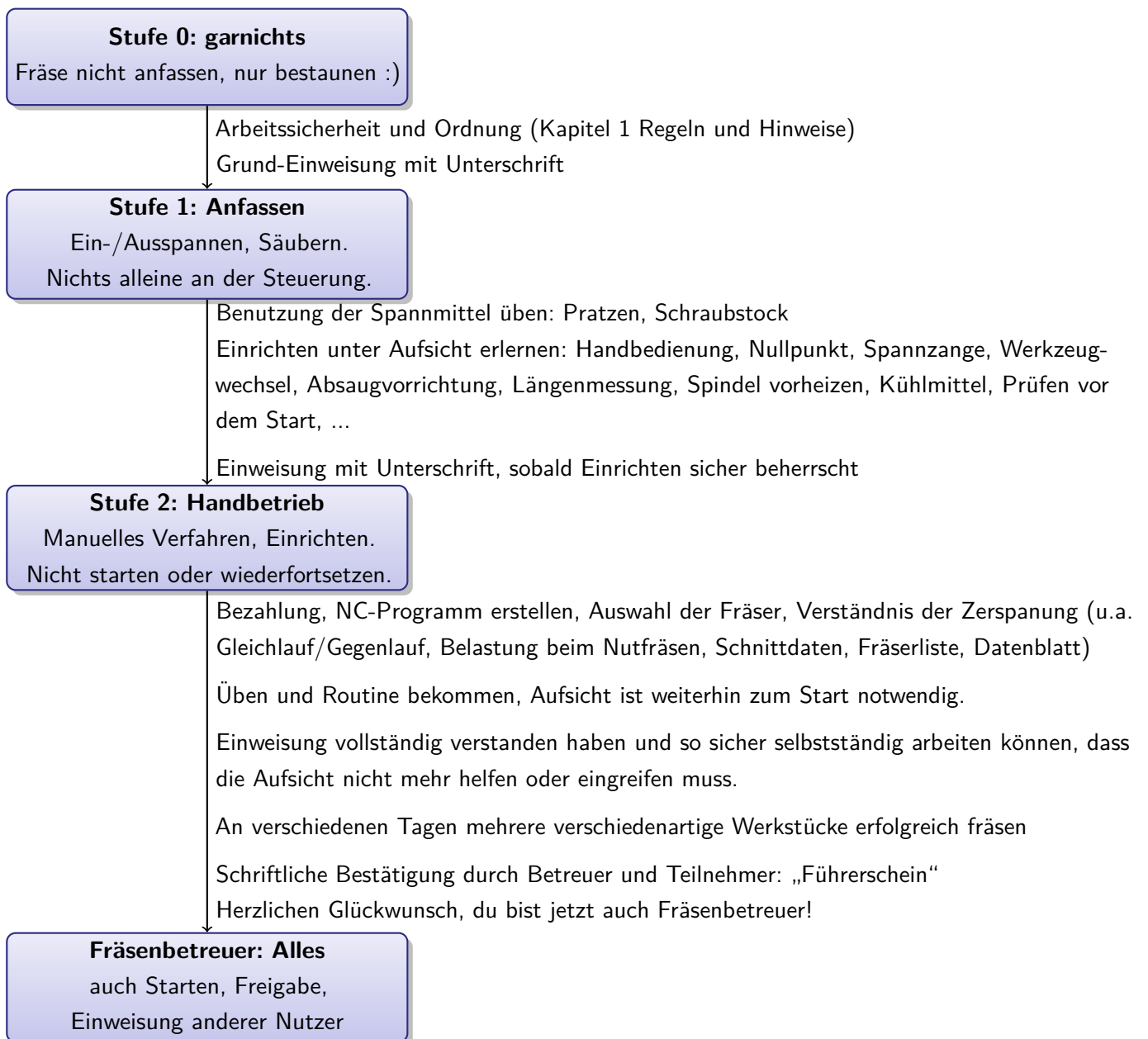


1 Regeln und Hinweise

1.1 Was darf ich?

Ohne eine unterschriebene Grund-Einweisung in diese Regeln darf die Fräse nicht benutzt werden, d.h. du darfst *garnichts* an/in der Fräse und dem zugehörigen Steuerrechner tun.

- Jede Einweisung verfällt nach einem Jahr, wenn sie nicht vorher schriftlich erneuert wurde.
- Mit Grund-Einweisung darfst du den Fräs-Auftrag zwar selber vorbereiten (Werkstück einspannen), **die Steuerung aber nicht selbstständig bedienen, also die Maschine nicht „fahren lassen“**.
- Alles andere darfst du zuerst nur unter ständiger Aufsicht durch einen Experten. Mit jedem Fräsen lernst du dazu und darfst dann immer mehr selbstständig tun, sobald es dir **schriftlich** erlaubt wird:



1.2 Handhabung

- Die Fräse ist ein kompliziertes und teures Gerät; eine Anleitung dazu kann nie vollständig sein. Nachdenken, Sorgfalt und Vorsicht sind nötig, damit weder Menschen noch die Maschine zu Schaden kommen.
- Mache dich mit den Schutzeinrichtungen und ihren Einschränkungen vertraut:
 - Not-Aus an der Fräse: Funktioniert immer, die Spindel läuft aber noch *bis zu zwei Minuten* nach.
 - Türen mit Schutzschalter: Beim Öffnen der Türen wird das Programm angehalten, die Spindel läuft nach. Manuelles Verfahren, Spindel anschalten usw. ist aber weiterhin möglich.
 - Begrenzungen in der Steuerung: Wenn die Werkzeuglänge korrekt gemessen wurde, versucht die Steuerung zu verhindern dass man den Fräser in den Nutentisch rammt.
 - Weil der PC sich aufhängen kann, sind die PC-Tasten kein Ersatz für den Not-Aus.
- Die beschriebenen Abläufe müssen unbedingt beachtet werden. Bei Unklarheiten nachfragen!
 - Um Beschädigungen zu vermeiden, müssen *vor* dem Fräsen alle gerade anstehenden Wartungen durchgeführt werden.
 - Nach Ende der Arbeit unbedingt den Werkzeughalter auswechseln (siehe Kapitel Wartung), da er sonst festfrieren kann!
- Die Dichtung unten an der Spindel und die HSK-Spanneinrichtung ist schmutzempfindlich, daher:
 - Hauptschalter immer **an** schalten, bevor irgendwas in der Fräse gemacht wird! Sonst ist die Spülluft nicht an und Dreck kann in die Spindeldichtung eindringen.
Bei Wartung: Hauptschalter an, aber Not-Aus gedrückt! (Spülluft ist dann trotzdem an)
 - Niemals in der Nähe oder in Richtung der Spindel ausblasen.
 - HSK-Aufnahme nicht leer lassen, immer gleich wieder einen Werkzeughalter einsetzen.
- Die Spindel und deren Lager sind empfindlich gegen Überlastung, deshalb:
 - Niemals mit der stehenden Spindel irgendwo dagegenfahren. Dies beschädigt die Lager.
 - Vorsicht nach einem Notaus während der Fräser sich im Material befindet! In diesem Fall die Endstufen (Stepper) niemals über Not-Aus Reset direkt wieder aktivieren. Dies führt zu einem geringfügigem Verfahren der Spindel und beschädigt diese. Das Prozedere in diesem Fall ist kompliziert, deshalb in diesem Fall Maschine außer Betrieb setzen und auf einen Experten warten.
- Beim Hantieren in der Fräse:
 - Schmiermittel und Späne sind nicht gut für die Haut. Einweghandschuhe sind in der Werkbank. Späne auf der Haut nicht wegreiben, sondern abwaschen.
 - Beim Ausblasen für Augenschutz (Späne) und ggf. Gehörschutz sorgen. Ausblasen verteilt oft nur den Dreck, deshalb lieber kehren oder saugen. Es besteht die Gefahr, dass Dreck in abgedichtete Bereiche, z. B. unten bei der Spindel, gepresst wird.

- Während jemand an der offenen Fräse ist, bedient kein anderer den PC. Zum manuellen Verfahren beim Antasten die Tastatur mitnehmen und es selber machen!
- Spindel und Nebelkühlung auslassen, solange die Maschine offen ist!
- Ausnahme Kühlung: beim Justieren der Kühlmittelstrahlen auf den Fräser darf die Kühlung natürlich an sein.
- Bei der Verwendung von Materialien, die Staub erzeugen können, muss unbedingt abgesaugt werden! (unter anderem Hartholz, Graphit, Carbon, GFK, Platinenmaterial). Stein ist nicht zulässig, weil der Staub stark abrasiv ist. Für all diese Materialien ist der Festool-Absauger in Verbindung mit dem Zyklonabscheider vorn an der Maschine zu verwenden, da der Sauger für Feinstäube zugelassen ist. Es ist wichtig, den Staubsauger so stark einzustellen, dass kein Staub auf dem gefrästen Material liegen bleibt. Im Zweifel lieber etwas stärker einstellen. Hierbei **KEIN KSS** verwenden.
- Die Deckenlüftung muss an sein, solange die Fräse in Benutzung ist, auch beim Warmlaufen.
- Bei Bruch eines Fräasers muss er gezahlt werden, unabhängig von einem Verschulden des Benutzers. (Irgendwo muss das Geld für den neuen Fräser ja herkommen.)

1.3 Ordnung

- Bei den Spänen auf Mülltrennung achten: Normalerweise sind Aluspäne in der Wanne. Wenn sonstiges Material gefräst wird, Wanne davor und danach in den passenden Eimer ausleeren.
- Nach Öffnen der Türen ist zu kontrollieren, ob Späne auf den Boden neben der Rutschmatte gefallen sind. Wenn ja, *sofort* wegsaugen.
- Auch die Türkanten absaugen (verhindert von Anfang an, dass Späne auf den Boden fallen)
- Nach getaner Arbeit Fräse wieder schön sauber machen – siehe Kapitel Wartung.

2 Wartung, Vor- und Nachbereitung der Maschine

Kontrolliere die ausstehenden Arbeiten im Wartungsplan. Es spart Zeit, mit den selteneren Aufgaben zu beginnen.

Wenn zu viel auf einmal ansteht, dann darfst du die Wartung auf folgendes einschränken: Die tägliche Wartung, sowie mindestens 20 Minuten lang ältere Wartungsaufgaben.

2.1 jedes mal / täglich

1. Sichtprüfung der Maschine.
2. Wartungsplan neu ausdrucken wenn er abgelaufen ist.
3. Füllstand KSS kontrollieren, ggf. nachfüllen: KSS Typ „Jokisch Kompakt V“ im Verhältnis 1:10 bis 1:20 mit Wasser verdünnt
4. auf gleichmäßigen Luftaustritt ringsum an der Spindeldichtung prüfen (Abb. 2, gelb)
5. ggf. Dreck von der Spindeldichtung mit feuchtem Tuch abwischen
6. Faltenbalge absaugen
7. warmlaufen lassen, auch jedes mal nach über 30min(?) Stillstand.
8. Kegel- und Planfläche der HSK-Aufnahme an der Spindel mit Papiertuch säubern (Abb. 2, blau und rot)
9. alle verwendeten HSK-Einsätze mit Papiertuch säubern (Kegel- und Planfläche, siehe Abb. 1)



Abbildung 1: HSK-Einsatz rot markiert: Kegel- und Planfläche

2.2 14tägig

An allen HSK-Einsätzen die Kegel- und Planfläche (siehe Abb. 1), sowie ggf. auch die Spannzange und den zugehörigen Kegel reinigen und pflegen: (Entfällt wenn die Fräse in den letzten Wochen nicht genutzt wurde).

1. mit Spiritus und Papiertuch säubern,
2. „Klüber Lusin Protect G31“ schütteln und Flächen damit kurz einsprühen, mit sauberem Papiertuch gleichmäßig verteilen. Ergebnis ist ein unsichtbar dünner Wachsfilm gegen Rost.

Nicht die HSK-Aufnahme an der Spindel einsprühen. Die Spindeldichtung ist zu empfindlich!

3. trocknen lassen

2.3 monatlich

1. Kühlwasserstand Kühlgerät prüfen, ob er über der roten Markierung ist, wenn das Gerät läuft. (Rot: Minimum, Blau: Halbvoll, das Maximum ist im Gerät am Tank gekennzeichnet.)
2. Greifer schmieren: (Entfällt wenn die Fräse im letzten Monat nicht genutzt wurde)
 - a) „Metaflux Moly-Spray 70.82“ gut schütteln (Feststoffanteil!)
 - b) Den Greifer in der Mitte der HSK-Aufnahme damit schmieren. Das Moly-Spray (graue Flüssigkeit) dazu in die 6 Lücken zwischen den Segmenten des Greifers aufbringen (Abb. 3).
 - c) Den Innenkegel mit einem Papiertuch abputzen, damit nicht durch (zu viel) Schmiermittel der Kegel "festklebt". Wenn das doch passiert ist, kann durch vorsichtiges, seitliches Schlagen mit dem Schonhammer der Kegel gelöst werden, während man die Auswechseltaste betätigt.
 - d) Mehrmals HSK-Einsatz ein- und auswechseln, um Schmiermittel zu verteilen. Dabei Schmiermittel abputzen, das am Einsatz hängen bleibt.
 - e) Greifer und alles andere mit Papiertuch abputzen, um überschüssiges Schmiermittel zu entfernen.
 - f) Spindel kurz laufen lassen (z.B. mit Warmlaufprogramm), wieder ausschalten. Nochmal HSK-Einsatz auswechseln und putzen.
 - g) Der Werkzeughalter darf beim Wechseln kein graues Schmiermittel mehr auf die Außenflächen bekommen. Sonst muss weiter geputzt werden.

2.4 halbjährlich oder seltener

- Kabel und Schläuche auf festen Sitz und guten Zustand (Scheuerstellen?) prüfen.
- 2 Druckluftanzeigen kontrollieren: Diese sind am Druckluftverteiler rechts neben dem Schaltschrank. Links (hinter dem Alu-Tischpfosten) sollen 4 bar, rechts 6 bar angezeigt werden.

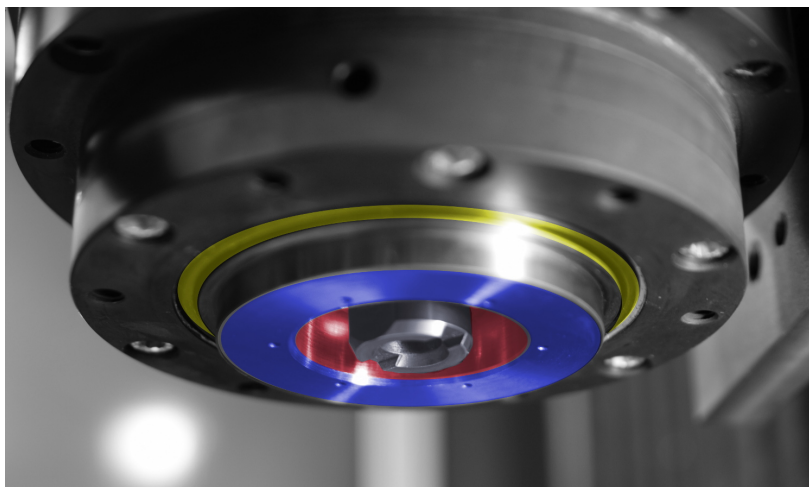


Abbildung 2: Spindelnase von unten: Spindeldichtung mit Luftaustritt (gelb), HSK-Aufnahme mit Kegelfläche (rot) und Planfläche (blau)

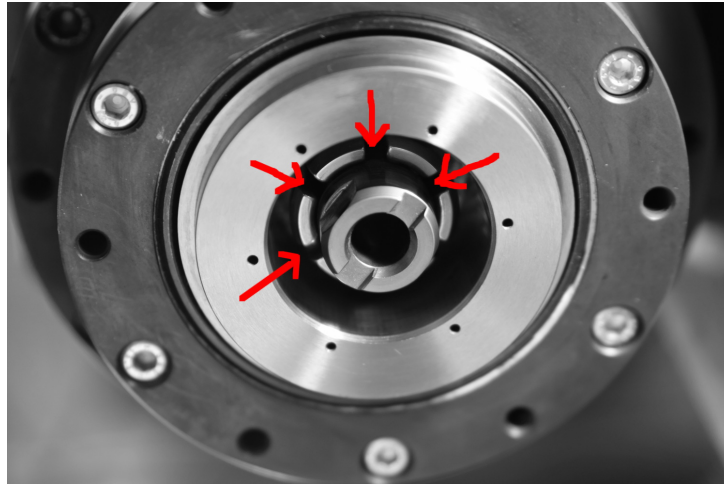


Abbildung 3: Schmierung der HSK-Aufnahme am Greifer (Pfeile)

- 2 Kondensatabscheider entleeren: Der erste ist unterhalb der 6-bar-Druckanzeige des Minderers. Unten draufdrücken, bis kurz Luft (und ggf. eine Kleinmenge Flüssigkeit) ausströmt. Der zweite ist rechts daneben und hat unten einen blauen Schraubnippel. Diesen etwas aufschrauben bis kurz Luft ausströmt.
- Kabelketten kontrollieren und ggf. reinigen
- Not-Aus, Störungsmeldung und alle 3 Türschalter auf Funktion prüfen. Dazu folgendes testen:
 1. Wenn der Not-Aus gedrückt ist, prüfen dass man von Hand am PC nicht die Fräse verfahren kann (und auch sonst nichts geht).
 2. Not-Aus lösen, Reset drücken. Prüfen dass es jetzt wieder geht.
 3. Die Lampe "Fehler Kühlung" muss leuchten wenn das Kühlgerät ausgeschaltet ist.
 4. Nun die Türschalter testen: Ein harmloses Fräsprogramm einrichten, so dass es in der Luft fräst. Rechte Türe öffnen, übrige Türen schließen. Programm starten (**Auto** → **Start**). Prüfen, dass Fehlermeldung kommt und man nicht starten kann.
 5. Ebenso jeweils für die mittlere und linke Türe prüfen.
 6. Alle Türen schließen und prüfen dass man jetzt starten kann (um Fehler im Testablauf auszuschließen).
- Staub aus dem Kühlgerät entfernen (aussaugen, ggf. ausblasen)
- Lüfter der Steuerung absaugen, bei Bedarf Lüfterfilter tauschen (z.B. durch G3 Filtermatte für Badezimmer-Lüfter)
- Vollständige Schmierung gemäß Handbuch BZT: Führungen und Kugelrollspindeln schmieren (Kap. 7.4-7.5)

2.5 jährlich

- ggf. PC aussaugen
- jährlich Kühlwasser tauschen (Algenbildung, Korrosionsschutzmittel geht kaputt).

2.6 Kühlwassertausch

Für die HSD Spindel wird als Kühlmittel Wasser mit Korrosionsschutz (Monoethylenglykol plus Additive) verwendet. Nötige Menge etwa 11 Liter. Es besteht quasi keine Möglichkeit, zu erkennen ob die zum Korrosionsschutz nötigen Additive verbraucht sind, daher muss es auf Verdacht getauscht werden. Der pH-Wert ist nicht aussagekräftig!

Befüllung:

- Offiziell wird in der Anleitung des IDEA Kühlgeräts (liegt auf fablab-data) die gebrauchsfertige Mischung (darf nicht weiter verdünnt werden) ARTIC FLU-5 genannt. Diese hat eine Konzentration von 10 %.
- Die gleiche Norm wird durch 1,5 Liter Glysantin G30 (Konzentrat), aufgefüllt mit Wasser, erfüllt. Damit gab es nach 1 Jahr starke Algenbildung.
- Aktuell (2021) sind 5 Liter Glysantin G30 Konzentrat mit 5-6 Litern Wasser gemischt, in der Hoffnung dass das nicht so schnell Algen ansetzt.

Beide Produkte sind nicht kompatibel, d.h. beim Wechsel zum anderem Produkt muss zunächst gründlichst das System mit normalem Wasser durchgespült werden. Das ist aber ohnehin sinnvoll. Reinigungsmittel oder sonstige Zusätze dürfen nicht verwendet werden, da unklar ist ob alle Materialien und Dichtungen dagegen beständig sind.

Vorne am Kühlgerät ist ein Zulauf- und Ablaufstutzen (letzterer ist näher an OUT) mit Verschlusskappe und entsprechendem Hahn angebracht. Die Hähne unterbrechen den Kreislauf und leiten auf die Stutzen um. Somit kann man Wasser abpumpen und später auch nachfüllen.

Vorbereitung Kühlgerät ausschalten. Am Ablaufstutzen einen Schlauch anbringen. Zulaufstutzen mit Verschlusskappe schließen. Beide Hähne um 90 Grad drehen, damit sie in nicht-normaler Stellung stehen. Ablaufstutzen mit Schlauch versehen.

Abpumpen Deckel des Kühlgeräts und anschließend Deckel des innenliegenden Tanks demontieren, um später den Tank auf Algen zu prüfen und ggf. zu reinigen. Kühlgerät anschalten, um Wasser abzupumpen. Durch vorsichtiges zur Seite kippen des Kühlgeräts kann auch der Rest abgepumpt werden. Gerät ausschalten sobald Pumpe leerläuft.

Entsorgung der alten Füllung als „Kühlerfrostschutzmittel mit Korrosionsschutz, verdünnt“ in Absprache mit der Arbeitssicherheits-Gruppe des FabLab.

Spülen Zum Spülen Frischwasser über Schlauch an Zulaufstutzen anschließen, während des Anschließens den Hahn noch geschlossen halten. Der Tank füllt sich nun mit Frischwasser, schaltet man das Gerät an wird Wasser abgepumpt. Dieses Spülwasser kann man in die Kanalisation (Waschbecken) abpumpen. Die Frischwasserzufuhr muss man ab und zu ausschalten, damit der Tank nicht überläuft. Tank putzen, ggf. Algen mit Handschuh abfischen. Dabei beachten, dass die Kupferrohre des Kühlkreislaufs nicht beschädigt werden dürfen. So lange spülen, bis keine Algen oder Flusen mehr im Tank zu sehen sind. Es kann helfen, zwischendurch den Zulaufschlauch direkt oben in den Tank zu halten, um gezielt einzelne Stellen zu spülen.

Abpumpen beenden Hähne in Normalstellung bewegen. Es darf jetzt kein Wasser mehr hinein oder hinaus fließen, wenn das Gerät an ist. Stutzen verschließen.

Algenfilter reinigen An der Spindel befindet sich ein Absperrhahn mit integriertem Filter. Hahn auf geschlossen stellen. Blindkappe unten am Absperrhahn aufschrauben, herauskommende Wassertropfen auffangen. Filtereinsatz mit Zange entnehmen. Filtereinsatz im Waschbecken reinigen. Wieder einsetzen und Blindkappe mit Schraubenschlüssel vorsichtig handfest (ohne Gewalt) verschließen. Absperrhahn wieder öffnen.

Korrosionsschutz einfüllen Das Wasser muss größtenteils abgepumpt sein. Nun die oben genannten 1,5 Liter Glysantin G30 einfüllen und mit Wasser (z.B. mit Schlauch direkt oben in den Tank füllen) bis knapp unter den blauen Strich auffüllen.

Gerät verschließen Alle Deckel wieder befestigen. Fertig.

2.7 Feierabend / nach Ende der Arbeiten

- Werkzeughalter entnehmen und durch einen sauberen, nicht aufgewärmten (unbenutzten) Werkzeughalter ersetzen. Es droht sonst das Festfressen (Passungsrost).
- Vor dem Ausschalten: Tisch in Parkposition fahren (**P2** im Referenzfahrt-Menü)

Säubern:

- bei Bedarf die Punkte der täglichen Wartung wiederholen
- Werkstück ausspannen und abwaschen
- Türkanten und Schaltschrank-Oberseite saugen
- Spannmittel abwaschen, abtrocknen und aufräumen
- Nutentisch abkehren (Augenschutz!)
- ggf. Nuten *von der Spindel weg* ausblasen (Augenschutz! Gehörschutz!)
- Späne in die Spänewanne kehren oder wegsaugen

- Kühlmittel-Ausströmer saubermachen, damit man sich beim Einstellen nicht die Hände zersticht oder vollsifft
- Scheibe der Haupttür soweit saubermachen, dass man den Fräser gut beobachten kann. Dies muss mit nassen Tüchern besonders vorsichtig gemacht werden, um die Scheibe nicht mit Spänen zu zerkratzen
- Spänewanne in den richtigen Eimer ausleeren.
- Boden rund um die Fräse saugen, wenn Späne rausgefallen sind

3 Checkliste Auftragsstart

3.1 CAM

1. Herausfallende Stücke? Stege setzen, auch für kleinere Teile möglichst 3-4 Stück.
Richtwert: Bei Alublech alle 50-100mm ein 2mm dicker und 2mm langer rechteckiger (nicht angeschrägter) Steg. Bei Weichholz 3mm lang, 4mm dick. Je nach Fräserdicke und Material muss das angepasst werden.
VCarve: Wenn tiefer gefräst wird als das Material, muss die Stegdicke entsprechend erhöht werden, denn diese bezieht sich immer auf den untersten Punkt der Fräsung. Vorsicht auch bei unebenem Material.
2. VCarve: Starttiefe=0, außer wenn vorher mindestens so tief ausgefräst (Reihenfolge!)
Für besondere Vorsicht (unebenes Material) kann Starttiefe auch negativ sein.
3. Erlaubte Frästiefe beachten: Ein Fräser darf meist nicht so tief eintauchen wie er lang ist, weil der Schaft etwas größer ist als die Schneiden. Die erlaubte Tiefe steht im Artikelnamen in der Preisliste oder im Datenblatt (nutzbare Schneidenlänge bzw. Freistellungslänge). Bei Schaum u. ä. kann ein gleich dicker Schaft auch ausreichend sein)
Wird tiefer als die Schneidenlänge gefräst, ist beim Nutfräsen besonders auf die Spanabfuhr zu achten. Sollten sich Späne in der Nut sammeln, Job pausieren und mit Druckluft ausblasen.
4. Ist der Fräser stirnseitig schneidend? (Fräsertabelle oder Datenblatt) Wenn nein, darf er nicht bohren oder senkrecht eintauchen.
(Beispiele zur Zeit: Och Fräser in Edelstahl und Titan, ..., Sonderfall Entgratfräser: nur die Spitze kann nicht bohren)
Diese Fräser sind oft, aber nicht immer, im VCarve extra gekennzeichnet.
Dann möglichst einen anderen Fräser verwenden oder im VCarve: Schrägeintauchen/Anfahrrampe aktivieren, außerdem die Stege rampenförmig und nicht rechteckig einstellen (Eintauchrampe gilt nicht für Stege!) **prüfen ob das wirklich ausreicht**
Den erzeugten Werkzeugweg kritisch anschauen, ob er wirklich immer schräg verfährt.
5. unabhängig davon ist ein schräges Eintauchen fräserschonender (VCarve: Anfahrrampe schräg, Länge der Anfahrrampe ungefähr gleich der Eintauchtiefe wählen.)
6. Bohren: wenn Fräser zum Bohren verwendet werden oder relativ tief gebohrt wird, Tieflochbohren mit 1mm Rückzugshöhe aktivieren (Bohrer wird nach der eingestellten Bearbeitungstiefe ganz (+1mm)

herausgefahren, damit Späne rausfallen und neue Schmierung reinkommt)

7. Werkstückeinstellungen prüfen (VCarve: im rechten Fensterteil bei den Werkzeugwegen):

- Eintauchhöhe über dem Werkstück 6-4 mm, nach Planfräsen auch 2mm.
- Sichere Flughöhe höher als Spannpratzen+Aufbauten (> 50mm)
- Parkposition an sinnvollem Ort und sehr hoch über Werkstück (Kollision mit Spannpratze?)

8. Rohling abmessen, mit CAM vergleichen

- a) Z: Materialhöhe richtig, Frästiefe mindestens 1mm kleiner als Rohmaterial
oder mit Durchfräsunterlage: CAM-Maß gleich Rohmaterial, Fräsung „ins negative“
Fräsungen näher als 2mm am Tisch werden von der Steuerung sowieso verboten, wenn die
Werkzeuglänge korrekt eingemessen wurde
- b) X/Y: CAM-Maß \leq Rohmaterial (Sicherheitsabstand je nach Spannmittel. Durchmesser der
Spindelmutter beachten!)

9. Prüfen, dass die Werkzeugnummern verschiedener Werkzeuge unterschiedlich sind. Wir haben mehr
Werkzeuge im Lab, als es mögliche Nummern gibt!

10. Es geht nur ein Werkzeug pro erzeugte NC-Datei!

3.2 Einrichten Teil 1/2

1. Wartungsplan abgearbeitet?
2. Festspannung Werkstück: Es darf nichts mehr wackeln können (ggf. mit Schonhammer testen!)
3. Durchfräs-Unterlage? Beim Fräsen etwa 2-5mm dick, bei Verwendung von Bohrern ggf. mehr (Länge
der Bohrspitze!)
4. Drehung des Koordinatensystems (G68R) setzen oder zurücksetzen im Menü „Antasten“ oder im
Reiter „Variablen“.

Beachte: Es kann auch noch vom Vorgänger-Job eine Drehung gesetzt sein!

3.3 Werkzeugwechsel

1. neuen Werkzeughalter vorbereiten:

- alle Spannflächen müssen sauber sein, ggf. mit Papiertuch putzen.
- Werkzeughalter in die Montagevorrichtung an der Werkbank stellen.
- Spannzange auswählen (Eine Spannzange mit Bezeichnung 3-2 ist für Fräser mit 2...3 mm
Schaft. Ein Fräser mit 3,1 mm Schaft darf also *nicht* in eine 3-2 Spannzange! Spezialfall: Für
3,175mm = 1/8 Zoll gibt es eine spezielle Spannzange.)
- Spannzange in Spannmutter einsetzen: *Schräg ansetzen* und dann einklicken.

- Fräser auf Beschädigung prüfen
- Fräser einspannen, die Spannmutter fest anziehen (80 Nm). Der zylindrische Teil des Fräasers soll möglichst weit in die Spannzange eingeschoben werden, darf aber nicht innen anstoßen. Zum Festziehen Drehmomentschlüssel verwenden. Drehmomentschlüssel nicht über den Auslösepunkt („Knack“) weiterdrehen und nach Verwendung wieder auf Minimum zurückstellen.

2. Werkzeugwechsel (User → Werkzeugwechsel)

Quetschgefahr: Deine Fingerkuppe könnte zwischen Werkzeughalter und Spindel gelangen und dort eingezwickelt werden. Deshalb den Werkzeughalter nur unten an der Spannmutter festhalten.

- a) Werkzeugnummer eingeben und die Dialoge bestätigen. Die Werkzeugnummer 0 bedeutet „kein Werkzeug“.
- b) Es erscheint „jetzt Werkzeug wechseln“.

Bisherigen Werkzeughalter auswerfen: Diesen festhalten, damit er dabei nicht herunterfällt. Grünen Taster an Spindel gedrückt halten, Halter entnehmen.
- c) (Für Wartungszwecke kann man hier kurz pausieren und die Wartung durchführen)
- d) Neuer Halter und Gegenstück an der Spindel muss sauber sein (Kegel und Planfläche)! Sonst mit Papiertuch abputzen.
- e) Neuen Halter einsetzen, dazu Taster gedrückt halten, Halter bis ganz oben einschieben, Taster loslassen.
- f) Sicherstellen, dass am Schaltschrank die Lampe Werkzeug OK (grün) leuchtet. Sonst nochmal auswechseln.
- g) Maschinentüre schließen und mit OK bestätigen.

Der Knopf „Abbrechen“ ist nur für den Sonderfall, dass man etwas falsch gemacht hat und nochmal von vorne anfangen will. Früher (vor Mai 2023) war das anders.

3. Wenn ein Fräser eingespannt ist: Werkzeuglänge messen (der Abfrage folgen bzw. User → Wkz.länge). Diesen Schritt zu überspringen ist gefährlich, ihn unnötig zu wiederholen schadet nicht.
4. Wenn das Programm nach dem Werkzeugdurchmesser fragt, muss dieser mit Punkt statt Komma eingegeben werden (richtig z. B. 4.5).

3.4 Der 3D-Taster

wie man den 3D-Taster verwendet... von PhilippH und AlexanderS

3.5 Einrichten Teil 2/2

1. **Vor** dem Antasten muss die Werkzeuglänge gemessen werden

2. Nullpunkt setzen Z,X,Y, *nachdem* die Werkzeuglänge gemessen wurde. Den Z-Null zu vergessen ist besonders riskant.

Wenn die Koordinate mit dem Button auf einen bestimmten Wert gesetzt werden soll, muss dieser mit Punkt statt Komma eingegeben werden, sonst wird er falsch angenommen!

3.6 Datencheck

1. Daten laden
2. *Nach* Nullpunkt und Werkzeugvermessung: **Redraw** , Vorschau sinnvoll?
3. Angezeigte Maße X,Y,Z kleiner als Werkstück?
4. Position Nullpunkt passend zu Daten? Vorschau beachten
5. Keine Spannmittel im Fräsbereich, Sicherheitsabstand!
dazu am besten kritische Randpunkte von Hand anfahren und sehen, ob die Spindelmutter bzw. der Fräser bei vollem Eintauchen mit irgendwas kollidieren würde. → Spannmittel prüfen!
Bei weit rausstehenden Spannschrauben kann auch die bewegliche Platte der Z-Achse (hinter der Spindel) damit kollidieren.
6. Sichere Flughöhe kontrollieren: Z-Sicherheitsabstand oberhalb der Platte (Material kann uneben sein)
7. Parkposition kontrollieren: Fährt der Fräser zwischendurch bzw. am Ende an eine harmlose Position oder kollidiert er dort mit irgendwas?

3.7 Auftrag starten

1. Deckenlüftung (Absaugung) geht automatisch an
2. Kühlaggregat an
3. Spindel muss vorgeheizt sein, sonst User-Button **Spindel vorheizen** betätigen.
Beim Vorheizen muss immer ein Werkzeughalter in die Spindel eingesetzt sein. Außerdem muss dabei, damit die Spannmutter nicht herausfallen kann, entweder einen Fräser fest eingespannt oder Spannmutter und Spannzange entnommen sein. Während des Vorheizens müssen die Türen geschlossen bleiben.
4. Wenn benötigt (Metall) KSS an. Kurz warten, dass die Luftblasen weg sind. Strahlen auf die Fräterspitze richten und mittelmäßig stark einstellen.
Zum besseren Ansaugen gegen die ersten Luftblasen gibt es den Boost-Taster.
Kommt genug Nebel? (z.B. Acrylplatte in den Nebelstrahl halten und schauen wieviel Tropfen hängenbleiben)
5. Start drücken - Maschine fährt los.
6. Beobachten, anfangs immer einen Finger nahe bei der F4-Taste haben, ggf. den Vorschub beim ersten Eintauchen runterstellen (**F-** im Automatik-Menü)

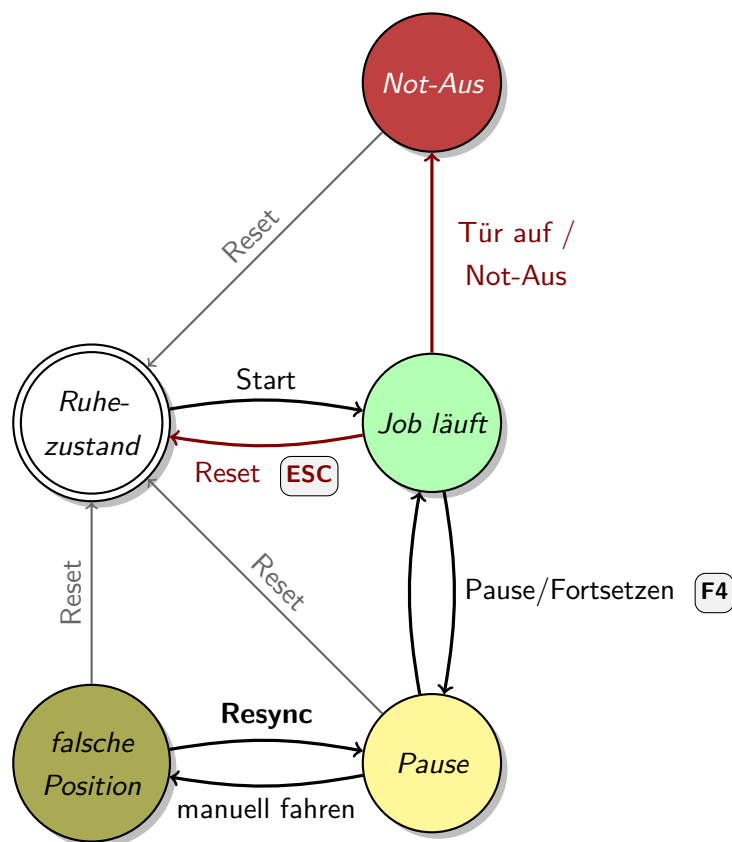
7. Mit Druck auf **STOP** oder F4 hält die Maschine an und geht in Pause-Status (siehe 3.9)

3.8 Auftrag mit mehreren Werkzeugen

Es geht nur ein Werkzeug pro Datei. Neue Datei laden, Werkzeugwechsel und Längenmessung ausführen wie oben beschrieben, dann starten.

Mehrere Werkzeuge pro Datei sind nicht erlaubt, weil es damit noch bekannte Probleme und Gefahren gibt, insb. verwirrende Meldungen und die Gefahr dass die falsche Werkzeuglänge genutzt wird. Für weitere Infos melde dich bei Max.

3.9 Wiederfortsetzen nach Pause



Damit nach einer Unterbrechung wieder vom gleichen Zustand aus fortgesetzt wird, auch wenn man den Fräser zwischendurch manuell verfahren hat, erscheint nach **Start** der Resync-Dialog.

Jeder der Knöpfe steht für eine Variable. Grün heißt, dass der Zustand passend zum Fortsetzen ist. Draufklicken schaltet den Zustand um bzw. fährt zum passenden Fortsetzungspunkt.

Bei Verwirrung geht stattdessen auch: **Reset** setzt das Programm auf den Anfang zurück, jetzt kann man es nochmal vom Start aus laufen lassen. Es fräst dann anfangs in der Luft, das stört aber nicht weiter.

Die sinnvolle Reihenfolge beim Bedienen ist:

1. Nach **Start** ist der Resync-Dialog links erschienen.

2. Geschwindigkeit F (Textfeld), mit der zur Z-Höhe zurückgefahren wird, sollte auf 100 stehen (Kriechgang), sonst Crashgefahr.
Diese Geschwindigkeit gilt nicht für X/Y!
3. Spindel an: **S**
4. Kühlung an: **M8** kann manchmal auch rot sein, Hauptsache sie ist an
5. Die Position kann auch wie gewohnt per Tastatur verfahren werden.
6. Wenn die X/Y-Position nicht stimmt (Knopf mit roter Schrift), am besten erstmal den Fräser mit BildHoch aus dem Werkstück rausfahren, damit man nicht aus Versehen quer durchs Werkstück fährt. (Vorsicht bei sehr speziellen Fräserformen wie Gewindefräser, Kugelfräser o. ä.: Dabei kann es sein, dass man nicht einfach geradeaus hochfahren darf.)
7. Position anfahren: **X** , **Y** (Abbrechen mit Esc)
8. Danach Position **Z** anfahren (Abbrechen mit Esc)
9. Erst wenn alles auf grün: **Start**

3.10 Auftragsende, Bezahlung

1. Die abgelaufene Zeit wird angezeigt. Eine grobe Vorhersage wird auch nach dem nach dem Neuladen der Datei angezeigt.
2. Eingeben und Bezahlen im Kassenterminal: Grundpreis + Minuten Fräse + Minuten Fräser (wenn Fräser vom Lab genutzt wurde) bzw. Stückpreis Fräser (wenn Fräser vom Lab genutzt wurde und kaputt ging)
3. Aufräumen wie unter 1.3 beschrieben.

4 Fehlerbehebung

4.1 Werkzeugwechsel während Job wird nicht unterstützt

Wenn ein Fehler „Werkzeugwechsel während Job wird nicht unterstützt.“ kommt, dann passt die aktuell geladene Werkzeugnummer nicht zur vom Programm erwarteten Werkzeugnummer. Abhilfe: Reset und den kompletten Einrichtvorgang (Werkzeug wechseln, Länge, Z-Null) mit der korrekten Werkzeugnummer wiederholen.

4.2 Notaus löst aus

Eine Schutzabschaltung kann u. a. folgende Gründe haben:

- Umrichterfehler
- Kühlaggregat aus / Fehler

- HSK-Einsatz nicht korrekt eingelegt (Lampe „Werkzeug OK“?)
- Notaus-Knopf gedrückt
- Fehlbedienung

4.3 Maschine dreht nur bis ca. 15000 Umdrehungen hoch und schaltet dann ab

Der Umrichter hat zwei Profile, die in unterschiedlichen Drehzahlbereichen ideal funktionieren.

- Profil 1: 0 bis 18000 rpm, im unteren Bereich nicht volles Drehmoment möglich.
- Profil 2: 0 bis ca. 15000 rpm, darüber steigt der Umrichter aus. Volles Drehmoment bis 12000 rpm

In über 90% aller Fälle reicht Profil 1 aus, auch z.B. für 10mm Fräser ZOX Vollnut in Aluminium (getestet). Für den Fall, dass das drehmomenterhöhte Profil im Umrichter geladen und dann verwendet wurde, ist es **AUF JEDEM FALL** nach der Arbeit wieder auf Profil 1 zurück zu stellen. Vor der Arbeit ist zu kontrollieren, dass im Umrichterdisplay oben rechts „1(1)“ steht, da dies auf Profil 1 hinweist.

Hintergrund:

Der Umrichter will den Motor nur bis leicht über den Anfang der Feldschwächung betreiben, der bei unserer Spindel bei 12000 rpm beginnt. Daher wird dem Umrichter im Profil 1 für höhere Drehzahlen vorgegaukelt, dass die Feldschwächung erst bei 24000 rpm anfängt. Damit steuert der Umrichter die den Motor auf zu geringer Spannung aber korrekter Frequenz. So ist zwar das Drehmoment, welches eine Funktion des Stromes ist, nicht maximal möglich, aber die Drehzahl sehr wohl. Theoretisch wären so 24000 rpm möglich, die Drehzahl wurde aber wegen Schwierigkeiten mit der Umrichter-Regelung auf 18.000 rpm begrenzt.

4.4 Schrittverlust

Bei zu großer Kraft kann die Fräse Schritte verlieren, d.h. es gibt jetzt einen Versatz zwischen der echten Position und der, die die Steuerung haben will. Das kann die Steuerung nicht merken! Abhilfe ist im Zweifelsfall eine erneute Referenzfahrt, das kann nie schaden und zeigt an, ob es Schrittverlust gab. Wenn nur 1 Schritt Verlust angezeigt wird, kann man das als Messfehler ignorieren.

4.5 Fräserbruch

- Schrittverlust ist zu befürchten → Referenzfahrt!
- Vorderes abgebrochenes Teil des Fräasers anschauen: optisch in Ordnung? verklebt (Alu/Kunststoff)? noch scharf?
- Restliche Hartmetallteile aus dem Werkstück entfernen, sonst wird der nächste Fräser bei Berührung gleich wieder zerstört.
- Aufbauschneide? wenn ja: mehr KSS oder richtigen Fräser verwenden!
- Aufspannung starr genug? Blech wird gerne hochgezogen, sodass die Zustellung zu groß wird oder den Fräser einklemmt.

- Ausreichend Schmierung?
- Zustellung verringern bei gleichem Vorschub, oder Vorschub verringern. Hat beides seine Vor- und Nachteile.
- Stege zu klein → Werkstück verschiebt sich und klemmt in den Fräser → Stege größer machen oder umspannen
- Falsche Schnittgeschwindigkeit? Im Datenblatt des Fräasers nachschauen und nachrechnen.

4.6 Fehlermeldung: MCA/TCA Collision

Werkzeug vermessen? Nullpunkt korrekt?

Die angezeigte Koordinate ist nicht immer die Ursache der Fehlermeldung.

MCA: Fräsung zu tief (< 2 mm vom Tisch) oder außerhalb des Verfahrbereichs der Maschine. Beachte: Ein Fräser, der kürzer als 30 mm herausragt, kommt nicht bis an den Tisch runter, weil die Z-Achse zu kurz ist!

TCA: Kollision mit „verbotenem Bereich“ rund um den Längenmesstaster, also zu nahe dran. Mehr Abstand halten.

4.7 Fehlermeldung: Bitte Pause deaktivieren

Eine der drei Türen ist nicht vollständig geschlossen.

4.8 Fehlermeldung: Offset Index fehlt

Erst das Werkzeug einwechseln und dann den Job laden. Der Fehler erscheint wenn man die Reihenfolge nicht einhält.

4.9 Fehlermeldung: Werkzeugdurchmesser mit kleiner gleich 0 ist nicht erlaubt

Es wurde kein Werkzeugdurchmesser oder ein ungültiger Wert eingegeben. Bitte mit Punkt statt Komma eingeben.

Null ist nicht erlaubt. Verwende für Gravierstichel und ähnliche spitze Werkzeuge den gleichen Nenndurchmesser (oft der Schaftdurchmesser) so wie er auch zur Datenerstellung in VCarve/Autodesk/... verwendet wurde. Der Wert ist egal wenn das Fräsprogramm nur „mittige“ Werkzeugpfade ohne Radiuskorrektur enthält, also nur nur G40, aber nicht G41/G42 enthält. In diesem Fall darfst du irgendeinen Ersatzwert größer null eingeben.

5 Grundlagen

ein kurzer Abschnitt über die nötigen Daten, und Begriffe erklären. Planfräsen, Nutfräsen, Stege,...

5.1 Schnittdaten ermitteln

Die Lebensdauer des Fräasers und Qualität des Ergebnisses hängt stark davon ab, dass Drehzahl und Vorschub passend gewählt werden.

Übliche Werkstoffe Gute Startwerte für Kunststoff bis Metall liefert das von der Firma Hoffmann vertriebene Zerspanungshandbuch, welches auch online erhältlich ist. Ein Standardfräser ist dort unter Schaftfräser VHM (bzw. HSS) unbeschichtet zu finden, normales Fräsen als Nutfräsen mit Eingriffsbreite $a_e = 1 \cdot D$, und Eingriffstiefe $a_p = 1 \cdot D$. Für kleinere Fräser (3mm und kleiner) sollte man mit der Eingriffstiefe eher auf $D/2$ runtergehen.

1. Nachschauen: Fräserdurchmesser D , Schneidenzahl z (1 ... 5).
2. Schnittgeschwindigkeit v_c (in m/min) aus der fräaserspezifischen Tabelle für das gewünschte Material ablesen.
3. Gewünschte Drehzahl n in Umdrehungen pro Minute (1/min, auch rpm genannt) ausrechnen.
Es gilt $n = \frac{v_c}{\pi D}$ bzw. $v_c = \pi n D$.
4. Echte Drehzahl n bestimmen: Wenn möglich, dann die gewünschte Drehzahl, ansonsten so hoch wie möglich. Maximal möglich sind 18.000 rpm, außerdem muss der Fräser dafür zugelassen sein.
5. Vorschubgeschwindigkeit v_f in mm/min bestimmen: In der Tabelle ist meist der spezifische Vorschub $f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$ pro Schneide und Umdrehung angegeben. Ausnahme sind Bohrer, dort ist meist der Vorschub pro Umdrehung $f = \frac{v_f}{n}$ angegeben.
Formel: $v_f = n z f_z$ bzw. $v_f = n f$.
6. Übliche Werte für den Vorschub sind 350 (langsam) bis 3000 mm/min (echt schnell). Mehr als 3000 mm/min kann die Maschine nicht.
7. Die Tabellenwerte gelten für ideale Aufspannung, z.B. ein mit Schraubstock oder Spannpratzen festgezogenes Stück 10mm dickes Aluminium. Auch sollte der Fräferschaft nicht unnötig weit aus dem Spannfutter herausragen. Bei schlechter Aufspannung bzw. dünnem Material kann die Eintauchtiefe auf $D/2$ reduziert werden. Auch kann der Vorschub halbiert werden, wobei das nicht unbedingt besser für den Fräser ist. Bei viel zu geringem Vorschub reibt der Fräser nur noch, weil kein sauberer Span zustandekommt.

Die Qualität einer Aufspannung prüft man am Besten am Klang durch Daraufklopfen mit dem Finger oder Schraubenschlüssel. Je weicher die Aufspannung ist, umso deutlicher merkt man einen Unterschied zwischen dem festgespannten Rand und der Mitte des Materials. Bei guter Aufspannung sollte sich außerdem nichts bewegen, wenn man etwas drückt oder zieht. Bei dünnem Blech kann die Aufspannung nicht beliebig gut sein, weil man ab einer gewissen Andruckkraft das Blech verbiegt und zerquetscht.

Einen groben Anhaltspunkt für den Vorschub liefert das Aussehen der Späne. Sie sollten beim Fräsen weder haarfein sein (zuviel Vorschub) noch grobe Brocken oder gar lange Bänder (zuwenig Vorschub).

Die so gewonnenen Werte speichern wir unter Nutfräsen ab. Dazu sollte immer eine Beschreibung kommen, ob und wann und an was genau sie getestet wurden. Diese Werte werden auch für das Taschenfräsen verwendet, wobei man als seitliche Zustellung zwischen den Fräserbahnen 40% der Fräserbreite angeben sollte.

Holz Für Holz benötigt man extrem hohe Schnittgeschwindigkeiten und daher eine hohe Drehzahl: Solange der Fräser dafür zugelassen ist (Aufdruck oder Datenblatt), 18.000 rpm bis etwa 8 mm Durchmesser. Vorschub mit 1000 mm/min anfangen (ab etwa 4mm Durchmesser) und solange erhöhen, bis das Holz zerfetzt wird oder andere Probleme auftreten. Wenn die Ränder der Fräsbahn verkohlen, ist der Vorschub zu gering, oder der Fräser stumpf geworden.

6 Copyright

Verbreiten und Bearbeiten dieser Inhalte ist ausdrücklich erwünscht, du musst (in der Regel) nur

- Quelle und Lizenz korrekt angeben, wie etwa:
FAU FabLab et al.: Einweisung Fräse, <https://github.com/fau-fablab/fraese-einweisung>,
Lizenz CC-BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.
- das neue (gesamte) Dokument auch unter dieser Lizenz veröffentlichen.

Dieses Dokument „Einweisung Fräse“ des FAU FabLab und weiterer Autoren ist, bis auf besonders gekennzeichnete Stellen, lizenziert unter einer *Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Unported* Lizenz. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.



Quelltext und Liste der Autoren auf GitHub: <https://github.com/fau-fablab/fraese-einweisung>.

Verbesserungsvorschläge gerne auch an kontakt@fablab.fau.de.

Hinweis zu Sicherheitseinweisungen: Bitte beachte, dass Arbeitsschutz nicht per Copy-Paste erledigt werden kann, sondern jede Einweisung kritisch überprüft und auf den jeweiligen Einsatzzweck angepasst werden muss.

Dieses Dokument stammt aus fau-fablab/fraese-einweisung@f5386f7.