



FB VIII

Labor für Produktionstechnik

Inhaltverzeichnis

Hinweise zu Teilnahme, Durchführung und Berichten	2
1. Allgemeine Hinweise	2
2. Organisatorisches	2
3. Vorbereitung	3
4. Literatur	4
5. Versuchsdurchführung und Bericht / Protokoll	7
6. Verbindliche* Mustergliederung für alle Laborberichte:	8
Fertigungslabor, Versuch 1: Umformen (Tiefziehen)	9
Fertigungslabor, Versuch 2: Zerspankräfte und Oberflächen beim Drehen (Grundlagen der Zerspanung I)	19
Fertigungslabor, Versuch 3: Lichtbogenschweißverfahren	21
Fertigungslabor, Versuch 4: CNC-Fräsen	23
Fertigungslabor, Versuch 5: Widerstandspunktschweißen	28
Fertigungslabor, Versuch 6: Electro-Discharge-Machining (EDM)	31
Fertigungslabor, Versuch 7: Robotertechnik	34
Anhang 1 zu Versuch 4: CNC-Fräsen (Quelle: MAHO Schulungsunterlagen)	39
Anhang 2 zu Versuch 4: CNC-Fräsen (Quelle: Heidenhain Schulungsunterlagen)	58
Anhang 3 zu Versuch 4: technologischer Arbeitsablauf	86
Anhang 4 zu Versuch 4: CNC-Fräsen Zeichnungen	87

Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Allgemeines

Hinweise zu Teilnahme, Durchführung und Berichten

1. Allgemeine Hinweise

- Die **Sicherheitsunterweisung** zum Labor wird **einmalig zu Beginn des Semesters für alle Teilnehmer durchgeführt** und muß schriftlich durch die/den Studierenden bestätigt werden. Ohne diese Sicherheitsunterweisung ist die Teilnahme am Labor nicht möglich.
- Die gültige **Laborordnung** ist jederzeit zu beachten.
- Den Anweisungen des Laborpersonals ist unbedingt zu folgen.
- Wer **unvorbereitet** zur Übung erscheint, wird von der Übung ausgeschlossen. Ggf. wird **die gesamte Laborgruppe ausgeschlossen**.
- Bei **zweimaligem Ausschluss** oder **zweimaliger Abgabe eines mangelhaften Protokolls** im laufenden Semester gilt die Laborübung als nicht erfolgreich abgeschlossen.
- Es besteht Anwesenheitspflicht, wird diese Übung einmal unentschuldigt versäumt muss sie leider komplett wiederholt werden.
- Bei Krankheit ist unverzüglich der betreuenden Hochschullehrer zu informieren und ein ärztlicher Nachweis über die Krankheit zu erbringen.
- Ein ärztlicher Krankheitsnachweis nach dem Ausschluss von der Übung wird nicht anerkannt.
- Das Nachholen einzelner Versuche in darauffolgenden Semestern ist nicht möglich.

2. Organisatorisches

Zu Beginn des Semesters erfolgt die Einteilung der Teilnehmer in die einzelnen Laborgruppen. Anschließend wird ein für alle Teilnehmer verbindlicher **Terminplan**

für das laufende Semester erstellt und ausgehängt. Genauere Informationen erhalten Sie von Ihrem betreuenden Hochschullehrer.

Aus unvorhersehbaren Gründen kann sich der Terminplan ändern. Änderungen entnehmen Sie bitte dem **Aushang vor dem Labor für Produktionstechnik**. Im Zweifelsfalle halten Sie Rücksprache mit Ihrem betreuenden Hochschullehrer. Die Teilnehmer sind verpflichtet, den Aushang zu beachten.

Bei **Verhinderung durch Krankheit** hat der/die Studierende seine Gruppe über das Fernbleiben informieren. Anschließend ist mit dem betreuenden Hochschullehrer ein Nachholtermin zu vereinbaren, der von der Maschinenbelegung und dem Einsatz der technischen Mitarbeiter abhängt. **Achtung:** Nicht in jedem Falle ist ein Nachholtermin möglich! Grundsätzlich besteht **Anwesenheitspflicht bei allen Übungen**.

3. Vorbereitung

Zur Vorbereitung der Übungen ist von jedem Studierenden eine schriftliche Vorbereitung anzufertigen. Diese Vorbereitung ist vor Beginn der Übung vorzulegen. Diese schriftliche Vorbereitung muss auf ca. 2 – 3 Seiten erfolgen und nach folgendem Schema aufgebaut sein:

- Definition und Einordnung des Verfahrens in die DIN
- Beschreibung des Verfahrensprinzips, Prinzipskizze
- Anwendungsgrenzen des Verfahrens
- Prinzipielle Meßverfahren für die Arbeitsaufgabe

Nutzen Sie außerdem die Fragen, die Sie zu den einzelnen Übungen erhalten haben. Geben Sie die Autoren/Quellen von Bildern und Zitaten immer an den verwendeten Stellen an. Sonst plagieren Sie und das Protokoll wird mit einer 5,0 bewertet!!!

Das grundlegende Wissen der vergangenen Schuljahre insbesondere:

- Mathematische Grundlagen wie Bruchrechnen, Verhältnisgleichungen, Prozentrechnung, Vektorrechnung
- Einheiten umrechnen

- Aufbau der Elemente (Atome, Ionen, usw.)
- Chemische Reaktionen
- Elektrizitätslehre
- Physik (Kräfte, Bewegungen usw.)

werden ebenfalls als bekannt und anwendungsbereit vorhanden vorausgesetzt.

Weiterhin wird das **Wissen der SU und Übung Werkstofftechnik** als bekannt und anwendungsbereit vorhanden vorausgesetzt. Der Umgang mit Fremdwörtern wird ebenfalls als sicher vorausgesetzt.

Der Umgang mit Bügelmessschraube und Messschieber muss beherrscht werden.

4. Literatur

Als Fachbücher für die Vorbereitung von Versuchen und Labortest werden empfohlen:

Für allgemeine Aussagen zur Werkstofftechnik:

- **Bargel/ Schulze: Werkstoffkunde, Springer-Verlag, 12. Auflage 2018
ISBN 978-3662486283**
- **Bergmann: Werkstofftechnik 1: Struktureller Aufbau von Werkstoffen -
Metallische Werkstoffe - Polymerwerkstoffe - Nichtmetallisch-anorganische
Werkstoffe, Hanser Verlag, 4. Auflage 2093
ISBN 978-3446435360**
- **Bergmann: Werkstofftechnik 2: Anwendung, Hanser Verlag, 7. Auflage 2013
ISBN 978-3446417113**

Für die fertigungstechnischen Grundlagen:

- **Fritz: „Fertigungstechnik“, Springer-Verlag, 12. Auflage 2018
ISBN-13: 978-3662565346**
- **Klocke: Fertigungsverfahren Band 1-5, Springer Verlag 9. Auflage 2018**
- **Förster/Förster: Einführung in die Fertigungstechnik, 1. Auflage 2018
Lehrbuch für Studenten ohne Vorpraktikum, Springer Verlag
ISBN 978-3-662-54702-1**
- **Fachkunde Metall, Europa Lehrmittel 55. Auflage 2007
ISBN 978-3-8085-1155-8**

- **Tabellenbuch Metall, Europa Lehrmittel, 43. Auflage 2005**
ISBN 978-3-8085-1723-9
- **Metalltechnik, Europa Lehrmittel, 9. Auflage 2007**
ISBN 978-3-8085-1139-8

Für die Schweißverfahren:

- **Matthes /Schneider: Schweißtechnik: Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen, Hanser Verlag, 6. Auflage 2016**
ISBN 978-3446445611

Für den Versuch 6 EDM:

- **Klocke/König Fertigungsverfahren Band 3 Abtragen, Springer Verlag**
ISBN 3-540-23492-6

Die folgenden Empfehlungen beziehen sich auf die 9. Auflage von 2010. Bei anderen Auflagen bitte selbständig das entsprechende Kapitel suchen.

Versuch 1: Umformen (Tiefziehen)

Kapitel 3.2 Scherschneiden

Kapitel 5.4 Zug-Druck-Umformen

Versuch 2: Grundlagen Zerspanung 1, Drehen

Kapitel 4.3 Spanen

Kapitel 4.4 Grundbegriffe der Zerspantechnik

Kapitel 4.5 Grundlagen zum Spanen

Kapitel 4.6 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide

Kapitel 4.7.1 Schleifen

Versuch 3: Lichtbogenschweißverfahren (Schweißen 2)

Kapitel 3.4 Lichtbogenhandschweißen

Kapitel 3.5 Schutzgasschweißen

Versuch 4: CNC-Fräsen

Kapitel 4.3 Spanen

Kapitel 4.4 Grundbegriffe der Zerspantechnik

Kapitel 4.5 Grundlagen zum Spanen

Kapitel 4.6 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide

Versuch 5: Widerstandspunktschweißen (Schweißen 1)

Kapitel 3.8 Widerstandsschweißen

Versuch 6: Electro-Discharge-Machining (EDM) Funkenerosion

Kapitel 4.8 Abtragende Verfahren

Kapitel 4.8.1 Thermisches Abtragen

**Klocke/König Fertigungsverfahren Band 3 Abtragen,
Kapitel 2 EDM**

Versuch 7: Roboterübung

Versuch 8: Gießereilabor

Kapitel 2.3 Gusswerkstoffe

Kapitel 2.4 Gießbarkeit

Kapitel 2.6 Gestaltung von Gussteilen

Versuch 9: Zahnradfertigung

Kapitel 4.6 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide

5. Versuchsdurchführung und Bericht / Protokoll

Während der Versuchsdurchführung ist ein Protokoll zu führen. Die Meßwerte sind mit einem permanenten Stift (z.B. Kugelschreiber) zu notieren. Werden Meßwerte korrigiert, ist der alte Messwert durchzustreichen und der neue Meßwert daneben zu schreiben. Gegebenenfalls ist der Grund für die Korrektur neben dem neuen Meßwert zu vermerken.

Werden die Messwerte in **Diagrammen** eingetragen, sind diese zu kennzeichnen und mit den jeweiligen Einheiten zu versehen. Zu jeder Abbildung und zu jedem Diagramm gehört ein eindeutiger Titel bzw. eine Unterschrift. Die Achsen von Diagrammen müssen bezeichnet und die Maßeinheit muß angegeben werden. Es sind grundsätzlich nur Einheiten des **internationalen Einheitssystems** zu verwenden.

- Der Laborbericht zu der jeweiligen Übung ist nach spätestens **14 Tagen** bzw. zur nächsten Übung geheftet abzugeben.
- Pro Übungsgruppe und Laborübung (Versuch) ist ein Bericht beim betreuenden Hochschullehrer abzugeben, der jeweils **von allen Gruppenmitgliedern zu unterschreiben** ist.
- Die Namen, Matrikelnummern und Unterschriften der Studenten müssen auf dem Deckblatt des Protokolls stehen. Es ist nur die amtliche Schreibweise (die im Personalausweis oder Pass steht) des Namens zulässig.
- Bei Mängeln in der Ausführung des Berichtes erhalten Sie diesen zurück und bekommen **einmalig eine Frist zur Nachbesserung**.
- Jeder Laborbericht sollte einen angemessenen **Umfang (meist 6-10 Seiten)** Text (Schriftgröße Arial 12 pt., Zeilenabstand max. 1,5 Zeilen, max. 6pt. Abstand vor oder nach Absätzen, Seitenrandabstände li./re./oben/unten 2,5 cm oder kleiner) zuzüglich Abbildungen, Verzeichnisse und Deckblatt aufweisen.
- Alle Kapitel des Berichtes sind in eigenen Worten zu formulieren – auch die Aufgabenstellung und Zielsetzung.
- **Messwertprotokolle** müssen entweder in den Text eingebunden oder im Anhang beigefügt werden. Auf Vollständigkeit ist zu achten.

- Seiten, Abbildungen und Tabellen sind **fortlaufend zu nummerieren** und ggfs. mit einer **Quellenangabe** zu versehen. Alle ohne Abbildungen/ Tabellen usw. ohne Quellenangabe werden als selbst erstellt betrachtet. D.h. selbst erstellte Abbildungen usw. müssen nicht extra gekennzeichnet werden.
- Abbildungen und Tabellen sind mit einer **Unterschrift** zu versehen (z.B. Abb. 1: Foto der Versuchseinrichtung)

6. Verbindliche* Mustergliederung für alle Laborberichte:

1. Inhaltsverzeichnis
2. Abkürzungsverzeichnis
3. Formelzeichenverzeichnis
4. Einleitung
5. Zielsetzung und Aufgabenstellung
6. Versuchsaufbau
7. Versuchsdurchführung
8. Versuchsergebnisse
9. Diskussion und Zusammenfassung
- I. Quellenverzeichnis
- II. Anhang

*: **Verbindlich** bedeutet hier, dass abweichend gegliederte Laborberichte als mangelhaft zurückgewiesen werden.

Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Versuch 1: Umformen (Tiefziehen)

Aufgabenstellung:

- Ermittlung des Zuschnittes der Platine für einen rechteckigen Napf
- Herstellung des Ziehteils auf einer Tiefziehpresse mit messtechnischer Erfassung von Umformweg, Stempelkraft und Niederhalterkraft
- Vermessen des Ziehteils (Außenabmessungen, Ebenheit der Flächen mit grafischer Darstellung)
- ggf. Nachweis, dass die Summe aller Umformgrade gleich „0“ ist (Rasterkreis-Methode) für mindestens 5 ausgewählte Volumenelemente
- Ermitteln Sie die maximal zu erwartende Stempelkraft, die erforderliche Niederhalterkraft, die Bodenabreißkraft
- Ermitteln Sie mit Hilfe der Messergebnisse aus dem Versuch die Umformarbeit! Vergleichen Sie die gemessenen mit den berechneten Werten und diskutieren Sie die Messergebnisse.

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Definieren Sie Umformen!
- Welche Einteilungsmöglichkeiten der Umformverfahren gibt es?
- Nennen Sie Vor- und Nachteile des Umformens!
- Definieren Sie das Ziehverhältnis?
- Wie wird das Verfahren nach der DIN 8582 eingeordnet und warum?
- Welche Spannungszustände durchläuft ein Volumenelement beim Tiefziehen im Boden des Ziehteils, in der Zarge und im Kragen?

- Wie ist eine Anordnung zum Tiefziehen mit Niederhalter und starrem Stempel (einstufiges Formstempeltiefziehen) aufgebaut? (Skizze)
- Welche Funktion hat der Niederhalter?
- Wie wird die Niederhalterkraft eingeleitet (physikalisches Prinzip und Richtung)?
- Skizzieren Sie das Tiefziehen.
- Skizzieren Sie das Tiefziehen mit einer maschinell gesteuerten Bewegung.
- Weshalb ist die Summe aller Umformgrade an einem umgeformten Volumenelement gleich „0“
- Was sind die Ursachen von Falten und Bodenreißen beim Tiefziehen?
- Welcher Zusammenhang wird in einer Fließkurve dargestellt?
- Wie ist das Ziehverhältnis β beim Tiefziehen definiert?
- Wie werden Stempelkraft, Niederhalterkraft und Bodenabreißkraft ermittelt?
- Welche Möglichkeiten der Kraftmessung gibt es?
- Durch welche Mechanismen wird das Umformvermögen eines metallischen Werkstoffs begrenzt? Warum ist ein Metall nicht beliebig weit umformbar?
- Nach welchen Kriterien können die Umformverfahren weiterhin eingeteilt werden?
- Wann ist ein Stahl schmiedbar?
- Erläutern Sie welche Werkstoffe sich für welche Umformverfahren eignen!
- Wozu dienen Schmierstoffe beim Umformen?
- Erläutern Sie die Unterschiede zwischen Schmieden und Tiefziehen!
- Nennen Sie umgeformte Bauteile aus Ihrem Umfeld!
- Wie können Zuschnitte von Blechen erstellt werden?

Wichtig: Zur Ermittlung des Zuschnittes der Platine benötigen Sie Winkel, Zirkel, Kurvenlineal und Taschenrechner. Hinweise zur Zuschnittermittlung finden Sie auf den folgenden Seiten.

Zuschnittsermittlung für rechteckige Gefäßformen

Es gibt eine Reihe derartiger Zuschnittsermittlungen, von denen hier das vom AWF empfohlene Verfahren genannt wird, weil es angeblich die mit der Praxis am besten übereinstimmenden Werte gewährleistet. Es beruht auf der Zerlegung des rechteckigen Hohlteiles in flächengleiche Elemente. Die dort angewendeten Bezeichnungen werden hier übernommen. So werden die innerhalb der Kantenrundungen liegenden Maße für die Seiten mit a und b , für die Höhe mit h , die Kantenabrundungsradien für die Zargenecken mit r_a und die für den Bodenrand mit r_b bezeichnet.

R und x sind für die Konstruktion selbst nicht interessierende, aber für die Rechnung notwendige Zwischenwerte. Der Radius R_1 ist auch für die Berechnung der Zugabstufung maßgebend. Für die Konstruktion des Zuschnittes werden die Maße H_a , H_b und R_1 verwendet. Zuerst wird das Rechteck mit den Seiten a und b gezeichnet, die an jeder Seite um das Maß H_a und H_b verlängert werden, so das ein Kreuz entsteht. In den einspringenden Ecken wird ein Viertelkreis des Radius R_1 geschlagen. Die scharfen, eckenförmigen Übergänge dieses Zuschnittes werden durch Kreisbögen oder andere Kurven derart ausgeglichen, dass die kleinen Restflächen $(u1 + u2)$ und $(v1 + v2)$ einander flächengleich sind. Für unseren Zuschnitt werden Kreisbögen mit den Radien R_a und R_b von den Mittellinien aus geschlagen, die die Viertelkreise des Radius R_1 und die Endseiten des Zuschnittkreuzes berühren, siehe Abb. (s.n. Blatt). Die Möglichkeit, das eine einfache achteckige Form oder eine Kreisform in Angleichung an die vorliegende Konstruktion zum Ziel führt, bleibt zu überprüfen. In sehr vielen Fällen sind die Abweichungen hiervon gar nicht so groß. Bei geringen Stückzahlen ist ein derartiges Verfahren wirtschaftlich, zumal Schneidwerkzeuge für kreisförmige Zuschnitte sehr viel günstiger als andere Formschnitte sind und achteckige Zuschnitte unter der Bleischere oder einem Universalbeschneidewerkzeug sich schnell und günstig herstellen lassen. Die angegliche achteckige Form, die wir für unseren Zuschnitt verwenden, ist in der Abb. unten durch die gestrichelten Umgrenzungsgeraden gekennzeichnet.

Der kreisförmige Zuschnitt ist bei annähernd gleich großen Seiten a und b sowie einem großen Eckenradius r_e fast immer anwendbar.

Gegeben a , b , h und r ; mit $r = r_a = r_b$.

Gesucht R_1 , H_a und H_b .

$$R = 1,42\sqrt{r \cdot h + r^2}$$

$$x = 0,074 \cdot \left(\frac{R}{2r}\right)^2 + 0,982$$

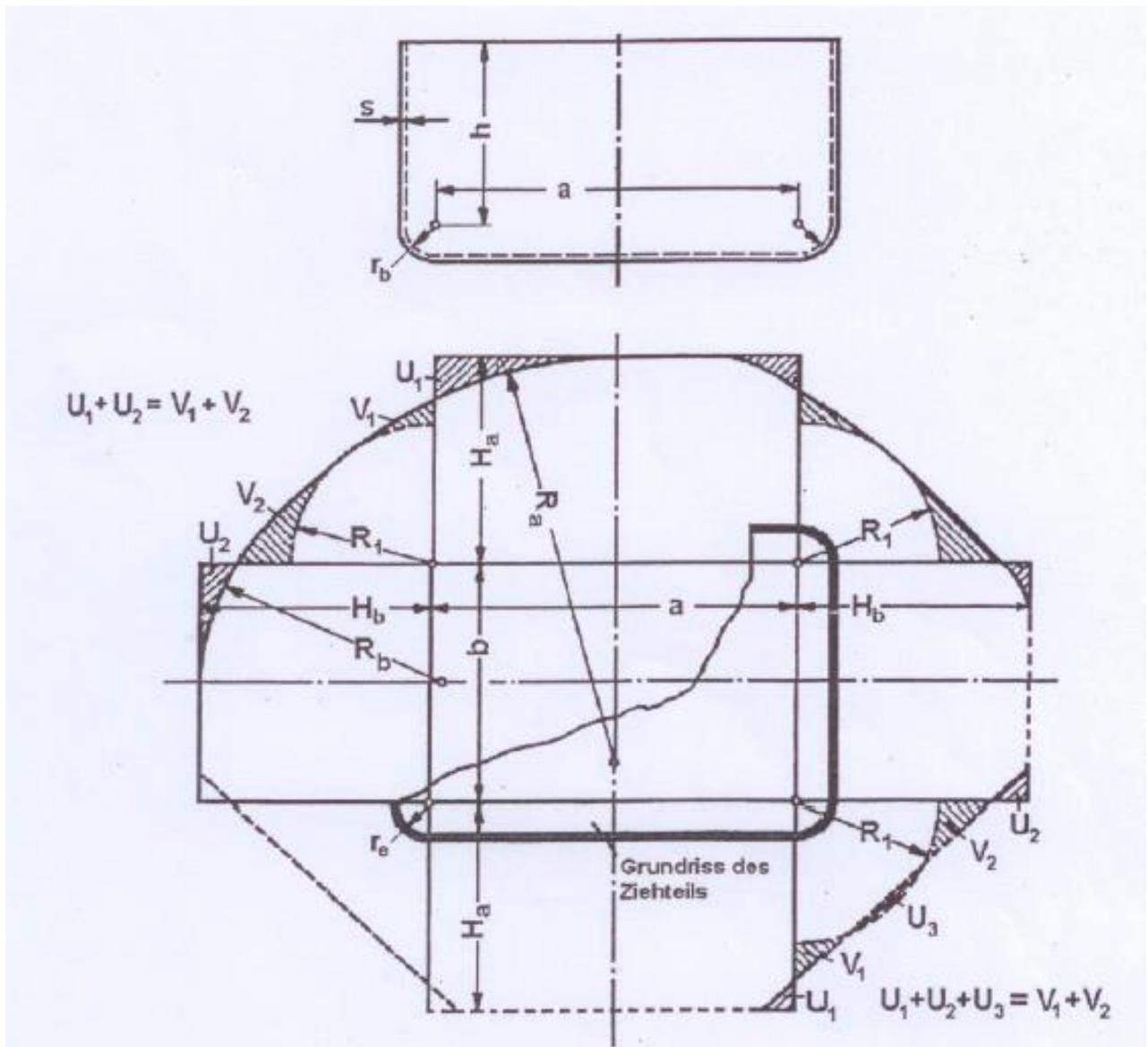
$$R_1 = R \cdot x$$

$$H_a = 1,57r + h - 0,785(x^2 - 1) \frac{R^2}{a}$$

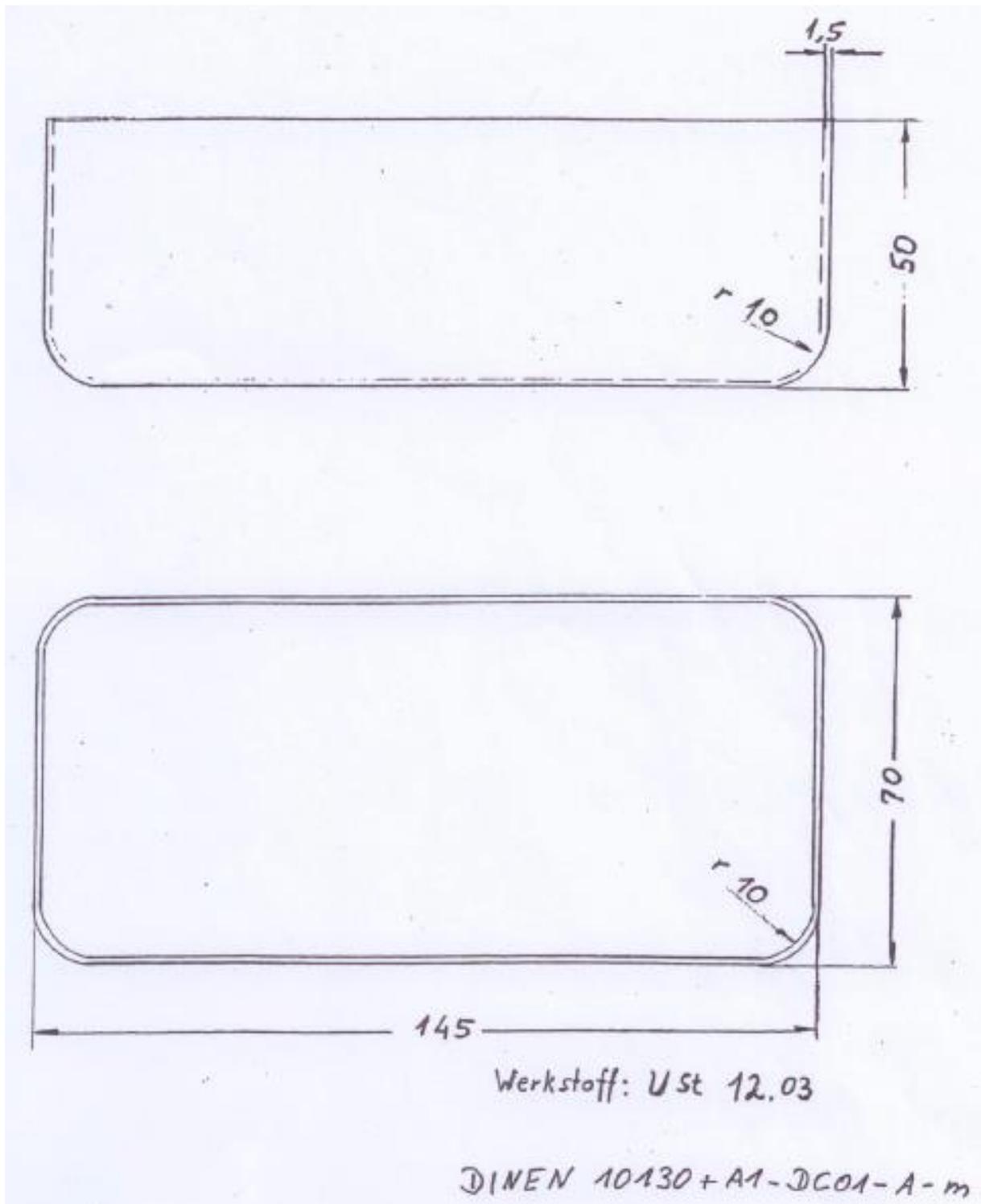
$$H_b = 1,57r + h - 0,785(x^2 - 1) \frac{R^2}{b}$$

Quelle: Oehler, Kaiser, Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge, 6.Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1973

Zuschnittermittlung für rechteckige Ziehtteile nach AWF 5791:



Herzustellendes Ziehteil:



Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Versuch 2: Zerspankräfte und Oberflächen beim Drehen (Grundlagen der Zerspanung I)

Aufgabenstellung:

Versuch a):

- Messen Sie die auftretenden Zerspankraftkomponenten (F_c , F_p , F_f) im Experiment für verschiedene Vorschübe f pro Umdrehung und diskutieren Sie das Ergebnis. Schnittgeschwindigkeit und Schnitttiefe bleiben konstant.
- Berechnen Sie zu jedem Vorschubwert die Größe des Spanungsquerschnitts A_s und die Spannungsdicke h . Was benötigen Sie hierzu?
- Stellen Sie die spezifische Schnittkraft $k_c = F_c / A_s$ über der Spannungsdicke h zunächst in einem gewöhnlichen Koordinatensystem und dann im doppelt-logarithmischen System dar. Leiten Sie daraus die Gleichung für die spezifische Schnittkraft (Parameter $k_{c1,1}$ und m_c) nach Kienzle her.
- Vergleichen Sie die ermittelten Werte mit Werten aus der Literatur und diskutieren Sie die möglichen Unterschiede.
- Ermitteln Sie die Rauheitskennwerte R_a und R_z in Abhängigkeit der Einstell- und Eingriffsgrößen. Welche Parameter beeinflussen die zu erwartende theoretische Rautiefe an einer gedrehten Oberfläche?
- Stellen Sie die theoretisch ermittelte Rautiefe $R_{z,theor.}$ sowie die gemessenen Rauheitskennwerte in Abhängigkeit des Vorschubs grafisch dar!

Versuch b):

- Messen Sie die auftretenden Zerspankraftkomponenten im Experiment für verschiedene Schnittgeschwindigkeiten und diskutieren Sie das Ergebnis.

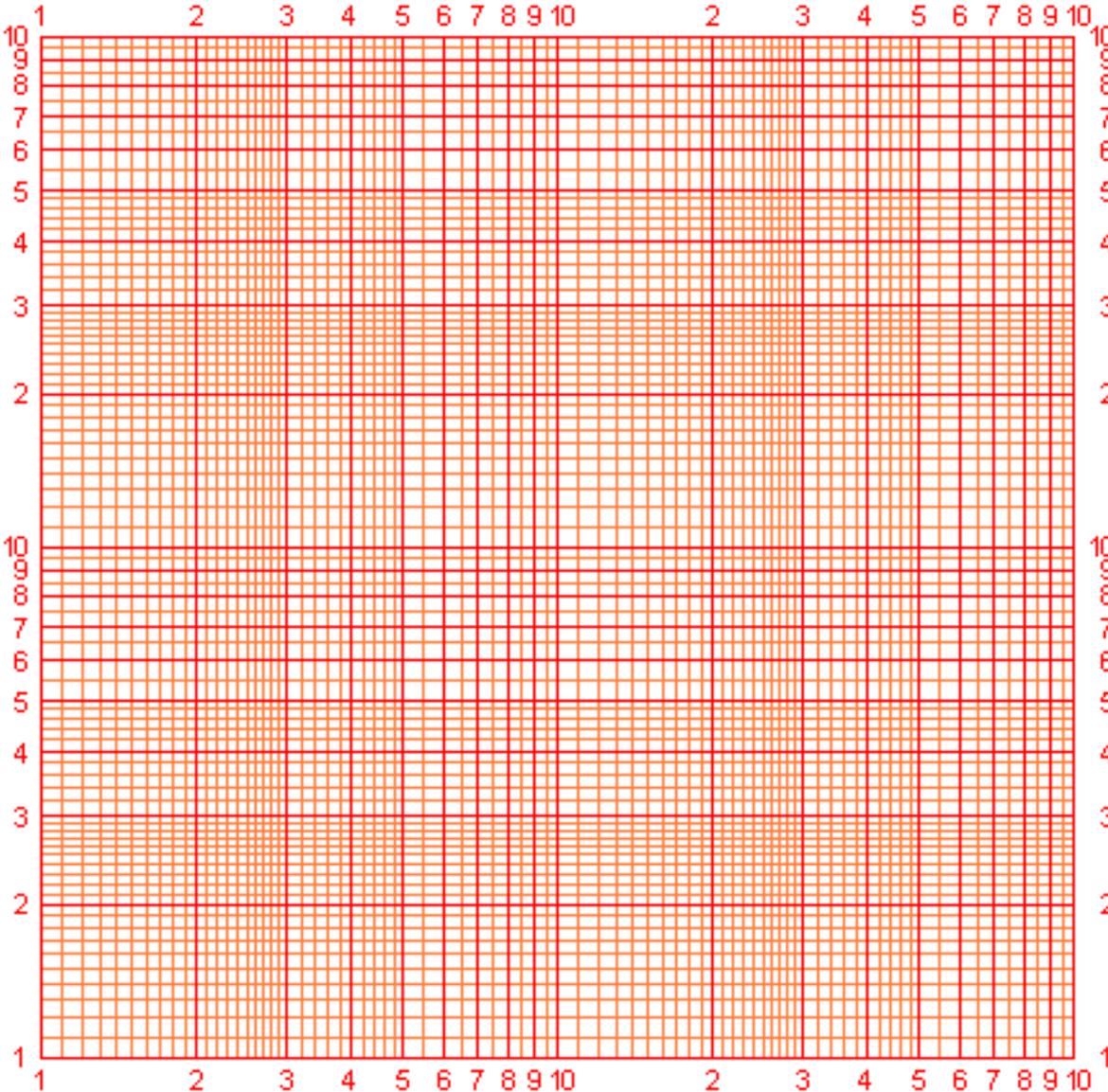
- Charakterisieren Sie die anfallenden Späne nach Spanart und Spanform. Welche Späne entstehen bei welchen Schnittbedingungen? Diskutieren Sie den Einfluß der Einstellgrößen auf Spanart und Spanform.
- Stellen Sie die berechneten und experimentell ermittelten Schnittkräfte in Abhängigkeit von der Schnittgeschwindigkeit grafisch dar. Vermerken Sie zu jedem Versuch Spanart und Spanform.

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Welche Winkel gibt es am Drehmeißel?
- Welche Schneiden gibt es am Drehmeißel? Welche Aufgaben erfüllen diese?
- Skizzieren Sie Werkzeug und Werkstück in der Werkzeugbezugsebene beim Längsdrehen!
- Welche Zerspankraftkomponenten entstehen beim Drehen?
- Skizzieren Sie den Spanungsquerschnitt beim Außenrundlängsdrehen.
- Wie wird die Schnittleistung und Schnittgeschwindigkeit beim Drehen berechnet?
- Was verstehen Sie unter Schnittkraft und spezifischer Schnittkraft?
- Welche Einstellgrößen beeinflussen die Oberflächenrauheit (kinematische Rauheit) beim Drehen?
- Wie sind die Rauheitskennwerte R_a und R_z definiert?
- Was ist unter einem Welligkeits- und Rauheitsprofil zu verstehen?
- Welche Schneidstoffe gibt es und wie werden sie eingesetzt?
- Nennen Sie die Eigenschaften eines idealen Schneidstoffs. Können alle Eigenschaften in einem Schneidstoff realisiert werden?
- Wie sieht der Spanungsquerschnitt beim Bohren aus und wie wirken die Zerspankraftkomponenten an einem zweischneidigen Spiralwendelbohrer?
- Was ist der Unterschied zwischen Bohren ins Volle, Aufbohren und Reiben?

- Was wird unter der Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide und geometrisch unbestimmter Schneide verstanden?
- Welche Vorgänge treten beim Eindringen eines Schleifkorns in ein verformungsfähiges (duktilen) Material auf?
- Wie unterscheidet sich der Schneideneingriff des Schleifkorns von den Eingriffsbedingungen an einem Drehwerkzeug?
- Wie wird die spezifische Schnittkraft (Hauptwert $k_{c1,1}$ und Steigungswert m_c) nach Kienzle experimentell und grafisch ermittelt?
- Wie ergibt sich die Spanraumzahl R und was können Sie damit beurteilen?
- Nennen Sie je vier Spanarten und Spanformen. Was ist der Unterschied zwischen der Spanart und der Spanform?
- Erklären Sie den grundsätzlichen Aufbau einer Drehmaschine!
- Wie können Kräfte gemessen werden?

Wichtig: Zur Berechnung der Schnittkräfte und Oberflächenrauheit benötigen Sie einen Taschenrechner mit Logarithmierfunktion und trigonometrischen Funktionen



Berliner Hochschule für Technik
University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Versuch 2: Zerspankräfte und Oberflächen beim Drehen (Grundlagen der Zerspanung I)

Werk- stück	Werkstoff		
	Werte spez. Schnittkraft ($k_{c1.1}$, m_c)		

Werk- zeug	Schneidstoff		
	Wendeschnaidplatte		
	Werkzeughalter	α_o	
		γ_o	
		ϵ	
		κ	

Versuch a): Variation des Vorschubs pro Umdrehung

Schnitt- beding- ung en	Schnitttiefe	$a_p =$	[mm]	Vorschub	$f = var.$	[mm]
	Drehzahl	$n =$	[1/min]	Durchmesser	$d =$	[mm]
	Schnittgeschw.	$v_c =$	[m/min]			
	Kühlung					

f	h	As	F_c	F_p	F_f	Ra	Rz	Rmax	Rz, theor.
mm	mm	mm ²	N	N	N	µm	µm	µm	µm

Versuch b): Variation der Schnittgeschwindigkeit

Schnitt- bedingung en	Schnitttiefe $a_p = 1$ [mm]	Vorschub $f =$ [mm]
	Drehzahl $n = \text{var.}$ [1/min]	Durchmesser $d =$ [mm]
	Schnittgeschw. $v_c = \text{var.}$ [m/min]	Spanungsdicke $h =$ [mm]
	Kühlung	Sonstiges

n	v_c	f	F_c	F_p	F_f	Spanart, Spanform
1/min	m/min	mm	N	N	N	

Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Versuch 3: Lichtbogenschweißverfahren

Aufgabenstellung:

Am Übungsplatz sind unter Anleitung Nähte mit folgenden Schweißverfahren auszuführen:

- WIG-hochlegierter Stahl
- WIG-Aluminium (AlMg₃)
- MAG-allgemeiner Baustahl

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Frischen Sie Ihr Wissen über die Schmelzpunkte verschiedener Werkstoffe auf!!
- Frischen Sie Ihre Kenntnisse des Eisen-Kohlenstoffdiagramms (EKD) auf!!!
- Was ist die Stahlecke des EKD? Wo befindet sich diese?
- Was verstehen Sie unter Schweißbarkeit von Stählen?
- Erklären Sie den Unterschied zwischen Schweißen und Löten!
- Warum muss die Schweißnaht besonders geschützt werden?
- Wie kann dieser Schutz realisiert werden?
- Welche Schweißverfahren kennen Sie?
- Nennen Sie zu einigen Ihnen bekannten Schweißverfahren die Energiequellen!
- Welche persönlichen Schutzmaßnahmen müssen Sie bei den verschiedenen Schweißverfahren beachten?

- Welche Stromart und Polung verwendet man zum WIG-Schweißen von Aluminium und seinen Legierungen?
- Wie vermeidet man Wolframeinschlüsse im Schweißgut durch den Zündvorgang beim WIG-Schweißen?
- Welche Stromart und Polung werden beim WIG-Schweißen von Stahl angewendet?
- Welches Schutzgas verwendet man beim WIG-Schweißen?
- Erklären Sie den Unterschied zwischen inerten und aktiven Gasen!
- Bei welchen Schweißverfahren spricht man von sich verbrauchenden und sich nicht verbrauchenden Elektroden?
- Warum sollte beim MAG- Stahlschweißen ein Anteil von O_2 im Gas vorhanden sein?
- Was können die Legierungsbestandteile in Schweißzusatzwerkstoffen bewirken?

Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Versuch 4: CNC-Fräsen

Aufgabenstellung:

- Im Rahmen der Übung wird ein Frästeil auf der im Labor befindlichen HEM 500U gefertigt. Die Umsetzung soll mit Hilfe der Zyklenprogrammierung erfolgen. Dazu erhalten die Studierenden alle erforderlichen Unterlagen (Zeichnungen, detaillierter Arbeitsplan, Werkzeugliste sowie Auszüge aus dem Programmierhandbuch).
- Nach der Analyse der Fertigungszeichnung soll die Ausgangssituation bzw. der aktuelle Zustand des Werkstücks messtechnisch erfasst und in einer Handskizze dokumentiert werden. Danach folgt die Auswahl der zur Herstellung des Werkstücks geeigneten Werkzeuge anhand des Arbeitsplans und der Werkzeugliste. Daran schließt sich die Bestimmung der Schnittparameter Drehzahl, Vorschubgeschwindigkeit, Schnitttiefe (Tiefenzustellung) und Eingriffsbreite (resp. Bahnüberlappung) für die einzelnen Werkzeuge an.
- Unter Zuhilfenahme des Programmierhandbuchs, Technischer Zeichnungen, Tabellenbüchern sowie einfacher Grundrechenarten sollen die fehlenden Angaben zu Bearbeitungsparametern und Geometrien in den Fertigungsunterlagen ergänzt werden. Vor der Erstellung des NC-Programms direkt an der Maschine muß die Spannsituation geklärt und in einer aussagekräftigen Handskizze abgebildet werden.
- Nach der Programmeingabe, der Durchführung der graphischen Prozesssimulation und des Spannens des Werkstücks ist dessen Einmessung bzw. die Bestimmung des Werkstücknullpunkts erforderlich. Im Anschluß daran findet die Fräsbearbeitung statt.
- Abschließend sollen anhand der Werkstückzeichnung sechs aussagekräftige und mit einem Messschieber messbare Prüfmaße identifiziert und gemessen werden. Die Ergebnisse sind in einer Handskizze zu dokumentieren und den Sollwerten gegenüber zu stellen.

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Teilen Sie die Fräsverfahren nach DIN 8589-3 ein! Welches Kriterium liegt dieser Unterteilung zu Grunde? [2]
- Wie können die Fräsverfahren nach den verwendeten Kinematiken unterschieden werden? [2]
- Nennen Sie Arten von Fräsern. [2]

- Über welche Eigenschaften müssen Schneidstoffe verfügen? [1]
- Welches sind die gebräuchlichen Schneidstoffe für die Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide? [1]
- Wie verhalten sich die Eigenschaften Härte und Zähigkeit eines Schneidstoffs zueinander? [1]
- Welchen Einfluß hat die Warmfestigkeit eines Schneidstoffs auf die erreichbaren Schnittgeschwindigkeiten im Zerspanprozeß? Durch welche Eigenschaften zeichnen sich Schneidstoffe aus, die „höhere“ Vorschübe im Prozeß ermöglichen? [1]
- Was ist der Unterschied eines Bohrnutenschaftfräasers zu einem normalen Schafffräser?
- Was sind torische Fräser?
- Wie lautet die Gleichung zur Berechnung der Spindeldrehzahl bei gegebener Schnittgeschwindigkeit?
- Was verstehen Sie unter Gleichlauf- und unter Gegenlaufräsen und wann wird es angewendet?
- Wie groß ist die Schnittgeschwindigkeit im Rotationszentrum eines Fräasers?
- Wie lautet die Gleichung zur Berechnung der Vorschubgeschwindigkeit beim Fräsen und welche Parameter müssen dabei gegeben sein?
- Wie ist die Achse einer NC-Bearbeitungsmaschine aufgebaut?
- Worauf ist an Umkehrpunkten der Achsverfahrwege zu achten?
- Wie ist ein NC-Programm allgemein aufgebaut?
- Welche Arten von NC-Befehlen gibt es?
- Worin bestehen die Vorteile einer Radiuskorrektur?
- Welche Zyklen kennen Sie bei der Programmierung von NC-Fräsprogrammen?
- Weshalb müssen manche NC-Bearbeitungsmaschinen nach dem Einschalten synchronisiert werden und wovon hängt das ab?
- Wozu dient ein Werkstück-Null-Punkt?

- Was ist der Unterschied zwischen dem Maschinennullpunkt, Referenzpunkt und dem Werkstück-Nullpunkt? Wer legt diese Punkte fest?
- Welche Arten der Programmierung gibt es?
- Was ist die Aufgabe eines Post-Prozessors?
- Was verstehen Sie unter der Programmierung mit absoluten und relativen Koordinaten?
- Wozu werden Koordinatentransformationen genutzt?
- Welche Zyklengruppen sind an dieser Maschine verfügbar?
- Welche Möglichkeiten der Erstellung eines NC-Programmes gibt es?
- Erklären Sie Punkt-zu-Punkt-Steuerung, Streckensteuerung und Bahnsteuerung?
- Über welche Steuerung (Hersteller) verfügt die Maschine HEM 500 U im Produktionstechniklabor?
- Wichtig: Benennen und erklären Sie die Parameter zur Bearbeitung einer Rechtecktasche. Beziehen Sie sich dazu auf die Datei Auszug_TNC_530_Zyklusprogrammierung_606421_03.pdf

[1] Klocke: Fertigungsverfahren Band 1, Springer Verlag 9. Auflage 2018, S.

[2] Fritz: Fertigungstechnik, Springer Verlag 12. Auflage 2018, S. 276ff

Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor, Versuch 5: Widerstandspunktschweißen

Aufgabenstellung:

- Stellen Sie Schweißverbindungen eines Überlappstoßes mit unterschiedlichen Schweißzeiten her!
- Variieren Sie beim Punktschweißen die Schweißstromstärke und/oder die Elektrodenkraft
- Ermitteln Sie an den hergestellten Schweißverbindungen:
 - Scherzugfestigkeit
 - Größe der Wärmeeinflusszone (WEZ)
 - Fläche des ausgeknöpften Teils der Verbindung
 - Schweißstrom und Schweißarbeit
- Stellen Sie die Meßergebnisse grafisch dar und bewerten Sie diese Ergebnisse (Schweißstrom, Schweißarbeit, Scherzugfestigkeit, Punktdurchmesser, Breite der Wärmeeinflusszone jeweils in Abhängigkeit von der veränderten Einstellgröße und den verschiedenen Werkstoffen)

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Frischen Sie Ihre Kenntnisse des Eisen-Kohlenstoffdiagramms auf!
- In welchen Bereichen liegen beim Widerstandspunktschweißen Schweißstrom, Schweißspannung und Schweißzeit?
- Weshalb kommt es beim Widerstandspunktschweißen gerade zwischen den beiden Fügeteilen zur Ausbildung der Schweißlinse, wenn doch im gesamten Sekundärkreis der Schweißstrom gleich groß ist?
- Wie sollten Punktschweißverbindungen vorwiegend belastet werden?

- Wie können Punktschweißverbindungen geprüft werden?
- Wie ist der Temperaturverlauf bei der Herstellung einer Punktschweißverbindung?
- Welche Besonderheiten gibt es beim Punktschweißen von Leicht- und Buntmetallen?
- Wie setzt sich das Kohlenstoffäquivalent zusammen und welche Aussagen lassen sich daraus für das Schweißen ableiten?
- Erklären Sie den Unterschied zwischen Schweißen und Löten!
- Wie können elektrische Ströme gemessen werden?
- Wo werden Punktschweißverbindungen verwendet?

Informieren Sie sich über die Eigenschaften, die Zusammensetzung und die Einsatzgebiete folgender Werkstoffe:

Proben Nr.	Werkstoffsorte	EN Norm	Werkstoff Nr. DIN (alt)
1-14	St 12 (FeP01)	DC01	1.0330
15	Al Mg Si 1	573-3	3.2315
16	X 5Cr Ni 18-10	10088-1	1.4301
17	Cu Zn 40	CW 509 L	2.0360
18	DX 52 D +Z/ St 03 Zinkauftrag ca. 45 µm	10346	1.0350

Berliner Hochschule für Technik
University of Applied Sciences
Fachbereich VIII
Maschinenbau, Verfahrens- und Umwelttechnik

Fertigungstechnik Übung WP- Schweißverfahren



Probe Nr.	Progr. Nr.	FE (KN)	Is (SKT)	ts (Periode)	Is (kA)	FZ (N)	Spritzer	Ausknöpfbruch	V	R
Variation der Schweißzeit (Werkst.- Nr. 1.0330)										
1	11	1,50	450	6						
2	14	1,50	450	12						
3	16	1,50	450	16						
4	18	1,50	450	24						
Variation der Elektrodenkraft (Werkst.- Nr. 1.0330)										
5	23	1,00	500	8						
6	23	1,50	500	8						
7	23	2,00	500	8						
8	23	2,75	500	8						
Variation von Schweißstrom (und Elektrodenkraft) (Werkst.- Nr. 1.0330)										
9	21	1,5	400	8						
10	25	1,5	600	8						
11	27	1,5	700	8						
12	21	2,5	400	8						
13	25	2,5	600	8						
14	27	2,5	700	8						
Variation von Werkstoffen (Nichteisenmetalle und Legierte Edelstähle)										
15	25	2,5	600	8						
16	25	2,5	600	8						
17	25	2,5	600	8						
18	25	2,5	600	8						

Berliner Hochschule für Technik

University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

Fertigungslabor, Versuch 6: Electro-Discharge-Machining (EDM)

Aufgabenstellung:

- Stellen Sie Einsenkung mit unterschiedlichen Generatorparametern mit einer Kupferelektrode her!
- Ermitteln Sie die Abtragrate!
- Ermitteln Sie die Verschleißrate!
- Ermitteln Sie den relativen Verschleiß!
- Ermitteln Sie die Größe des Funkenspaltes!
- Ermitteln Sie die Rauheitsparameter R_a , R_z und R_t !
- Stellen Sie die Messergebnisse grafisch dar und bewerten Sie diese Ergebnisse!
- Treffen Sie eine Aussage über die Eignung der verwendeten Generatorparameter für mögliche Anforderungen an einen Bearbeitungsprozess!

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Welche Varianten der funkenerosiven Bearbeitungsverfahren kennen Sie?
- Was ist ein Dielektrikum?
- Welche Dielektrika werden bei welchen EDM-Verfahren verwendet und warum?
- Welche Werkstoffe können bearbeitet werden?
- Aus welchen Komponenten besteht eine EDM-Anlage?
- Welche Werkzeugelektrodenwerkstoffe werden bei welchen Verfahren verwendet?

- Erklären Sie das Abtragprinzip der Funkenerosion!
- Warum werden die funkenerosive Abtragverfahren verwendet?
- Was ist die Abtragrate?
- Was ist die Verschleißrate?
- Was ist der relative Verschleiß?
- Wie können Hinterschneidungen mit Hilfe der EDM-Verfahren hergestellt werden?
- Welche Grundbewegungen der Planetärerrosion kennen Sie?
- Wovon wird der Funkenspalt bestimmt?
- Was verstehen Sie unter der Oberflächenrandschicht?
- Wie entsteht die Oberflächenrandschicht?
- Nennen Sie die wichtigsten Rauheitskennwerte!
- Welche Verfahren zur Dichtebestimmung gibt es?
- Informieren Sie sich über die Eigenschaften von Metallen (Schmelzpunkte, Dichte usw.)!

Versuchsnummer	Werkzeugelektroden-Werkstoff	Werkstückwerkstoff	
1	Kupfer	Stahl	
2	Kupfer	Stahl	
3	Kupfer	Aluminium	
4	Kupfer	Aluminium	
5	Graphit	Stahl	
6	Graphit	Stahl	

Berliner Hochschule für Technik
University of Applied Sciences
Fachbereich VIII
Maschinenbau, Verfahrens- und Umwelttechnik



Fertigungstechnik Übung Senk-EDM

Versuch 1	Generator-technologie E					Generator-technologie E				
EDM Kupfer / Stahl										
Werkstoff	Masse Beginn	Masse Ende	Differenz	Zeit Start	Zeit Ende	Masse Beginn	Masse Ende	Differenz	Zeit Start	Zeit Ende
Kupfer 1										
Stahl										
Kupfer 3										
Stahl										
EDM Kupfer / Alu										
Werkstoff	Masse Beginn	Masse Ende	Differenz	Zeit Start	Zeit Ende	Masse Beginn	Masse Ende	Differenz	Zeit Start	Zeit Ende
Kupfer 2										
Alu										
Kupfer 4										
Alu										
Graphit / Stahl										
Werkstoff	Masse Beginn	Masse Ende	Differenz	Zeit Start	Zeit Ende	Masse Beginn	Masse Ende	Differenz	Zeit Start	Zeit Ende
Graphit										
Stahl										
Graphit										
Stahl										
Rauheitskennwerte										
V1										
V2										
V3										
V4										
V5										
V6										

Berliner Hochschule für Technik

University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

Fertigungslabor, Versuch 7: Robotertechnik

Aufgabenstellung:

- Machen Sie sich mit den Sicherheitsvorschriften und der vorhandenen Sicherheitstechnik am Roboter-Übungsplatz vertraut!
- Machen Sie sich mit der Programmierung des Gelenkarmroboters von der Fa. Reiss vertraut!
- Lösen Sie die am Übungsplatz gestellte Handhabungsaufgabe
- Erstellen Sie ein kommentiertes Programm als Bestandteil des Berichts
- Beschreiben Sie außerdem die bei der Übung aufgetretenen Fehler und Probleme

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Welche Komponenten enthält eine numerisch gesteuerte Achse eines Industrieroboters?
- Wozu dienen Ein- und Ausgänge an einer Industrierobotersteuerung?
- Was verstehen Sie unter Streckensteuerung, Bahnsteuerung und Punkt-zu-Punkt-Steuerung?
- Wozu werden Industrieroboter vor Arbeitsbeginn synchronisiert?
- Was bedeuten in der Robotertechnik die Begriffe kartesisches und Polar-Koordinatensystem?
- Welche Greifersysteme gibt es und wie werden Robotergreifer angetrieben?
- Wie verhindert man bei Robotergreifern, dass bei plötzlichem Stromausfall, keine Gefährdung durch herausfallende Werkstücke entsteht?

Berliner Hochschule für Technik

University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

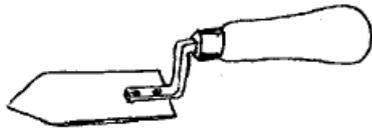
Fertigungslabor (RAUM A32), Versuch 8: Übung Gießereitechnik

Aufgabenstellung:

- Unter Anleitung ist ein Gussstück im Sandformverfahren herzustellen.

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Fragen zu beantworten:

- Wozu dient ein Stampfldotz?
- Wie wird die Schwindung von Gussstücken berücksichtigt?
- Welches Formerwerkzeug ist hier dargestellt?



- Durch welche Maßnahme wird einer nicht-ebenen Teilungslinie am Modell begegnet?
- Wie sollte die Lage des Speisers sein?
- Welche Bedeutung hat die Farbe Rot bei einem Holzmodell für den Sandformguss?
- Welche Gusswerkstoffe kann man im Feinguss verarbeiten?
- Aus welchem Werkstoff bestehen die Modellplatten beim Maskenformverfahren?
- Von einem kleinen Hebel aus Zink mit einer Masse von 32 Gramm werden 620 000 Stück im Jahr benötigt. Welches Verfahren schlagen Sie vor?

Berliner Hochschule für Technik University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Fertigungslabor Versuch 9: Zahnradherstellung

Aufgabenstellung:

- Zahnradfertigung durch Profilfräsen mit Teilkopf, Wälzfräsen, Stoßen und Räumen
- Ermittlung der Zahnradgeometrie für die am Übungsplatz bereitgestellten Daten
- Vergleich der Verfahren hinsichtlich ihrer Einsatzgebiete
- Herstellung eines schräg- oder geradverzahnten Stirnrades
- Zweiflankenwälzprüfung eines Zahnrades und Erstellung eines Zweiflankenwälzdiagramms
- Ermittlung von Wälzfehler F_i'' , Wälzsprung f_i'' und Rundlauffehler
- Zahnradeinzelfehlermessung von Eingriffsteilung, Zahnweite und Zahndicke
- Erstellen einer Fehlerkurve und Bestimmung der jeweils kleinsten und größten Abweichungen. Beurteilung der Qualität und Toleranzfeldlage nach DIN-Tabellen.
- Beurteilung der Güte des gefertigten Zahnrades nach DIN 3961, 3962, 3963 und 867

Bei der Vorbereitung der Laborübung sind insbesondere folgende Punkte zu beantworten:

- Was ist ein Zahnrad?
- Wozu werden Zahnräder verwendet?
- Welche messbaren Qualitätsmerkmale definieren die IT-Güteklasse eines Zahnrades nach DIN 3961 ff.?
- Welche Verfahren gibt es generell, um Zahnräder herzustellen?

- Skizzieren Sie die Funktionsweise einer Zweiflankenwälzprüfmaschine.
- Welche Größen sind aus einem Wälzdiagramm abzulesen?
- Was ist der Unterschied zwischen Einzelfehler- und Summenfehlerprüfung?
- Was ist eine Eingriffsteilung, Zahndicke, Zahnweite und Rundlaufabweichung?
- Nennen Sie Vor- und Nachteile der Zahndicken- und Zahnweitenmessung.
- Was ist eine Evolvente am Zahnrad?
- Nennen Sie die Vorteile des Wälzstoßens gegenüber dem Wälzfräsen von Verzahnungen.
- Skizzieren Sie das Wälzfräsen bzw. Wälzstoßen.
- Stellen sie das Zahnradfräsen nach dem Profilfräsen mit Teilkopf und nach dem Wälzfräsverfahren gegenüber!
- Weshalb werden beim Fräsen im Teilkopfverfahren bei der Fertigung von Zahnradern gleichen Moduls aber unterschiedlicher Zähnezahl verschiedene Scheibenfräser benötigt?
- Was verstehen Sie unter Gleichlauf- und unter Gegenlaufräsen? Wann wird welche Verfahrensvariante angewendet?
- Wie sieht ein Wälzfräser zur Zahnradherstellung aus?
- Wie ist ein Räumwerkzeug aufgebaut?
- Was sind die typischen Anwendungsfälle und Vorteile des Räumens gegenüber anderen spanenden Fertigungsverfahren?
- Erklären Sie den Aufbau und die Funktionsweise der Messmittel Messschieber und Bügelmessschraube!
- Warum kann mit einer Bügelmessschraube genauer gemessen werden?

Berechnungsbogen für das Fräsen mit dem Teilkopf:

Nicht korrigierte Stirnräder mit Geradzahnung

Maße außenverzählter Räder

Zähnezahl

Kopfkreisdurchmesser

Fußkreisdurchmesser

$$z = \frac{d}{m} = \frac{d_a - 2 \cdot m}{m}$$

$$d_a = d + 2 \cdot m = m \cdot (z + 2)$$

$$d_f = d - 2 \cdot (m + c)$$

Gemeinsame Maße innen- und außenverzählter Räder

Modul

Teilung (in Grad °)

Teilkreisdurchmesser

Kopfspiel

Zahnkopfhöhe

Zahnfußhöhe

Zahnhöhe

$p = \pi \cdot m$

$d = m \cdot z$

$h_a = m$

$h_f = m + c$

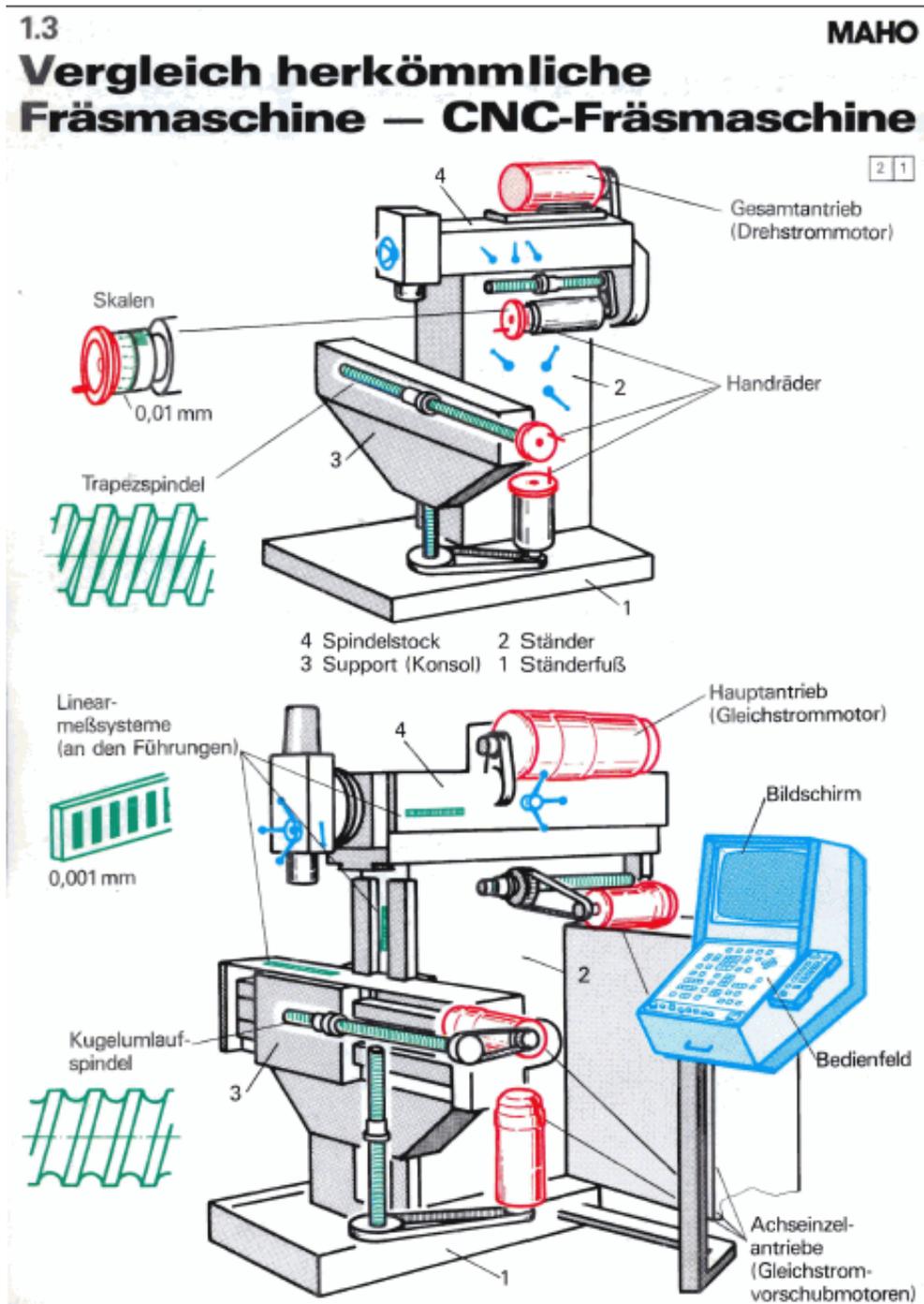
$h = 2 \cdot m + c$

m	Modul	mm
p	Teilung	mm
z, z_1, z_2	Zähnezahlen	-
h	Zahnhöhe	mm
h_a	Zahnkopfhöhe	mm
h_f	Zahnfußhöhe	mm
d, d_1, d_2	Teilkreisdurchmesser	mm
d_a, d_{a1}, d_{a2}	Kopfkreisdurchmesser	mm
d_f, d_{f1}, d_{f2}	Fußkreisdurchmesser	mm
c	Kopfspiel	mm
a	Achsabstand	mm

Berliner Hochschule für Technik
University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

Anhang 1 zu Versuch 4: CNC-Fräsen (Quelle: MAHO Schulungsunterlagen)



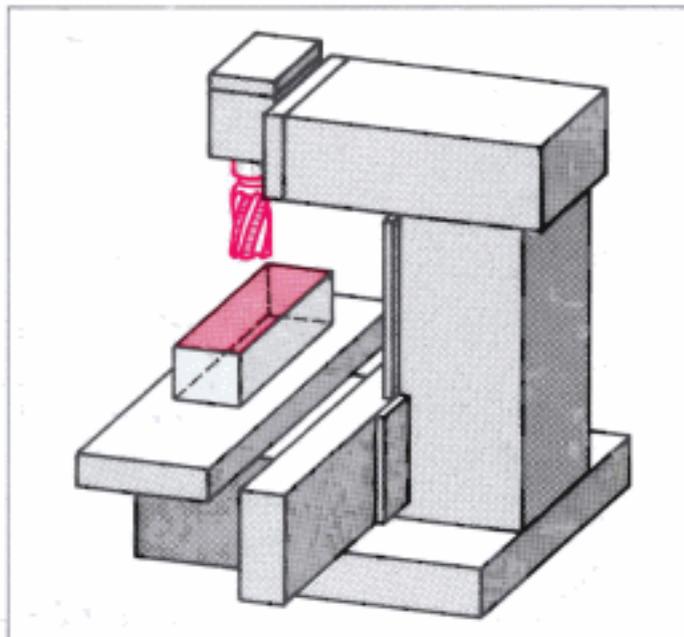
2.1.3

MAHO

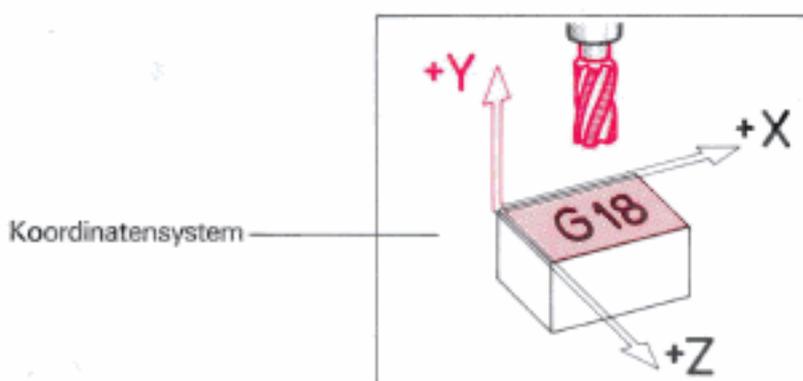
Achsen und Achsrichtungen beim Arbeiten mit vertikaler Spindel

2 1

Die Arbeitsspindel wird geschwenkt (Universal-Fräs- und Bohrmaschine):



Auch nach dem Schwenken der Arbeitsspindel gilt das ursprüngliche Koordinatensystem!



Koordinatensystem

Standort:
am Bedienpult

Blickrichtung:
„von hinten auf
das Werkstück“

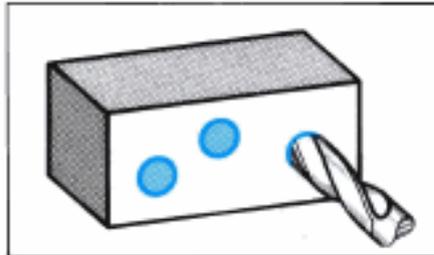
- + X : Werkzeug nach rechts
- + Y : Werkzeug nach oben
- + Z : Werkzeug nach hinten

2.2

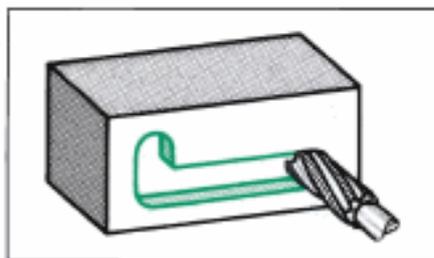
MAHO

Die Steuerungsarten

4	3	2	1
---	---	---	---

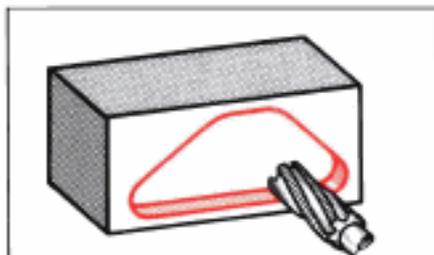


Punktsteuerung



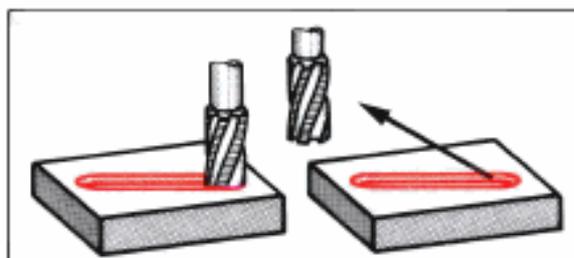
Streckensteuerung

- nur achsparalleles Fräsen möglich



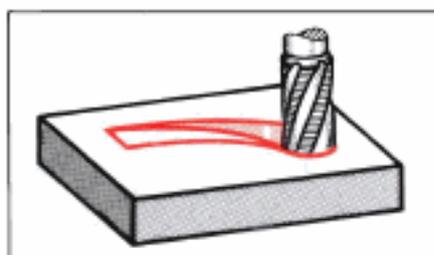
2D-Bahnsteuerung

- gleichzeitiges Fräsen in 2 Achsen



2¹/₂D-Bahnsteuerung

- 2D-Fräsen in mehreren Ebenen
- Eilgang in 3 Achsen



3D-Bahnsteuerung

- gleichzeitiges Fräsen in 3 Achsen

2.3

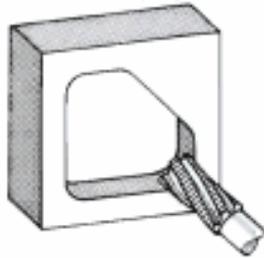
MAHO

Die Werkstücknullpunktlagen

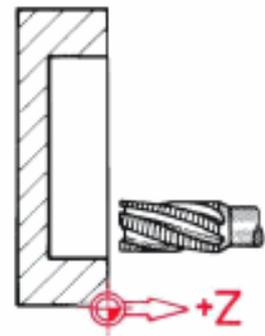
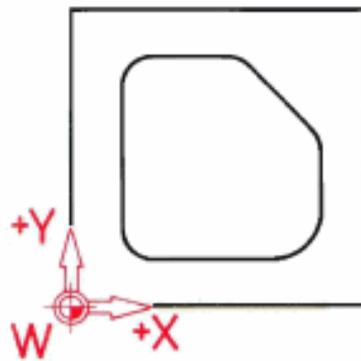
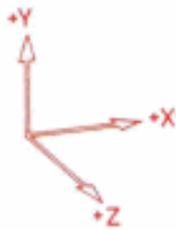
1

Symbol für den Werkstücknullpunkt: 

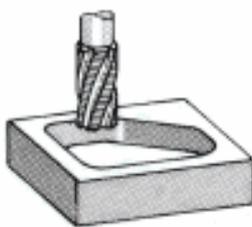
...beim Arbeiten mit **horizontaler** Spindel



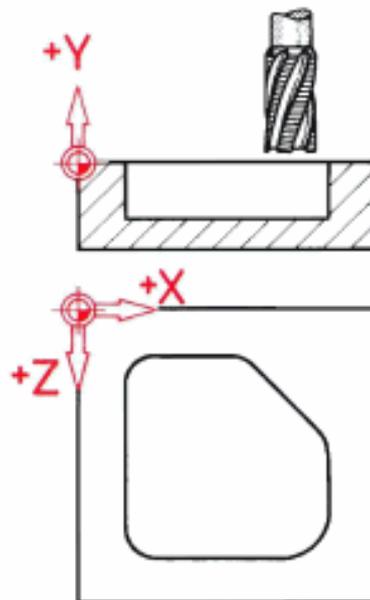
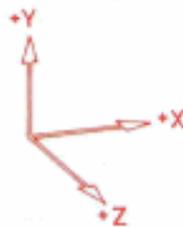
Koordinatensystem:



...beim Arbeiten mit **vertikaler** Spindel



Koordinatensystem:



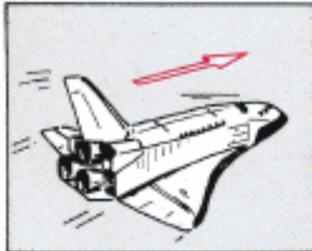
2.6

MAHO

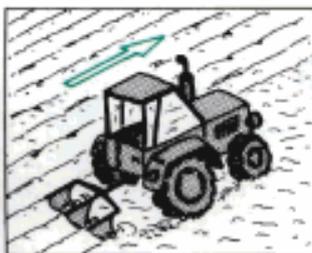
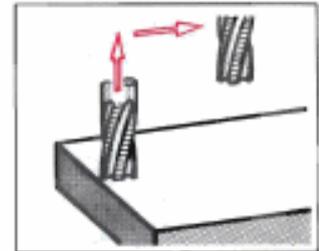
G0, G1, G2/G3, G17/G18

3 2 1

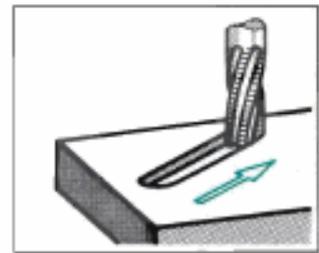
Die G-Funktionen sind in DIN 66 025 festgelegt.



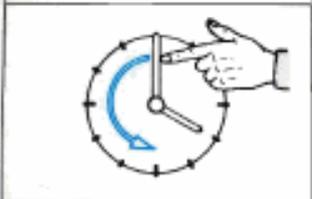
G0
Eilgang



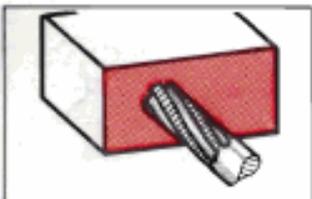
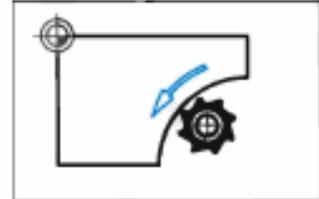
G1
Vorschub auf
einer Geraden



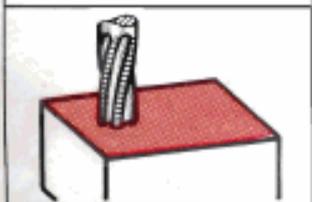
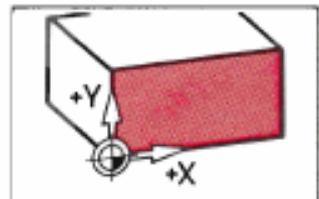
G2
Vorschub im
Uhrzeigersinn



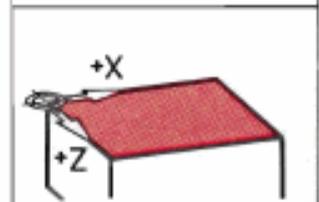
G3
Vorschub im
Gegenuhrzeigersinn



G17
X Y Ebene



G18
X Z Ebene



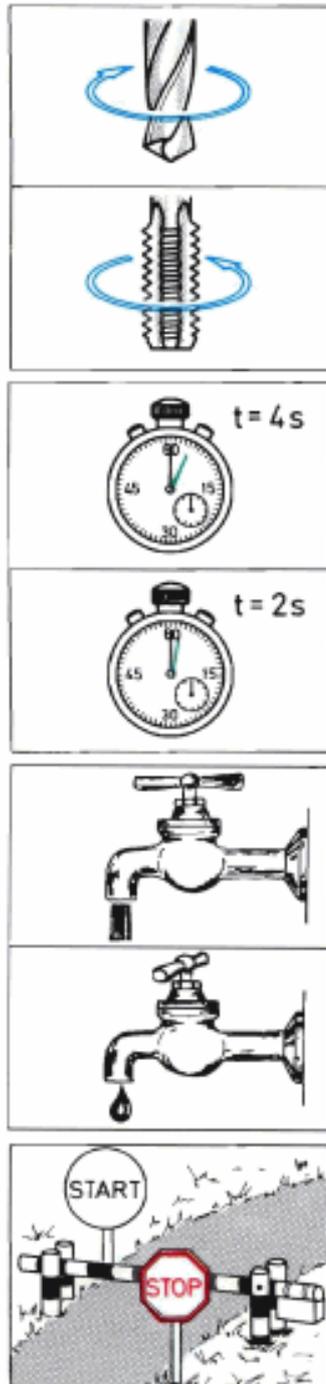
2.7

MAHO

M3/M4, M6/M66, M8, M9, M30

4 3 2 1

Die M-Funktionen sind in DIN 66025 festgelegt.



M3
Drehrichtung
RECHTS

M4
Drehrichtung
LINKS

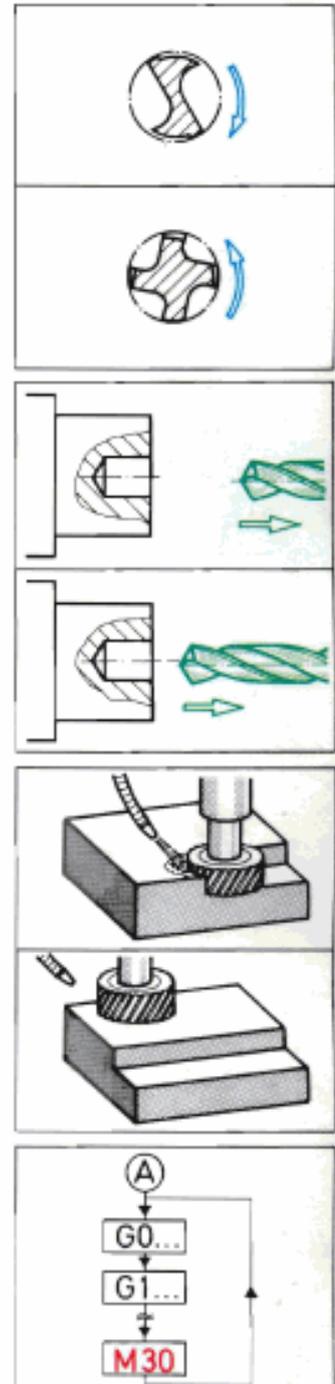
M6
Werkzeugwechsel mit
automatischem Rückzug

M66
Werkzeugwechsel an
aktueller Achsposition

M8
Kühlmittel EIN

M9
Kühlmittel AUS

M30
Programmende
+
Rücksprung zum
Programmbeginn



2.8

Programmaufbau und Satzformat

4 3 2 1

Programmauszug:

```

O N 9004
O N 1 G 17 S 630 T 1 M 66
O N 2 G 54
O N 3 G 98 X-10 Y-10 Z-20 I 150 J 140 K 30
O N 4 G 99 X 0 Y 0 Z-20 I 130 J 120 K 20
O N 5 G 0 X 60 Y 30 Z-8 M 3
O N 6 G 1 Z-10 F 50
O N 7 G 43 X 80 F 100
O N 8 G 42
O N 9 G 2 X 60
    
```

Ein Programm besteht aus einer geordneten Folge von Befehlen.

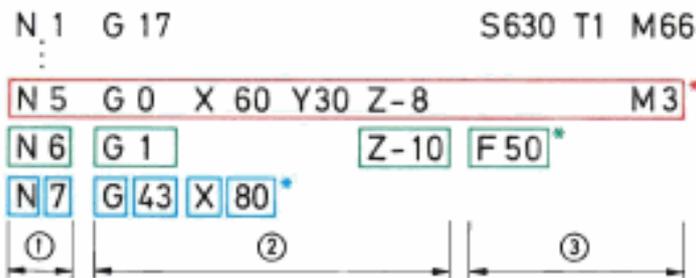


N 9004
N 1...
N 2...
N 3...

N 9004 ist die Programmnummer (N > 9000)

N 1, N 2, N 3 usw. sind die Satznummern.

Gliederung eines Programms:



- ① Programm-technische Befehle
- ② Geometrische Befehle
- ③ Technologische Befehle

Das **PROGRAMM** besteht aus *Sätzen.
 Der **SATZ** besteht aus *Wörtern.
 Das **WORT** besteht aus einer *Adresse und einer Zahl.

2.3

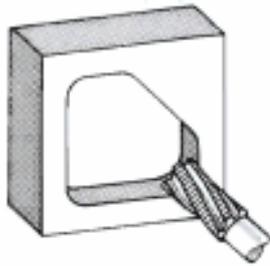
MAHO

Die Werkstücknullpunktlagen

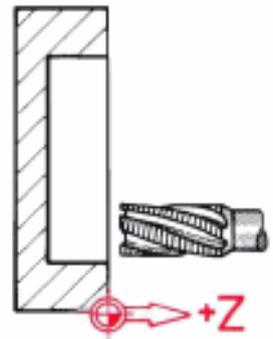
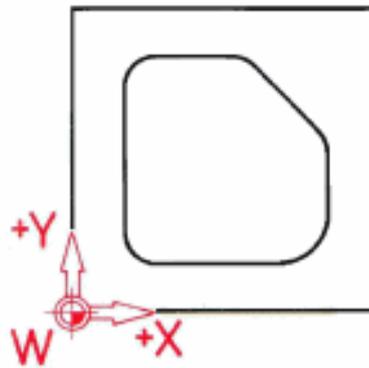
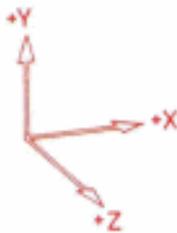
1

Symbol für den Werkstücknullpunkt: 

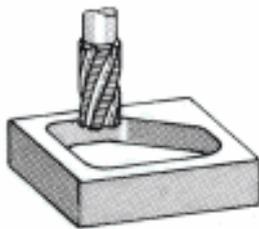
... beim Arbeiten mit **horizontaler** Spindel



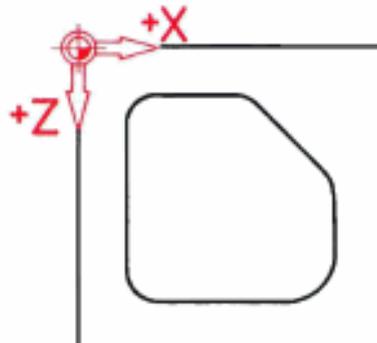
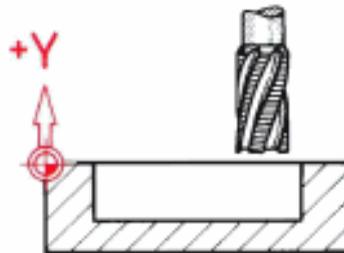
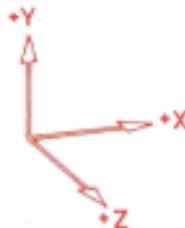
Koordinatensystem:



... beim Arbeiten mit **vertikaler** Spindel



Koordinatensystem:



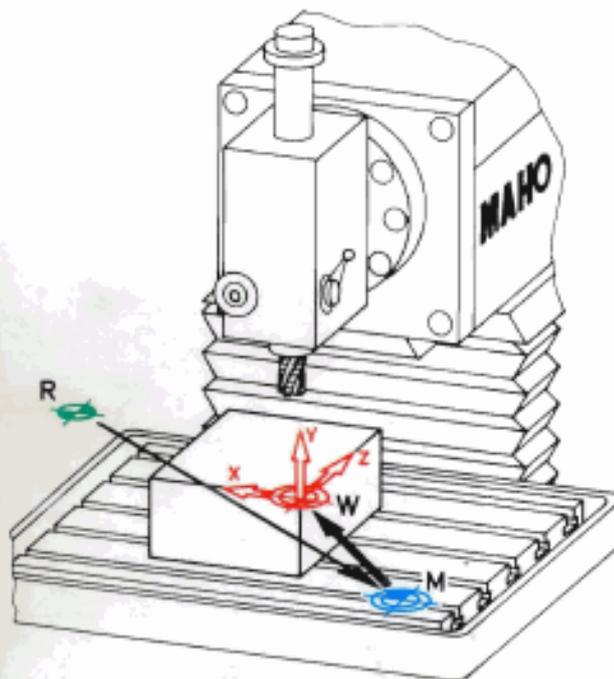
4.1.1

MAHO

Die Nullpunktverschiebungen G51... G59

2 | 1

Beim Abschalten der Maschine „verliert“ die Steuerung den **Werkstücknullpunkt W**.



R = Referenzpunkt

Erst nach dem Anfahren des Referenzpunktes R „weiß die Steuerung, wo das Werkzeug steht“.



M = Maschinennullpunkt

M wird vom Hersteller festgelegt
(= **maschinenfestes** Koordinatensystem)



W = Werkstücknullpunkt

W wird vom Programmierer frei gewählt
(= **werkstückabhängiges** Koordinatensystem)

Unter G52 (automatische Speicherung)
bzw. G54 bis G59 können die Verschiebungen
M → W gespeichert werden.

Die Steuerung „findet“ nach dem Einschalten
den Werkstücknullpunkt W wieder.

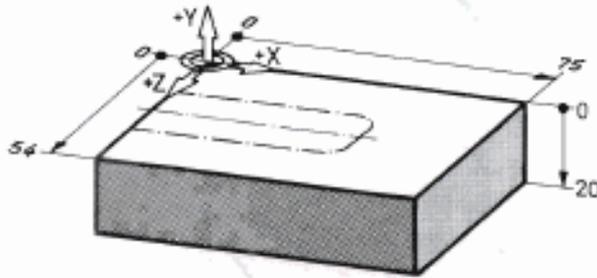
Mit G51 bzw. G53 verschiebt sich wieder **W** auf **M**:
G51 hebt G52 auf.
G53 hebt G54 bis G59 auf.

4.1.2

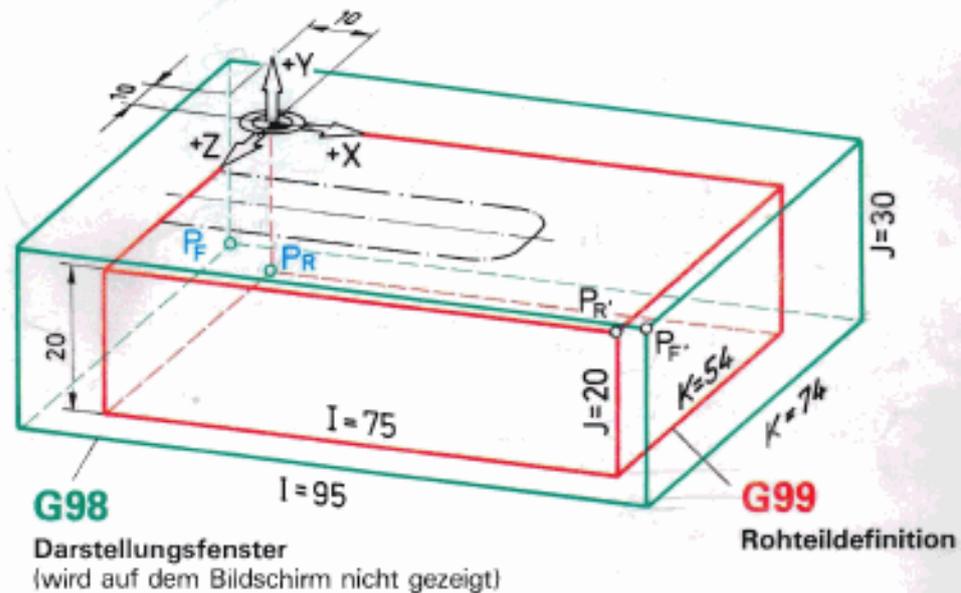
MAHO

Darstellungsfenster G98 Rohteildefinition G99

2 1



Die Grafik-Testläufe dienen zur Überprüfung neuer Programme auf dem Bildschirm.



Darstellungsfenster

G98 X-10 Y-20 Z-10 B... I95 J30 K74 B1=...

Punkt P_F Drehung um X Achse
(kein B Wert: B=60)

Punkt P_F
(inkremental)

Drehung um Y Achse
(kein B1 Wert: B1 = -30)

Rohteildefinition

G99 X0 Y-20 Z0

Punkt P_R

I75 J20 K54

Punkt P_R
(inkremental)

4.2.1

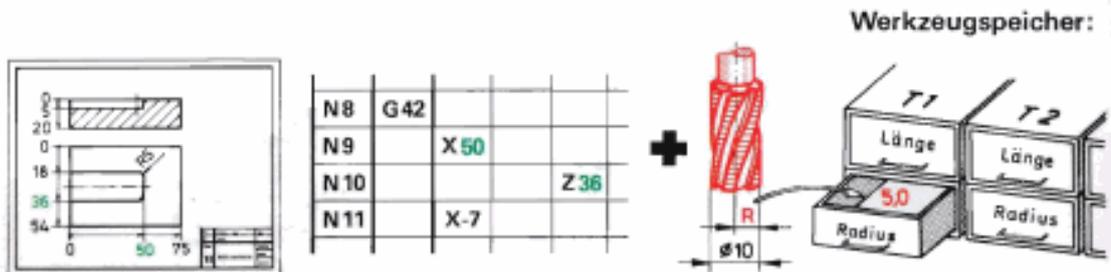
MAHO

Das Prinzip der Werkzeug-Radiuskorrektur

2 1

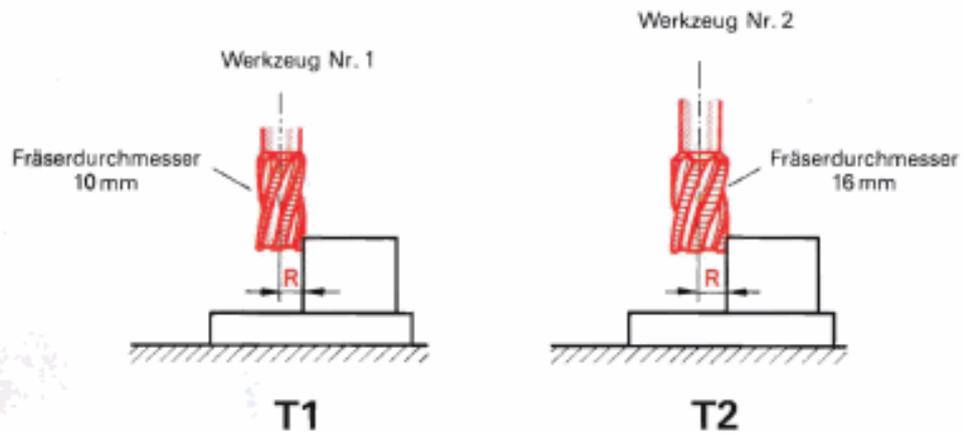
Durch die Werkzeug-Radiuskorrektur wird es möglich, die **Werkstückmaße** zu programmieren.

Prinzip:



Die Werkstückmaße werden programmiert, die Steuerung berechnet mit dem jeweiligen Radiuswert R die Werkzeugmittelpunktbahn.

Eingabe in den Werkzeugspeicher:



T1	L89.3	R5
T2	L112.65	R8
⋮		
T99		

4.2.2

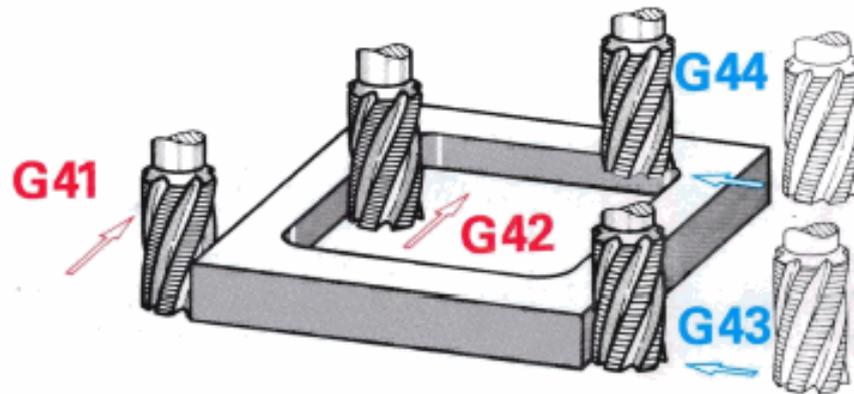
MAHO

G41/G42, G40, G43/G44

3 2 1

Damit die Steuerung aus den Programm-Daten und den Werkzeugspeicher-Daten die Fräser-Mittelpunktbahn berechnen kann, muß ihr mitgeteilt werden, **wo** das Werkzeug fräsen soll.

Dafür gibt es 5 G-Funktionen:



G41

G42

G40

G44

G43

Radiuskorrektur

keine

Radiuskorrektur

links...

rechts...

Radiuskorrektur

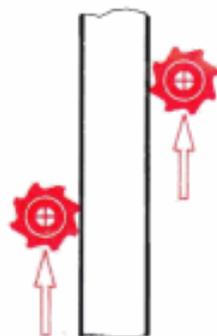
über...

bis...

von der Fräskontur

Fräskontur

Merkhilfe:
G41 = links

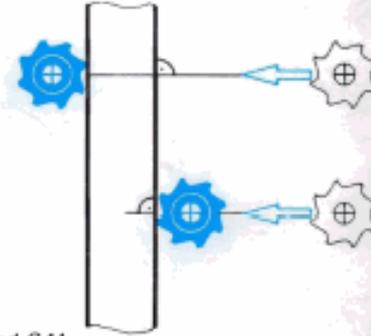


Bewegungsrichtung = Blickrichtung



Werkstückkante

Mit G40 werden
G41, G42, G43 und G44
aufgehoben.



5.2.1

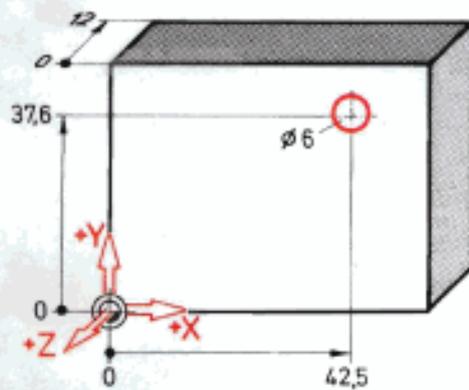
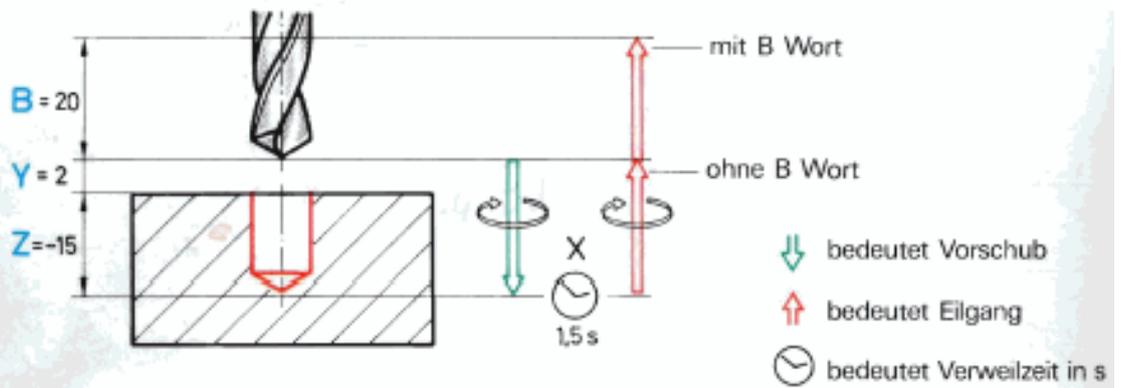
Bohrzyklus G81

2 | 1

Zyklusdefinition:

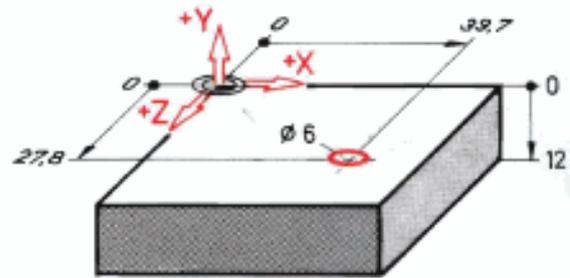
G81 (X1.5) **Y2** **Z-15** **B20** F... S... M...

Verweilzeit Sicherheitsabstand Rückzugsabstand



G17

G81 (X1.5) Y2 Z-14 B...



G18

G81 (X1.5) Y2 Z-14 B...

5.3.1

MAHO

Grundlagen zu den Fräszyklen G87, G88 und G89

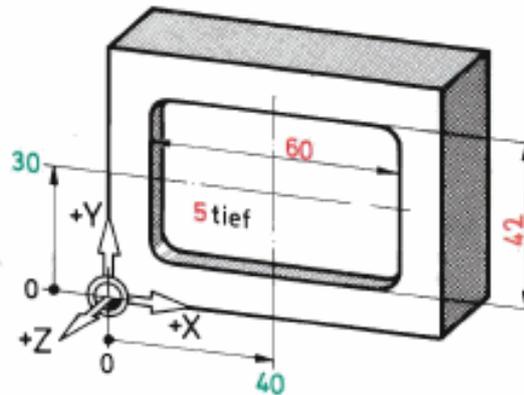
2 | 1

Bei den Zyklen G87, G88 und G89 muß man in den Ebenen G17 und G18 zwischen Zyklusdefinition und Zyklusaufruf streng unterscheiden.

1. Zyklusdefinition:

2. Zyklusaufruf:

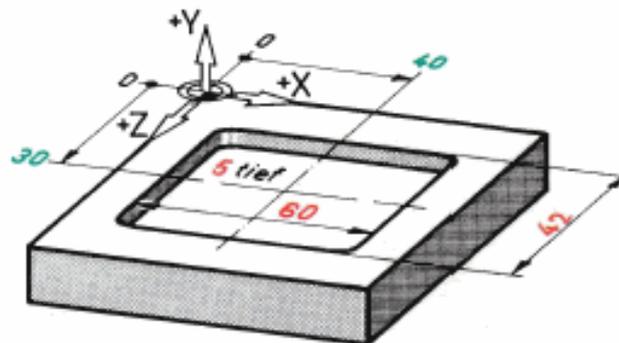
Ebene
G17



G87 X60 Y42 Z-5...

G79 X40 Y30 Z0

Ebene
G18



G87 X60 Y42 Z-5...

G79 X40 Y0 Z30

Beachten Sie:

Bei G87, G88 und G89 ist der

- X Wert** immer die 1. Abmessung im Zyklus parallel zur X Achse („X ist immer X“)
- Y Wert** immer die 2. Abmessung im Zyklus
- Z Wert** immer die Gesamttiefe im Zyklus

Für den Zyklusaufruf mit G77, G78 und G79 gelten die Koordinaten der jeweiligen Ebene G17 oder G18.

Rechtecktaschen-Fräszyklus G87

2 | 1

1. Zyklusdefinition:

G87 X60 Y50 Z-10 B2 R8 (I70) (J-1) K5 F... S... M...

1. Abmessung der Tasche:
parallel zur X Achse

Gesamttiefe der Tasche

Eckenradius der Tasche (R ≥ Fräser-radius)

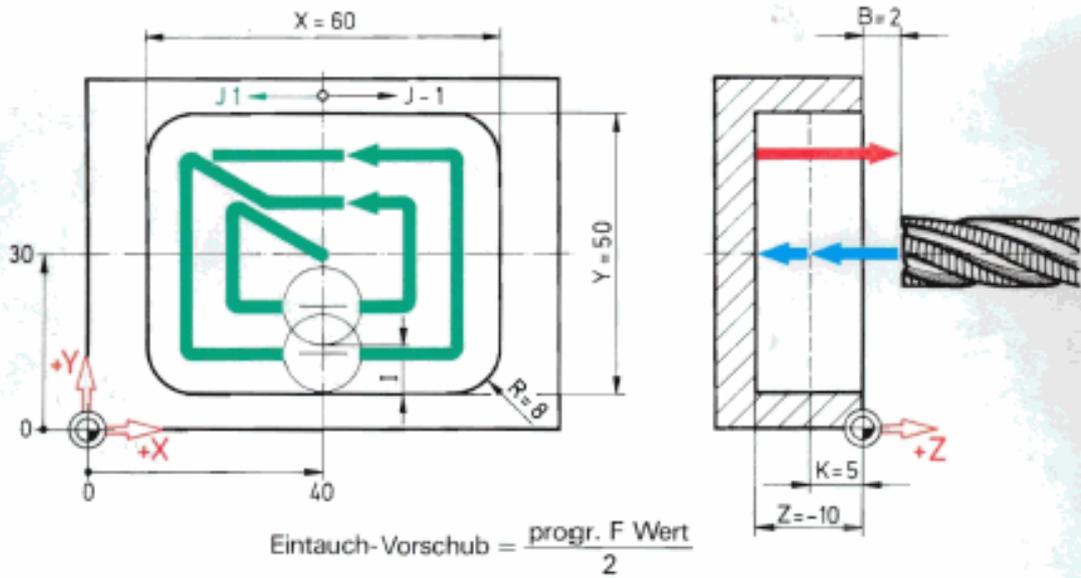
Gegenlauf-fräsen (kein J Wort oder J1: Gleichlauf-fräsen)

2. Abmessung der Tasche
G17: parallel zur Y Achse
G18: parallel zur Z Achse

Sicherheits-abstand

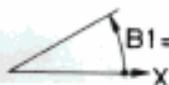
Schnittbreite des Fräasers in % des Ø (kein I Wort: I = 83%)

Tiefe jedes einzelnen Schnittes



2. Zyklusaufzuruf: Es wird der Taschenmittelpunkt programmiert

G79 X40 Y30 Z0 (B1 = ...)*



* Mit B1 = ...° kann eine Winkellage der Tasche programmiert werden.

5.3.3

Nuten-Fräszyklus G88

2 1

1. Zyklusdefinition:

G88 X60 Y15 Z-10 B2 (I70) (J-1) K5 F... S... M...

1. Abmessung der Nut: parallel zur X Achse

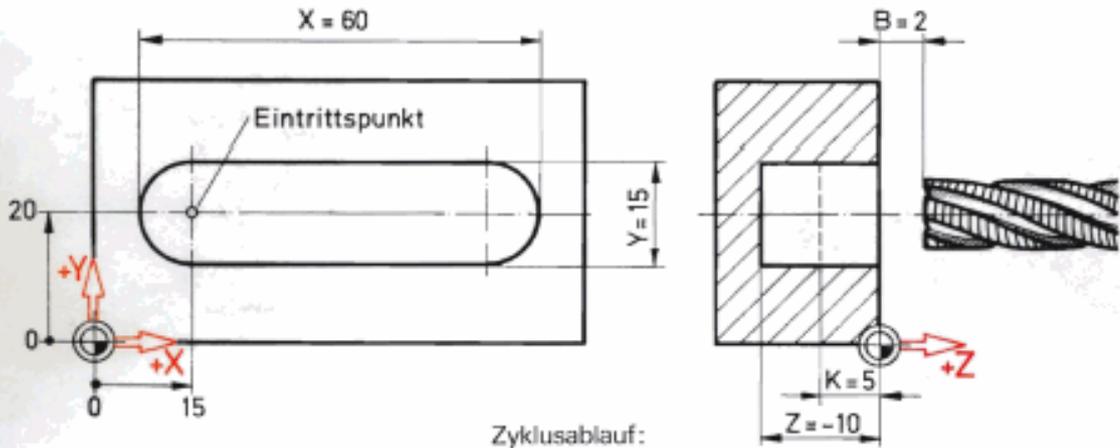
Gesamttiefe der Nut

siehe G 87

Sicherheitsabstand

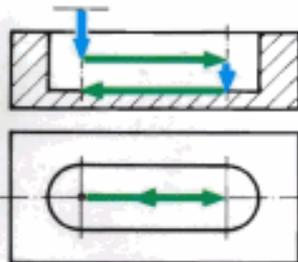
Tiefe jedes einzelnen Schnittes

2. Abmessung der Nut:
G 17: parallel zur Y Achse
G 18: parallel zur Z Achse



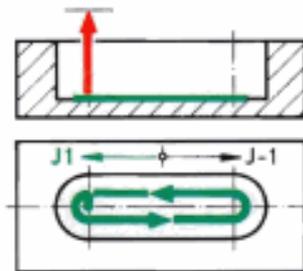
Zyklusablauf:

① Längsbewegungen in der Nutmitte



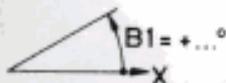
Eintauch-Vorschub = $\frac{\text{progr. F Wert}}{2}$

② Umfangsbewegung



2. Zyklusaufwurf: Es wird der Eintrittspunkt programmiert

G79 X15 Y20 Z0 (B1 = ...)*



* Mit B1 = ...° kann eine Winkellage der Nut programmiert werden.

5.3.4

Kreistaschen-Fräszyklus G89

2 1

1. Zyklusdefinition:

G89 Z-10 B2 R20 (I70) (J-1) K5 F... S... M...

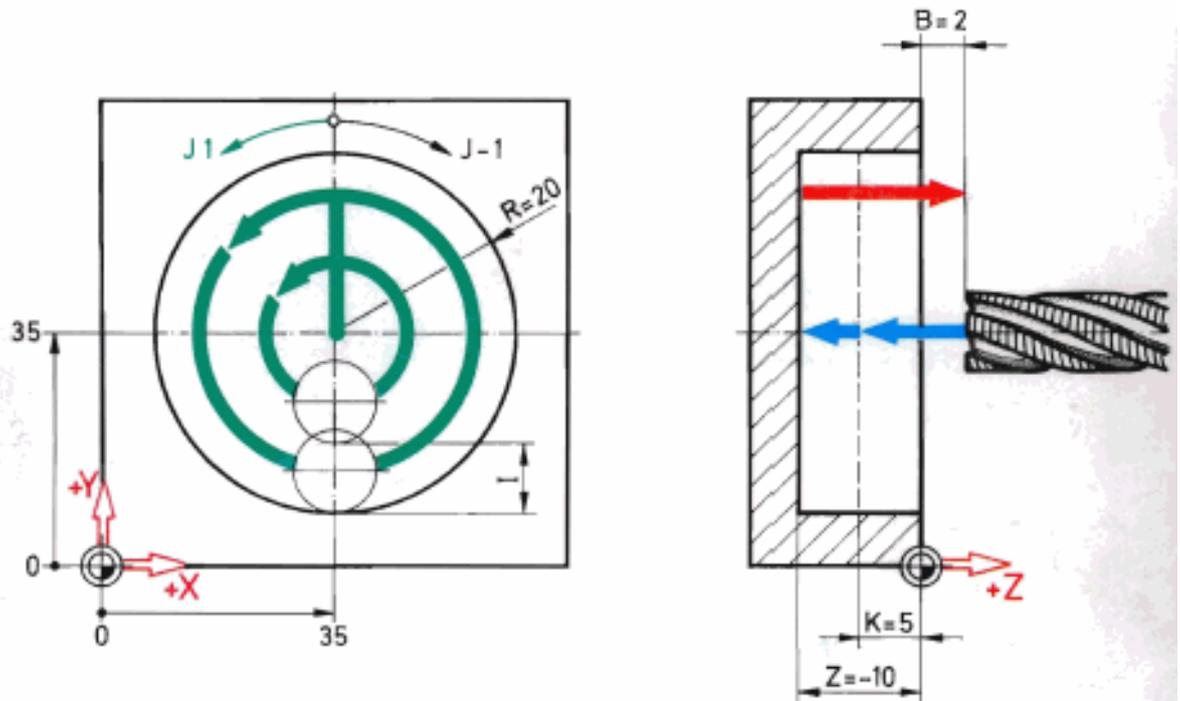
Gesamttiefe
der Tasche

Sicherheits-
abstand

Radius
der Tasche

siehe G87

Tiefe jedes
einzelnen
Schnittes



$$\text{Eintauch-Vorschub} = \frac{\text{progr. F Wert}}{2}$$

2. Zyklusaufzuruf: Es wird der Taschenmittelpunkt programmiert

G79 X35 Y35 Z0

5.4.3.1

Lochkreisdefinition G77 mit Bohrzyklen

3 2 1

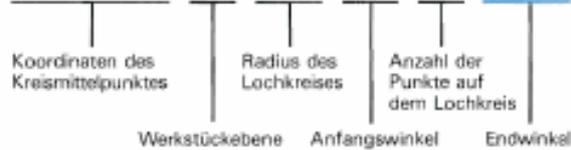
In einem **G77**-Satz werden Punkte definiert, die sich in einem **gleichbleibenden Abstand** auf einem Lochkreis befinden.

An diesen Punkten wird ein vorher definierter Zyklus ausgeführt.

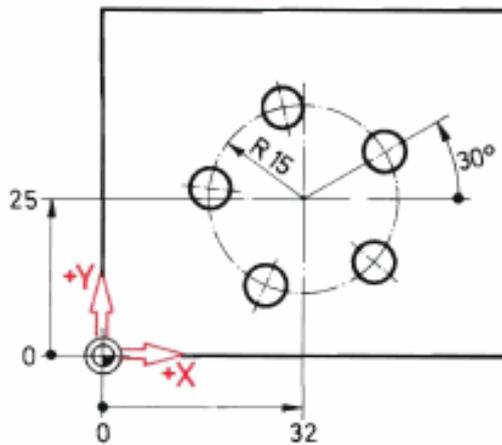
Lochkreisdefinition:

- G81...

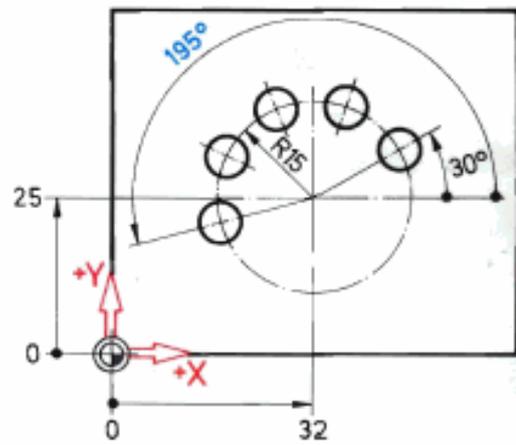
G77 X32 Y25 Z0 R15 I30 J5 K195



Ohne Endwinkelangabe



Mit Endwinkelangabe



Die **Koordinaten des Kreismittelpunktes** können auch über Polarkoordinaten oder mittels Punktedefinition programmiert werden:

G77 L2=... B2=... Z... R... I... J... (K...)

G77 L1=... B1=... Z... R... I... J... (K...)

G78 P1 X... Y... Z...

G77 P1 R... I... J... (K...)

Bedeutung	
G0*	Eilgang
G1	Geradeninterpolation
G2	Kreisinterpolation, im Uhrzeigersinn
G3	Kreisinterpolation, im Gegenzeigersinn
G4**	Verweilzeit (0,1 bis 999 sec.)
G11**	Polarkoordinaten, Eckenrundung, Fasenübergang
G14**	Sprungbefehl und Wiederholfunktion
G17*	Ebenenwahl XY, horizontal
G18	Ebenenwahl XZ, vertikal
G19	Ebenenwahl ZY, horizontal um 90° gedreht
G22**	UP-Aufruf
G25*	Vorschubverride wirksam
G26	Vorschub 100%
G27*	Vorschubbewegung mit Verschleifen
G28	Vorschubbewegung mit Gensuhak
G29**	Bedingter Sprungbefehl
G40*	Keine Radiuskorrektur
G41	Radiuskorrektur, links
G42	Radiuskorrektur, rechts
G43	Radiuskorrektur, bis
G44	Radiuskorrektur, über
G51	Löschen von G52
G52	Verschiebungswert von Reset AXIS aktivieren
G53*	Keine gespeicherte NP-Verschiebung
G54	Gespeicherte NP-Verschiebung 1
G55	Gespeicherte NP-Verschiebung 2
G56	Gespeicherte NP-Verschiebung 3
G57	Gespeicherte NP-Verschiebung 4
G58	Gespeicherte NP-Verschiebung 5
G59	Gespeicherte NP-Verschiebung 6

Bedeutung	
G70	Zoll-Eingabesystem
G71*	Metrisches Eingabesystem
G72*	Keine Spiegelbildbearbeitung
G73	Spiegelbildbearbeitung
G77**	Lochkreisdefinition
G78**	Punktdefinition
G79**	Zyklusaufruf
G81	Bohrzyklus
G83	Tieflochbohrzyklus
G84	Gewindebohrzyklus
G85	Reibzyklus
G86	Ausdrehyklus
G87	Taschenfräszyklus
G88	Nutenfräszyklus
G89	Kreisnasenfräszyklus
G90*	Bezugsmaß-Programmierung
G91	Kettenmaß-Programmierung
G92**	NP-Verschiebung inkremental
G93**	NP-Verschiebung absolut
G94*	Vorschub in mm/min, Einheit 0,001 mm/min.
G95	Vorschub in mm/U, Einheit 0,001 mm/U
G98	Darstellungsfenster
G99	Rohteilkontur

Zeichenerklärung: * = Einschaltstellung
 ** = nur satzweise wirksam

G-Funktionen

M-Funktionen

Bedeutung	
M0**	Programm Stop
M3	Arbeitspindel-Rechtslauf
M4	Arbeitspindel-Linkslauf
M5	Arbeitspindel-Stop
M6**	Werkzeugwechsel mit automatischem Rückzug
M7	Kühlmittel Nr. 1 Ein
M8	Kühlmittel Nr. 2 Ein
M9	Kühlmittel Aus
M10	NC-Rundtisch geklemmt
M11	NC-Rundtisch gelöst
M13	Arbeitspindel-Rechtslauf und Kühlmittel Ein
M14	Arbeitspindel-Linkslauf und Kühlmittel Ein
M16	Löschen von M17 und M18
M17	Spänespülung
M18	Werkstückreinigung
M19	Orientierter Spindelstop
M20**	zusätzliche M-Funktion
M21	2. Wechselegeschwindigkeit bei M6, M46
M30**	Programm Ende
M46**	Werkzeugwechsel bei beliebiger Position
M60**	Palettenwechsel
M61**	Palettenwechsel linke Palette
M62**	Palettenwechsel rechte Palette
M66**	Werkzeugwechsel an aktueller Achsposition
M67**	Werkzeugkorrekturwechsel

Zeichenerklärung: * = Einschaltstellung
 ** = nur satzweise wirksam

Berliner Hochschule für Technik

University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

Anhang 2 zu Versuch 4: CNC-Fräsen (Quelle: Heidenhain Schulungsunterlagen)

5.2 RECHTECKTASCHE (Zyklus 251, DIN/ISO: G251)

Zyklusablauf

Mit dem Rechtecktaschen-Zyklus 251 können Sie eine Rechtecktasche vollständig bearbeiten. In Abhängigkeit der Zyklus-Parameter stehen folgende Bearbeitungsalternativen zur Verfügung:

- Komplettbearbeitung: Schruppen, Schlichten Tiefe, Schlichten Seite
- Nur Schruppen
- Nur Schlichten Tiefe und Schlichten Seite
- Nur Schlichten Tiefe
- Nur Schlichten Seite

Schruppen

- 1 Das Werkzeug taucht in der Taschenmitte in das Werkstück ein und fährt auf die erste Zustell-Tiefe. Die Eintauchstrategie legen Sie mit dem Parameter Q366 fest
- 2 Die TNC räumt die Tasche von innen nach aussen unter Berücksichtigung des Überlappungsfaktors (Parameter Q370) und der Schlichtaufmaße (Parameter Q368 und Q369) aus
- 3 Am Ende des Ausräumvorgangs fährt die TNC das Werkzeug tangential von der Taschenwand weg, fährt um den Sicherheits-Abstand über die aktuelle Zustell-Tiefe und von dort aus im Eilgang zurück zur Taschenmitte
- 4 Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte Taschentiefe erreicht ist

Schlichten

- 5 Sofern Schlichtaufmaße definiert sind, schlichtet die TNC zunächst die Taschenwände, falls eingegeben in mehreren Zustellungen. Die Taschenwand wird dabei tangential angefahren
- 6 Anschließend schlichtet die TNC den Boden der Tasche von innen nach aussen. Der Taschenboden wird dabei tangential angefahren

5.2 RECHTECKTASCHE (Zyklus 251, DIN/ISO: G251)



5.2 RECHTECKTASCHE (Zyklus 251, DIN/ISO: G251)

Beim Programmieren beachten



Bei inaktiver Werkzeug-Tabelle müssen Sie immer senkrecht eintauchen (Q366=0), da sie keinen Eintauchwinkel definieren können.

Werkzeug auf Startposition in der Bearbeitungsebene vorpositionieren mit Radiuskorrektur **R0**. Parameter Q367 (Taschenlage) beachten.

Die TNC führt den Zyklus in den Achsen (Bearbeitungsebene) aus, mit denen Sie die Startposition angefahren haben, z.B. in X und Y, wenn Sie mit **CYCL CALL POS X . . . Y...** und in U und V, wenn Sie **CYCL CALL POS U . . . V...** programmiert haben.

Die TNC positioniert das Werkzeug in der Werkzeug-Achse automatisch vor. Parameter Q204 (2. Sicherheits-Abstand) beachten.

Das Vorzeichen des Zyklusparameters Tiefe legt die Arbeitsrichtung fest. Wenn Sie die Tiefe = 0 programmieren, dann führt die TNC den Zyklus nicht aus.

Die TNC positioniert das Werkzeug am Zyklusende wieder zurück auf die Startposition.

Die TNC positioniert das Werkzeug am Ende eines Ausräum-Vorgangs im Eilgang zurück zur Taschenmitte. Das Werkzeug steht dabei um den Sicherheits-Abstand über der aktuellen Zustell-Tiefe. Sicherheits-Abstand so eingeben, dass das Werkzeug beim Verfahren nicht mit abgetragenen Spänen verkleben kann.

**Achtung Kollisionsgefahr!**

Mit Maschinen-Parameter 7441 Bit 2 stellen Sie ein, ob die TNC bei der Eingabe einer positiven Tiefe eine Fehlermeldung ausgeben soll (Bit 2=1) oder nicht (Bit 2=0).

Beachten Sie, dass die TNC bei **positiv eingegebener Tiefe** die Berechnung der Vorposition umkehrt. Das Werkzeug fährt also in der Werkzeug-Achse mit Eilgang auf Sicherheits-Abstand **unter** die Werkstück-Oberfläche!

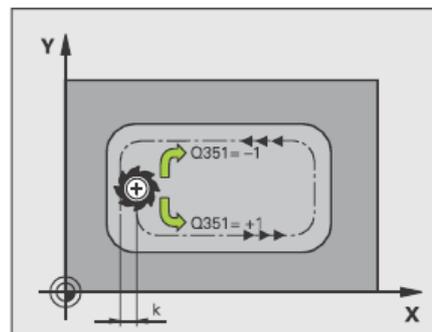
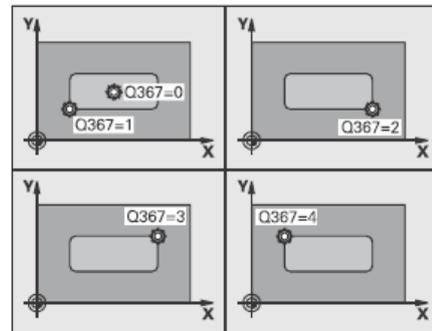
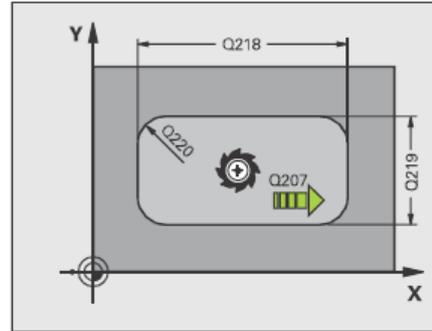
Wenn Sie den Zyklus mit Bearbeitungs-Umfang 2 (nur Schichten) aufrufen, dann positioniert die TNC das Werkzeug in der Taschenmitte im Eilgang auf die erste Zustell-Tiefe!



Zyklusparameter



- ▶ **Bearbeitungs-Umfang (0/1/2)** Q215: Bearbeitungs-Umfang festlegen:
0: Schruppen und Schlichten
1: Nur Schruppen
2: Nur Schlichten
 Schlichten Seite und Schlichten Tiefe werden nur ausgeführt, wenn das jeweilige Schlichtaufmaß (Q368, Q369) definiert ist
- ▶ **1. Seiten-Länge** Q213 (inkremental): Länge der Tasche, parallel zur Hauptachse der Bearbeitungsebene. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **2. Seiten-Länge** Q219 (inkremental): Länge der Tasche, parallel zur Nebenachse der Bearbeitungsebene. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Eckenradius** Q220: Radius der Taschenecke. Wenn mit 0 oder kleiner als der aktive Werkzeug-Radius eingegeben, setzt die TNC den Eckenradius gleich dem Werkzeug-Radius. Die TNC gibt in diesen Fällen keine Fehlermeldung aus. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Seite** Q368 (inkremental): Schlicht-Aufmaß in der Bearbeitungsebene. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Drehlage** Q224 (absolut): Winkel, um den die gesamte Tasche gedreht wird. Das Drehzentrum liegt in der Position, auf der das Werkzeug beim Zyklus-Aufruf steht. Eingabebereich -360,0000 bis 360,0000
- ▶ **Taschenlage** Q367: Lage der Tasche bezogen auf die Position des Werkzeuges beim Zyklus-Aufruf:
0: Werkzeugposition = Taschenmitte
1: Werkzeugposition = Linke untere Ecke
2: Werkzeugposition = Rechte untere Ecke
3: Werkzeugposition = Rechte obere Ecke
4: Werkzeugposition = Linke obere Ecke
- ▶ **Vorschub Fräsen** Q207: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Fräsart** Q351: Art der Fräsbearbeitung bei M3:
+1 = Gleichlaufräsen
-1 = Gegenlaufräsen
 alternativ **PREDEF**

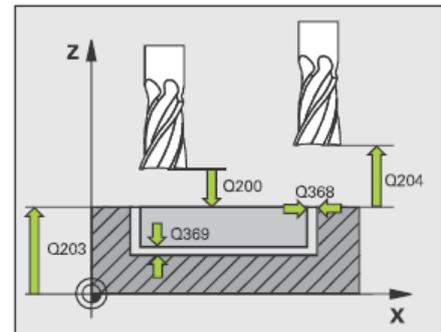
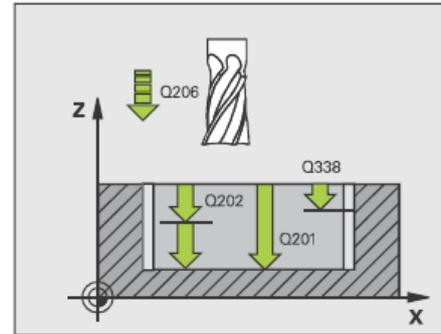


5.2 RECHTECKTASCHE (Zyklus 251, DIN/ISO: G251)



5.2 RECHTECKTASCHE (Zyklus 251, DIN/ISO: G251)

- ▶ **Tiefe Q201** (inkremental): Abstand Werkstück-Oberfläche – Taschengrund. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Zustell-Tiefe Q202** (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug jeweils zugestellt wird; Wert größer 0 eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Tiefe Q369** (inkremental): Schlicht-Aufmaß für die Tiefe. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Tiefenzustellung Q206**:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fahren auf Tiefe in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Zustellung Schichten Q338** (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug in der Spindelachse beim Schlichten zugestellt wird. Q338=0: Schichten in einer Zustellung. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Sicherheits-Abstand Q200** (inkremental): Abstand zwischen Werkzeug-Stirnfläche und Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Koordinate Werkstück-Oberfläche Q203** (absolut): Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **2. Sicherheits-Abstand Q204** (inkremental): Koordinate Spindelachse, in der keine Kollision erfolgen kann. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**



- ▶ **Bahn-Überlappung Faktor** Q370: $Q370 \times$ Werkzeug-Radius ergibt die seitliche Zustellung k. Eingabebereich 0,1 bis 1,414 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Eintauchstrategie** Q366: Art der Eintauchstrategie:
 - 0 = senkrecht eintauchen. Unabhängig vom in der Werkzeug-Tabelle definierten Eintauchwinkel **ANGLE** taucht die TNC senkrecht ein
 - 1 = helixförmig eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus
 - 2 = pendelnd eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus. Die Pendellänge ist abhängig vom Eintauchwinkel, als Minimalwert verwendet die TNC den doppelten Werkzeug-Durchmesser
- Alternativ **PREDEF**
- ▶ **Vorschub Schlichten** Q385: Verfahrsgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Seiten- und Tiefenschlichten in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**

Beispiel: NC-Sätze

```

8 CYCL DEF 251 RECHTECKTASCHE
  Q215=0 ; BEARBEITUNGS-UMFANG
  Q218=80 ; 1. SEITEN-LAENGE
  Q219=60 ; 2. SEITEN-LAENGE
  Q220=5 ; ECKENRADIUS
  Q368=0.2 ; AUFMASS SEITE
  Q224=+0 ; DREHLAGE
  Q367=0 ; TASCHENLAGE
  Q207=500 ; VORSCHUB FRAESEN
  Q351=+1 ; FRAESART
  Q201=-20 ; TIEFE
  Q202=5 ; ZUSTELL-TIEFE
  Q369=0.1 ; AUFMASS TIEFE
  Q206=150 ; VORSCHUB TIEFENZ.
  Q338=5 ; ZUST. SCHLICHTEN
  Q200=2 ; SICHERHEITS-ABST.
  Q203=+0 ; KOOR. OBERFLAECHE
  Q204=50 ; 2. SICHERHEITS-ABST.
  Q370=1 ; BAHN-UEBERLAPPUNG
  Q366=1 ; EINTAUCHEN
  Q385=500 ; VORSCHUB SCHLICHTEN
9 CYCL CALL POS X+50 Y+50 Z+0 FMAX M3
    
```

5.2 RECHTECKTASCHE (Zyklus 251, DIN/ISO: G251)



5.3 KREISTASCHE (Zyklus 252, DIN/ISO: G252)

5.3 KREISTASCHE (Zyklus 252, DIN/ISO: G252)

Zyklusablauf

Mit dem Kreistaschen-Zyklus 252 können Sie eine Kreistasche vollständig bearbeiten. In Abhängigkeit der Zyklus-Parameter stehen folgende Bearbeitungsalternativen zur Verfügung:

- Komplettbearbeitung: Schruppen, Schlichten Tiefe, Schlichten Seite
- Nur Schruppen
- Nur Schlichten Tiefe und Schlichten Seite
- Nur Schlichten Tiefe
- Nur Schlichten Seite

Schruppen

- 1 Das Werkzeug taucht in der Taschenmitte in das Werkstück ein und fährt auf die erste Zustell-Tiefe. Die Eintauchstrategie legen Sie mit dem Parameter Q366 fest
- 2 Die TNC räumt die Tasche von innen nach aussen unter Berücksichtigung des Überlappungsfaktors (Parameter Q370) und der Schlichtaufmaße (Parameter Q368 und Q369) aus
- 3 Am Ende des Ausräumvorgangs fährt die TNC das Werkzeug tangential von der Taschenwand weg, fährt um den Sicherheits-Abstand über die aktuelle Zustell-Tiefe und von dort aus im Eilgang zurück zur Taschenmitte
- 4 Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte Taschentiefe erreicht ist

Schlichten

- 5 Sofern Schlichtaufmaße definiert sind, schlichtet die TNC zunächst die Taschenwände, falls eingegeben in mehreren Zustellungen. Die Taschenwand wird dabei tangential angefahren
- 6 Anschließend schlichtet die TNC den Boden der Tasche von innen nach aussen. Der Taschenboden wird dabei tangential angefahren



Beim Programmieren beachten!

Bei inaktiver Werkzeug-Tabelle müssen Sie immer senkrecht eintauchen (Q366=0), da sie keinen Eintauchwinkel definieren können.

Werkzeug auf Startposition (Kreismitte) in der Bearbeitungsebene vorpositionieren mit Radiuskorrektur **R0**.

Die TNC führt den Zyklus in den Achsen (Bearbeitungsebene) aus, mit denen Sie die Startposition angefahren haben. Z.B. in X und Y, wenn Sie mit **CYCL CALL POS X... Y...** und in U und V, wenn Sie **CYCL CALL POS U... V...** programmiert haben.

Die TNC positioniert das Werkzeug in der Werkzeug-Achse automatisch vor. Parameter Q204 (2. Sicherheits-Abstand) beachten.

Das Vorzeichen des Zyklusparameters Tiefe legt die Arbeitsrichtung fest. Wenn Sie die Tiefe = 0 programmieren, dann führt die TNC den Zyklus nicht aus.

Die TNC positioniert das Werkzeug am Zyklusende wieder zurück auf die Startposition.

Die TNC positioniert das Werkzeug am Ende eines Ausräum-Vorgangs im Eilgang zurück zur Taschenmitte. Das Werkzeug steht dabei um den Sicherheits-Abstand über der aktuellen Zustell-Tiefe. Sicherheits-Abstand so eingeben, dass das Werkzeug beim Verfahren nicht mit abgetragenen Spänen verklebten kann.

**Achtung Kollisionsgefahr!**

Mit Maschinen-Parameter 7441 Bit 2 stellen Sie ein, ob die TNC bei der Eingabe einer positiven Tiefe eine Fehlermeldung ausgeben soll (Bit 2=1) oder nicht (Bit 2=0).

Beachten Sie, dass die TNC bei **positiv eingegebener Tiefe** die Berechnung der Vorposition umkehrt. Das Werkzeug fährt also in der Werkzeug-Achse mit Eilgang auf Sicherheits-Abstand **unter** die Werkstück-Oberfläche!

Wenn Sie den Zyklus mit Bearbeitungs-Umfang 2 (nur Schlichten) aufrufen, dann positioniert die TNC das Werkzeug in der Taschenmitte im Eilgang auf die erste Zustell-Tiefe!

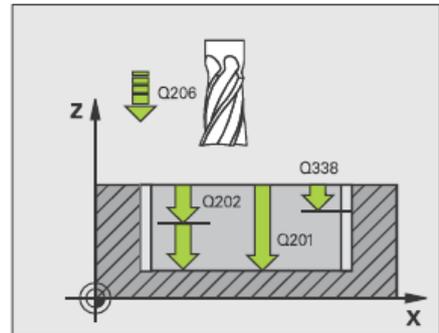
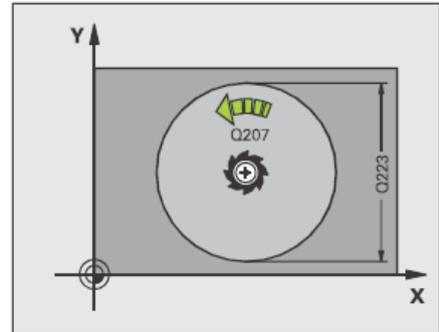


5.3 KREISTASCHE (Zyklus 252, DIN/ISO: G252)

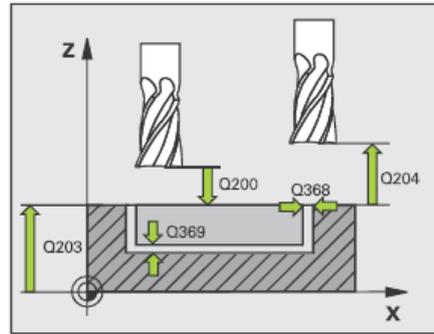
Zyklusparameter



- ▶ **Bearbeitungs-Umfang (0/1/2)** Q215: Bearbeitungs-Umfang festlegen:
0: Schruppen und Schlichten
1: Nur Schruppen
2: Nur Schlichten
 Schlichten Seite und Schlichten Tiefe werden nur ausgeführt, wenn das jeweilige Schlichtaufmaß (Q368, Q369) definiert ist
- ▶ **Kreisdurchmesser** Q223: Durchmesser der fertig bearbeiteten Tasche. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Seite** Q368 (inkremental): Schlicht-Aufmaß in der Bearbeitungsebene. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Fräsen** Q207: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Fräsart** Q351: Art der Fräsbearbeitung bei M3:
+1 = Gleichaufräsen
-1 = Gegenaufräsen
 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Tiefe** Q201 (inkremental): Abstand Werkstück-Oberfläche – Taschengrund. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Zustell-Tiefe** Q202 (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug jeweils zugestellt wird; Wert größer 0 eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Tiefe** Q369 (inkremental): Schlicht-Aufmaß für die Tiefe. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Tiefenzustellung** Q206: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fahren auf Tiefe in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Zustellung Schichten** Q338 (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug in der Spindelachse beim Schlichten zugestellt wird. Q338=0: Schichten in einer Zustellung. Eingabebereich 0 bis 99999,9999



- ▶ **Sicherheits-Abstand Q200** (inkremental): Abstand zwischen Werkzeug-Stirnfläche und Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Koordinate Werkstück-Oberfläche Q203** (absolut): Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **2. Sicherheits-Abstand Q204** (inkremental): Koordinate Spindelachse, in der keine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück (Spannmittel) erfolgen kann. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Bahn-Überlappung Faktor Q370**: $Q370 \times$ Werkzeug-Radius ergibt die seitliche Zustellung k . Eingabebereich 0,1 bis 1,414 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Eintauchstrategie Q366**: Art der Eintauchstrategie:
 - 0 = senkrecht eintauchen. Unabhängig vom in der Werkzeug-Tabelle definierten Eintauchwinkel **ANGLE** taucht die TNC senkrecht ein
 - 1 = helixförmig eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus
 - Alternativ **PREDEF**
- ▶ **Vorschub Schlichten Q385**: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Seiten- und Tiefenschlichten in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**



Beispiel: NC-Sätze

8 CYCL DEF 252 KREISTASCHE	
Q215=0	; BEARBEITUNGS-UMFANG
Q223=60	; KREISDURCHMESSER
Q368=0.2	; AUFMASS SEITE
Q207=500	; VORSCHUB FRAESEN
Q351=+1	; FRAESART
Q201=-20	; TIEFE
Q202=5	; ZUSTELL-TIEFE
Q369=0.1	; AUFMASS TIEFE
Q206=150	; VORSCHUB TIEFENZ.
Q338=5	; ZUST. SCHLICHTEN
Q200=2	; SICHERHEITS-ABST.
Q203=+0	; KOOR. OBERFLAECHE
Q204=50	; 2. SICHERHEITS-ABST.
Q370=1	; BAHN-UEBERLAPPUNG
Q366=1	; EINTAUCHEN
Q385=500	; VORSCHUB SCHLICHTEN
9 CYCL CALL POS X+50 Y+50 Z+0 FMAX M3	

5.3 KREISTASCHE (Zyklus 252, DIN/ISO: G252)



5.4 NUTENFRAESEN (Zyklus 253, DIN/ISO: G253)

5.4 NUTENFRAESEN (Zyklus 253, DIN/ISO: G253)

Zyklusablauf

Mit dem Zyklus 253 können Sie eine Nut vollständig bearbeiten. In Abhängigkeit der Zyklus-Parameter stehen folgende Bearbeitungsalternativen zur Verfügung:

- Komplettbearbeitung: Schruppen, Schlichten Tiefe, Schlichten Seite
- Nur Schruppen
- Nur Schlichten Tiefe und Schlichten Seite
- Nur Schlichten Tiefe
- Nur Schlichten Seite

Schruppen

- 1 Das Werkzeug pendelt ausgehend vom linken Nutkreis-Mittelpunkt mit dem in der Werkzeug-Tabelle definierten Eintauchwinkel auf die erste Zustell-Tiefe. Die Eintauchstrategie legen Sie mit dem Parameter Q366 fest
- 2 Die TNC räumt die Nut von innen nach aussen unter Berücksichtigung der Schlichtaufmaße (Parameter Q368 und Q369) aus
- 3 Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte Nuttiefe erreicht ist

Schlichten

- 4 Sofern Schlichtaufmaße definiert sind, schlichtet die TNC zunächst die Nutwände, falls eingegeben in mehreren Zustellungen. Die Nutwand wird dabei tangential im rechten Nutkreis angefahren
- 5 Anschließend schlichtet die TNC den Boden der Nut von innen nach aussen. Der Nutboden wird dabei tangential angefahren



Beim Programmieren beachten!

Bei inaktiver Werkzeug-Tabelle müssen Sie immer senkrecht eintauchen (Q366=0), da sie keinen Eintauchwinkel definieren können.

Werkzeug auf Startposition in der Bearbeitungsebene vorpositionieren mit Radiuskorrektur **R0**. Parameter Q367 (Nulage) beachten.

Die TNC führt den Zyklus in den Achsen (Bearbeitungsebene) aus, mit denen Sie die Startposition angefahren haben. Z.B. in X und Y, wenn Sie mit **CYCL CALL POS X... Y...** und in U und V, wenn Sie **CYCL CALL POS U... V...** programmiert haben.

Die TNC positioniert das Werkzeug in der Werkzeug-Achse automatisch vor. Parameter Q204 (2. Sicherheits-Abstand) beachten.

Am Zyklus-Ende positioniert die TNC das Werkzeug in der Bearbeitungsebene lediglich zurück in die Nutmitte, in der anderen Achse der Bearbeitungsebene führt die TNC keine Positionierung aus. Wenn Sie eine Nutlage ungleich 0 definieren, dann positioniert die TNC das Werkzeug ausschließlich in der Werkzeug-Achse auf den 2. Sicherheits-Abstand. Vor einem erneuten Zyklus-Aufruf das Werkzeug wieder auf die Startposition fahren, bzw. immer absolute Verfahrbewegungen nach dem Zyklus-Aufruf programmieren.

Das Vorzeichen des Zyklusparameters Tiefe legt die Arbeitsrichtung fest. Wenn Sie die Tiefe = 0 programmieren, dann führt die TNC den Zyklus nicht aus.

Ist die Nutbreite größer als der doppelte Werkzeug-Durchmesser, dann räumt die TNC die Nut von innen nach aussen entsprechend aus. Sie können also auch mit kleinen Werkzeugen beliebige Nuten fräsen.

**Achtung Kollisionsgefahr!**

Mit Maschinen-Parameter 7441 Bit 2 stellen Sie ein, ob die TNC bei der Eingabe einer positiven Tiefe eine Fehlermeldung ausgeben soll (Bit 2=1) oder nicht (Bit 2=0).

Beachten Sie, dass die TNC bei **positiv eingegebener Tiefe** die Berechnung der Vorposition umkehrt. Das Werkzeug fährt also in der Werkzeug-Achse mit Eilgang auf Sicherheits-Abstand **unter** die Werkstück-Oberfläche!

Wenn Sie den Zyklus mit Bearbeitungs-Umfang 2 (nur Schichten) aufrufen, dann positioniert die TNC das Werkzeug im Eilgang auf die erste Zustell-Tiefe!

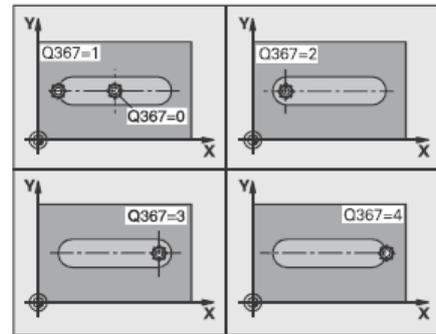
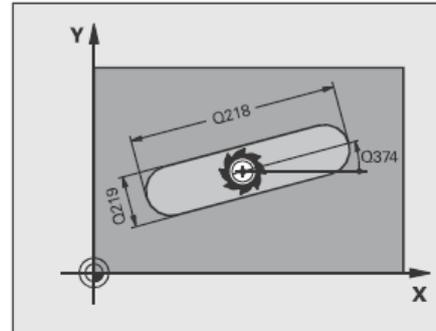


5.4 NUTENFRAESEN (Zyklus 253, DIN/ISO: G253)

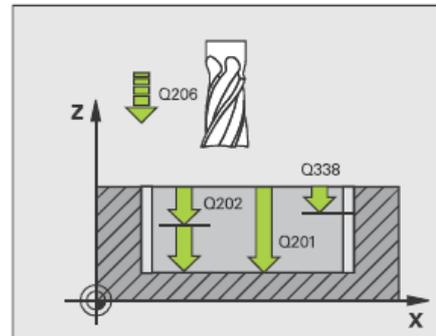
Zyklusparameter



- ▶ **Bearbeitungs-Umfang (0/1/2)** Q215: Bearbeitungs-Umfang festlegen:
0: Schruppen und Schlichten
1: Nur Schruppen
2: Nur Schlichten
 Schlichten Seite und Schlichten Tiefe werden nur ausgeführt, wenn das jeweilige Schlichtaufmaß (Q368, Q369) definiert ist
- ▶ **Nutlänge** Q218 (Wert parallel zur Hauptachse der Bearbeitungsebene): Längere Seite der Nut eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Nutbreite** Q219 (Wert parallel zur Nebenachse der Bearbeitungsebene): Breite der Nut eingeben; wenn Nutbreite gleich Werkzeug-Durchmesser eingegeben, dann schrumpft die TNC nur (Langloch fräsen). Maximale Nutbreite beim Schruppen: Doppelter Werkzeug-Durchmesser. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Seite** Q368 (inkremental): Schlicht-Aufmaß in der Bearbeitungsebene
- ▶ **Drehlage** Q374 (absolut): Winkel, um den die gesamte Nut gedreht wird. Das Drehzentrum liegt in der Position, auf der das Werkzeug beim Zyklus-Aufruf steht. Eingabebereich -360,000 bis 360,000
- ▶ **Lage der Nut (0/1/2/3/4)** Q367: Lage der Nut bezogen auf die Position des Werkzeuges beim Zyklus-Aufruf:
0: Werkzeugposition = Nutmitte
1: Werkzeugposition = Linkes Ende der Nut
2: Werkzeugposition = Zentrum linker Nutkreis
3: Werkzeugposition = Zentrum rechter Nutkreis
4: Werkzeugposition = Rechtes Ende der Nut
- ▶ **Vorschub Fräsen** Q207: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Fräsart** Q351: Art der Fräsbearbeitung bei M3:
+1 = Gleichlaufräsen
-1 = Gegenlaufräsen
 alternativ **PREDEF**



- ▶ **Tiefe Q201** (inkremental): Abstand Werkstück-Oberfläche – Nutgrund. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Zustell-Tiefe Q202** (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug jeweils zugestellt wird; Wert größer 0 eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Tiefe Q369** (inkremental): Schlicht-Aufmaß für die Tiefe. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Tiefenzustellung Q206**:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fahren auf Tiefe in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Zustellung Schichten Q338** (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug in der Spindelachse beim Schichten zugestellt wird. Q338=0: Schichten in einer Zustellung. Eingabebereich 0 bis 99999,9999

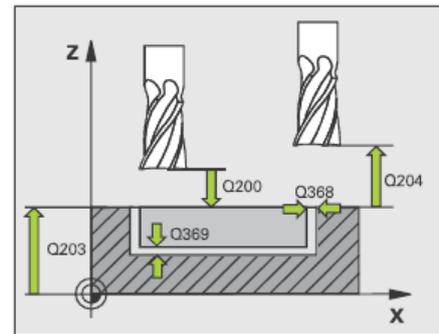


5.4 NUTENFRAESEN (Zyklus 253, DIN/ISO: G253)



5.4 NUTENFRAESEN (Zyklus 253, DIN/ISO: G253)

- ▶ **Sicherheits-Abstand Q200** (inkremental): Abstand zwischen Werkzeug-Stirnfläche und Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Koordinate Werkstück-Oberfläche Q203** (absolut): Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **2. Sicherheits-Abstand Q204** (inkremental): Koordinate Spindelachse, in der keine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück (Spannmittel) erfolgen kann. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Eintauchstrategie Q366**: Art der Eintauchstrategie:
 - 0 = senkrecht eintauchen. Unabhängig vom in der Werkzeug-Tabelle definierten Eintauchwinkel **ANGLE** taucht die TNC senkrecht ein
 - 1 = helixförmig eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus. Nur helixförmig eintauchen, wenn genügend Platz vorhanden ist
 - 2 = pendelnd eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus
 - Alternativ **PREDEF**
- ▶ **Vorschub Schlichten Q385**: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Seiten- und Tiefenschlichten in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Bezug Vorschub (0 bis 3) Q439**: Auswahl, auf was sich der programmierte Vorschub bezieht:
 - 0 = Vorschub bezieht sich auf die Mittelpunktsbahn des Werkzeugs
 - 1 = Vorschub bezieht sich nur beim Schlichten Seite auf die Werkzeugschneide, ansonsten auf die Mittelpunktsbahn
 - 2 = Vorschub bezieht sich beim Schlichten Seite **und** Schlichten Tiefe auf die Werkzeugschneide, ansonsten auf die Mittelpunktsbahn
 - 3 = Vorschub bezieht sich grundsätzlich immer auf die Werkzeugschneide



Beispiel: NC-Sätze

8 CYCL DEF 253 NUTENFRAESEN	
Q215=0	;BEARBEITUNGS-UMFANG
Q218=80	;NUTLAENGE
Q219=12	;NUTBREITE
Q368=0.2	;AUFMASS SEITE
Q374=+0	;DREHLAGE
Q367=0	;NUTLAGE
Q207=500	;VORSCHUB FRAESEN
Q351=+1	;FRAESART
Q201=-20	;TIEFE
Q202=5	;ZUSTELL-TIEFE
Q369=0.1	;AUFMASS TIEFE
Q206=150	;VORSCHUB TIEFENZ.
Q338=5	;ZUST. SCHLICHTEN
Q200=2	;SICHERHEITS-ABST.
Q203=+0	;KOOR. OBERFLAECHE
Q204=50	;2. SICHERHEITS-ABST.
Q366=1	;EINTAUCHEN
Q385=500	;VORSCHUB SCHLICHTEN
Q439=0	;BEZUG VORSCHUB
9 CYCL CALL POS X+50 Y+50 Z+0 FMAX M3	

5.5 RUNDE NUT (Zyklus 254, DIN/ISO: G254)

Zyklusablauf

Mit dem Zyklus 254 können Sie eine runde Nut vollständig bearbeiten. In Abhängigkeit der Zyklus-Parameter stehen folgende Bearbeitungsalternativen zur Verfügung:

- Komplettbearbeitung: Schrappen, Schlichten Tiefe, Schlichten Seite
- Nur Schrappen
- Nur Schlichten Tiefe und Schlichten Seite
- Nur Schlichten Tiefe
- Nur Schlichten Seite

Schrappen

- 1 Das Werkzeug pendelt im Nutzentrum mit dem in der Werkzeug-Tabelle definierten Eintauchwinkel auf die erste Zustell-Tiefe. Die Eintauchstrategie legen Sie mit dem Parameter Q366 fest
- 2 Die TNC räumt die Nut von innen nach aussen unter Berücksichtigung der Schlichtaufmaße (Parameter Q368 und Q369) aus
- 3 Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte Nuttiefe erreicht ist

Schlichten

- 4 Sofern Schlichtaufmaße definiert sind, schlichtet die TNC zunächst die Nutwände, falls eingegeben in mehreren Zustellungen. Die Nutwand wird dabei tangential angefahren
- 5 Anschließend schlichtet die TNC den Boden der Nut von innen nach aussen. Der Nutboden wird dabei tangential angefahren



Beim Programmieren beachten!

Bei inaktiver Werkzeug-Tabelle müssen Sie immer senkrecht eintauchen (Q366=0), da sie keinen Eintauchwinkel definieren können.

Werkzeug in der Bearbeitungsebene vorpositionieren mit Radiuskorrektur **R0**. Parameter Q367 (**Bezug für Nutlage**) entsprechend definieren.

Die TNC führt den Zyklus in den Achsen (Bearbeitungsebene) aus, mit denen Sie die Startposition angefahren haben, Z.B. in X und Y, wenn Sie mit **CYCL CALL POS X . . . Y . . .** und in U und V, wenn Sie **CYCL CALL POS U . . . V . . .** programmiert haben.

Die TNC positioniert das Werkzeug in der Werkzeug-Achse automatisch vor. Parameter Q204 (2. Sicherheits-Abstand) beachten.

Am Zyklus-Ende positioniert die TNC das Werkzeug in der Bearbeitungsebene lediglich zurück in die Teilkreismitte, in der anderen Achse der Bearbeitungsebene führt die TNC keine Positionierung aus. Wenn Sie eine Nutlage ungleich 0 definieren, dann positioniert die TNC das Werkzeug ausschließlich in der Werkzeug-Achse auf den 2. Sicherheits-Abstand. Vor einem erneuten Zyklus-Aufruf das Werkzeug wieder auf die Startposition fahren, bzw. immer absolute Verfahrbewegungen nach dem Zyklus-Aufruf programmieren.

Am Zyklus-Ende positioniert die TNC das Werkzeug in der Bearbeitungsebene zurück auf den Startpunkt (Teilkreis-Mitte). Ausnahme: Wenn Sie eine Nutlage ungleich 0 definieren, dann positioniert die TNC das Werkzeug nur in der Werkzeug-Achse auf den 2. Sicherheits-Abstand. In diesen Fällen immer absolute Verfahrbewegungen nach dem Zyklus-Aufruf programmieren.

Das Vorzeichen des Zyklusparameters Tiefe legt die Arbeitsrichtung fest. Wenn Sie die Tiefe = 0 programmieren, dann führt die TNC den Zyklus nicht aus.

Ist die Nutbreite größer als der doppelte Werkzeug-Durchmesser, dann räumt die TNC die Nut von innen nach aussen entsprechend aus. Sie können also auch mit kleinen Werkzeugen beliebige Nuten fräsen.

Wenn Sie den Zyklus 254 Runde Nut in Verbindung mit Zyklus 221 verwenden, dann ist die Nutlage 0 nicht erlaubt.





Achtung Kollisionsgefahr!

Mit Maschinen-Parameter 7441 Bit 2 stellen Sie ein, ob die TNC bei der Eingabe einer positiven Tiefe eine Fehlermeldung ausgeben soll (Bit 2=1) oder nicht (Bit 2=0).

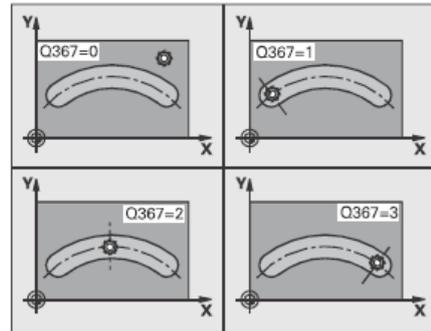
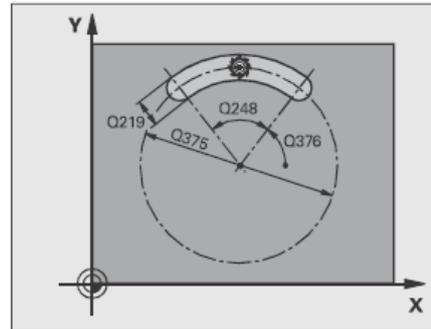
Beachten Sie, dass die TNC bei **positiv eingegebener Tiefe** die Berechnung der Vorposition umkehrt. Das Werkzeug fährt also in der Werkzeug-Achse mit Eilgang auf Sicherheits-Abstand **unter** die Werkstück-Oberfläche!

Wenn Sie den Zyklus mit Bearbeitungs-Umfang 2 (nur Schlichten) aufrufen, dann positioniert die TNC das Werkzeug im Eilgang auf die erste Zustell-Tiefe!

Zyklusparameter



- ▶ **Bearbeitungs-Umfang (0/1/2) Q215:** Bearbeitungs-Umfang festlegen:
0: Schruppen und Schlichten
1: Nur Schruppen
2: Nur Schlichten
 Schlichten Seite und Schlichten Tiefe werden nur ausgeführt, wenn das jeweilige Schlichtaufmaß (Q368, Q369) definiert ist
- ▶ **Nutbreite Q219** (Wert parallel zur Nebenachse der Bearbeitungsebene): Breite der Nut eingeben; wenn Nutbreite gleich Werkzeug-Durchmesser eingeben, dann schruppt die TNC nur (Langloch fräsen). Maximale Nutbreite beim Schruppen: Doppelter Werkzeug-Durchmesser. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Seite Q368** (inkremental): Schlicht-Aufmaß in der Bearbeitungsebene. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Teilkreis-Durchmesser Q375:** Durchmesser des Teilkreises eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Bezug für Nutlage (0/1/2/3) Q367:** Lage der Nut bezogen auf die Position des Werkzeuges beim Zyklus-Aufruf:
0: Werkzeugposition wird nicht berücksichtigt. Nutlage ergibt sich aus eingegebener Teilkreis-Mitte und Startwinkel
1: Werkzeugposition = Zentrum linker Nutkreis. Startwinkel Q376 bezieht sich auf diese Position. Eingegebene Teilkreis-Mitte wird nicht berücksichtigt
2: Werkzeugposition = Zentrum Mittelachse. Startwinkel Q376 bezieht sich auf diese Position. Eingegebene Teilkreis-Mitte wird nicht berücksichtigt
3: Werkzeugposition = Zentrum rechter Nutkreis. Startwinkel Q376 bezieht sich auf diese Position. Eingegebene Teilkreis-Mitte wird nicht berücksichtigt

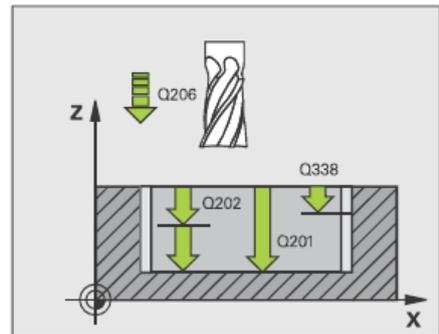
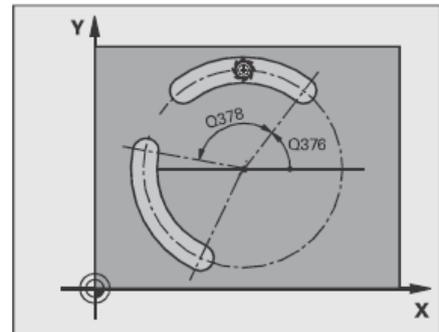


5.5 RUNDE NUT (Zyklus 254, DIN/ISO: G254)

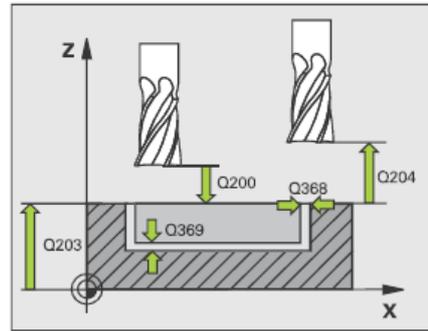


5.5 RUNDE NUT (Zyklus 254, DIN/ISO: G254)

- ▶ **Mitte 1. Achse** Q216 (absolut): Mitte des Teilkreises in der Hauptachse der Bearbeitungsebene. **Nur wirksam, wenn Q367 = 0.** Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Mitte 2. Achse** Q217 (absolut): Mitte des Teilkreises in der Nebenachse der Bearbeitungsebene. **Nur wirksam, wenn Q367 = 0.** Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Startwinkel** Q376 (absolut): Polarwinkel des Startpunkts eingeben. Eingabebereich -360,000 bis 360,000
- ▶ **Öffnungs-Winkel der Nut** Q248 (inkremental): Öffnungs-Winkel der Nut eingeben, Eingabebereich 0 bis 360,000
- ▶ **Winkelschritt** Q378 (inkremental): Winkel, um den die gesamte Nut gedreht wird. Das Drehzentrum liegt in der Teilkreis-Mitte. Eingabebereich -360,000 bis 360,000
- ▶ **Anzahl Bearbeitungen** Q377: Anzahl der Bearbeitungen auf dem Teilkreis. Eingabebereich 1 bis 99999
- ▶ **Vorschub Fräsen** Q207: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Fräsart** Q351: Art der Fräsbearbeitung bei M3:
+1 = Gleichlaufräsen
-1 = Gegenlaufräsen
 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Tiefe** Q201 (inkremental): Abstand Werkstück-Oberfläche – Nutgrund. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Zustell-Tiefe** Q202 (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug jeweils zugestellt wird; Wert größer 0 eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Tiefe** Q369 (inkremental): Schlicht-Aufmaß für die Tiefe. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Tiefenzustellung** Q206:
 Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fahren auf Tiefe in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Zustellung Schichten** Q338 (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug in der Spindelachse beim Schichten zugestellt wird. Q338=0: Schichten in einer Zustellung. Eingabebereich 0 bis 99999,9999



- ▶ **Sicherheits-Abstand Q200** (inkremental): Abstand zwischen Werkzeug-Stirnfläche und Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Koordinate Werkstück-Oberfläche Q203** (absolut): Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **2. Sicherheits-Abstand Q204** (inkremental): Koordinate Spindelachse, in der keine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück (Spannmittel) erfolgen kann. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Eintauchstrategie Q366**: Art der Eintauchstrategie:
 - 0 = senkrecht eintauchen. Unabhängig vom in der Werkzeug-Tabelle definierten Eintauchwinkel **ANGLE** taucht die TNC senkrecht ein
 - 1 = helixförmig eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus. Nur helixförmig eintauchen, wenn genügend Platz vorhanden ist
 - 2 = pendelnd eintauchen. In der Werkzeug-Tabelle muss für das aktive Werkzeug der Eintauchwinkel **ANGLE** ungleich 0 definiert sein. Ansonsten gibt die TNC eine Fehlermeldung aus. Die TNC kann erst dann pendelnd eintauchen, wenn die Verfahrenlänge auf dem Teilkreis mindestens den dreifachen Werkzeug-Durchmesser verträgt.
 - Alternativ **PREDEF**
- ▶ **Vorschub Schlichten Q385**: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Seiten- und Tiefenschlichten in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Bezug Vorschub (0 bis 3) Q439**: Auswahl, auf was sich der programmierte Vorschub bezieht:
 - 0 = Vorschub bezieht sich auf die Mittelpunktsbahn des Werkzeugs
 - 1 = Vorschub bezieht sich nur beim Schlichten Seite auf die Werkzeugschneide, ansonsten auf die Mittelpunktsbahn
 - 2 = Vorschub bezieht sich beim Schlichten Seite und Schlichten Tiefe auf die Werkzeugschneide, ansonsten auf die Mittelpunktsbahn
 - 3 = Vorschub bezieht sich grundsätzlich immer auf die Werkzeugschneide



Beispiel: NC-Sätze

8 CYCL DEF 254 RUNDE NUT	
Q215=0	; BEARBEITUNGS-UMFANG
Q219=12	; NUTBREITE
Q368=0.2	; AUFMASS SEITE
Q375=80	; TEILKREIS-DURCHM.
Q367=0	; BEZUG NUTLAGE
Q216=+50	; MITTE 1. AXSE
Q217=-50	; MITTE 2. AXSE
Q376=+45	; STARTWINKEL
Q248=90	; OEFFNUNGSWINKEL
Q378=0	; WINKELSCHRITT
Q377=1	; ANZAHL BEARBEITUNGEN
Q207=500	; VORSCHUB FRAESEN
Q351=+1	; FRAESART
Q201=-20	; TIEFE
Q202=5	; ZUSTELL-TIEFE
Q369=0.1	; AUFMASS TIEFE
Q206=150	; VORSCHUB TIEFENZ.
Q338=5	; ZUST. SCHLICHTEN
Q200=2	; SICHERHEITS-ABST.
Q203=+0	; KOOR. OBERFLAECHE
Q204=50	; 2. SICHERHEITS-ABST.
Q366=1	; EINTAUCHEN
Q385=500	; VORSCHUB SCHLICHTEN
Q439=0	; BEZUG VORSCHUB

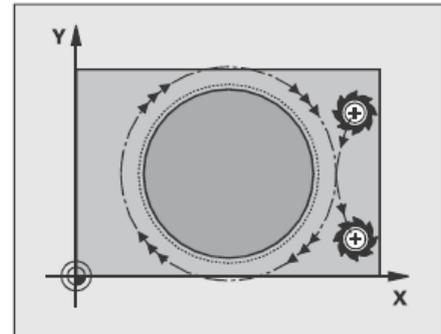
5.5 RUNDE NUT (Zyklus 254, DIN/ISO: G254)



5.7 KREISZAPFEN (Zyklus 257, DIN/ISO: G257)**5.7 KREISZAPFEN (Zyklus 257, DIN/ISO: G257)****Zyklusablauf**

Mit dem Kreiszapfen-Zyklus 257 können Sie einen Kreiszapfen bearbeiten. Wenn der Rohteil-Durchmesser größer als die maximal mögliche seitliche Zustellung ist, dann führt die TNC eine spiralförmige Zustellungen aus bis der Fertigteil-Durchmesser erreicht ist.

- 1 Das Werkzeug fährt von der Zyklus-Startposition aus (Zapfenmitte) auf die Startposition der Zapfenbearbeitung. Die Startposition legen Sie über den Polarwinkel bezogen auf die Zapfenmitte mit dem Parameter Q376 fest
- 2 Falls das Werkzeug auf dem 2. Sicherheits-Abstand steht, fährt die TNC das Werkzeug im Eilgang **FMAX** auf den Sicherheits-Abstand und von dort mit dem Vorschub Tiefenzustellung auf die erste Zustelltiefe
- 3 Anschließend fährt das Werkzeug in einer spiralförmigen Bewegung tangential an die Zapfenkontur und fräst danach einen Umlauf.
- 4 Wenn sich der Fertigteil-Durchmesser nicht in einem Umlauf erreichen lässt, stellt die TNC solange spiralförmig zu, bis der Fertigteil-Durchmesser erreicht ist. Die TNC berücksichtigt dabei den Rohteil-Durchmesser, den Fertigteil-Durchmesser und die erlaubte seitliche Zustellung
- 5 Die TNC fährt das Werkzeug auf einer spiralförmigen Bahn von der Kontur weg
- 6 Sind mehrere Tiefenzustellungen nötig, so erfolgt die neue Tiefenzustellung an dem der Abfahrbewegung nächstgelegenen Punkt
- 7 Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte Zapfentiefe erreicht ist
- 8 Am Zyklusende positioniert die TNC das Werkzeug – nach dem spiralförmigen Wegfahren – in der Werkzeug-Achse auf den im Zyklus definierten 2. Sicherheits-Abstand und anschließend in die Zapfenmitte



Beim Programmieren beachten!



Werkzeug auf Startposition in der Bearbeitungsebene (Zapfenmitte) vorpositionieren mit Radiuskorrektur **R0**.

Die TNC positioniert das Werkzeug in der Werkzeug-Achse automatisch vor. Parameter Q204 (2. Sicherheits-Abstand) beachten.

Das Vorzeichen des Zyklusparameters Tiefe legt die Arbeitsrichtung fest. Wenn Sie die Tiefe = 0 programmieren, dann führt die TNC den Zyklus nicht aus.

Die TNC positioniert das Werkzeug am Zyklusende wieder zurück auf die Startposition.



Achtung Kollisionsgefahr!

Mit Maschinen-Parameter 7441 Bit 2 stellen Sie ein, ob die TNC bei der Eingabe einer positiven Tiefe eine Fehlermeldung ausgeben soll (Bit 2=1) oder nicht (Bit 2=0).

Beachten Sie, dass die TNC bei **positiv eingegebener Tiefe** die Berechnung der Vorposition umkehrt. Das Werkzeug fährt also in der Werkzeug-Achse mit Eilgang auf Sicherheits-Abstand **unter** die Werkstück-Oberfläche!

Rechts neben dem Zapfen ausreichend Platz für die Anfahrbewegung lassen. Minimum: Werkzeug-Durchmesser + 2 mm, wenn Sie mit Standard-Anfahradius und Anfahrwinkel arbeiten.

Die TNC positioniert das Werkzeug am Ende zurück auf den Sicherheits-Abstand, wenn eingegeben auf den 2. Sicherheits-Abstand. Die Endposition des Werkzeugs nach dem Zyklus stimmt also mit der Startposition nicht überein.

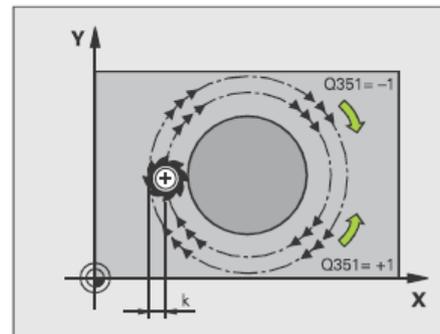
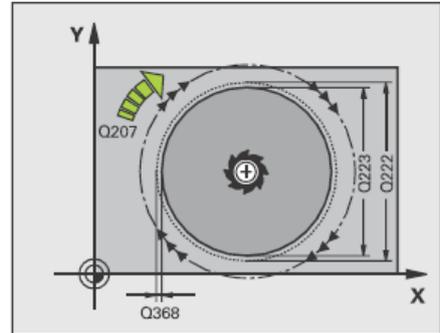


5.7 KREISZAPFEN (Zyklus 257, DIN/ISO: G257)

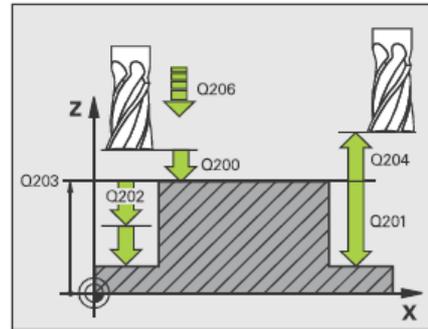
Zyklusparameter



- ▶ **Fertigteil-Durchmesser Q223:** Durchmesser des fertig bearbeiteten Zapfens. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Rohteil-Durchmesser Q222:** Durchmesser des Rohteils. Rohteil-Durchmesser größer Fertigteil-Durchmesser eingeben. Die TNC führt mehrere seitliche Zustellungen aus, wenn die Differenz zwischen Rohteil-Durchmesser und Fertigteil-Durchmesser größer ist als die erlaubte seitliche Zustellung (Werkzeug-Radius mal Bahn-Überlappung **Q370**). Die TNC berechnet immer eine konstante seitliche Zustellung. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Seite Q368 (inkremental):** Schlichtaufmaß in der Bearbeitungsebene. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Fräsen Q207:** Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Fräsart Q351:** Art der Fräsbearbeitung bei M3:
+1 = Gleichlaufräsen
-1 = Gegenlaufräsen
alternativ **PREDEF**



- ▶ **Tiefe Q201** (inkremental): Abstand Werkstück-Oberfläche – Zapfengrund. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Zustell-Tiefe Q202** (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug jeweils zugestellt wird; Wert größer 0 eingeben. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Vorschub Tiefenzustellung Q206**:
Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fahren auf Tiefe in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,999 alternativ **FMAX, FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Sicherheits-Abstand Q200** (inkremental): Abstand zwischen Werkzeug-Stirnfläche und Werkstück-Oberfläche, Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Koordinate Werkstück-Oberfläche Q203** (absolut): Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **2. Sicherheits-Abstand Q204** (inkremental): Koordinate Spindelachse, in der keine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück (Spannmittel) erfolgen kann, Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Bahn-Überlappung Faktor Q370**: $Q370 \times$ Werkzeug-Radius ergibt die seitliche Zustellung k . Eingabebereich 0,1 bis 1,414 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Startwinkel Q376**: Polarwinkel bezogen auf den Zapfenmittelpunkt, von dem aus das Werkzeug an den Zapfen anfährt. Eingabebereich 0 bis 359°



Beispiel: NC-Sätze

```

8 CYCL DEF 257 KREISZAPFEN
Q223=60 ; FERTIGTEIL-DURCHM.
Q222=60 ; RÖHTEIL-DURCHM.
Q368=0.2 ; AUFMASS SEITE
Q207=500 ; VORSCHUB FRAESEN
Q351=+1 ; FRAESART
Q201=-20 ; TIEFE
Q202=5 ; ZUSTELL-TIEFE
Q206=150 ; VORSCHUB TIEFENZ.
Q200=2 ; SICHERHEITS-ABST.
Q203=+0 ; KOOR. OBERFLAECHE
Q204=50 ; 2. SICHERHEITS-ABST.
Q370=1 ; BAHN-UEBERLAPPUNG
Q376=0 ; STARTWINKEL
9 CYCL CALL POS X+50 Y+50 Z+0 FMAX M3
    
```

5.7 KREISZAPFEN (Zyklus 257, DIN/ISO: G257)



10.5 PLANFRAESEN (Zyklus 232, DIN/ISO: G232)

Zyklusablauf

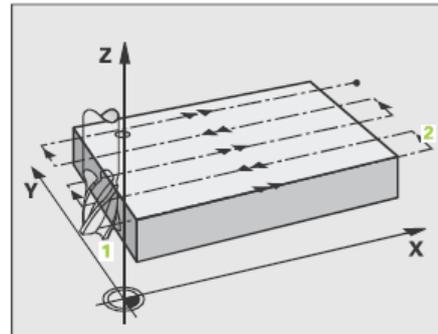
Mit dem Zyklus 232 können Sie eine ebene Fläche in mehreren Zustellungen und unter Berücksichtigung eines Schlicht-Aufmaßes planfräsen. Dabei stehen drei Bearbeitungsstrategien zur Verfügung:

- **Strategie Q389=0:** Mäanderförmig bearbeiten, seitliche Zustellung ausserhalb der zu bearbeitenden Fläche
- **Strategie Q389=1:** Mäanderförmig bearbeiten, seitliche Zustellung innerhalb der zu bearbeitenden Fläche
- **Strategie Q389=2:** Zeilenweise bearbeiten, Rückzug und seitliche Zustellung im Positionier-Vorschub

- 1 Die TNC positioniert das Werkzeug im Eilgang **FMAX** von der aktuellen Position aus mit Positionier-Logik auf den Startpunkt **1**: Ist die aktuelle Position in der Spindelachse größer als der 2. Sicherheits-Abstand, dann fährt die TNC das Werkzeug zunächst in der Bearbeitungsebene und dann in der Spindelachse, ansonsten zuerst auf den 2. Sicherheits-Abstand und dann in der Bearbeitungsebene. Der Startpunkt in der Bearbeitungsebene liegt um den Werkzeug-Radius und um den seitlichen Sicherheits-Abstand versetzt neben dem Werkstück
- 2 Anschließend fährt das Werkzeug mit Positionier-Vorschub in der Spindelachse auf die von der TNC berechnete erste Zustell-Tiefe

Strategie Q389=0

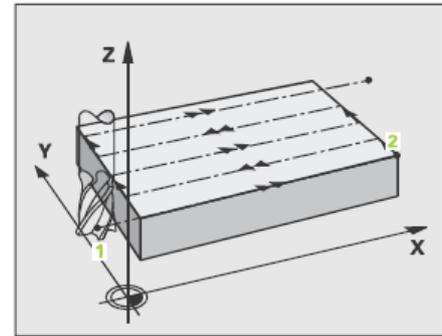
- 3 Danach fährt das Werkzeug mit dem programmierten Vorschub Fräsen auf den Endpunkt **2**. Der Endpunkt liegt **außerhalb** der Fläche, die TNC berechnet ihn aus dem programmierten Startpunkt, der programmierten Länge, dem programmierten seitlichen Sicherheits-Abstand und dem Werkzeug-Radius
- 4 Die TNC versetzt das Werkzeug mit Vorschub Vorpositionieren quer auf den Startpunkt der nächsten Zeile; die TNC berechnet den Versatz aus der programmierten Breite, dem Werkzeug-Radius und dem maximalen Bahn-Überlappungs-Faktor
- 5 Danach fährt das Werkzeug wieder zurück in Richtung des Startpunktes **1**
- 6 Der Vorgang wiederholt sich, bis die eingegebene Fläche vollständig bearbeitet ist. Am Ende der letzten Bahn erfolgt die Zustellung auf die nächste Bearbeitungstiefe
- 7 Um Leerwege zu vermeiden, wird die Fläche anschließend in umgekehrter Reihenfolge bearbeitet
- 8 Der Vorgang wiederholt sich, bis alle Zustellungen ausgeführt sind. Bei der letzten Zustellung wird lediglich das eingegebene Schlichtaufmaß im Vorschub Schichten abgefräst
- 9 Am Ende fährt die TNC das Werkzeug mit **FMAX** zurück auf den 2. Sicherheits-Abstand



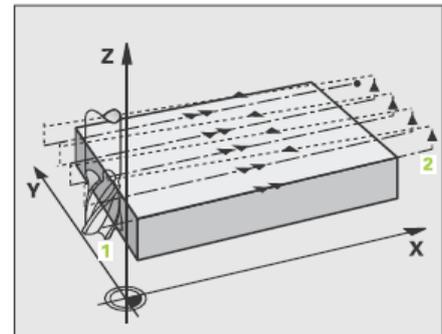
10.5 PLANFRAESEN (Zyklus 232, DIN/ISO: G232)

Strategie Q389=1

- 3 Danach fährt das Werkzeug mit dem programmierten Vorschub Fräsen auf den Endpunkt **2**. Der Endpunkt liegt **innerhalb** der Fläche, die TNC berechnet ihn aus dem programmierten Startpunkt, der programmierten Länge und dem Werkzeug-Radius
- 4 Die TNC versetzt das Werkzeug mit Vorschub Vorpositionieren quer auf den Startpunkt der nächsten Zeile; die TNC berechnet den Versatz aus der programmierten Breite, dem Werkzeug-Radius und dem maximalen Bahn-Überlappungs-Faktor
- 5 Danach fährt das Werkzeug wieder zurück in Richtung des Startpunktes **1**. Der Versatz auf die nächste Zeile erfolgt wieder innerhalb des Werkstückes
- 6 Der Vorgang wiederholt sich, bis die eingegebene Fläche vollständig bearbeitet ist. Am Ende der letzten Bahn erfolgt die Zustellung auf die nächste Bearbeitungstiefe
- 7 Um Leerwege zu vermeiden, wird die Fläche anschließend in umgekehrter Reihenfolge bearbeitet
- 8 Der Vorgang wiederholt sich, bis alle Zustellungen ausgeführt sind. Bei der letzten Zustellung wird lediglich das eingegebene Schlichtaufmaß im Vorschub Schichten abgefräst
- 9 Am Ende fährt die TNC das Werkzeug mit **FMAX** zurück auf den 2. Sicherheits-Abstand

**Strategie Q389=2**

- 3 Danach fährt das Werkzeug mit dem programmierten Vorschub Fräsen auf den Endpunkt **2**. Der Endpunkt liegt **ausserhalb** der Fläche, die TNC berechnet ihn aus dem programmierten Startpunkt, der programmierten Länge, dem programmierten seitlichen Sicherheits-Abstand und dem Werkzeug-Radius
- 4 Die TNC fährt das Werkzeug in der Spindelachse auf Sicherheits-Abstand über die aktuelle Zustell-Tiefe und fährt im Vorschub Vorpositionieren direkt zurück auf den Startpunkt der nächsten Zeile. Die TNC berechnet den Versatz aus der programmierten Breite, dem Werkzeug-Radius und dem maximalen Bahn-Überlappungs-Faktor
- 5 Danach fährt das Werkzeug wieder auf die aktuelle Zustell-Tiefe und anschließend wieder in Richtung des Endpunktes **2**
- 6 Der Abzeil-Vorgang wiederholt sich, bis die eingegebene Fläche vollständig bearbeitet ist. Am Ende der letzten Bahn erfolgt die Zustellung auf die nächste Bearbeitungstiefe
- 7 Um Leerwege zu vermeiden, wird die Fläche anschließend in umgekehrter Reihenfolge bearbeitet
- 8 Der Vorgang wiederholt sich, bis alle Zustellungen ausgeführt sind. Bei der letzten Zustellung wird lediglich das eingegebene Schlichtaufmaß im Vorschub Schichten abgefräst
- 9 Am Ende fährt die TNC das Werkzeug mit **FMAX** zurück auf den 2. Sicherheits-Abstand



272

Bearbeitungszyklen: Abzeilen

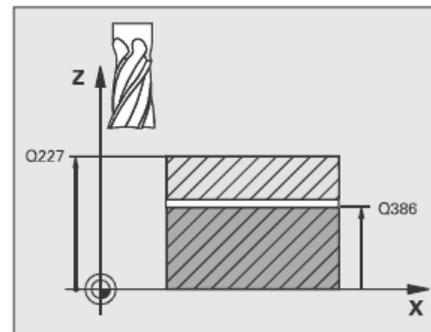
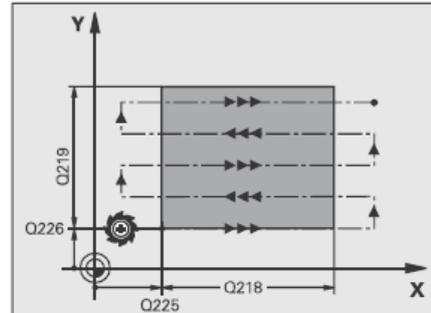


Beim Programmieren beachten!

Den 2. Sicherheits-Abstand Q204 so eingeben, dass keine Kollision mit dem Werkstück oder Spannmitteln erfolgen kann.

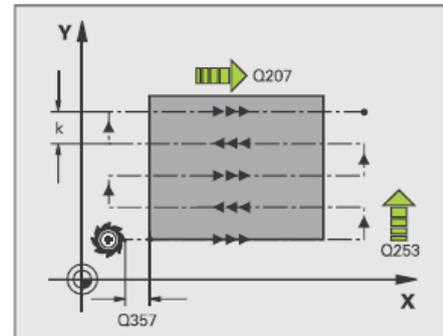
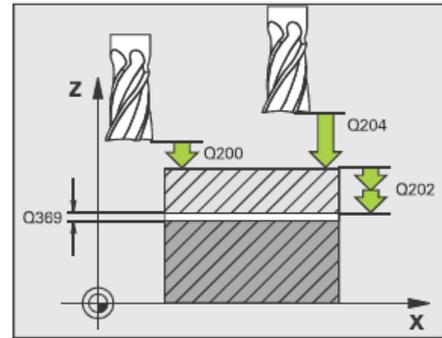
Zyklusparameter

- ▶ **Bearbeitungsstrategie (0/1/2) Q389:** Festlegen, wie die TNC die Fläche bearbeiten soll:
0: Mäanderförmig bearbeiten, seitliche Zustellung im Positionier-Vorschub ausserhalb der zu bearbeitenden Fläche
1: Mäanderförmig bearbeiten, seitliche Zustellung im Fräsvorschub innerhalb der zu bearbeitenden Fläche
2: Zeilenweise bearbeiten, Rückzug und seitliche Zustellung im Positionier-Vorschub
- ▶ **Startpunkt 1. Achse Q225 (absolut):** Startpunkt-Koordinate der zu bearbeitenden Fläche in der Hauptachse der Bearbeitungsebene. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Startpunkt 2. Achse Q226 (absolut):** Startpunkt-Koordinate der abzuzeilenden Fläche in der Nebenachse der Bearbeitungsebene. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Startpunkt 3. Achse Q227 (absolut):** Koordinate Werkstück-Oberfläche, von der aus die Zustellungen berechnet werden. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **Endpunkt 3. Achse Q386 (absolut):** Koordinate in der Spindelachse, auf die die Fläche plangefräst werden soll. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **1. Seiten-Länge Q218 (inkremental):** Länge der zu bearbeitenden Fläche in der Hauptachse der Bearbeitungsebene. Über das Vorzeichen können Sie die Richtung der ersten Fräsbahn bezogen auf den **Startpunkt 1. Achse** festlegen. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999
- ▶ **2. Seiten-Länge Q219 (inkremental):** Länge der zu bearbeitenden Fläche in der Nebenachse der Bearbeitungsebene. Über das Vorzeichen können Sie die Richtung der ersten Querstellung bezogen auf den **Startpunkt 2. Achse** festlegen. Eingabebereich -99999,9999 bis 99999,9999



10.5 PLANFRAESEN (Zyklus 232, DIN/ISO: G232)

- ▶ **Maximale Zustell-Tiefe Q202** (inkremental): Maß, um welches das Werkzeug jeweils **maximal** zugestellt wird. Die TNC berechnet die tatsächliche Zustell-Tiefe aus der Differenz zwischen Endpunkt und Startpunkt in der Werkzeugachse – unter Berücksichtigung des Schlichtaufmaßes – so, dass jeweils mit gleichen Zustell-Tiefen bearbeitet wird. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Schlichtaufmaß Tiefe Q369** (inkremental): Wert, mit dem die letzte Zustellung verfahren werden soll. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **Max. Bahn-Überlappung Faktor Q370: Maximale** seitliche Zustellung k . Die TNC berechnet die tatsächliche seitliche Zustellung aus der 2. Seitenlänge (Q219) und dem Werkzeug-Radius so, dass jeweils mit konstanter seitlicher Zustellung bearbeitet wird. Wenn Sie in der Werkzeug-Tabelle einen Radius R2 eingetragen haben (z.B. Plattenradius bei Verwendung eines Messerkopfes), verringert die TNC die seitlichen Zustellung entsprechend. Eingabebereich 0,1 bis 1,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Vorschub Fräsen Q207**: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Vorschub Schichten Q385**: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Fräsen der letzten Zustellung in mm/min. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **FAUTO, FU, FZ**
- ▶ **Vorschub Vorpositionieren Q253**: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Anfahren der Startposition und beim Fahren auf die nächste Zeile in mm/min; wenn Sie im Material quer fahren (Q389=1), dann fährt die TNC die Querstellung mit Fräsvorschub Q207. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **FMAX, FAUTO, PREDEF**



- ▶ **Sicherheits-Abstand Q200** (inkremental): Abstand zwischen Werkzeugspitze und Startposition in der Werkzeugachse. Wenn Sie mit Bearbeitungsstrategie Q389=2 fräsen, fährt die TNC im Sicherheits-Abstand über der aktuellen Zustell-Tiefe den Startpunkt auf der nächsten Zeile an. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**
- ▶ **Sicherheits-Abstand Seite Q357** (inkremental): Seitlicher Abstand des Werkzeuges vom Werkstück beim Anfahren der ersten Zustell-Tiefe und Abstand, auf dem die seitliche Zustellung bei Bearbeitungsstrategie Q389=0 und Q389=2 verfahren wird. Eingabebereich 0 bis 99999,9999
- ▶ **2. Sicherheits-Abstand Q204** (inkremental): Koordinate Spindelachse, in der keine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück (Spannmittel) erfolgen kann. Eingabebereich 0 bis 99999,9999 alternativ **PREDEF**

Beispiel: NC-Sätze

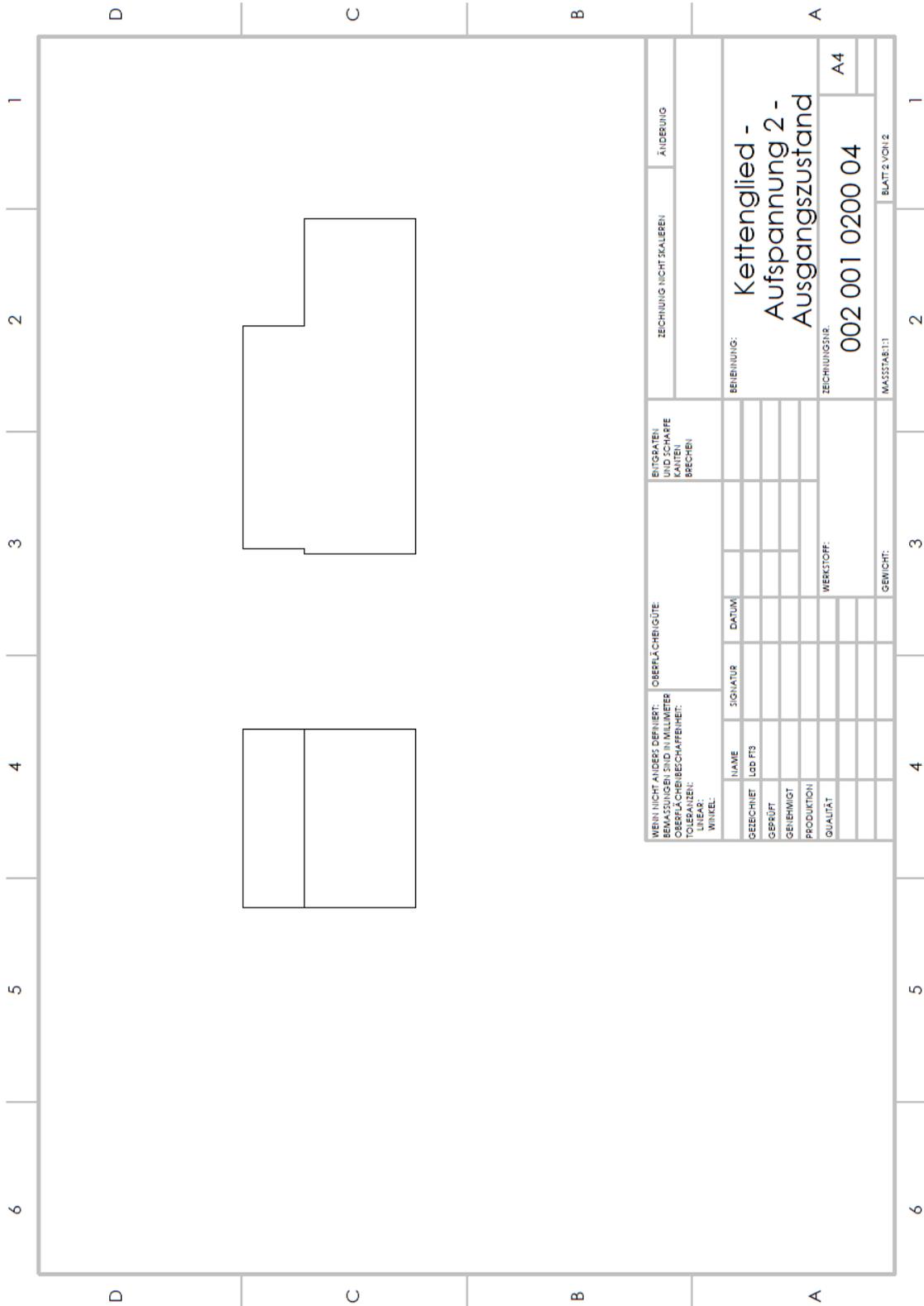
71	CYCL DEF 232	PLANFRAESEN
Q389=2		;STRATEGIE
Q225=+10		;STARTPUNKT 1. ACHSE
Q226=+12		;STARTPUNKT 2. ACHSE
Q227=+2.5		;STARTPUNKT 3. ACHSE
Q386=-3		;ENDPUNKT 3. ACHSE
Q218=150		;1. SEITEN-LAENGE
Q219=75		;2. SEITEN-LAENGE
Q202=2		;MAX. ZUSTELL-TIEFE
Q369=0.5		;AUFMASS TIEFE
Q370=1		;MAX. UEBERLAPPUNG
Q207=500		;VORSCHUB FRAESEN
Q385=800		;VORSCHUB SCHLICHTEN
Q253=2000		;VORSCHUB VORPOS.
Q200=2		;SICHERHEITS-ABST.
Q357=2		;SI.-ABSTAND SEITE
Q204=2		;2. SICHERHEITS-ABST.

10.5 PLANFRAESEN (Zyklus 232, DIN/ISO: G232)

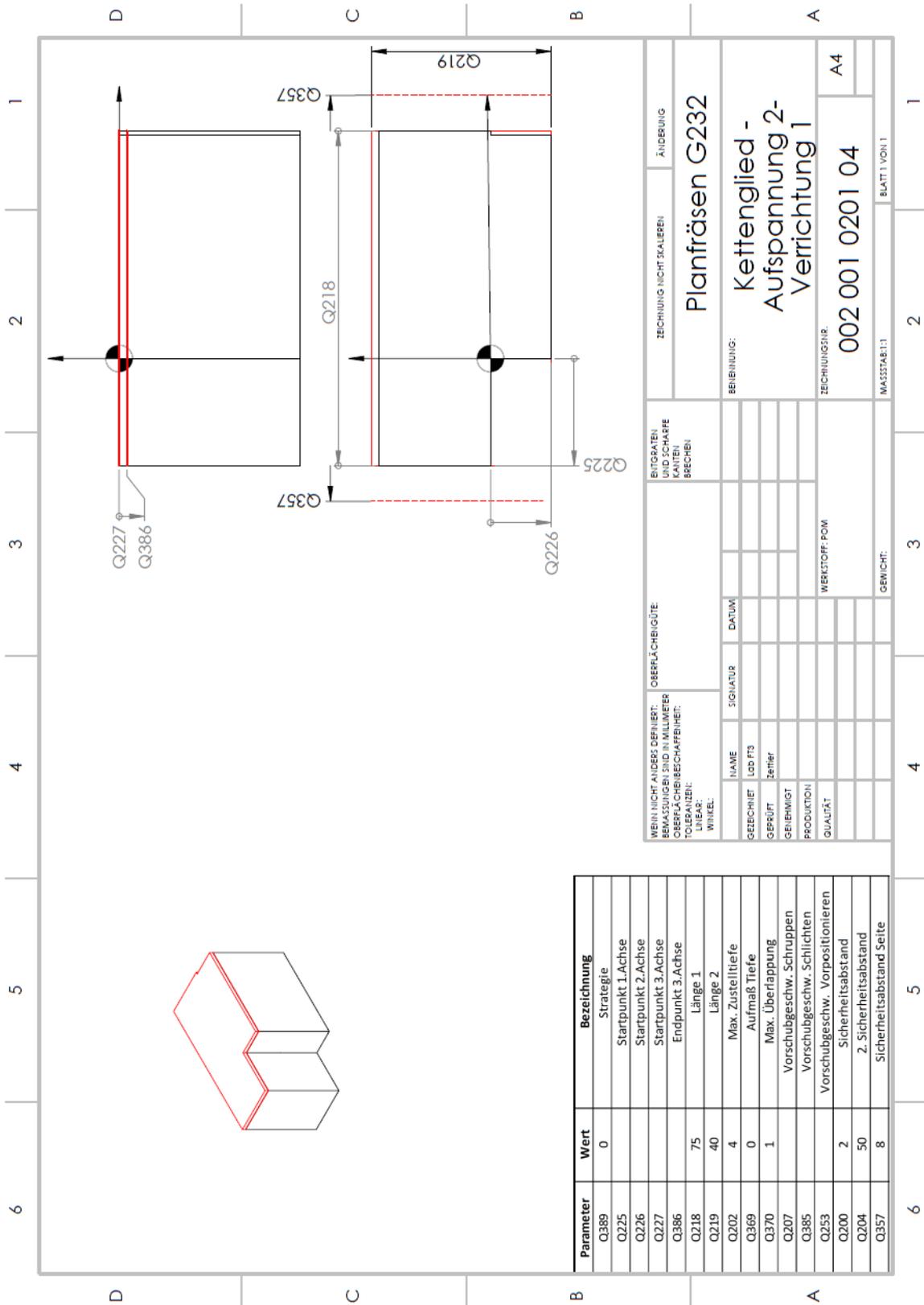


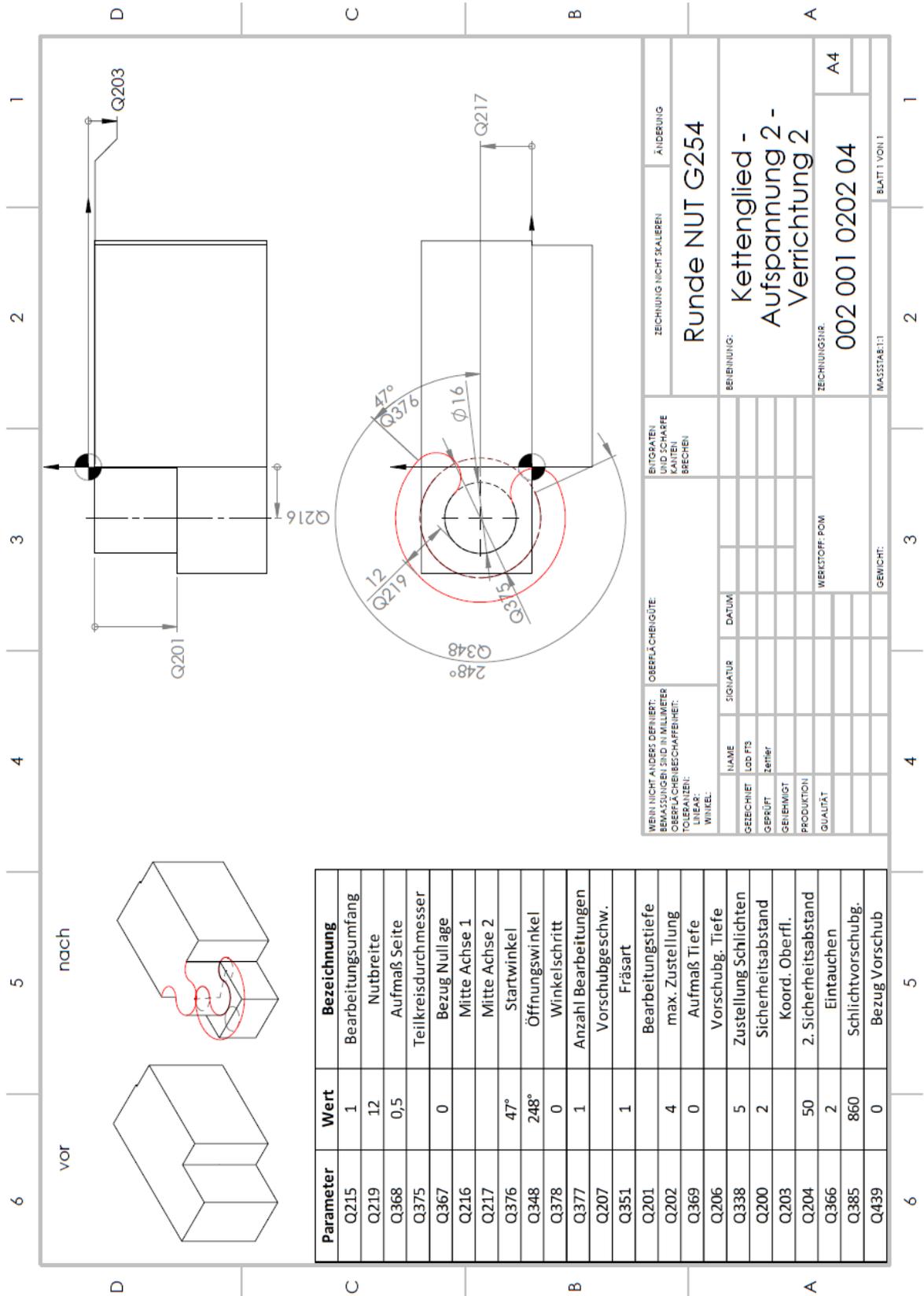
Berliner Hochschule für Technik
University of Applied Sciences, Berlin
FB VIII, Labor für Produktionstechnik
Anhang 3 zu Versuch 4: technologischer Arbeitsablauf

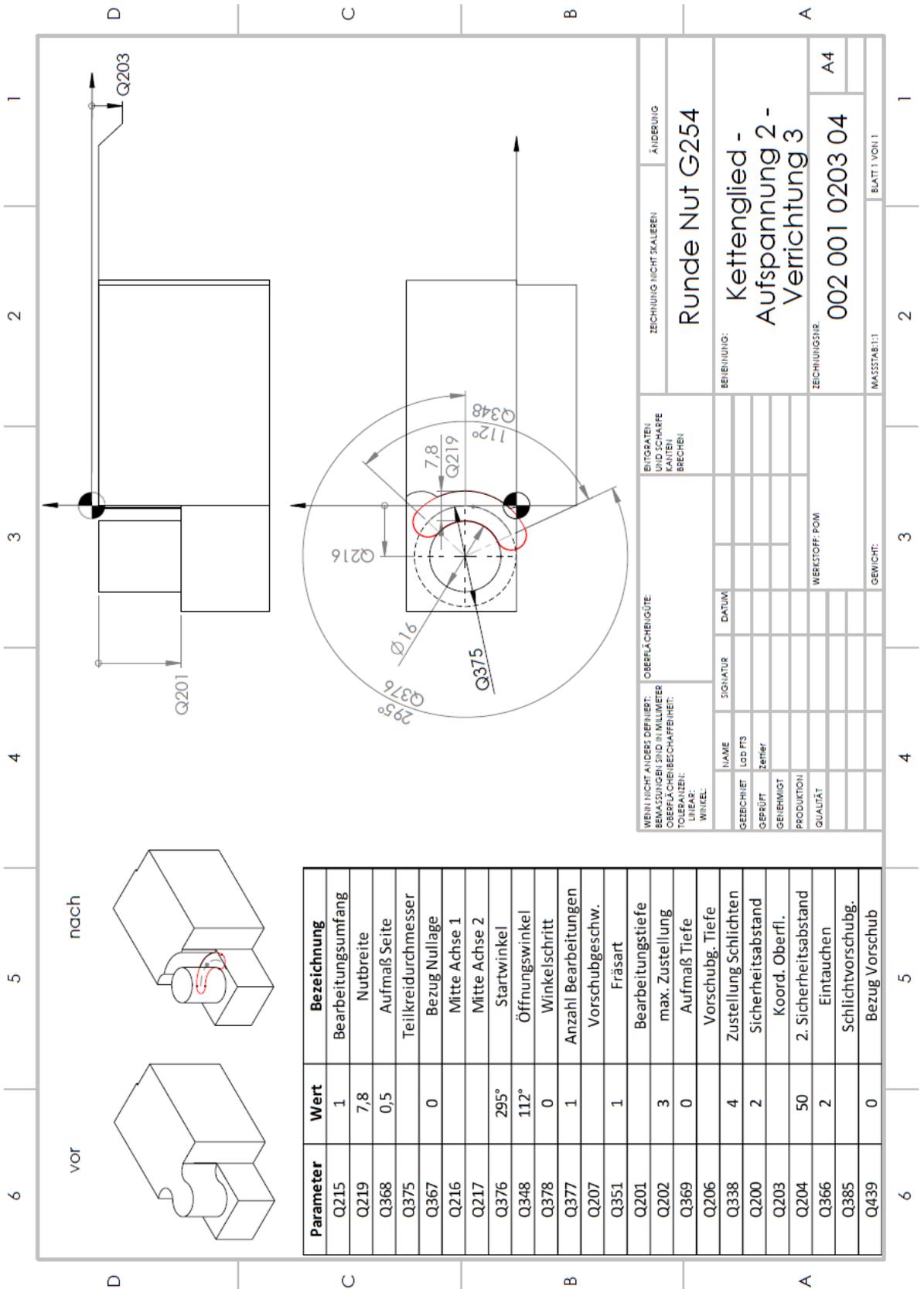
		4	3	2	1		
F	BAUTEIL	Kettenglied		AUFSPANNUNG	2	Gruppe	
	ZEICHNUNG			MASCHINE	HEM 500 U		
	SPANNSKIZZE			BEDIENER	Zettier		Hochschul- lehrer
	WERKSTOFF	POM					
E	AUFSP.	VERRICHTUNG	BESCHREIBUNG	WERKZEUG	Drehzahl [1/min]	Vorschub- geschw. [mm/min]	Bemerkungen
	02	00	Einspannen Rohteil, Nullpunktbestimmung	Messtaster	/	/	Korrektur Z:
	02	01	Planfräsen	Schafffräser 121270 - \varnothing T			
D	02	02	Runde Nut	Schafffräser 121270 - \varnothing T			Vorbearbeitung Aumaß:
	02	03	Runde Nut	Schafffräser 121270 - \varnothing T			Vorbearbeitung Aumaß:
	02	04	Nutfräsen	Schafffräser 121270 - \varnothing T			einseitig auf Fertigmaß
C	02	05	Kreiszapfen	Schafffräser 121270 - \varnothing T			auf Fertigmaß
	02	06	Kreiszapfen	Schafffräser 121270 - \varnothing T			auf Fertigmaß u.Toleranz: o. Toleranz: \varnothing
	02	07	Rechtecktasche	Schafffräser 121270 - \varnothing T			Boden auf Fertigmaß
B	02	08	Kreistasche	Schafffräser 121270 - \varnothing T			auf Fertigmaß u.Toleranz: o. Toleranz: \varnothing
	02	09	Kontur	Schafffräser 121270 - \varnothing T			auf Fertigmaß
A							
		4	3	2	1		



WENN NICHT ANDERS ÜBERNUT: WENN NICHT ANDERS ÜBERNUT: OBERFLÄCHENBEHANDLUNG: TOLERANZEN: LINEAR: WINKEL:		OBERFLÄCHIGÜTE:		RÜGSPATEN: KANTEN: BRECHEN:		ZEICHNUNG NICHT SKALIEREN		ÄNDERUNG	
GEZEICHNET	NAME	SIGNATUR	DATUM			BEIENUNGS:		Kettenglied - Aufspannung 2 - Ausgangszustand	
GEPRÜFT	Lad FFS					ZEICHNUNGSNR.		002 001 0200 04	
GENEHMIGT						MASSSTAB:1:1		A4	
PRODUKTION						GEWICHT:		BLATT 2 VON 2	
QUALITÄT						WEKSTOFF:			
						3		2	
						4		1	







6
5
4
3
2
1

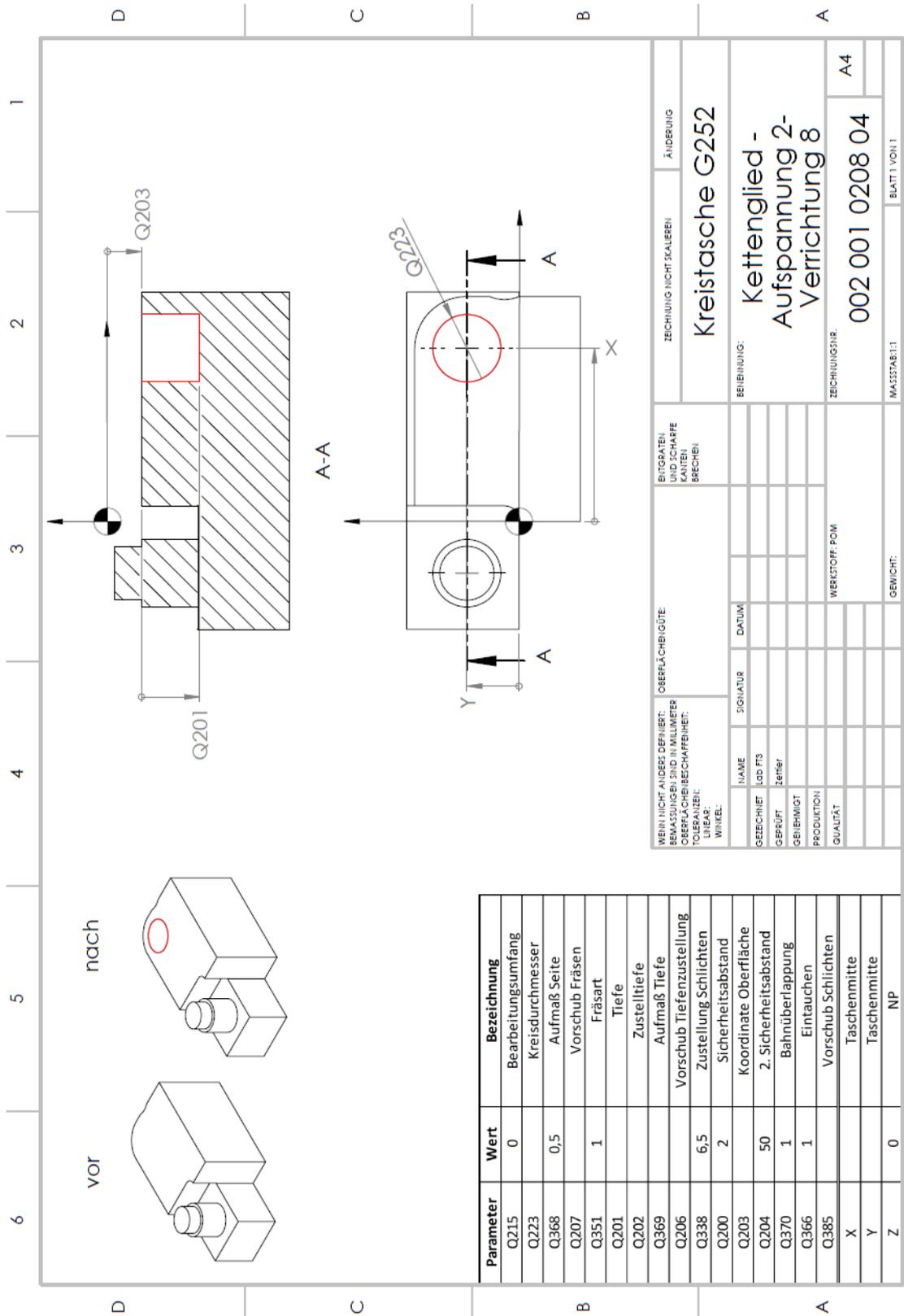
D
C
B
A

vor
nach

Parameter	Wert	Bezeichnung
215	1	Bearbeitungsumfang
218	53	Länge 1
219	48,25	Länge 2
220	6	Eckenradius
368	0	Aufmaß Seite
224		Drehlage
367		Taschenlage
207		Vorschubgeschw. Fräsen
351		Fräsart
201		Tiefe
202		Zustelltiefe
369	0	Aufmaß Tiefe
206		Vorschubgeschw. Tiefenzustellung
338	5	Zustellung Schlichten
200	2	Sicherheitsabstand
203		Koordinatene Oberfläche
204	50	2. Sicherheitsabstand
370	1	Bahnüberlappung
366	1	Eintauchen
385		Vorschubgeschw. Schlichten
X		abhängig von Q367
Y		abhängig von Q367
Z	0	NP

WENN NICHT ANDERS DEFINIERT, DIMENSIONEN SIND IN MILLIMETER		BITGRATEN UND SCHARFE KANTEN BRECHEN		ÄNDERUNG	
OBERFLÄCHENBEZUGSBEZEICHNUNG:				RECHNUNG NICHT SCALAREN	
TOLERANZEN:				Rechtecktasche G251	
LINEAR:	WINKEL:			BENENNUNG:	
				Kettenglied -	
				Aufspannung 2-	
				Verrichtung 7	
				ZEICHNUNGSNR.	
				002 001 0207 04	
				A4	
				WEKSTOFF: POM	
				GEWICHT:	
				MASSSTAB: 1:1	
				BLATT 1 VON 1	

6
5
4
3
2
1



Parameter	Wert	Bezeichnung
Q215	0	Bearbeitungsumfang
Q223		Kreisdurchmesser
Q368	0,5	Außmaß Seite
Q207		Vorschub Fräsen
Q351	1	Fräsart
Q201		Tiefe
Q202		Zustelltiefe
Q369		Außmaß Tiefe
Q206		Vorschub Tiefenzustellung
Q338	6,5	Zustellung Schichten
Q200	2	Sicherheitsabstand
Q203		Koordinate Oberfläche
Q204	50	2. Sicherheitsabstand
Q370	1	Bahnüberlappung
Q366	1	Eintauchen
Q385		Vorschub Schichten
X		Taschenmitte
Y		Taschenmitte
Z	0	NP

WEIN NICHT ANDERE DEFINIERT: BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER		OBERFLÄCHENGÜTE:		BITGRATEN UND SCHARFE KANTEN, BRECHEN		ZEICHNUNG NICHT SKALIEREN		ÄNDERUNG	
TOLERANZEN:		LINEAR:		WINKEL:		KREISLÄNDE:		REVISIONSNUMMER	
NAME	SIGNATUR	DATUM							
LOB PTS									
GEZEICHNET									
GEPRÜFT									
GEBILDET									
PRODUKTION									
QUALITÄT									
		WERKSTOFF: POM							
		ZEICHNUNGSNR.		002 001 0208 04		A4			
		MASSSTAB: 1:1		BLATT 1 VON 1					

