

Einweisung Drehbank



this page intentionally left blank



Todo list

|--|

Inhaltsverzeichnis

1.	Einv	weisungsstufen	6
2.	Gru	ndlagen	7
	2.1.	Begriffserklärung	7
	2.2	Zerspanung	.7
		2 2 1 Was ist Drehen?	.7
		2.2.1 Was ist Diction $1.1.1$	2 2
		2.2.2. Dieliniender	0
			0
			9
		2.2.5. Spannbacken	9
		2.2.6. Spannbackenwechsel	9
		2.2.7. Kühlschmierstoff	10
		2.2.8. Drehbank	10
		2.2.9. Drehprozess	11
		2.2.10. Spanformen	11
		2.2.11 Schnittwerte	12
			12
3.	Sich	nerheit und Verhaltensregeln	14
•	3.1	Allgemeines	14
	3.1.	Arboitsablauf	1/
	J.Z. 2.2		15
	ວ.ວ. ວ_₄		10
	3.4.	Instandhaltung, Entsorgung	10
	3.5.	Sicherheitseinrichtungen	16
	3.6.	Kühlschmierstoff	17
Be	etrieb	osanweisung	17
4.	Vorl	bereitende Aufgaben	19
	41	Rohmaterial einspannen	19
	12		10
	т. <u>2</u> . 12	Kühlung einsichten	10
	4.3.		19
5.	Aufr	räumen und Wartung	19
•	5 1	Nach dem Drehen	10
	5.1. 5.2	KSS prüfen Abschmieren und Ölen	20
	J.Z.		20
	5.5.		20
6	Цар	addrohon	21
υ.	6 1		21
	0.1.		21
	6.2.		21
	6.3.	Bohren	22
	6.4.	Außendrehen	22
	6.5.	Innendrehen	22
	6.6.	Fasen	23
	67	Plan- und Runddrehen	23
	6 Q		23
	0.0.		23
		691 Catabran baim Abstachan	γ
		6.8.1. Gefahren beim Abstechen	23
		6.8.1. Gefahren beim Abstechen 6.8.2. Durchführung	23 24
	6.9.	6.8.1. Gefahren beim Abstechen . <td< td=""><td>23 24 24</td></td<>	23 24 24



	6.11 6.12	. Nut dr . Rändel	rehen	. 25 . 25
7.	CNC	C-Dater	nerstellung	27
	7.1.	Allgem	neines zur Datenerstellung	. 27
		7.1.1.	Werkzeuge	. 27
		7.1.2.	Begrenzungen und Freifahrwege	. 27
		7.1.3.	Nullpunkte	. 27
		7.1.4.	Postprocessing	. 28
	7.2.	Autode	lesk Inventor HSM 2016	. 28
	7.3.	Siemer	ns NX	. 28
		7.3.1.	Werkzeuge	. 28
		7.3.2.	Simulation	. 28
		7.3.3.	Freifahrwege	. 29
		7.3.4.	Start- und Endpunkte	. 29
		7.3.5.	Postprocessing	. 29
8.	CNC	C-Steue	erung: LinuxCNC	29
	8.1.	Einsch	nalten	. 29
	8.2.	Nullpu	unkt und Referenzierung	. 30
	8.3.	Verfolg	gungspunkt des Werkzeugs	. 31
	8.4.	Laden	und Kontrollieren des Jobs	. 31
	8.5.	Jobabl	lauf	. 31
Α.	Que	llen		31
В.	Cop	yright		32

1. Einweisungsstufen

- 1. Ohne eine unterschriebene Grund-Einweisung in diese Regeln darf die Drehbank garnicht benutzt werden, d. h. du darfst dann nichts selber an und in der Drehbank tun.
- 2. Mit Grund-Einweisung bist du zunächst "Fahrschüler" und darfst den Auftrag zwar selber vorbereiten (Werkstück ein- und ausspannen, Drehbank säubern), **die Steuerung aber nicht selbstständig bedienen.**

Ein Benutzer, der die Drehbank selbstständig benutzen darf, prüft dann, ob dein Auftrag keine gefährlichen Fehler enthält, und führt dann als "Fahrlehrer" gemeinsam mit dir die Arbeit durch.

Die Bedienung der Steuersoftware (Verfahren, Antasten, Starten, Fortsetzen nach Pause, ...) darf dabei nur unter ständiger Aufsicht durch den Experten erfolgen!

- 3. Sobald du genug Erfahrung und Routine hast und das entsprechend dokumentiert ist (mehrere Werkstücke selbstständig unter Aufsicht gefertigt, dies über einen größeren Zeitraum verteilt), wird dir die schriftliche Erlaubnis erteilt, den CNC-Betrieb ohne Aufsicht zu benutzen. Dabei sollen verschiedene Bearbeitungsarten und Werkzeuge verwendet worden sein.
- 4. Für die Benutzung des Handbetriebs ist eine zusätzliche schriftliche Erlaubnis nötig! Es gelten dabei weitere Vorschriften, siehe die Sicherheitshinweise ("beim Handdrehen") und die Erkläuterungen in Kapitel 6.
- 5. Wenn ein Nutzer einzelne Arbeiten bereits mehrmals erfolgreich und unter Aufsicht gemacht hat, aber noch nicht genug Erfahrung für die Durchführung beliebiger anderer Arbeiten hat, kann ihm inhaltlich stark eingeschränkt diese bestimmte Arbeit (z.B. nur Anbohren) erlaubt werden.

2. Grundlagen

Ein denkender Bediener wird generell bei allen Beschreibungen dieses Dokuments vorausgesetzt. Eine Drehmaschine ist ein gefährliches Werkzeug, deren sichere Bedienung unbedingt notwendig ist um schwere Unfälle zu vermeiden.

2.1. Begriffserklärung

Achsen	Z in Richtung der Drehachse (vom Futter weg = positiv), X senkrecht horizontal zur Drehachse (nach vorne, auf den Bediener zu = positiv)
Drehmeißel	Komplettes Teil aus Wendeplatte und Wendeplattenhalter. Ist in einem Schnellwechsel- halter eingespannt und darf nicht verändert werden.
Körnerspitze	Die mitlaufende Körnerspitze steckt anstelle des Bohrfutters in der Aufnahme des Reitstocks. Wird zum Gegenspannen von langen Werkstücken verwendet. Festdrehen, bis die Körnerspitze dauerhaft mitdreht, dann nicht mehr fester machen. Genaue Erklärung in Kapitel 6.9.
Nullpunkte Reitstock	Z i.d.R. beim rechten oder linken Rand des Werkstücks, X in der Drehmitte Gegenlager auf der rechten Seite der Hauptachse. Wird verwendet um lange Werkstücke gegenzuspannen.
Spannfutter	Auf der Hauptspindel befestigt. Haltevorrichtung mit 3 bis 4 Backen, welche das Werkstück aufnehmen und festklemmen.
Wendeplatte	Das kleine, aus Hartmetall gefertigte Teil, das schließlich das Material zerspant. Brüchig aber sehr hart. Die Kanten können leicht brechen, wenn sie überlastet werden oder Stöße abbekommen.

2.2. Zerspanung

2.2.1. Was ist Drehen?

Drehen ist ein zerspanender Prozess, bei dem ein fest eingespanntes Werkzeug (Drehmeißel) am sich drehenden Werkstück entlanggeführt wird. Der Drehmeißel hat eine geometrisch bestimmte Schneide aus Schnellarbeitsstahl (HSS) oder Wendeschneidplatten aus Vollhartmetall (VHM) und wird quer zur Drehrichtung bewegt. Daraus ergibt sich eine kreisförmige Schnittbewegung und es entstehen rotationssymtrische Werkstücke.

2.2.2. Drehmeißel

Ein Drehmeißel besteht aus einem Werkzeugschaft, welcher fest in der Aufnahme befestigt ist. Am vorderen Ende befinden sich die Haupt- und Nebenschneide durch welche das Material abgetragen wird.



Abb. 1: Flächen am Drehmeißel. Autor: David W., Lizenz CC-BY-SA 2.5

2.2.3. Spannfutter

Es gibt zwei verschiedene Spannfutter, eines mit 3 Backen und eines mit 4 Backen. Das Spannfutter wird mit dem entsprechenden Schlüssel an der Seite auf und zu gedreht. Beim Spannen ist das mit 0 markierte Loch zu verwenden.

Es gibt im Grunde keine feste Regel nach der das Futter gewählt werden kann, jedoch gibt es einige Erfahrungswerte:

- Rundmaterial im Dreibackenfutter spannen
- Beim Drehen von Passungen kann das Vierbackenfutter von Vorteil sein (Stichwort "Dreibogengleichdick")
- Sechskantmaterial immer mit den Dreibackenfutter spannen
- Objekte mit quadratischem Querschnitt ausschließlich im Vierbackenfutter

Spannfutter haben einen definierten maximalen Spanndurchmesser, der üblicherweise kleiner als die maximale Backenöffnung ist. Dieser Durchmesser ist unbedingt zu beachten, es besteht die Gefahr von Desintegration im laufenden Betrieb.

Der maximale Spanndurchmesser ist davon abhängig, ob das Innen- oder das Außenbackenfutter verwendet wird.

- Innenbacken: maximal 40 mm
- Außenbacken: maximal 110 mm

2.2.4. Spannfutterwechsel

Achtung das Spannfutter ist schwer! Lass dir am Besten von jemandem helfen. Achte unbedingt auf Sauberkeit, insbesondere Spanfreiheit!

- Maul- und Imbusschlüsselsatz holen
- Abdeckhaube wegklappen
- Am Besten etwas unterlegen, damit es nicht herunterfällt
- Schrauben auf der Rückseite des Futters lösen und dabei festhalten
- Nach dem Lösen vorsichtig herausnehmen, ggf. vorsichtig mit dem Schonhammer nachhelfen
- Hinten am Futter befindet sich ein Adapter für die Aufnahme, dieser muss nun mit einem Innensechskant abgeschraubt werden
- Den Adapter auf das andere Futter montieren
- Das neue Futter wieder vorsichtig einsetzen und beim Festschrauben darauf achten, dass es nicht verkantet
- Das ausgebaute Futter vor dem Einlagern säubern und ölen

2.2.5. Spannbacken

Es gibt Innen- und Außenspannbacken. Innenspannbacken werden zum Spannen von Innenradien wie z. B. Bohrungen sowie von kleinen bis mittelgrossen Aussenradien verwendet. Innenspannbacken haben dazu sowohl innere als auch äussere Spannflächen.

Außenspannbacken kommen hingegen ausschliesslich beim Spannen auf Außenflächen und bei Durchmessern größer 40 mm zum Einsatz.

2.2.6. Spannbackenwechsel

Achte unbedingt auf Sauberkeit!

Die Spannbacken befinden sich in der Schublade unter der Drehbank. Um die alten Spannbacken zu entfernen muss man diese mit dem Spannfutterschlüssel herausdrehen. Die Spannbacke mit der Nummer 3 löst sich zuerst, danach die Nummer 2 und 1. Achte dabei darauf, dass die Spannbacken nicht herausfallen.

Das Einsetzen der neuen Spannbacken beginnt mit der Nummer 1. Unbedingt darauf achten, dass die Spannbacke Nummer 1 auch an der Postion 1 des Spannfutters eingesetzt wird! Achte darauf keinen Schmutz oder Späne ins Futter zu bringen. Hierzu vor dem Einbau die Spannbacken vorsichtig mit Druckluft ausblasen.

Das Prinzip der Spannbackenbefestigung ist eine Spirale, die in die Nuten der Spannbacken greift. Drehe solange den Spannfutterschlüssel, bis der Beginn der Spirale bei Spannbacken 1 zu sehen ist. Dann drehe ein kleines Stück zurück und schiebe die Spannbacke bis zum Anschlag in die Nut und drehe mit dem Spannfutterschlüssel ein wenig weiter. Das Vorgehen wiederholt man bei den Spannbacken 2 und 3.

Zum Ende das Futter einmal vollständig zudrehen. Wenn nun die Spannbacken sauber schließen ist alles richtig gemacht. Wenn eine Spannbacke jedoch zu früh oder zu spät in der Mitte ankommt, wurde diese falsch eingesetzt. In diesem Fall müssen alle Spannbacken wieder ausgebaut und die Prozedur komplett wiederholt werden.

Die ausgebauten Spannbacken säubern, ölen und wieder aufräumen.

2.2.7. Kühlschmierstoff

Das Kühlschmiermittel besteht aus einer Öl-Wasser-Emulsion. Die Aufgabe des Kühlschmierstoffes (KSS) besteht darin den Schneidvorgang zu kühlen (Wasser) und zu schmieren (Öl). Aufgrund der Zusätze und der entfettenden Wirkung des Emulgators sollte der Hautkontakt vermieden werden. Bei Augenkontakt sofort mit der Augenspüleinrichtung (beim Waschbecken) oder reichlich Wasser ausspülen und gelegentlich die oberen und unteren Augenlider anheben. Anschließend ist ein Augenarzt aufzusuchen.

2.2.8. Drehbank

Unsere Drehbank besteht aus Hauptspindel mit Futterschutzhaube, Reitstock, Werkzeughalter, Kühlmittelpumpe, CNC-Steuerung und Einhausung mit Kunststoffschutzhaube.



Abb. 2: Bezeichnungen der Maschinenteile: 1: Futterschutzhaube; 2: Handverstellrad Z-Achse; 3: Handverstellrad X-Achse; 4: Werkzeughalter; Schnellspan-; 5: Feststellhebel Schnellspanhalterung; 6: Bohrfutter, hier kann stattdessen auch die mitlaufende Körnerspitze eingesetzt werden; 7: Feststellhebel Feineinstellung Reitstock; 8: Feststellhebel Grob/Verschiebung Reitstock; 9: Feineinstellung Reitstock; 10: Spannfutter; 11: Einstellung Planschlitten (z-Achse). Das blaue verstellbare Rohr zwischen 3 und 4 ist die KSS-Düse. Die am Koordinatensystem eingezeichneten Pfeilspitzen zeigen jeweils in positive Koordinatenrichtung. Der Koordinatennullpunkt ist einstellbar und im allgemeinen nicht an der dargestellten Stelle.



2.2.9. Drehprozess

Schnittgeschw. in $\frac{m}{min}$	$v_c = \pi \cdot d \cdot n$	Geschwindigkeit mit der das Material auf den Drehmeißel trifft Material- und geometrieabhängiger Wert siehe 2.2.11
Drehzahl in $\frac{1}{min}$	$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$	Drehzahl der Hauptspindel, ergibt sich aus v_c
spezifischer Vorschub in mm	f_z	Materialstärke welche pro Umdrehung abgetragen wird Material- und geometrieabhängiger Wert siehe 2.2.11
Vorschubgeschw. in $\frac{mm}{min}$	$v_f = n \cdot f_z$	Geschwindigkeit mit der der Drehmeißel verfährt
Zustellung in mm	h	Materialstärke welche auf einmal vom Radius weggenommen wird Material- und prozessabhängiger Wert siehe 2.2.11



Abb. 3: Größen beim Drehprozess. Autor: Michael Jäger, selbst erstellt nach Folien des FAPS, FAU Erlangen

2.2.10. Spanformen

Die Spanbildung bzw. Spanform ist sehr wichtig für die erreichbare Oberflächengüte und hängt sowohl vom Material, als auch von den Prozessparametern ab.

Fließspan	 kontinuierliche, fließende Spanbildung (Achtung! Verhedderungsgefahr) großer Spanwinkel, hohe Schnittgeschwindigkeit, v_c > 80 m/min Spanen gut plastisch verformbarer Werkstoffe, z. B. Aluminium hohe Oberflächengüte
Scherspan	 lamellenförmig abgetrennte Spannteilchen, verschweißen wieder in der Scherzone mittlere Spanwinkel und Schnittgeschwindigkeit, 20 min/min < vc < 80 min/min Spanen zäherer Werkstoffe, z. B. Stahl mittlerer Festigkeit mittlere Oberflächengüte
Reißspan	 Herausreißen einzelner Spanteile aus dem Werkstoff kleiner Spanwinkel, niedrige Schnittgeschwindigkeit, v_c < 20 min/min Spanen spröder Werkstoffe, z. B. Gusseisen, Hartguss, Kupfer-Zink-Legierungen, Messing raue Workstückeberfläche

raue Werkstückoberfläche





Abb. 4: Spanformen. Autor: Michael Jäger, selbst erstellt nach Folien des FAPS, FAU Erlangen

2.2.11. Schnittwerte

Der Vorschub ist in den Datenblättern der Werkzeuge meist als spezifischer Vorschub angegeben (mm pro Umdrehung) und muss entsprechend mit der Drehzahl multipliziert werden. In der Praxis nimmt man die ungefähre Größenordnung aus der Tabelle und probiert.

Zu niedriger Vorschub führt dazu, dass zu wenig Span abgenommen wird und das Werkstück eher gerieben als zerspant wird. Das setzt das Werkzeug zu und verschlechtert die Schneide. Zu hoher Vorschub hingegen belastet Werkzeug und Maschine unnötig, führt zu erhöhtem Verschleiß und kann die Spindel überlasten, wodurch die Drehzahl einbricht.

Die Zustellung ist immer als Absolutwert angegeben. Bei der Zustellung sind die Auswirkungen ähnlich wie beim Vorschub.

Bei zu großer Zustellung können Stücke aus dem Material ausreißen oder das Werkstück aus dem Futter springen und den Bediener schwer verletzen!

Dabei gilt, dass der Vorschub beim sogenannten Schruppen höher ist als beim Schlichten. Schruppen dient in erster Linie dem Abtrag von Material und erzeugt in der Regel eine rauhe Oberfläche mit Riefen. Schlichten hingegen ist die finale Bearbeitung auf das endgültige Maß in meist einem Durchgang. Die Oberfläche wird dabei wesentlich feiner.

Diese Schnittwerte sind für die Verwendung der im Lab vorhandenen Ingersoll-VHM-Platten geeignet. Der Wert für die Schnittgeschwindigkeit v_c ist möglichst wie vorgegeben zu verwenden, die Werte für f_z und h_{max} sind Maximalwerte für die Schneidplatte und nicht für die Maschine. Sie dürfen nicht überschritten werden. In der Praxis ist es sinnvoll, zum Schlichten nicht mehr als 0,1 mm zuzustellen. Beim Schruppen für Buntmetalle und Kunststoffe empfehlen sich etwa 1mm Zustellung, bei Stählen maximal 1mm, besser weniger.

Bei Stahl ist zwingend KSS zu verwenden, bei Alu und Messing in der Regel auch. Ausnahmen für sehr kleine Zustellungen oder Abstechen im Handbetrieb mit Ölschmierung.

TODO: Gewindedrehen siehe http://waltertools.blaetterkatalog.de/blaetterkatalog/html/ richtwerte_gewindedrehen_walter_1.html

Werkstoff	$\mathbf{v_c}$ in	$\frac{m}{min}$	$\mathbf{f_z}$ in	mm
	Schruppen	Schlichten	Schruppen	Schlichten
unleg. Stahl (0,15% C)	370	420	0.17	0.12
unleg. Stahl (0,45% C)	280	315	0.20	0.15
unleg. Stahl (0,55% C)	255	295	0.20	0.15
leg. Stahl	345	380	0.17	0.12
leg. Stahl (Cr-Mo)	255	295	0.20	0.15
leg. Stahl (Ni-Cr-Mo)	250	285	0.20	0.15
Wälzlagerstahl	255	295	0.20	0.15
unleg. Werkzeugstahl	255	295	0.20	0.15
leg. Werkzeugstahl	250	285	0.20	0.15
Schnellarbeitsstahl	145	210	0.15	0.10
Kaltarbeitsstahl	195	225	0.18	0.14
gehärteter Stahl (<40HRC)	120	120	0.12	0.10
hochleg. Stahl (mart./fer.)	195	270	0.17	0.12
hochleg. Stahl (aust.)	160	220	0.17	0.12
Superlegierung (Ni)	50	60	0.15	0.10
Titan	80	100	0.15	0.10
Grauguss	380	400	0.25	0.18
Stahlguss	305	320	0.20	0.15
Aluminium (<12% Si)	500	500	0.25	0.15
Aluminium (>12% Si)	150	150	0.22	0.13
Kupfer	400	400	0.20	0.15
Messing	400	400	0.20	0.15
Acryl	200	300	0.50	0.10
POM / Kunststoff	500	800	0.40	0.10

Tab. 1: Herstellerangaben für gute Bedingungen nach TaeguTec und Evonic Fett markiert: im Lab vorrätige Werkstoffe.

Werkstoff	$h_{min}(Schlichten)$	h Schruppen typ.	h_{max}
Stahl 0,15% Si	0,4		1,5
Buntmetalle	0,5		3,5
Kunststoff	0,5		3,5

Tab. 2: Erlaubter Wertebereich für die Zustellung *h* (in mm) für Standardwerkzeug nach Herstellerangaben. Mindest- und Höchstwerte aus dem Ingersoll-Katalog "Drehwerkzeuge 2011" (aus Datenblättern und dem Spanformerkontrollbereich) entnommen.

3. Sicherheit und Verhaltensregeln

Diese Einweisung wird laufend überarbeitet und ergänzt und kann nie vollständig sein. Auch deshalb ist es unabdingbar, selbst mitzudenken und durch größtmögliche Sorgfalt und Vorsicht Gefahren zu vermeiden.

Die in dieser Einweisung beschriebenen Abläufe müssen unbedingt eingehalten werden. Bei Unklarheiten nachfragen!

Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Regeln findet sich in der Betriebsanweisung (blaue Seite).

3.1. Allgemeines

- Je nach Einweisungsstufe dürfen manche Tätigkeiten nicht oder nur unter Aufsicht durchgeführt werden.
- Besondere Vorkommnisse sind unverzüglich dem Maschinenverantwortlichen (siehe Betriebsanweisung) zu melden.

Bei Problemen ist eine Störungsmeldung (Zettel) an der Maschine anzubringen und, wenn die Sicherheit beeinträchtigt ist, die Maschine außer Betrieb zu nehmen.

Bei Unfall: Rettungsdienst rufen (Tel. 09-112 / Handy: 112), Verletzten betreuen, ins Verbandbuch eintragen.

- Zum Werkzeugwechsel, Reinigen, Messen usw. ist der Stillstand aller Teile sicherzustellen! Dazu bei Handbetrieb die Drehrichtung auf 0 stellen. Bei größeren Arbeiten Not-Aus betätigen oder Moduswahlschalter auf 0 (Maschine aus, Not-Aus fällt) stellen.
- "Gewaltwerkzeug" wie Hammer oder Zange kann irreparablen Schaden anrichten und hat deshalb in der Drehbank nichts verloren. In bestimmten Fällen kann ein Schonhammer eingesetzt werden.
- Stangenmaterial darf nicht aus der Maschine ragen, da keine Schutzabdeckung vorhanden ist.
- Drehen zwischen Spitzen ist nicht zulässig.

3.2. Arbeitsablauf

Vor Beginn der Arbeit:

- Gesamtzustand der Maschine überprüfen. Wartungsplan abarbeiten.
- Sicherheitsbereich absperren.

Sicherheitsbereich, Vermeidung von Ablenkung:

- Die Regeln für den Sicherheitsbereich gelten, sobald an der Maschine gearbeitet wird bzw. sobald die Absperrbänder gespannt wurden.
- Nur der Maschinenbediener und maximal eine weitere eingewiesene oder einzuweisende Hilfsperson dürfen sich im Sicherheitsbereich aufhalten. Dieser ist durch die gelb-schwarzen Absperrbänder begrenzt. Diese sind unbedingt zu verwenden.
- Die Maschine darf niemals von zwei oder mehr Personen gleichzeitig bedient werden.

Beim Hantieren in der Drehbank:

- Schutzhaube nur öffnen, wenn die Spindel steht (Nachlauf abwarten!). (Ausnahme: Handbetrieb) Die Schutzhabe ist kein zulässiger Not-Aus-Schalter!
- Im Notfall die Maschine durch Drücken des Not-Aus-Schalters stoppen.
- Im CNC-Modus darf keine der Kurbeln von Hand bedient werden! Verletzungsgefahr! Falls doch geschehen, hat die Maschine Schritte auf der jeweiligen Achse verloren. Das Resultat ist eine verlorene Maschinenreferenzierung (muss wiederholt werden) und ein verschobener Werkstücknullpunkt (wird durch Maschinenreferenzierung wieder behoben, trotzdem kontrollieren!).

Nach der Arbeit:

- Nach der Arbeit muss die Maschine gemäß der Anleitung gesäubert und das Werkzeug überprüft werden, ggf. verschüttetes KSS auf dem Boden beseitigen (Rutschgefahr!)
- Maschine ausschalten: Hauptschalter auf 0 stellen.

3.3. Schutzausrüstung und Gefahren

Im Handbetrieb ist die größte Gefahr, dass Haare, Kleidung oder Schmuck erfasst werden. Wenn Körperteile zur Drehbank hingezogen werden, führt es schnell zu äußerst blutigen Unfällen.

Im Handbetrieb gilt immer, für alle Personen im Sicherheitsbereich:

- Lange Haare durch Mütze, Haarnetz o. Ä. vollständig verdecken; einfaches Zusammenbinden ist nicht ausreichend! Mützen sind selbst mitzubringen, Einweg-Haarnetze sind vorrätig.
- Grundsätzlich Schutzbrille oder Gesichtsschild tragen. Eine normale Brille ist keine Schutzbrille!
- Eng anliegende, geschlossene Arbeitskleidung tragen, ggf. Ärmel nach innen aufrollen. Keine Kittel, Pullover und ähnliche lockere Kleidung.
- Lose oder hervorstehende Teile an Hand, Arm und Hals wie Uhren, Ringe, Schmuck, Krawatten, Schals usw. ablegen.
- Handschuhe dürfen beim Drehen nicht getragen werden.
- Ausreichend Abstand von allen drehenden Teilen halten. Handbearbeitung mit Schleifpapier ist nur mit dem speziellen Halter zulässig. Sonstiges Handwerkzeug wie eine Feile darf nicht verwendet werden.
- Benachbarte Arbeitsplätze nicht durch spritzenden Kühlschmierstoff, wegfliegende Späne usw. gefährden.

Wegfliegende Teile: Durch die Drehbewegung können Teile bis hin zum kompletten Werkstück wegfliegen. Um dies zu verhindern:

- Spannschlüssel nie im Futter stecken lassen, immer sofort abziehen!
- Werkstück fest und möglichst kurz im Futter spannen. Bei langen Werkstücken Reitstock zum Gegenspannen verwenden.
- Futter nicht zu weit aufspannen, da sich sonst die Backen im Betrieb lockern können und das Werkstück davon fliegt. Sie dürfen maximal 12 mm über die Außenfläche des Futters überstehen.

Beim Abstechen ist besondere Vorsicht und eine unter 1000 Umdrehungen begrenzte Drehzahl nötig.

Schnittverletzungen: An Werkzeug, Werkstück oder Spänen entstehen oft aus Unachtsamkeit kleine Schnitte in der Haut. Kühlschmierstoff reizt die Haut. Wenn diese etwa durch kleinste Metallteilchen verletzt ist, kann dies bis zu Hauterkrankungen führen. Metallspäne können sehr scharf und heiß sein, besonders bei Stahl und Edelstahl.

- Späne nur bei stehender Maschine mit geeignetem Werkzeug (z.B. Pinsel, Staubsauger; nicht: Druckluft, Hand) entfernen.
- Kontakt mit Kühlschmierstoff vermeiden, Hände waschen.
- •

Hautschutz: Handcreme bereitstellen mit Spender und darauf verweisen?

- Späne nicht von der Haut reiben, sondern abwaschen.
- Zu Reinigungsarbeiten, aber niemals beim Drehen, können Einweghandschuhe verwendet werden.

3.4. Instandhaltung, Entsorgung

- Rutschgefahr (z.B. durch Kühlschmiermittel, Späne) beseitigen.
- Nach der Arbeit die Späne sortenrein in die Sammelbehälter entsorgen. Gemischte Späne sind Restmüll.
- Maschine bei Arbeitsende reinigen und Wartungsplan beachten.
- Für die Instandhaltung ist Philipp (philipp@fablab.fau.de) zuständig.

3.5. Sicherheitseinrichtungen

Die Maschine ist mit mehreren Sicherheitseinrichtungen und -funktionen ausgestattet:

- Not-Aus-Schalter auf dem Handteil über der Maschine: Drücken führt zum sofortigen Stromlosschalten der Antriebe. Achtung: Hauptspindel läuft nach.
- Not-Aus-Rücksetztaster am Schaltschrank: Nach Not-Aus oder Stromausfall sicherstellen, dass die Spindel ausgeschaltet ist (Hand-Drehrichtungs-Schalter auf 0), dann mit diesem Schalter die Maschine wieder anschalten.
- Hauptschalter am Schaltschrank: Ist nach Ende der Benutzung auszuschalten.
- Spannfutter-Abdeckung: Ist der weißlackierte Blechdeckel über dem Spannfutter geöffnet, ist ein Anlaufen der Spindel unmöglich.
- Einhausung: Die Haube ist mit einem Not-Aus-Kontakt ausgestattet, welcher bei laufendem CNC-Programm eine Abschaltung auslöst. Achtung: Bei Handbetrieb deaktiviert!
- Über Tastatureingabe ist nur ein Abbrechen oder Anhalten des Jobs möglich. Dies ersetzt keinen Not-Aus!

FAU FabLab

3.6. Kühlschmierstoff

Holz und saugfähiges Material wie Schaumstoff darf nicht bearbeitet werden. In den Kühlschmierstoff dürfen keine organischen Materialien eingebracht werden, da es sonst zu Bakterienwachstum kommt. Saugfähige Späne verschlammen außerdem den Kreislauf.

Stein, glasverstärkte Kunststoffe sowie sonstige abrasive oder staubende Stoffe dürfen ebenfalls nicht bearbeitet werden. Abrasive Fremdkörper führen zum Verschleiß von beweglichen Teilen in der Drehbank, außerdem ist keine Staubabsaugung bzw. KSS-Schlammabscheidung vorhanden.

Die regelmäßige Wartung und Kontrolle des KSS-Systems ist nötig, um Gesundheitsgefahren durch Bakterien und deren Ausscheidungen zu vermeiden.

Nach der Arbeit ist die Maschine offen zu lassen, damit sich keine gesättigte Luftfeuchtigkeit in der Maschine bildet, die zu Verrostungen des Maschinenbetts führen.

Wenn Späne auf die Hand kommen, diese nicht wegreiben, sondern abspülen. Für Reinigungsarbeiten (niemals beim Drehen!) können Einweghandschuhe getragen werden.

TODO: Einen ähnlichen Abschnitt gibt es weiter unten nochmal. Manches wurde aus Versehen oben auch mit reindupliziert.

Betriebsanweisung "Drehbank" Wabeco CC-D6000hs

Diese Betriebsanweisung fasst die wichtigsten Gefahren und Regeln zusammen. Für die Bedienung der Drehbank ist eine unterschriebene Einweisung nötig.

Weitere Informationen finden sich im ausführlichen Einweisungstext.

1 Gefahren für Mensch und Umwelt

- Getroffenwerden vom wegfliegendem Werkstück, von wegfliegenden Teilen, Spänen usw.
- Sich schneiden, stechen usw. an Werkzeug, Werkstück, Spänen.
- Intensiver Hautkontakt mit Kühlschmierstoff kann zu Hautschäden führen.
- Schon geringfügige Hautverletzungen, z.B. durch Metallteilchen, erhöhen das Risiko einer kühlschmierstoff-bedingten Hauterkrankung.

2 Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

- Generell:
 - Vor Arbeitsbeginn Wartungsplan beachten, Maschine auf Mängel und mögliche Probleme kontrollieren.
 - Sicherstellen, dass sich nur der Bediener und höchstens eine eingewiesene Hilfsperson in der Sicherheitszone befinden, Sicherheitszone absperren.
 - Zum Werkzeugwechsel, Messen, Reinigen usw. Stillstand aller Maschinenteile sicherstellen. (Handbetrieb: Drehrichtung auf 0 stellen)
 - Maschine nach Gebrauch abschalten und Hauptschalter auf Stellung "0" stellen.
 - Späne nur bei stehender Maschine mit geeignetem Werkzeug (z.B. Pinsel, Staubsauger; nicht: Hand, Druckluft) entfernen
- Im Betrieb:
 - Werkstück fest im Futter spannen und Spannschlüssel abziehen.
 - Stangenmaterial darf nicht aus der Maschine ragen.
 - Lose Teile (Spannschlüssel, Werkstücke, etc.) nicht im Gefahrenbereich beweglicher Maschinenteile lagern.
 - Handschuhe dürfen beim Drehen nicht getragen werden.
- Im Handbetrieb:
 - Lange Haare durch Mütze, Haarnetz o.Ä. verdecken. Zopfgummi u.Ä. sind nicht ausreichend!
 - Eng anliegende, geschlossene Arbeitskleidung tragen, ggf. Ärmel nach innen aufrollen.
 - Lose Teile, Uhren, Ringe, Arm- und Halsschmuck, Krawatten, Schals usw. ablegen.
 - Grundsätzlich Gesichtsschild oder Schutzbrille tragen. Eine normale Brille ist keine Schutzbrille!
 - Benachbarte Arbeitsplätze nicht durch spritzenden Kühlschmierstoff, wegfliegende Späne usw. gefährden.
 - Ausreichend Abstand von allen drehenden Teilen halten. Handbearbeitung mit Schleifpapier ist nur mit dem speziellen Halter zulässig. Sonstiges Handwerkzeug wie eine Feile darf nicht verwendet werden.

3 Verhalten bei Störungen und im Gefahrenfall

- Bei Schäden oder Störungen an der Maschine: Ausschalten und Betreuer informieren. Schadensmeldung sichtbar an der Maschine anbringen.
- Rutschgefahr (z.B. durch Kühlschmiermittel, Späne) beseitigen.
- Schäden nur vom Fachmann beseitigen lassen.

4 Verhalten bei Unfällen - Erste Hilfe

- Maschine abschalten. NOT-AUS drücken
- Betreuer informieren. Gegebenenfalls Rettungsdienst rufen.
- Verletzten betreuen.

5 Instandhaltung, Entsorgung

- Nach Abschluss der Arbeiten Späne sortenrein in die Sammelbehälter entsorgen. Gemischte Späne sind Restmüll.
- Maschine bei Arbeitsende reinigen und Wartungsplan beachten.
- Für die Instandhaltung ist zuständig:.....

4. Vorbereitende Aufgaben

4.1. Rohmaterial einspannen

Öffne die Spannbacken vor dem Einsetzen auf einen adäquaten Durchmesser und setze das Rohmaterial plan zu den Auflageflächen der Spannbacken ein. Achte beim Festziehen darauf, dass das Material keine Unwucht hat. Das Werkstück darf in keinem Fall wackeln oder rutschen können. Insbesondere bei hohen Drehzahlen reduziert der Fliehkrafteinfluss die Spannkraft. Daher muss das Werkstück in jedem Fall ordentlich festgespannt werden. (Spannschlüssel kräftig handfest) Außerdem sollte es möglichst weit in das Spannfutter gesteckt werden. Achte dabei auf einen Sicherheitsabstand von mindestens 1 mm, besser 5 mm, zwischen Spannfutter und Drehmeißel.

Lange oder schlanke Werkstücke müssen mit dem Reitstock gegengespannt werden, wie im Kapitel 6.9 beschrieben.

4.2. Werkzeug einsetzen

Achte vor dem Einsetzen darauf, die richtige Wendeplatte zu verwenden. Zum Wechseln ist das geeignete Torx-Mini-Werkzeug, das in der Drehbankschublade liegt zu verwenden. Das zulässige Anzugsdrehmoment ist zu beachten, dieses ist relativ gering (0.9 bis 8.0 Nm von TX7 bis TX20).

Am Schnellwechselhalter wird der Hebel so gestellt, dass die Halteklammern maximal geöffnet sind. Das eingespannte Werkzeug sollte sich jetzt leicht nach oben abziehen lassen. Das neue Werkzeug wird nach dem gleichen Prinzip eingesetzt und mit dem Hebel handfest gespannt.

Achte darauf, dass der Schnellwechselhalter nicht verdreht ist. Die Einsätze und Höhenverstellschrauben der Schnellwechselhalter dürfen nicht gelöst oder anderweitig verstellt werden, da die Werkzeuge kalibriert sein müssen.

4.3. Kühlung einrichten

Bei der Bearbeitung von Metall ist KSS zwingend nötig, bei Kunststoff nicht. Im CNC-Betrieb ist die Kühlung voll aufzudrehen und im Handbetrieb entsprechend zu reduzieren, um ein übermäßiges Herausspritzen des KSS zu verhindern. Der Strom ist dabei auf die Schneide der Schneidplatte auszurichten.

Vor der Arbeit mit KSS ist der Füllstand zu überprüfen. Der KSS-Stand ist in Ordnung, wenn die Pumpe sauber und blasenfrei fördern kann.

Nach der Verwendung von KSS müssen alle mit Kühlschmierstoff in Berührung gebrachten Teile unbedingt nachgeölt werden, da diese sonst quasi sofort rosten. Dazu empfiehlt sich ein Lappen und das bereitstehende ÖI.

Im Handbetrieb kann alternativ, besonders zum Abstechen, mit einer kleinen Ölflasche geschmiert werden.

5. Aufräumen und Wartung

5.1. Nach dem Drehen

- Späne wegräumen (aufsammeln/aufkehren), soweit man vernünftig hinkommt. Auf jeden Fall frei sein muss der vordere Bereich rund um die Handräder sowie der Bereich neben den Endschaltern.
- Rest wegsaugen, wenn kein Kühlschmiersiff ist. Der Staubsauger mag keinen Siff (gammelt) und keine langen Späne (verstopfen den Saugschlauch).

- Drehmeißel außerhalb der Bank ausblasen, Spitzen der Platten auf Beschädigung oder Verfärbung kontrollieren
- Drehmeißel wegräumen, keinen im Schnellwechsler gespannt stehen lassen, entspannt ist ok.
- Alle Teile haben in der Schublade unter der Drehbank ihren Platz, wo sie auch wieder hingehören! Der Futterschlüssel gehört an den Magneten ganz links in der Schutzhaube.

Alu- und POM-Späne nicht mischen. Wir können nur rein-Alu-Späne bei der MEW abgeben! Alles andere ist Mischmüll. (Außer teure Metalle aka. Messing/Silber/Blei/Inconel90, diese extra und sortenrein aufbewahren)

5.2. KSS prüfen, Abschmieren und Ölen

An der Tür zum Besprechnungsraum hängt ein Wartungs- und Schmierplan. Dieser ist nach jeder Benutzung zu kontrollieren und gegebenenfalls sind die nötigen Wartungen auszuführen. Besonders wichtig sind dabei die Punkte "Schmieren nach Schmierplan" und die Punkte "KSS Prüfen".

Eine Anleitung zur Benutzung des KSS-Prüfkoffers findet sich im Koffer bzw. hier: https://brain.fablab.fau.de/build/kss-emulsions-pflegekoffer/Anleitung_Pflegekoffer.pdf

5.3. Bezahlen

- Grundpreis nach Ermessen des Betreuers: In der Regel einmal pro Projekt, mindestens einmal pro Tag und Nutzer
- Maschinenminuten (inkl. normalem Werkzeugverschleiß)
- schlagartig kaputtgegangene Wendeschneidplatten
- Material

6. Handdrehen

6.1. Skalen

Die Skalen an den beiden Handrädern können über Drehen des Skalenrings auf 0 "genullt" werden. Dabei das Handrad festhalten. Dabei gilt folgende Skalierung:

- Z-Achse: Die aufgeprägten Zahlen entsprechen $\frac{1}{10}$ mm
- X-Achse: Die aufgeprägten Zahlen entsprechen 1 mm Durchmesser
- Oberschlitten: Die aufgeprägten Zahlen entsprechen $\frac{1}{10}$ mm
- Reitstock: Skala auf der Reitstockpinole oder Drehrad, dabei entsprechen die aufgeprägten Zahlen am Drehrad ¹/₁₀ mm



Abb. 5: Das Koordinatensystem ist in diesem Bild oben mit den Pfeilspitzen in positiver Richtung eingezeichnet. Vorsicht: Der Koordinatenursprung ist einstellbar und gewöhnlich nicht an der eingezeichneten Stelle.

6.2. Zentrierbohrung

Das Setzen einer Zentrierbohrung ist wichtig, um das Verlaufen des Bohrers beim Bohren zu verhindern und das Gegenspannen des Werkstückes mit einer mitlaufenden Körnerspitze zu ermöglichen. Bevor überhaupt eine Zentrierbohrung gesetzt werden kann ist die Fläche vorher wie in Abschnitt 6.7 beschrieben plan zu drehen!

Die Bohrtiefe mit dem Zentrierbohrer muss so tief sein, dass die von der schrägen hinteren Fläche des Zentrierbohrers erzeugte Kontaktfläche zur mitlaufenden Körnerspitze gross genug ist. Eine zu kleine Kontaktfläche beschädigt die Körnerspitze.

Für die Zentrierbohrung ist der Zentrierbohrer ohne Klebeband zu verwenden. Unbenutzte, neue Zentrierbohrer sind mit Klebeband markiert.



Falls das Bohrfutter nicht im Reitstock eingespannt ist, muss zunächst das dort montierte Werkzeug entfernt werden. Dazu wird die Kurbel des Reitstockes soweit zurück gedreht, bis der Kegel aus dem Reitstock gedrückt wird. Dies kann etwas (aber nicht allzu viel) Kraft benötigen. Manchmal hilft es auch ein wenig "Schwung" zu holen.

In die freie Kegelaufnahme des Reitstockes (sogenannte Reitstockpinole) wird dann das Bohrfutter eingeschoben. Dazu muss die Pinole mindestens auf 15 mm ausgefahren sein. Unbedingt den sicheren Sitz des Werkzeuges prüfen!

Unbedingt darauf achten, dass hierbei keinerlei Späne auf dem Bohrfutterkegel oder in der Reitstockaufnahme sind! Falls das Bohrfutter oder die mitlaufende Körnerspitze mit einem Span geklemmt wird, ist es sehr wahrscheinlich, dass sich weder das Futter noch die Spitze jemals wieder demontieren lassen ohne etwas ernsthaft zu beschädigen!

Vorgehen:

- Zentrierbohrer einspannen
- Reitstock bis an Material heran fahren und festklemmen
- Richtige Drehzahl einstellen
- Mit guter Handkraft bohren und immer wieder mit Öl schmieren!
- Richtige Senkungstiefe beachten
- Wenn die nötige Tiefe erreicht ist, Reitstockpinole zurück kurbeln

6.3. Bohren

Um das Verlaufen des Bohrers zu vermeiden ist es zunächst notwendig eine Zentrierbohrung wie im Kapitel 6.2 beschrieben anzubringen. Anschließend bringt man das Bohrfutter an der Reitstockspindel an und wählt den passenden Bohrer aus. Verwende hierfür unbedingt die Bohrer, die sich in der Schublade unter der Drehbank befinden, diese sind speziell reserviert um eine hohe Rundlaufgenauigkeit zu erhalten.

Positioniere den Bohrer kurz vor dem Werkstück und wähle die passende Drehzahl aus der Drehzahltabelle der Standbohrmaschine (hängt links neben der Standbohrmaschine an der Werkzeugwand) Danach kann durch Zustellung mit der Reitstockpinole gebohrt werden. Dabei gilt wie bei jedem Bohrvorgang: Mit guter Handkraft bohren! Ansonsten wird der Bohrer übermäßig verschlissen und die Qualität der Bohrung nimmt ab.

6.4. Außendrehen

Das Außendrehen findet in der Regel in mehreren Bahnen mit dem richtigen Vorschub und Zustellung statt. Hierbei wird grundsätzlich zum Futter hingearbeitet. Es ist darauf zu achten auf keinen Fall mit dem Werkzeug ins Futter zu fahren, da ein solcher Crash Werkzeug und Maschine ernsthaft beschädigen und den Bediener schwer verletzen kann. Am Ende ist in Richtung des Durchmessers vom Werkstück wegzufahren, bevor in Z-Richtung zum Beginn einer neuen Bahn gefahren wird.

6.5. Innendrehen

Das Innendrehen funktioniert im Grunde wie das Außendrehen. Es gibt jedoch trotzdem einige Besonderheiten:

• Anders als beim Außendrehen sieht man sein Werkzeug nur schlecht. Achte unbedingt darauf keine Kollision zu fahren.

Nicht in die laufende Maschine beugen und versuchen so das Werkzeug zu sehen!

• Die Zustellung erfolgt beim Innendrehen in negativer Richtung, d. h. um 1 mm abzunehmen ist mit dem Handrad 1 mm zurückzufahren.

6.6. Fasen

Für das Anbringen von 45° Fasen gibt es ein spezielles Werkzeug, einen sogenannten Fasenmeißel, Werkzeugnummer 10. Das Werkzeug ist gut an seiner blauen Lackierung und der breiten Schneide zu erkennen. Den Fasenmeißel spannt man senkrecht zum Werkstück ein, sodass die Schneide 45° zum Werkstück zeigt. Danach kann an das Werkstück herangefahren werden und eine Fase angebracht werden. Wenn sehr viele Fasen angebracht werden müssen, empfiehlt es sich nicht immer auf der selben Stelle der Schneide zu arbeiten. Dies soll verhindern, dass die Schneide ungleichmäßig abgenutzt wird.

Für andere Winkel kann der Werkzeughalter mit dem Fasenmeißel auch verdreht in das Schnellspannfutter eingesetzt werden.

6.7. Plan- und Runddrehen

Zum Runddrehen (längs) wird mit konstantem X für eine radiale Aussenfläche abgedreht. Beim Plandrehen wird hingegen bei konstantem Z eine Stirnfläche abgedreht.

Beim Plandrehen wird auch ein normaler Außendrehmeißel verwendet, jedoch mit der sonst nicht genutzten hinteren Schneide. Dabei darf man sich nicht in X-Richtung über die Drehachse hinaus bewegen, da hinter der Drehachse das Material den Meißel von der falschen Seite anläuft.

Das Abdrehen einer radialen oder Stirnfläche kann auch zum Setzen von Nullpunkten mitverwendet werden, wenn man die "Antasten"-Funktion der Steuersoftware bei unveränderter anzutastender Koordinate verwendet.



FAU FabLab

Abb. 6: Runddrehen, Plandrehen Autor: Florian Schott, Lizenz CC-BY-SA 3.0

6.8. Abstechen

Beim Abstechen wird das Werkstück an einer Stelle durchtrennt. Abstechen ist eine vergleichsweise gefährliche Operation.

Alternativ zum Abstechen kann das Teil eventuell nur "angestochen" werden. Den Rest kann man dann außerhalb der Drehbank mit einer Säge trennen und anschließend die Schnittfläche abschleifen oder plan drehen.

6.8.1. Gefahren beim Abstechen

Der abgestochene Werkstückteil kann bei hoher Drehzahl aus der Maschine springen und den Bediener schwer verletzen! Dies kann insbesondere bei schweren oder langen Teilen vorkommen. Diese springen durch den Restdrehimpuls, rollen oder knicken ab und werden durch die Drehbeweggung "geworfen".

Gegengespannten Werkstücke können sich beim Abstechen verklemmen. Dies kommt zum einen daher, dass die Körnerspitze gefedert ist. Daher ist ggf. die Körnerspitze leicht zu lockern. Zum anderen

kann allein durch die Geometrie das Werkstück sich beim Herunterfallen zwischen Körnerspitze, Werkzeug und drehendem Werkstückteil verklemmen und unkontrolliert durch die Maschine springen.

Es ist also immer sorgfältig abzuwägen, ob ein Abstechen sicher möglich ist.

Eine niedrige Spindeldrehzahl senkt die Gefahren. Dafür kann auch eine nicht-optimale niedrigere Schnittgeschwindigkeit in Kauf genommen werden.

6.8.2. Durchführung

Für ein Abstechen wird der Stechmeißel benötigt. Dieser wird 90° zum Werkstück eingespannt. Es wird zu Beginn langsamer, zum Ende hin mit ansteigender Drehzahl, möglichst nahe am Futter abgestochen. Dadurch wird versucht, mit einer möglichst konstanten Schnittgeschwindigkeit (== Oberflächengeschwindigkeit) abzustechen.

Außerdem ist es sinnvoll nicht kontinuierlich zu schneiden, sondern immer wieder mit Unterbrechungen einen Span abzunehmen. Dabei zügig aus dem Werkstück herausfahren, sonst kann sich das Werkzeug aufgrund von Wärmedehnung mit dem Werkstück verklemmen!

Während des Schnittvorganges immer wieder mit Öl schmieren.

Greife niemals in die drehende Maschine, um das abgestochene Bauteil zu entnehmen! Vorher Spindel ausschalten!

6.9. Gegenspannen

Vorgehen:

- Zunächst Zentrierbohrung (6.2) setzen
 WICHTIG: eine gute Zentrierbohrung mit sauberen Flanken im richtigen Winkel ist essentiell, ansonsten überhitzt die Spitze der Körnerspitze, da Gleitreibung statt Haftreibung auftritt (die Körnerspitze dreht nicht sauber mit). Im Zweifelsfall nochmal mit dem Zentrierbohrer nachbesseren, falls die Spitze nicht sauber mitläuft.
- Sicherstellen, dass alle Späne aus der Bohrung entfernt sind
- Falls nicht die mitlaufende Körnerspitze montiert ist, Bohrfutter o. Ä. aus dem Reitstock entfernen
- Körnerspitze mit leichtem Druck in die Reitstockpinole einsetzen **Unbedingt auf Spanfreiheit achten! siehe 6.2**
- Klemmung des Reitstock öffnen und Körnerspitze bis kurz vor Materialkontakt schieben
- Klemmung schließen
- Reitstockpinole ausfahren bis Körnerspitze am Werkstück anliegt.
 WICHTIG: Auf keinen Fall zu fest spannen! Bei der Bearbeitung dehnt sich das Material aus.
 Wird mit zu viel Kraft gegengespannt, verbrennen die Lager der Körnerspitze
- Reitstockpinole mit dem Hebel auf der Oberseite arretieren
- Spindel starten und langsam die Drehzahl erhöhen; wenn die Körnerspitze nicht sauber mitläuft muss nochmal zentriert werden

FAU FabLab

6.10. Schleifen und Polieren

Schleifen mit Schleifpapierband durch Umschlingen ist verboten! Schleifen darf nur mit einem speziell dafür vorgesehenen Werkzeug durchgeführt werden. Die Verwendung anderer Werkzeuge wie Feilen ist nicht gestattet, da diese vom Futter oder vom Werkstück erfasst werden können und den Bediener schwer verletzen.

6.11. Nut drehen

Das Vorgehen entspricht der Vorgehensweise beim Abstechen. Als Werkzeug wird eine Stechwendeschneidplatte (sternförmig), Werkzeug Nummer 4, verwendet.

6.12. Rändeln

Rändeln ist das Einprägen von Mustern in das Werkstück, beispielsweise um geriffelte Grifflächen an Stellschrauben zu erzeugen.

Zur Zeit ist nur manuelles Rändeln für Alu möglich. Überschneidungen des Rändels nur sehr schwer vermeidbar, daher sieht es nicht optimal aus, aber besser als nichts. CNC-Rändeln ist aktuell nicht angelegt, ein Problem dabei ist, dass der Rändel manuell auf das Werkstück gesetzt werden muss, was im CNC-Modus nicht möglich ist.

Es ist ein relativ preiswertes Rändelwerkzeug vorhanden. Das Werkzeug kann in den Schnellspannhalter des Fasenmeißels gespannt werden. Es besteht aus einem einspannbaren Körper mit einem flexiblem, mit zwei Rändelrädern ausgestatteten Kopf.

Die Verwendung ist relativ simpel. Sobald das Werkstück fertig bearbeitet ist, kann gerändelt werden. Dazu muss es möglichst kurz gespannt werden (Rändeln ist das kraftintensivste Drehverfahren!)

Zur Vorbereitung die "Lager" des Rändelwerkzeuges gut ölen. Etwas Kühlschmierstoff oder Öl auf den Laufflächen schadet auch nicht. Nun wird das Rändelwerkzeug so nahe an das Werkstück gefahren, dass der flexible Kopf locker auf das Werkstück gelegt werden kann. Danach befindet sich das Werkstück zwischen den beiden Rändelrollen.

Nun wird eine mittlere Drehzahl eingestellt und Rechtslauf aktiviert. Das Rändelwerkzeug wird langsam im Randbereich des gewünschten Rändels an das Werkstück gefahren. Bei schwer spanbaren Materialien empfiehlt es sich zunächst nur die Hälfte der Rollen zu belasten, um die auftretenden Kräfte gering zu halten.

Je nach Material wird nun 1 mm zugestellt. Sobald die Rollen anfangen zu schneiden, darf das Werkzeug nicht mehr von der Oberfläche getrennt werden, um Überschneidungen im Rändel zu vermeiden. Um einen sauberen Rändel zu erzeugen, sollte die Rändelrolle mit wohl dosiertem Druck gleichmäßig über die Oberfläche geführt werden. Um mögliche Späne während des Rändelns abzuspülen empfielt es sich immer wieder mit einem Schwung KSS die Laufflächen zu spülen. Zwischendurch kann die Maschine abgeschalten werden, um zu überprüfen, ob der Anpressdruck ausreicht. Für das Ergebnis in Grafik 7 wurde im Anschluss an das Rändeln noch angefast. Der Rändel in der Grafik ist überschnitten, da die Maschine nicht schnell genug verfahren wurde.



Abb. 7: gerändeltes Stück Aluminium



7. CNC-Datenerstellung

Beim CNC-Drehen wird die Drehmaschine durch ein in GCode geschriebenes oder automatisch aus einer CAM-Anwendung wie NX erzeugtes Programm gesteuert.

Voraussetzungen für eine Erstellung des GCode sind:

- Ein dreidimensionales Modell des rotationssymmetrischen Werkstückes.
- Ein dreidimensionales Modell des Rohstückes.
- Daten der vorhandenen Werkzeuge und der Maschine.

Diese können in der Konstruktionsanwendung (CAD) erzeugt werden, was hier nicht näher beschrieben wird.

In der Fertigungsanwendung (CAM) wird hieraus dann ein Arbeitsablauf erstellt, der simuliert und mit einem Postprocessor als maschinenspezifischer GCode ausgegeben werden kann.

Dieser GCode wird dann in die Steuerung (LinuxCNC) geladen und ausgeführt.

7.1. Allgemeines zur Datenerstellung

Zur Verarbeitung von Modellen zur Fertigung können verschiedene CAM-Anwendungen wie NX oder Autodesk eingesetzt werden. Im Folgenden sind zunächst die allgemein gültigen Punkte beschrieben, bevor anschließend spezifische Programme erklärt werden.

7.1.1. Werkzeuge

Die im FabLab vorhandenen Drehwerkzeuge sind vermessen und in LinuxCNC unter der auf dem Schnellwechelhalter vorhandenen Nummer eingetragen. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass im CAM-Programm auch die richtige Werkzeugnummer verwendet wird, da hierueber die Positionskorrektur ausgewählt wird.

Für Sonderwerkzeuge ist eine ausreichend hohe Werkzeugnummer zu verwenden, die nicht in der Werkzeugtabelle hinterlegt ist.

Werkzeugnummer 0 darf nicht verwendet werden!

7.1.2. Begrenzungen und Freifahrwege

Der Bereich nahe am Spannfutter sowie ggf. der Reitstock muss dem CAM-Programm verboten werden.

Bei den Fahrten außerhalb des Materials muss darauf geachtet werden, dass diese nicht mit dem Spannfutter oder dem Reitstock kollidieren. Dies kann besonders bei den Freifahrten zwischen zwei Werkzeugwegen auftreten.

7.1.3. Nullpunkte

Der Nullpunkt der X-Achse muss immer in der Drehachse liegen.¹

Der Nullpunkt der Z-Achse ist frei wählbar und kann am rechten oder linken Ende des Werkstücks liegen. Bei der Erstellung des GCode sollte die Wahl des Nullpunkts daher separat vermerkt werden.

¹Wird nicht die Drehachse als X-Nullpunkt gewählt, funktioniert die Steuerung der Drehzahl für die konstante Schnittgeschwindigkeit nicht.

7.1.4. Postprocessing

Es ist sinnvoll nach dem Postprocessing den Texteditor und alle Ordner die die ausgegebenen GCode-Dateien verwenden zu schliessen, da es sonst zu Locking-Problemen und somit zu mysteriös verschwindenden, nicht-löschbaren oder ähnlich "interessanten" Dateien kommt. Ausserdem ist ein neuer Ordner pro neuer Version der GCode-Ausgabe sinnvoll.

7.2. Autodesk Inventor HSM 2016

Dieser Abschnitt ist nicht für die Einweisung notwendig, wenn du nicht mit diesem Programm arbeitest.

Im Wesentlichen müssen bei Autodesk Inventor HSM 2016 nur die im vorherigen Abschnitt genannten allgemeinen Einschränkungen beachtet werden. Begrenzungen und Freifahrbewegungen müssen für jede Operation einzeln eingestellt werden, wenn die Standardwerte nicht passen. Es ist vermutlich nicht möglich, diese global für das gesamte Werkstück festzulegen, um etwa den Reitstock als verbotene Zone einzurichten.

Postprozessor und Werkzeugdatenbank sind unter https://github.com/fau-fablab/drehbank-postprozessor-autodesk zu finden.

Die Bedienung ist weitestgehend logisch, außerdem ist das Tutorial und die Referenz aus der Online-Hilfe des Programms sehr zu empfehlen.

7.3. Siemens NX

Dieser Abschnitt ist nicht für die Einweisung notwendig, wenn du nicht mit diesem Programm arbeitest.

Diese Einweisung wurde mit NX 9 erstellt. Möglicherweise kann das hier geschilderte Verhalten in anderen Versionen, Sprachen oder Installationen abweichen. NX enthält generell einige Fehler und Übersetzungsfehler sowie schwer verständliche Terminologie. Ein denkender Bediener wird generell bei allen Beschreibungen dieses Dokuments vorausgesetzt.

NX wird in mehreren Tutorials erklärt. Diese sind über die Hilfefunktion in der Fertigungs-Anwendung auffindbar. Hierbei ist insbesondere das speziell für das Drehen vorgesehene Tutorial als Einstieg sehr zu empfehlen. Auf im Tutorial vorkommende Sachverhalte wird hier nicht mehr gesondert eingegangen, dieser Abschnitt beschreibt nur die Besonderheiten im Falle des FabLab.

Diese Anleitung ist unvollständig und beschreibt vorerst nur die gröbsten Fallstricke. Es wird empfohlen, statt NX lieber Autodesk einzusetzen. Weitere wichtige Informationen findest du in der Kurzanleitung: https:// github.com/fau-fablab/NX9-linuxcnc-lathe-PP/blob/master/Anleitung%20NX%20Drehen.txt

7.3.1. Werkzeuge

Die Werkzeugbibliothek von NX enthält die im FabLab vorhandenen Werkzeuge mit bereits richtig voreingestellten Eigenschaften und Abmessungen. **TODO: Auffinden dieser Werkzeuge? Bezeichnungsschema?**

TODO: Laden der Werkzeugbibliothek?

TODO: gespiegelte Anzeige oder nicht? bisher widersprüchliche Informationen und verschiedene Ansätze (arw/Toni/Max), höchstwahrscheinlich sogar inkonsistent zu Maxs Online-Kurzanleitung

7.3.2. Simulation

NX bietet die Möglichkeit Arbeitsabläufe einer Fertigung zu simulieren. Damit sollte man die Kollisionsfreiheit von Programmen prüfen. Achtung: NX hat diverse Bugs bei der Simulationsanzeige, Abhilfe schafft eine

langsamere Ablaufgeschwindigkeit, das Wechseln der Tabs in der Simulationssteuerung oder ein Ein- und Ausblenden des 3D-Modells des Werkzeugs.

7.3.3. Freifahrwege

Es muss ein sicherer Freifahrpunkt definiert werden, an dem zwischen den Operationen ein gefahrloses Parken möglich ist. In der Regel wählt man diesen weit genug außen und etwas rechts vom Werkstück.

Der Freifahrpunkt muss so liegen, dass die X-Achse zum Werkzeugwechsel nach ganz außen fahren kann.

7.3.4. Start- und Endpunkte

Es **müssen** für jede Operation Start- und Endpunkte in ausreichend grossem Abstand vom Rohmaterial gewählt sowie passende Anfahrbewegungen vorgegeben werden. Die Punkte sollten sich immer nahe beieinander befinden, da später LinuxCNC beim Programmwechsel einen Pfad zwischen vorherigem Endund nächstem Startpunkt fahren wird, ohne dass dies auf Kollisionen prüfbar ist. Diese Bewegung wird in der Simulation nur als Sprung ohne Kollisionsprüfung gezeigt und erfolgt ausserdem mit der maximalen Geschwindigkeit G0.

Nähere Informationen dazu finden sich vorerst nur in der NX-Kurzanleitung https://github.com/faufablab/NX9-linuxcnc-lathe-PP/blob/master/Anleitung%20NX%20Drehen.txt. TODO: Avoidance/Containm Anfahrbewegungen hier erklären

7.3.5. Postprocessing

Die Endgültige Erzeugung von GCode erfolgt im "Postprocessing" genannten Arbeitsschritt. Hierzu wird ein für die im FabLab verwendete Maschine erstelltes Postprocessing-Programm verwendet. **TODO: Beschreibung Auswahl postprocessing**

8. CNC-Steuerung: LinuxCNC

Zur Ausführung von vorhandenem GCode sind die folgenen Schritte der Reihe nach auszuführen.

8.1. Einschalten

Die Einschaltreihenfolge ist:

- 1. Steuerrechner einschalten
- 2. Drehmaschine am Hauptschalter einschalten
- 3. Drehmaschine auf Betriebsart "Auto" stellen
- 4. LinuxCNC auf dem Steuerrechner starten
- 5. Mit dem Not-Aus-Reset den Not-Aus freigeben
- 6. Zweites Icon in LinuxCNC "Maschine an/aus (F2)" drücken (die Maschine läuft hier noch nicht an, die Bezeichnung ist leicht verwirrend)

8.2. Nullpunkt und Referenzierung

Zunächst muss eine Referenzfahrt der Maschine durchgeführt werden. Hierzu ohne eingelegtes Material und ohne Werkzeug den LinuxCNC-Knopf "Referenzfahrt" betätigen. Hierzu muss die Schutzhaube geschlossen sein. Die Maschine fährt nun bis zu den mit Endschaltern versehenen Positionen in beiden Achsen.

Die Einstellung des Nullpunkts des Koordinatensystems hängt vom im GCode angenommenen Nullpunkt ab, siehe 7.1.3.

Das Werkzeug Nummer 3 ist das Referenzwerkzeug, d.h. die X- und Z-Offsets des Koordinatensystems sind bei diesem Werkzeug exakt 0, alle anderen Werkzeuge sind darauf abgestimmt. Daher ist es sinnvoll, den Nullpunkt mithilfe von Werkzeug 3 zu setzen. Hierzu geht man wie folgt vor:

- Rohteil wie weiter oben beschrieben einspannen
- Durchmesser des Rohteils mit Schieblehre bestimmen, Radius berechnen
- Werkzeug 3 einsetzen²
- Schutzhaube schliessen
- Spindel im Rechtslauf drehen lassen, Drehzahl grösser 1000 Umdrehungen (Einstellung mit "+" und "-", Drehzahlanzeige ist grüner Balkengraph rechts oben)
- Schrittgeschwindigkeit langsam einstellen, z.B. 20 mm/min
- mit Pfeiltasten kann das Werkzeug verfahren werden
- mit dem Werkzeug die Aussenfläche (aussen auf der Rundung) leicht berühren, so dass gerade so ein minimaler Span auftritt, Werkzeug an dieser Position stehenlassen
- mittels "Antasten" kann nun die Werkzeugposition spezifiziert werden, hierbei für die Aussenfläche die X-Achse im erscheinenden Dialog auswählen und den oben vermessenen Radius als X-Koordinate angeben
- der Nullpunkt der X-Achse ist nun die Rotationsachse
- mit der "nach-unten-Taste" von der Aussenflaeche des Rohteils wegfahren.
- die Stirnfläche kann in gleicher Weise angefahren werden um den Nullpunkt der Z-Achse zu setzen, mit dem im Antasten-Dialog angegebenen Wert kann bestimmt werden ob der Nullpunkt dabei an der Stirnseite oder an anderer Stelle liegen soll.
- wiederum in Richtung der Z-Achse vom Rohteil wegfahren bevor Bewegungen in der X-Achse durchgeführt werden
- Spindel mit dem "Stop"-Knopf anhalten. Bei Stillstand kann die Schutzhaube wieder geöffnet werden.

Analog kann auch das Rohteil hier abgedreht werden und dabei der Nullpunkt festgelegt oder verstellt werden. Die obige Anleitung ist zweckmässig modifiziert zu verwenden je nach Wahl des Nullpunktes im GCode. Wird der Nullpunkt falsch gewählt sind Kollisionen, schwere Schäden und Unfälle möglich.

²Es ist auch möglich ein anderes Werkzeug als Werkzeug 3 zum Setzen des Nullpunktes zu verwenden. Hierzu müssen aber zuerst die Werkzeugoffsets dieses anderen Werkzeugs geladen werden. Hierzu muss man manuell in der Registerkarte "MDI (F5)" den GCode M6 Tn wobei n die Werkzeugnummer ist, also beispielsweise M6 T2 für Werkzeug Nummer 2 eingeben. Anschliessend muss noch G43 eingegeben werden um das Koordinatensystem dem gerade gesetzten Werkzeug anzupassen. Nach dem Rückwechsel auf die Registerkarte "Manuelle Kontrolle (F3)" kann man in der Anleitung normal weiter fortfahren. Es ist zu beachten, dass sich nicht alle Werkzeuge aufgrund ihrer Geometrie zur Nullpunktseinstellung eignen.

8.3. Verfolgungspunkt des Werkzeugs

Jeder Drehmeißel hat einen sogenannten Verfolgungspunkt. Dieser Punkt liegt am Kreuzungspunkt der beiden Schneidkanten vorn und links, wenn der Meißel in die Maschine eingespannt ist. Der Punkt liegt jedoch nicht auf der Schneide der Schneidplatte, da diese noch einen Spitzenradius hat. Der Spitzenradius ist im CAM eingetragen und wird von der Software weggerechnet.

8.4. Laden und Kontrollieren des Jobs

Mit der "Datei öffnen"-Funktion kann der GCode geöffnet werden. Die im GCode enthaltenen Fahrpfade werden angezeigt, diese können nun geprüft werden. Dazu kann man:

- die Pfade anschauen, dazu ggf. mit dem Besen-Icon vorherige Fahrpfade löschen
- Mit eingesetztem Werkzeug in manueller Fahrt (Pfeiltasten) können visuell die Grenzen der Fahrpfade "erforscht" werden. Achtung: Hierbei keinesfalls mit dem Werkzeug ein Maschinenteil oder das Rohteil berühren, selbst leichtes Anfahren kann z.B. die Schneidplatten beschädigen.
- Einen Leerlauf des Programms ohne Werkzeug durchführen. Achtung: Bei sehr groben Fehlern kann hier zwar nicht das Werkzeug, aber der Halter kollidieren! Man kann auch durch geeignete Wahl des Z-Nullpunktes die Leerfahrt weiter "rechts" in grossem Abstand zur Spindel durchführen.

Ein Leerlauf ohne Werkzeug ist auch zum Einüben des Arbeitsablaufs sinnvoll.

8.5. Jobablauf

Ein Job wird durch Drücken des "Start"-Icons gestartet. Vorher sollte darauf geachtet werden, dass das passende Werkzeug eingelegt ist. LinuxCNC wird bei den meisten Jobs zum Start des Programms nach einem Werkzeugwechsel fragen. Bei GCode der nicht mit NX und dem FabLab-Preprocessing-Skript erzeugt wurde muss das aber nicht unbedingt der Fall sein.

KSS ist manuell am Schaltschrank einzuschalten, es geht nicht automatisch an, wenn der Job gestartet wird.

Der Job kann mit den entsprechenden Icons pausiert oder angehalten werden. Beim Werkzeugwechsel ist ggf. auch eine Pausierung mit dem entsprechenden Knopf aufzuheben.

Im Programmablauf muss die Schutzhaube geschlossen sein. Die einzige Ausnahme davon ist, wenn LinuxCNC einen Werkzeugwechsel anfordert. Die Maschine muss beim Programmablauf unbedingt genau beobachtet werden um ggf. rechtzeitig den Not-Aus-Schalter betätigen zu können falls Kollissionen oder andere Probleme auftreten. Bei "harmloseren" Problemen ist das Stop-Icon oder die Taste "Esc" ebenfalls geeignet.

Nach Ablauf des Jobs bis zum Stillstand der Spindel warten, bevor die Schutzhaube geöffnet wird.

Besteht ein Job aus mehreren GCode-Dateien, weil beispielsweise mehrere Werkzeugwechsel notwendig sind kann nun mit dem Laden der nächsten Datei fortgefahren werden.

A. Quellen

- BGI 578 Sicherheit durch Betriebsanweisungen
- BGI 2003 Maschinen der Zerspanung
- BGV Muster-Betriebsanweisung Drehmaschinen



B. 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 Drehbank, https://github.com/fau-fablab/drehbank-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 Drehbank" 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/drehbank-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/drehbank-einweisung@8ba76a4.

Die Betriebsanweisung (blau umrahmt) fällt nicht unter diese Lizenz!