fast raus, aber für mich war das wie ein 6er im Lotto!

Als wir tags drauf beim Verkäufer ankommen, staunt der ziemlich, dass ich noch nicht einmal die Führungen der Maschine angucken wollte, als ich die Maschine abholte. Der Grund: ich nehme die Maschine AUF JEDEN FALL- ganz egal, wie die Führungen aussehen! ;-)

Hand aufs Herz- eine gebrauchte Industriemaschine zu kaufen, bedeutet automatisch IMMER, dass da irgendwo was daran zu tun ist! Bei meiner hatte ich noch ziemlich viel Glück. Außer einem verschlissenen Antriebsriemen, einem etwas vernaddelten Scheibenflansch und stundenlangen Putzarbeiten war erstmal gar nicht so viel zu tun, um die ersten Werkstücke schleifen zu können! Aber NATÜRLICH hat so eine Industriemaschine IMMER Verschleiß zu bieten, ganz egal was für eine Vorgesichte sie hat (auch in einer Lehrwerkstatt müssen die Maschinen hin und wieder mal "Späne machen"). Nur bei eingelagerten Maschinen (z.B. Bundeswehr oder so) könnte man Glück haben, wirklich was OHNE jeglichen Verschleiß zu kriegen. Aber das ist vermutlich NOCH seltener als eine LIP515.

Ort:	[REDACTED]
Erstellungsdatum:	15.11.2018
Anzeigennummer:	[REDACTED]

Beschreibung 00300

Hallo,
ich biete hier eine voll Funktionstüchtige Schleifmaschine der Marke "LIP" an.

Die Maschine selbst hat folgende Abmaße: H=1,50m B=0,55m L=0,55m.
Diverse Schleifscheiben vorhanden.

Sie hat einen Magnet Tisch: "Eclipse AX74" mit den abmaßen 180mm X 100mm montiert. Original Tisch
Vorhanden.

Bei Fragen einfach melden.
Mit Freundlichem Gruß
[REDACTED]

Abbildung 3: originale Anzeige zur LIP-515 (Ort und Verkäufer aus Datenschutzgründen geschwärzt)

3 Führungsbahnen

Nochmal kurz zurück- Warum also schleift meine LIP515 denn nun rund und nicht genau flach?

Das liegt an den Führungen. Der Tisch, der ja mit dem Werkstück drauf dauernd unter der Schleifscheibe hin und her pendelt, macht im Laufe seines Lebens sicher eine Menge "Kilometer". Das heißt, dass die Führungsbahnen zwischen Tisch (=“Support“) und Maschinensockel schon signifikant beansprucht werden. Vielleicht mit keinen so großen Kräften wie z.B. beim Fräsen, aber dafür mit DEUTLICH größeren Wegstrecken. Außerdem ist das Schleifmilieu für Maschinenführungen viel gefährlicher als reine Metallspäne: der Schleifstaub bildet mit dem Schmiermittel auf den Führungen (hoffentlich Öl und nicht Fett ;-)) eine Art Schleifpaste und wenn man die erst in den Führungen hat, schmirgelt diese Pampe wie Schleifpapier!



Abbildung 4: Führungsbahnen vor und nach dem ersten Putzen

Somit kann der Abrieb also sehr gefährlich wirken- und das natürlich an genau den Positionen, wo sich die Führungsbahnen von Tisch und Sockel geringstmöglich überdecken (=maximale Kräfte): an seinen Endpositionen!

Sobald der Tisch mit seiner maximalen Länge überhängt, drückt er laut Hebelgesetz dort natürlich mit seiner maximalen Kraft auf die Führungen- und verschleißt dort eben auch maximal. Und das wiederum führt dazu, dass der Tisch an seinen Endpositionen zunehmend zu "hängen" beginnt! Der Schwingtisch fährt auf seiner Strecke keine Gerade mehr, sondern eine leichte Kreisbahn. Oder mathematisch korrekt muss man wahrscheinlich "Bogen" dazu sagen.

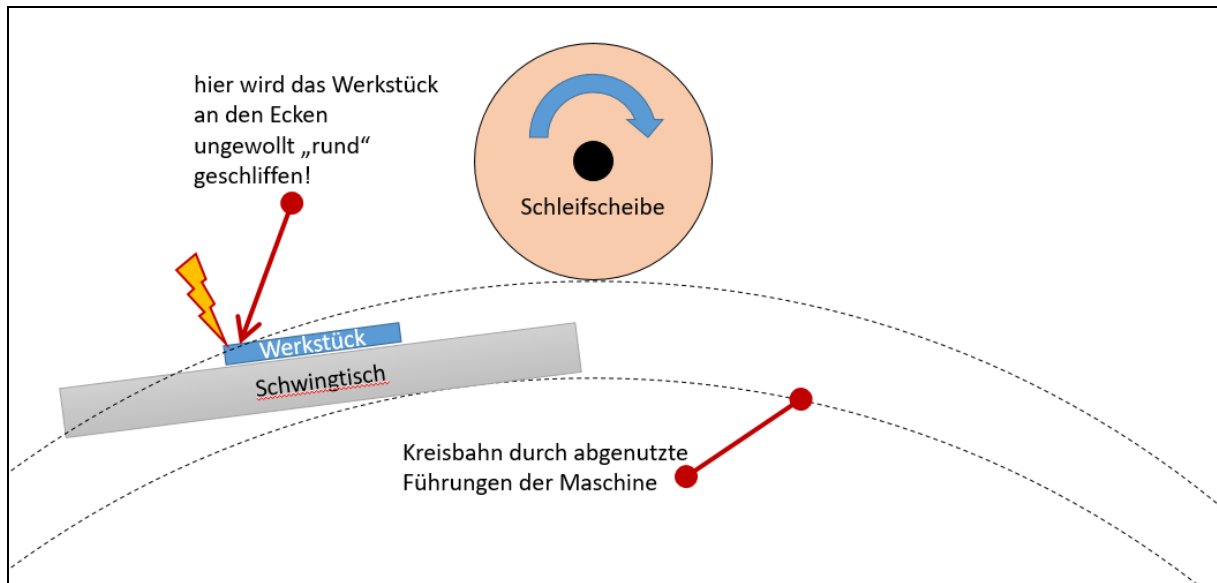


Abbildung 5: Wirkprinzip der "Kometenschleifmaschine"

Und schon verwandelt sich der Flachsleifer in eine Rundschleifmaschine für mittelgroße Kometen :-)

Wie ich das gemerkt habe? Natürlich beim Flachsleifen- und dann beim Schaben, als ich mich wunderte, dass mein Werkstück durch's Schleifen eher "krummer" statt "ebener" geworden ist!



Abbildung 6: Gängiger Test für Flachsleifmaschinen: der 5-Punkte-Test. Doch wenn man schon die Magnetplatte entsprechend vorher „rund“ abgezogen hat, bemerkt man die abgenutzten Führungen bei dieser Prüfmethode nicht!



Abbildung 7: Zuerst muss jedoch mein Werkzeugschrank mit Metallverstrebungen und Multiplexplatte mit Rillengummiauflage verstärkt werden. Später werde ich ihn noch an der Wand anschrauben müssen, damit er während des Schleifens nicht hin- und herschaukelt (siehe nächstes Bild).

Aber erzählen wir die Geschichte mal von vorn.

Mein Großrestaurationsprojekt "Deckel FP1" braucht ja neue Lager im Spindelkopf. Die Lager müssen in einem ganz bestimmten Abstand zu einander eingebaut werden, damit sie auch sauber und verschleißarm laufen. Das wird mit einem ganz exakt geschliffenen Abstandsring eingestellt, der zwischen die Lager gelegt wird. Dieser Ring fehlte bei mir und ich muss ihn nun nachbauen, und zwar mit der notwendigen Präzision. Ihr ahnt es- dafür „brauche“ ich eine Flachschleifmaschine, die auch wirklich FLACH schleift und nicht rund!

Obwohl ich zugeben muss, dass man beim Abstandsring-Schleifen durch Drehen des Rings unter dem Schleifrad den Schleiftisch selbst nicht wirklich weit bewegen muss und er daher kaum Einfluss auf die Werkstückdicke haben dürfte. Aber trotzdem wollte ich versuchen, die Maschine wieder auf "geraden Kurs" zu bringen, denn für die FP1 werde ich sicher auch noch andere Werkstücke bearbeiten und schleiftechnisch "aufhübschen" müssen.



Abbildung 8: neues Zuhause für die LIP515

4 Trapez-Führungen

Das Auseinanderbauen der LIP515 geht kinderleicht. Den Pendeltisch selbst hebt man einfach hoch, denn er liegt nur lose in seinem Führungsbett. Den darunter liegenden Support kann man auch abheben, nachdem man nur zwei Schrauben zur zentralen Spindelmutter gelöst hat. Beim Entfernen der ganzen seitlichen Bleche brechen mir leider zwei kleine Schräubchen ab, hier muss ich später wohl nochmal ran und sie ausbohren. Aber sonst klappt alles reibungslos.



Abbildung 9: unser Sohn hilft begeistert beim Putzen am Support. Links daneben liegt der Schwingtisch mit noch aufgeschraubter Magnetspannplatte. Noch ahnt keiner von uns beiden, wie viele Monate mich diese beiden Bauteile noch beschäftigen werden!

Wie aber beginnt man das Einschaben der korrekten Maschinengeometrie?

Antwort: mit dem Überprüfen seines Schwalbenschwanz-Tuschierlineals! Und hier geht es schon los. Das gebraucht gekaufte zeigt sich noch "optimierungsfähig". Es kostet mich(!) mehrere Tage, um es sauber einzuschaben. Zu allem Überfluss zeigt sich das Lineal am nächsten Morgen anders als am Abend zuvor- ich kann nur vermuten, dass sich hier über Nacht mechanischer Stress durch die Bearbeitung abgebaut und das Lineal minimal verzogen hat. Ich muss also nochmal ran.

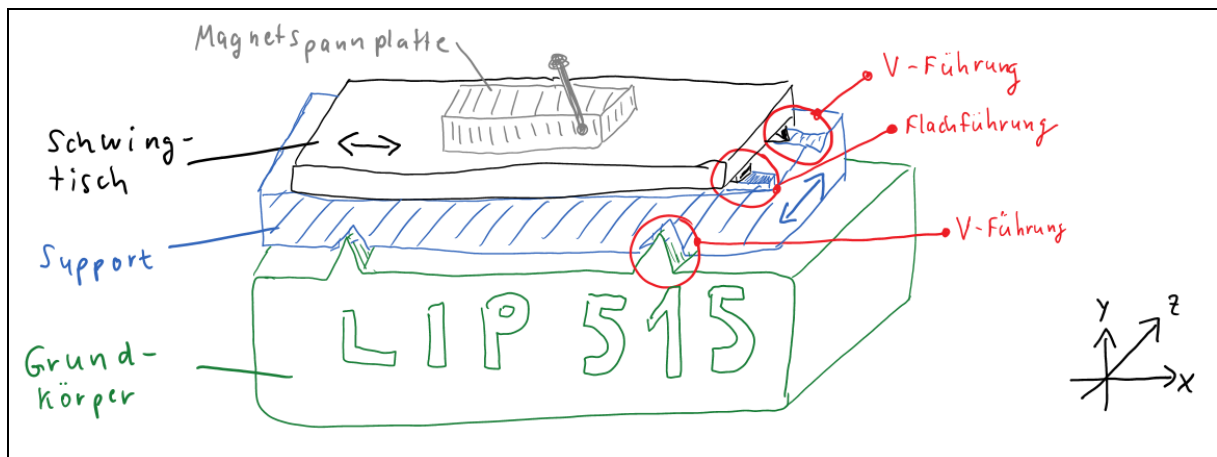


Abbildung 10: Prinzipschaubild der Führungsflächen bei einer LIP515

Es fällt einem sehr schwer, die so schön feingeschabte Oberfläche erneut mit einem groben "Roughing" zu überziehen und damit das schöne Schabe-Muster wieder kaputt zu machen, das man so mühsam in stundenlanger Arbeit und unter Schweiß aufgebaut hat. Aber es hilft ja nix- wenn das Lineal nicht gerade ist, nützt einem auch das schönste Muster nichts.



Abbildung 11: einige meiner Tuschieerlineale werden nochmal übergeschabt

Irgendwann ist das aber alles überstanden und ich kann den ersten Abdruck der Führungen des Supports machen. Es ist so, wie ich es dachte- die Führungen sind insbesondere in der Mitte ziemlich abgenutzt und dadurch "hohl". Das führt zu der leichten Kreisbahn, auf der sich der Pendeltisch dann beim Schleifen bewegt!

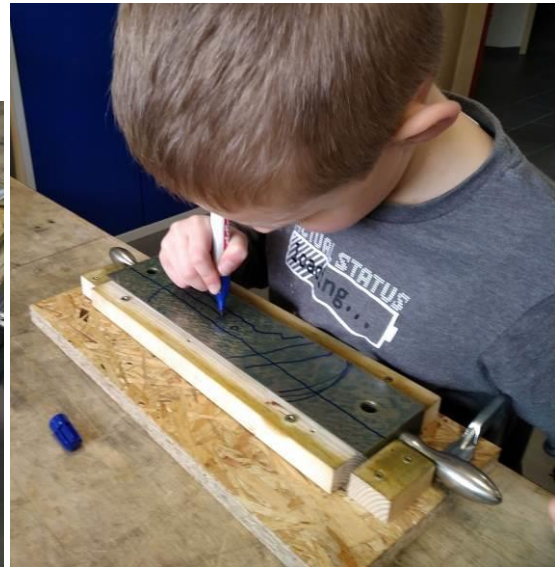
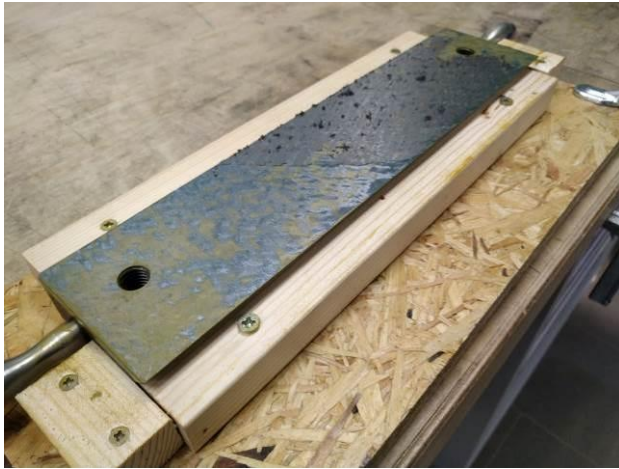


Abbildung 12: Papa schabt, der Sohn markiert die -aus seiner Sicht- erkannten Hot-Spots!

5 Schaben 1

Ein guter Maschinendoktor beginnt seine Arbeit nie(!) mit dem Schaber. Er wird vorher immer versuchen, die eigentliche Abnutzung und den Zustand der Maschine zu verstehen. Das bedeutet manchmal etwas Detektivarbeit- ist daher aber auch oft sehr spannend. Insbesondere weil die LIP in der Z-Achse zwei Trapezführungen hat, die man aufgrund der "Böschungswinkel" nur schwer in der Höhe messen kann. Auf der X-Achse wiederum ist es dann eine Trapez- und eine Flachführung! (vgl. Abbildung 10)



Abbildung 13: immer erstmal messen- DANN erst schaben! Manchmal braucht man für die Messaufbauten aber etwas Phantasie! (rechts)

Das Schaben der allerersten Fläche der Trapezführung ist aber dennoch ziemlich einfach, denn diese (und NUR diese!) muss ich einfach nur "gerade" machen- noch ist die Parallelität zu anderen Flächen noch nicht von Bedeutung. Ein paar Dutzend Durchgänge brauche ich, dann breitet sich das Blau schließlich über die gesamte erste Führungsbahn aus. Zeit für die zweite Führungsbahn. Jetzt wird es bedeutend schwieriger!



Abbildung 14: der Support von unten: das Blau breitet sich langsam aus

6 Messung des Supports

Die zweite muss ja zu der ersten möglichst genau parallel sein und entsprechend richtig dahin geschabt werden. Das Geradesein alleine reicht hier nicht aus, denn ohne Parallelität fährt mir der Tisch nachher eine Rechts- oder Linkskurve! Die Kunst ist es, die Abnutzung genau zu kompensieren- aber unter Beibehaltung der korrekten Parallelität!

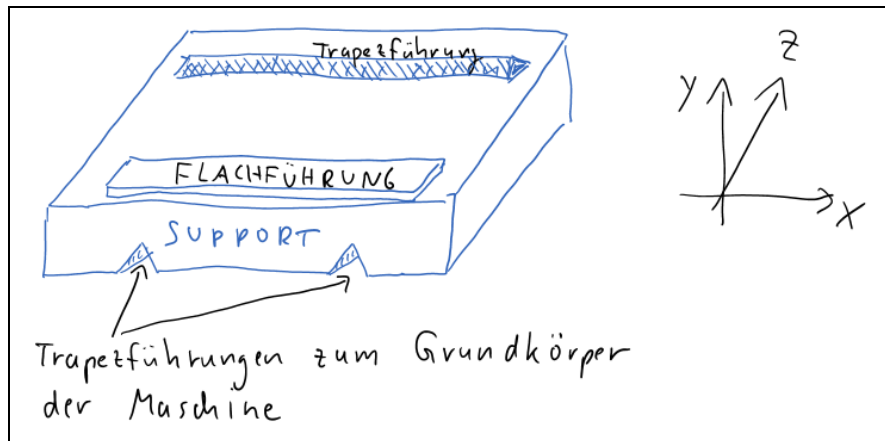


Abbildung 15: Föhrungsflächen am Support

Aber wie genau ist denn die Abnutzung? Und wie kann ich die Parallelität Messen?

Wir haben hier V- bzw. Trapezföhrungen. Also solche Dinger in Keilform. Je nachdem ob Männchen oder Weibchen, misst man sowas mit hineingelegten Rundstiften und Messuhr oder längs aufgeschlitzten Röhrchen an einem Gestell -mit Wasserwaage (ähnlich dem berühmten Richard-King alignment tool). Ich schnappe mir erstmal die weiblichen Föhrungen und lege ein kurzes Stück geschliffenes Präzisions-Rundstahl hinein (ca. 2cm lang und 15mm im Durchmesser). Mit einem Messuhrhalter und Puppitast ermittle ich den höchsten Punkt des Rundstahls und nulle daraufhin die Messuhr. Dann verschiebe ich den Rundstahl in der Trapeznut und nehme alle paar cm einen Messwert. Da die erste Föhrungsfläche ja schon gerade geschabt ist, sind nun sämtliche Unterschiede in den Messwerten wirklich auf die zweite(!) Föhrungsfläche zurückzuführen!



Abbildung 16: Messung der V-Föhrungen an der Support-Unterseite (mit Präzisionsröhlchen und Messuhr)

Dieses Messprinzip funktioniert jedoch nur, wenn das zu überprüfende Werkstück ganz exakt parallel zur Messplatte ausgerichtet ist. Wie aber überprüft man das nun wieder?

Hier hilft mir erstmal die mittlere Nut, die normalerweise fast jede Trapezführung in ihrem höchsten/tiefsten Punkt hat. Die dient als Freistich und wird normalerweise nicht abgenutzt, da sie von den Flächen des Gleitpartners nie berührt wird. Sie konserviert uns also eine Art Referenzfläche, die wir nun zum Ausrichten benutzen können! Jedenfalls hoffe ich das :-)



Abbildung 17: Ausrichtung anhand der Nut (Freistich)

Ich lege also den ganzen Support umgekehrt auf die Granitplatte und taste mit dem Messfühler einmal links und rechts in genau diese Freistich-Nut. Ergebnis: die eine Seite liegt -wie zu erwarten- höher als die andere. Also schnappe ich mir meine Fühlerblattlehren und füttere auf der tiefer liegenden Seite etwas unter. Nach ein paar Versuchen mit verschiedenen Dicken gelingt es mir, den Support so auszurichten, dass er links auf etwa weniger 10µm genau gleich hoch ist wie rechts.

Nun erst kann ich meine Messung mit dem Rundstab machen (siehe Abbildung 16), denn solche Messungen liefern nur dann einen korrekten Messwert, wenn das Werkstück selbst absolut parallel zur Granitplatte ausgerichtet ist. Denn nur DANN sind die Einflüsse der Ausrichtung vernachlässigbar klein und die erhaltenen Messwerte auf der Messuhr repräsentieren wirklich die Abnutzung der Führung- und nicht die Schiefelage des Werkstücks auf der Messplatte.

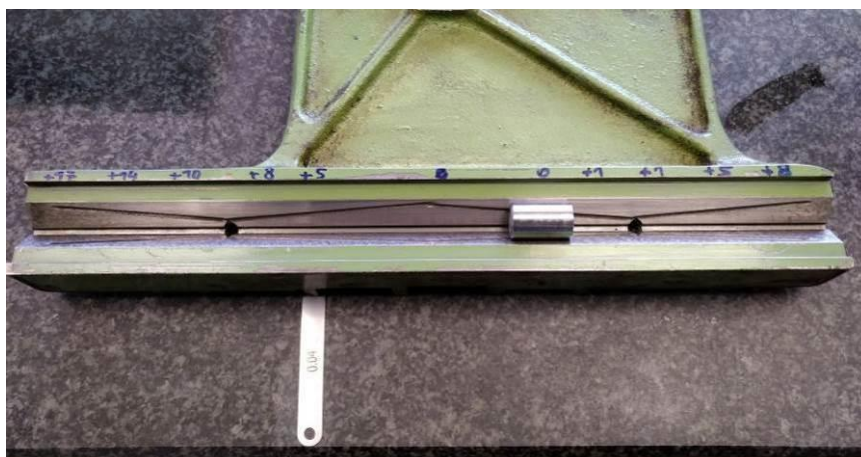


Abbildung 18: V-Nut mit Röllchen ausgemessen

Ich schiebe also meinen Rundzylinder zentimeterweise durch das Bett der Trapezführung und messe mit der Messuhr die herausragende Höhe. Schnell stellt sich heraus, dass die Führung etwa in der Mitte deutlich eingelaufen ist, während seine Enden um bis zu 170µm(!) hoch stehen. Ähnlich wie bei einer Drehmaschine, bei der die meiste Abnutzung typischerweise direkt vor der Spindel ist, haben wir

auch hier die stärkste Abnutzung in dem Bereich, in dem der Haltemagnet unmittelbar unter der Schleifspindel steht.

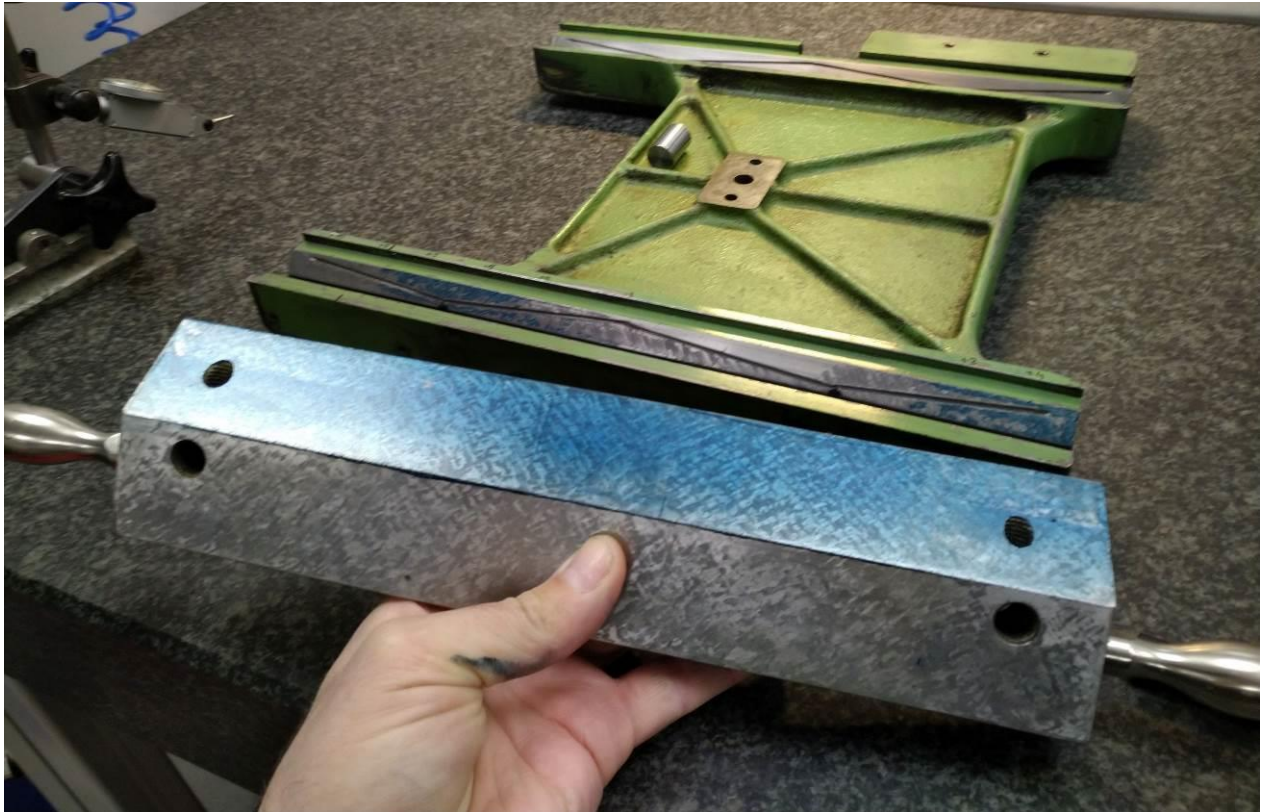


Abbildung 19: Tuschieren mit meinem kleinen Tuschierlineal

Somit wundert es auch nicht, dass auch hier das allererste Tuschieren der Führungsbahn auch nur die ersten paar Zentimeter seiner Enden blau einfärbt (Abbildung 14): der Rest ist durch die Abnutzung "hohl" geworden- und erzeugt somit keine lineare Bewegung mehr, sondern eine leicht "bauchige". Wie in Abbildung 5 gezeigt.

7 Schaben 2

Messung, Abnutzungsbild und Tuschierbild passen eindeutig zusammen. Damit ist die Chance hoch, dass man Vieles richtig gemacht hat und das Schaben nun wirklich zum Ziel führen wird. Im Wechsel trage ich die äußeren Ecken ab- gar nicht so leicht, wenn die Ölpfade schon gefräst sind und die Ölbohrungen ebenfalls gebohrt sind. Ständig bleibt man mit der Schabeklinge an diesen Hindernissen hängen- keine einfache Arbeit. Zu alledem fällt mir dann ausgerechnet noch meine am besten geläppte Schabeklinge auf den Fliesenboden- und zerspringt!

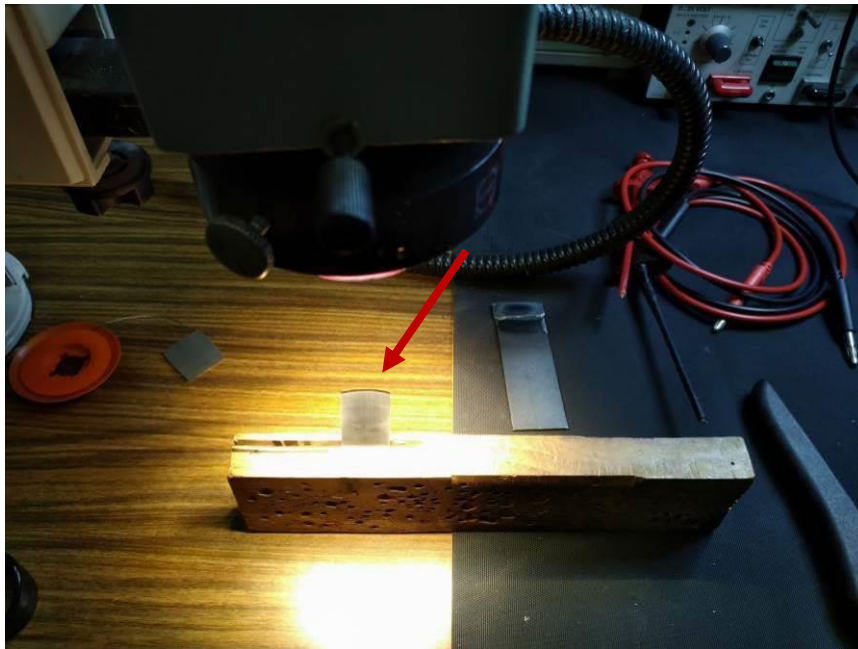


Abbildung 20: Begutachten der Schabekante unter dem Mikroskop

Nicht nur 40 Euro für den Hartmetallrohling sind futsch, sondern ebenso stundenlange Arbeit für das Auftrennen, Hartlöten und anschließend Schleifen und Läppen bis zu einer spiegel-ähnlichen Oberfläche ohne Ausrisse oder Scharten.

Was für ein Ärger! Aber egal, jetzt nach vorne gucken und weitermachen. (Hinweis: später habe ich den Riss mit einem Diamant-Frässtift ausgeschliffen und mit Hartlot wieder aufgefüllt- scheint zu funktionieren!)

Wenigstens sind die anderen Schaber (ich habe inzwischen 3 Stück) davon nicht betroffen und so- wieso brauche ich momentan auch eher den kleinsten, den ich an seinen Enden etwas abgeflacht habe, um ordentlich tief in die Trapezführungen schaben zu können.

8 Schleifen

Zum Thema "Schleifen der HM-Schabeplatten": ich benutze die HM-Rohlinge von Hawera, auch wenn deren Schaber -wohl berechtigterweise- den Ruf haben, nicht flexibel genug zu sein. Das kann man ändern, indem man den Metallstiel dünner fräst, aber ich muss gestehen, dass ich mit den Teilen auch so schon ganz gut klar komme. Viel wichtiger für mich ist der korrekte Schliff der Schabeplatten.

Hier benutze ich den Rock'n'Roll-Schleifer nach Stefan Gotteswinter. Ein auf 5Grad gesägter Anschlag aus Eichenholz mit einer aufgeschraubten Kunststoffplatte dient sehr erfolgreich als Schleifauf-
lage.

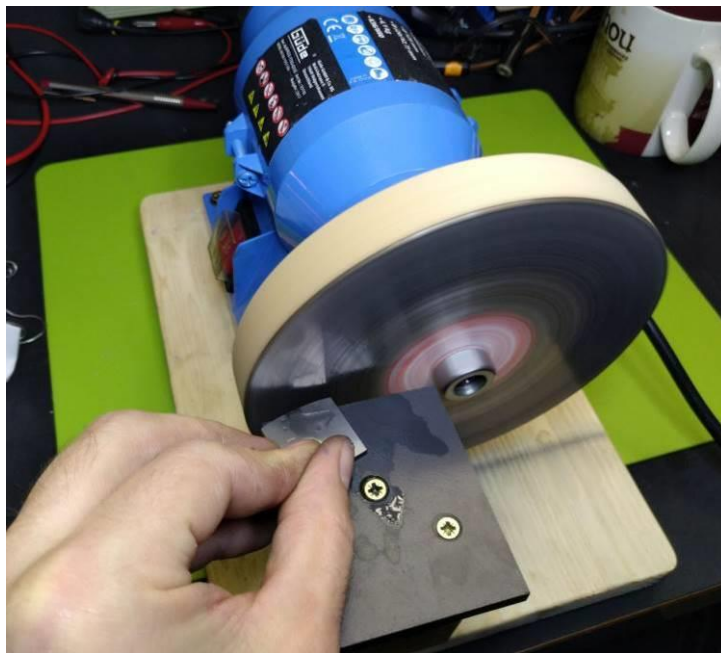


Abbildung 21: selbstgebauter Klingenschärfer



Abbildung 22: vorher musste ich das Ding aber erstmal auf besseren Rundlauf trimmen!

Zum Vorschleifen der Grundform nehme ich eine 240er Diamantschleifscheibe; zum Zwischenschliff eine 600er und zum Abschließenden Läppen eine 3000er. Ich habe hier billiges Zeugs aus chinesischer Produktion (gab es mal so bei banggood im 3er-Set), aber das reicht für meine Zwecke. Der Schleifer

ist ein einfaches Modell von Güde, das ich allerdings erstmal auf der Drehmaschine von seiner Unwucht befreien musste. Auch die China-Diamantschleifscheiben aus dem Set laufen nicht alle wirklich rund, aber für die paar Minuten Einsatz reicht es.

Beim Läppen ist darauf zu achten, dass die Schneide wirklich absolut mackenfrei ist, denn schon die kleinsten Abplatzungen an der Schneidkante erzeugen Riefen und Kratzer im Werkstück. Man glaubt es kaum, aber hier empfehle ich unbedingt ein Mikroskop oder zumindest eine gute Lupe, um die Schneidkante zu untersuchen, bevor man losschabt.

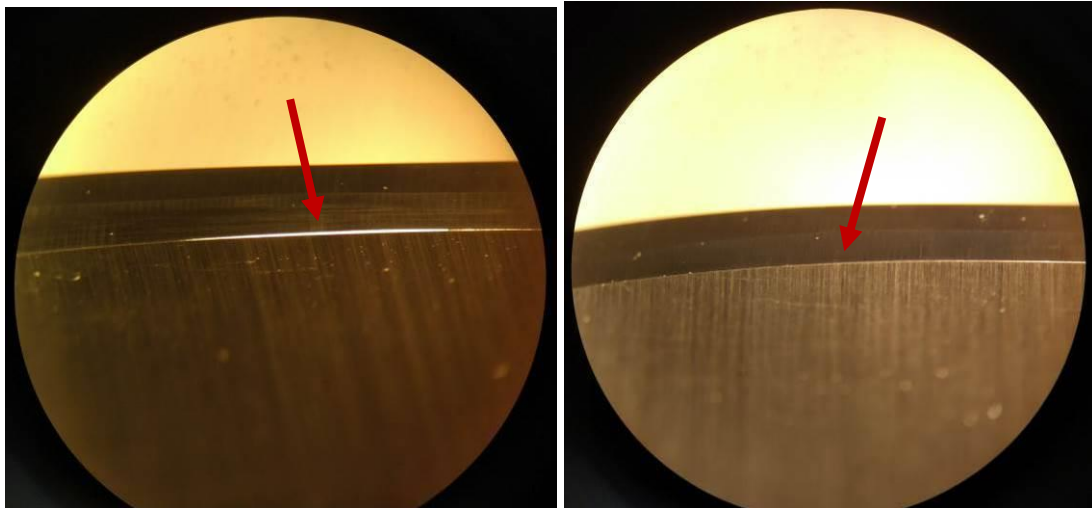


Abbildung 23: links: stumpfe Schabekante; rechts: schon besser!

Sie muss beim Drüberfahren mit der Fingerkuppe und dem Fingernagel absolut hakelfrei sein, sonst muss man nochmal nachschleifen. Auch zwischendrin sollte man die Platte hin und wieder mit der 3000er-Scheibe mal nachläppen. Meist hört man das schon am Kratzgeräusch im Grauguss. Wenn es "dumpf" kratzt, ist sie stumpf. Eine scharf geläppte Schabekante kratzt mit hellem und klarem Geräusch!

9 Boxenstopp

Nach ein paar Durchgängen mache ich Halt und messe nach, ob ich noch auf dem richtigen Weg bin. Das kann ich jedem nur dringend raten, denn ohne Kontrolle durch Messuhr und Referenzplatte schabt man schnell "irgendwo" hin- aber nicht ins Ziel!

Es zeigt sich, dass ich die hochstehende Fläche auf der linken Seite von 170µm bereits auf etwa 120µm runter bringen konnte und auf der rechten von etwa 80µm auf 50µm. Wir nähern uns und auch weiterhin muss ich links deutlich stärker drücken und abtragen als rechts.

10 Zwischengedanken

Schaben ist sowas wie "gärtnern". Es beruhigt. Und es kann zufrieden machen, wenn man nach und nach mehr blau sieht.

Der Gärtner gräbt um und erfreut sich an den vielen Regenwürmern in der Erde. Der Schaber schrammelt los und erfreut sich an den Spänen, die er macht.



Abbildung 24: so beruhigend wie das Schaben oder Gärtnern: Joggingstrecke bei uns an der Innerste

Es kann aber auch aufregend sein. Oder frustrierend. Wenn der Gärtner mit dem Spaten in den Mergelboden haut, die Radieschen nicht anwachsen wollen oder das Unkraut höher wächst als die Geranien, wird er Erdwöhler ähnlich verärgert sein, wie der Schaber, der erfolgreich eben, aber auch schief geschabt hat.

Hier hilft nur Kontrolle, Erfahrung und Durchhaltevermögen. Ich lerne das auch gerade alles.

11 Und weiter

Der Support wird weiter bearbeitet und Stück für Stück wachsen die blauen Ränder in der Mitte zusammen. Leider ist mein Tuschierlineal ein paar Zentimeter kürzer als die Führungsbahn.



Abbildung 25: das Blau breitet sich weiter aus...

Das macht aber nichts, denn je ebener das Werkstück wird, desto kleiner wird dadurch der Tuschierfehler und am Ende kommen wir zu demselben Ergebnis. Ich könnte jetzt auch alternativ mein 700mm langes Schwalbenschwanz-Tuschierlineal benutzen, aber das ist eher was für die finale Kontrolle.

12 Arbeitslineal

Das kurze Tuschierlineal ist deutlich handlicher und einfacher zu benutzen, daher ist es sowas wie mein "Arbeitslineal". Sogar für gerade Flächen -wo ich seine schräge Kante gar nicht bräuchte- benutze ich es inzwischen.

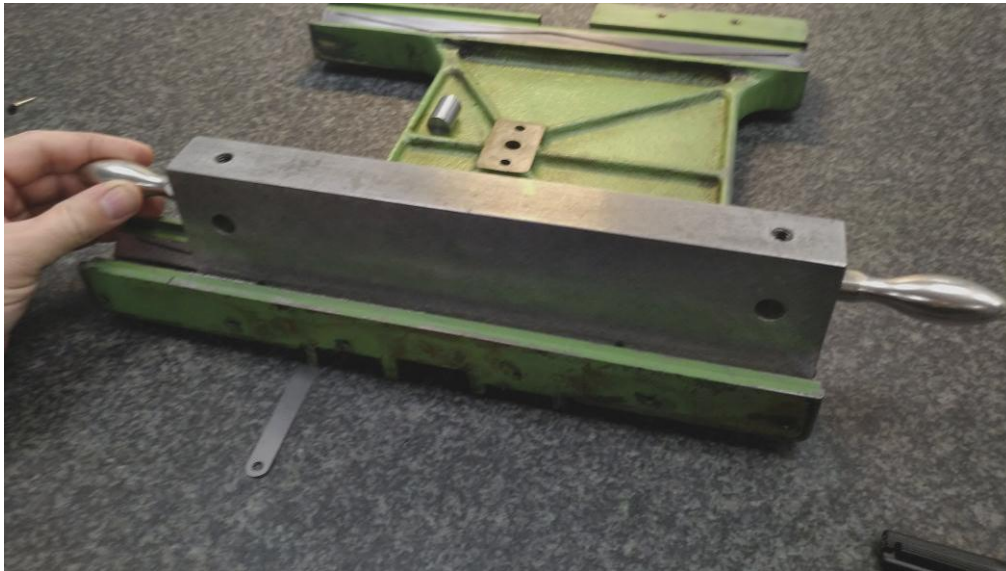


Abbildung 26: einen Tuck länger könnte es gerne sein- aber so geht es auch!

Dafür habe ich es momentan auf drei Seiten eingeschabt; Ober- und Unterseite sogar einigermaßen auf Parallelität (auf etwa $\pm 10\mu\text{m}$, besser ist es mir nicht gelungen). Die schmalere Rückseite schabe ich vielleicht auch noch einmal; insbesondere für enge Stellen, an die man mit einem breiten Tuschierballen sonst nicht herankommt, könnte sich das Teil als sehr nützlich erweisen.

13 Tuschierfarbe

Als Tuschierfarbe benutze ich die blaue von DIAMANT, was Anderes kriegt man hier in Deutschland ja nicht. Als Hilighter habe ich gelbes Beton-Farbpulver bestellt und es in Motoröl eingerührt, bis es zu einer Art Paste wurde.

Ein ganz wenig davon mit dem Farbroller aufgetragen und anschließend mit einem Baumwoll-Tuch hinterhergewischt- gibt ein super Ergebnis! Man darf nur nicht zu viel Öl verwenden, sonst schmiert es.

Auf diese Art und Weise kann man sich übrigens auch sein Hispot-Blue selber anmischen. Blaues Farbpulver ist aber deutlich teurer, daher lohnt es wohl kaum. Es funktioniert aber. Wobei ich da fast noch schwarz vorziehe, denn schwarz auf gelb kann sehr deutlich sehen. Achja: und es hinterlässt auch keine Flecken auf der Tuschierplatte, so wie es einige Amerikaner schreiben. Zumindest bei meiner nicht (geläppt nach DIN867/00 durch Firma Planolith).

14 Aufspannung

In sämtlichen Videos zum Schaben sieht man die Kollegen mit diesen Holzklemmen herumlaufen. Irgendwie scheint jeder eine zu haben, nur kaufen kann man sie in Deutschland nicht! Jan Sverre Haugjord erklärt uns, dass sie "Dubuque clamps" heißen, in den Videos von Stefan Gotteswinter kann man an einer Stelle -per Standbild- auf seinen Holzklemmen den Hersteller, Modell und Teilenummer ablesen: "Pittsburg 12" Handscrew Clamp, Item 60551" steht da.



Abbildung 27: Aufspannung mit den Parallelklemmen- eine feine Sache! (hier am Beispiel des Schwingtisches)

Manchmal sieht man auch andere Hersteller in den Videos, aber alle haben einen Nachteil: die Dinger scheint es so gut wie nur in den USA zu geben und für einen Satz große Klemmen dürften inklusive Zoll und Shipping fast 200€ fällig zu werden. Ich bin bestimmt nicht kleinlich, aber das war mir dann selbst mir zu teuer für nur 2 Klemmen. Ich fand schließlich bei ebay in China einen Satz in 6" und einen in 8" unter dem Titel "Woodworking Holz Parallel Clamp" für 20 bzw. 30€ inkl. Shipping. Gerne hätte ich auch noch einen größeren Satz genommen, aber der wurde gerade nicht angeboten. Stattdessen fand ich in den ebay Kleinanzeigen (ich war gerade mal wieder an einem Freitagabend auf einer Dienstreise in Fulda am Bahnhof gestrandet und musste auf den nächsten Zug warten) eher zufällig einen gebrauchten Satz solcher Klemmen und kaufte sie für 25€ inkl. Versand. Nach dem Abziehen auf dem Bandschleifer und ein paar Tropfen Öl auf die Spindel funktionieren sie tadellos und seitdem weiß ich auch, weshalb wirklich jeder Irre mit einem Schaber in der Hand auch immer irgendwo einen Satz dieser Klemmen mit herumliegen hat. Sie sind einfach ungeheuer praktisch, passen sich jedem Winkel an und machen keine Kratzer auf dem Werkstück. Später werde ich auch noch welche in 12" finden- für etwa 30€ pro Stück.

15 Weiter!

Während der Kontrolle meiner weiteren Schabe-Ergebnisse komme ich auf die Idee, die als Referenzfläche gewählte Mittelnut einmal mit der Messuhr komplett abzufahren. Mir fiel nämlich ein, dass ich meine lange Präzisions-Parallelauflage als "Schlitten" für meine Messuhr mit dem langem Arm nutzen könnte. So passt der Fühlhebel der Messuhr tatsächlich in die Mittelnut! Ich fahre die Nut ab- und werde blass! So "referenzig" wie angenommen scheint sie nämlich nicht zu sein. Beim Fräsen der Führungen scheint der Hersteller auch gerne mal um bis zu $70\mu\text{m}$ in die Tiefe/Höhe abgerutscht zu sein! Ich schreibe mir alle paar cm den Messwert auf und bewerte das Ergebnis.

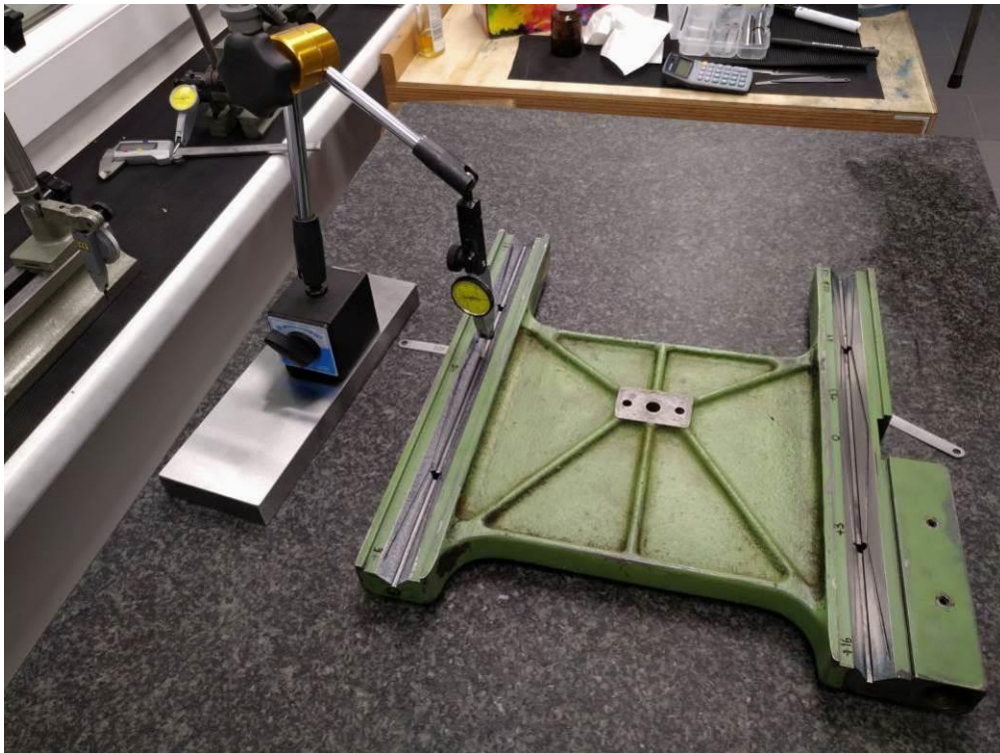


Abbildung 28: Abfahren der Nut mit der Messuhr

Eigentlich gibt es nur ein paar Stellen, in denen die Nut Abweichungen zu haben scheint; der Rest scheint eigentlich gar nicht sooo schlecht zu sein. Zumindest auf $\pm 20\mu\text{m}$ genau ist die Präzision und wenn ich überlege, dass die Führung vorher eine Abweichung vom mehr als Zehnfachen dessen hatte(!), wird es damit als Referenz vielleicht nicht perfekt- aber definitiv besser als vorher!

16 Strategie

Der Umstand mit der nur "mäßigen" Referenz macht meine Lage aber nicht einfacher. Zwei Trapezführungen auf dieselbe Höhe, dieselbe Geometrie, Parallelität und Ebenheit gleichzeitig einzuschaben, ohne dass man die Schrägen irgendwie vernünftig messen kann, ist eigentlich unmöglich. Eine Koordinatenmessmaschine wäre hier wohl fast die einzige Möglichkeit. Aber aufgeben zählt nicht. Ich vereinfache meinen Ansatz und mache nun Folgendes:

Zum Messen wird der Support so auf der Messplatte ausgerichtet, dass mein 2cm-Röllchen an allen vier Ecken der Trapezführungen dieselbe Höhe anzeigt. Tut es das nicht, wird anhand des Tuschiebildes und weiterer Messungen erst entschieden, was gemacht wird. Ob das Werkstück auf der Messplatte anders ausgerichtet wird (z.B. um ihn mehr in eine bestimmte Richtung zu kippen), oder ob wirklich irgendwo etwas geschabt werden muss. Anhand des Tuschiebildes sehe ich, wo ein Schaben ansetzen könnte und ob dies dem Ziel "alle vier Ecken auf derselben Höhe" zuträglich wäre.



Abbildung 29: Versuch des "Dremel-Scrapens"- hier muss man echt aufpassen, nicht zu viel Material abzuehmen! Daher nehme ich kurz darauf lieber wieder den normalen Schaber zur Hand!

Verlangt sowohl die Messuhr als auch das Tuschiebild nach einem Materialabtrag, greife ich tatsächlich zum Schaber und mache Späne.

Während dieses Prozesses zeichnet es sich tatsächlich ab, dass ich meinen Nullpunkt vielleicht neu definieren muss!

Auf der 2. Führung finde ich in der Mitte einen neuen Tiefpunkt, der noch etwa 80µm(!) unter dem tiefsten der 1. Führung liegt! Eigentlich würde das bedeuten, dass wir die -bereits fertig geschabte- 1.Führungsbahn ebenfalls KOMPLETT auf dasselbe Niveau absenken müssen. Ich zögere hier allerdings erst noch, denn den Materialabtrag möchte ich so minimal-invasiv wie möglich machen. Ein zu stark abgeschabter Support kommt dann nämlich irgendwann so niedrig, dass er möglicherweise zu tief sitzt und damit sogar auch auf die Tischantriebsspindel drücken könnte. Von daher nur so viel wie unbedingt notwendig. Ich ändere meine Strategie daher daraufhin, dass es mir erst einmal reicht, die beiden Führungen EBEN und möglichst PARALLEL zueinander zu schaben. Dann werde ich den Support als Master nehmen, "einbläuen" und mal auf die Maschine setzen. Das dann entstehende Tuschiebild wird mir dann

vielleicht verraten, welchen Weg ich weiter gehen muss: doch noch die restlichen 80µm abspannen oder stattdessen lieber das Gegenstück auf dem Maschinensockel an den Support angleichen.

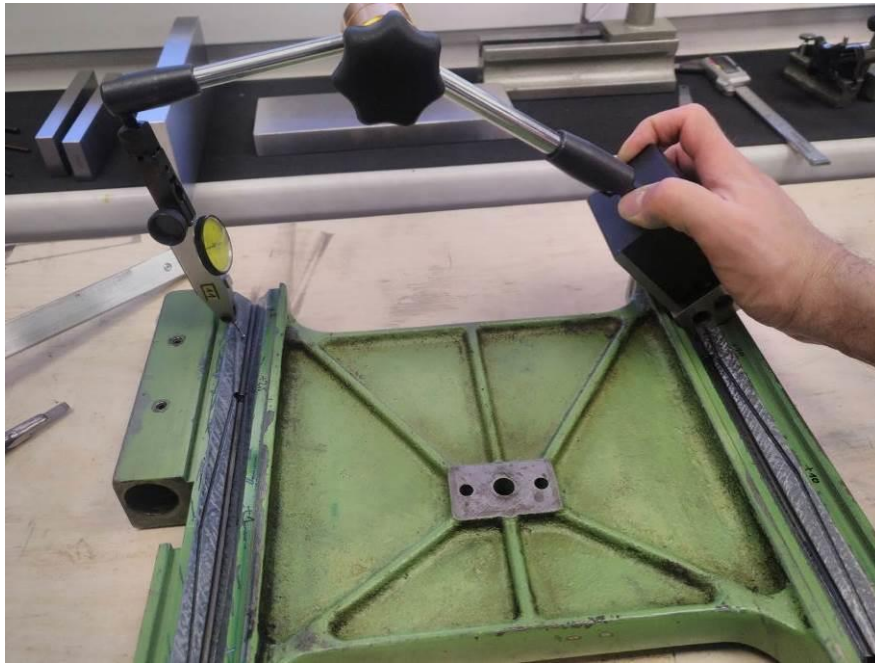


Abbildung 30: um die Parallelität zu messen, komme ich auf allerhand verrückte Ideen...

So schruple ich also munter weiter und erreiche irgendwann(!) einmal den Zustand, dass die Bahnen innerhalb etwa $\pm 10\mu\text{m}$ gleich und eben zu sein scheinen. Bestimmt hundert oder mehr Schabedurchgänge habe ich machen müssen, um das zu erreichen. Auch wenn ich mich inzwischen schon traue, mit mehr Druck zu arbeiten und dabei richtig Späne zu machen, so ist das bei diesen kleinen Führungsbahnen mit dem bereits eingefrästen Ölkanal, an dessen Böschung man so gut wie bei jedem einzelnen(!) Schabehub hängenbleibt, gar nicht so einfach! Ich bin mir aber auch nicht sicher, ob hier eine Schabemaschine überhaupt weiterhelfen würde, oder ob man bei so filigranen Arbeiten nicht doch eher mit der händischen Methode erfolgreicher ist?



Abbildung 31: noch ein Versuch: Abfahren der V-Führung mithilfe meiner Drehmaschine- war aber nur wenig erfolgreich



Abbildung 32: erste Versuche, mir ein Richard-King Alignment-Tool selber nachzubauen- das wird mir später bei der Lösung helfen!

17 Biax

Egal, ich kann es demnächst dann ja mal ausprobieren, denn stolz darf ich verkünden: ich habe mir einen alten Biax-Scraper gekauft!

Zu groß war die Verlockung und auch wenn ich dafür nun ein halbes Jahr regelmäßig im Restaurant Akkordeon spielen muss (das mache ich übrigens wirklich, auch meine Flatschleifmaschine habe ich mir so angespart), so habe ich die Investition nun getätigt.



Abbildung 33: mein Biax 7EL - hier zu Wartungsarbeiten (Reinigung/Ölung) zerlegt

Ein altes Model, Typ 7EL, aber mit etwa 10 verschiedenen Klingen und Haltern. Ungesehen, nur von Fotos her beurteilt und in dem vollen Wissen, dass man für einen 7EL inzwischen keinerlei Ersatzteile mehr bekommt. Dafür aber doch deutlich günstiger als die neueren, grünen und drehzahlgeregelten. Aber man kann nicht von jedem und allem das Beste haben- schließlich kostet ein neuer Biax Powerscraper derzeit knappe 3000Euro (die Anzahl der Nullen stimmt!) und eine einzelne Klinge dann nochmal etwa 80EUR- für mich als Privatschaber mit vielen weiteren Hobbies (Rockband, PA, Musik, Hammondorgeln, Messgeräte, Werkzeug, usw.) nicht bezahlbar. Ich vertraue also ein wenig auf mein Glück, dass der mehr oder weniger blind gekaufte 7EL technisch wirklich noch in Ordnung ist und mir noch ein paar Jahre seine Dienste anbieten wird, bevor Motorwelle oder Hubwerk dann irgendwann final aufgeben. Die Biaxe sind aber bekannt für ihre unverwüstliche Bauweise und das ist vielleicht auch der Grund dafür, weshalb man selbst für einen 30 Jahre alten, gebrauchten Biax Powerscraper noch immer mehr bezahlt als für eine nagelneue Bohrmaschine eines beliebigen Premiumherstellers! Es könnte sogar sein, dass, wenn ich das Gerät immer schön pflege und putze, ich den Biax irgend-

wann für nahezu denselben Preis wieder verkaufen kann, wie ich ihn gekauft habe- so wertstabil sind die Dinger.

Mir ist das Glück aber mehr als Hold, denn das einzige, was man an der Maschine aussetzen kann, ist vielleicht der leicht muffige Geruch von Lederriemen und Werkzeugtasche. Ansonsten jedoch -und darauf kommt es an- erscheint das Hubwerk spielfrei, die Führungen sind ohne sichtbare Abnutzungsspuren und der Motor schnurrt wie ein Kätzchen. Die beigelegten Reservekohlen lasse ich schön in der Tüte, denn die eingebauten sind noch fast bei voller Länge. Auch viel Abrieb finde ich nicht- und das bei einem Gerät von 1973 (zumindest ist das das Druckdatum der beigelegten Originaldokumente)! Also wer immer diese Maschine vorher benutzt hatte, der wusste auch definitiv, wie man solche Maschinen pflegt! Wäre sie nicht immer nicht gewissenhaft geölt und gesäubert worden, sähe sie -trotz ihres Alters- nicht so gut aus wie sie aber ist!

18 Maschinenführungen

Während die frisch gewaschenen Lederriemen des Biax noch in der Sonne trocknen und dabei hoffentlich ihren muffigen Geruch einbüßen, überlege ich mir, wie ich die Parallelität der Führungen am Grundgestell der Maschine überprüfen sollte. Auch das ist gar nicht so einfach. Schließlich habe ich mir einen Ansatz überlegt, der sicher nicht den Nobelpreis verdient, aber das beste ist, was mein Hirn sich mit den vorhandenen Möglichkeiten ausdenken konnte.

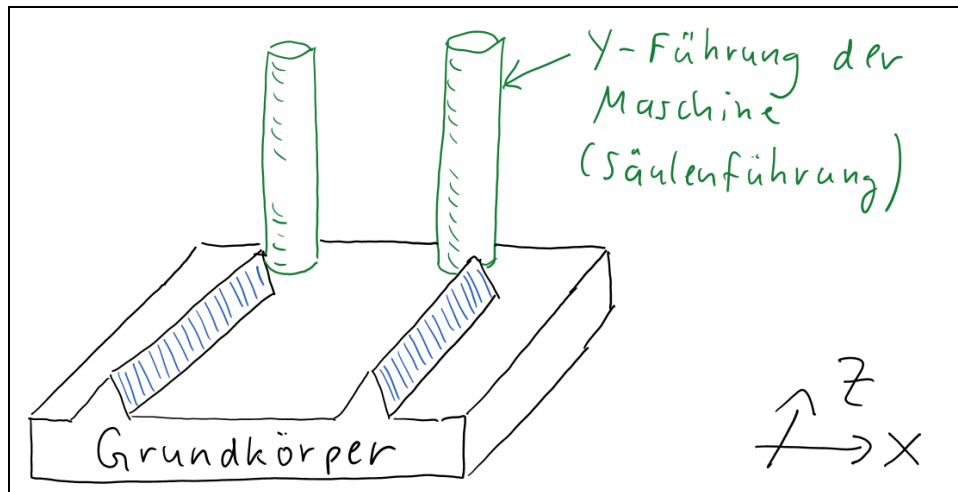


Abbildung 34: V-Führungen am Grundkörper der Maschine

Die V-Nut eines V-Blocks wird von oben auf die rechte Führungsbahn gelegt und dort per Hand an die rechte Seite fest angedrückt (\Rightarrow wird damit zur Referenzfläche). Auf dem V-Block fixiere ich einen Magnethalter mit Messuhr und messe damit die rechte Seite der linken Führungsbahn direkt gegenüber. Ein weiteres Magnetstativ als Gegengewicht zum Ausbalancieren, und schon ist mein Messapparat fertig.



Abbildung 35: Messaufbau zur Messung der Parallelität der V-Führungen

Irgendwie erinnert er mich von der Machart ein wenig an das legendäre "Kingway machine alignment tool", das vom Grundgedanken her eigentlich auch nicht mehr ist als ein Kreuzgestell auf einem Schlitten, das man über die Führungen schiebt. Im Gegensatz zu meinem Aufbau steckt im Kingway-Tool allerdings eine Menge Knoffhöff, so z.B. das geschlitzte Schlittenröhrchen mit seinen balligen Enden und auf der anderen Seite der Kugelfuß zum Abtasten der Gegenseite.

Bei mir ist es nicht zuletzt durch die Improvisation eine sehr kippelige Angelegenheit, insbesondere durch den langen Hebelarm zur Messuhr, aber besser als nichts. Wenn ich strikt darauf achte, dass der V-Block wirklich immer fest an die rechte Seite der rechten Führungsbahn gedrückt ist (denn diese Seite habe ich schon gerade geschabt), kann man durchaus schon wiederholbare Messungen machen. Vielleicht nicht jedes mal auf 10µm wiederholbar, aber es reicht, um einen Trend abzuleiten.

Ergebnis: die rechte Fläche der linken Bahn ist zum vorderen Ende hin ebenfalls um etwa 100µm abgenutzt zu sein, denn die Messuhr zeigt hier größere Werte. Aber ist das denn überhaupt alles richtig, wie ich das mache?

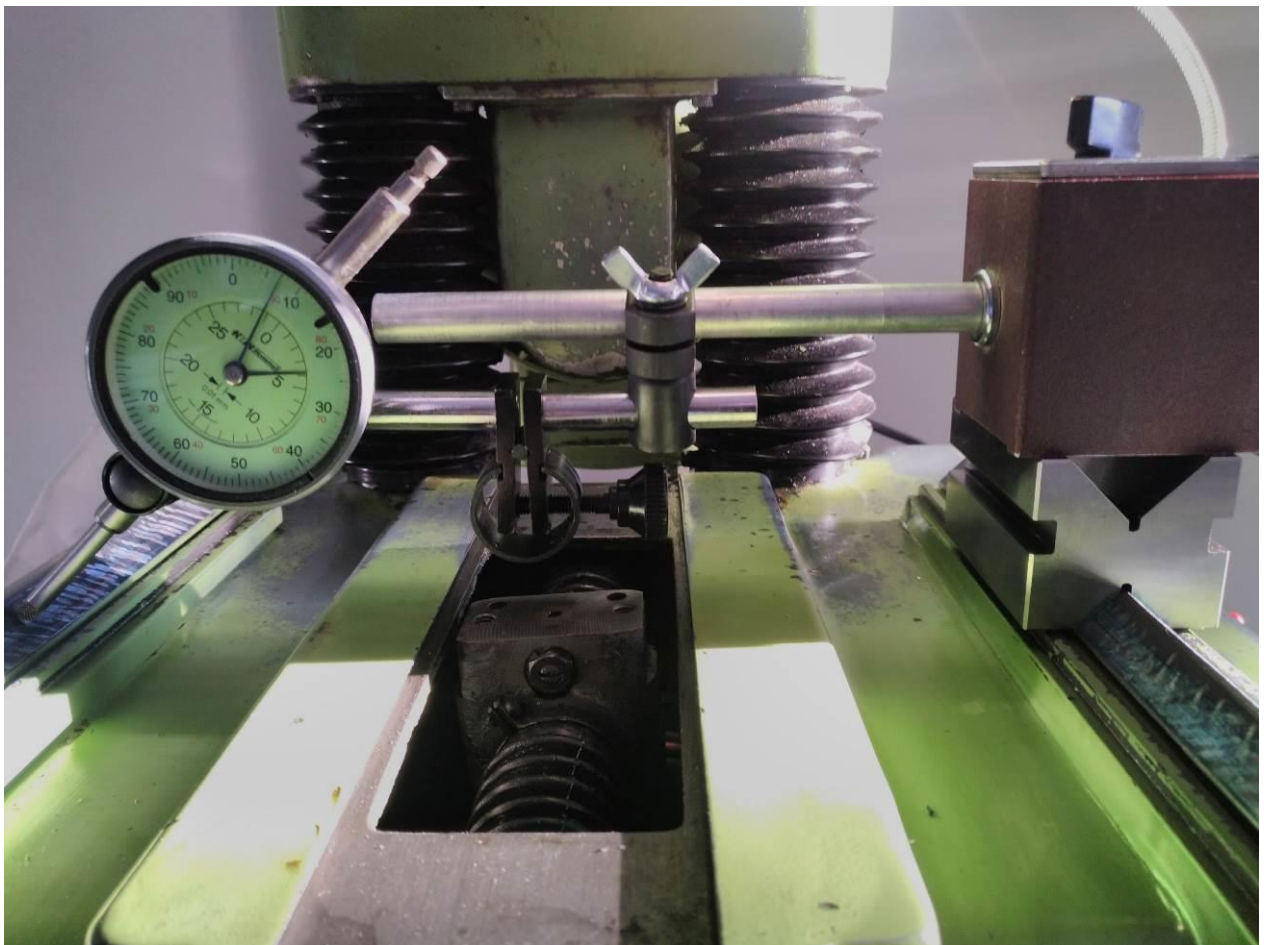


Abbildung 36: am Ende der Führung zeigt mir die Messuhr knappe 100µm Unterschied zu vorne (vergleiche vorheriges Bild)

19 Richard's students

"Man kann ja nicht alles können", sagt meine Nachbarin Ines manchmal. Recht hat sie. Und selbst, wenn man meint, irgendwas zu "können", ist das Ergebnis nicht immer perfekt. Auch dann passt der Spruch von Ines.

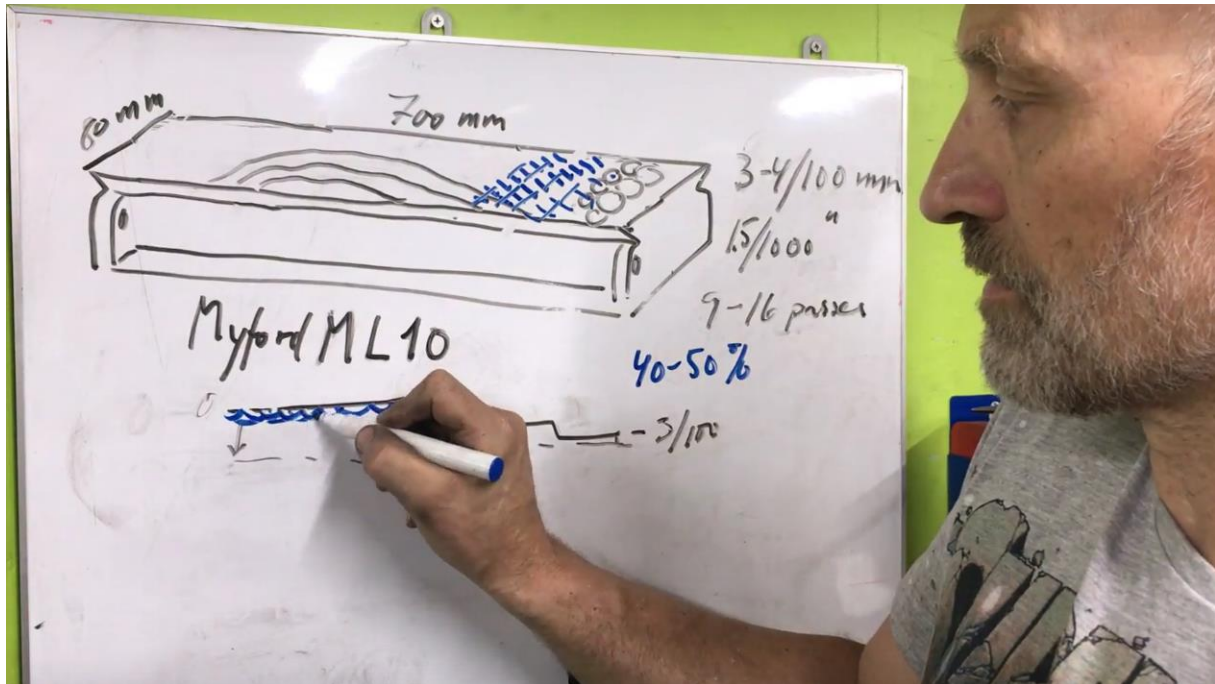


Abbildung 37: Auch einer der Großmeister, der erst das Hirn einschaltet und dann erst den Biax: Scraping-Star Jan Sverre Haugjord!

Aktuell befinde ich mich gerade in diesem "kann-nicht-alles"-Stadium. Wenn ich das erkenne, dann ist die erste Maßnahme meiner Wahl: ich FRAGE! Und zwar die Leute, die es definitiv besser können. Und wer kann das sein? Ganz vorneweg natürlich Richard King. Der weiß sogar bestimmt, wie man eine Weiler Drehmaschine mit einem Küchenmesser und einer Taschenuhr richtig einschabt. Aber Richard ist ja nun schon auch langsam in die Jahre gekommen und mit meinem kleinen Messproblem will ich ihn nicht belasten. Wen also sonst fragen?

Klar: die Leute, die in einem von Richards Schabekursen waren! Denn wenn man die Woche dort mit Gleichgesinnten und einem Haufen Biax-Schaber und Richard verbracht hat, wird man fast in so eine Art "Familie" aufgenommen- man "kennt sich" einfach.

Und ich habe das Glück, wenigsten einen aus dieser Familie was fragen zu dürfen. Und zwar keinen Geringeren als

Jan Sverre Haugjord! :-)

Wer immer sich Jan Sverres Videos bei Youtube anschaut, der erkennt schnell, dass da der einstige Richard-Schüler schnell zum Lehrer geworden ist. Von ihm Tipps und Ratschläge zu bekommen, gibt mir das Gefühl eines Privilegierten, denn das Erlernen des Schabens ist nicht so einfach, wie man glaubt. Ich will hier niemandem Angst machen, aber wenn man sich damit beschäftigt, muss man erkennen, dass man es tatsächlich üben muss. Ähnlich wie beim Autofahren: man kann es nicht gleich

nach der ersten Fahrstunde, aber es ist auch nicht so schwer, dass man es nicht erlernen könnte. Wer neugierig bleibt und viel herumprobiert, macht wertvolle Erfahrungen und lernt. Und genau das mache ich auch; nur mit dem Unterschied, dass mir Jan Sverre gleich den richtigen Weg zeigt- der gar nicht immer so einfach zu erkennen ist, wenn man vor einem Werkstück mit einem Haufen Punkten auf der Tuschierfläche steht.

Jan empfiehlt mir ein Standardwerk;; "Machine Tool Reconditioning" heißt es, wurde von Edward Conelly geschrieben und ist von 1955! Und selbst heute kann man es noch im Internet kaufen!

Solche Schätze lernt man natürlich nur kennen, wenn man wirklich tief in der Schabe-Materie drinsteckt und sich viel damit beschäftigt hat. Daher bin ich sehr dankbar für diesen Tipp und überlege, mir das Buch vielleicht auf meinen nächsten Wunschzettel für Weihnachten zu schreiben!

Aber im Moment ist der Winter noch weit hin und bis dahin muss ich wohl mein eigenes Hirn anstrengen! ;-)

20 Die Lösung

Ich will es kurz machen. Ich habe die Parallelität ermittelt, indem ich – wie in Abbildung 35f gezeigt – einen V-Block kopfüber auf die V-Führungen gelegt und mit einer Messuhr abgefahren habe. Dabei habe ich darauf geachtet, mit der Messuhr immer denselben Punkt auf dem gegenüberliegenden V-Block zu treffen, weil ich mir nicht sicher bin, dass meine V-Blöcke auch wirklich ganz exakt parallel zur V-Nut geschliffen wurden (es waren keine teuren). Ich beschrifte die 4 Flächen der V-Führungen mit I bis IV und messe folgende Flächen:

I zu III

I zu IV

II zu III

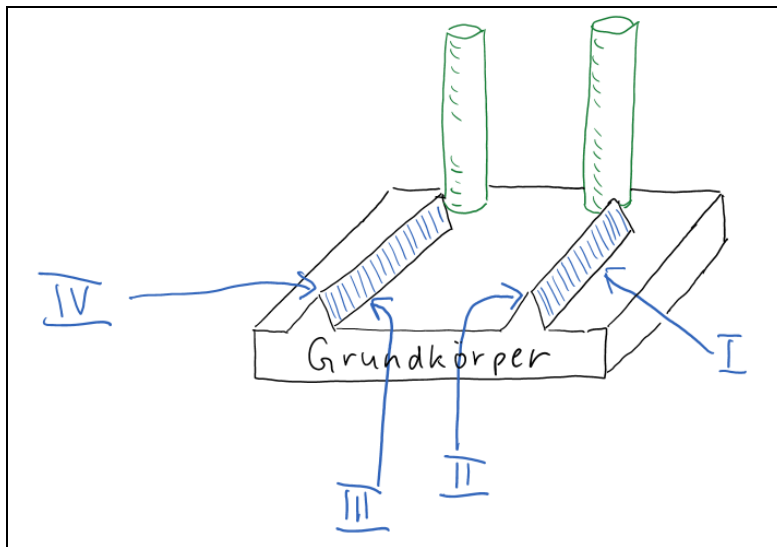


Abbildung 38: Benennung der Führungsflächen

Fläche I wird meine Referenz, denn hier habe ich ebenfalls das beste Tuschierbild, wenn ich den Sattel (=Support) als Master benutze.

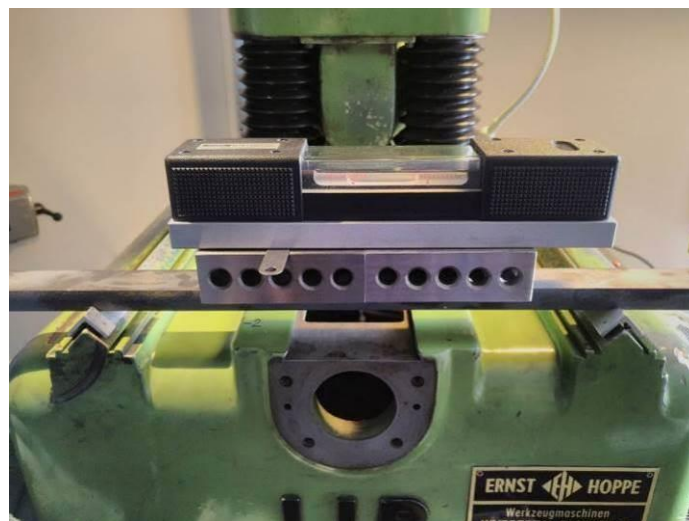


Abbildung 39: auch ein Versuch einer Parallelitäts-Messung

Zusammen mit der Wasserwaagen-Messung (siehe Abbildung 39) wird für mich klar, dass die Fläche III um etwa $10\mu\text{m}$ nach innen zeigt (in Richtung Fläche II). Und dass sich die linke Führungsbahn nach hinten hin um etwa $10\mu\text{m}$ hebt.

Aus der Messung von Fläche II zu III ermittele ich, dass die rechte Führungsbahn ebenfalls um $15\mu\text{m}$ nach innen zeigt.

Doch das werde ich jetzt NICHT korrigieren! Warum nicht?

Zum einen, weil die Messmethode immernoch so wackelig ist, dass ich mich einfach nicht traue, diese Messungen als Grundlage für einen Schabe-Eingriff zu benutzen. Denn was einmal irrtümlich weggeschabt ist, kommt nicht mehr wieder!

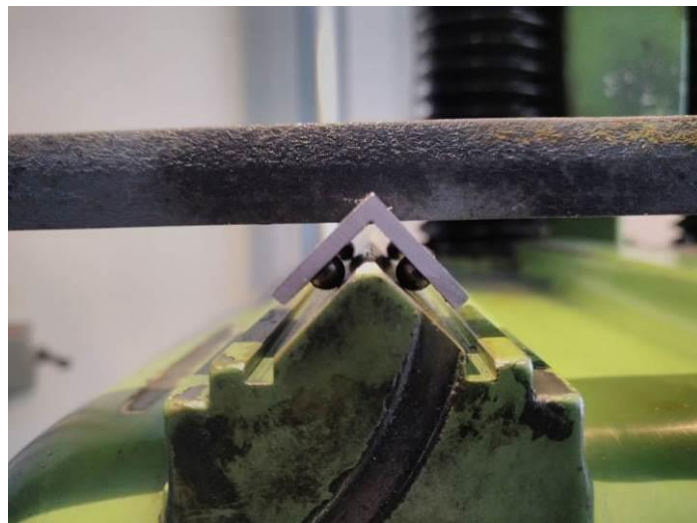


Abbildung 40: noch ein Versuch: die Auflage geschieht über eingeklebte Kugeln aus einem alten Kugellager

Zum anderen, weil ein Höhen- und Seitenschlag von etwa $10\mu\text{m}$ nun wirklich kein Grund ist, hier irgendwas zu riskieren. Denn bedenke: wenn ich auf einer 45° geneigten Fläche $10\mu\text{m}$ herunterschabe, ändere ich damit um $7\mu\text{m}$ die Höhe und gleichzeitig um $7\mu\text{m}$ seine Seite!

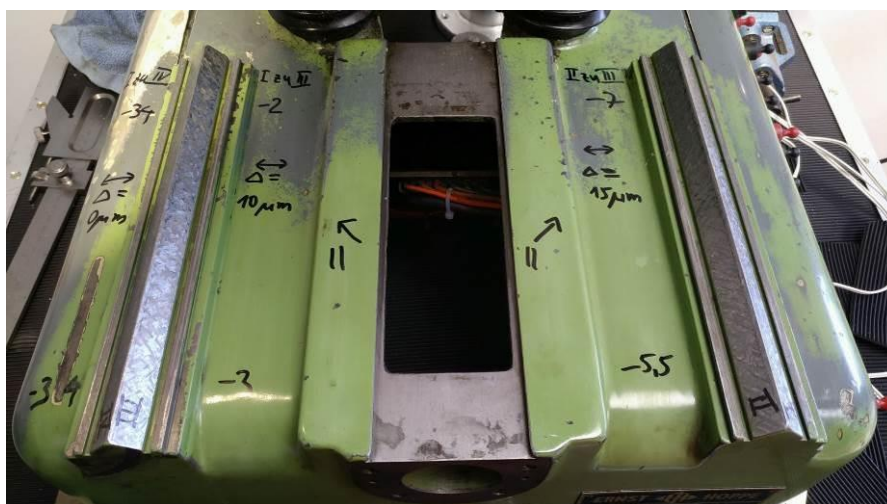


Abbildung 41: Ende einer langen Messorgie

Das wird mir alles zu gefährlich, insbesondere weil mir meine Messmethodik für diese irre kleinen Unterschiede leider nicht robust genug erscheint. Wenn ich die Messung oft wiederhole, erhalte ich stückweise manchmal komplett andere Werte. Dann staune ich und stelle fest, dass ich einen der beiden V-Blöcke nicht stark genug an die entsprechend zu messende Seite der V-Führung gedrückt hatte

und damit mein langer Messarm samt Messuhr minimal verrutscht ist. Wenn ich das korrigiere, komme ich dann schließlich doch wieder auf die bekannten Werte, aber es bleibt alles sehr instabil und fragil. Daher beschließe ich, es mit den max. 15µm Abweichung zu leben und lieber zum nächsten Schritt zu kommen: zum Einschaben des Supports auf die Führungen im Maschinenstand bezüglich der Kontaktpunkte!

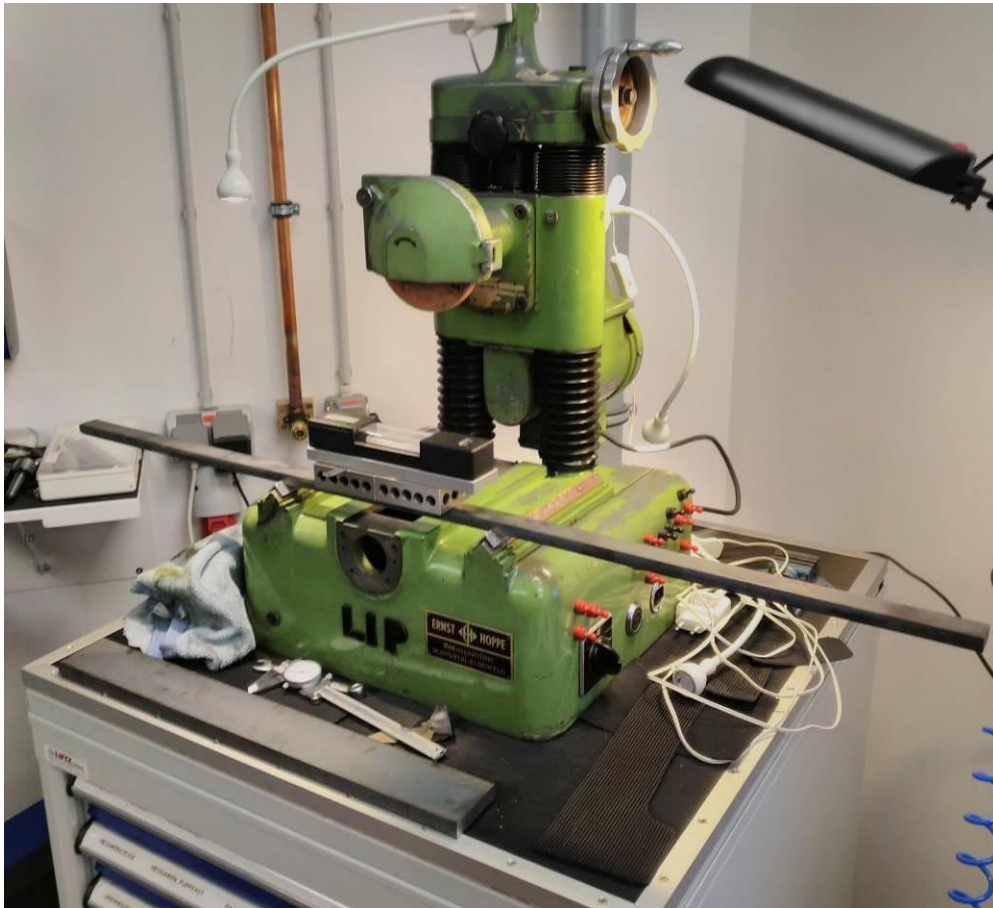


Abbildung 42: es gibt viele Möglichkeiten- doch am Ende enden alle immer in einer Art des Richard-King Alignment-Tools!

21 Einschaben

Beides habe ich ja nun schon gemacht: sowohl den Support als auch den Maschinenunterstand (=Grundkörper) habe ich gerade geschabt- aber eben nur separat "für sich". Nun geht es darum, die beiden Bauteile gegeneinander einzupassen.

Die Führungen im Maschinenunterstand werden für mich zum "Master", also mit Tuschiefarbe eingepinselt. Dann lege ich den Sattel drauf und rutsche ihn etwas hin und her, so dass die Kontaktpunkte Farbe annehmen können. Ich nehme den Support ab und schaue, wie gut der Kontakt war.

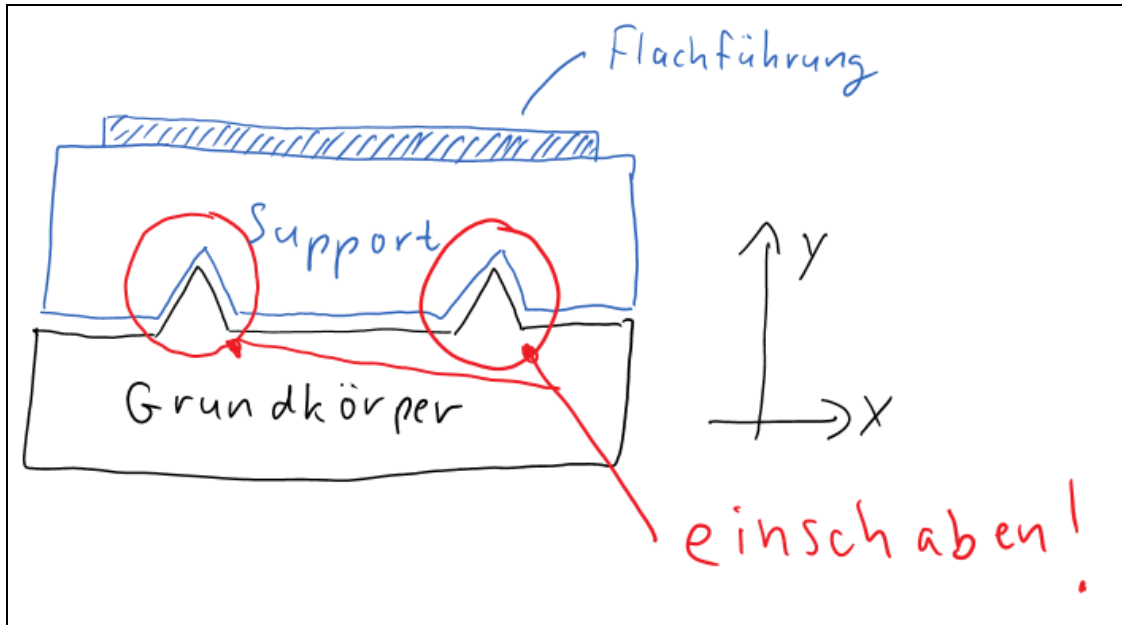


Abbildung 43: diese Flächen sollen nun aufeinander eingeschabt werden

Und?

Mies! Absolut mies!

Eigentlich hat nur die allererste der vier Bahnen vernünftigen Kontakt. Das hatte ich schon vorher herausgekriegt und daher diese auch als Referenz für meine Messuhr-Orgien gewählt. Aber alle anderen Bahnen haben teilweise nadelkopfgroßen oder gar keinen Kontakt. So schlimm hatte ich es nicht erwartet, denn alle Bahnen waren ja schon geschabt- aber eben nur jede für sich, "gerade" und nicht auf die korrekte Geometrie!



Abbildung 44: noch nicht wirklich überzeugend

Da sieht man aber mal, wie wichtig die Einhaltung dieser ist- die ich ja leider bei mir nicht so richtig gut prüfen konnte. Aber das ändern wir jetzt: und zwar auf die Rock'N'Roll-Art. Ich werde nun ziemlich stur auf alle dunklen Kontaktpunkte drauflosschaben und den Sattel so umschaben, dass seine Geometrie schließlich zum Maschinenfuß passt.

Mein neuer Biax-Schaber 7EL ist mir dabei eine sehr große Hilfe, denn ich muss hier richtig Material abtragen- was händisch sehr schwer ist. Insbesondere, wenn man mit dem Schaber dauernd an den bereits gefrästen Ölnuten hängen bleibt. Das macht der Powerscraper natürlich nicht, sondern zieht hier einfach durch!

Aber auch beim Biax muss man aufpassen: laut des hervorragenden insider-Wissens von Jan Sverre gibt es für den 7EL keine Ersatzteile mehr. Und insbesondere ein bestimmtes Kunststoffzahnrad bricht sehr gerne, wenn man mit dem Schaber abrutscht und aus Versehen frontal gegen die Schabefläche haut. Das passiert mir natürlich, aber außer einem Riss in der Hartmetallschabeplatte passiert zum Glück nichts. Das liegt vielleicht auch daran, dass ich den 7EL stets an einem regelbaren Vorschalttrafo betreibe und seine Geschwindigkeit (und damit auch seine Kraft) deutlich drossle, so dass seine Schabestöße mit viel weniger Wucht an den Anschlag prallen als bei voller Geschwindigkeit.

Viel mehr als 120Volt kriegt der Biax bei mir meist nicht ab und somit verzeiht es mir die Maschine, wenn ich hin und wieder leicht irgendwo anstoße- kollisionsfrei in einer V-Nut zu schaben ist eben nicht ganz einfach. Und erst recht nicht, wenn man den Schaber dann umgekehrt wie ein Linkshänder halten muss, um in die Gegenrichtung schaben zu können.

Ich benutze dafür eine lange (150mm) Klinge OHNE Hartmetalleinsatz, die ich auf Radius 60 schleife und zusätzlich deren Enden etwas abrunde. So komme ich besser in die Ecken und insgesamt ist sie

auch etwas weicher und flexibler.



Abbildung 45: so langsam werden die Kontaktpunkte zwischen Grundgestell und Support besser!

Und noch etwas: die Mutter im Schabeklingenhalter des Biax zieht man so gut wie gar nicht fest- sie muss ziemlich locker bleiben, damit die Klinge in Verbindung mit dem im Schabeschuh steckenden Gummiblock möglichst viel Bewegungsspielraum hat. Nur eben so fest, dass die Klinge gerade so nicht herausfällt. Man braucht in dem System so viel Flexibilität wie möglich, damit die Schabemulden schön weich ein- und auslaufen. Musste ich auch erst üben und lernen!

Nach etwa 20 Durchgängen werden die Kontaktflächen schon deutlich größer. Zumindest die Mitte der vier Bahnen hat nun überall Kontakt. Ich reduziere die Dicke der Tuschiefarbe und benutzte zusätzlich gelben Highlighter. Damit sehe ich, dass es noch immer besonders hohe Bereiche gibt, die vorwiegend kontaktieren (und nicht die ganze Fläche).

Also werden sie auch Stück für Stück heruntergeschabt. Das mache ich nun sogar manchmal per Hand, denn hier treffe ich besser in der engen Umgebung und ich kann chirurgisch präziser arbeiten. Insbesondere wenn ich (möglichst nur) einzelne Punkte treffen will, die sich durch eine quasi blankgeschliffene und nahezu tuschiefarbenFREIE Oberfläche als High-Spots entlarven und deshalb zuerst weggeschabt werden müssen.

22 Biax

Keine Angst, dieser Bericht artet nicht in einen Schabekurs aus. Außerdem könnte ich gar keinen geben, denn dazu beherrsche ich dieses Handwerk zu schlecht. Ich kann jedoch sagen, dass einem der Besitz eines Elektroschabers noch einmal so richtig "Schub" für's Hobby geben kann, weil er die Arbeiten tatsächlich enorm beschleunigt. Außerdem tut alles nicht mehr so arg weh und man schwitzt auch nicht mehr so, wenn man was schabt. Man muss mit dem Biax allerdings erst ein wenig zielen lernen.



Abbildung 46: Zielen mit dem Biax- gar nicht so leicht, aber Übung macht den Meister!

Dann die richtige Abstimmung von Klingenradius, Geschwindigkeit und Haltewinkel finden. Es gibt tatsächlich eine Menge Parameter, die beherrscht werden wollen. Zuerst drücke ich zu stark auf und erzeuge tiefe Schabetäler von gut und gerne 30µm- viel zu tief! Die Folge ist eine "rau" wirkende Oberfläche und eine geringe Coverage von Kontaktpunkten. Aber nur so macht man seine Erfahrungen und auch wenn man einen ganzen Abend opfert, nur um auf einem Stück Grauguss drauf herumzuhämmern, so lernt man trotzdem was dabei.

Ein Glück, das ich gar nicht hoch genug einschätzen kann ist, dass mir Jan Sverre weiterhin geduldig Tipps und Reviews meiner Schabe-Werke gibt. Und auch Henrik, ein weiterer Schüler aus der "Richard-Family" springt mit ein und coach't mich ebenfalls. So lerne ich ziemlich schnell, grobe Fehler zu korrigieren bzw. diese erst überhaupt erst einmal als solche zu erkennen!

23 Weiteres Vorgehen

Während ich so vor mich hinschabe, überlege ich, ob ich -wenn ich nun schon so viel Zeit in die Maschine stecke- es nicht doch lieber gleich richtig machen sollte und alle Teile mal auseinanderbauen sollte. Schließlich ist die LIP515 nicht besonders kompliziert gebaut und innerhalb kürzester Zeit demontiert. Und nicht zuletzt, weil es mich reizt und mir auch (mechanischen) Freiraum beim Schaben erzeugt, unterbreche ich es und zerlege erstmal den Rest der Maschine.

Beginnen tue ich mich dem Abschrauben der Schleifspindel. Super-Einfach. Vier Inbus-Schrauben und schon kommt die gesamte Einheit entgegen. Ärgere mich, warum ich das nicht gleich gemacht habe, denn so hätte ich den Maschinenfuß viel einfacher schaben können.



Abbildung 47: Mit nur vier Schrauben ist die Spindel zu lösen. (Hier gezeigt an der schon neu lackierten Maschine)

Dann kommt die obere Haube dran. Ruckzuck und man sieht auf das Kegelrad. An das wollen wir aber erstmal gar nicht, sondern an das Handrad. Vier Schlitzschrauben und schon ist es samt Antriebszahnrad runter.



Abbildung 48: Deckel ab

Jetzt können wir die beiden dicken 6Kant-Muttern lösen, die die gesamte Einheit -wie ein Aufzug- auf den Rundsäulen halten. Damit es leichter geht, baue ich vorher den Motor und den Flansch ab (von hinten).

Nun schraube ich die Klemmen für die Faltenbälge ab. Danach kann man die "Aufzugskabine" ganz nach oben kurbeln und schließlich von den Säulen abnehmen.



Abbildung 49: die Aufzugskabine

Zurück bleibt der Maschinenfuß mit den beiden Rundsäulen.



Abbildung 50: Maschinenfuß

Von deren Qualität bin ich fasziniert. Die Maschine wurde wirklich IMMER gut geölt und die Faltenbälge rechtzeitig gewechselt, denn so schön sauber und riefenfrei, wie die Führungen aussehen, halten sie bestimmt nochmal weitere 50 Jahre. Ich bin froh, dass ich damals beim Verkäufer nicht noch im Preis gehandelt habe, denn die Substanz der Maschine ist wirklich noch gut und sie damit ihr Geld sicher wert gewesen!

Auch mit der Messuhr kann ich keinerlei Spiel der Aufzugskabine auf ihren Führungssäulen messen.
Top!



Abbildung 51: 50,00mm - egal, wo man misst!

Nun zerlege ich die Aufzugskabine. Auch nicht schwer. Die Spindel wird durch eine einzige 6Kantmutter gehalten, danach kann man sie herausdrehen. Und auch hier: aus meiner Sicht noch prima in Schuss, und alles schwimmt schön im Öl.



Abbildung 52: die „Aufzugskabine“

Der Faltenbalg hat einen ganz kleinen (ca. 1cm) langen Riss, das hat wohl nicht groß gestört, aber ersetzen werde ich ihn deshalb trotzdem.



Abbildung 53: Riss im Faltenbalg

Nach dem Abschrauben landen alle Faltenbälge im Waschbecken, alle Kleinteile im Ultraschall. Die Schrauben brauchen ziemlich lange, denn in den 6Kant-Löchern hat sich teilweise viel Schleifstaub angesammelt. Sie müssen mehrmals ins Bad und Stück für Stück ausgekratzt werden.



Abbildung 54: auch oben an der Fahrstuhlkabine gibt es Faltenbälge

Das obere Kegelrad geht leicht runter, wenn man vorher die seitlichen Inbusschraubchen an der Ringmutter herausschraubt und sie dann erst abdreh.



Abbildung 55: oberes Kegelrad

Es kommt ein Kugellager zum Vorschein, das aber noch super aussieht und sicher nicht gewechselt werden muss. Nach einem Ausflug in einem Petroleum-Ultraschallbad sehen auch diese Teile so aus, als seien sie einem weiteren jahrelangen Einsatz noch locker gewachsen. Auch die Spindel erfährt eine Reinigung mit Zahnbürste und Petroleum. Aber außer ein paar alten Fett-Resten gibt es hier nicht viel zu putzen!

Anders sieht es mit der Fahrstuhlkabine aus. Die badet gut und gerne eine halbe Stunde im Ultraschall, bis sie wieder sauber aussieht. Bei dem hohen Gewicht habe ich erst Angst um mein Ultraschallgerät, aber die Teile scheinen echt robust gebaut zu sein und stecken die Last locker weg. Nach dem Bad sprühe ich die Teile leicht mit WD-40 ein, damit sie nicht rosten.

24 Die Schleifspindel

Der Ausbau der Schleifspindel ist vielleicht noch etwas interessant. Die Spindelnase geht ziemlich leicht. Hier sind drei Schlitzschrauben zu lösen, bis man den Spindelschild in der Hand hat und man einen ersten Blick auf das Kegelrollenlager (Spindellager) bekommt. Leider ist das hinten nicht ganz so leicht.



Abbildung 56: Schleifspindel zerlegen

Auf der Gegenseite ist nämlich der Antriebsnubbel für den Riemenantrieb aufgeschraubt. Nach dem Lösen der Inbusmutter und der Sicherungsscheibe kann man ihn herunterschrauben (normales Rechtsgewinde), wenn man die Spindel vorne gegengehalten kriegt (z.B. mit dem Scheibenflansch). Danach kann auch hier das Spindelschild abnehmen.



Abbildung 57: Pulley für den Antriebsriemen

Am Ende habe ich mit dem Gummihammer vorsichtig auf die Spindelachse geklopft und sie damit nach vorne hin (=in Richtung Schleifscheibe) herausgeklopft. Ich habe mir maximale Mühe gegeben, dass dabei keines der beiden Kegelrollenlager beschädigt wird. Ausschließen kann ich es aber natürlich nicht. Daher erkundige ich mich schonmal nach Ersatzlagern.



Abbildung 58: mache ich nur sehr ungern, aber es ging nicht anders: leichte Hammerschläge!

Es sind welche von dem Hersteller TIMKEN, Model A4059/A4139 "précision 0", wie das Manual der LIP515 schreibt. Bei Timken kann man lesen, dass es hier 2 Standard- und 4 Präzisionsklassen gibt! Welche aber genau der vom Hersteller Lipemec genannten Klasse "0" entspricht- keine Ahnung! Ich vertage das Thema, denn der Austausch der Spindellager ist auch zu jedem beliebig späteren Zeitpunkt immer und mit nur geringem Aufwand möglich. (Ich werde später lernen, dass es die Klasse "0" tatsächlich gibt und dass es als metrische Alternative für das A4059 (14,989 x 34,988 x 10,998mm) auch ein FAG 30202-A gibt mit 15 x 35mm), das ein Forenteilnehmer der Zerspanungsbude schon verwendet hat.)



Abbildung 59: die Schleifspindel kommt heraus!

Nachtrag: am Ende werde ich dasselbe Lager –nach einer Reinigung- wieder einbauen. Und- es wird funktionieren ☺



Abbildung 60: Timken A40-59 Lager

25 Alles auseinander

Die Maschine ist zerlegt und alle Einzelbaugruppen sauberlich im Kellernebenraum verwahrt. Ich beschließe, wie folgt vorzugehen: aufbauend auf dem Maschinenunterstand werde ich Stück für Stück sämtliche Einzelbaugruppen aufarbeiten und an die Maschine schrauben. Das ist sicherlich vernünftig und gestattet auch eine schrittweise und geordnete Arbeitsfolge. Zuerst jedoch muss ich etwas anderes machen: mein großes Werkstattmagazin, das ich als maschinenunterstand für die LIP515 benutze, zeigt ein Problem: er schwankt während der Schleifbewegungen- trotz aufgelegtem Stahlrahmen und verschraubter Multiplexplatte! Zwar ist das Teil dadurch sehr stabil, verträgt sicher auch einiges an Gewicht sowohl in seinen Schubfächern als auch auf seiner Ablagefläche. Doch bei der Pendelbewegung eines Schwingtisches einer Flachsleifmaschine schwankt er trotz seiner Bauweise leicht hin und her!

Die Lösung: das Teil wird an der Wand verankert! Ich kaufe mir ein paar Fichtenholzbretter im Baumarkt, dübele mir einige stabile Buchenholzklotze an die Wand und verschraube so das Werkstattmagazin fest mit dem Gebäude. Die Oberfläche wird erst geölt und dann mit Rillengummi betackert, damit es auch ordentlich aussieht. Eine Aluminiumleiste schützt die Kanten. Mit der Stichsäge erzeuge ich das Loch für den Anschluss der Späneabsauganlage. Am Ende vielleicht nicht perfekt, aber wird seinen Dienst tun. Auf jeden Fall ist das seitliche Schwanken nun so gut wie verschwunden- meine Maßnahme wirkt also!

Solche vorgelagerten Werkstattarbeiten halten natürlich beim Maschinenrestaurieren auf, aber muss ja irgendwie gemacht werden, wenn es notwendig ist.

Die Bilder dazu findet ihr übrigens bereits im Eingangsteil dieses Berichts.

26 Weiter...

Ich nehme mir einen Tag Urlaub, um den Sattel endlich fertig eingeschabt zu kriegen. Zumindest ist das der Plan.

Ein ganzer Tag in der Werkstatt- nur ich und der Biax! Herrlich! Eine ganze Woche freue ich mich schon darauf und dann ist er endlich da! Nachdem der Sohn in der Schule und die Frau bei der Arbeit sind, lege ich los. Die Kontaktpunkte zwischen unteren V-Führungen des Sattels und dem Maschinenfuß sind mein erster Fokus. Ich schabe sie ein, bis wirklich alle 4 Führungsflächen einigermaßen guten Kontakt zeigen. Ich muss zugeben, dass es mir nicht perfekt gelingt; ein paar mehr Kontaktpunkte wären sicher wünschenswert, aber ich weiß gar nicht, ob das mit meinen Möglichkeiten überhaupt möglich ist: sobald die beiden V-Führungen nicht 100%ig parallel zueinander sind (und das sind sie ja vermutlich NICHT; da ca. 10..15µm schief), wird der Kontaktbereich abhängig davon sein, ob der Sattel gerade vorne oder hinten an der Maschine steht.

Ich zitiere Jan ("good enough for me") und erkläre diesen Teil dennoch für beendet, denn ich muss hier vorankommen. Einen zweiten Tag Urlaub kann ich dafür sicher nicht opfern!

Also konzentriere ich mich nun auf die OBEREN Führungsflächen am Sattel. Hier wird alles viel einfacher, denn da haben wir eine gerade Flachfläche und eine V-Nut! Zuerst mache ich natürlich die Flachfläche.

Der Sattel wird mit Rundmaterialstücken in seinen eben geschabten, unteren V-Führungen bestückt und auf die Granitplatte gelegt. Dann fahre ich mit dem Puppitaster oben die Flächen alle ab. Ich habe ja schon geahnt, dass das Schaben der unteren V-Führungen möglicherweise Auswirkung auf die Gesamtgeometrie haben wird. Und das hat sie auch: etwa 100µm Schiefelage über die Gesamtlänge des Werkstücks kann ich nachmessen- sowohl auf der geraden als auf der oberen V-Führung.



Abbildung 61: Lagerung des Supports auf Präzisionsrollen

Aber das macht nichts: genau das werde ich jetzt mit Schaben korrigieren (Stufenschaben). Das gelingt mir auf Anhieb und der Biax ist dabei wirklich Gold wert. Nach etwa 30 Durchgängen ist die Schiefelage korrigiert, die Ebene innerhalb etwa 10µm eben und geometriehaltig. Lediglich die Bereiche am Rand sehen etwas "mager" aus hinsichtlich der Kontaktpunkte.



Abbildung 62: hier ist Stufenschaben erforderlich!

Henrik meint, das könnte durch zu starken Aufdrücken beim Entgraten mit dem Schleifstein passiert sein. Möglicherweise hat er recht, ich "stone" überlicherweise ziemlich stark, bevor ich tuschiere. Ich habe immer Angst, mir meine Messmittel zu zerkratzen. Vielleicht sollte ich es trotzdem mit weniger Druck und Intensität probieren.



Abbildung 63: an den Rändern habe ich definitiv zu stark entgratet!

27 Die obere V-Fläche

Das ist nun alles gar kein Problem mehr. Ich lege eine kleine "precision roll" in die Nut und messe die Höhe. Auch hier kann ich wohl vermutlich nicht wirklich auflösen zwischen Fehlbeiträgen zwischen den einzelnen Achsen (Höhe oder Breite), ich kriege ja wieder nur einen einzigen Messwert, aber davon lasse ich mich nicht abhalten.



Abbildung 64: Messung der V-Nut

Dass die V-Führung zu ihren Enden deutlich abgenutzt ist, kann man sowohl mit Messuhr als auch Tuschierlineal sehen und nachdem diese Erkenntnis gefestigt und bestätigt ist, schabe ich los. Das geht mit dem Biax natürlich sehr gut, allerdings zahlt es sich nun mehr als aus, dass ich mir das "manuelle" Handwerk trotzdem erarbeitet habe. Denn nicht überall kommt man mit dem Biax gut hin und gerade im Innern eine V-Nut stößt man verflucht schnell mit der Maschine auch mal irgendwo auf dem Grund an und zerstört sich damit im schlimmsten Fall Klinge oder die Maschine!

Hier nehme ich also tatsächlich den Handschaber- eine mühevolle Arbeit, aber es geht nicht anders.

Kurz nach dem Mittag und einem gemütlichen Werkstattschläfchen kann ich auch hier eine Eben- und Geometriemaßhaltigkeit auf etwa 10µm verkünden. Damit ist der Sattel tatsächlich fertig geschabt! (Dachte ich damals, aber lest weiter!)



Abbildung 65: V-Nut nach dem ersten Schaben

28 Lack

Nach all der Mühe sollte die Maschine nun auch einen schönen Anstrich erhalten, denn der Lack hat hier doch schon etwas gelitten. Also helfe ich mit Bremsenreiniger und Abbeizer nach. Der Decklack geht leicht, aber die Grundierung ist wohl auf 2K-Basis und verlangt mit meinen Mitteln sehr viel Geduld. Aber jetzt zu kneifen kommt nicht in Frage. Am Ende des Tages habe ich sowohl den Maschinenunterstand als auch den Sattel fast vollständig fertig vorbereitet zur Grundierung.



Abbildung 66: mühsame Arbeit: Entlacken!

Aber bevor ich den Lack anmische, sollte ich gleich alle Teile vorbereitet haben, so dass das Lackieren dann in einem Rutsch gelingt. Also knöpfe ich mir Stück für Stück alle abgebauten Maschinenteile vor und beize sie ab. Ich kaufe mir einen weiteren Abbeizer aus dem Internet, der auch 2K-Lacke lösen können soll. Nunja, wie das immer so ist. Ein Berufslackierer würde damit wohl nicht glücklich werden, denn es dauert manchmal bis zu 2h und länger, damit ich die Lackschicht mit einem Spachtel abschieben kann. Und selbst dann brauche ich manchmal noch 2 oder 3 weitere Schichten, bis ich endlich auf "Grundgestein" stoße. Meine Schutzhandschuhe löst es dabei manchmal sogar schneller an als den Lack.



Abbildung 67: bis dahin waren es viele Stunden Arbeit!

Ich spüle das Werkstück am Ende mit Petroleum. Die Führungsbahnen öle ich sicherheitshalber auch noch zusätzlich ein, damit nicht eventuell noch übersehene Reste des Abbeizmittels die frisch eingeschabten Bahnen wieder angreifen können.

Insbesondere bei runden Geometrien (z.B. am Maschinenteil der Schleifwelle oder die Haube oben) ist das Abschaben der Farbe mit dem Spachtel sehr schwierig. Wenn man nicht gerade einen geschliffe-

nen Spachtel mit dem korrekten Krümmungsradius des Werkstücks hat, muss man hunderte Male herumspachteln, um eine Fläche zu entlacken. Hier benutze ich dann auch gerne den Deltaschleifer mit entsprechend grobem Schleifpapier (80er). Das dauert auch recht lange, aber man schmiert nicht ständig mit aggressiven Lösungsmitteln herum. Obwohl das Absaugen des Schleifmehls auch manchmal ne ziemliche Sauerei ist.



Abbildung 68: alles bereit zum Grundieren!

Am Ende benutze ich beide Techniken parallel (Abbeizgel und Schleifpapier), um Decklack und Grundierung von der Maschine zu kriegen. Ich schaffe nicht alles gleichzeitig, sondern mache das Tag für Tag. Es ist wirklich eine Mordsarbeit und man versteht, warum viele es leider nicht ordentlich machen, sondern oft einfach nur drüberpinseln, um Rostflecken zu überdecken- denn es ist ein Höllen-aufwand!

Zum Grundieren verwende ich den Lack von Mipa. Eine Präzisionswaage dient mir zum Anmischen des korrektes Mischungsverhältnisses von Härter, Lack und Verdünnung.



Abbildung 69: Grundierung

Nach dem Trocknen wird der Endlack angemischt. Ich benutze das langweilige Reseda-Grün, aber mir gefällt es. Vielleicht deshalb, weil alle die Maschinen, die ich als Kind in fremden Werkstätten angehimmelt habe, auch alle grün waren (lichtgrau/enzianblau gab es damals noch nicht).

Auch hier ist es ein Mipa 2-Komponentenlack, den ich rolle.

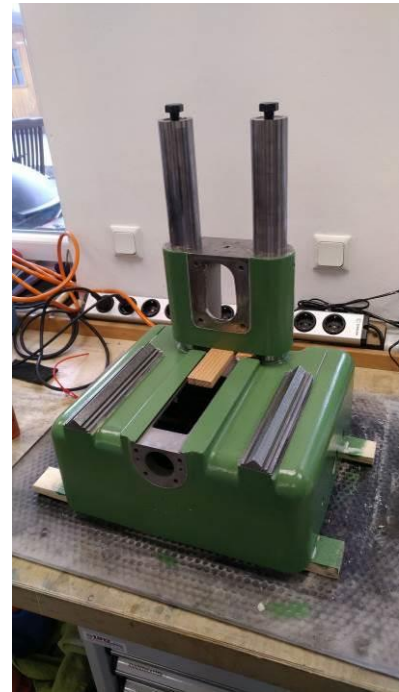


Abbildung 70: der Endlack

Am Tag danach ziehe ich das Malerkrepp ab. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass es ganz schlecht wieder ab geht, wenn man es zu lange auf dem Metall kleben lässt. Bestimmt ist das bei professionellen Produkten für Berufsmalermeister anders, aber das billige Zeug aus dem 1-Euro-Laden hat hier eben auch seine Nachteile.

Egal, am Ende hat es alles ganz gut geklappt und ich brauche Stunden, um die ganze Sauerei in der Werkstatt wieder aufzuräumen.

Aber gelohnt hat es sich. Die Maschine hat bereits jetzt deutlich an Optik gewonnen!

29 Böse Überraschung

Weil es aber nicht nur allein um die Optik gehen soll, sondern auch um die Funktion, habe ich den Support und den Schwingtisch noch nicht angemalt. Erst wenn die Geometrie nachweislich stimmt und alle Flächen sauber aufeinander eingeschliffen sind, werde ich das machen.

Aber vorher kommt es nochmal wieder ganz dick: als letztes zu schabendes Teil wäre ja nun der Schwingtisch dran. Der hat -als Gegenstück zum Support- natürlich auch eine glatte und eine V-Führung. Das Problem: die glatte Führungsbahn ist ein paar Millimeter im Gehäuse versenkt (vermutlich als Staubschutz gegen eindringenden Schleifstaub) und alle meine Tuschierlineale sind zu breit, um sie zu erreichen!

Das hält man doch im Kopf nicht aus: ich habe inzwischen folgende Tuschierlineale:

- 26cm Schwalbenschwanz
- 75cm Schwalbenschwanz
- 75cm Camelback
- 100cm Camelback
- 150cm(!) Camelback; etwa 40kg!

aber keines ist so schmal, das es zwischen die beiden Stege passt, worin die Führungsbahn eingebettet drinliegt! Mein ganzes Arsenal nützt mir hier also gar nichts!

Kurz überlege ich, mir ein weiteres Tuschierlineal in der benötigten Breite fix und fertig zu kaufen, weil ich mit meinem Schleifer ja auch irgendwann einmal fertig werden will. Aber alle käuflichen sind ebenfalls mindestens 40mm breit und würden genauso wenig in die 31mm schmale Vertiefungsnut passen. Also kaufe ich einen 50cm GGL25 Graugussklotz in den Abmessungen 80x30mm sowie eine 50mm Lochsäge. Beides zusammen wieder etwa 100Euro, aber was soll ich machen. Das Tuschieren einer 50cm langen Fläche an einem nur ca. 25cm langen Gegenstück (Sattel) würde doch sicher auch nicht wirklich funktionieren, sondern mir nur verschmierte Tuschierbilder liefern, weil der lange Schwingtisch an dem kurzen Sattel überhängt und abkippt. Genau das war ja auch der Grund für den hohen Verschleiß der Führungen im Bereich der Tischmitte!



Abbildung 71: nur dieses Stück Roh-Grauguss ist schmal genug!

30 Ausmessen

Während ich noch auf die Lieferung warte, vermesse ich erstmal den Schwingtisch. Und zwar tue ich das in Originalkonfiguration; d.h. der gerade fertig eingeschabte Sattel wird über vier Röllchen auf die Granitplatte gelegt. Dadurch liegt er nun parallel zur Granitplatte. Anhand der Flachführung auf der Oberseite messe ich das noch einmal mit dem Fühlhebelmessgerät nach. 10µm Toleranz lasse ich dabei zu, denn genauer kriege ich's eh nicht hin.

So, der Sattel liegt also sauber auf der Granitplatte. Jetzt legen wir den (noch ungeschabten) Schwingtisch auf den Sattel und fahren ihn wieder mit der Messuhr ab. Das Ergebnis ist ziemlich ernüchternd. Zwar weiß ich nicht, in wiefern die Oberflächen auf seiner Oberseite wirklich Referenzflächen sind, aber spätestens die Fläche, wo später die Magnetspannplatte drauf ist, sollte doch einigermaßen parallel zu den Führungen sein. Und hier messe ich innerhalb der paar Zentimetern Breite bereits einen Anstieg von etwa einem halben Millimeter! Oha!



Abbildung 72: über einen halben Millimeter steigt der Schwingtisch in Z-Achse an!

Nehme ich den Schwingtisch wieder herunter und messe seine Unterseite auf der Granitplatte, sehe ich auch hier eine sehr starke Abnutzung in seinem mittigen Bereich von etwa 100µm. Anhand eines kleinen verbliebenen Streifens (ca. 0,5mm) am Rande der Flachführung, der mir noch sehr genau zeigt, wo die Referenzfläche früher einmal war, kann ich nachweisen, dass die Mitte um etwa 100µm tief abgenutzt ist. Dementsprechend sind die beiden Enden links und rechts gegenüber der Mitte ebenfalls etwa 100µm "hoch" und werden wahrscheinlich abgeschabt werden müssen.



Abbildung 73: wer genau hinsieht, kann hier noch einen kleinen „jungfräulichen“ Absatz erkennen

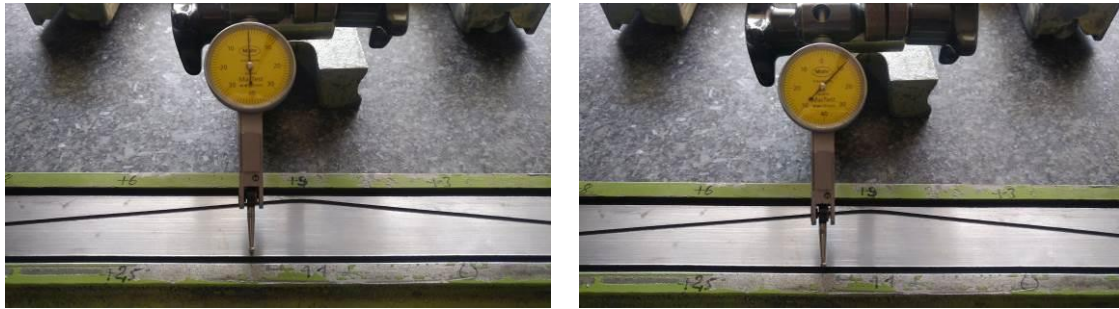


Abbildung 74: die kleine Kante hat uns den Originalzustand "konvertiert"- er war mal 100µm höher!

Die V-Führung messe ich mit Mini-Richard. Das ist ein kleines Hilfsmittel, dass ich mir auf Basis des Kingway-Alignment-Tools schnell selbst gebastelt habe. Ich setze ihn auf die V-Schiene und taste mit der Messuhr von oben auf das Röllchen. Während ich es über die V-Führung schiebe, erlebe ich Unterschiede in den Messwerten von 0 bis zu 320µm! Wegen der 45°C Anlagewinkel würde das einen Abfall der Höhe um $320\mu\text{m} \cdot 1/\sqrt{2}$ bedeuten- also etwa 220µm. Das ist immernoch eine Menge.

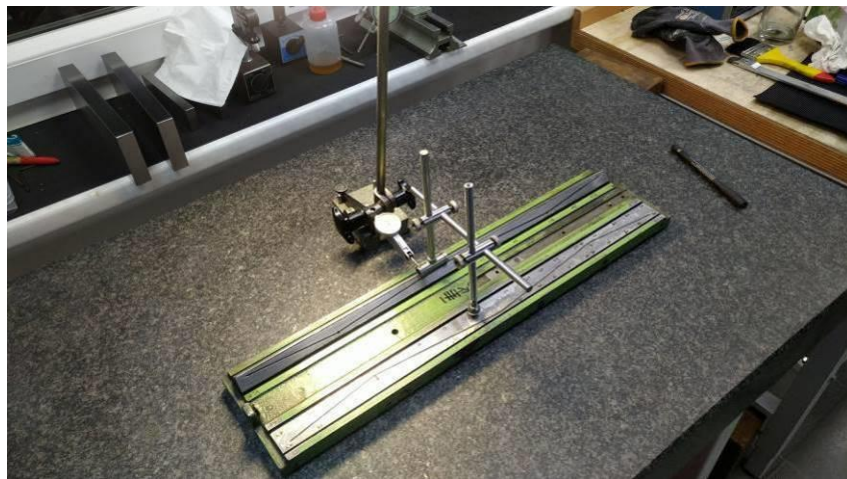


Abbildung 75: Mini-Richard (hier noch ohne Messlibelle) wird mir auch später noch sehr viel helfen!



Abbildung 76: "+32" bedeutet: hier sind 320µm herunterzuschaben!!

Mit dem Haarlineal (ich habe eines in DIN874/Grade 00 mit der Länge von 75cm) und Fühlerblattlehren kann ich ebenfalls nachweisen, dass der Schwingtisch in der Mitte eine hohe Abnutzung seiner Führungsflächen erhalten hat.

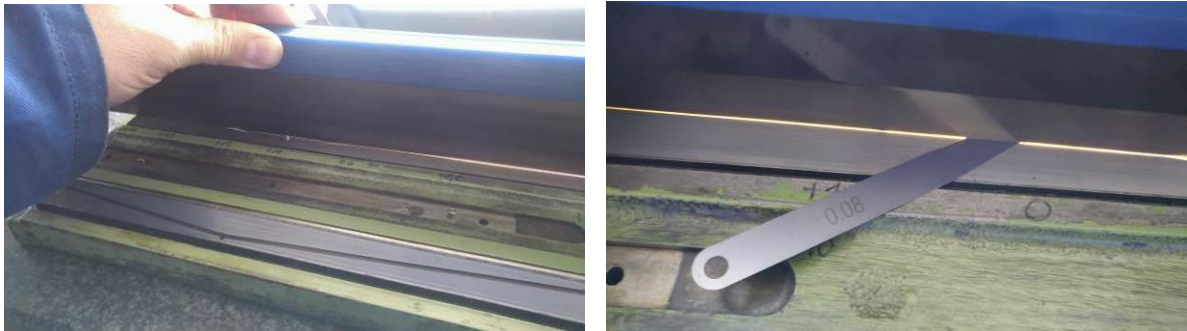


Abbildung 77: ein 80µm Fühlerblatt passt locker in den Lichtspalt

Wir haben also mehrere Beweise für unsere Theorie:

1. An den Enden der Führungsflächen sieht man noch die originalen Schabemuster; in der Mitte nicht.
2. Messungen mit der Messuhr (und Mini-Richard)
3. Messungen mit dem Haarlineal und Fühlerblattlehre
4. Überprüfung anhand einer noch als "jungfräulich" (d.h. nicht abgenutzt) erhaltenen Teilfläche als Referenz



Abbildung 78: originale Schabemuster- nur noch an den beiden Enden zu sehen

Mit all diesen Beweisen zusammen kann man sich schon ziemlich sicher sein, dass wir auf der richtigen Spur sind und die Abnutzung einigermaßen sicher charakterisiert haben.

31 Tuschierlineal im Eigenbau

Eigentlich nicht geplant, aber es hilft ja nichts: ich schabe mir also ein eigenes Tuschierlineal zurecht, damit ich damit die Flachführung des Schwingtisches erreiche!



Abbildung 79: es wird noch einiges an Zeit vergehen, bis ich das Tuschierlineal so weit habe!

Die Investition für den Biax rentiert sich immer mehr, denn auch dabei wird mir der 7EL die Arbeit deutlich erleichtern und auch Zeit sparen. Mit einem 50mm Lochbohrer will ich zur Gewichtsreduktion die typischen seitlichen Löcher schaffen. Dafür muss ich mir aber wahrscheinlich auch erstmal meine große Flott M3 Bohrmaschine mit einem Wechselrichter ausrüsten, denn die derzeit kleinste Drehzahl ist aktuell 400U/min und das ist für eine Lochsäge sicher noch etwas schnell.

32 Sperrgut-Schaben

Inzwischen trifft ein 50cm langer, leicht rostiger Block bei mir ein. Mit einer Höhe von 80mm und einer Breite von 30mm habe ich damit einen halben Meter Sperrgutschaben gekauft. Mit einer spezifischen Dichte von etwa 7200kg/m^3 wiegt Grauguss ein wenig weniger als Stahl. Für mein Tuschierlineal bedeutet das 8,64kg. Das ist ganz schön unhandlich für einen 50cm-Block. Also planen wir, Löcher reinzubohren und das Gewicht zu reduzieren. Mit einem 50mm-Bohrer passen etwa 7 gleichverteilte Löcher in etwa 2cm-Abstand zueinander in den 50cm-Strang. Nach meinen Berechnungen wiegt ein einzelnes ausgebohrtes 50mm-Röllchen etwa 424Gramm. Bei 7 Löchern reden wir also über eine Gewichtsersparnis von immerhin knapp 3kg!

Doch vorher bearbeite ich die Oberfläche, denn die kommt arg verrostet daher. Klar, das Grauguss-Teil ist ja ein unbearbeiteter Rohling, wie er aus der Schmiede fällt. Schade, dass meine Fräse noch nicht einsatzbereit ist, denn die könnte ich jetzt gut zum Schlichten der Oberfläche gebrauchen. Bis dahin muss es erstmal der Bandschleifer tun, der aber bei so einem Graugrussklotz schon schnell an seine Grenzen kommt.

Dann überlege ich kurz, den Metallhobel einzusetzen. Doch der steht gerade zugebaut in der Garage inmitten einem Haufen zwischengeparkter Möbel und Schränke und wartet darauf, dass der Garagenumbau demnächst startet und er eine vernünftige Stellposition bekommt, wo man mit ihm auch arbeiten kann.

Also versuche ich stattdessen, mit der Bandsäge eine erste Schicht abzusägen, damit ich eine bessere "Startoberfläche" (also nicht ganz so viele Huckel und Dellen, sondern einen sauberen Schnitt) bekomme. Das scheitert, denn die ersten zwei Zentimeter dauern bereits 5 Minuten in dem über 3 cm dicken Guss und ich frage mich zudem, ob mein Sägeblatt das auch 50cm lang aushalten wird. Neidisch äuge ich auf die ganzen schönen Maschinen im Zerspanungsforum, für die das Abschälen einer zentimeterdicken Schicht auf 50cm Länge ein Leichtes wäre. Schließlich muss ich aufgeben: das Sägeblatt ist hin und das Entfernen der obersten Schicht werde ich wirklich durch Schaben(!) erledigen müssen.

Die Erkenntnis um das ruinierte Sägeband und die daraus gezogenen Schlüsse werden am Ende zum Kauf einer neuen Bandsäge – einer Mössner Rekord SM-320 führen! Wen das interessiert, dem sei an dieser Stelle der entsprechende Reparaturbericht auf www.bymm.de empfohlen :-)



Abbildung 80: das nächste Zwischen-Projekt!

Also werde ich sämtliche Geometrie-Arbeiten mit der Biax-Maschine schaben müssen! Doch vorher kommt mein bestellter 50mm Rundloch-Sägevorsatz und damit erlebe ich nun eine weitere Pleite.

33 50mm LÖCHER

Das Ziel war also, meine 500mm StraightEdge mit großen Löchern zu versehen, damit sie leichter wird und auch einfacher benutzt werden kann. Möglicherweise haben die Löcher sogar einen positiven Einfluss auf die Biegesteifigkeit des gesamten Grauguss-Klotzes, aber das müsste vielleicht mal jemand mit einem FEM-Programm ausrechnen (würde mich interessieren). Aber ich habe jedenfalls geplant, mit dieser Lochsäge genau 7 Löcher in mein Tuschieerlineal zu machen.



Abbildung 81: noch wusste ich nicht, dass das Bohrfutter gerade aufgibt...

Dazu spanne ich die Lochsäge in mein schönes Rapid Schnellspannbohrfutter meiner Flott M3 Standbohrmaschine ein (MK3-Aufnahme, ca. 200..250kg Gewichtsklasse, also schon was einigermaßen Solides).

Am Anfang rattert die Säge ein wenig (wegen der zu hohen Geschwindigkeit, der Frequenzumrichter ist zwar schon da, aber noch nicht eingebaut), aber mit etwas Fensterputzmittel oder Spiritus als Gleitmittel arbeitet sich das Teil zügig durch das Material. Man merkt jedoch, dass hier reichlich Kraft gebraucht wird, denn zum ersten Mal muss ich bei dieser Maschine wirklich den Keilriemen zum Motor spannen(!), damit er nicht durchrutscht!

Als alle 7 Löcher gebohrt und das Größte der ganzen Sauerei wieder gesäubert wurde (Grauguss macht echt ne Schweinerei, wenn man es sägt oder bohrt), will ich den Lochsägenvorsatz aus dem Bohrfutter entnehmen. Es kommt- wie es kommen muss: ich kann das Bohrfutter nicht lösen, so fest sitzt es! Also nehme ich es samt MK3-Schaft aus der Maschine und spanne es in meinen Schraubstock ein: nur mit einer Wasserpumpenzange kann ich es immerhin so weit öffnen, dass ich den Lochsägenvorsatz entnehmen kann! Aber entgegen der sonstigen Erfahrung, dass das Futter nach dem ersten lösenden "Ruck" mit der Wasserpumpenzange wieder leichtgängig bewegt werden kann, bleibt es diesmal auch nach der Entnahme der Löchsäge nur noch mit Gewaltanwendung bedienbar!



Abbildung 82: alle Löcher sind drin- aber zu was für einem Preis! :-)

In meiner Verzweiflung versuche ich fast alles, was man machen kann: Schläge mit dem Gummihammer auf das Gehäuse, auf die Backen mit den Splintentreibern, ersäufe alles in Kriechöl; ja sogar ein 2 stündiges Bad im beheizten Ultraschall mache ich. Nix. Das Bohrfutter klemmt weiterhin so stark, dass ich es nur im Schraubstock und einer Wasserpumpenzange Stück für Stück öffnen kann. Was für ein Ärger- es war mit mein bestes Bohrfutter! Was habe ich falsch gemacht?!??? Keine Ahnung! Vielleicht war das gute Stück einfach überlastet? Meine Flott M3 ist vielleicht keine Alzmetall, aber dennoch kein Spielzeug!

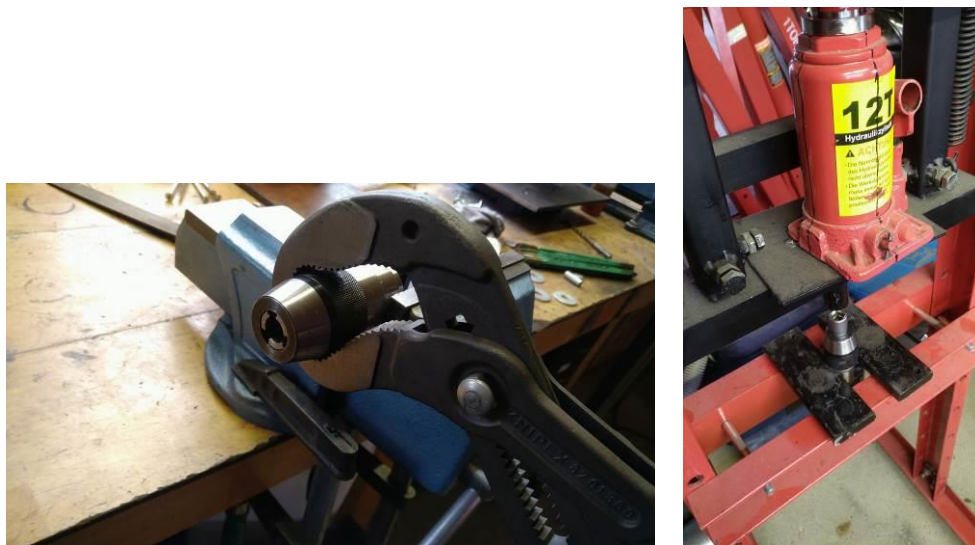


Abbildung 83: nur noch mit Gewalt kriege ich es auf!

In der Zerspanungsbude kriege ich hilfreiche Tipps, wie ich das Bohrfutter zerlegen kann. Das muss ich wohl tun, denn so nützt es mir nichts mehr. Trotzdem bestelle ich als Ersatz noch ein "altmodisches" Röhm 16mm Zahnkranzbohrfutter mit B18 Aufnahmedorn, das als besonders "robust" angepriesen wird. Denn schließlich kann ich nicht jedesmal ein teures Schnellspanbohrfutter schrotten, wenn ich mal ein größeres Loch bohren will! Also wieder 65Euro investiert- wobei ich allerdings überrascht bin, dass Zahnkranzbohrfutter von Markenherstellern tatsächlich SOOO günstig angeboten werden. Aber ich begreife jetzt, weshalb man auf vielen Fräsmaschinen noch diese "alten" Zahnkranzbohrfutter in den youtube-Videos sieht. Die Leute sind nicht einfach "Veraltet", sondern haben entweder schon ähnliche Erfahrungen gemacht wie ich, oder sie sind einfach nur "schlau" ;-)



Abbildung 84: geschrottetes RAPID Bohrfutter

NACHTRAG: später werde ich herauskriegen, dass mein Bohrfutter im Innern "gefressen" hat und nicht mehr zu retten ist. Der qualitativ gleichwertige Ersatz von Albrecht 1-13mm und MK3 Schaft wird mich nochmal fast 200Euro kosten! Grmpf...aber wenigstens kriege ich dafür ein neues Bohrfutter und eine wichtige Erfahrung dazu kostenlos!:-)

Während das Zahnkranz-Bohrfutter im Zulauf ist, entgrate ich die 7 Löcher und stelle fest, wie sich Stress im Material (durch die Bohrungen) auf die Ebenheit des Tuschieerlineals auswirkt. Obwohl ich eigentlich schon beim Kontaktpunktschaben war, spanne ich die Schabemaschine wieder von "fein" um auf "grob" und korrigiere die verzogene Geometrie.



Abbildung 85: Auswirkungen mechanischen Stresses!

Es wirft mich jedoch nicht lange zurück und wenig später beschließe ich, dass ich das Tuschierlineal verwenden kann. Ein Experte wird sofort sehen, dass eigentlich noch viel Arbeit in das Teil muss, denn man erkennt noch immer Häufungen von Kontaktpunkten an einigen Stellen am Rand. Aber da ich das Lineal dann sowieso irgendwann noch einmal komplett überfräsen werde -um es dann nochmal neu einzuschaben- beschließe ich, dass es so für mich und den Zweck erstmal verwendbar ist.



Abbildung 86: immerhin zähle ich zwischen 30 und 41 dpi...

Der erste Abdruck auf dem Schwingtisch bestätigt meine Messungen. Der Bereich in der Mitte ist am stärksten abgenutzt und ist hohl.



Abbildung 87: der Schwingtisch ist definitiv hohl!

Nach einigen Dutzend Schabedurchgängen mit dem Biax kriege ich das Teil immerhin so eben, dass überall recht gleichmäßig Kontaktpunkte verteilt sind. Noch nicht final, aber absolut ausreichend, um weitere Messungen zu machen und die nächsten Schritte festzulegen.



Abbildung 88: noch nicht final, aber die Beule in der Flachführung ist herausgeschabt!

Nachdem die Flachführung geebnet ist, mache ich erstmal dasselbe für die V-Führung. Auch die ist anfangs hohl und muss in vielen Gängen begradigt werden.



Abbildung 89: Auch die V-Führung ist anfangs hohl...



Abbildung 90: ...aber wird irgendwann auch schnurgerade!

34 Matching

Bevor ich mir die Mühe mache, die Führungen auf 20dpi oder mehr zu schaben, konzentriere ich mich nun lieber auf die korrekte Geometrie. Und das unbestreitbar Schwierige dabei ist die V-Führung. Also prüfen wir jetzt einmal, ob Support und Schwingtisch zusammenpassen!



Abbildung 91: Lichtspaltprobe

Schon beim Einlegen der Schwingtisches in die Maschine bemerke ich, dass man an den Endpositionen leichtes seitliches Wackelspiel hat. Wie mir die Tuschierpaste verrät, ist der Kontakt zwischen den Flachführungen selbst schon ziemlich gut.



Abbildung 92: erstes Tuschieren der beiden Teile gegeneinander

Und sie sind gerade, denn ich messe einen maximalen Höhengschlag von "ganz links" nach "ganz rechts" von $<10\mu\text{m}$! Was jedoch noch absoluter Müll ist, ist der Kontakt der V-Führung. Die ist verantwortlich für das Spiel in Z-Achse. Und möglicherweise auch für die Tatsache, dass sich der Tisch in vor- zurück-Richtung (Z-Achse) unter der Schleifspindel um etwa $550\mu\text{m}$ anhebt, wenn ich ihn zu mir kurbele. Das ist eine Menge. Ich überlege, ob sich das verbessern (oder eher noch weiter verschlechtern) könnte, wenn ich die V-Führung am Schwingtisch jetzt auch noch überschabe.

35 Mini-Richard

Und das wiederum zwingt mich schon wieder zu einem Unterauftrag: das Abfühlen der V-Führung in Bezug zu einer Referenzfläche gelingt kaum besser als mit dem Kingway Alignment Tool. Bei meinem "mini richard" fehlt aber leider noch die Wasserwaage, um damit wirklich messen zu können.

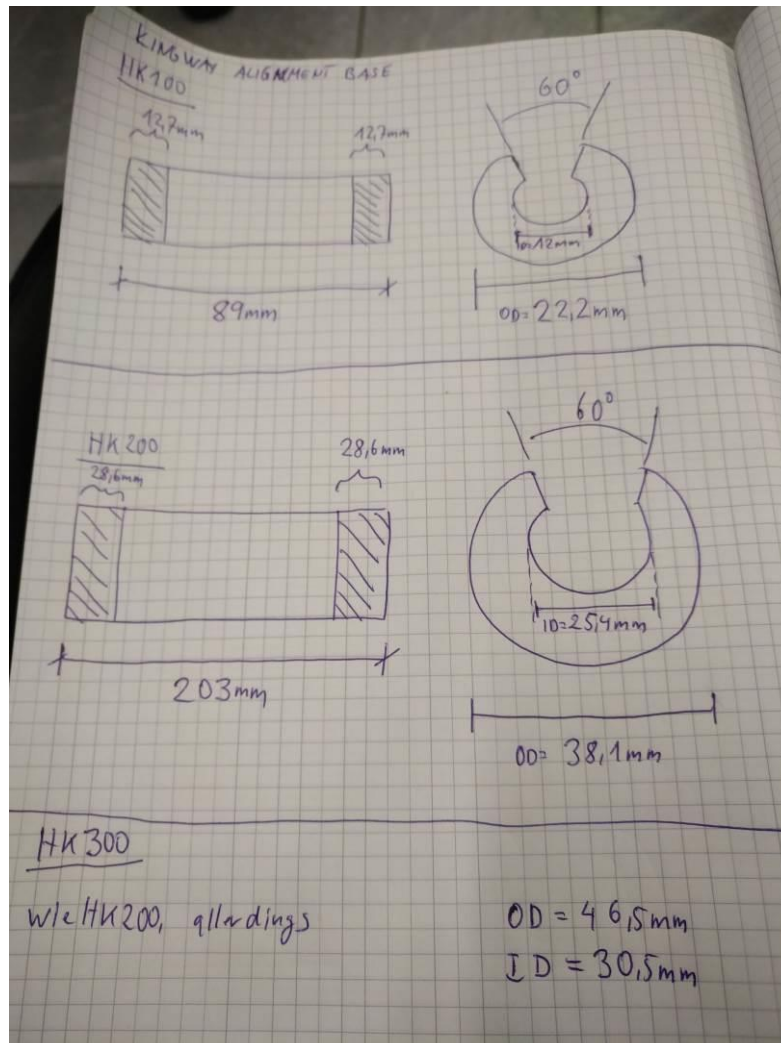


Abbildung 93: meines Wissen nach die Abmessungen des Original Richard-King-Tools

Es begab sich, dass ich bei AliExpress für günstiges Geld zwei Wasserwaagen-Libellen ("Vials" auf Englisch) kaufen konnte. Diese sind genau 10cm lang und passen in ein aufgesägtes Aluminiumprofil von 15cm Länge. Also baue ich mir erstmal den Mini-Rich zu Ende, bevor ich weiter schabe! Die meisten Arbeiten mache ich -mangels der Einsatzbereitschaft meiner Fräse- mit der Bandsäge und der Feile. Ok, sieht nicht professionell aus, aber tut seinen Zweck. Die Libelle klemme ich mit Papierstückchen in die richtige Position und lasse dann Silikonkautschuk in die Ritzen laufen. So ist sie elastisch aufgehängt, sitzt aber trotzdem schön fest im Alu-Profil. Die notwendigen Kreuzklemmen drehe ich mir aus normalem Baustahl, den ich dann mit Schleifvlies hübsch poliere. Die Schraubchen mache ich mir aus M4 Inbusschrauben, auf deren Kopf ich eine Scheibe aus Baustahl aufschlage, dessen Rand gerändelt ist. So entstehen mit geringem Aufwand schöne Anfasser für die Schrauben zum Justieren der Libelle. Darunter stecke ich ein Federpaket (2 Schraubenfedern), so dass die Wasserwaageneinheit immer nach oben gegen den Schraubenanschlag gedrückt wird. Drehe ich nun an der Schraube, drücke ich die Feder zunehmend zusammen und ich kann einen Nullabgleich auf der Wasserwaage machen.



Abbildung 94: "Mini-Richard"- gewinnt sicher keinen Preis, aber funktioniert!

Das ist ziemlich fummelig; möglicherweise sind die $20\mu\text{m}/\text{m}$ etwas zu empfindlich für meinen Zweck, denn bei einer Einspannlänge von ca. 8cm habe ich hier Auflösungen von etwa $1,6\mu\text{m}/\text{Skalenstrich}$! Bedeutet: bereits ein vernünftig geschabtes Schabetal von ca. $10\mu\text{m}$ Tiefe hat einen Ausschlag von 5 Skalenstrichen zur Folge- das ist mit Sicherheit deutlich zu empfindlich!

Egal, ich lege erstmal los mit dem, was ich habe und mache erste Erfahrungen. Mit untergelegten Fühlerblattlehren und einer Messuhr als Kontrolle verschaffe ich mir erstmal einen Überblick über die Geometrie meines Schwingtisches.

Später werde ich vom selben Hersteller tatsächlich auch eine $100\mu\text{m}/\text{m}$ Libelle kaufen und ebenfalls in ein zurechtgesägtes Alu-Profil einkleben. Mit der gelingt das Messen deutlich einfacher, denn bei einer Einspannlänge von 20cm hat man dann eine Auflösung von $20\mu\text{m}$ pro Teilstrich. Entsprechend bei der Einspannlänge von 8cm (wie hier) exakt $8\mu\text{m}$ pro Teilstrich. In der Praxis zeigt sich das Arbeiten mit Mini-Richard damit deutlich besser!

36 Kontrolle

Ich nehme mir viel Zeit an der Messplatte, um die gemachten Beobachtungen zu verstehen. Es nagt die Enttäuschung, dass der eben geschabte Schwingtisch auf dem Support Spiel zu haben scheint (ca. $50\mu\text{m}$, sagt die Messuhr) und durch die Flachführung kann man über die gesamte Länge hindurch sogar das Licht einer hintergehaltenen Taschenlampe sehen!

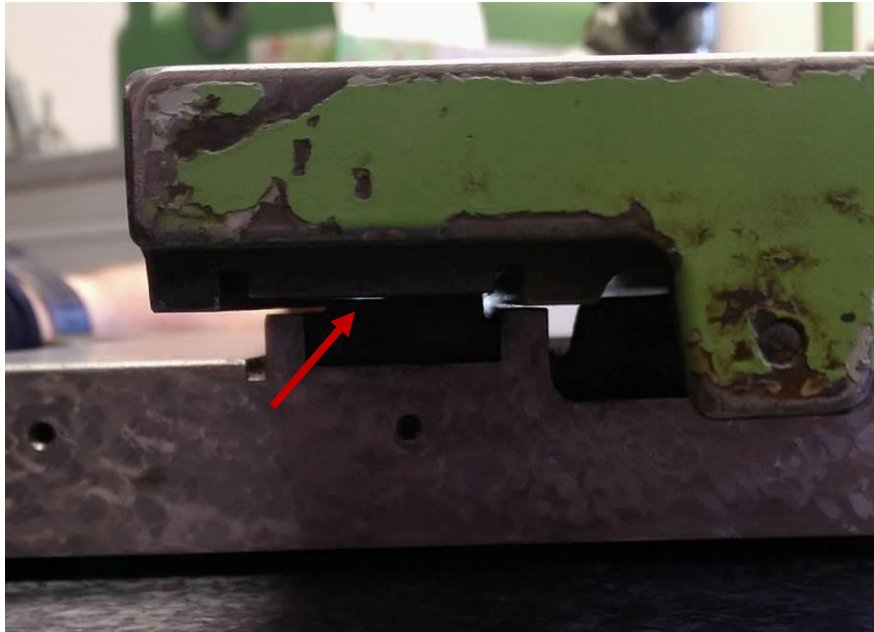


Abbildung 95: Licht entlang der Flachführung!

1. Problem

Zudem hat der Tisch nach wie vor eine Schiefstellung von knapp $600\mu\text{m}$ in Z-Achse, was natürlich dann die Ritze an der Flachführung erklärt. Durch das Abtragen der V-Führung ist der Tisch noch weiter nach vorne übergekippt. Ich werde an der Flachführung bestimmt noch $500\mu\text{m}$ abtragen müssen, um das wieder zu korrigieren! Nur mit einem Schaber und ohne Fräse eine echte Arbeit!

Aber es gibt ja noch das...

2. Problem

Das Spiel! Wenn ich den Tisch nach links schiebe, gibt es zwischen V-Führung und V-Nut irgendwann so viel Spiel, dass ich locker eine $30\mu\text{m}$ Fühlerblattlehre zwischenstecken kann! Die Geometrie stimmt also nicht! Wie kann das sein? Mini-Richard zeigte mir doch keine großen Probleme! Oder habe ich nicht genau hingeguckt?

37 Analyse- warum wackelt es?

Wieder bin ich damit konfrontiert, dass wir beim Messen von V-Führungen nur Kombinationswerte für X und Y ablesen können. Und bei Mini-Rich ist es noch schwieriger: ich messe sogar den Kombinationswert von beiden(!) Seiten der V-Führung. Damit weiß ich nicht, welche der beiden Seiten hier schief steht und das Spiel in der Führung bewirkt. Kriege ich das hier wirklich nicht besser heraus?



Abbildung 96: Mini-Richard am Schwingtisch

Es dauert ein paar Tage, bis ich dann auf folgende Idee komme:

Ich generiere mir eine parallele Anschlagfläche am Schwingtisch, gegen die ich meinen Messuhrhalter drücke und entlang abfahre. (ich weiß, ihr hättet den Gedanken wahrscheinlich in 5 Minuten gehabt; ich brauchte dafür tatsächlich mehrere Tage). Mit dem Biax ist aber wenigstens das Herstellen der ebenen Referenzfläche innerhalb von nur 15 Minuten hergestellt. Erfreulicherweise ist die Fläche bereits so schön parallel zur V-Nut, dass ich noch nicht einmal Korrekturwerte für eine Nicht-Parallelität errechnen muss! Ich kann also direkt an der Messuhr ablesen und aufschreiben. Die erste Seite der V-Führung scheint sehr schön parallel zu meiner Referenzfläche zu sein!

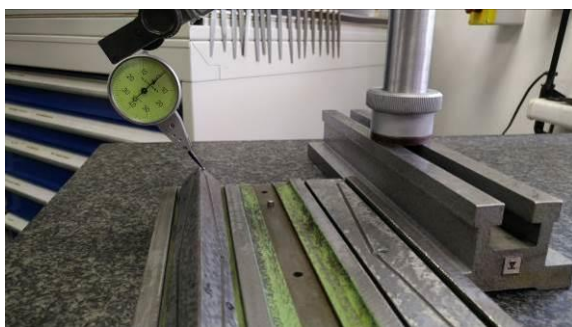


Abbildung 97: diese Seite der V-Führung ist ohne Tadel

Nun die andere Seite: aha! Hier ist es anders. Die Bahn wird zur rechten Seite hin zunehmend dicker- am Ende zeigt die Messuhr etwa +60 μ m an! Fazit: die zweite Fläche ist nach dem Schaben vielleicht eben, aber auch leicht schief!



Abbildung 98: die andere jedoch....60 μ m!

Dann probiere ich noch einmal eine Art Winkelmessung, indem ich die Messuhr absichtlich einmal hochkant und einmal waagrecht in die Ebene stelle, um nur die entsprechenden X- und Y Anteile der Schräge separat zu messen. Aber ich bin mir leider nicht sicher, ob das Messverfahren so ok ist und ob ich das mit meiner Hommel Messuhr auch so richtig machen kann. Was aber fest steht: die V-Führung wird zum rechten Ende hin dicker, was zur Folge hat, dass -sobald dieser Teil der V-Bahn in Berührung mit der V-Nut im Support kommt- er sich vielleicht ganz leicht aus der Führung hebt. Aber eben nur auf der einen Seite- das führt dann zum Wackeln! Oder nicht?

38 V-Führungen schaben

Egal, ob das nun der Auslöser für das Wackeln ist oder nicht, (ist er :-)) das Korrigieren der einen Fläche der V-Führung schadet auf jeden Fall nicht. Also setze ich wieder den Biax an und schiebe damit einige Metallspäne runter. Das mache ich so lange, bis meine Messuhr bis auf etwa $\pm 10\mu\text{m}$ überall entlang der V-Führung konstante Werte anzeigt. Und trotzdem: setze ich den Schwingtisch auf den Support und schiebe ihn ganz nach links, wackelt er weiterhin!*

* Wie wir später sehen werden, war ich hier prinzipiell schon auf dem richtigen Weg! Ich hätte hier nur weiter machen müssen. Dann hätte ich gesehen, dass die „ $10\mu\text{m}$ “ in Wirklichkeit „ $30\mu\text{m}$ “ waren und dass diese tatsächlich das Kippen verursachten! Wer es gleich wissen will: => vergleiche dazu Kapitel 54!

Wackelpudding

Nun muss ich ein wenig mein Gehirn einschalten. Mit Tuschiefarbe, Fühlerblattlehren und einigen Überlegungen scheine ich dem Problem näher zu kommen. Vermutlich hat das Wackeln noch was mit dem starken Gefälle von $500\mu\text{m}$ entlang der Z-Achse zu tun. Die Flachführung hebt den gesamten Tisch vielleicht noch so stark an, so dass der Tisch dann nach vorne in die eine Seite der V-Führung kippt. Und genauso sieht es auch im Tuschiebild aus: der Schwingtisch kippt etwas in Richtung des Maschinenhinterteils und rutscht dementsprechend in die ihm zugewandte Seite der V-Führung. So entsteht auf der anderen Seite eine Ritze. Die ließe sich vermutlich schließen, wenn der Tisch tiefer in die V-Führung eintauchen würde. Also: ich werde meine weiteren Schabe-Arbeiten in Richtung Flachführung und Eliminierung der $500\mu\text{m}$ Schiefelage investieren und hoffe, dass dann damit auch der Kontakt innerhalb der V-Führung besser werden wird!

39 Der Knoten platzt – aber kopfüber!

Inzwischen habe ich mir mit dem Schaben und dem Hinterfragen der richtigen Strategie so viele Gedanken gemacht, dass ich nachts manchmal sogar schon davon träume. Echt. Aber das brachte mich auf die Idee mit der "Kopfüber-Messung". Der Gedanke: eigentlich sollte die Fläche, auf die man später die Magnetspannplatte stellt, doch rechtwinklig zur Schleifachse sein, oder? Also nutze ich das aus. Ich tuschiere diese Fläche, überziehe sie ein paarmal mit einem groben Schruppschaben, bis das Teil ganz glatt und eben ist und in Verbindung mit untergestellten Präzisions-Fräsunterlagen auch nicht mehr wackelt.



Abbildung 99: zuerst wird diese Fläche am Schwingtisch zur neuen Referenzfläche. Dort wird später die Magnetspannplatte draufsitzen

So kopfüber auf die Messplatte gestellt, mache ich weitere Messungen mit der Messuhr. Und siehe da: natürlich sehe ich jetzt auch, dass meine Flachführung nicht exakt parallel zu dieser Magnetspannplatten-Fläche ist. Zumindest in der Z-Achse steigt sie an- was natürlich auch die bereits vorher gemessenen 600µm Anstieg begünstigt.

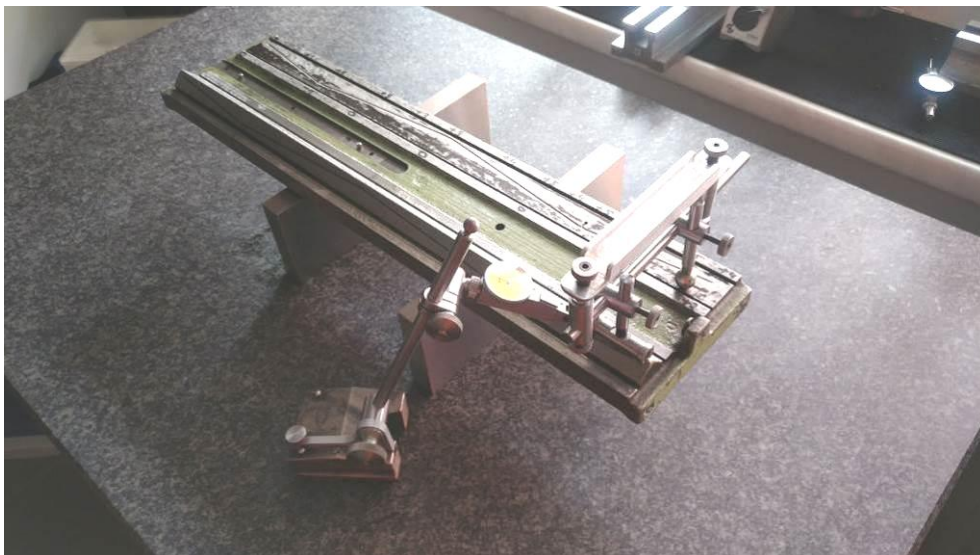


Abbildung 100: Dann stellen wir zwei Präzisionsunterlagen unter diese Fläche und messen kopfüber!

40 Frequenzumrichter

Es ist mal wieder Zeit für eine Zwischenbaustelle.



Abbildung 101: der AT3-1500X Frequenzumrichter

Das Ausrüsten unserer Flott M3 Standbohrmaschine mit einem Frequenzumrichter steht an. Weil die Maschine einen 1kW Motor hat, hatte ich ein 1,5kW-VFD Modell gewählt, weil ich anfangs dachte, dass 50% Überdimensionierung wohl ausreichend sein sollte. Ha ha ha! Der Bau der Frontblende mit Bedienungsknöpfen, NOT-AUS und Drehzahlregler hat einiges an Zeit beansprucht, weil die mitgelieferten Schaltpläne und Einstellanleitung leider sehr mager sind. Somit musste ich vieles selber ausprobieren- es endete damit, dass ich dem chinesischen Vertreiber einen Schaltplan mit Einstellungen schickte mit dem Kommentar: "So funktioniert es! Legt diese Info doch mal bitte Euren Geräten bei, denn die derzeitige Doku ist mehr "raten" als "wissen"".

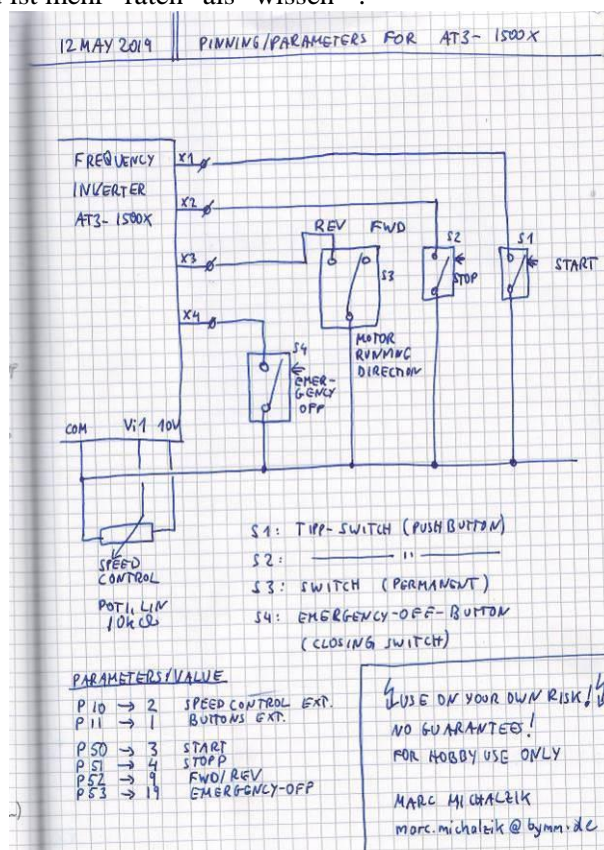


Abbildung 102: Schaltbild

So liefert der vermeintliche 10V-Ausgang für das Drehzahlstellpoti nur 5V; einige Bereiche passen nicht dazu und ich musste daher auch mit Vorschaltwiderständen arbeiten. Okay, war alles lösbar, war aber kein easy-going.

Settings you have to do, in order to operate the AT3-1500X with external buttons.

P10: value 2 ("external analog signal")
P11: value 2 ("external port")

P10 switches the operation of the speed control to an external poti, connected via 10V/VL1/COM pins
P11 activates the controls to external pins @X1

P50: value 3 START "button" contact @X1
P51: value 4 STOP "button" contact @X2

Note:

Value 1: "wire control stop" means:
The motor runs, during X1 is switched to COM. If the disconnect X1, the motor stops.

Value 2: "keying stop" means:
An impulse switch, that is connected between X1 and COM, will toggle the operation of the FU between START and STOP

Value 3: "keying operation" means:
An impulse on X1 to COM starts the motor ("START" tipp-switch)

Value 4: "stop keying" means:
An impulse on X1 to COM stopps the already running motor ("STOP" tipp-switch")
Note: P50: Value 3 and P51: Value 4 can be used in combination with a START tipp-switch and a STOP tipp-switch to fully operate a motor.

Value 6: "wire reverse operation" means:
A tippswitch, that tipps X1 to COM, powers the motor in reverse orientation as long as you tipp X1 to COM. Is something lig a "jog" mode.

Value 9: "wire reversion switch" means:
Changes to orientation of the (running or not running) motor as long as you put X1 to COM. Suitable for a "NORMAL/REVERSE" switch.

Value 19: "Emergency stop" means:
If you put X1 to COM, the motor immediately stops.
Note: it expects a "closing switch" (contacts are closing, when button is pressed). Normally the majority of emergency-off-buttons in the industry are "openers" (contacts open, when button is pressed).

M.Michalzik

Abbildung 103: ein paar Notizen zu den Ports und Einstellungen

Ob die aktuelle Auslegung auch alle Sicherheitsvorschriften korrekt umsetzt, weiß ich nicht. Ich habe bei den Knöpfen zwar in exzellente Qualität von Eaton (M22-System) investiert, aber der NOT-AUS-Knopf bedient lediglich einen Port des Frequenzumrichters; möglicherweise wäre wohl eher der richtige Weg, einen vorgeschalteten mechanischen Schütz in Selbsthalteschaltung anzusteuern, der auch im Falle eines Defektes des Frequenzumrichters funktionieren würde.

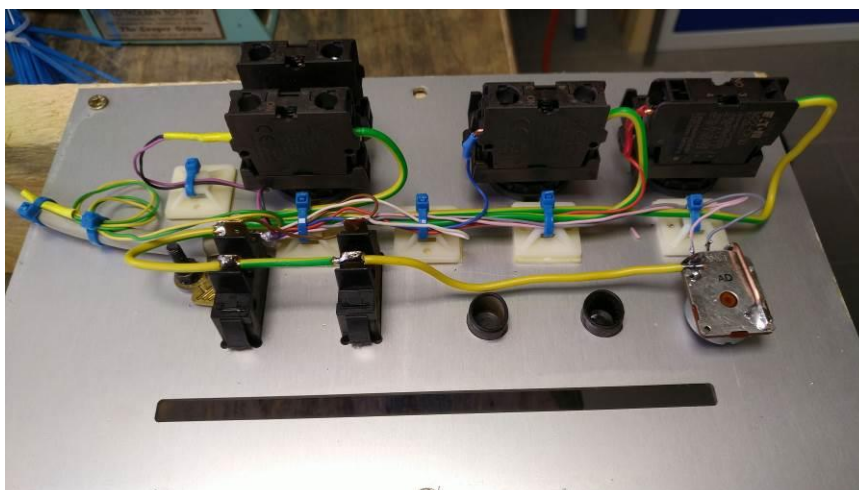


Abbildung 104: Verdrahtung des Bedienfeldes

Das habe ich bei meiner Drehmaschine so gemacht, aber es ist nochmal deutlicher Zusatzaufwand und da ich nicht noch extra einen Schaltkasten irgendwo bauen wollte, habe ich es so gelöst.

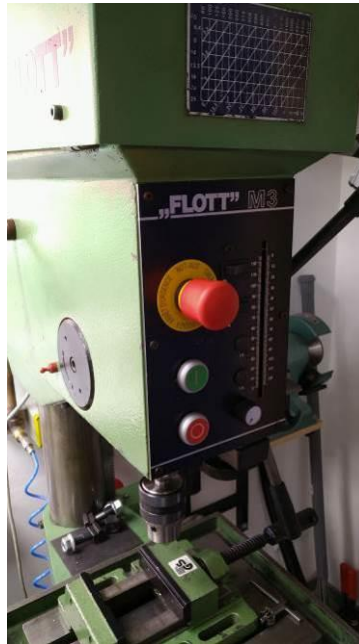


Abbildung 105: Flott M-3 Bohrmaschine

Nun gut, im Privatbereich darf ich meinen Ansatz sicher so machen und das Ergebnis sieht ja auch ganz schick aus.

Trotzdem grinst mich der Frequenzumrichter kurz nach finaler Inbetriebnahme sporadisch mit einer ERR1-Fehlermeldung an. Nicht gut. Aus dem Pamphlet heraus könnte die ERR1-Meldung mehrere Ursachen haben. Maximale Leistung, Spannung, aber auch Einschaltstrom. Ich ändere einige Parameter (z.B. Hochfahrrampen, Delays), aber die hin und wieder auftretende ERR1-Meldung bleibt.

Ich tippe auf einen zu hohen Impuls-Anlaufstrom. Meinen Drehstrommotor der Flott M3 mit Gleichstrom gemessen, hat der nur etwas mehr 20 Ohm Spulenwiderstand. An 230V Strangspannung (manchmal zeigt meine USV im Serverschrank auch sogar bis zu 240V Netzspannung an, wenn viele Photovoltaikanlagen arbeiten und das Netz speisen!) könnte das dann Einschaltströme von etwa 10Ampere hervorrufen und hier scheint mein 1,5kW VFD einfach überlastet zu werden! Einzige Lösung: ein stärkerer VFD muss her!

Weil ich die ganze Verkabelung möglichst unverändert weiterbenutzen will, suche ich nach demselben Modell, allerdings in stärkerer Ausführung. Für etwa 140€ kann man so einen kaufen; erhält dann 4kW (statt 1,5kW) Leistung und einen Nennstrom von 12A (statt 4 A). Ich hoffe, dass dieses Teil nun meine 20 Ohm-Spulen wird treiben können. Schweren Herzens drücke ich auf den Kaufen-Knopf, denn meine Maschine wieder rückbauen will ich nicht. Ich möchte sie drehzahl-regeln können- aber ohne die sporadischen ERR1-Fehlermeldungen und dennoch mit etwas Sicherheitsreserve. Ich hoffe, dass 400% Überdimensionierung dafür nun endlich ausreichen sollten!

Das tun sie, wie ich wenig später erkenne. Zwar ist das Pinning auf der Anschlussleiste dann doch wieder etwas anders und auch der Vorwärts/Rückwärtsschalter hat nun eine invertierte Logik, aber wenigstens muss ich keine neuen Dübellöcher in der Wand bohren. Nach einem Vormittag Installationsaufwand läuft die Maschine und wenn ich die langsamen Drehzahlen schon früher gehabt hätte, hätte das vermutlich beim Rapid Bohrfutter gerettet. Nun gut, egal. Ohne Fehler lernt man auch nichts.

41 Cut!

Inzwischen ist ein wenig Zeit vergangen und es ist Sommer. Ich musste mein LIP-515-Projekt kurz unterbrechen. Das sehr traurige Thema "Unterstützung bei der Haushaltsauflösung" eines viel zu früh verstorbenen Funkfreunds hat erstmal meine Prioritäten neu gesetzt. So etwas geht natürlich immer vor und lenkte meinen Fokus in den vergangenen Wochen erstmal wieder auf andere Themen.

Wenn man in so einem Umfeld unterstützt und am Ende vor einer quadratzentimeterweise vollständig "ausgenutzten" Wohnung voller Messgeräte, angefangenen Bauprojekten und bergeweise Dokumenten steht, macht einen das auch etwas nachdenklich. Man fasst sich unbewusst an die eigene Nase und fragt sich, was anderen Menschen wohl durch den Kopf ginge, wenn sie in genau derselben Situation wären, aber vor der eigenen Werkstatt stünden und bei deren Auflösung mithelfen sollten. Vieles von dem, was mein Funkfreund angefangen hatte, konnte er durch seine schwere Krankheit letztlich nicht mehr beenden und das macht mich ziemlich betroffen. Auch ich weiß, wie viele unvollendete/geplante Projekte bei mir noch auf eine weitere Bearbeitung warten:

1. GPS 10MHz Antenne installieren
2. Restauration R&S SMGU
3. Zusammenbau und Einschaben Deckel FP1
4. Anbau Digitaler Mess-Skalen für Myford Super7 und Deckel FP1
5. Aufbau rauscharmer QRP-Endstufe für Blocking Dynamic Range-Messungen >140dB
6. Anschluss Dimmer für Messplatzbeleuchtung
7. Garagenumbau
8. Badezimmerumbau
9. Rubidiumnormal fertig einbauen für Messplatz
10. usw usw usw...

Daher habe ich einen guten Rat an Euch. Eigentlich ist es der Rat meines verstorbenen Funkfreund, den er mir bei unserem letzten Treffen gab: bei aller Liebe an das Hobby und all den schönen Geräten und Maschinen; bedenkt bitte immer, dass man am Ende nichts von dem wird „mitnehmen“ können. (Das waren seine Worte und da habe ich ganz schön geschluckt.)

Wer 10 Baustellen oder mehr parallel bearbeitet, kriegt kaum mehr eine einzige wirklich fertig und kann dann noch nichtmal was „Fertiges“ hinterlassen. Außerdem kommt dann die Familie zu kurz- und dass ist es, was er damit wohl wirklich meinte.

Manchmal muss man auch einfach mal was "fertig kaufen", auch wenn man weiß, dass es man es selber mindestens ebenso gut und für ein Zehntel des Geldes selber machen könnte.

Insbesondere wenn man im Beruf und im Leben steht, ist die Zeit meist dünn gesät, daher geht klug mit euren Ressourcen und mit euch selbst um. Auch eine Familie ist eine solch wertvolle "Ressource" und ich glaube, das war auch eine der letzten Botschaften, die mir mein Funkfreund noch persönlich mitgeben wollte und von der wir alle noch lernen können.

42 Wiederanlauf

Okay, das war ein ziemlich deprimierendes Thema. Es gehört aber auch zum Leben- genauso wie meine berüchtigten Zwischenfotos. Ich denke, zur Auflockerung brauchen wir mal wieder eins. Das hier zeigt eine Stelle nahe der "Lohmühle" in der Goslarschen Altstadt. Nach meinem Wissen nach der einzige Gulli der Welt, der sich wirklich in einem Fluss befindet*¹!!!



Abbildung 106: Gulli in einem Fluss! (Goslarer Altstadt)

*¹ Wie mir kürzlich eine Anwohnerin mitteilte, sei dieser Gulli keine Attrappe, sondern Absicht! Er zapft aus dem Fluss etwas Wasser ab, um damit zwei in der Nähe befindliche Teiche mit Frischwasser zu versorgen, die ohne diese Wasserspende sonst ökologisch „umzukippen“ drohen.

Das Zwischen-Projekt "Bandsäge" ist beendet, ebenso "Frequenzumrichter Bohrmaschine" und nach einer sehr interessanten Urlaubszeit in Sibirien und der Mongolei ich kann mich nun endlich wieder auf die LIP515 und den Schwingtisch stürzen. Weil es nun schon ein wenig her ist, seit ich mich damit beschäftigt hatte, und daher nicht mehr alle Details bei mir präsent waren, begann ich wieder "von vorn" und wiederholte meine teilweise schon damals durchgeführten Messungen. Traurig muss ich erkennen, dass während meines Urlaubs leider keine Heinzelmännchen am Werk waren, die die 500µm Schiefstellung des Schwingtisches entlang der Z-Achse korrigiert haben, also lege ich hier nun selber los. Die Flachführung muss um diese etwa 500µm abgetragen werden, damit die Magnetspannplatte am Ende einigermaßen parallel zur Spindelachse steht!*²

*² Hinweis: natürlich kann man auch mit diesen 500µm Schiefstellung der Führungen leben und das am Ende durch das Schiefschleifen-Schleifen der Magnetspannplatte kompensieren. Am Ende wird das dann ja auch gerade. Ich finde so ein Vorgehen aber nicht "gentleman-like". Am liebsten mag ich es, wenn bereits die Führungen einer Maschine geometrisch schon so sauber und rechtwinklig wie möglich zueinander sind. Alles andere empfindlich ich als "unehrlich".

Weil der Schwingtisch selbst die Ölnuten besitzt, die bei einem so tiefen Schaben wahrscheinlich kaum mehr übrig bleiben würden, beschließe ich, den halben Millimeter lieber auf der Gegenseite so "holen" - dem Support! Das ist noch genug "Fleisch" dran, das man herunterspanen kann.

Ich spanne meinen heftigsten Schrupp-Schaber ein (kurzer 90mm Radius, 25mm breit) und lege los. Nach jeweils 3 links- und drei 3 rechts-Durchgängen halte ich kurz an; schlichte die Oberfläche etwas (damit ich besser messen kann) und messe auf dem Messtisch nach, ob ich noch auf Kurs bin. Bin ich, also weiter. Nach etwa einem halben Tag bin ich bei nur noch 150µm Schiefstellung angekommen und ich überlege, ob ich nun langsam auf kleinere Schabemuster umstellen sollte, um nicht versehentlich übers Ziel hinauszuschießen und zu viel Material wegzuschaben!

Ich bemerke, dass -obwohl ich der Korrektur der Schiefstellung nun Stück für Stück näher komme- der Tisch noch immer wackelt. Eigentlich hätte das mit der Korrektur doch nun besser werden müssen. Wird es aber nicht, daher muss es einen anderen Effekt geben, der zum Kippeln führt! Ich hole Mini-Richard wieder heraus und stelle nun fest, dass die eine Seite der V-Führung noch immer etwa 20..30µm höher steht als die Flachführung! Ist das der Grund? Sind 30µm nicht genau genug? Vermutlich nicht!

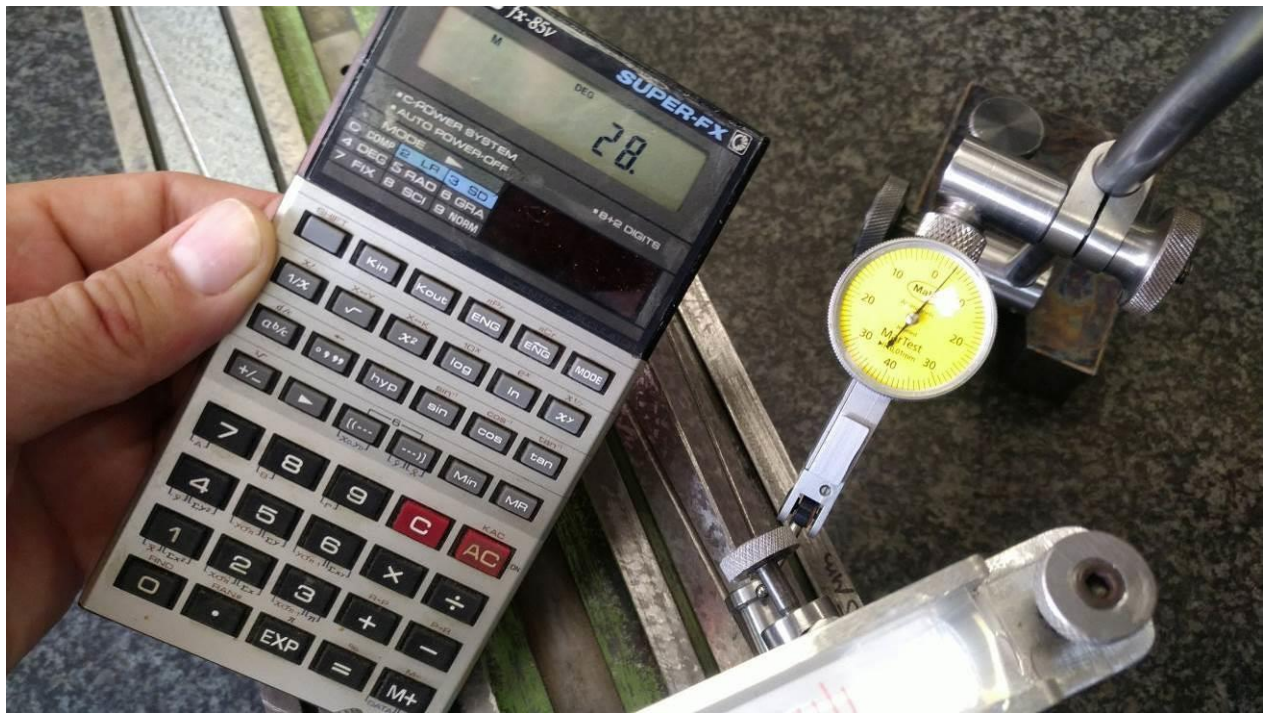


Abbildung 107: Messuhr und Wasserwaage sind sich einig: etwa 30µm ist die V-Führung schief!

Mir dämmert, dass nun der Zeitpunkt gekommen ist, dass ich deutlich mehr Präzision brauche bei meinem Schaben. Allen voran bei meinem selbstgebauten Tuschierlineal, dass ich doch irgendwann nochmal "besser" machen wollte. Vermutlich ist jetzt der Zeitpunkt für "irgendwann" gekommen: Also mach ich's jetzt!

43 Tuschierlineal 2

Anstatt die geschabte Oberseite meines Tuschierlineals zu bearbeiten, fange ich diesmal "ganz neu" mit der bislang unbearbeiteten Unterseite an und schneide erstmal einen 5mm-Streifen längs ab, um an einer sauberen Oberfläche arbeiten zu können.



Abbildung 108: erstmal einen Streifen gerade abschneiden- mit der SM320 ein Klacks!

Mit der neuen Mössner Rekord SM320 Bandsäge geht das super- kein Vergleich zur alten -primär nur für Holzschnitte gebauten- Flottjet! Die gesägte Oberfläche ist natürlich leicht rau und ich schleife sie etwas auf dem Bandschleifer. Dann wird geschabt- denn meine Fräse ist ja nicht einsatzbereit.



Abbildung 109: es geht los- mit dem Roughing

Doch das ist wahrscheinlich gar nicht mal schlecht, denn es zwingt mich zum Üben mit dem Biax. Und das gelingt mir immer besser. Sowohl beim Grob-Schaben als auch später beim Finish: die Oberfläche kriege ich mit etwas Geduld bis auf fast 40ppi hin und meine Schabemuster werden zunehmend gleichmäßiger und sauberer.

Ein kleiner Tipp noch, wenn man beim Grobschaben ist: um Zeit zu sparen, sollte man sich in dieser Phase wirklich nur die wirklich relevanten und wirklich TIEFEN Löcher auslassen, damit man schnell Material überall wegbekommt. Wenn man immer nur die drei kleinen schwarzen Tupfen des Tuschierbildes abnimmt, dauert das ewig!

Um schnell heraus zu kriegen, wo die wirklich tiefen Löcher sind, kann man -alternativ zum Abfahren mit der Messuhr und Einmalen von "Höhenlinien" - auch exzessiv viel Tuschiefarbe verwenden! Mit einer so dicken Farbschicht werden auch die dünneren Täler mit Tuschiefarbe ausgefüllt, so dass wirklich nur noch die gaaaaaaanz tiefen übrig bleiben und man sie nun sehr deutlich erkennt. Dann macht man da so lange weitere Rough-Scrape's drüber, bis wirklich das ganze Werkstück voller Tuschiefarbe ist. Erst dann verringert man die Farbe wieder entsprechend, um auch die leichteren Dellen wieder sehen zu können.



Abbildung 110: Trick: Tuschiefarbe mit Öl verdünnt - so sieht man die wirklich tiefen Löcher

Je nach Tuschiefarbe kann man dasselbe Ergebnis übrigens auch erreichen, indem man nicht die ganze Tube Tuschiefarbe auf das Lineal drückt, sondern stattdessen einfach ein paar Tropfen Öl verwendet und diese mit einem Schwämmchen auf dem Lineal mit der bereits existierenden Tuschiefarbe verreibt. So wird die Tuschiefarbe zwar etwas verdünnt, aber das macht nichts. So deckt immernoch mehr als genug. Viel wichtiger ist der nun entstehende dicke Farbfilm, der möglichst viele der leichten Löcher im Werkstück auch mit abdecken soll, damit letztendlich nur noch die wirklich RICHTIG tiefen übrig bleiben und gut zu sehen sind.



Abbildung 111: wir sind fast am Ziel

44 Murphy

Am Ende bin ich pappstolz auf das Ergebnis, denn mit fast 40ppi dürfte ich mit diesem Tuschieerlineal wohl endlich genau genug sein, um den Schwingtisch wackelfrei auf den Support anpassen zu können.



Abbildung 112: klar- besser geht immer noch. Und auch den spiegelnden Super-Highspot links neben der 1Zoll-Gauge habe ich natürlich als Kandidat für „Dive-Bomb“ erkannt. Aber so reicht es mir!

Doch dann.....



Abbildung 113:zu breit!!!!

....er passt nicht!!! Ich fasse es nicht!!! Er ist um zwei Millimeter zu breit, um ihn für den Schwingtisch nutzen zu können!!!!

Durch das Abschneiden der Oberseite mit der Bandsäge habe ich natürlich auch die Fase (bewusst) an beiden Seiten mit abgeschnitten. Aber genau die war es, die dem Tuschieerbalken genug Platz gab, damit ich ihn auf die Flachbahn aufsetzen konnte! Arrgghhh!!

45 Tuschierlineal 3

Natürlich könnte jetzt jeder, der eine funktionierende Fräse hat (also ich nicht;-)) wieder eine leichte Fase an die Seite anfräsen, so dass man das Lineal im Tuschierbereich wieder schmal genug ist. Aber ich entscheide mich anders: ich lasse diese Seite so, wie sie ist, und überarbeite stattdessen lieber die Oberseite - die ja schon geschabt war (aber eben nicht gut genug). Und zu allem Überfluss will ich die beiden Seiten dann auch noch parallel zueinander machen!



Abbildung 114: die Oberseite wird nun auch nochmal neu geschabt

Denn das sind sie natürlich nicht: auf der Messplatte angelegt, ist die eine Seite um bis zu $250\mu\text{m}$ höher als die andere und auch entlang der Querfläche steigt sie stark an (knapp $200\mu\text{m}$). Ich muss also Stufenschaben!



Abbildung 115: Stufenschaben

Wie genau das geht, zeigt euch Richard King gerne in einem seiner Schabekurse. Ich hätte den Kurs auch nötig, denn aus eigener Dummheit fange ich das Schaben aus Versehen auf der falschen Seite an und bringe den Tiefschlag damit erstmal auf phänomenale $400\mu\text{m}$, bevor ich mir laut klatschend mit der Hand vor die Stirn schlage und das Step Scraping erneut beginne- diesmal von der richtigen Seite aus ;-)

Das Stufenschaben mache ich sowohl längs als auch quer, denn in beiden Achsen muss korrigiert werden. Bevor ich zwischendrin immer wieder zurück auf die Messplatte gehe und mein Ergebnis checke, gönne ich mir immer erst ein paar Ebenheits-Schabezyklen. Das eliminiert die -beim Stufenschaben entstandenen- schlimmsten Unebenheiten und macht am Ende das Abfahren mit der Messuhr deutlich einfacher, weil man gleichmäßigere Messwerte erhält. Außerdem schadet es nicht, wenn man in eine neue Stufenschab-Runde mit einer einigermaßen ebenen Fläche startet.



Abbildung 116: der Biax kann auch richtig "giftig" sein und Späne machen!

Der alte Biax hält sich tapfer und verrichtet klaglos seinen Dienst. Ein wenig schade ist zwar, dass ich nicht mehr von den längeren (150mm) langen Schabewerkzeugen habe, denn die kommen normalerweise bei der überwiegenden Mehrzahl der Schaber zum Einsatz. Aber inzwischen komme ich auch mit den kurzen ganz gut zurecht. Sie erfordern tatsächlich etwas mehr Kontrolle und Geschick, weshalb Anfänger mit den längeren sicher besser beraten sind; jedoch kann man mit ihnen aufgrund ihrer Steifigkeit auch mal so "richtig einen Span abheben", wenn es denn mal sein muss. Und das muss bei mir sein, denn zwischen einer Parallelität und meinem Werkstück liegen im Moment noch mehrere hundert Mikrometer. Ein Werkzeug, dass pro Hub mal gerne 30µm statt der sonst üblichen 10µm abnimmt, verkürzt meine Schabezeit also mal eben locker um den Faktor drei!



Abbildung 117: so wird das Tuschierlineal bald aussehen

46 Neuer Biax BL-40

Ein Biax BL40 für nur 300Euro? Ist das denn wahr?

Nein. Ist es leider nicht. Aber die Beantwortung dieser Frage kostete mich 150Euro und eine Betrugsanzeige bei der Polizei. Ein in den Kleinanzeigen angebotener Biax-Schaber wurde trotz Anzahlung vom Verkäufer letztendlich nicht geliefert- und das trotz vorherigen(!) persönlichen Telefonaten mit ihm, Überprüfung des Verkäufer-Accounts, seiner Telefonnummer, Absenderadresse, deutscher Bankverbindung, usw.. So kann man sich täuschen. Kaum war die Anzahlung geleistet, war das Handy des Verkäufers nicht mehr erreichbar und auf emails kam sowieso keinerlei Reaktion mehr. Erst glaubte ich an einen Unfall beim Verkäufer (z.B. Handy geklaut, ungeplanter Krankenhausaufenthalt, Computer kaputt, usw.), aber als dann auch noch der per Einschreiben geschickte Postbrief mit "unzustellbar" zurück kam, fiel mir langsam wirklich kein Argument mehr zugunsten des Verkäufers ein. Ich setzte schließlich offiziell eine Frist (keine Ahnung, ob der Verkäufer sie je gelesen hat, das ist in so einem Fall aber juristisch auch nicht mehr relevant) und als auch diese schließlich ohne Reaktion verstrich, erstattete ich schließlich Anzeige wegen Betrugs bei der Polizei.

Die fand am Ende den vollständigen Namen des Verkäufers heraus (aufgrund des stark arabisch klingenden Namens scheinbar ein Verkäufer mit Migrationshintergrund) und schrieb mir, dass es Hinweise gäbe, dass sich dieser in die Niederlande abgesetzt habe. Eine weitere Verfolgung wäre angesichts des doch relativ geringen Betrages (150€) nicht mehr effektiv und somit schließe man damit das Verfahren.

Mal ehrlich?

Also nichts gegen unsere Polizei. Ich bin froh, dass wir sie haben und sie haben wirklich einen harten Job. Von mir aus könnte es mindestens doppelt so viele Beamten von ihnen geben; ebenso Feuerwehrmänner/Frauen oder Rettungssanitäter und freiwillige Institutionen wie z.B. die Johanniter oder das THW. Sie alle sind sich meines vollen Respekts für ihre Arbeit gewiss, doch angesichts meines Betrugsfalls bin ich echt ein wenig enttäuscht!

Nur weil die Schadenssumme mit 150€ immernoch relativ "gering" war, wird der Betrüger nun nicht weiter verfolgt? Wir kriegen es nicht hin, so jemanden zu finden, von dem wir ursprüngliche Adresse, die Kontonummer und seinen vollständigen Namen haben, in einem europäischen Nachbarland zu verfolgen und ihn zur Rechenschaft zu ziehen? Spätestens wenn die IMEI seines Mobiltelefons wieder im GSM-Netz auftaucht, müsste man doch ruckzuck wissen, wo in etwa sich der Gesuchte aufhält. Erzählt mir bitte nicht, dass das nicht möglich sei- erzählt das auch nicht einem Rohde&Schwarz GSM Protokolltester wie dem R&S CMU200 oder dem HP8922, denn der sagt euch das in wenigen Millisekunden!

Sind wir wirklich so unbeholfen bei einer Fahndung? Soll ich Euch so ein Messgerät leihen, damit ihr in Zukunft solche Strolche besser finden könnt?

Ich bin sprachlos.

Wenn ich mal falsch parke oder aus Versehen die Parkzeit an der Parkuhr überschreite, muss ich IMMER zahlen- und das auch nur für lausige 5 Euro! Da schreibt mir niemand, dass sich aufgrund der geringe Höhe des verhängten Bußgeldes eine weitere Verfolgung nicht mehr lohne! Und wehe, ich tue dies nicht- dann fallen oft noch Mahngebühren und zusätzlich(!) dazu auch noch Säumniszuschläge obendrauf an! Hier arbeiten die Behörden wirklich vorbildlich und auch die geringe Relevanz dieses Winzlingsbetrages schützt mich nicht davor- ich habe das noch IMMER bezahlen müssen. Auch bei meinen Verwandten und Bekannten wurde noch nie ein Parkticketverfahren eingestellt, nur weil die Summe zu gering war. Tut mir leid, Leute, aber das finde ich ungerecht. Ich als

ehrllicher Bürger bin immer "dran" und Schlitzohren -zumindest die kleinen- kommen scheinbar immer wieder aus der Nummer heraus.

Und jede Wette- diejenigen, die bewusst betrügen wollen, kennen die Limits ganz genau, bis zu denen eine weitere Strafverfolgung i.d.R. nicht weiter durchgeführt wird! Ich bin überzeugt, dass das ganz bewusst von solchen Schlitzohren ausgenutzt wird, weil sie wissen, dass sie wegen eines solchen Bagatellverfahrens in der Praxis nicht mehr belangt werden. Mit dieser Vorgehensweise züchten wir uns doch möglicherweise genau diese Art von Bagatellkriminalität heran! Ist so ein Gedanke hier noch niemandem im Justizministerium gekommen?

Oh je. Nur sehr schwer finde ich mich mit diesem Vorfall ab. Eine Lehre muss ich aber auch für mich persönlich daraus ziehen:

"Wenn etwas zu schön klingt, um wahr zu sein- dann ist es meistens auch nicht wahr!"
Ich biete Euch an, von meinem Lehrgeld zu profitieren und gebe Euch diese Message daher sogar kostenlos :-)

Also schabe ich weiter mit meinem alten (aber dennoch guten!) 7/EL, der zwar deutlich teurer als die oben angepriesenen 300€ war, den ich deshalb aber von seinem Vorbesitzer auch tatsächlich in der Realität zugeschickt bekommen habe.

47 Parallelität

Ich muss noch die Frage beantworten, weshalb mir die Parallelität der beiden Flächen an meinem Selbstbau-Tuschierlineal so wichtig ist. Ganz einfach: ich kann es dann nicht nur als Tuschierfläche, sondern ebenso als definierter "Abstandhalter" oder als Anschlagleiste benutzen, oder um damit eine zu messende (vielleicht verdeckte) Referenzfläche nach "oben verschieben" und dann mit der Messuhr auf seiner zweiten Seite abtasten. Oder man kann oben eine Messuhr langschieben und nach unten messen; -z.B. für die eine Kontrolle, ob ein Maschinenbett einer Drehmaschine bauchig ist- die Anwendungen für einen solchen wirklich geraden und ebenen "Doppelbalken" sind vielfältig. Wobei das *absolute* Maß der Höhe des Balkens gar nicht so wichtig ist. Hauptsache ist, die beiden Flächen der Ober- und Unterseite möglichst gut zueinander parallel sind!

Das überprüfe ich zwischendurch immer wieder mit der Messuhr auf der Messplatte. Zuerst finde ich den tiefsten Punkt auf der Oberfläche des Werkstücks und nulle darauf meine Messuhr. Dann fahre ich nacheinander alle vier Seiten ab und schreibe mir mit Filzstift auf, wie hoch die gegenüber meinem Nullpunkt sind. Es bietet sich an, hier die Einheit "Hundertstel mm" zu benutzen. Also z.B. "+7" bedeutet dann "70µm zu hoch". Es ist hilfreich, wenn man vorher einen Tuschiervorgang auf dem Werkstück gemacht hat, denn dann sieht man schon, wo potenzielle Hoch- und Tiefpunkte auf dem Werkstück sein können und kann sie gezielt mit der Messuhr anfahren und abtasten. Dann erkennt man auch, ob sich Tuschierbild und Messungen gegenseitig bestätigen oder nicht!



Abbildung 118: Geometrie mit der Messuhr ermitteln

Am Ende fahre ich IMMER nochmal mit der Messuhr zu meinem ursprünglichen Nullpunkt und überprüfe, ob sie dort auch immernoch NULL anzeigt (wie vorher) oder ob sich während der Messungen aus Versehen was verstellt hat. War das der Fall, so muss man leider alle ermittelten Messwerte verwerfen und nochmal ganz neu mit der Messung anfangen. Aber immernoch besser als falsche Messwerte und folglich falsches Schaben.

Nach dem Aufnehmen der Messwerte überlege ich mir erst eine Strategie, was als nächstes zu tun ist. Ist die Fläche an sich noch zu "bergig", also inhomogen, können ein paar Scraping Cycles helfen, diese erstmal zu glätten, bevor man auf der Messplatte eine neue Runde startet. Erkennt man grundsätzlich schon eine gewisse "Ebenheit", aber die Geometrie stimmt noch nicht, so denken wir über Step Scraping nach, um eine schiefe Ebene zu einer geraden zu machen. Stimmt bereits die Geometrie, aber nur die ppi (Anzahl Kontaktpunkte pro Quadrat Zoll) noch nicht, so reden wir über Feinschaben. In jedem Fall sollte man nach ein paar Schabevorgängen das Werkstück erneut auf der Messplatte vermessen und bestätigen, dass man noch auf Kurs ist.



Abbildung 119: zusätzliches Einfärben hilft, die potenziellen Hoch- und Tiefpunkte mit der Messuhr zu finden und zu vermessen

So mache ich es auch, und natürlich kostet das alles Zeit. Gerade als Anfänger wie ich muss man sich die aber zwingend nehmen, denn "wild und hirnlos drauflos" bringt nichts. Und ohne Messplatte bringt es auch nichts, denn man braucht eine gute und stabile Referenz, wenn man alte Maschinen wieder aufarbeitet und gerade machen will.

48 Streifenschaben

Nachdem ich die Links-Rechts-Parallelität erstmal einigermaßen hingekriegt habe, geht es an die vorne-hinten-Parallelität. Hier sind noch etwa 100µm über die 3cm Breite zu holen, die ich mir in ein 3-Streifen Zebra-Muster einteile. Mein Biax mit der kurzen Klinge ist so giftig, dass ich diese 100µm in nur etwa 3 Schabedurchgängen hole (also etwa 30µm pro Durchgang). Hier kann man wirklich schon fast von richtigen "Spänen" reden, die da entstehen! Wer also etwas geübt ist, kann mit einem Elektro-schaber und einer militärisch geschliffenen Schabeklinge schon eine Menge Schaden in kurzer Zeit anrichten. Man darf das Schaben nicht als schwules Metallstreicheln auffassen- wer das richtig reinhaut und es kann, dürfte auch mit einem Schabegerät einen fast ähnlich hohen Materialabtrag am Werkstück wie eine Fräse im Schlichtgang schaffen!



Abbildung 120: merkwürdig: in regelmäßigen Abständen gibt es Tiefpunkte entlang des Rands

Derweil mache ich eine interessante Beobachtung: das Material scheint an seiner Oberfläche nicht gleichmäßig hart zu sein. Denn anders kann ich es mir nicht erklären, dass ich nach dem Grobschaben in regelmäßigen Abständen ein bis zwei cm lange Hochplateaus sehe, die ich in mehreren Durchgängen Stück für Stück einzeln herunterschaben muss, bis sie das Niveau der restlichen Fläche annehmen. Wenn man genau hinsieht, erkennt man an exakt unterhalb dieser Stellen, wo das Material so hart zu sein scheint, auch kleine "Knitterfalten" an der Seite des Graugruss-Klotzes, die vermutlich vom Schmelz- und Erkaltpungsprozess her stammen. Ich vermute, dass das Material nach dem Gießen vielleicht auf einer langen Rollenstraße erkaltet ist und immer dort, wo eine Rolle unter dem Material lag, es irgendwie anders abgekühlt und damit anders ausgehärtet ist als dort, wo gerade keine Rolle unter ihm lag. Ob es wirklich so war- keine Ahnung. Erleben tue ich nur, dass der Materialabtrag an genau diesen Stellen anders ist, da das Material dort härter zu sein scheint. Unterstützen kann ich diese Vermutung auch durch ein paar Durchgänge mit meinem Metallhobel, der an genau diesen Stellen auch Schwierigkeiten hatte, hier richtig Material herunterzuholen.

Lustig: diese lokale Materialhärte scheint aber nur die Oberfläche zu betreffen. Auf der Gegenseite, wo ich ja zuerst mit der Bandsäge den ersten Steifen herunterschnitten hatte, habe ich diese lokalen Unterschiede in der Härte nicht erlebt. Vermutlich ist die Eindringtiefe dieser Härtung nur ein paar Millimeter und ich habe diese Stellen mit der Bandsäge einfach -ohne es zu wissen- mit weggeschnitten. Egal, beim Schaben werden wir schließlich damit konfrontiert und das macht die Sache natürlich

auch nicht wirklich einfacher, denn es verhindert eine gleichmäßige und homogene Arbeitsweise- die jedoch eigentlich das A und O beim Schaben ist.



Abbildung 121: nochmal im Detail

49 Feinschaben

Irgendwann komme ich aber doch zu dem Punkt, wo ich die Anzahl der Tragpunkte pro Fläche erhöhen will und das geht nur, wenn man die Länge seiner Schabemarken kürzer macht und auch einen Vorsatz mit kleinerem Radius benutzt. Meine Lieblings-Schabeklinge ist dafür eine 150mm lange, 20mm breite und auf etwa 60mm Radius geschliffene Biax Hartmetallklinge. Damit bekomme ich sehr kurze und feine Schabemarken hin (ca. nur 2mm lang). Weil ich die Ränder der Klinge abgerundet habe, kann ich durch Variieren des Haltewinkels des Schabers auch die Breite der Schabemarken beeinflussen (dann wird eine andere, weiter außen liegende Stelle der Klinge benutzt, wo der Radius noch kleiner ist; dementsprechend werden die Schabemarken dann noch dünner).

50 Intermezzo eines Kinderspielzeugs

Mittendrinn rast mein Sohn in die Werkstatt und will die Gelegenheit nutzen, mich mal wieder auf die außergewöhnliche Genauigkeit seiner Mini-Spielzeugwasserwaage hinzuweisen, die ihm Luisa zu seinem Kindergeburtstag geschenkt hat. Klar, wofür hat man sonst auch eine DAKKs-kalibrierte, zweitausend-Euro teure DIN876/00 Granitplatte zu Hause herumstehen? Also rauf mit dem guten Stück auf die Platte. Die Libelle steht sauber in der Mitte. Der Sohn greift zu meinem Magazinschrank, wo an einem Magnetstreifen sauber geordnet eine ganze Reihe Fühlerblattlehren-Streifen hängen. Er grapscht sich natürlich das Dünnsche: 10µm.

Professionell legt er den Streifen unter eine Seite seiner Wasserwaage und äugt auf die Libelle. Es ändert sich- natürlich nichts! Wer jemals in traurige Kinderaugen geschaut hat, weiß jetzt, dass jeder Vater nun die 10µm schnell gegen 1mm eintauscht und den Sohn dann mit noch schniefender Nase seine Wasserwaage doch noch zu einem Messergebnis bewegen kann. Damit ist der Frieden wieder hergestellt und er hält seine Wasserwaage dann doch wieder für die "Genaueste" im Haus.

Kaum ausgesprochen, höre ich lautes Seufzen von unterhalb der Messplatte. Ich gehe dem nach und finde eine völlig zerknirschte Stiefelmeyer 20µm/m Präzisionswasserwaage im mit Schaumstoff sauber ausgepolsterten Koffer, die sich angesichts der "gelben Konkurrenz" aus dem Spielzeugladen sichtbar angefressen fühlt. Also kommt diese auch auf die Messplatte und nachdem derselbe 10µm-Streifen von vorhin diesmal ganze 5 Skalenstriche auf der Stiefelmeyer erzeugt (passt genau bei 20µm/m und 20cm Länge), muss auch der Sohn zugeben, dass er leider nur die "zweibeste" Wasserwaage im Haus besitzt. Damit können wir aber alle leben und ich verzichte darauf, ihm meine ganzen anderen Rahmen- und "normalen" Präzisionswasserwaagen von Hahn&Kolb, VEB, usw. in verschiedenen Empfindlichkeiten von 20µm/m, 50µm/m und 100µm/m zu präsentieren, denn sonst wäre auch der "Platz 2" für das Kinderspielzeug ernsthaft in Gefahr! - und damit auch der Hausfrieden!

Aber es kommt noch heftiger.

Und zwar, als der Sohn darauf besteht, dass die Unterseite seiner Spielzeugwasserwaage auch "ganz gerade" sein soll! Schließlich mache ich mein Tuschierlineal ja auch ganz "gerade" und das will der Sohn auch haben.

Es hilft nichts. Im Kampf um den Erhalt von Platz 2 wird das "kostbare Teil" wieder auf die Granitplatte gestellt und bereits der Test mit dem Gummihammer zeigt, dass sie -wie erwartet- mindestens auf einer Seite hohl liegt. Die Tuschierfarbe zeigt dann die ganze Wahrheit: die effektive Auflagefläche beträgt vielleicht maximal einen Quadratzentimeter- aufgeteilt auf die zwei Enden. Etwa zehn Schabedurchgänge investiere ich mit dem Biax so in die -immerhin gefräste!- Unterseite des Aluminiumprofils dieses Präzisions-Kinderspielzeugs! Nachdem die Auflagefläche deutlich erhöht wurde, nimmt der Sohn seine "zweitbeste Wasserwaage des Hauses" zufrieden im Empfang; nicht ohne mir

vorher anzubieten, dass ich mir dieses außergewöhnliche Präzisionsinstrument auch gerne mal ausleihen könne, denn wie er sich ja nun selbst überzeugen konnte, sei seine -außer der Stiefelmeyer vielleicht- ja nun die beste, die wir im Haus hätten.

Stimmt. Es ist zumindest die einzige Wasserwaage im Hause, die nun eine geschabte Sohle hat.

Vermutlich sogar die einzige im ganzen Landkreis.

Oder auf der ganzen Welt. Denn niemand außer uns ist vermutlich so beknackt, eine Spielzeugwasserwaage mit Tuschiefarbe auf einer kalibrierten Granitplatte einzuschaben!

Egal. Der Sohn hat was gelernt und ich war schon etwas beeindruckt, dass er als 7jähriger weiß, wie man eine Wasserwaage auf einer Messplatte prüft, dass ihre Sohle eben sein sollte und dass man mit Fühlerblattlehren definierte Schief lagen erzeugen und damit die Empfindlichkeit seiner Instrumente überprüfen kann. Nicht schlecht! Dafür investiere ich doch gerne meine Zeit.

51 Weiter mit dem Schwingtisch

Irgendwann wird dann aber auch das Tuschierlineal als "fertig" definiert- auch wenn der Profi natürlich auch daran noch etwas zu meckern finden würde. Wer ganz genau hinsieht, erkennt, dass die angestrebten 40ppi nicht überall gleichverteilt sind und dass auch die Parallelität hier und da noch bestimmt gute 10µm verbessert werden könnte. Aber da ich ja nun auch mal fertig werden will, schließe ich das Tuschierlineal-Projekt erstmal ab. Es hat mir beschert:

- einen 4kW Frequenzumrichter mit Bedienpanel für die Flott M3 Bohrmaschine
- eine Mössner Rekord SM320 Metallbandsäge inkl. deren Aufarbeitung
- eine weitere "Surface Gauge" (Moore&Wright 405); also einen massiven Messuhrständer zum Herumschieben auf der Messplatte

Also doch keine schlechte Ausbeute. Aber nun geht es mit neuer Kraft an den Schwingtisch.

Das Gute an diesen langen Unterbrechungen ist, dass man bei manchen Schritten wieder von vorne anfangen muss, weil man den letzten Stand inzwischen vergessen hat. So auch bei den geometrischen Messungen des Schwingtisches. Also nochmal neu!

Messaufbau wie gewohnt: mit dem Rücken auf zwei Präzisions-Parallelunterlagen und dann
a) die Flachbahn mit der Messuhr abfahren
b) die V-Führung mit Mini-Richard abfahren.

Die Tiefe der einzelnen Schabemarken (in der Regel etwa 10..20µm, wenn man alles richtig macht) zu "mitteln" und damit als Störgröße zu eliminieren, verwende ich diesmal eine kleine, geschliffenen 5mm Passfeder als Unterlage zur "mechanischen Mittelwertbildung". Ich lege sie während der Messung zwischen Tasthebel und Werkstückoberfläche und so vermeide ich es, dass der Zeiger an meiner Messuhr dauernd herumzappelt, weil ich ungewünscht Schabetäler und -berge messe und nicht das gemittelte Höhen-Niveau. Mit diesem Trick (man kann auch Gauge-Blocks nehmen, aber die sind mir zu schade für sowas) bekommt man ziemlich reproduzierbare Ergebnisse, die nun aufdecken, dass ich tatsächlich auch in der Flachführung eine leichte Schieflage geschabt habe! Nur so etwa 15..20µm, aber immerhin! Vorher habe ich das nicht erkannt!



Abbildung 122: eine geschliffene Passfeder dient als Messunterlage

Nun kommt Mini-Richard an den Start. Nachdem ich weiß, wo die Flachführung (die ja für diese Messung als Referenz dient) ihre Stärken und Schwächen hat, kann ich die mit Richard ermittelten Messwerte besser einordnen. Für eine endgültige Messung muss natürlich erst die Flachführung sauber

gerade und eben sein, aber ich kann dennoch einen Trend ableiten: die eine Seite kommt um bis zu $35\mu\text{m}$ "hoch"! Und das bestätigen sowohl Wasserwaage als auch Messuhr!

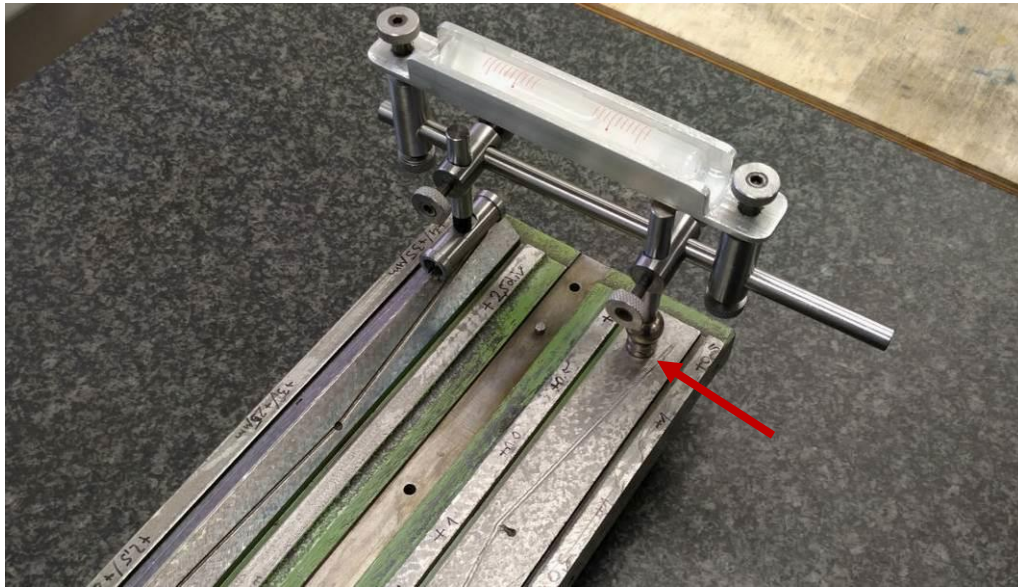


Abbildung 123: auch bei Mini-Richard lege ich auf der Kugelseite einen Ring unter

Hier mache ich übrigens einen ähnlichen Trick: zur Mittelwertbildung auf Richard's Kugelseite lege ich einen kleinen Ring unter, den ich aus einem alten Kugellager herausoperiert habe. Der überbrückt ebenfalls die ganzen Schabetäler und beruhigt (gerade bei einer Wasserwaage!) deren Anzeige erheblich. Wenn sich am Ende die ebenfalls benutzte Messuhr ($10\mu\text{m}/\text{div}$) und die Wasserwaage (bei 8cm Einspannlänge etwa $8\mu\text{m}/\text{div}$) so schön einig sind, ist das ein deutliches Zeichen dafür, dass man gerade echte Messwerte und keine "Fahrkarten" gemessen hat. Am Ende lege ich noch ein aktuelles Tuschierbild darauf und kann dann recht sicher beurteilen, ob alle Mess- und Beurteilungsmethoden zueinander passen und plausibel sind.

Fakt ist:

- die Flachführung muss in Z-Richtung per Stufenschaben noch (geringfügig) korrigiert werden
- die V-Führung muss danach (=sobald die Flachführung korrigiert wurde) nochmal erneut vermessen werden; danach aber vermutlich in X-Richtung an einem Ende ebenfalls nachgeschabt werden.

Und damit hätten wir wohl endlich eine Idee, weshalb der Schwingtisch in seinem Support an seiner linken Maximalposition leicht wackelt!

52 Flachführung

Hier gibt es zum eigentlichen Schaben wohl nur wenig zu sagen. Mit einem Edding markiere ich mir die Bereiche, die ich abtragen will. Weil die Geometrie aber bereits jetzt schon ziemlich "nahe dran" ist, versuche ich, nicht zu giftig zu schaben und nur vorsichtigen Materialabtrag zu erzielen. Dann lieber noch mal die Mühe machen und gleich nachmessen, ob man noch auf Kurs ist.

Das gelingt mir am Ende ziemlich gut. Ich höre auf, als ich mit meiner Messmethode entlang der Flachführung keine Stelle mehr finde, die mehr als $10\mu\text{m}$ vom Nullpunkt abweicht. Weitere Korrekturen machen jetzt erstmal keinen Sinn mehr, denn den letzten "Schliff" muss ich sowieso erst dann machen, wenn es um das gegenseitige "Matchen" von Support und Schwingtisch geht. Denn die Flachführung soll ja in erster Linie zum Support passen- und nicht zu meiner Messplatte.

53 V-Führung

Nun habe ich mit diesem Feinschaben der Flachführung die Voraussetzung dafür geschaffen, dass ich die V-Führung mit Mini-Richard anständig -und möglichst frei von Fremdbeeinflussungen durch eine krumme Flachführung- messen kann.

Ich schlurfe Richard also über die V-Bahn und ermittle von etwa der Mitte aus eine kontinuierliche Steigung zum rechten Rand hin von etwa 2,5 Skalenteilen. Bei einer $100\mu\text{m}/\text{m}$ Wasserwaage mit 8cm Einspannlänge entspricht dann ein Skalenteil also etwa $8\mu\text{m}$; entsprechend 2,5 Skalenteile etwa $20\mu\text{m}$. Und genau das zeigt auch die Messuhr an, die ich zur Kontrolle auf Mini-Richard mit entlangschiebe!



Abbildung 124: Beweis 1: etwa 3 Skalenteile auf der Wasserwaage



Abbildung 125: Beweis 2: etwa 25 μ m auf der Messuhr- gemessen auf Richard's Sohle



Abbildung 126: Beweis 3: Messung mit Messuhr entlang Referenzfläche

Nun kommen die gedanklichen Schwierigkeiten wieder hoch, die ich schon am Anfang dieses Berichts hatte: wo genau sind diese 20 μ m denn jetzt abzutragen? Auf einer Seite der V-Führung? Auf beiden? Wenn nur auf einer Seite- auf welcher?

54 Analyse einer V-Führung

Schauen wir uns einmal an, was für Geometriefehler wir an einer solchen Führung haben können. Um es zu vereinfachen, gehen wir davon aus, dass die beiden Führungsflächen links und rechts bereits eben und gerade geschabt sind; also weder bauchig noch verdreht sind- wir es also mit ebenen Flächen zu tun haben. Außerdem haben wir beobachtet, dass sich die Wasserwaage zum Ende hin hebt, also in Richtung Y höher wird. Das alles reduziert die möglichen Fälle einer falsch-Geometrie im Prinzip auf wenige Fälle, die ich wie folgt nun beschreibe.

54.1 Gewünschter Zielzustand

So wünschen wir uns die Führung: beide Flächen laufen entlang der Referenzlinie (Pfeil) und sind sowohl in X- als auch Y-Achse dazu parallel. Mini-Richard würde hier überall stets denselben Wert anzeigen. So wollen wir es.

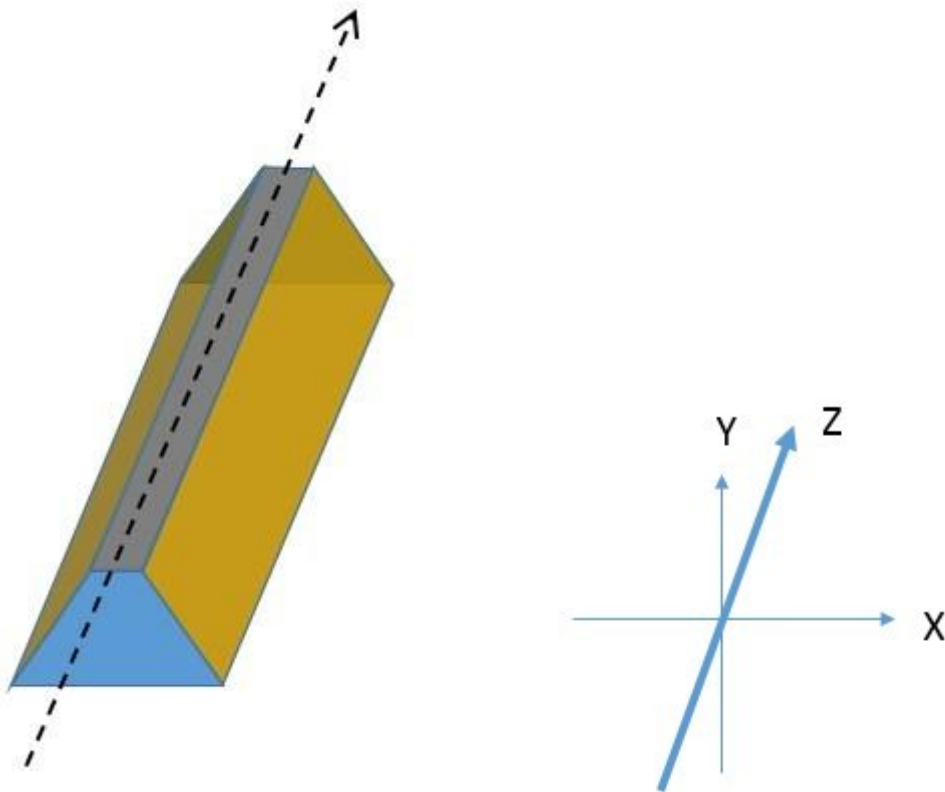


Abbildung 127: männlicher Teil der V-Führung - idealer Zielzustand

54.2 Rechte Fläche zu weit in X

Erste Möglichkeit, bei der Mini-Richard zum Ende hin größere Werte anzeigen würde: die rechte Fläche stimmt zwar im Winkel, allerdings wird sie am Ende der Führung in X-Richtung zu breit. Das würde Mini-Rich mit seinem geschlitzten Rohr als Abtastsensor zunehmend in Richtung Y hochdrücken!

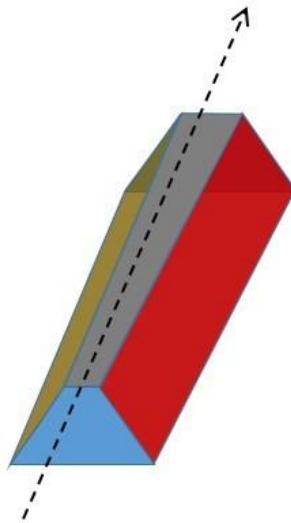


Abbildung 128: rechte Seite schief

54.3 Linke Fläche zu weit in X

Was für die rechte Seite gilt, gilt natürlich auch für links. Auch das würde zum Ende hin größere Werte auf Mini-Richard erklären.

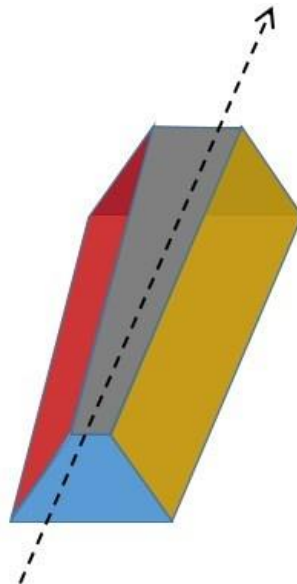


Abbildung 129: linke Seite schief

54.4 Beide Flächen heben sich in Y

Möglich ist auch das: beide Flächen sind in X zwar schön parallel zu unserem Referenzpfeil, aber heben sich insgesamt zum Ende hin in. Klar, dass wir dann hier mit der Wasserwaage höhere Messwerte erhalten.

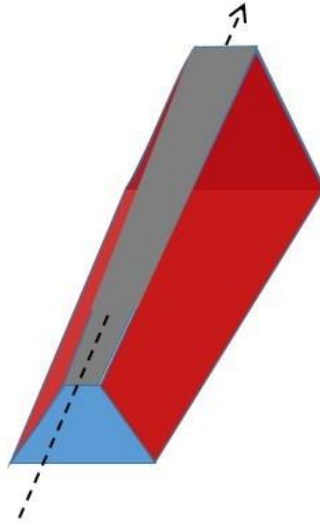


Abbildung 130: beide Flächen heben sich in Y

54.5 Kombination von allem

Das ist wohl der schwierigste, aber auch wahrscheinlichste Fall: Die Führung hebt sich insgesamt an, aber nicht gleichmäßig, sondern eine der beiden Flächen wird in X auch noch dicker (oder dünner)!

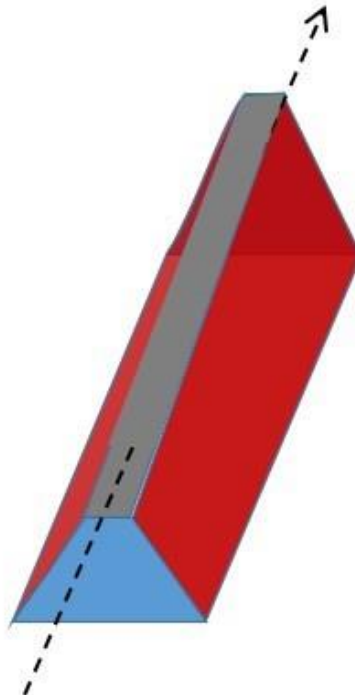


Abbildung 131: worst case...

54.6 Falscher Böschungswinkel

Das können wir natürlich auch noch haben- einen falschen Winkel, der nicht zu Gegenseite passt. Aber das nehmen wir einmal aus der Diskussion heraus und nehmen an, dass wir das durch das abschließende, gegenseitige Matchen beider V-Führungsteile (Männchen und Weibchen) korrigiert kriegen.



Abbildung 132: diese Art des Messaufbaus hat sich als sehr zuverlässig herausgestellt



Abbildung 133: Abfahren der V-Führung mit der Messuhr; nur noch maximal 3µm Unebenheit!

55 Analyse

Wie aber bitte soll ich nun ohne Koordinatenmessmaschine herauskriegen, welchen dieser Fälle wir hier nun vorliegen haben?

Aber.....muss ich das aber überhaupt? Wenn ich eine der V-Flächen schabe, dann ändere ich doch zwangsläufig immer beide Achsen: X und Y. Ich würde also eine Bahn nicht nur tiefer, sondern auch dünner machen. Wie bei einer Böschung am Deich, wenn ich dort grabe: je nach Böschungswinkel mache ich den Deich damit nicht nur schmaler, sondern auch niedriger!

Und dann dämmert es mir:

es ist völlig egal, auf welcher Seite ich schabe!!!!

Möglicherweise schwer zu erklären, aber durch die Art der Führung (wir haben hier ein "V"!) werden sich, wenn ich die beiden Teile des "V"s (Männchen und Weibchen) zusammenstecke, sie sich automatisch selbst zentrieren und genau dahin rutschen, wo sie zu beiden Seiten gleichen mechanischen Kontakt zu den Seitenwänden erhalten. Das einzige, was sich durch das Einschaben ändert, ist....

a) die Eintauchtiefe des grauen "Daches" (vgl. vorherige Abbildungen) in die entsprechend freigefräste Nut auf der weiblichen Gegenseite der V-Führung (siehe Abbildung 17)

b) die Rechtwinkligkeit der Führung (X zu Z)

Will sagen:

Für a) ist es absolut egal. Wie genau die graue Dachfläche dann in die entsprechende Freimachung auf der Gegenseite der V-Führung eintaucht, ob sie schief ist, buckelig, wellig oder rostig- alles Wurscht. Sie rutscht ja in der Freifräsung der weiblichen Seite drin herum und solange sie nicht so tief eintaucht, dass sie noch irgendwo auf dem Grund anstößt und somit den Schwingtisch aus der Führung hebt, hat sie absolut nichts mit der Präzision der V-Führung zu tun. Also: a) ist wursscht!!! Das Dach rutscht automatisch nach unten nach!

Für b) könnte es Fälle geben, wo das relevant ist (z.B. Drehmaschinenbett), aber bei uns wohl auch eher nicht! Ob das spätere Schleifbild auf dem aufgespannten Werkstück nun bis auf's μm ganz genau senkrecht zur Drehachse des Schleifsteins ist, ist bei einer Flachsleifmaschine, -die das Werkstück ja immer nur in einem einzigen Punkt berührt- aus meiner Sicht nicht wirklich relevant.

Wir lernen aber auch daraus: die Entscheidung, welche der beiden Seiten des V's man nun schabt, könnte man davon abhängig machen, in welche Seite man eine gleichzeitig mögliche Abweichung in X korrigieren möchte! Will man X weiter nach links bringen, schabt man auf der linken Seite. Man zieht damit die Höhe herunter und zieht die Bahn gleichzeitig etwas nach links.

Will man die Geometrie in X aber eher nach rechts bringen, schabt man nur rechts was weg. Auch damit zieht man die Höhe etwas herunter, bringt das Teil aber auch in seiner X-Achse etwas nach rechts, weil die V-Führung entsprechend nachrutscht.

Will man gar nichts ändern, sondern wirklich nur die Höhe, muss man auf beiden Seiten schaben. Dann gleicht sich der Einfluss in X gegenseitig aus und nur die Höhe in Y kommt herunter.

Ich hoffe, damit habe ich es nun auch richtig begriffen!! Ganz sicher bin ich mir- ehrlich gesagt nicht. :-)



Abbildung 134: derselbe Messaufbau- diesmal übertragen auf den Support

56 Nicht kippen!

Das sagte man mir ziemlich oft in der Schule; vielleicht ging es Euch auch so. Die Verlockung zwar trotzdem groß, denn eine Veränderung der Position bei langen Sitztätigkeiten wird uns heute sogar von Ärzten nahegelegt.

Trotzdem: der Schwingtisch darf NICHT kippen und ich endlich bin ich auf dem richtigen Weg. Die Messungen mit Mini-Richard und die Erkenntnis über die Effekte und Einflüsse beim Schaben einer V-Führung waren der Schlüssel. Als ich endlich den Mut zusammennahm, das hoch stehende Ende der V-Führung erneut überzuschaben; und zwar so weit, bis ich überall entlang der Führung nur noch Messwerte von kleiner $10\mu\text{m}$ gegen die vorne an der Tischkante definierte Referenz hatte, verschwindet auf einmal das Kippen vollständig! Juchu!!!

Ich bin überglücklich, denn dieser Erfolg zeigt mir, dass ich offensichtlich sowohl die Messmittel und auch die Technik des Schabens grundsätzlich korrekt anzuwenden scheine. Mit Sicherheit nicht perfekt- aber scheinbar doch systematisch und gut genug, um eine verkorkste Geometrie aus Flach- und V-Führungen feststellen korrigieren zu können!

57 Geometrie Feinschliff

Endlich sehe ich Licht am Ende des Tunnels.

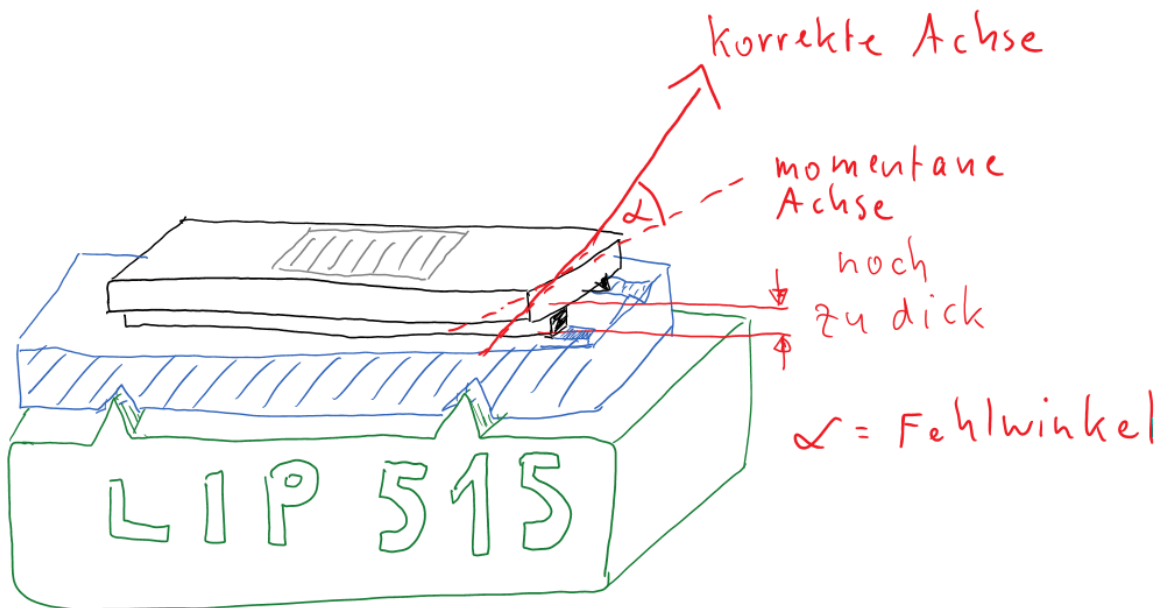


Abbildung 135: Feinschliff der Geometrie

Doch eine Baustelle habe ich momentan noch: der obere Schwingtisch (= das schwarze Teil in Abbildung 135) steht noch zu hoch auf der Flachführung, so dass er nach vorne hin in Richtung Schleifscheibe ganz leicht abfällt. Wenn man mit der Messuhr auf der Fläche zur Montage der Magnetspannplatte hin- und herfährt (grau eingezeichnete Fläche), so kann man noch immer knappe 100µm Unterschied von vorn nach hinten messen.

Man könnte jetzt sagen, dass einen das nicht stört, denn man kann das ja mit dem einmaligen Abschleifen der Magnetspannplatte kompensieren. Klar, so kann man das Problem auch lösen. Aber die Lösung gefällt mir nicht, da sie nicht das Grundübel beseitigt, sondern nur kaschiert. Ich will stattdessen die Höhe der Flachführung korrigieren und das Teil insgesamt so herunterbringen, dass sich der „Hintern“ senkt und nicht mehr hochsteht.

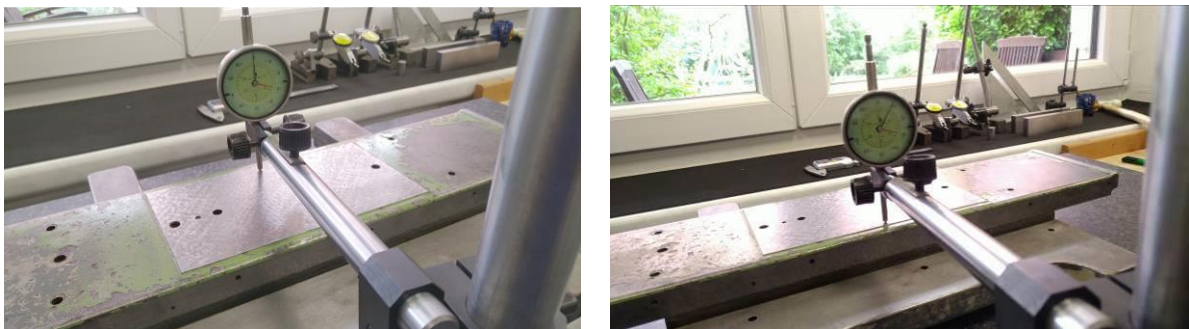


Abbildung 136: vorne 0µm, hinten noch knappe 90µm....es gibt noch was zu tun!

Dann will ich den Kontakt der Führungen prüfen. Ich mache ein Tuschiebild und sehe das da:



Abbildung 137: Vorsicht, Falle! Vorne blau, aber geschabt wird HINTEN!

Hier sehen wir eine Situation, wo man schnell darauf hereinfallen würde, wenn man nur tuschieren, aber kein anderes Kontrollmedium nutzen würde (z.B. Messuhr). Würde ich stumpf nach dem „Blau“ schaben, würde die Flachführung immer krummer werden, denn in Wirklichkeit muss ich genau dort, wo KEIN Blau ist, Material abnehmen. Hätte ich das nicht auf dem Granittisch ausgemessen, hätte ich das nie gewusst und das Ding so immer schiefer geschabt!



Abbildung 138: es wird! Mit Messuhr und Hirn habe ich die Flachführung erstmal parallel zur Grundfläche geschabt- DANN erst wurde an den Schwingtisch angepasst

Nun ist einfach noch Hartnäckigkeit gefragt. Das Einpassen der beiden Bauteile aufeinander erfordert Geduld und ständiges Aufbauen der Teile auf dem Messtisch zur Kontrolle mit der Messuhr.

Ich weiß, das ist aufwändig.



Abbildung 139: Schruppen mit dem Biax und kurzer Klinge (Radius 90mm, Klingenbreite 30mm) an der Flachführung

Aber anders geht es nicht. Gerade wenn man im Endstadium der geometrischen Überholung ist und es „nur noch“ um den Feinschliff geht, sollte man jetzt nichts Unüberlegtes tun, indem man sich das mühsam Er kämpfte mit einem Roughing an der falschen Stelle kaputt macht.

Irgendwann ist es so weit: die Flachführungen sind auf der Messplatte alle weniger als 10µm eben und geometrisch korrekt. Und trotzdem ist das Tuschierbild zwischen den beiden Bauteilen noch eher „mäßig“. Warum? Jedes Bauteil einzeln „für sich“ war doch gerade?

Nun- wir haben zwar die Führungen an sich geometrisch gerade gekriegt- jedoch die Höhenniveaus zwischen V- und Flachführung nicht kontrollieren können- wie denn auch, denn dafür kennen wir ja keine Herstellerangaben! Und das kann nun dazu führen, dass der obere Schwingtisch leicht schief in die V-Führung kippt und daher dort nicht vollflächig anliegen kann. Auch die korrekten Böschungswinkel der V-Führung spielen jetzt eine Rolle- und auch die konnten wir nicht wirklich gut prüfen!

Da gibt es jetzt –zumindest für uns Hobbybastler- jetzt nur noch eine Lösung: iteratives Schaben! Stück für Stück tragen wir jetzt stur die blau eingefärbten Bereiche ab und verbessern so das Tuschierbild. Dass wir dabei nun zwangsweise die auch die eben mühsam hergestellte Parallelität der Flachführung ändern, ist mir dabei bewusst. Aber ich sehe hier nun keine andere Möglichkeit mehr. Außerdem geht es hier nur um vielleicht 20 oder 30µm- die Flachführung wird am Ende deswegen nicht komplett „schief“ werden ;-)

Ich brauche etwa 20 weitere Schabevorgänge, die ich anfangs in Kreisen (=höhere Materialabnahme), dann aber relativ schnell schon im „Finishing-Modus“ (=Checkerboard-Pattern; geringere Materialabnahme) mache. Wie gesagt- lieber langsamer und vorsichtiger, als unüberlegt und vorschnell.

Gegen Ende sieht das doch schon gar nicht soooo schlecht aus:

58 Es wird Zeit....

Ich weiß, perfekt ist es noch immer nicht und die Anzahl der Kontaktpunkte ist nicht regelmäßig genug verteilt, die Coverage ist nicht 50:50% und ich habe auch noch kein Dive-Bomb gemacht. Aber ganz ehrlich: inklusive aller notwendig gewordenen Zwischenprojekte (z.B. neue Bandsäge, Biax kaufen, Frequenzumrichter Standbohrmaschine, 500mm Straightedge bauen, neues Bohrfutter, usw...) arbeite nun bereits etwa 10 Monate an der LIP515. Ich muss auch irgendwann einmal zum Ende kommen, sonst bin ich vorher schon in Rente, habe dann vielleicht 80ppi in den Führungen, aber noch immer eine nicht zusammengebaute und damit nicht funktionierende Maschine, die mir dann auch nicht hilft.

Also: jetzt den „Knopf dranmachen“ und das Führungsschaben zu Ende bringen!

Nachdem ich die Führungen also so lassen will, kontrolliere ich, welchen Einfluss das Einschaben auf die obere Fläche des Schwingtisches hatte (dort, wo die Magnetspannplatte montiert wird). Ich messe mit der Messuhr noch immer eine Schiefelage von etwa 90µm. Nein- die mühsam auf gutes Matching eingeschabten Führungen werde ich nicht mehr anfassen! Stattdessen werde ich die Magnetspannfläche –die vorher ja selbst einmal Referenz war- entsprechend umschaben. Bei 90µm werde ich erstmal 3..4x Stufenschaben und dann nochmal nachmessen.

Gemacht, getan. Die Schiefelage mindert sich auf vielleicht 70µm. Aha. Also deutlich zu schwach und zärtlich geschabt. Klinge neu geschärft, nochmal Stufenschaben. Diesmal mit mehr Druck und Spä-
nen.

Nächster Durchgang: nur noch 30µm Schiefelage! Na also, jetzt sind wir doch schon fast im Ziel (wir erinnern uns: wir hatten hier mal 500µm!)-! Machen wir noch einen Durchgang; vielleicht wieder etwas vorsichtiger, denn ich möchte möglichst viel Originalsubstanz der Maschine erhalten und nur so viel wegschaben, wie unbedingt sein muss.

Trotz BIAX schwitze ich beim Materialabtrag ganz schön. Ich bin sehr froh, dass ich den 7EL habe. Undenkbar, wie ich das alles von Hand hätte schaben sollen. Klar, aber auch die gibt es- solche Jungs schaben von Hand teilweise schneller als ich mit Maschine. So gut beherrsche ich das Schaben aber einfach noch nicht, dass ich hier Wettbewerbe gewinnen könnte. Macht aber auch nix, ich komme auch so irgendwann ins Ziel und viel wichtiger ist mir, dass ich bei alledem auch was lerne!

59 Der große Moment!

Und dann ist es irgendwann schließlich soweit: das Schaben ist abgeschlossen!!!

Kaum zu glauben, nachdem ich mich nun –mit diversen Unterbrechungen- fast ein halbes Jahr lang mit den Maschinenführungen beschäftigt und so manches Gramm Graugruss heruntergeschabt habe! Aber die Messuhr bestätigt mich: wenn ich den Schwingtisch und den Support auf den Maschinenkörper stelle und die Oberfläche der Magnetspannplatten-Aufnahme abfahre, zappelt die Messuhr um maximal 10µm. Keine Empfindlichkeit gegen Wackeln, kein Spiel in den Führungen zu erkennen. Ich glaube es nicht, aber die Schabe-Odysee scheint nun tatsächlich ein Ende zu finden!!

Und ich scheine erfolgreich gewesen zu sein!

Juchuuuu!



Abbildung 140: Nullen, so weit das Auge reicht- die Geometrie stimmt endlich!

Da also die Parallelität hergestellt ist, schabe ich die Fläche der Magnetspannplattenaufnahme noch ein wenig auf Kontaktpunkte. Wir schaben hier jetzt natürlich nicht auf 40ppi, aber ein paar Durchgänge mit kleinem Schaberadius mache ich schon noch, damit die Magnetspannplatte hinterher darauf auch schön satt und klapperfrei sitzt.



60 Paint job

Kaum zu glauben- aber jetzt, wo das Schaben beendet ist, wollen wir die in monatelanger Kleinarbeit aufgemöbelten Teile aber auch entsprechend hübsch machen. Dazu gehört ein frischer Anstrich. Dieselbe Farbe, dieselbe Prozedur. Die Schutzbleche habe ich schon mit dem Bandschleifer abgeschliffen und werden ebenfalls neu lackiert, bevor ich sie anschraube.



Abbildung 141: Abbeizen des alten Lacks. Dass das Mittel leider auch den Graugruss angreift, wusste ich da noch nicht...

Dann benutze ich wieder mein Abbeizmittel, um den Rest des Lackes von Schwingtisch und Support herunterzulösen. Weil wir es hier mit 2K-Lack zu tun haben, braucht das Abbeizmittel eine Weile. Insbesondere bei der Grundierung. Also lasse ich das Mittel eine Weile lang einziehen.



Abbildung 142: Verflixt! Hässliche ÄtZRänder vom Abbeizmittel!

Leider „arbeitet“ das Mittel in dieser Zeit nicht nur am Lack, sondern auch am Metall, wie ich kurz darauf empört feststellen muss! Alle die Stellen, wo das Mittel auch Kontakt zu den Graugrussflächen hatte, sind diese ebenfalls angegriffen worden! Mist!!



Abbildung 143: Ich bin sauer! Die frisch geschabte Fläche war eigentlich nicht der "Tanzbereich" des Abbeizzers!

So kann das natürlich nicht bleiben! Nicht, nachdem ich 6 Monate lang geschabt und eine funkelnde und blitzende Oberfläche erreicht hatte!



Abbildung 144: Fläche gerettet- so sieht das doch schon wieder besser aus!

Also nochmal den (bereits abgebauten und eingepackten) Biax herausgeholt und nochmal vier Durchgänge mit kleinstem Radius komplett über die Fläche gegangen.

61 Peng!

Weil ich den Vorschalttrafo, den ich normalerweise zum Herunterregeln der Spannung benutze, auch schon weggeräumt hatte, stecke ich den Biax diesmal direkt in die Steckdose und schabe mit voller Geschwindigkeit.

Das klappt sogar sehr gut und geht noch schneller und mindestens ebenso sauber. Die Oberfläche wird super!

Doch dann....mitten während der Arbeit...

Ein lauter Knall, eine tiefschwarze Rauchwolke, die Sicherung fliegt raus, das Deckenlicht geht aus und der Biax gibt entkräftet auf!



Abbildung 145: Oh nein!

Das darf doch nicht wahr sein!

Mir war schon klar, dass ältere Geräte (wie mein 7/EL) noch für 220Vrms ausgelegt sind und mit unseren 230Vrms (teilweise bis fast 240Vrms, wenn man nachmisst) ein wenig über dem eigentlichen Nennwert betrieben werden. Mir war der Gedanke sogar bewusst, als ich den Stecker des Schabers vorhin direkt in die Steckdose steckte. Doch dass es in dieser halben Stunde Schabearbeit wirklich gleich zum Äußersten käme, hätte ich trotzdem nicht gedacht. Aber so war es- ich habe meinen Biax getötet!

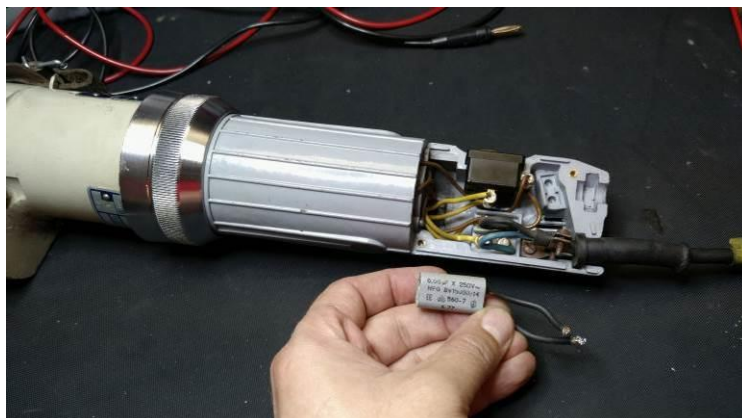


Abbildung 146: Glück im Unglück: nur ein defekter Entstörkondensator!

62 Heile, heile, heile...

Es ist zwar erst vormittags, aber ich gehe daraufhin tatsächlich erstmal in die Garage und hole mir ein Bier. Ich trinke eigentlich nicht so viel Alkohol, aber irgendwie war mir in dieser Situation danach.



Abbildung 147: da kam der Rauch heraus!

Dann schaltete ich den Werkstattstrom wieder an, schnappte mit den leicht angebrannt riechenden Schabekumpel und schraubte ihn auf. Denn so einfach würde ich nicht aufgeben!



Abbildung 148: qualitativ hochwertiges Ersatzteil: WIMA 100nF X2-Typ

Nach dem Abnehmen des ersten Deckels dämmerte es mir: überall schwarze Flusen und dunkler Niederschlag. So stirbt kein Motor! So stirbt ein.....Entstörungskondensator!

Und so war es dann tatsächlich auch: der alte Kondensator hatte aufgegeben und ist explodiert. Nach einem Auspusten mit Druckluft löte ich einen neuen ein (eine gute X2-Type, die ich immer für meine Hammondorgeln und Leslies auf Lager liegen habe) und schließe den Biax an meinen Stelltrenntrafo an. Langsam fahre ich ihn von Null Volt an hoch und siehe da- der Schabefreund läuft an und schnurrt wie eh und je!

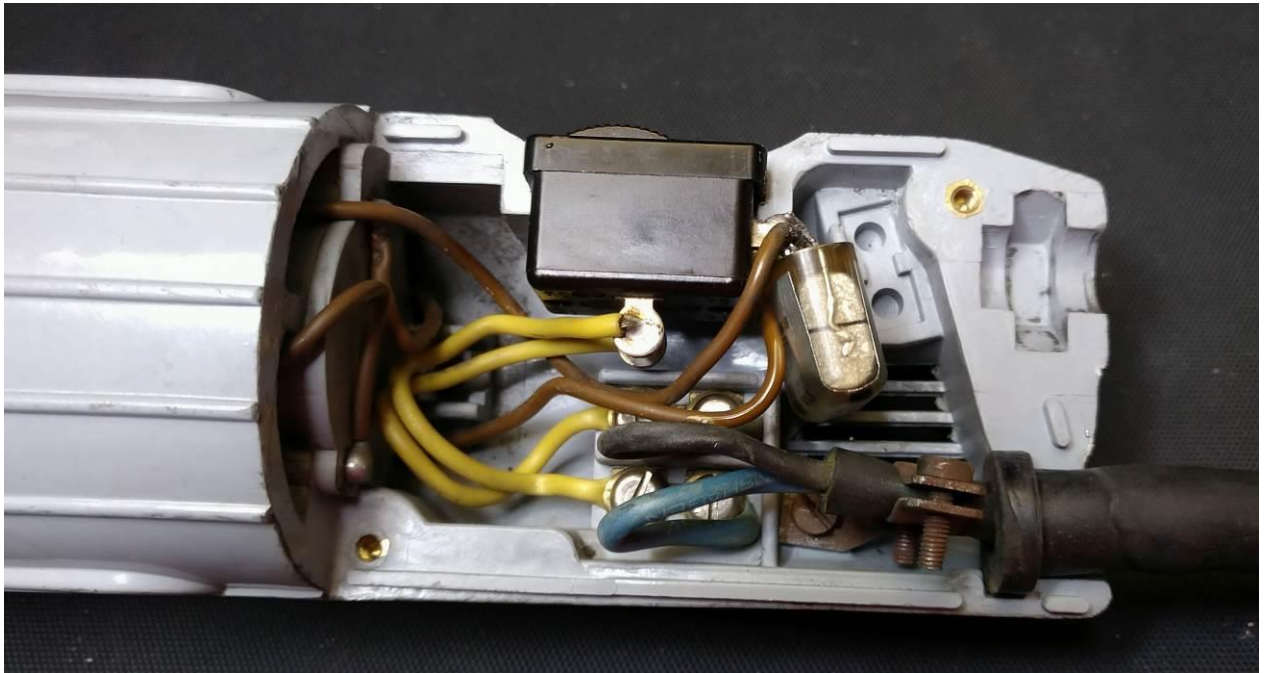


Abbildung 149: frisch eingelötet- wie neu!

Mann, was war das für ein Schreck! Ich dachte schon, ich hätte meine teure Biax-Schabemaschine gekillt und sah mich schon beim Neuwickeln des Motors. Aber da es nur ein abgerauchter Entstörkondensator war, kann ich meine Kosmetikarbeiten an den angeätzten Führungsflächen noch schnell und zügig zu Ende bringen. Am Ende schaut es sogar noch besser aus als vorher. Vielleicht lag's am Bier ;-)



Abbildung 150: das Schaben kann weitergehen- der Biax läuft wieder!

63 Paint job II

Nach diesem Schrecken klebe ich alle Flächen, die ich nicht anpinseln will, sauber mit Malerkrepp ab. Sämtliche Löcher werden mit geknüttelten Stückchen Malerkrepps ebenfalls verschlossen. Damit sich das Anrühren der Farbe auch lohnt, bereite ich ebenfalls zwei weitere Teile vor, die auch mit angestrichen werden sollen.



Abbildung 151: langweilig, aber notwendig: Abkleben der Flächen, die keine Farbe abkriegen sollen

Diese Gelegenheit nutze ich ebenfalls dazu, die beiden Hauben meiner jüngst erworbenen Metallbandsäge überzustreichen. Irgendjemand hat den Mössner-Rekord-Schriftzug mit Gelb übergemalt und das gefällt mir nicht. Also husche ich kurz mit der Schleifscheibe und dem Winkelschleifer drüber und raue die beiden Hauben an, damit der Lack später besser hält.

Vor dem Lackieren benutze ich wieder Silikonentferner als Entfetter. Alle zu streichenden Teile werden damit gründlich abgewischt.

Dann mische ich wieder meine Grundierung an, rolle, warte einen Tag, dann kommt das Standard-Resedagrün. Keine große Sache, ein Profi würde angesichts meiner ganzen fabrizierten Krissel, Pickel und Laufnasen die Hände über dem Kopf zusammenschlagen, aber ich bin zufrieden. Es sieht definitiv besser aus als vorher und die Maschine ist gegen Rost und Staub geschützt- und darauf kommt es an.

64 Zusammenbau

Ich mache mich an den Zusammenbau. Und dann merke ich, dass es sooooo schnell dann doch wieder nicht geht. Zwar sieht das erste Ergebnis gut aus...



Abbildung 152: bis auf die kleine Ecke, die ich beim Streichen offensichtlich vergessen habe, sieht es doch schonmal gut aus!

...aber schnell kommen mir dann die ersten Zweifel, ob ich eine so krumme und abgelutscht aussehende Zwischenplatte wirklich auf den schön geschabten Schwingtisch draufschauben will:



Abbildung 153: die Zwischenplatte ist so krumm, dass man von der Tuschiefarbe kaum was sieht! (Finger)

65 Die Zwischenplatte schlägt zurück

Nein, will ich natürlich nicht. Also wieder raus den Schaber.



Abbildung 154: Ohje- da wird es noch ein paar Schabedurchgänge brauchen!

Ich mache beim Roughing keine Gefangenen, denn ich will schnell zum Ergebnis kommen. Richard King hätte seine Freude daran („Chicken scratching“).



Abbildung 155: ich mache Späne!

Ja, das sind wirklich richtige „Späne“, die ich abnehme.



Abbildung 156: Späne

Dann wird gemessen. Natürlich ist das Ding nicht nur krumm, sondern auch nicht Flächenparallel. Also Stufenschaben.



Abbildung 157: Stufenschaben

Dann wird wieder gemessen. Wir kommen näher!



Abbildung 158: Ermittlung der Geometrie. Alle Werte in [10 μ m]

Am Ende sieht es dann so aus:



Abbildung 159: Endergebnis

Eigentlich viel zu hübsch, denn von der Zwischenplatte wird man im eingebauten Zustand weder die Ober- noch die Unterseite sehen können.

Apropos- stimmt, die Unterseite....Mist...also nochmal das Ganze. Diesmal von unten.

66 Magnetspannplatte

Dann schaue ich mir die Unterseite der Magnetspannplatte an und mir wird fast schlecht. Also wieder raus den Biax.

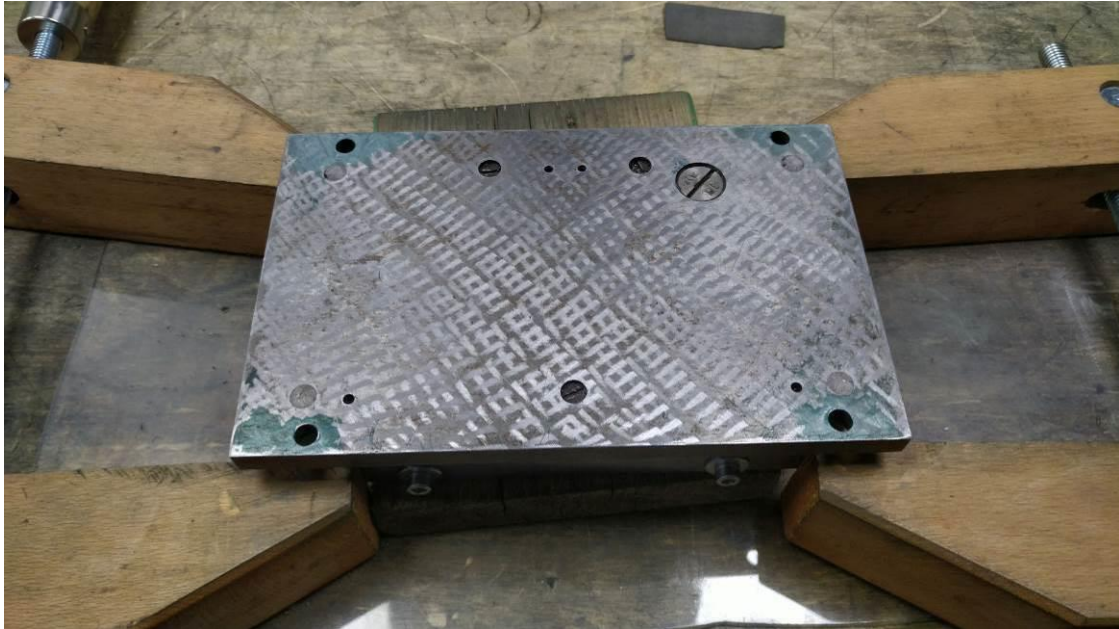


Abbildung 160: So fängt es an...



Abbildung 161: ...und damit endet es.

Das Endergebnis ist nicht perfekt, aber „good enough for me“, um Jan Sverre mal wieder zu zitieren. Die 10ppi, die man für eine statische Verbindung eigentlich nur braucht, sind um Längen erreicht (vermutlich sogar deutlich übertroffen).

67 Antrieb

Es geht in den Endspurt- endlich. Ich kümmere mich am die Antriebsstange, mit der man den Schwingtisch bedient. Ausgebaut sieht sie so aus:



Abbildung 162: die Kurbelstange für den Schwingtisch

Wenn man genau hinsieht, scheint sie nicht ganz original zu sein, denn sie passt nicht so ganz zu der Zeichnung in den LIP515-Unterlagen. Auch der Mitnehmer für das Handrand, das eigentlich eine schöne Metallfeder sein sollte, sieht doch sehr nach einer improvisierten Lösung aus: es ist ein einfacher runder Stift, der in die Nut des Handrands greift. Dementsprechend wackelig ist das Ganze. Gefällt mir nicht.



Abbildung 163: nicht so hübsch...

Also werde ich diesen Mitnehmerzapfen neu machen. Problem: ich habe ja noch immer keine funktionierende Fräse. Also kann ich keine Passfedernut fräsen. Aber ich habe seit Kurzem was Anderes: eine Stichschleifmaschine!

Daraus bauen wir uns jetzt einen neuen Mitnehmer. Auch wieder improvisiert, aber besser als ein einfacher Rundstift. Versprochen!

Wir beginnen damit, einen alten 6,5mm Bohrer zu opfern.



Abbildung 164: ein alter 6,5mm Bohrer

Davon sägen wir den Schaft ab und spannen ihn ein.



Abbildung 165: Deckel Spannzange

Dann schleifen wir den Schaft rund....



Abbildung 166: rundschleifen...

Nach geraumer Zeit ist der Schaft auf einen Durchmesser von etwa 3,05mm abgeschliffen.



Abbildung 167: auf 3,05mm heruntergeschliffen

Probeweise auf die Achse stecken...ja, ein paar μm müssen noch runter, sitzt noch etwas stramm, aber dann passt es.



Abbildung 168: Steckprobe

Wir spannen um und bearbeiten nun die Rückseite.



Abbildung 169: nun schleifen wir die andere Seite.

Wir schleifen es erst sauber rund. Dann kürzen wir es (Flex) und schleifen seine beiden Seiten parallel, so dass wir einen Zapfen erhalten.



Abbildung 170: wieder schleifen...

Er sieht dann so aus:



Abbildung 171: Flanken abgeschliffen

Ich schleife so lange, bis der so erzeugte Stift oben genau 3mm breit ist. Dann wird er in der Länge gekürzt. Auch wieder mit der Stichschleifmaschine. Was für eine feine Maschine!



Abbildung 172: Metallstift kürzen

Heraus kommt dann sowas:



Abbildung 173: Endergebnis

Die Idee ist es, diesen Stift als neuen Mitnehmer in die vorhandene Kurbelstange einzupressen.



Abbildung 174: neuer Mitnehmer

Ich drehe mir noch einen Distanzring, der die beiden (stark lädierten) Unterlegscheiben ersetzt, und baue die Kurbelstange mit einem neuen Lager zusammen. Sieht doch gut aus, nicht?



Abbildung 175: Kurbelstange

Das Handrad passt auch gut drauf. Und es wackelt nun so gut wie gar nicht mehr!



Abbildung 176: Anprobe: Handrad auf der Kurbelstange

Dann bauen wir die Kurbelstange ein.



Abbildung 177: Einsetzen

Der Sitz des Kugellagers im Support ist nicht besonders stramm. Man kann es mit der Hand eindrücken.



Abbildung 178: Kugellager eindrücken

Auf der Gegenseite dann das andere Kugellager:

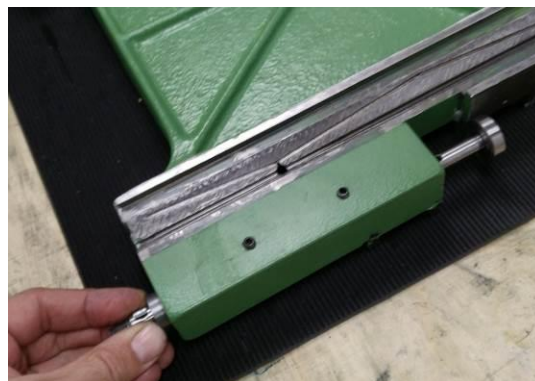


Abbildung 179: zweites Kugellager

Dann das Antriebsrad aufstecken. Es wird mit einem eingeschlagenen Querstift festgesetzt.



Abbildung 180: Antriebszahnrad

Montiert sieht es dann so aus:



Abbildung 181: Wieder einen Schritt weiter!

68 Zwei Probleme...

Und dann schlägt der Fehlerteufel wieder zu. Als ich naiv den Schwingtisch aufsetze und erste Kurbelversuche machen will, offenbaren sich sofort zwei Probleme.

Erstens: der Schwingtisch hebt ab!



Abbildung 182: Problem Nr. 1

Zweitens: das Zahnrad und die Zahnstange am Schwingtisch fluchten nicht!

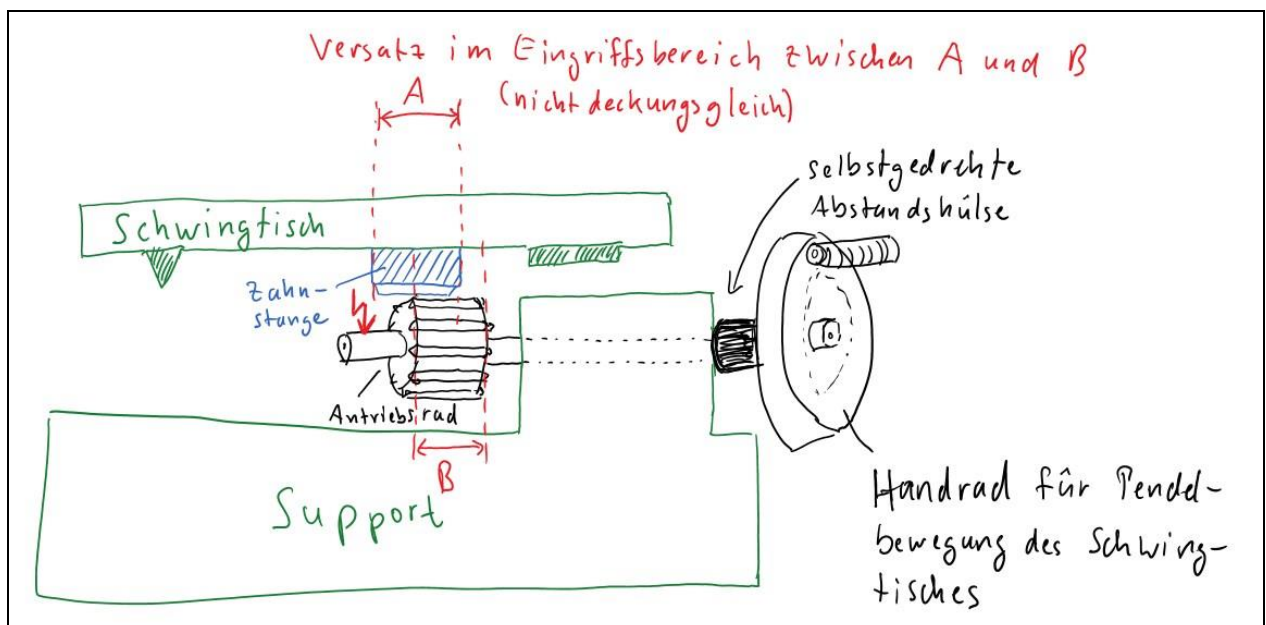


Abbildung 183: Problem Nr. 2

69 Problem Nr.2

Kümmern wir uns zuerst um das zweite Problem.

Zuerst hatte ich überlegt, ein neues Querloch etwas weiter hinten in der Kurbelachse zu bohren, so dass ich das Zahnrad etwas weiter hinten montieren könnte. Aber die beiden Löcher wären dann direkt nebeneinander und würden die Achse schwächen, das gefiel mir nicht. Nach einer Analyse komme ich darauf, dass ich das Problem besser lösen kann: das Kürzen meines gedrehten Distanzrings von aktuell 9mm auf 4mm würde das Zahnrad in die korrekte Position schieben.

Einzigster Nachteil: ich muss die Achse wieder ausbauen, denn nach vorne kann ich den Ring nicht abnehmen, weil der Mitnehmerzapfen ihm den Weg versperrt. Und so einfach kriege ich nicht mehr heraus, denn ich habe ihn mit viel Übermaß gefertigt, damit er nicht herausrutschen kann. Ich würde ihn nur noch mit einer Presse wieder herauskriegen- mit der Gefahr, dass ich ihn damit vielleicht zerbreche.

Also dann die Stange lieber wieder komplett ausbauen und den Ring „von hinten“ abnehmen. Dazu müssen die beiden Lager wieder herunter- dumm ist nur, dass es dazu nicht vermeidbar ist, dass die Lager beim Austreiben der Achse ein paar leichte Schläge aushalten müssen, die quer durch's Lager gehen. Bei einer Frässpindel würde ich die Lager damit schon gewiss schon für vorgeschädigt halten und würde neue verbauen. Aber bei einer Handkurbel- komm schon! Ich werde sie weiterverwenden, auch wenn es dadurch nun Mikrodellen in der Lauffläche gegeben haben könnte.

Ich drehe den Ring ab auf genau das Maß, das früher die beiden Unterlegscheiben hatten (vgl. Abbildung 163)- nämlich exakt 4,0mm. Ich gebe mir Mühe, betrachte es als Lehrstunde an der Drehmaschine. Sauber ausrichten mit Messuhr, richtige Schnittgeschwindigkeit vorwählen, richtiger Drehmeißel. Alles klappt!

Nach dem Wieder-Zusammenbau steht das Zahnrad an der gewünschten Stelle. Zahnrad und Zahnstange fluchten wieder. Sehr gut.



Abbildung 184: Problem gelöst!

Auf zu Problem Nr. 1. Das wird kniffliger!

70 Problem Nr.1

Es war zu erwarten: ich habe beim Neu-Einschaben der Tischgeometrie eine Menge Späne machen müssen. Viel Material musste abgetragen werden- an den Führungen habe ich teilweise fast einen halben Millimeter abnehmen müssen. Dass das nicht ohne Auswirkungen auf andere Bauteile sein würde, war anzunehmen.

Der Tisch sitzt nun also ein ganz wenig tiefer als früher. Nicht viel, aber beim Antrieb für den Schwingtisch merkt man es bereits: das Zahnrad hebt den Tisch nach oben aus der Führung!

Ich will wissen, um wie viel. Also schraube ich den linken Anschlag am Schwingtisch ab, stelle eine Messuhr drauf und nulle sie.



Abbildung 185: links: Tisch sitzt auf dem Zahnrad auf; rechts: Tisch liegt auf der Führung

Danach schiebe ich den Tisch etwas nach rechts, so dass das Zahnrad den Tisch nicht mehr greifen kann. Er plumpst in seine Führungen. Und ich lese ab: der Tisch sackt um etwa $350\mu\text{m}$!

Um die Messung zu bestätigen, prüfe ich den Luftspalt ebenfalls mit einer Fühlerblattlehre- dasselbe Ergebnis: es sind mehr als $300\mu\text{m}$!



Abbildung 186: Kontrolle mit Fühlerblattlehre

Die einzige Lösung: ich muss die Zahnstange, die unter dem Schwingtisch angeschraubt ist, um mindestens diesen Betrag dünner machen!

Oha. Das wird ein Akt. Also zuerst mal den Schwingtisch wieder auseinanderbauen, denn eine der Schrauben für die Zahnstange befindet sich genau unter der Magnetspannplatte.

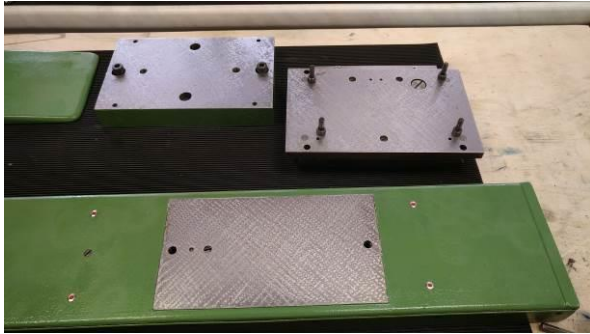


Abbildung 187: schön, nicht? Wenn man mal mit "vorher" vergleicht....

Da ist der Übeltäter- eine gehärtete Zahnstange mit exakt 13,00mm Dicke. Nach meinen Messungen muss sie um mindestens 350µm dünner gemacht werden.



Abbildung 188: die Zahnstange- sie muss dünner werden!

Doch wie? Ich kann das ja schlecht am Bandschleifer machen. Fräsen wäre auch so eine Sache bei gehärtetem Material- außerdem – achja! Meine Fräse funktioniert ja nicht ☹

Was also machen?

Abschleifen! Mit der LIP 515! Meine erste Arbeit!

Ich baue die Maschine zusammen und lege die Zahnstange auf den Magnetspannplatte. Sie kippelt. Klar, die Platte hat ja noch den Kometenradius aufgeschliffen (wurde noch mit den krummen Führungen abgezogen)! Ich muss sie erst überschleifen, damit sie gerade wird. DANN erst kann ich damit die Zahnstange bearbeiten.

Ich lege also los. Problematisch ist es, dass ich weder in Z-Achse noch in X-Achse irgendeine Kurbel habe. Ich muss den Tisch mit bloßer Muskelkraft hin und her schieben! Eine Arbeit, die ich als Bürohengst nicht gewöhnt bin! Ich kriege saumäßig Muskelkater!

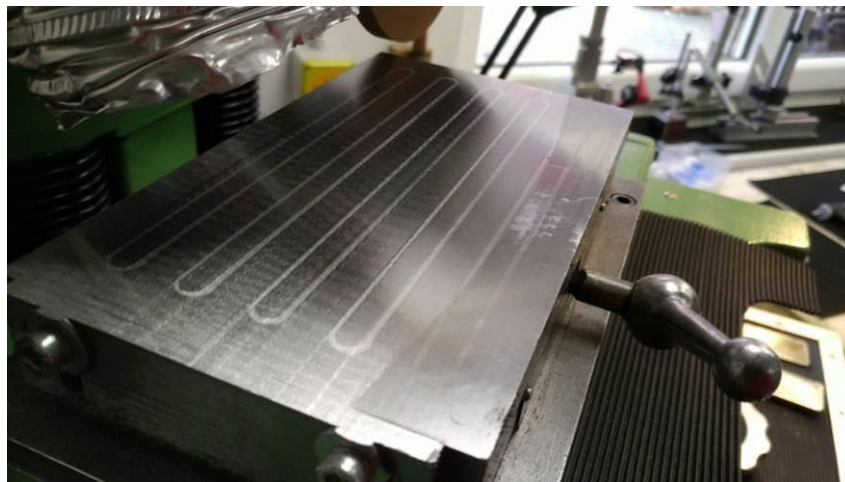


Abbildung 189: neu Abrichten der Magnetspannplatte

Schon nach kurzer Zeit sieht man am Schliffbild, wie schief die Platte vorher war.



Abbildung 190: mühsame Arbeit – „von Hand“!

Ich brauche einen halben Tag, um die Platte neu abzurichten! Weil die LIP-515 natürlich eine kleine Maschine ist und kein Kraftprotz, nehme ich immer nur 10µm-Scheibchen ab. Entsprechend lange dauert es.

Durch das Laufen der Absauganlage und vom Motorengeräusch der LIP angezogen, stürmt der 7jährige Nachwuchs in die Werkstatt und betätigt sich ebenfalls kreativ. Aus meiner Altholzkiste leimt er sich was zusammen, von dem aber noch niemand so wirklich weiß, was es ist. Er auch nicht.

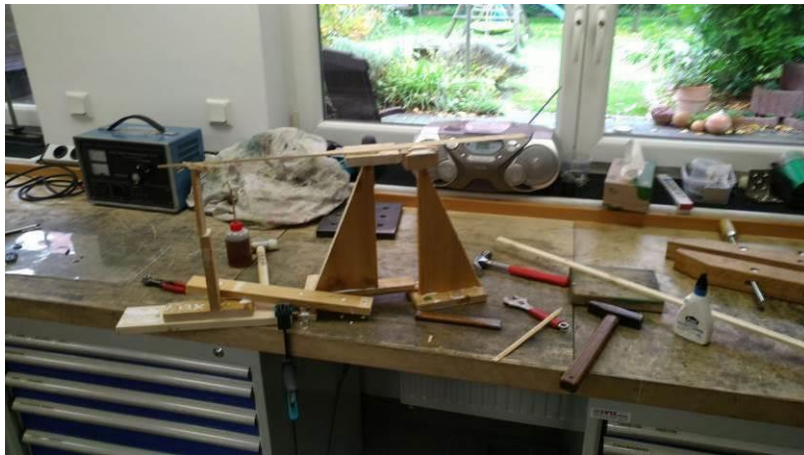


Abbildung 191: auch der Sohn bastelt...

Irgendwann ist das Tisch-Überschleifen aber beendet. Mein Haarlinealtest macht aber schon Mut:



Abbildung 192: nichts mehr zu meckern!

Ich ahne jetzt schon, dass sich die monatelange Arbeit an den Führungen gelohnt haben könnte.

Ich spanne die Zahnstange auf und lege los.

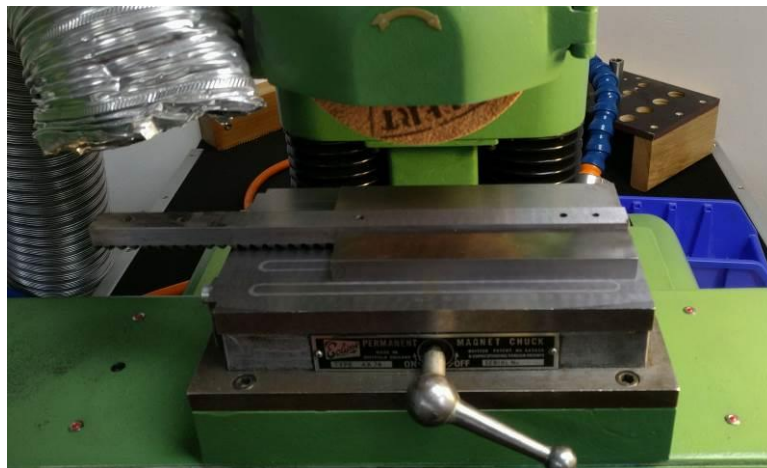


Abbildung 193: Zahnstange dünner schleifen

Wieder mit Muskelkraft. Weil der Bereich in X nicht ganz ausreicht, muss ich die Stange von zwei Seiten her schleifen. Nicht optimal, aber ich treffe auf beiden Seiten auf besser 10 μ m genau!



Abbildung 194: die ersten 400 μ m sind runter!

Die Zahnstange wird probeweise wieder eingebaut und der Messuhr-Test wiederholt.



Abbildung 195: schon besser, aber noch nicht fertig!

Die ursprünglich gemessenen $350\mu\text{m}$ sind auf etwas mehr als $100\mu\text{m}$ geschrumpft. Warum es noch nicht passt, wenn ich bereits mehr abgeschliffen habe, als ich initial gemessen habe?

Vermutlich, weil ich nicht direkt über dem Zahnrad messen konnte, sondern leicht daneben. Dadurch messe ich nicht die gesamte Strecke, sondern nur einen Teil. Bei einem Dreieck wird die gemessene Strecke dadurch dementsprechend kleiner.

Egal, wird sind auf Kurs, ich schleife weiter.



Abbildung 196: am Ziel!

Am Ende werde ich die Zahnstange um fast $600\mu\text{m}$ abgeschliffen haben. Aber dafür zeigt die Messuhr dann auch brav „Null“!



Abbildung 197: geschafft!

Die Zahnstange hat nun die richtige Dicke!

71 Tisch ausmessen

Nun will ich aber wissen, ob sich die ganze Arbeit gelohnt hat. Ich fahre den Tisch mit der Messuhr ab.

Ich starte mit meiner Mahr 10µm Messuhr. Als die auf dem gesamten Tisch gut wie nicht mehr aus schlägt, wechsle ich zu meiner 2µm Messuhr!

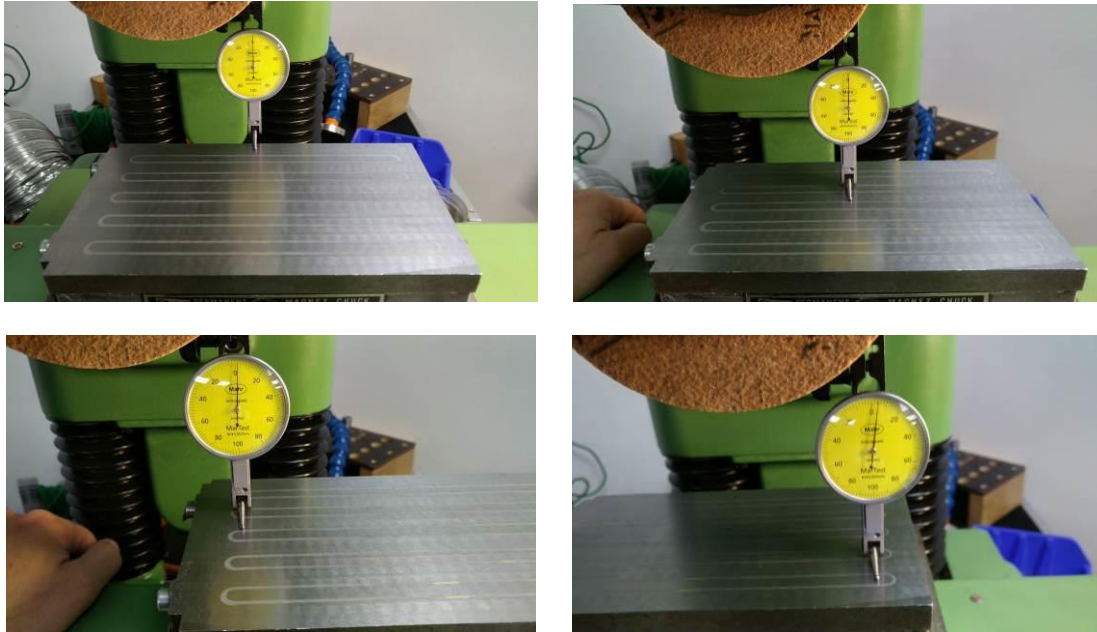


Abbildung 198: die maximale Unebenheit ist nur 4µm!

Es zeigt sich, dass ich beim Abfahren des Tisches eine maximale Unebenheit von nur noch 4µm messen kann! Das deckt sich mit dem Haarlineal-Test, bei dem ich so gut wie kein Licht mehr sehen unter der Messkante sehen kann. Wow!



Abbildung 199: für mich ein tadelloses Ergebnis!

72 Was ist noch zu tun?

Mit dem Einsatz der passenden Schleifscheibe und ausreichender Kühlung sowie der notwendigen Erfahrung könnte ein Mechaniker man bestimmt auch die letzten $4\mu\text{m}$ noch verbessern können. Ich selber bin mit dem Ergebnis allerdings hochzufrieden- erst recht, wenn man das mit der Performance von früher vergleicht!

Was aber gibt es nun noch zu tun?

Eigentlich nur noch zwei Dinge. Wir werden dasselbe Abschleifen auch an der Z-Spindelmutter machen müssen. Hier werden wir bestimmt fast einen ganzen Millimeter abnehmen müssen, denn wenn bereits der Schwingtisch alleine schon für fast $600\mu\text{m}$ Materialabtrag sorgte, so dürfte der Support einen ähnlichen Anteil liefern.

Und dann müssen wir natürlich auch neue Faltenbälge auf die Z-Spindel aufziehen, denn der eine war löchrig. Neue sind bereits bestellt. Ebenso wie ein paar weitere Kleinteile (z.B. neue Senkkopfschrauben), die ich aus optischen Gründen auch auswechseln will.

73 Z-Spindelmutter

Bevor ich irgendetwas abschleife, mache ich aber einen Probezusammenbau und verwende etwas Tuschiefarbe.

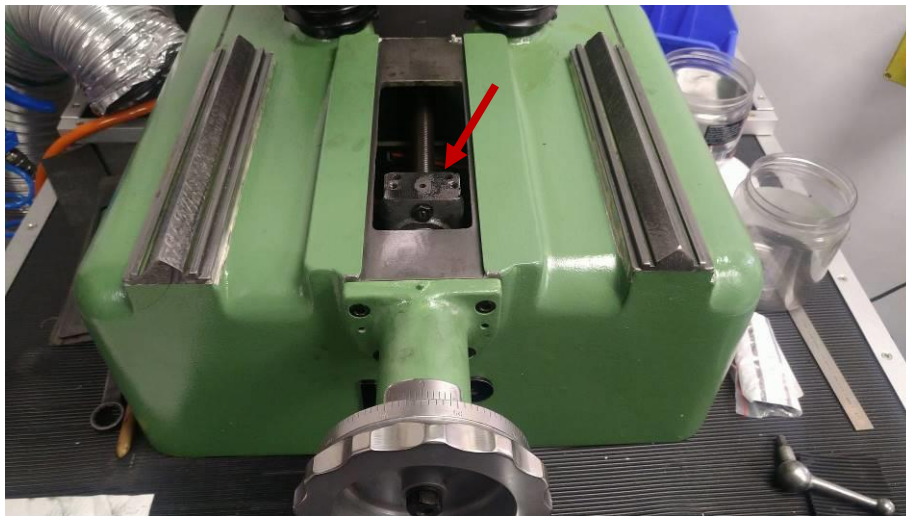


Abbildung 200: Probezusammenbau

Die Spindelmutter (Pfeil) nimmt die auf den Support aufgespritzte Tuschiefarbe an und ich sehe, ob sie irgendwie schräg aufliegt oder so wie Kontakt gibt.

Gucken wir mal etwas näher auf das Tuschiebild:



Abbildung 201: Tuschierbild der Z-Spindelmutter

Wir sehen, dass die Fläche unten rechts eher keinen guten Kontakt gab, die Mutter sonst jedoch überall anzuliegen scheint. Vielleicht ist das Problem mit den 600µm bei diesem mechanischen Konzept gar nicht so kritisch, denn die Achse wird hier nur an zwei Punkten gehalten:

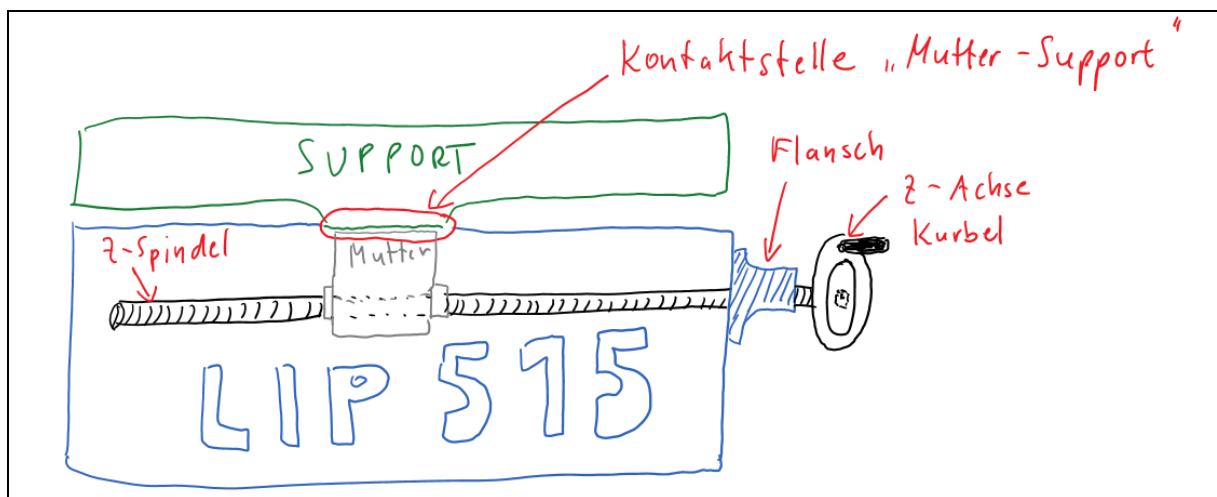


Abbildung 202: Prinzipschaubild „Z-Mutter“

Die Z-Mutter läuft auf der Z-Spindel entlang. Je nachdem, wie man das Handrad der Z-Achse („Kurbel“) bewegt, kurbelt man damit die Mutter auf der Spindel hin und her. Weil sie an dem Support angeschraubt ist, bewegt sie diesen (entlang ihrer Führungen).

Und hier haben wir unsere zwei Haltepunkte: der erste liegt im Flansch bei der Kurbel. Der zweite ist die Schraubstelle „Mutter/Support“. Das Ende der Z-Spindel hängt dabei frei in der Luft und wird nicht geführt! Damit haben wir eine 2-Punkt-Fixierung, die auf Höhenänderungen an der Mutter weit- aus unkritischer reagiert als wenn die Spindel irgendwo zwischen zwei Punkten fest eingespannt wäre und die Spindelmutter der dritte Zwangspunkt wäre (wie z.B. die Leitspindel bei einer Drehmaschine).

Trotz aller Gedanken- ich entscheide mich dennoch dafür, die Mutter ein wenig herunterzuschleifen.

Anfangs hat die obere Hälfte der Spindelmutter ziemlich genau 32mm Höhe:



Ich möchte etwa 500µm herunterschleifen. Also lege ich sie auf meine LIP-515, stelle meine Anschläge hoch und schiene sie mit zwei Fräsunterlagen.



Abbildung 203: Setup für das Schleifen der Z-Spindelmutter

Das Ergebnis kann sich sehen lassen, denn am Ende treffe ich ziemlich genau:



Abbildung 204: Ergebnis

Ich weiß, sowas misst man nicht mit dem Messschieber, sondern besser mit der Mikrometerschraube. Aber für die Anwendung hier reicht der Mitutoyo auch aus ;-)

Mit dem Endergebnis bin ich jedenfalls zufrieden.



Abbildung 205: Oberflächengüte

Ich habe keine Ahnung, was für Schleifsteine ich hier auf meiner LIP-515 habe, ich weiß noch nicht einmal die Körnung. Ich habe ein halbes Dutzend von diesen orange farbenen Dingen vom Verkäufer mitbekommen und die verwende ich erstmal und mache damit meine Versuche. Ich lerne, dass man möglichst nicht mehr als 10 oder 20µm pro Durchgang abnehmen sollte, dann funktioniert das ganz gut. Nimmt man mehr ab, reicht die Leistung des Motors der LIP-515 nicht und die Schleifscheibe bleibt sogar stehen. Ich habe sogar den Eindruck, dass durch die Erwärmung des Werkstücks während des Schleifprozesses sich die Oberfläche sogar dem Schleifrad „entgegenbeulen“ und damit die Schleifsituation noch schwieriger machen kann.

Also: beim Schleifen immer nur sehr wenig wegnehmen und öfter auch mal den Schleifstein abziehen. Sofort ändert sich das Abtragsverhalten und auch die Performance der Maschine. Daher: auch Schleifen will gelernt sein und Erfahrungen müssen gesammelt werden!

Bonusmaterial:

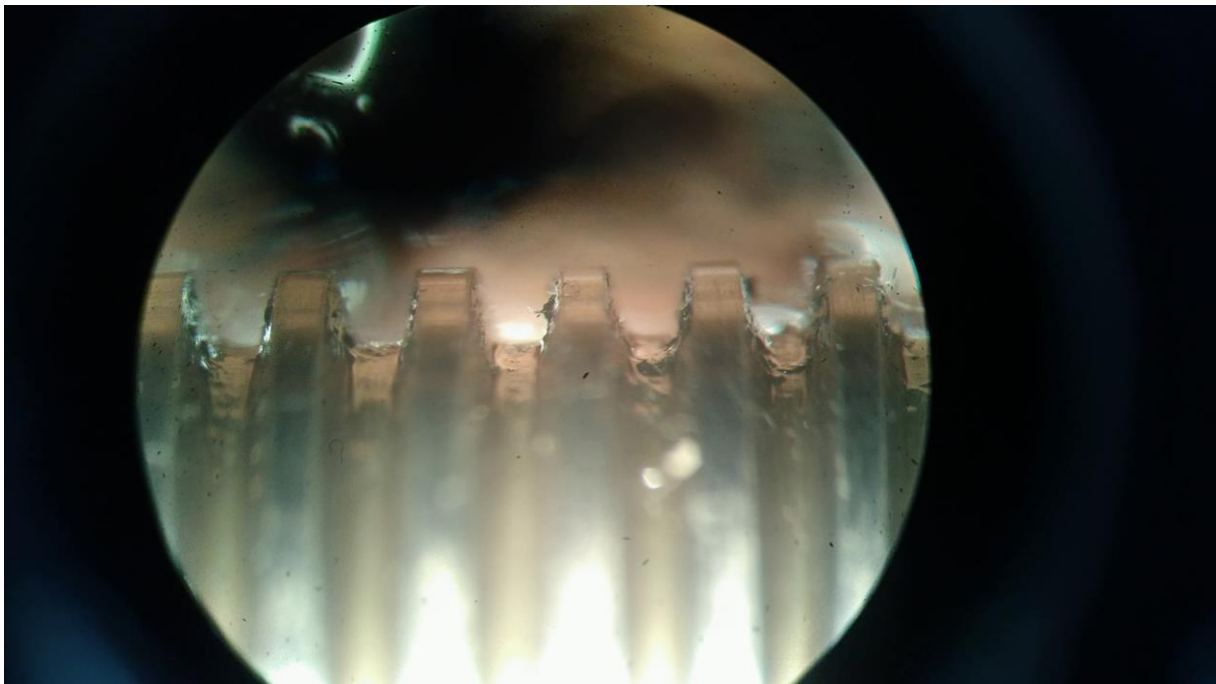


Abbildung 206: Mikroskopaufnahme des Gewindes der Z-Spindelmutter

74 Intermezzo italia

Zeit für ein Urlaubsbild. Diesmal aus dem wunderschönen Italien. Auch ein Land, auf das wir stolz in unserer Europäischen Union sein können.



Abbildung 207: Limone Sul Garda (Italien, Gardasee) im Oktober 2019

Der Hotelbalkon bietet eine unglaublich inspirierende Umgebung für Reparaturberichteschreiber. In den lauen Abendsonne Italiens entstehen viele Seiten dieses Berichts!



Abbildung 208: aufgehender Mond über den Bergen Italiens

75 Kleine Schrauben

Wieder zurück in Deutschland. Während ich noch auf die bestellten Faltenbälge für die Spindel warte, mache ich noch etwas „Feinschliff“. Ich wechsele all die vergnaddelten und teilweise abgebrochenen Schraubchen aus, die die Schutzbleche rings um den Schwingtisch und am Support halten.

Wie sich nach einer Untersuchung unter dem Mikroskop herausstellt, sind es leider keine M3-Schraubchen, sondern scheinen 1/8“ Zollgewinde zu besitzen. Daher habe ich beim Chinesen meines Vertrauens maximal CO₂-neutral ein Tütchen 10.9 Inbusschraubchen bestellt. Aber bevor ich sie einsetzen kann, muss ich sie leider anpassen. Sie sind zu lang, sind dick und haben einen zu breiten Kopf. Klasse.



Abbildung 209: Schnellspannfutter für meine Myford Super 7

Ich spanne mein Spannzangen-Schnellwechselfutter auf die Myford und spanne das Schraubchen dort ein. Mit einem scharf angeschliffenen HSS-Meißel drehe ich den Durchmesser des Schraubenkopfs auf 5,50 mm runter.

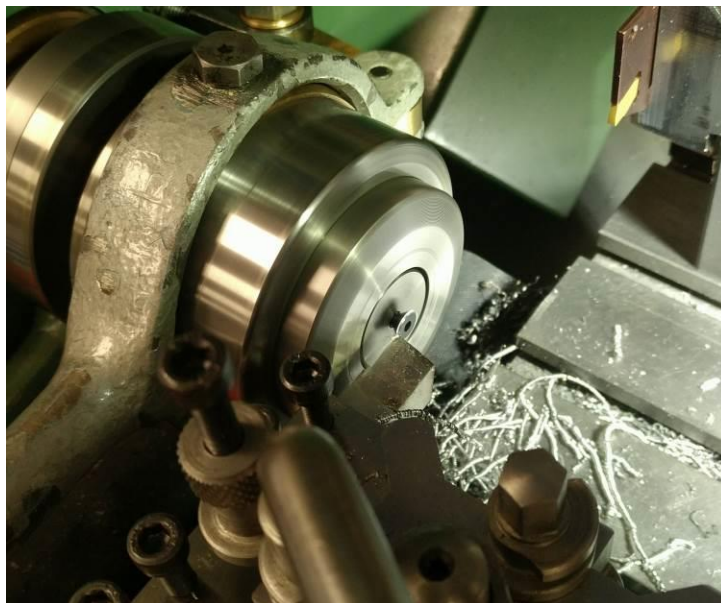


Abbildung 210: Abdrehen des Schraubenkopfes

Dann spanne ich etwas weiter aus und reduziere mit einer Feile etwas den Durchmesser: während ich bei 25,4mm/8 eigentlich auf 3,175mm komme, und die neuen Schrauben auch fast perfekt diesen Durchmesser auf den Gewinde haben, passen sie nur sehr, sehr stramm in die Gewindegänge der Maschine. Das liegt daran, dass die originalen Schrauben zwar zöllisches Gewinde, aber dafür exakt 3,00mm Durchmesser haben (das riecht nach M3!). Komisches Ding. Durchmesser metrisch, Gewinde zöllisch?



Abbildung 211: Schraubenkopf ist abgedreht

Egal. Eine kleine Schlosserfeile reduziert den Durchmesser etwas, so dass sie anschließend deutlich besser einzudrehen gehen. Natürlich ist diese Lösung nicht wirklich sauber, aber hier müssen keine großen Kräfte übertragen werden, daher kann man mit einem etwas herunter“ radierten“ Gewinde hier sicherlich leben.



Abbildung 212: die Schrauben warten auf ihre Ablängung

Um die Länge versuche ich erst ein Abstechen, aber das klappt natürlich nicht. Ich bräuchte dafür eine Vorrichtung, in die ich die Schraube eindrehen und das gesamte Teil dann in das Backenfutter einspannen kann. Leider habe ich keinen 1/8“-Gewindebohrer, um mir einen solchen Adapter herzustellen. Da es hier aber auch nicht kritisch ist, kneife ich die zu langen Schrauben einfach mit einer Kneifzange ab und schleife danach die Stirnfläche mit dem Doppelschleifer glatt. Dass bei diesem manuellen Arbeitsgang natürlich relativ starke Schwankungen in der Endlänge der fertiggestellten Schraube entstehen, ist an dieser Stelle aber unkritisch.



Abbildung 213: Eindrehen der neuen Schraubchen

In Summe fertige ich etwa knappe 30 Schraubchen, mit denen ich die alten Schlitzschrauben ersetze. Mit dem Innensechskant und abgedrehten Kopf sehen sie auf jeden Fall deutlich schicker aus.

Das war eine der letzten Arbeiten. Nun warte ich noch auf die bestellten Faltenbälge für die Z-Spindel, dann kann ich den Rest zusammenschrauben und die Maschine kann in Betrieb gehen!



Abbildung 214: finaler Endzustand des Schwingtisches

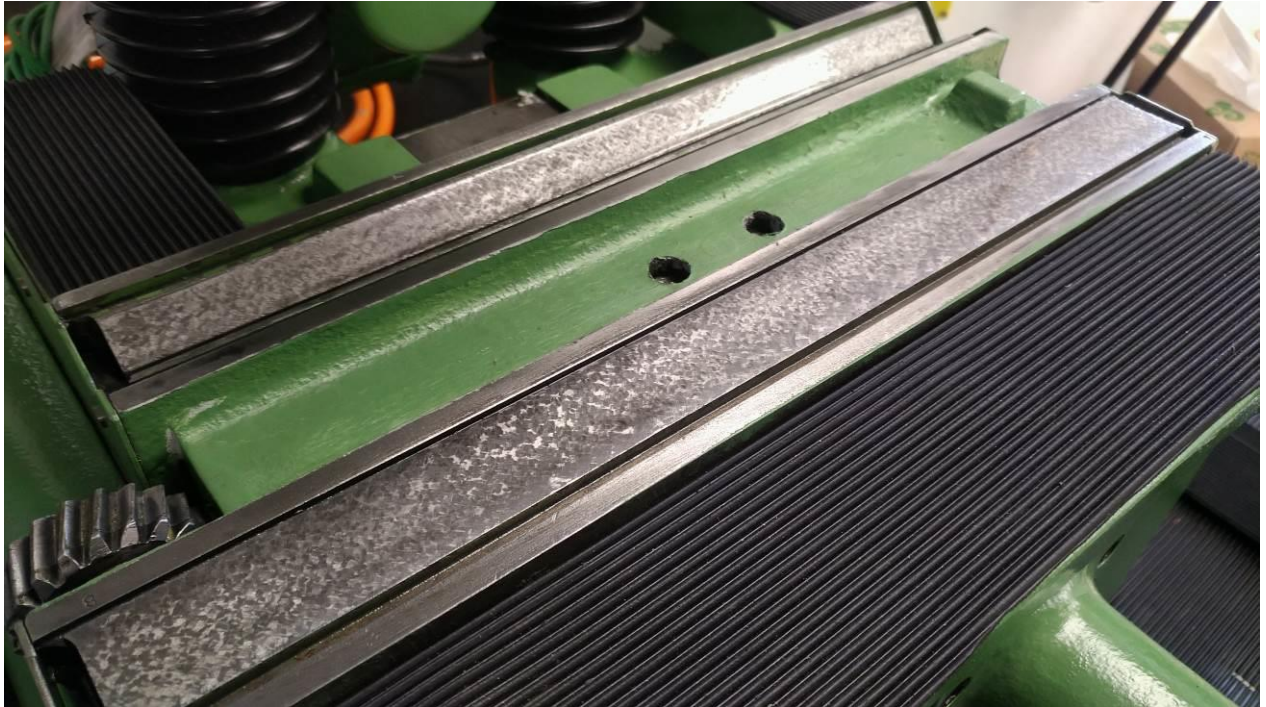


Abbildung 215: "fast" finaler Endzustand des Supports (die Z-Mutter ist noch nicht angeschraubt)

Achja- das nächste Schabe-Projekt wartet übrigens schon....:



Abbildung 216: die Fertigstellung meiner Deckel FP1 Fräse kommt jetzt endlich dran!

76 Bilderrätsel

Das Projekt „LIP-515“ neigt sich also wirklich dem Ende zu- kaum zu glauben! Es hat mich nun fast ein ganzes Jahr lang begleitet und ich beneide jeden Einzelnen von Euch um Euer Durchhaltevermögen, der diesen Bericht wirklich von vorne bis hinten durchgelesen hat! ☺

Ich möchte mich aber nicht von Euch verabschieden, bevor ich Euch nicht noch eine kleine Aufgabe mitgebe. Die folgenden Fotos entstanden auf meiner letzten Urlaubsreise in und zeigen Szenen aus einer italienischen Stadt.

Wir sehen einen Torbogen, wo wieviel Menschen reingehen. Offensichtlich kann man am Ende des Durchganges da hinten was Tolles sehen.



Abbildung 217: Bilderrätsel!

Der Durchgang endet in einem Innenhof. Dort stehen dann noch mehr Touristen, die alle ihre Kameras hochhalten und irgendwas an einem Gebäude fotografieren.

Aber was nur?

Wenn ihr die Antwort wisst, dann schreibt mir bitte eine Email mit der Lösung an:

<mailto:marc.michalzik@bymm.de>

Alle die, die es herauskriegen, werden –wenn ihr mögt- namentlich in meinem nächsten Reparaturbericht erwähnt! Ihr könnt mir gerne auch ein Bild von Euch, Eurer Werkstatt, Eurem Lieblingsmessgerät, Eurem 36“ Cincinnatti Metallhobel oder V8 Gartenhäcksler schicken. Was immer ihr mögt. Das übernehme ich dann ebenfalls in den nächsten Bericht. Bin gespannt ☺

Achja- bitte nix Obszönes oder Unanständiges. Logisch.

77 Dedication to Jan Sverre Haugjord!

This report shall not close before I declare my deepest admiration for a person that helped me so much during all the machinery rework – especially during my scraping work: Jan Sverre Haugjord!

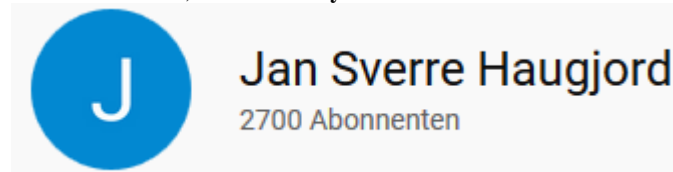
Having passed the class from the King himself (King Richard ;-), he was always been a great source of knowledge and advices for me. Despite of possessing a challenging job in a norwegian company, he still found the time for answering my emails and preventing me from several “beginner errors”. This is the reason, why I want to dedicate this report to him.



Abbildung 218: Very cool looking Jan Sverre Haugjord (Picture: Haugjord)

So thank you, Jan Sverre, and I hope that our strange scraping hobby will keep us connected also in future! ☺

For all who want to know more, check out his **youtube channel** under “**Jan Sverre Haugjord**”!



78 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.
V1.24b; Marc Michalzik. NOV2019