

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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.

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 2013
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

4. 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)

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.

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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 $(u_1 + u_2)$ und $(v_1 + v_2)$ 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 Blechschere 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_a fast immer anwendbar.

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

Gesucht R_1 , H_a und H_b .

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

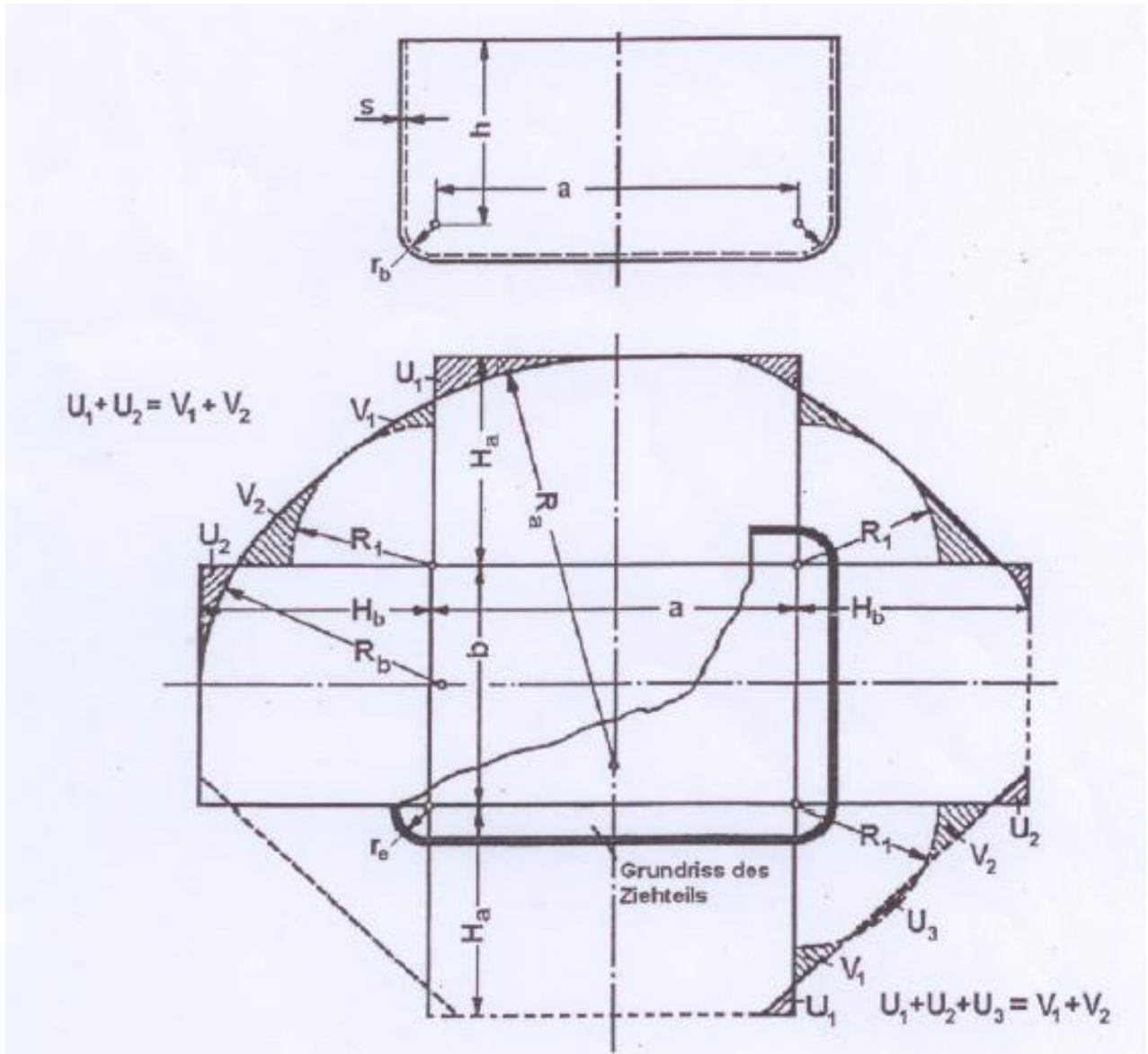
$$x = 0,074 \cdot \left(\frac{R}{2r}\right)^2 + 0,982$$

$$R_1 = R \cdot x$$

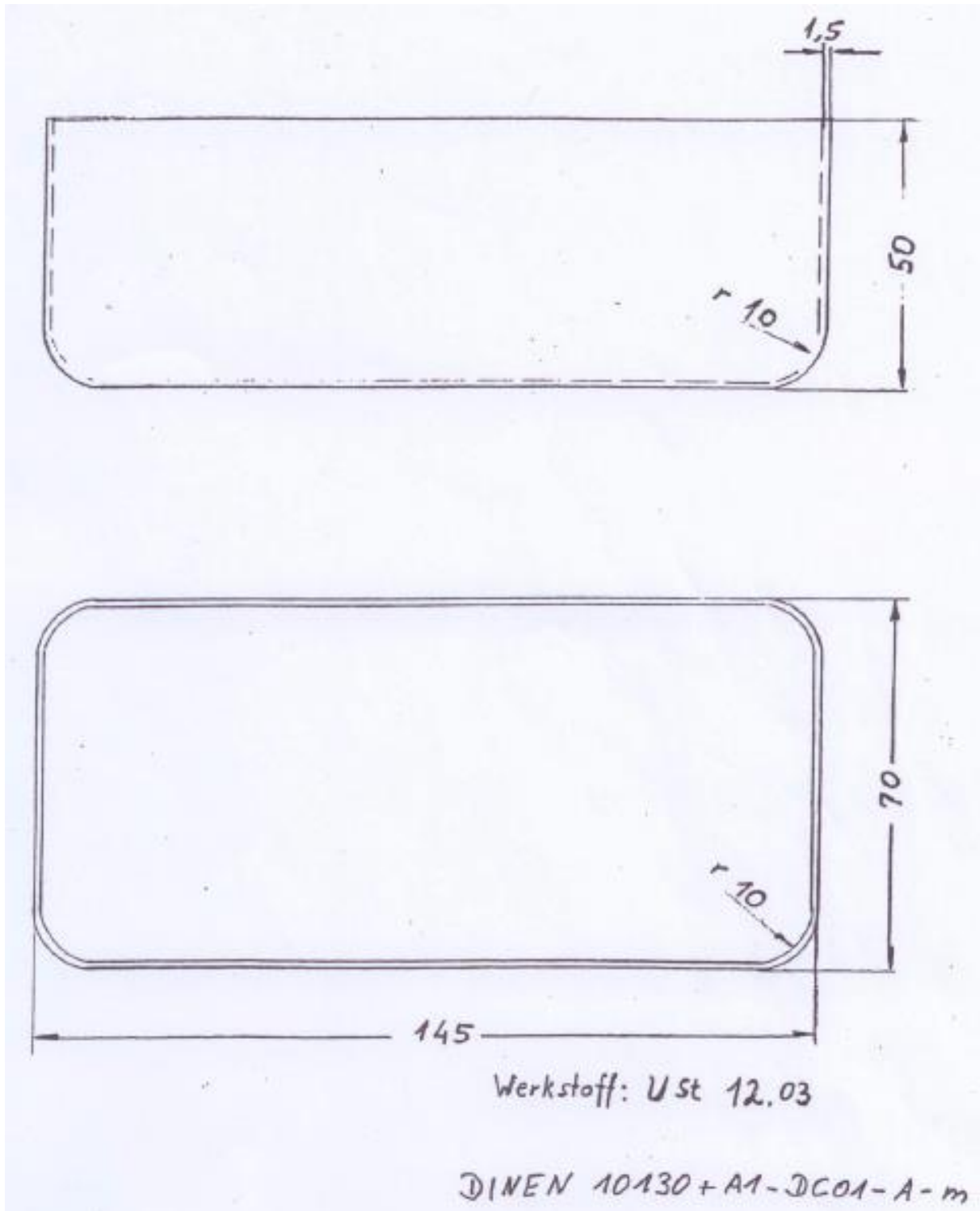
$$H_a = 1,57r + h - 0,785(x^2 - 1) \frac{R^2}{a}$$

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

Zuschnittermittlung für rechteckige Ziehteile nach AWF 5791:



Herzustellendes Ziehteil:



Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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):

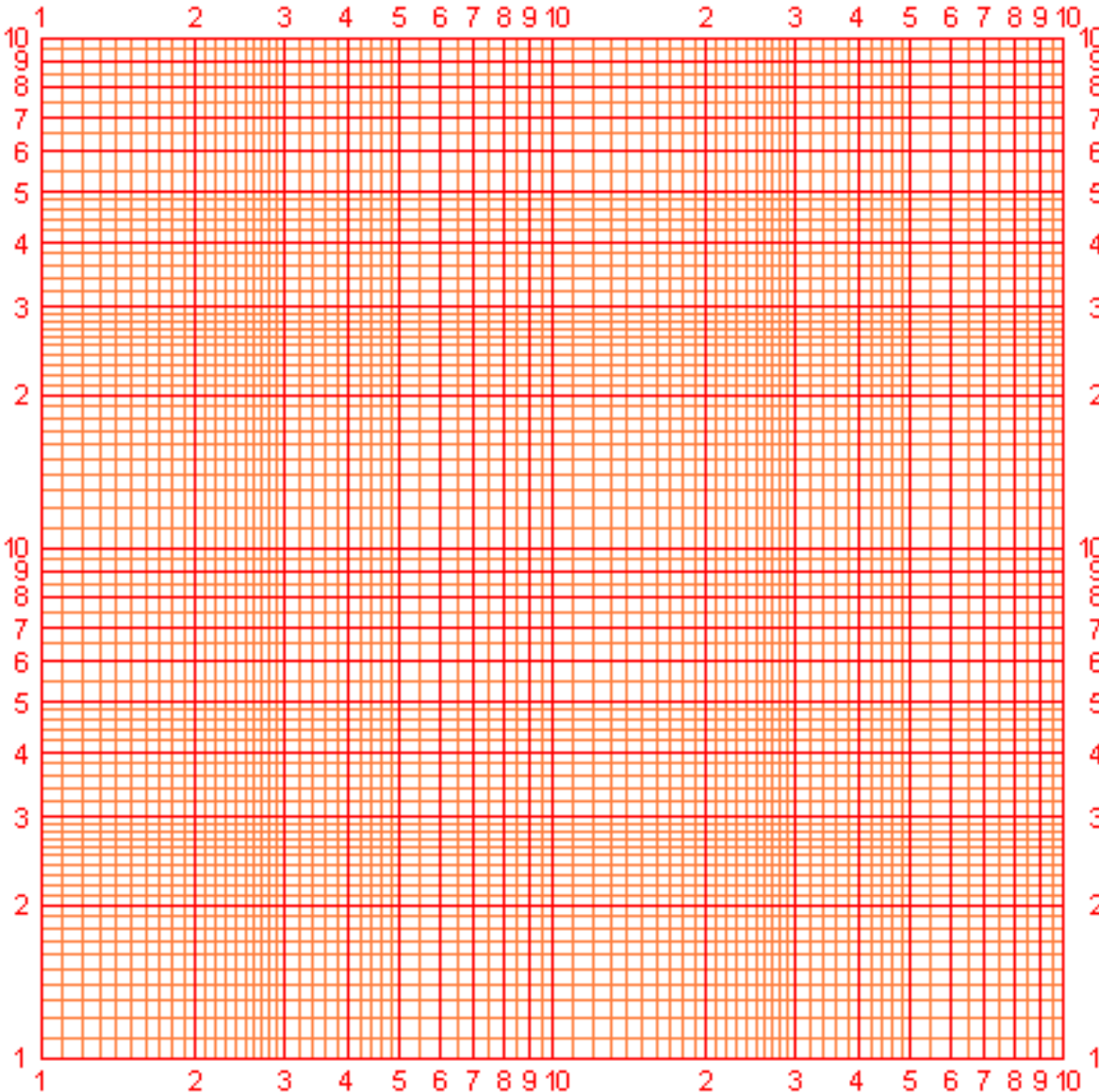
- Messen Sie die auftretenden Zerspankraftkomponenten im Experiment für verschiedene Schnittgeschwindigkeiten und diskutieren Sie das Ergebnis.
- Charakterisieren Sie die anfallenden Späne nach Spanart und Spanform. Welche Späne entstehen bei welchen Schnittbedingungen? Diskutieren Sie den Einfluß der 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 Logarithmierungsfunktion und trigonometrischen Funktionen



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

Werkstück	Werkstoff		
	Werte spez. Schnittkraft ($k_{c1.1}$, m_c)		

Werkzeug	Schneidstoff		
	Wendeschneidplatte		
	Werkzeughalter	α_o	
		γ_o	
		ϵ	
		κ	

Versuch a): Variation des Vorschubs pro Umdrehung

Schnittbedingungen	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- beding- ungen	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	

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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 wird 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 O₂ im Gas vorhanden sein?
- Was können die Legierungsbestandteile in Schweißzusatzwerkstoffen bewirken?

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

Aufgabenstellung:

- Auswahl oder Vorschlag einer ebenen, mit Schafffräsern herstellbaren Geometrie mit Hilfe von Zyklen.
- Erstellung einer Zeichnung bzw. Handskizze für die Programmierung
- Erstellung eines NC-Programmes nach DIN 66025 (Information)
- Erstellung eines NC-Programmes nach Steuerung Heidenhain
- Eingabe der Daten an der NC-Bearbeitungsmaschine und Durchführung der grafisch-dynamischen Prozeßsimulation
- Herstellung und Vermessung des Werkstückes mit Messschieber
- (Der Bericht soll das NC-Programm nach DIN 66 025 in Tabellenform mit einer Kommentarspalte zu den einzelnen Befehlen enthalten)
- Im Bericht das Programm an Hand Programmausdruck dokumentieren
- Bei der Programmierung auftretende Probleme und Fehler sind zu dokumentieren
- Die Art der Programmierung (z.B. Wahl von Zyklen, Koordinatentransformationen, Nullpunkte etc.) ist im Bericht zu begründen

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

- Erklären Sie Punkt-zu-Punkt-Steuerung, Streckensteuerung und Bahnsteuerung?
- Wie ist die Achse einer NC-Bearbeitungsmaschine aufgebaut?
- Wie ist ein NC-Programm allgemein aufgebaut?

- Welche Arten von NC-Befehlen gibt es?
- Wozu dient die Radiuskorrektur?
- Was verstehen Sie unter Gleichlauf- und unter Gegenlaufräsen und wann wird es angewendet?
- 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?
- Worauf ist an Umkehrpunkten der Achsen zu achten?
- Wie groß ist die Schnittgeschwindigkeit im Rotationszentrum eines Kugelkopfräasers?
- Was ist der Unterschied eines Bohrnutenschaftfräasers zu einem normalen Schafffräser?
- Was verstehen Sie unter der Programmierung mit absoluten und relativen Koordinaten?
- Wozu werden Koordinatentransformationen genutzt?
- Was sind torische Fräser?
- Welche Programmiersprache hat die Maschine HEM 500 U?
- Welche Zyklengruppen sind an dieser Maschine verfügbar?

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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

Beuth Hochschule für Technik Berlin
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						

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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 Abtragate!
- 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	

Beuth Hochschule für Technik Berlin
University of Applied Sciences
Fachbereich VIII

Maschinenbau, Verfahrens- und Umwelttechnik

Fertigungstechnik Übung Senk-EDM



Versuch 1		Generatortechnologie E					Generatortechnologie 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											

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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?

Beuth Hochschule für Technik, Berlin

Beuth University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

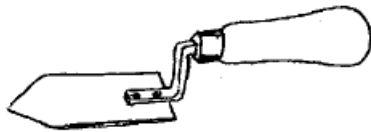
Fertigungslabor (RAUM A32), Versuch 8: Übung Gießereitechnik

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?

Beuth Hochschule für Technik, Berlin Beuth 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 , Wälzprung 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 Zahnrädern 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 Geradverzahnung

Maße außenverzählter Räder	
Zähnezahl	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Kopfkreisdurchmesser	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Fußkreisdurchmesser	<input style="width: 100%;" type="text"/>

Gemeinsame Maße innen- und außenverzählter Räder	
Modul	1
Teilung (in Grad °)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Teilkreisdurchmesser	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Kopfspiel	$c = 0,1 \cdot m$ bis $0,3 \cdot m$ häufig $c = 0,167 \cdot m$
Zahnkopfhöhe	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Zahnfußhöhe	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Zahnhöhe	<input style="width: 100%;" type="text"/>

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	

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

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

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

$$p = \pi \cdot m$$

$$d = m \cdot z$$

$$h_a = m$$

$$h_f = m + c$$

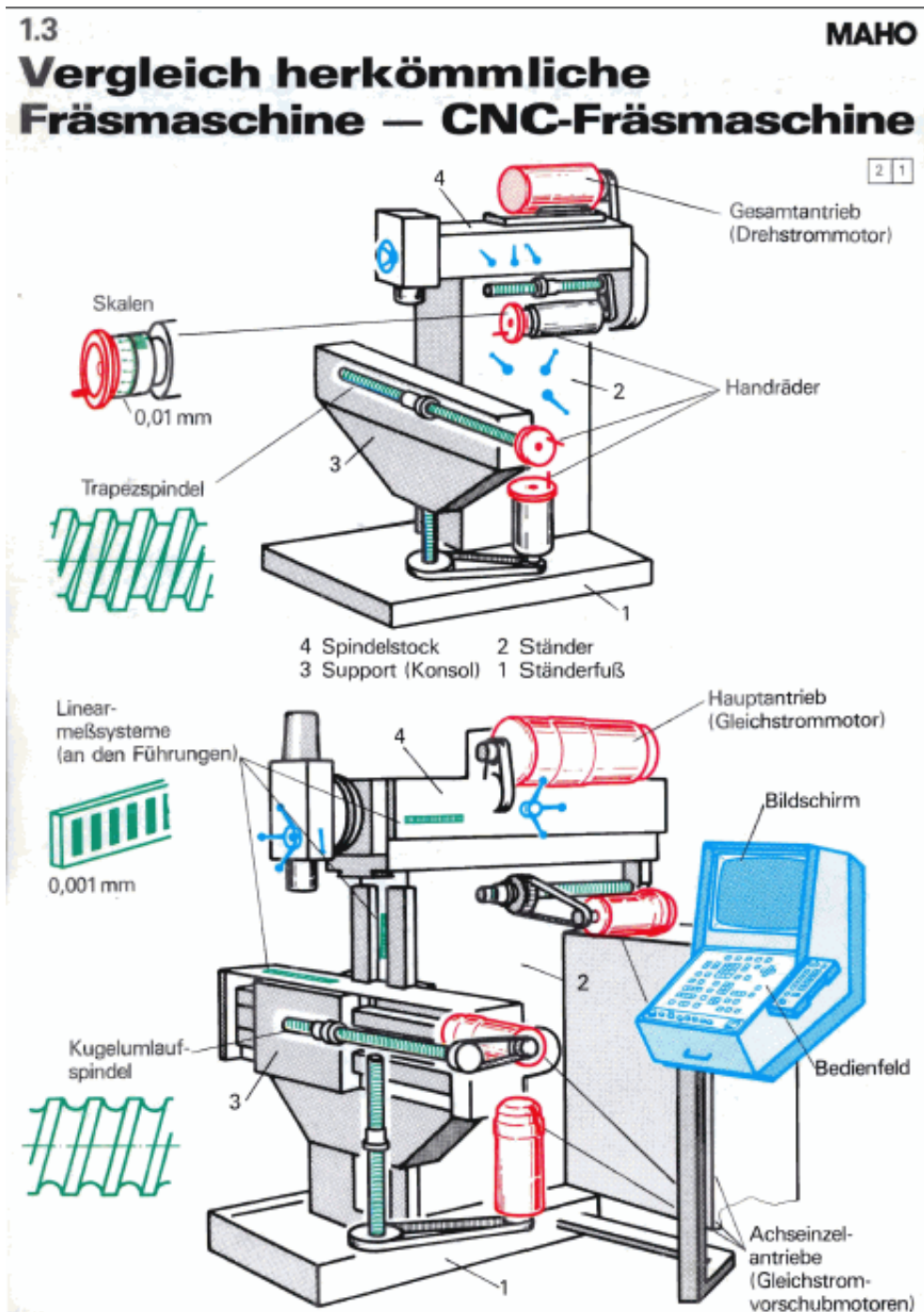
$$h = 2 \cdot m + c$$

Beuth Hochschule für Technik, Berlin

Beuth University of Applied Sciences, Berlin

FB VIII, Labor für Produktionstechnik

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



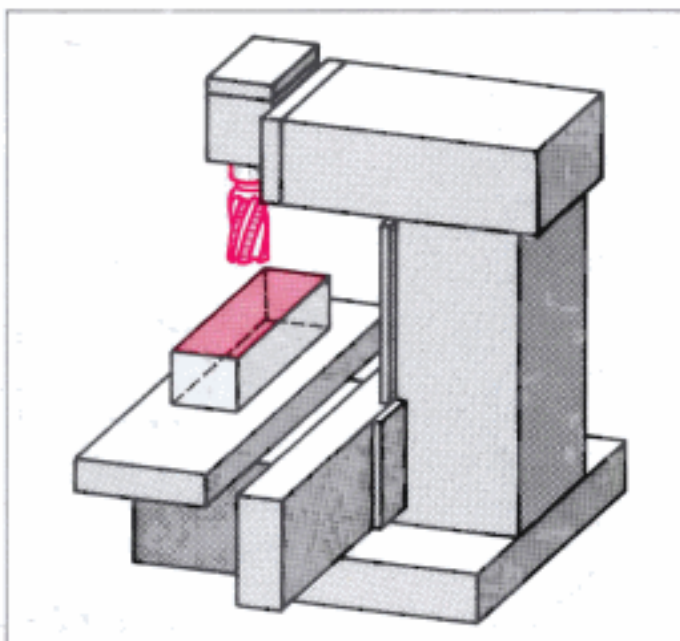
2.1.3

MAHO

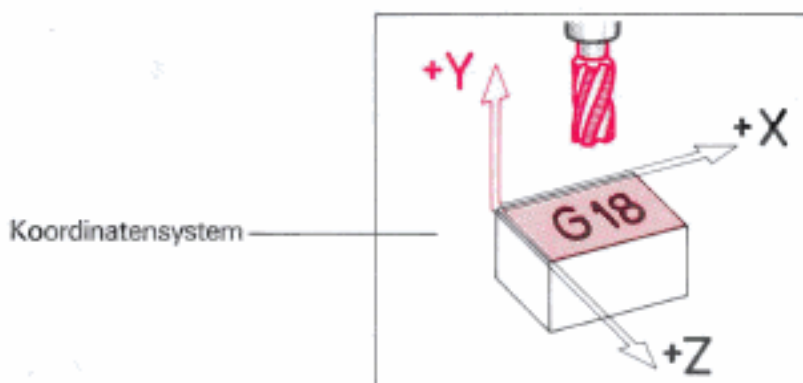
Achsen und Achsrichtungen beim Arbeiten mit vertikaler Spindel

2 1

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



Auch nach dem Schwenken der Arbeitsspindel gilt das ursprüngliche Koordinatensystem!



Standort:
am Bedienpult

Blickrichtung:
„von hinten auf
das Werkstück“

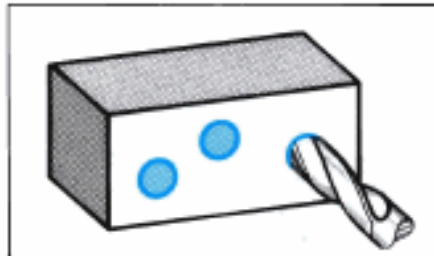
- + X : Werkzeug nach rechts
- + Y : Werkzeug nach oben
- + Z : Werkzeug nach hinten

2.2

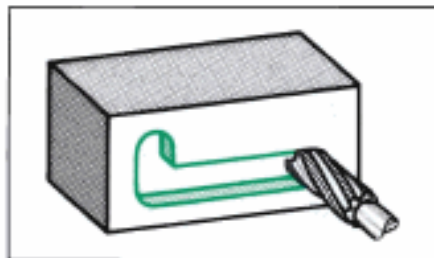
MAHO

Die Steuerungsarten

4 | 3 | 2 | 1

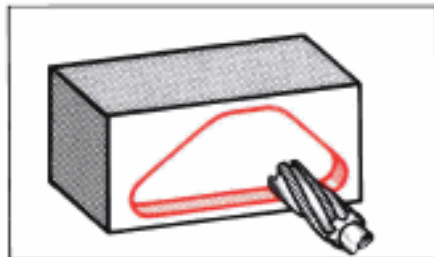


Punktsteuerung



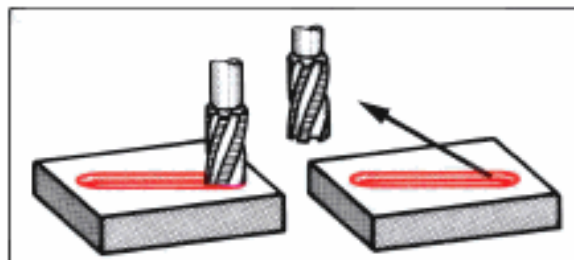
Streckensteuerung

- nur achsparalleles Fräsen möglich



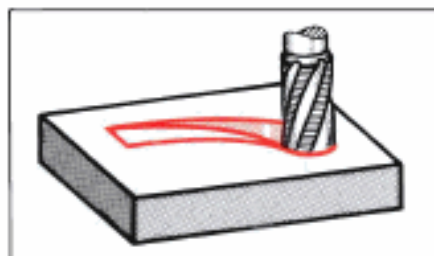
2D-Bahnsteuerung

- gleichzeitiges Fräsen in 2 Achsen



2 $\frac{1}{2}$ D-Bahnsteuerung

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



3D-Bahnsteuerung

- gleichzeitiges Fräsen in 3 Achsen

2.3

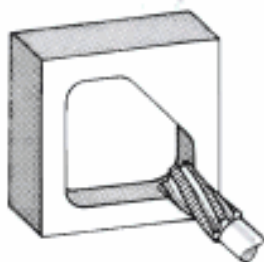
MAHO

Die Werkstücknullpunktlagen

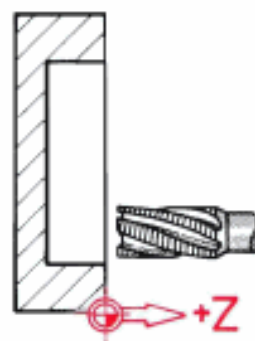
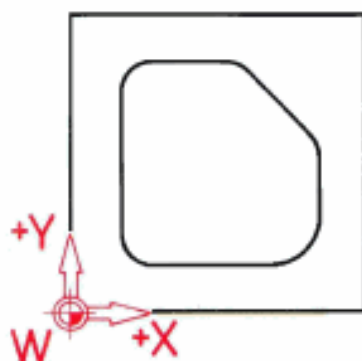
1

Symbol für den Werkstücknullpunkt: 

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



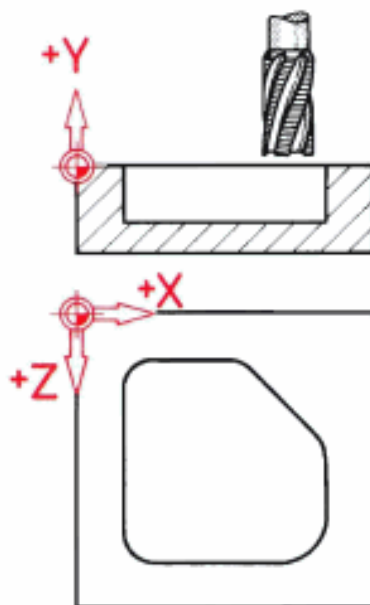
Koordinatensystem:



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



Koordinatensystem:



2.6

MAHO

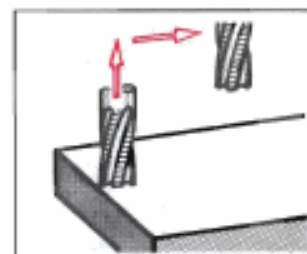
G0, G1, G2/G3, G17/G18

3 2 1

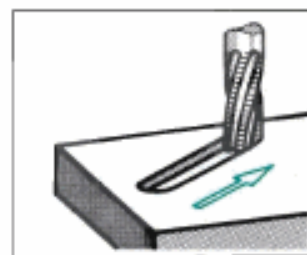
Die G-Funktionen sind in DIN 66 025 festgelegt.



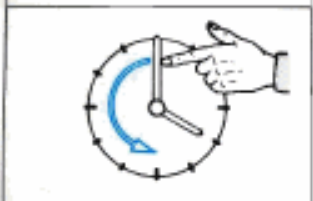
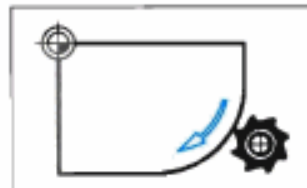
G0
Eilgang



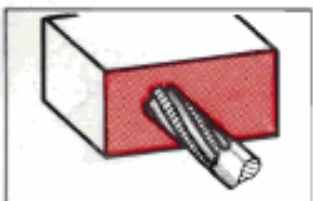
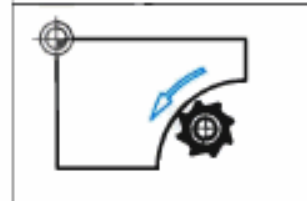
G1
Vorschub auf
einer Geraden



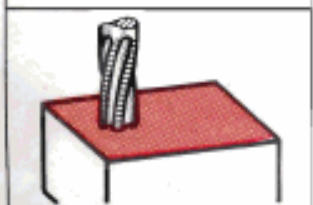
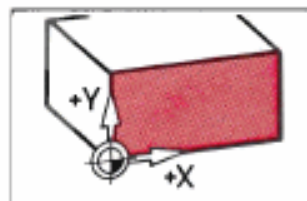
G2
Vorschub im
Uhrzeigersinn



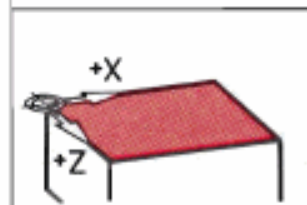
G3
Vorschub im
Gegenuhrzeigersinn



G17
X Y Ebene



G18
X Z Ebene



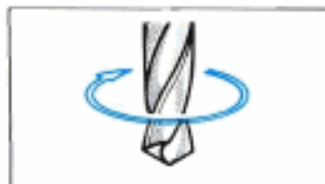
2.7

MAHO

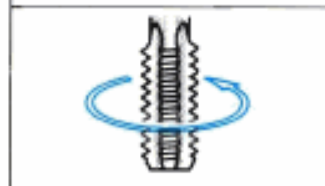
M3/M4, M6/M66, M8, M9, M30

4 3 2 1

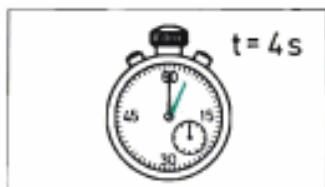
Die M-Funktionen sind in DIN 66025 festgelegt.



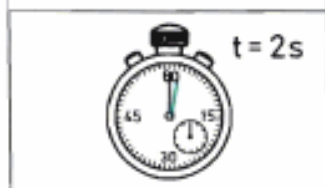
M3
Drehrichtung
RECHTS



M4
Drehrichtung
LINKS



M6
Werkzeugwechsel mit
automatischem Rückzug



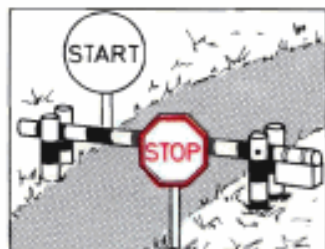
M66
Werkzeugwechsel an
aktueller Achsposition



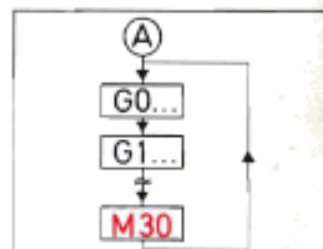
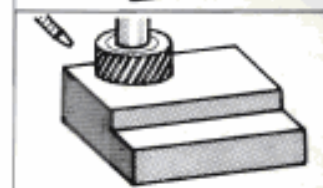
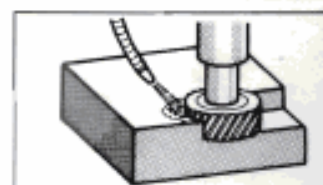
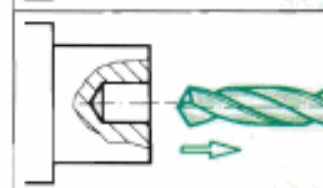
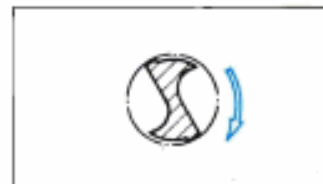
M8
Kühlmittel EIN



M9
Kühlmittel AUS



M30
Programmende
+
Rücksprung zum
Programmbeginn



2.8

Programmaufbau und Satzformat

4 3 2 1

Programmauszug:

```

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

Ein Programm besteht aus einer geordneten Folge von Befehlen.

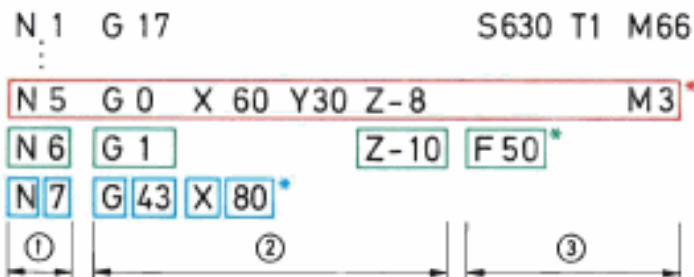


N 9004
N 1...
N 2...
N 3...

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

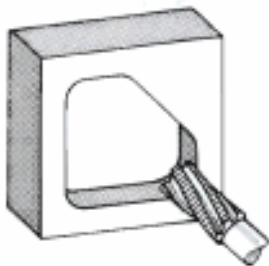
MAHO

Die Werkstücknullpunktlagen

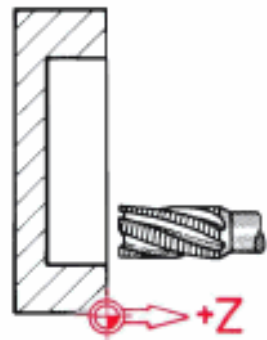
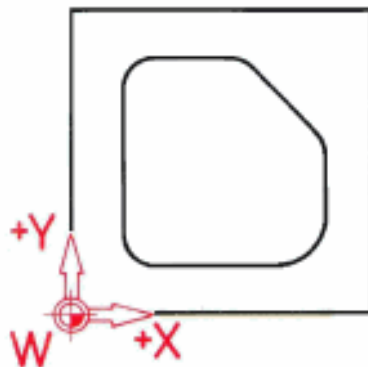
1

Symbol für den Werkstücknullpunkt: 

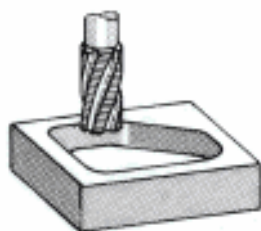
...beim Arbeiten mit **horizontaler** Spindel



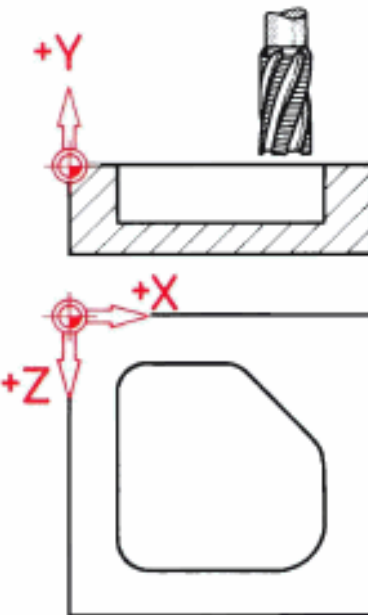
Koordinatensystem:



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



Koordinatensystem:



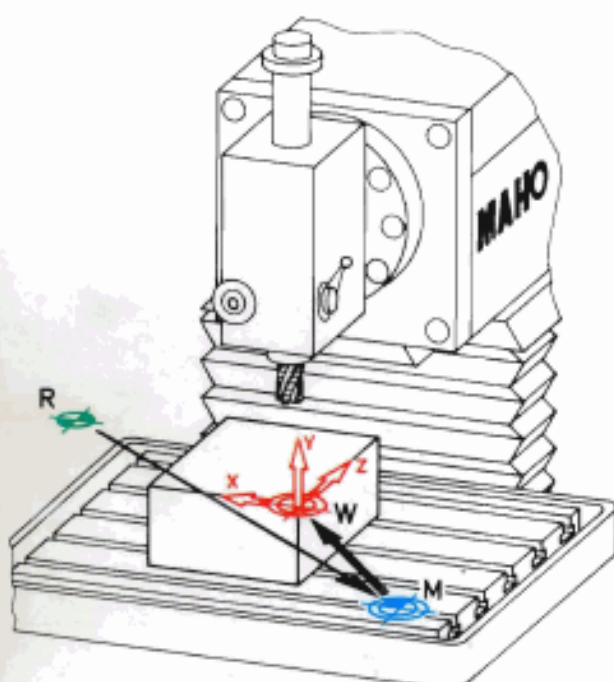
4.1.1

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.

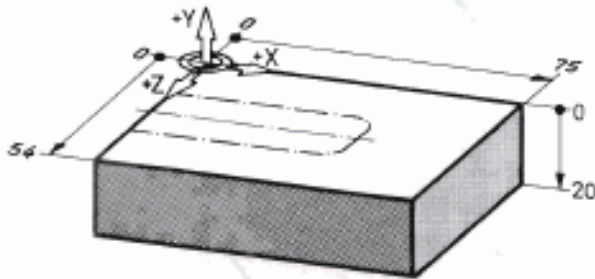
Mit G51 bzw. G53 verschiebt sich wieder **W** auf **M**:
G51 hebt G52 auf.
G53 hebt G54 bis G59 auf.

4.1.2

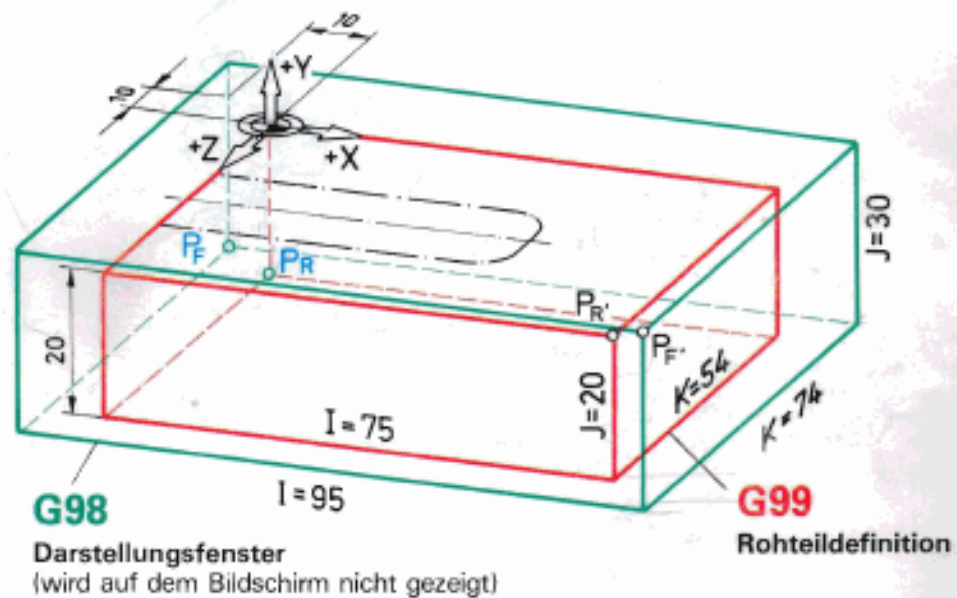
MAHO

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... I 95 J 30 K 74 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

I 75 J 20 K 54

Punkt P_R (inkremental)

4.2.1

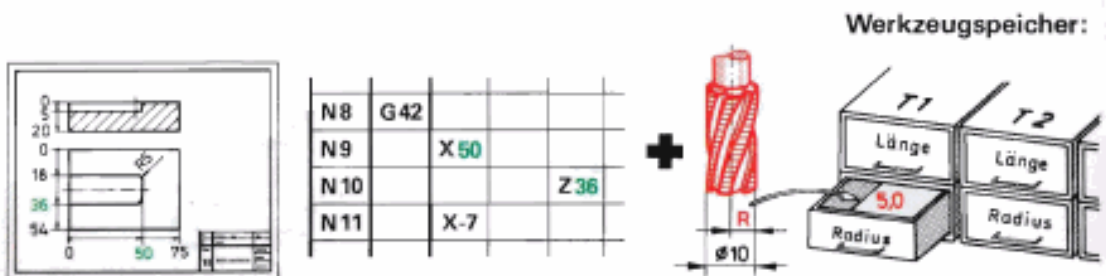
MAHO

Das Prinzip der Werkzeug-Radiuskorrektur

2 1

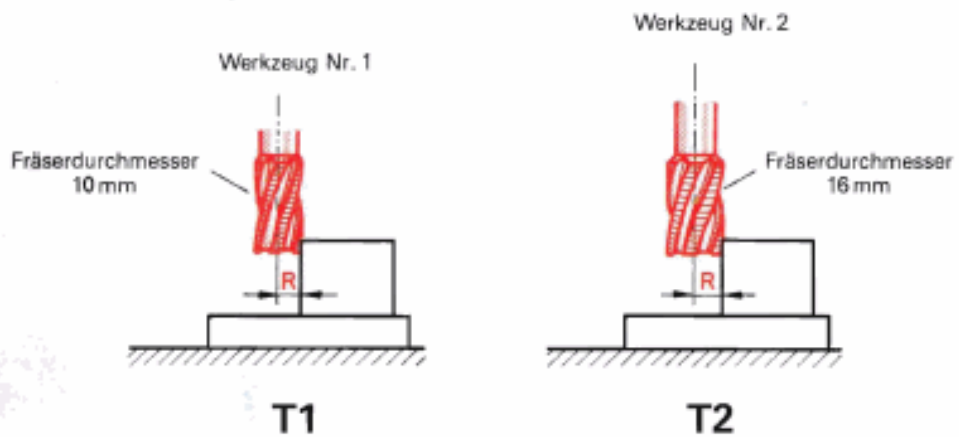
Durch die Werkzeug-Radiuskorrektur wird es möglich, die **Werkstückmaße** zu programmieren.

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

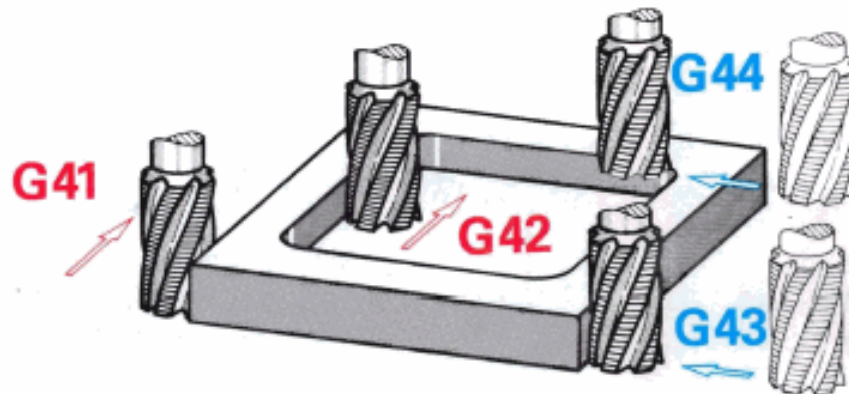
MAHO

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



Werkstückkante



Bewegungsrichtung = Blickrichtung

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

5.2.1

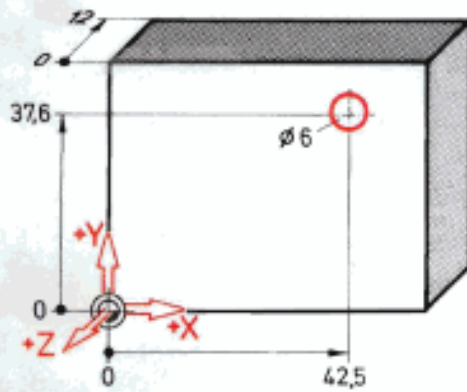
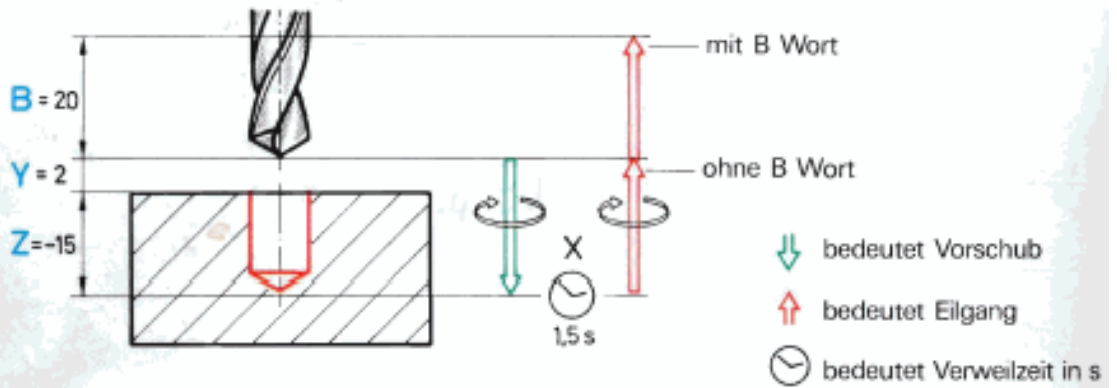
Bohrzyklus G81

2 | 1

Zyklusdefinition:

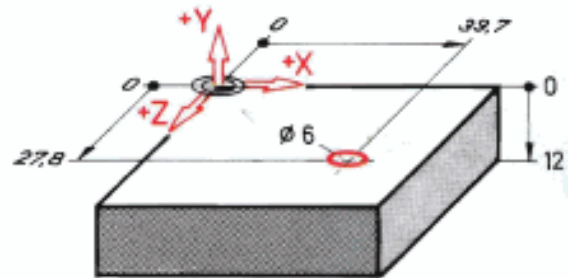
G81 (X1.5) **Y2** **Z-15** **B20** F... S... M...

Verweilzeit Bohrungstiefe Rückzugsabstand
Sicherheitsabstand



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

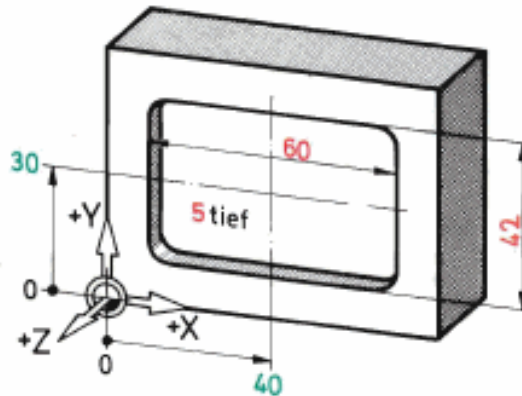
2 | 1

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:

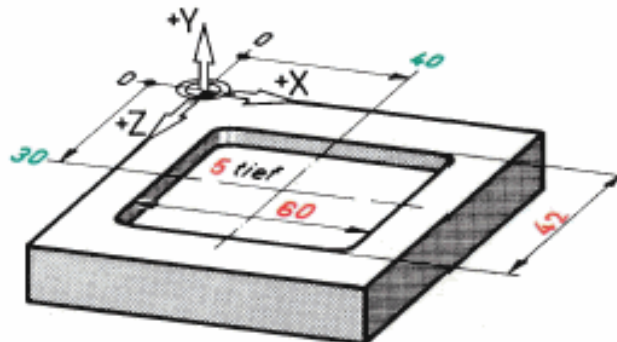
Ebene
G17



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)

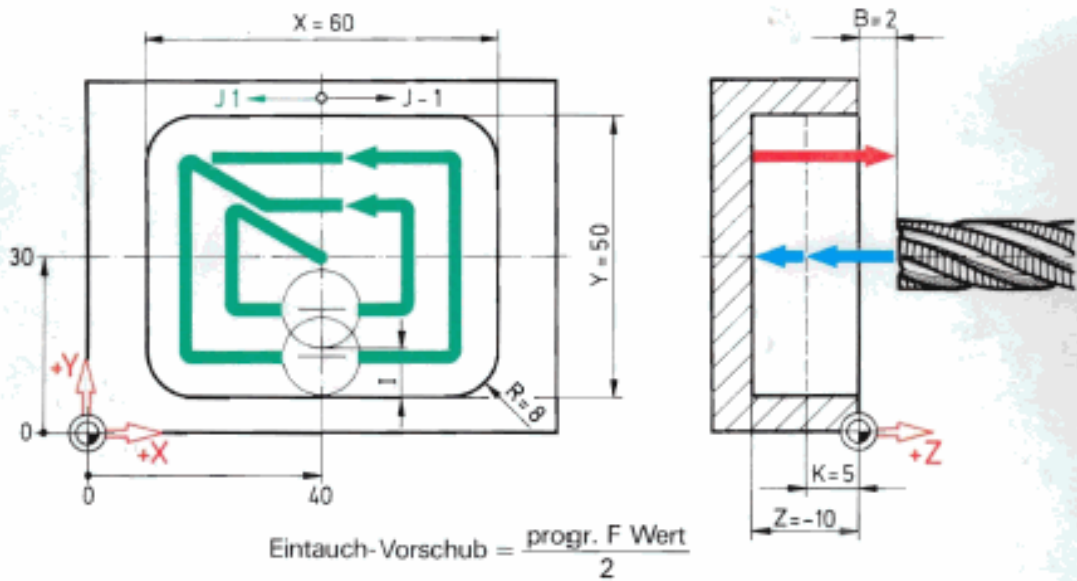
Gegenlauf-fräsen (kein J Wort oder J1: Gleichlauf-fräsen)

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

Sicherheitsabstand

Schnittbreite des Fräfers in % des \varnothing (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

MAHO

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

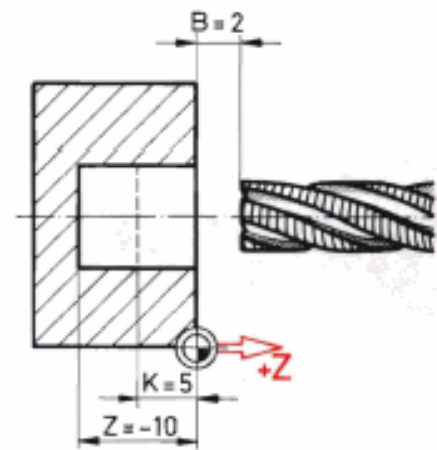
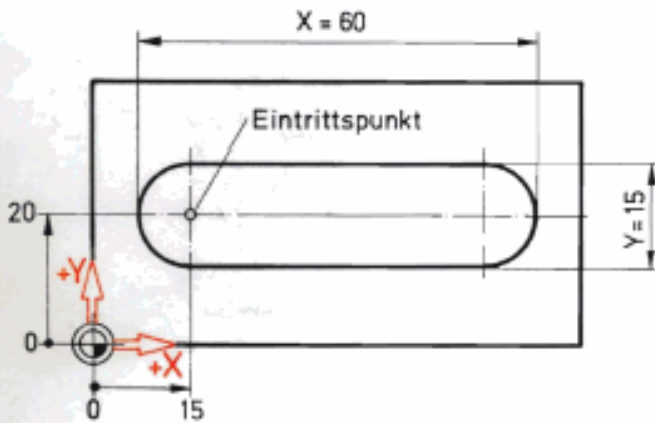
Gesamttiefe der Nut

Sicherheitsabstand

siehe G 87

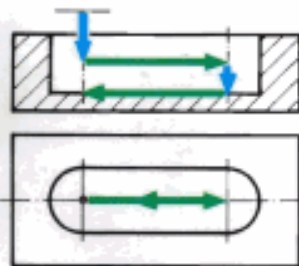
Tiefe jedes einzelnen Schnittes

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



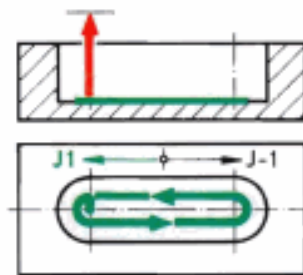
Zyklusablauf:

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 = ...)*



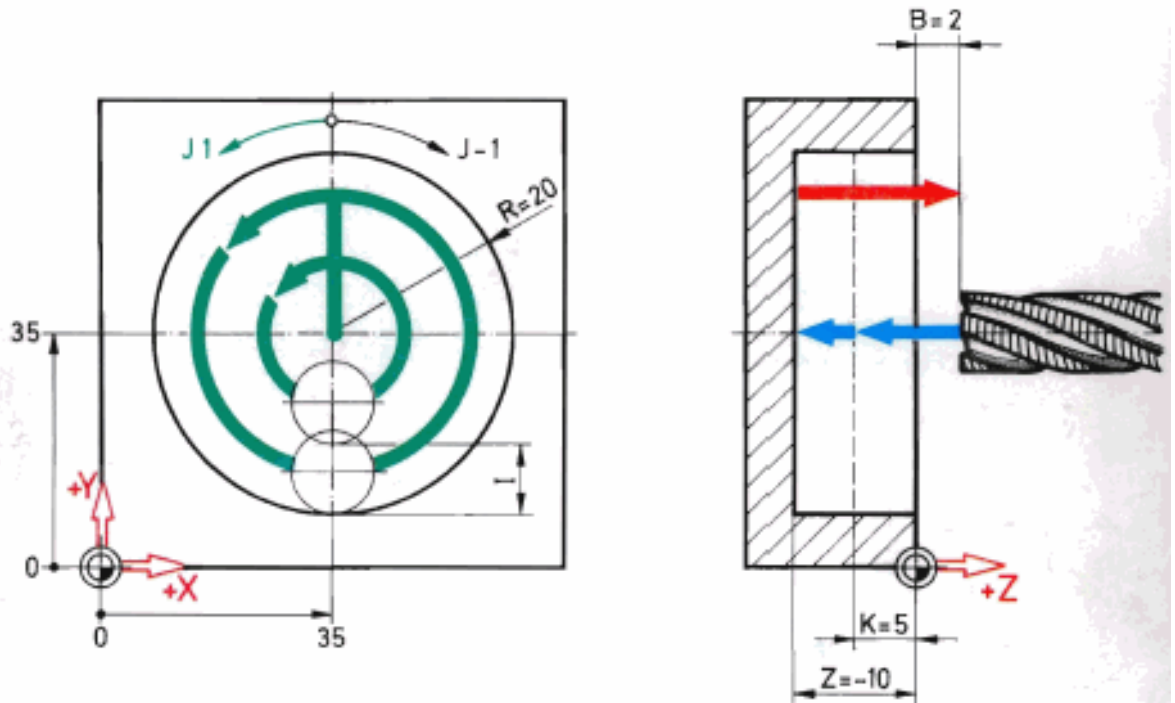
* Mit B1 = ...° kann eine Winkellage der Nut programmiert werden.

5.3.4

Kreistaschen-Fräszyklus G89

2 1

1. Zyklusdefinition:



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

2. Zyklusaufwurf: Es wird der Taschenmittelpunkt programmiert

G79 X35 Y35 Z0

5.4.3.1

MAHO

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

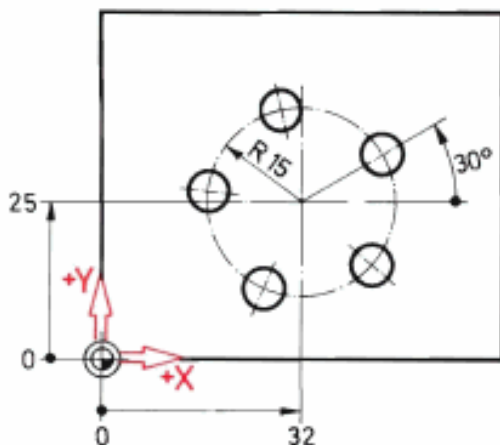
Koordinaten des
Kreismittelpunktes

Radius des
Lochkreises

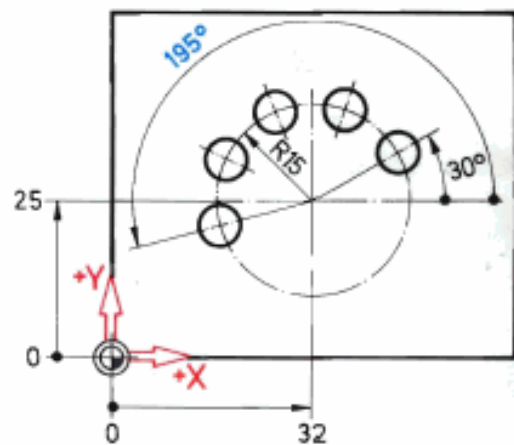
Anzahl der
Punkte auf
dem Lochkreis

Werkstückebene Anfangswinkel Endwinkel

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 Gegenurzeigersinn
G4**	Verweilzeit (0,1 bis 983 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 Genauhalt
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**	Zyklusaufuf
G81	Bohrzyklus
G83	Tieflochbohrzyklus
G84	Gewindebohrzyklus
G85	Reibzyklus
G86	Ausdrehzyklus
G87	Taschenfräszyklus
G88	Nutenfräszyklus
G89	Kreistaschenfräszyklus
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

Unterlagen Maschine HEM 500 U Zyklenprogrammierung PDF auf Laborseite