



# Fertigungstechnik (ungeordnete Stoffsammlung)

für TGT-E

## Inhaltsverzeichnis

Lehrplan TGT.....	3	Merkmale.....	11	Schälreibahnen.....	18
Ideen.....	3	<b>Hauptgruppe 3: Trennen.....</b>	<b>12</b>	Einschneiden-Reibahnen.....	18
Vorüberlegungen.....	3	<b>Einteilung der mechanischen</b>		Kegelreibahnen.....	18
<b>Mögliche Einleitungen.....</b>	<b>3</b>	<b>Trennverfahren.....</b>	<b>12</b>	Aufsteckreibahnen.....	18
<b>Herstellung einer Kurbelwelle.....</b>	<b>4</b>	Spanen.....	12	verstellbare Reibahnen.....	18
Funktion / Anwendung.....	4	Zerteilen.....	12	Stiftloch-Kegelbohrer.....	18
Herstellverfahren.....	4	mit geometrisch bestimmter Schneide... 12		Pendelhalter.....	18
Fügen ('gebaute' Kw).....	4	mit geometrisch unbestimmter Schneide... 12		Einflüsse auf das Reibergebnis.....	19
Gießen.....	4	Messerschneiden.....	12	<b>Spanentstehung.....</b>	<b>19</b>
(Gesenk-)Schmieden.....	4	Beißschneiden.....	12	Spanarten.....	19
Trennen - Spanen.....	4	Scherschneiden.....	12	Reißspan.....	19
Fertigung.....	4	Sonstige Zerteilen.....	12	Scherspan.....	19
Prinzip.....	4	Spalten.....	12	Fließspan.....	19
Skizze.....	4	Reißen.....	12	Ursachen.....	19
Arbeitsschritte.....	4	Brechen.....	12	Wirkungen.....	19
Nachbearbeitung.....	4	Stechen.....	12	Spanleitstufe.....	19
Merkmale.....	5	Vertiefung.....	12	Spanformen.....	19
Kosten.....	5	Abtragen.....	12	Aufbauschneide.....	19
Ausgangsmaterial.....	5	Zerlegen.....	12	Ursache.....	19
Werkzeug, Vorbereitung.....	5	Reinigen.....	12	Folgen.....	19
Energiekosten.....	5	Evakuieren.....	12	<b>Schnittkräfte beim Drehen.....</b>	<b>20</b>
Arbeitszeit.....	5	<b>Fertigungsgruppe 3.1 Zerteilen.....</b>	<b>13</b>	Einfluss der Einstellungen auf die	
Videos.....	5	<b>Brennschneiden.....</b>	<b>13</b>	Schnittkräfte.....	20
<b>Herstellung flächiger Werkstücke.....</b>	<b>6</b>	Vorgang.....	13	Einstellwinkel $\chi$ .....	20
Mögliche Verfahren.....	6	Brennschneiddüsen.....	13	Mittenstellung.....	20
Auswahlkriterien.....	6	Zu beachten.....	13	Neigungswinkel $\lambda$ .....	20
<b>Wasserhahn.....</b>	<b>6</b>	Anwendungen.....	13	<b>Fräsen.....</b>	<b>21</b>
<b>Hauptgruppen der Fertigungsverfahren am</b>		<b>Fertigungsgruppe 3.2 Schneiden mit</b>		Vergleich der Planfräsverfahren.....	21
<b>Beispiel eines roten Autos.....</b>	<b>7</b>	<b>geometrisch bestimmter Schneide. 13</b>		Stirn-Planfräsen.....	21
Urformen.....	7	<b>Schneidkeil.....</b>	<b>14</b>	Umfangs-Planfräsen.....	21
Umformen.....	7	Wirkung.....	14	Vergleich der Drehrichtung beim Umfangs-	
Trennen.....	7	im Werkstück (Blech).....	14	Planfräsen.....	21
Stoffeigenschaft ändern.....	7	in der Schneide (Keil).....	14	Gleichlaufräsen.....	21
Fügen.....	7	Trennwirkung durch.....	14	Gegenlaufräsen.....	21
Beschichten.....	7	Wahl des Keilwinkels:.....	14	Fräswerkzeuge.....	22
<b>Hauptgruppe 1: Urformen.....</b>	<b>8</b>	<b>Winkel und Flächen am Schneidkeil .....</b>	<b>14</b>	Fräserformen.....	22
<b>Einteilung der Urformverfahren.....</b>	<b>8</b>	z.B. Sägezahn z.B. Drehmeißel für		Werkzeugtypen.....	22
Gründe für das Gießen.....	8	Hartguss.....	14	Zahnformen.....	22
Gießen.....	8	Flächen und Winkel am Drehmeißel.....	14	Zahnrichtung.....	22
Pressen (und Sintern).....	8	<b>Bohren.....</b>	<b>16</b>	Schruppfräser.....	22
Stereolithographie.....	8	Bohreraufbau.....	16	<b>Hobeln und Stoßen.....</b>	<b>22</b>
Beschichtungstechniken.....	8	Spiralbohrer (Wendelbohrer).....	16	<b>Räumen.....</b>	<b>22</b>
Pulverspritzgießen.....	8	Werkstoffe für Bohrer u.a. Werkzeuge.....	16	Aufbau, Bauarten, Räummaschinen.....	22
<b>Gießen in verlorenen Formen.....</b>	<b>9</b>	Werkzeug-Anwendungsgruppen.....	16	<b>Fertigungsgruppe 3.3: Spanen mit</b>	
Gründe für das Gießen.....	9	Typ 16.....	16	<b>geometrisch unbestimmter Schneide.</b>	<b>23</b>
Sandguss.....	9	für Werkstoff.....	16	<b>Schleifen.....</b>	<b>23</b>
Gießvorgang.....	9	Schleiffehler.....	16	Schleifscheiben.....	23
Vertiefung.....	9	Schneiden ungleich lang.....	16	Schleifmittel.....	23
Gussfehler.....	9	Schneidenwinkel ungleich.....	16	Andere Größen.....	23
Gestaltungsregeln beim Gießen.....	9	Folge.....	16	Schleifverhältnis G.....	23
Feinguss.....	9	Freiwinkel falsch.....	16	Körnung.....	23
<b>Gießen in Dauerformen.....</b>	<b>10</b>	Bohrertypen.....	16	Verschleißformen.....	23
Druckguss.....	10	<b>Senken.....</b>	<b>17</b>	Kornbelastung.....	23
Gießvorgang.....	10	Verfahren.....	17	Härtegrad von Schleifkörpern.....	23
Vertiefung.....	10	Schnittbedingungen.....	17	Gefüge.....	24
Merkmale.....	10	Bauarten.....	17	Bindung von Schleifkörpern.....	24
Druckgusslegierungen.....	10	<b>Reiben.....</b>	<b>18</b>	maximale Umfangsgeschwindigkeit.....	24
Spritzguss.....	10	Zweck.....	18	Schleifscheibe auswählen.....	24
Kokillenguss.....	10	Reibvorgang.....	18	Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit.....	24
Merkmale.....	10	Schnittwerte.....	18	Unfallverhütungsvorschriften.....	24
Schleuderguss.....	10	Bauarten.....	18	Einfluss auf die Oberflächengüte.....	24
Strangguss.....	10	Zähne.....	18	Abrichten von Schleifscheiben.....	24
<b>Sintern.....</b>	<b>11</b>	Drallrichtung.....	18	Zweck.....	24
Video.....	11			<b>Feinbearbeitung.....</b>	<b>25</b>
Herstellung von Sinterteilen.....	11			Zweck.....	25



Honen.....	25	Gesamtvertiefung.....	31	Schweißgeeignete Werkstoffe.....	35
Verfahren.....	25	<b>Schweißen</b> .....	<b>32</b>	Darstellung.....	35
Merkmale.....	25	Verfahren des Metallschweißens.....	32	<b>Lichtbogenhandschweißen (E-Schweißen).</b>	<b>36</b>
Läppen.....	25	Schmelzschweißen.....	32	Sicherheitsregeln .....	36
Verfahren.....	25	Pressschweißen .....	32	Aufbau der Anlage.....	36
Merkmale.....	25	Schweißverfahren.....	32	Schweißstromquellen.....	36
<b>Sonstiges Trennen</b> .....	<b>26</b>	<b>Schutzgasschweißen.....</b>	<b>33</b>	Leerlaufspannung ist aus	
<b>Erodieren.....</b>	<b>26</b>	Einteilung der Schutzgasschweißverfahren.....	33	Sicherheitsgründen begrenzt:.....	36
Funkenerosive Senken.....	26	WIG.....	33	Stabelektrode.....	36
Drahterodieren.....	26	MSG (Metall-Schutzgasschweißen).....	33	Blaswirkung.....	36
<b>Schneidstoffe</b> .....	<b>27</b>	Bedeutung.....	33	Vorgänge beim Schweißen.....	37
Schnellarbeitsstahl.....	27	Elektrode.....	33	Wärme kann bewirken.....	37
HM 27		Schweißgas.....	33	Schweißflamme, Schutzgas kann	
Schneidkeramik.....	27	Anwendung, Merkmale.....	33	bewirken.....	37
Werkstoff.....	27	Aufbau einer MIG / MAG-Schweißanlage.....	33	Schweißgeeignete Werkstoffe.....	37
max. Arbeitstemperatur.....	27	Einstellungen beim MIG-MAG-Schweißen.....	34	<b>Löten.....</b>	<b>38</b>
vc 27		Drahtvorschub.....	34	Aufbau einer Lötverbindung.....	38
Eigenschaften.....	27	Schweißspannung.....	34	Legierungsbildung.....	38
Sonstiges.....	27	klein.....	34	Lötverfahren (nach Temperatur).....	38
Belastungen.....	27	groß.....	34	Löttemperatur.....	38
Anforderungen.....	27	lein 34		Weichlöten.....	38
<b>Wendeschneidplatten.....</b>	<b>27</b>	14 - 25 V, bis 125 A.....	34	Hartlöten.....	38
Zerspanungs-Hauptgruppen bei HM.....	27	groß.....	34	Hochtemperlöten.....	38
Kurzzzeichen.....	27	25 - 40 V, 125 - 350 A.....	34	Lötverfahren nach Art der Lotzuführung.....	38
Schnittdaten.....	27	Schweißrichtung.....	34	Lote.....	39
<b>Werkzeugverschleiß.....</b>	<b>29</b>	Gefahren beim Schweißen.....	34	Weichlote.....	39
Verschleißformen.....	29	⇒ Schutzkleinspannung 40V.....	34	Hartlote.....	39
Verschleißursachen.....	29	⇒ besondere Vorschriften in engen		Sonderlote.....	39
Ursache für Aufbauschnide .....	29	Räume, z.B. Karosserien.....	34	Flussmittel.....	39
Folgen.....	29	<b>Gasschmelzschweißen.....</b>	<b>35</b>	Gestaltung von Lötverbindung.....	39
Standzeit.....	29	Merkmale.....	35	Arbeitsschutz.....	39
Standkriterien.....	29	Sicherheitsregeln.....	35	Merkmale.....	39
Einflussfaktoren.....	29	Gasverbrauch.....	35	Anwendungen.....	39
<b>Kühlschmierstoffe.....</b>	<b>29</b>	Aufbau der Anlage.....	35	<b>Kleben.....</b>	<b>40</b>
Einsatzbereiche.....	29	Sauerstoffflasche.....	35	Unterscheidung nach Art des Klebstoffes... 40	
Nachteile.....	29	Acetylenflasche.....	35	Lösungsmittelkleber.....	40
Trockenbearbeitung.....	29	Druckminderer .....	35	Reaktionskleber (Polymerisationskleber)...	
Wirkungsweisen.....	29	Sicherheitsvorlagen		40	
<b>Hauptgruppe 4: Fügeverfahren.....</b>	<b>31</b>	(Flammrückschlagventil).....	35	Reaktionskleber (Polyadditionskleber,	
<b>Fügen.....</b>	<b>31</b>	Brenner - Acetylen-Sauerstoff-Flamme.....	35	Polykondensationskleber).....	40
Wirkprinzipien der Fügearten.....	31	neutrale Flamme (Gas : O2 = 1 : 1 .. 1,1) ..		Schmelzklebstoffe.....	40
kraftschlüssig.....	31	35		Haftmechanismen.....	40
formschlüssig.....	31	Sauerstoffüberschuss.....	35	Arbeitsregeln.....	40
stoffschlüssig.....	31	Acetylenüberschuss.....	35	Fertigungsablauf.....	40
lösbar.....	31	Flammenregulierung durch		Festigkeit.....	41
unlösbar.....	31	Ventileinstellung.....	35	Unfallverhütung.....	41
		Schweißrichtung.....	35	Gefährdungen durch Kleber:.....	41
		Nachlinksschweißung (NL).....	35	Maßnahmen.....	41
		Nachrechtsschweißung (NR).....	35	Merkmale.....	41
		Zusatzwerkstoff.....	35		



Lehrplan TGT

Richtziele des Unterrichts in Jahrgangsstufe 12

Unterschiedliche Fertigungsverfahren werden verglichen und bewertet. Die Schülerinnen und Schüler lernen die Funktion einer computergesteuerten Maschine kennen und erhalten auf diese Weise Einblicke in moderne Fertigungssysteme. Die enge Verknüpfung mit dem Fach Angewandte Technik wird durch die praxisgerechte Programmierung einer CNC-Fertigungsaufgabe hergestellt. Werkstoffe werden nach ihren Eigenschaften unterschieden und unter Verwendungs- und Umweltaspekten bewertet. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, wie Werkstoffeigenschaften geprüft und durch Kennwerte und Diagramme dargestellt werden können. Diese Kenntnisse sind Voraussetzung, das in Projektunterricht entwickelte technische Objekt analysieren, beurteilen und optimieren zu können.

Jahrgangsstufe 11

T 2	Fertigung		15 Stunden
2.1	Fertigungsverfahren unterscheiden	Exemplarische Verfahren aus den Fertigungshauptgruppen Urformen, Umformen, Trennen, Fügen	Exemplarisch Evtl. beziehen auf Projekt aus Technische Kommunikation Betriebsbesichtigung
2.2	Verschiedene Fertigungsverfahren anhand eines Bauteils vergleichen und bewerten	Stückzahl Kosten Werkstoffanforderungen	z. B.: Pkw-Querlenker Gießen Gesenkformen Tiefziehen und Fügen
2.3	Funktion der Baugruppen einer computergesteuerten Maschine beschreiben	System Werkzeugmaschine - Achsen - Null- und Bezugspunkte - Dateneingabe	Verknüpfung mit Angewandter Technik Mögliche Erweiterung - Hauptantrieb - Vorschubantrieb - Wegmessung
2.4	Grundelemente eines CNC-Programms erklären	Programmaufbau Geometrische und technologische Daten Wegbedingungen Werkzeugkorrektur	Programm in Angewandter Technik umsetzen

Ideen

Verknüpfen mit technischer Kommunikation:  
Gesamtzeichnungen lesen und Frage stellen: Wie kann man das herstellen?  
Wasserhahn, Heizungspumpe, Kurbeltrieb..  
Werkstoffe einführen..

Projekt Bleistiftspitzer

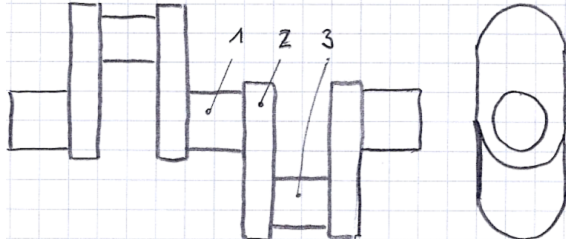
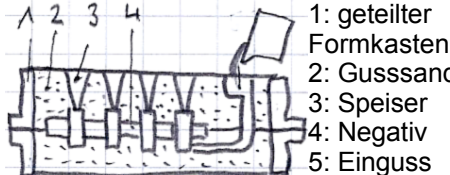
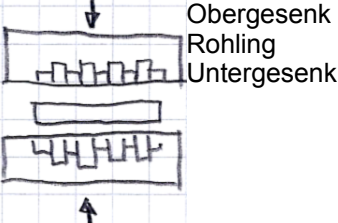
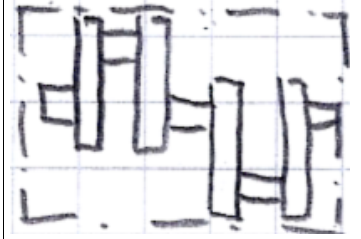
[Sendung mir der Maus](#)

Vorüberlegungen

Neben einer Auswahl von Fertigungsverfahren können folgende Themen behandelt werden:

Fertigungsmethoden: manuelle Fertigung, kurvengesteuerte Automaten, CNC-Fertigung, Fließbandfertigung, Organisationsverfahren bei Fließbandfertigung

Mögliche Einleitungen

<b>Herstellung einer Kurbelwelle</b>		<i>AM Kurbelwelle, Nockenwelle o.ä.</i> 1 Welche Funktion hat dieses Teil? 2 Wie kann man eine Kurbelwelle (Nockenwellen sind leichter) herstellen?	
 <p>1: Kurbellager 2: Kurbelwange 3: Kurbelzapfen</p>		<b>Funktion / Anwendung</b> Kurbeltrieb (Kw + Pleuel) wandelt oszillierende in drehende Bewegung Nockenwelle öffnet Ventile	
<b>Herstellverfahren</b>	<b>Fügen ('gebaute' Kw)</b>	Einzelteile: Wellenstücke, Kurbelwangen, Kurbelzapfen werden mit Schrauben gefügt. Geringe Festigkeit,	Nur für kleine (Moped) oder sehr große Motoren. Die größte Kw (gebaut?) MAN-2Takt-Schiffsdiesel 14K98MC7 mit 14 Zyl. 116kPS und 30m Länge [mot 3/2011, S.8]
	<b>Gießen</b>	<b>(Gesenk-)Schmieden</b>	<b>Trennen - Spanen</b>
<b>Fertigung</b>	Flüssiges Material wird in eine Negativform gegossen und erstarrt	Halbzeug wird durch Schläge im Gesenk (Negativform) umgeformt. Freiformschmieden mit Hämmern aller Größe (Hand- bis Dampfhammer) ist ungenauer, aber für Kleinserien zu bevorzugen	Form wird durch Spanen herausgearbeitet
<b>Prinzip</b>	1) Welche Arbeitsschritte sind erforderlich? 2)		
<b>Skizze</b>	 <p>1: geteilter Formkasten 2: Gussand 3: Speiser 4: Negativ 5: Einguss</p>	 <p>Obergesenk Rohling Untergesenk</p>	
<b>Arbeitsschritte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schmelztemperatur siehe EKD</li> <li>- Verlorene Modelle werden ausgeschmolzen und benötigen keine geteilte Form (Wachsausschmelzverfahren)</li> <li>- Große Teile (Kw für Schiffsmotoren) werden Freiformgeschmiedet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesenk erstellen (negativ)</li> <li>- Rohling auf auf Rekristallisationstemperatur bringen ~1250°C</li> <li>- Rohling im Gesenk schmieden</li> </ul>	-
<b>Nachbearbeitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausformen, entgraten, putzen</li> <li>- Speiser usw. entfernen</li> <li>- Funktionsflächen spanen</li> <li>- Wärmebehandlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entgraten</li> <li>- Funktionsflächen spanen</li> <li>- Wärmebehandlung</li> </ul>	- Wärmebehandlung

<b>Merkmale</b> <i>Kw</i> <i>Klangprobe mit Nw aus GG und Ventil aus Stahl</i> <i>Schnittbilder schrauben</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– alle Formen möglich</li> <li>– preisgünstig</li> <li>– Vorteile des Gusseisens <ul style="list-style-type: none"> <li>– schmierend</li> <li>– schwingungsdämpfend</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– hohe Festigkeit</li> <li>– Kaltverfestigung</li> <li>– Fasern nicht unterbrochen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mit Standardausstattung herstellbar</li> <li>– Späne sind teuer!</li> </ul>
<b>Kosten</b>	1) Welches Verfahren ist billiger? 2) Welche Faktoren haben Einfluss auf den Preis?	3) Schätzen Sie Fertigungskosten je Stück für 1, 500 und 100000 Stück ab	
<b>Ausgangsmaterial</b> wird 'eingangs' der Fertigung eingesetzt 1) Menge anhand der Kw abschätzen 2) Preis: 2,50 €/kg (07/2010, legierter Stahl)	<b>Gusseisen, Schrott</b> Volumengleich mit Endprodukt + Einguss, Speiser, ...	<b>Rundstahl</b> Volumengleich mit Endprodukt	<b>Rundstahl</b> Mit dem Hüllvolumen der Kw
<b>Werkzeug, Vorbereitung</b>	<b>Modell:</b> Herstellung 500€, Lebensdauer ∞	<b>Gesenk:</b> Preis 100k€, Lebensdauer 10000 Kw	<b>Programm:</b> Preis: 500€; Lebensdauer ∞ <b>Drehmeißel:</b> Preis: 40€; Standzeit: 2h
<b>Energiekosten</b> 3) Energiekosten 10Ct/kWh 4) [EuroTabM] →Spez. Wärmekapazität; → Schmelzwärme	Gießtemperatur 1450°C [EuroTabM] → „Eisen-Kohlenstoff-Diagramm“	Rekristallisationstemperatur (Stahl): 1250°C [EuroTabM]?	Antriebsenergie z.B.42CrMo4 mit HM $f=0,5\text{mm} \sim h \rightarrow kc = 3890 \text{ N/mm}^2$ $Fc = A \cdot kc \cdot C = 0,5 \cdot 4\text{mm}^2 \cdot 3890 \text{ MPa} \cdot 1 = 7,78 \text{ kN}$ $Pc = Fc \cdot vc = 7,78\text{kN} \cdot 100\text{m/min} = 13\text{kW}$ bei 0,5 Zerspanzeit ~ 65 Ct
<b>Arbeitszeit</b> 5) Arbeitskosten 75€/h	Einformen, Ausformen, Putzen: 10min Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5	Schmieden: 10min Maschinenstunde: 500€ Arbeiter: 1	Spanen: 1Std Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5
<b>Videos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gießen, Hand und Maschinenformen</li> <li>– Handformen (Prinzip) 3:45 – 9:30</li> <li>– Automatisierung 9:30 – 14:00</li> <li>– Motorblock - So wirds gemacht 2008</li> <li>– Gusspfannen Herstellung 1'-5'</li> </ul>	<b>Gesenk:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hammerköpfe schmieden - Die Maus 2005 0:00-1:35</li> <li>– Das Fett muss weg - Günter Ederer 1994; 25:30-28'</li> <li>– Stechbeitel - So wirds gemacht 2009 ab 0:45'</li> </ul> <b>Freiform:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dampfhammer - ZDF</li> <li>– Schmiedestahl - So wirds gemacht 2:30 - 3:30</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CNC-Maschinen – Deckel (geht auf Kosten und Zeiten ein) 0:00 – 1:30 (2 Stunden für kleines Teil)</li> </ul>



Herstellung flächiger Werkstücke

Mögliche Verfahren

Umformen

- Walzen aus Brammen oder nach dem Strangguss, z.B. Stahlbleche
- Walzen von Pizzaböden
- Hämmern, z.B. Blattgold

Urformen

- Gießen, z.B. Gullydeckel, Betonplatten, Fliesen, Schokoladentafeln,
- Verfilzen, z.B. Papier (siehe unten)
- Spritzguss, z.B.

Trennen

- Spalten, z.B. Schiefertafeln, Schindeln, Papyrus
- Sägen, z.B. Bretter, Wafer, Steinplatten
- Schneiden, z.B. Furnier, Brotscheiben

Fügen

- Weben, z.B. CFK (verstärkt mit Epoxydharz)
- Verleimen, z.B. Bretter aus Holz
- Schweißen, z.B. Baustahlmatten

Beschichten

- z.B. Papier

Auswahlkriterien

Kosten: Investition, Betrieb, Rohstoff, Energie

Eigenschaften des Produktes

Anforderungen des Ausgangsmaterials

Technische Möglichkeiten

Tradition

Aussehen

Vertiefung

Wasserhahn

Es existieren zwei Filme mit der Maus über Wasserhähne. Der ältere zeigt Zweihebelmischer mit Druckguss, der zweite Einhebelmischer mit Druckguss und weitere Bearbeitung mit Robotereinsatz. Mit diesen Filmen könnte man die Entwicklung der Fertigungstechnik zeigen.<sup>1</sup>

Vertiefung

Seitenumbruch

AM TG-Zug, Rahmenplatte

- 1 Wie kann man flächige Halbzeuge oder Werkstücke herstellen? Nennen Sie auch veraltete Verfahren mit Beispiele.
- 2 Verfahren und Beispiele an der Tafel sammeln. Sortierung nach Hauptgruppen mit Überschrift?

Früher (1970er) wurde Stahl aus dem Hochofen in Kokillen zu Brammen (ca. 1x1x5m<sup>3</sup>) gegossen und nach Verfestigung gewalzt; Nachteil ist die große erforderliche Umformarbeit. Heute gießt man im Strangguss und walzt den Strang sofort aus; Nachteil sind die erforderlichen Investitionskosten für Hochofen und Walzwerk nebeneinander in der Größenordnung ein ½ Mrd. Euro. Hämmern war früher das übliche Verfahren zur Herstellung von Blechen durch den Plattner oder von Waffen durch den Schwertfeger.

Die ersten Eisenschiffe wurde aus gegossenen Platten gefügt.  
**Glasscheiben, Folien, Kunststoffplatten ?**

Wikingen kannten keine Säge und haben die Planken für ihre Drachenboote durch Spalten erzeugt. Gilt heute noch beim Bau einer Dau (im Indischen Ozean gebräuchlicher Schiffstyp, der wegen seiner günstigen Herstellung gegen moderne Schiffstypen konkurrieren kann)?

Papier: Maische „beschichtet“ Sieb, wird durch Rütteln verfilzt, trocknet, wird abgezogen (gegautsch)

- 3 Nach welchen Kriterien werden die Verfahren ausgewählt?

Ein Walzwerk mit Stanggießanlage hat geringere Betriebskosten als eine herkömmliches Brammenwalzwerk, erfordert aber höhere Investitionen. Alte Papierwerke haben höhere Betriebskosten, ersparen sich aber Neuinvestitionen.

Gewalzte Bleche, gespaltene Planken haben eine größere Festigkeit als ihre gesägten Pendanten. Gegossene Wafer sind nicht monokristallin.

Solange man Stahl nicht walzen konnte, musste er gegossen oder gehämmert werden mit Einschränkungen der Größe. „Ausgangs“-Material verwendet man eingangs des Produktionsprozesses.

Solange man kein Flachglas erzeugen konnte, wurden Fensterscheiben aus kleinen Stücken gefügt, z.B. Butzenscheiben aus kleinen runden Stücken.

Stößmaschinen sind weitgehend von Fräsen abgelöst, werden aber gelegentlich noch wegen der besonderen Oberfläche eingesetzt, die sie hinterlassen.

Halbzeug\_Fertigungsverfahren\_AB

- 1 Regie
- 2 Regie

Video Wasserhahn (Maus)  
Gesamtzeichnung Wasserhahn  
AM Wasserhahn

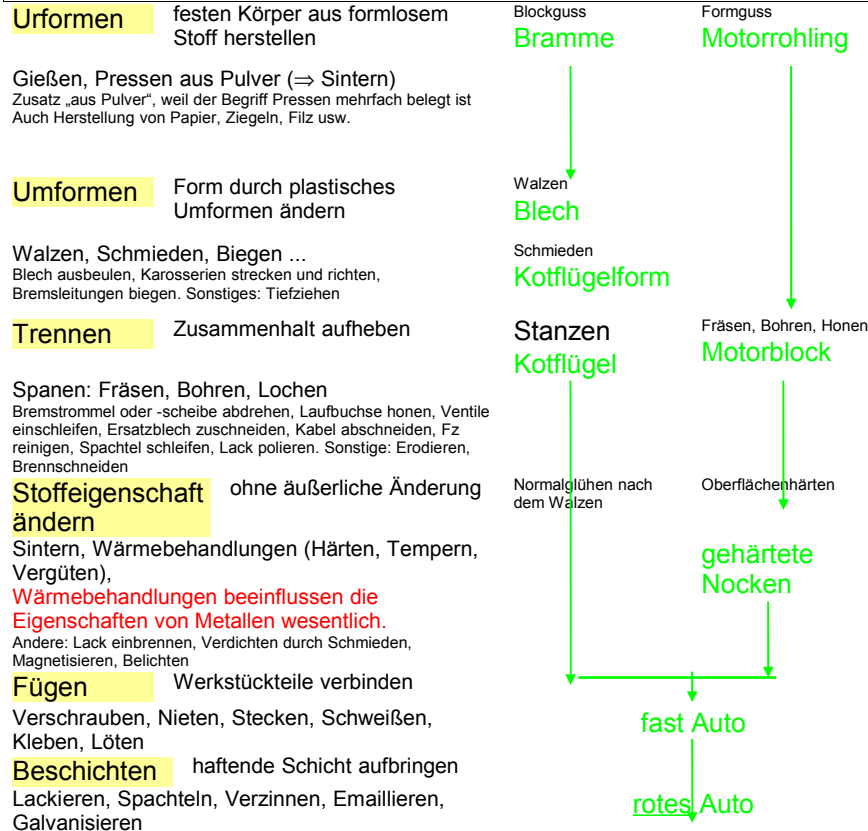
<sup>1</sup>Vorher sollte das Urheberrecht geklärt sein. Ggfs. ist eine Klassenfahrt in die USA hilfreich, dort geht Bildung vor Urheberrecht.

## Hauptgruppen der Fertigungsverfahren am Beispiel eines roten Autos

z.B. Roheisen

Das Thema ist zwar in BS und 1BFM keine LPE, aber zur Einführung vor den LPE mit den Fertigungsverfahren geeignet. Stoffeigenschaft ändern vertiefen, weil es keine LPE dazu gibt.

TA jeweils nach dem Durchsprechen zur Wiederholung  
*Golf-Modell*  
*Klotz Roheisen*



1) *Golf-Modell zeigen: wie hat es früher ausgesehen?*

2) *Klotz Roheisen: wie macht man daraus ein Auto?*

3) *Wir betrachten nur 2 ausgewählte Teile mit ausgewählten Bearbeitungsschritten*

*Welcher Arbeitsschritt muss vor allem mit Roheisen oder Schrott erfolgen? Gießen.*

Merkmal des Gießens: flüssiger, formloser Stoff erhält die erste Form ⇒ Urformen. (Uroma (=Oma vor der Oma), Uraufführung, Urgestein, Urknall, Urvogel, Urform).  
 Bramme = Block (2x2x5m<sup>3</sup>) für das Walzwerk, heute Dünnbrammen wegen gesparter Umformenergie.

*Pressen: AMSinterblech zeigen; Werkstoff?, Wasserdurchlässigkeit zeigen; warum für Filter und Lager?; wie hergestellt (Tipp: wie Fleischkühche aus formlosem Werkstoff)?; Pressen aus Pulver. Vorteile: Hohlräume, hoch- oder unterschiedlich schmelzende Werkstoffe, z.B. HM-Schneidplättchen (harte, hochschmelzende verbunden mit klebrigen Metallen) und Fleischkühche. Festigkeit des HM wird wie bei Fleischkühche erst durch Druck und Hitze erreicht. ⇒ Sintern, s.u.*

*Urformende Arbeiten des Kfz-Mechanikers? keine: Spachteln, Verzinnen gehört zum Beschichten, weil es keine eigene Form herstellt.*

*Urgeformte Teile am Kfz: Gehäuse, Kw und Nw wegen Kosten, Kunststoffteile usw.;*

*Walzen: Wie wird aus der Bramme ein Blech? FO Walzen.*

*Umformen: Welcher Unterschied besteht zum Urformen? Es ist eine Form vorhanden, die (um-)geändert wird: Umformen.*

*Wie wird aus dem Blech ein Kotflügel? FO Schmieden und Gesenkformen.*

*Umformende Arbeiten des Kfz-Mechanikers: FO Richtbank, Strecken*

*Umgeformte Kfz-Teile: Achsschenkel, Bremscheibe, Pleuel, Kw = hochbelastete Teile werden massiv geschmiedet, umgeformte Blechteile sind leicht.*

*TA Umformen: Welche weitere Umformung findet am Motorblock statt? keine ⇒ Ültg.*

*Wie muss der Motorblock weiter bearbeitet werden? Fläche zum Zylinderkopf planfräsen, Zylinder ausdrehen und honen, Löcher zur Befestigung bohren und reiben, Gewinde bohren.*

Merkmal dieser Verfahren: das ursprüngliche Werkstück wird weniger, es wird etwas getrennt

*FO Honen*

*Trennende Arbeiten des Kfz-Mechanikers:; Getrennte Kfz-Teile: praktisch alle, außer Spritzgussteile uä.*

*TA Umformen; Welche weitere Umformung findet am Motorblock statt? keine ⇒ Ültg.*

*Muss am Kotflügel ebenfalls getrennt werden? Kanten abschneiden, ggfs. Löcher stanzen*

*AM Nockenwelle: Welche Belastungen erfährt der Nocken, welche Eigenschaften muss er haben? Darf man einen harten Werkstoff nehmen, der meist auch spröde ist? Wie muss der Nocken bearbeitet werden? Härten. Wie habt ihr euren Meißel gehärtet? Wärmebehandlung.*

*Video Härten eines Nocken (max 30')*

*Wird beim Härten die Form geändert? nicht absichtlich und nur geringfügig, ggfs. nachschleifen. Was wird geändert? Eigenschaft! Bekannte Verfahren (TA s.o.)?*

*AM HM-Schneidplättchen: Die Festigkeit von HM nach dem Pressen genügt nicht: Sintern.*

*AM gegossene Rohrschelle aus demselben GG; eine wurde durch Hammerschlag zerbrochen, die andere umgeformt worden. Welche unterschiedliche Eigenschaften hatten die beiden Teile? Wie wurde die Sprödigkeit in Zähigkeit geändert? Wärmebehandlung, hier tempern.*

*Stoffeigenschaft ändernde Arbeiten des Kfz-Mechanikers? Einbrennen von Lackierungen, beim Schweißen unabsichtlich*

*Stoffeigenschaft geänderte Teile am Kfz: Nocken, Lager, Ventil Sitzringe, Zahnräder usw. Praktisch alle Metallteile erst durch unerwünschte, dann durch neutralisierende Wärmebehandlungen oder Kaltumformen (Verdichten).*

*Ist das Auto jetzt komplett? Zusammenbauen = Fügen*

*Fügende Arbeiten des Kfz-Mechanikers? Schrauben, Schweißen, Stecken, Clippen,*

*Man kann noch gar nicht erkennen, dass es ein Ferrari ist.*

*Impuls für Spachteln und Verzinnen: vor einer Reparaturlackierung*

## 1BFM / BVJ

1) 6 Hauptgruppen drillmäßig wiederholen; Verfahren zu den Hauptgruppen; in welche Hauptgruppe gehören die Verfahren: Einbrennen, Lötten, Spachteln, Verzinnen, Kabelschuh einstecken, Türverkleidung herausnehmen und wieder einsetzen, Ventile einschleifen, usw.

2) Logitech:

Haus: Wir kommen aus dem Haus, es gießt: Urformen

Garage: Nachbar holt sein Auto aus der Garage: Trennen

Zaun: Muss jährlich gestrichen werden: Beschichten

Dahinter ein Baum: Man muss die Äste herunter biegen, um an die Kirschen zu kommen: Umformen

Kreuzung: Zwei Auto stoßen zusammen: Fügen

Schule: Dumm hinein, schlau heraus: Stoffeigenschaft ändern



## Hauptgruppe 1: Urformen

### Einteilung der Urformverfahren

#### Gründe für das Gießen

#### Gießen

- besonders für große Teile in geringer Stückzahl

#### Pressen (und Sintern)

- besonders für

#### Stereolithographie

- Prototypenherstellung (Rapid Prototyping)

### Beschichtungstechniken

#### Pulverspritzgießen

- + höhere Festigkeit als beim Kunststoffspritzguss
- + höhere Maßgenauigkeit als beim Feinguss
- hohe Maßgenauigkeit erfordert Versuche und Nacharbeit der Form (Zeit, Kosten)

Quellen:[Schal 1990]

*EuroTabM39 S.113 „Gießertechnik“*

*Ein Zylinderlaufbuchse*

Einzig mögliche Herstellung, z.B. Glocken, Motorgehäuse.  
Eigenschaften des Gusswerkstoffes z.B. für die Schmierung bei Zylinderlaufbuchsen,  
Druckfestigkeit bei Gehäusen oder Maschinenbetten

#### Einarbeiten

*Rapid Prototyping: Spektrum d.W. 04/95 S.*

*Rapid Prototyping: vdi-nachrichten 10/98*

*Stereolithografie: Spiegel 37/98 S.*

siehe <http://www.bcache.ibu.de/modelltechnik>

Ferguson: Das innere Auge, Seite 104ff. „Modelle“

#### Ausflug: Beschichtungstechniken, Spektrum d.W.

*Video Beschichten*

#### Beschreibung des Videos einarbeiten

Quelle: *Der Zuliefermarkt 4/99 S.47*

- Metallpulver mit 8-12 Masse-% Binder (Wachs, Kunststoff) wird in einer Kunststoffspritzgießmaschine gespritzt
- 80% des Binders wird entfernt (Ausschmelzen, Säure, Lösungsmittel)
- Sintern

#### Kosten:

Ein doppelter Kunststoffgriff benötigt ca. 15..20h á 100,-  
DM (LFB Uni Stuttgart, Lehrstuhl Techn. Design,  
Dez. 2000)



Gießen in verlorenen Formen

Gründe für das Gießen

- wirtschaftlich
- einzig mögliche Herstellung
- Eigenschaften des Gusswerkstoffes

Sandguss

- besonders für große Teile in geringer Stückzahl

Gießvorgang

TA siehe Lehrlinge

verlorene Form

Modell

Einguss

Speiser

Formkasten

Führungsstifte

Kern

Einform-Vorgang

Abkühl-Vorgang

Ausformen

Vertiefung

Gussfehler

- Lunker = Hohlräume durch Schrumpfung oder Gas
- Schlackeneinschlüsse
- Schülpen = Erhöhungen an der Gussstückoberfläche
- Seigerungen = Entmischung einer Schmelze
- Gussspannungen im Werkstück

Gestaltungsregeln beim Gießen

Feinguss

verlorene Wachsmodele in keramischer Gießform.

Merkmale

- + hohe Oberflächengüte und Maßgenauigkeit
- + für schwer zerspanbare Werkstoffe

Quellen:[Schal 1990]

[EuroTabM39 S.113 „Gießertechnik“](#)

[Ein Zylinderlaufbuchse](#)

1) *Wozu dient dieses Teil ?*

2) *Wie wird es hergestellt und warum ?*

Einzig mögliche Herstellung, z.B. Glocken, Motorgehäuse.

Eigenschaften des Gusswerkstoffes z.B. für die Schmierung bei Zylinderlaufbuchsen, Druckfestigkeit bei Gehäusen oder Maschinenbetten

„Heute soll die Glocke werden...“. *Entwicklung anhand der Standardfrage*

*"Kann man jetzt Gießen" die Probleme des Sandgusses an der Tafel bzw. beim Zingguss entwickeln.*

[AM Sandgussform mit Modell](#)

Meister:

*nicht mitschreiben, da die Darstellung im EuroM50 ausreicht.*

verlorene Form: Quarzsand, + Ton, Lehm oder Kunstharz: leicht formbar, hitzebeständig;

Modelle werden zum Herstellen verllorener Formen benötigt. Dauermodelle sind aus Holz, Metall oder Kunstharz, verlorene Modelle aus Wachs oder PS vergasen (Vollformgießen) oder schmelzen (Feinguss). Modelle sind um Bearbeitungszugabe und Schwindmaß größer als das Werkstück, deshalb werden Modelle farbig so markiert, dass der Wrekstoff, für den sie angefertigt sind, erkennbar ist.

[EuroTabM39 S.113 „Schwindmaß“](#)

[AM Gussstück mit und ohne Speiser, Gusstraube T-Stücke](#)

Der Werkstoff fließt über den konischen Einguss über den Lauf in den Formhohlraum, weil bei direktem Einguss wird der Sand aufgewühlt wird.

Flüssiger Werkstoff, Luft, losgerissener Formsand und Schlacke sammeln sich im Speiser (Steiger). Die Speiser sind groß, damit beim Abkühlen flüssiger Werkstoff in die Form nachfließen kann und Lunker verhindert werden.

Der Formkasten ist mehrteilig, damit das Modell entfernt werden kann. Die Formkastenteile sind zum Einformen von hinten beidseitig offen, und sie sind geklammert oder werden beschwert. Dichte Sand = 1,5..1,7 kg/dm³ [HJTabKfz17 S218]

damit die Kästen nach dem Herausnehmen des Modells wieder passgenau aufeinander liegen

Kerne füllen Hohlräume aus. Sandkerne werden extern schneller und haltbarer gefertigt. Kernmarken dienen zum Halten des Sandkernes.

Mann+Hummel gießt Schaltsaugrohre aus Polyamid mit Kernen aus einer SnBi-Legierung (Smp: 137°), die induktiv ausgeschmolzen werden [mot 13/96 S.65].

Unterkasten drehen, einformen, stampfen, umdrehen, Modelloberteil auflegen, Oberkasten aufsetzen, einformen, stampfen, Oberkasten abheben, Modell entnehmen, Form wieder zusammensetzen. Handformen für kleine Stückzahlen, Maschinenformen zum Verdichten des Formsandes (große Maßgenauigkeit + Oberflächengüte) und Ausziehen des Modells.

Schrumpfspannungen entstehen, weil das Gussteil außen oder an dünnen Stellen schneller abkühlt und innen oder an dicken Stellen länger schrumpft (Vgl: schnell erhitztes oder abgeschrecktes Glas). Sie treten auch an scharfen Übergängen und Querschnittsveränderungen auf. Abhilfe schafft langsames Abkühlen, sodass ΔT klein bleibt (Vorteil von Sand: hoher Wärmeübergangswidertsand), gleichmäßige Querschnitte, Rundungen.

Querverweis Mathematik: Geg. Gussstück aus GG mit t=20mm, ΔT=50°C zwischen Mitte und Rand. Ges: Δl, ε, σ

Formkasten öffnen, Gussstück entnehmen, Sand entfernen, Speiser, Einguss und Lauf abschleifen, Gussstück sandstrahlen, weitere spanende Bearbeitung

[Video Gießtechnik - Physikalische Grundlagen](#)

zeigt die Schrumpfung und deren Folgen, sehr einfach

[Video Gießtechnik - Hand- und Maschinenformen](#)

Was kann schiefgehen?

Erstarrung ohne Nachschub oder so schnell, dass Schlacke und Gasblasen nicht mehr nach oben entweichen können

durch Ausbrechen des Formsandes

Legierung verschieden dichter Metallen

[AB Gestaltungsregeln und Fehler beim Gießen](#)

[Video Gießtechnik - Feinguss](#)

Um die Wachsmodele wird breiige oder pulvrige Keramik gegeben und getrocknet. Dann wird das Wachs ausgeschmolzen, und die verbleibende Gießform gebrannt. Der eigentliche Guss findet möglichst in die noch heiße Form statt, sodass auch komplizierte Stücke aus Stahlguss mit dünnen Querschnitten möglich sind.

[AM Feingussteile, Formen](#)



Gießen in Dauerformen

Druckguss

Gießvorgang

Formträger

Druckkammer

bewegliche Formhälfte

Einspritzen

Auswerfen

Vertiefung

Merkmale

- dünnflüssige Schmelze unter Druck ermöglicht komplizierte Formen und dünne Wandstärken
- gute maßgenaue Oberfläche
- automatisierte, schnelle Serienfertigung möglich
- teure Formen, deshalb nur für große Stückzahlen

Druckgusslegierungen

S.125 Verwendungsangaben G, GD, GK, GZ usw.

S.127 Feinzink-Gusslegierungen

S.128a EKD: Wo sind die Eisengusslegierungen? Transfer zu anderen Legierungen. Gusslegierungen sind die Eutektikum von Legierungen. Dadurch ergibt sich ein niedriger Schmelzpunkt und ein feines, festes Gefüge.

S.129 G-AlSi12 ist die klassische Al-Gusslegierung. Zugaben von Mg erhöhen die Korrosionsbeständigkeit, Span- und Schweißbarkeit; Mg und Cu machen AlSi härter. Si macht Al verschleißfest (z.B. Alusil, Silikate in Reifen).

S.129 G-MgAl wird wegen der geringen Dichte immer mehr eingesetzt: Getriebegehäuse, Vergaser, Kolben, Felgen usw.

S.129 CuZn = Messing Ms: gut zerspanbar, korrosionsbeständig. Eigenschaften sind stark vom Zn-Gehalt abhängig: Schmelztemperatur sinkt mit Zn-Gehalt; gut warmumformbar, wenn wenig Pb oder Bi drin ist; α-Ms (bis Ms65 = 35%Zn) ist gut kaltumformbar, α+β-Ms schlecht kaltumformbar; Härten und andere Wärmebehandlungen möglich; ab ca. 50% Zn versprödet Ms. Rotes Ms enthält viel Cu, gelbes viel Zn.

S.129 CuSn = (Zinn-)Bronze wird z.B. für Lager verwendet.

S.129 CuAl = Aluminiumbronze ist sehr fest und korrosionsbeständig und wird z.B. für beanspruchte Armaturen, Pumpen, Propeller usw. verwendet.

Spritzguss

Thermoplastische Kunststoffe werden ähnlich wie beim Druckguss schnell zu kompliziertesten Teile gefertigt, wg. der teuren Formen nur für große Serien rentabel.

Kokillenguss

Guss in Dauerformen aus Stahl oder GG.

Merkmale

- + bessere Maßhaltigkeit, Formgenauigkeit und Oberfläche
- teure Form, empfindlicher Prozess

Schleuderguss

Guss in einer drehenden Kokille ergibt runde Werkstücke.

Strangguss

Werkstoff wird durch eine Matrize gedrückt

Vertiefung

AM Moped-Zylinder

Warum ist der Moped-Zylinder nicht durch Sandguss hergestellt?

AM Gusstraube Messingbüchse, OH-Modell Druckguss

Welche Elemente und welcher Ablauf werden analog zum Sandguss benötigt?

Formträger mit fester Formhälfte

- mehrteilige Form aus Stahl oder Eisenguss

- konstruktiv aufwendiger, weil alles automatisch geht, sehr teuer

Beim Warmkammerverfahren befindet sich die Druckkammer in der Schmelze und das Einspritzen der Schmelze ist vollautomatisiert. Es ist nur geeignet für Werkstoffe, die Druckkammer und -Kolben nicht angreifen (zB Mg, Zn).

Beim Kaltkammerverfahren ist die Druckkammer außerhalb der Schmelze (z.B. Al, Cu):

Die bewegliche Formhälfte mit Auswerfer dient dem automatischen Auswerfen des Gussmodells und ist auch um das Schwindmaß größer. Die Form benötigt Luftauslass (zwischen Formhälften) und muss u.U. gekühlt werden.

Einspritzen der Schmelze / Teiges : - Werkstoff wird unter Druck bis 5000bar schnell eingespritzt, sodass die Füllung der Form auch bei komplizierten Formen gewährleistet ist. Ausfahren der beweglichen Form, in Endstellung wirft der Auswerfer das Gussstück aus

Video Gießtechnik - Druckguss

EuroTabM39 S.125ff „NE-Legierungen“

FO Zustandsdiagramm ZnAl

FO Zustandsdiagramm AlSi

FO Zustandsdiagramm CuZn

Beachte: Siedetemperatur, steigende Löslichkeit des Cu für Zn mit sinkender Temperatur

Bronzen sind alle Legierungen mit mehr als 60% Cu (außer CuZn = Messing). Sie sind fester, korrosionsbeständiger, verschleißfester und gleitfähiger als Ms.

FO mechanische Kennwerte von Zinnbronzen (Domke S.232)

Kunststoffgranulat wird plastifiziert und mit großer Geschwindigkeit in die Form eingespritzt. Eine Schnecke fördert den Kunststoff, eingespritzt wird es aber, indem die ganze Schnecke durch einen Zylinder axial bewegt wird.

Eingeschränkt können auch Duroplaste und Elastomere spritzgegossen werden.

EuroTabM39 S.264 „Spritzgießen“

Temperaturen und Toleranzen bei der Kunststoffverarbeitung

Formguss: Gussstück ähnelt seiner fertigen Form

Blockguss: Gussstück wird umgeformt, z.B. durch Walzen

AM Zylinderlaufbuchse

FO Schleuderguss usw.

Es sind auch kegelige Werkstücke und Kerne möglich. Durch die Fliehkraft wird das Gefüge verfeinert und Stahl und Schlacke getrennt. Anwendung z.B. Zylinderlaufbuchsen Kokille vor dem ersten Guss auf 250 .. 400°C anwärmen.

AM Strangussteile

Video Strangguss

Matrize in ein Negativ der Form, Patrize ist ein Abbild der Form.

Bilder vom Al-Guss eines Motorblockes: mot 9/2001

**Sintern**

Hinweis: Nach DIN 8580:2003 gehört das eigentliche Sintern zu „Stoffeigenschaft ändern“ in der Fertigungsgruppe 6.4. Da man im Einführungsunterricht unter Sintern auch die Vorarbeiten wie Pressen und Kalibrieren vereinnahmt, wird es hier zum Umformen in der Fertigungsgruppe 1.4 aufgenommen.  
EuroTabM39 S.131 „Sintermetalle“  
[Klein 2008] S.103ff

**Video**[Video Sintern](#)

Sintern ist das Glühen von gepressten Metallpulverteilchen, sodass ein zusammenhängendes Gefüge entsteht.

**Herstellung von Sinterteilen**

1. Pulverherstellung und Vermischen
2. Pressen (→Grünling?)
3. möglich: Spanen komplizierter Teile
4. Sintern: Glühen bis zur oder knapp unter der Schmelztemperatur des niedrigstschmelzenden Anteils, sodass sich die Teilchen verbinden.
5. möglich: Kalibrieren

**Merkmale**

- + billige einbaufertige Massenteile
- + Metalle mit stark unterschiedlichen Schmelzpunkten legierbar
- + „widersprüchliche Eigenschaften“ möglich
- + porige ölgetränkte Lager oder Filter möglich
- teure Pressform
- Größe und Form begrenzt

Seitenumbruch

[AM Sinterteile: HM, Lagerbuchsen, Siebe, Filter, Dauermagnete, Sinterpleuel](#)

Stellite: gegossenes Hartmetalle, 1907 als CrCoW-Legierung eingeführt  
Sinterhartmetall „Widia“ seit 1926 durch Krupp.  
Herstellung z.B. durch Zerstäuben von Metallschmelzen

Dies ist noch nicht der Sintervorgang! Pulver wird unter hohem Druck verdichtet. Die Porengröße von Filtern usw. kann durch den Druck bestimmt werden.

z.B. Voll-HM-Spiralbohrer ?

Einfache Teile mit großen Stückzahlen, z.B. genormte Schneidplättchen, werden fertig gesintert. Andere Teile werden aus dem Presskörper gespannt und dann fertiggesintert. Beim Sintern gehen die Karbide in feste Lösung über und scheiden beim Abkühlen z.T. wieder aus. Beim Sintern schrumpft das Volumen um ca. 50% [Klingelberg]

Vgl Herstellung von Fleischkuchle: Sintern ist das Braten in der Pfanne. Eigenschaften der Fleischkuchle werden durch Zusammensetzung, Pressdruck, Glühtemperatur und Glühdauer bestimmt.

Sintern mit flüssiger Phase: Bindung durch den geschmolzenen Werkstoff. Ohne flüssige Phase entsteht die Bindung durch Diffusion ähnlich wie beim Löten.

z.B. HM-Plättchen und -Fräser können unter Druck gesintert werden. Dadurch entfällt das Pressen, und Dichte und Gefüge der Werkstücke werden besser.

Nachpressen für eine verbesserte Maßgenauigkeit und Oberflächengüte, eventuell Nachbearbeiten durch Spanen, Schmieden. Für HM nicht möglich.

z.B. Metallkarbide und Kobalt mit zu hohen bzw unterschiedlichen Schmelzpunkten,

z.B. harte Metallkarbide und zähes Kobalt oder Nickel

[AM wasserdurchlässiges Sinterblech](#)

große Teile erfordern zu viel Presskraft. Komplizierte Teile erfordern zu kompliziertes Werkzeug, das im Gegensatz zu einer Druckgussform auch hohe Kräfte übertragen muss.

## Hauptgruppe 3: Trennen

Nach der Einheit „Hauptgruppen der Fertigungsverfahren“:

Ültg: FO Max und Moritz

1) Wdhg: Trennverfahren

Weitere Möglichkeiten des

Trennens / kaputt bekommens ? oder

2) Der Auspuff ist durch, ein Reparaturblech soll eingepasst werden. Wie kann es auf das richtige Maß gebracht werden.

TA in 5 Spalten; Überschrift FE

2) Welche Arbeit ist nach dem Drehen lästig? Späne entfernen. Vergleich mit den andern Verfahren

3) Beschreibe die Schneide eines Drehmeißels und eines Schleifsteines

4) Was braucht man zum Schneiden mit einem Messer (Werkstück, Werkzeug, Kraft, Unterlage) ..

Quellen:[1] Schal, Fertigungstechnik 2, 5. Auflage.

### Einteilung der mechanischen Trennverfahren

= mechanisches Trennen mit Spänen

#### Spanen

##### mit geometrisch bestimmter Schneide

Form jeder einzelnen Schneide ist festgelegt und kann gezeichnet werden.

Bohren  
Drehen  
Fräsen  
...

##### mit geometrisch unbestimmter Schneide

Schneiden sind unterschiedlich und zufällig, l: Spachtel, Rost, Ventile, Zylinderlaufbuchse

(Trenn-)Schleifen  
Honon  
Läppen  
...

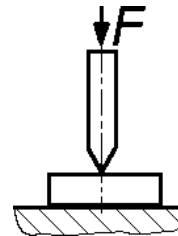
= spanloses mechanisches Trennen

#### Zerteilen

##### Messerschneiden

l: wenn ein Stück Schnur zu lang ist, verrostete Schraube an einer Auspuffschelle lösen., Dichtung zurecht schneiden

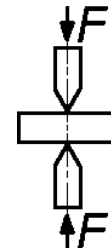
z.B. Messer, Locheisen, Flachmeißel, Rohrschneider



##### Beißschneiden

l: wenn ein Stück Draht, Kabel oder Kabelbinder zu lang ist.

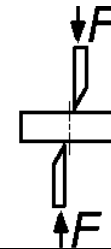
z.B. Bolzenschneider, Kneifzange



##### Scherschneiden

l: wenn ein Stück Blech (Karosserie, Auspuff) zu lang ist.

z.B. Blechscheren, Stanzen



Mbm: FO Schneidverfahren

EuroM50 S67 „Zerteilen“

Mbm

#### Sonstige Zerteilen

##### Spalten

Für spröde Werkstoffe oder solche mit bevorzugten Spaltebenen (z.B. Holz)

##### Reißen

FO gerissene Pleuel

Beschriftung „Bruchtrennen“ scheint nicht ganz normgerecht zu sein.

##### Brechen

Brechen findet unter Drehung oder Biegung statt.

##### Stechen

Einreißen eines Loches mit umgeformten Lochrändern

#### Vertiefung

AB Fragen zur Einteilung der Fertigungsverfahren

#### Abtragen

z.B. Ätzabtragen

Seitenumbruch

#### Zerlegen

z.B. Vergaser zerlegen

#### Reinigen

z.B. Luftfilter reinigen

#### Evakuieren

z.B. Tank leeren



## Fertigungsgruppe 3.1 Zerteilen

### Brennschneiden

#### Vorgang

- Heizflamme (Acetylen + O<sub>2</sub>) wärmt die Stahlteile auf Entzündungstemperatur vor
- Schneidsauerstoff verbrennt den Werkstoff (Wärmeabgabe)
- Schneidsauerstoffstrahl schleudert Metalloxid aus der Schnittfuge

#### Brennschneiddüsen

- konzentrische Brennflamme für beliebige Schneidrichtungen oder hintereinanderliegen B.
- **Gase mischende Schneiddüse** mischen das Gas erst in oder vor der Düse:
  - + rückschlagsicher
  - + robust
  - geringe Qualität

#### Zu beachten

- Richtiger Düsenabstand zum Werkstück
- Schneiddüsengröße und Sauerstoffdruck nach der Werkstoffdicke
- sauberer Brenner für wirbelfreien Schneidstrahl
- Schneidgeschwindigkeit gleich oder kleiner als die Vorwärmgeschwindigkeit.

#### Anwendungen

- unlegierte Stähle 2mm bis 3m Schnittdicke
- GG, CrNi-Stähle, Beton, bedingt Al unter Zugabe von Eisenpulver in den Schneidstrahl (**Pulverbrennschneiden**)
- **Brennfugen**
- **Flämmhobeln** zum Entfernen der Randschicht

Quellen:[1] Schal, Fertigungstechnik 2, 5. Auflage

Dies muss auch während des Betriebes erfolgen, da der Schneidsauerstoff bei dem Druckabfall von 150 bar bis auf etwa 5 bar stark abkühlt (Vergleiche CO<sub>2</sub>-Patrone). Vorwärmung so gering wie möglich, um Wärmeeinfluss niedrig zu halten.

Die Reaktion muss viel Wärme abgeben. Wenn die Wärme nicht ausreicht, wird z.T. Eisenpulver in den Schneidstrahl geführt

Die Schlacke ist das schneidende „Werkzeug“. Je dünnflüssiger die Schlacke ist, desto besser Schmelzpunkt des Metalloxides muss niedriger sein als der des Metalls. Schneidstrahl hat Überschallgeschwindigkeit.

#### FO Brennschneiddüsen

Hintereinanderliegende Düsen für nur eine Schneidrichtung.

Normalerweise wird Brenngas und Heizesauerstoff gemischt der Heizedüse zugeführt. Einsatz im Hüttenbereich und Grobblechverarbeitung mit geringen Qualitätsanforderungen

Zu weit: Wucht des Schneidstrahles wird nicht wirksam.  
Zu eng: Vorwärmflamme nicht wirksam

bei legierten Stählen bestehen Schwierigkeiten mit dem Abtransport der Oxide der Legierungselemente

Die Oxide haben einen höheren Schmelzpunkt als die Legierung. (zB GG-Oxidhaut hat ca. 1400°C Smp., vergleiche EKD). Eisenpulver verbrennt, und die erhöhte Wärmeabgabe schmilzt auch die höherschmelzenden Oxide.

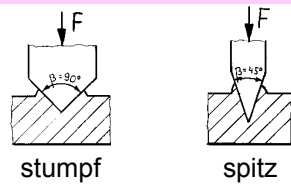
Mit speziellen Brennern wird keine durchgehende Trennung erreicht, z.B. zur Vorbereitung von Schweißfugen oder zum Freilegen von Nahtfehlern.

z.B. Verzunderung nach dem Walzen

## Fertigungsgruppe 3.2 Schneiden mit geometrisch bestimmter Schneide



Schneidkeil



Keilwinkel  $\beta$

Wirkung

im Werkstück (Blech)

Druck  $\Rightarrow$  Werkstofffließen <

nötige Verformung >

Spaltwirkung <

in der Schneide (Keil)

Festigkeit >

Wärmeableitung >

Schneidentemperatur <

Verschleiß <

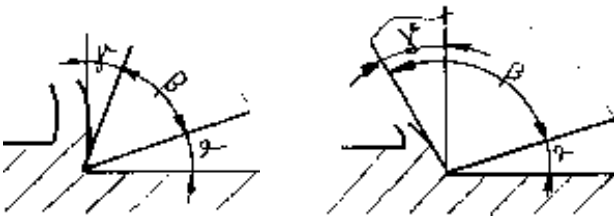
Wahl des Keilwinkels:

Wenn möglich, spitzen Keil verwenden (weiche Wkstf), wenn nötig, stumpfen Keil verwenden (harte, zähe W.)

Weiche Werkstoffe erlauben kleine Keilwinkel, harte Werkstoffe erfordern große Keilwinkel

Winkel und Flächen am Schneidkeil

z.B. Sägezahn z.B. Drehmeißel für Hartguss



$\alpha$  = Freiwinkel  $>0^\circ$

klein: Reibung, Temperatur und Verschleiß; groß: schwacher Keilwinkel, Punktlast an der Schneide; großer Verschleiß.  $3^\circ$  bei harten und  $12^\circ$  bei zähen Werkstoffen (federn hinter der Hauptschneide zurück).

$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$

Die Summe von Frei-, Keil- und Spanwinkel beträgt  $90^\circ$ .

Flächen und Winkel am Drehmeißel

AM Plastilin, verschiedene Keile  
Grundform der Schneiden = Keile

- 1) Welche Schneide übt den größeren Druck aus?
2) Welche Folge hat der Druck für den Werkstoff?
3) Bei welchem Keil muss der Werkstoff weiter fließen?
4) Welche andere Wirkung, die wir vom Holz spalten kenn, ist größer?
Ültg: der spitze Keilwinkel scheint ideal, warum wendet man ihn nicht immer an?

Mbm, TG, IBFM nur Zeitpuffer

Trennwirkung durch

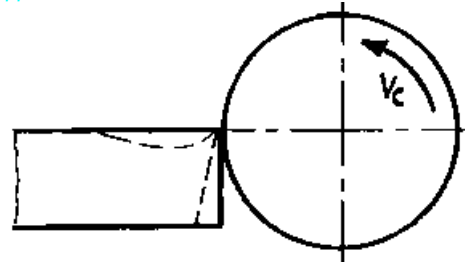
Druck des Schneidkeils staucht das Werkstück => Werkstoff fließt
=> Werkstück reißt bevorzugt im Bereich der Stauchung (höchster Druck); an den Korngrenzen (schwächste Stelle) oder vor der Spitze des Schneidkeils (größte Kräfte)

FO Keilwinkel für verschiedene Stoffe

Keilwinkel muss aus Spanwinkel und Freiwinkel ausgerechnet werden.
Andere mögliche Formulierung: so spitz wie möglich (weiche Werkstoffe), so stumpf wie nötig (harte Werkstoffe).

Wdhg: 3 verschiedene Werkstoffe und Bilder von 3 verschiedenen Keilwinkeln zuordnen lassen.

Ein: AM Pappmodell von Drehmeißel und Werkstück an die Tafel kleben:



Der Meißel bewegt sich ja gar nicht - v\_c am Werkstück andeuten.
An der Freifläche reiben Werkzeug und -stück - Freifläche aufklappen
Wie kann der Schnitt erleichtert werden - Spanfläche aufklappen.
z.B. Schaber für Öltaschen und tragende Oberflächen haben  $\beta < 0$ .

$\beta$  = Keilwinkel  $>0^\circ$

klein: bessere Schneidwirkung (s.u.), aber geringere Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit

FO Keilwinkel beim Spanen

EuroTabM39 S246 „Drehen, Richtwerte

$\gamma$  kann kleiner als Null werden. Schnittwinkel  $\delta = \alpha + \beta$

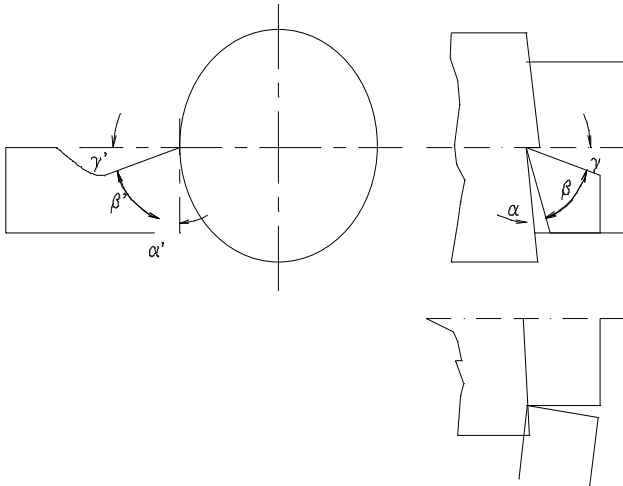
Wdhg: Bilder mit verschiedenen Bezeichnungen der Winkel.

IBFM, TG: Ein: aktuelles Drehteil oder Kolbenbolzen
Wie wird die Außenfläche bearbeitet?

AM Kolben mit Kolbenbolzen und Pleuel



FO entwickeln



AM Holzmodell

gegen VA eines Drehwerkstückes halten. TA offline!: 3-Tafel-Projektion in der Folge VA, SR und DA entwickeln, um Ansichten zu üben. Konturen zunächst dünn weiß zeichnen, entwickelte Formen am Holzmodell zeigen und in korrespondierenden Farben als Volllinie zeichnen.

- Wo werden die (meisten) Späneabgenommen - (Haupt-)Schneide in Vorschubrichtung
- Spanquerschnitt in DA zeigen - (Neben-)schneide, bearbeitet die Oberfläche
- Wo ist die Hauptschneide in den anderen Ansichten? Wie groß soll  $\alpha$  sein, wie groß ist es hier? - Hauptfreifläche und -winkel freilegen und zeigen;
- Wie groß soll  $\gamma$  für kleine Schnittkraft sein, wie groß ist er- Hauptspanfläche und - $\angle$  zeigen
- Wo ist die Nebenschneide und "Nebenspan"fläche? - Nebenfreesfläche und -winkel zeigen
- Wo sind Haupt- und Nebenkeilwinkel
- Kann eine Ecke vollkommen spitz sein: nein - Also muss man eine (genormte) Eckenrundung  $r$  angeben: je größer, desto besser Oberflächengüte und desto fester.
- Vorteile großer Keilwinkel: Festigkeit - Modelle mit verschieden  $\epsilon$  und gleichen  $\beta$  - Warum haben diese Meißel nicht die gleiche Festigkeit - Eckenwinkel  $\epsilon$  zwischen Haupt- und Nebenschneide, je größer, desto stabiler

AB, damit die Schüler den TA nicht abschreiben müssen

AB Begriffe am Schneidteil eines Werkzeuges

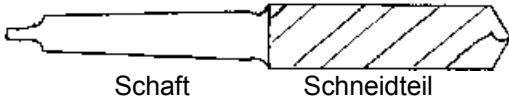
AB Schneidengeometrie am Drehmeißel



**Bohren**

Spanendes Bearbeitungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide, meist mehrschneidig

**Bohreraufbau**



Schaft      Schneidteil

zylindrisch für Bohrer bis ca. Ø10, billig  
Kegel mit festerem Kräftschluss ⇒ große Bohrer  
leicht auswechselbar, selbstzentrierend

**Spiralbohrer (Wendelbohrer)**

**Hauptschneide**

schneidet das meiste Material

**Spanwinkel = Drallwinkel**

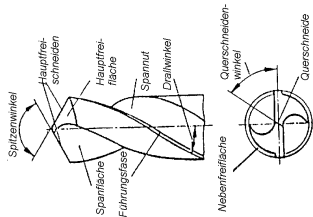
AM Bohrer mit Plexiglashülle

**Nebenschneide, Nebenspanfläche ⇒ Spann**

Die Nebenschneide folgt der Wendel, die Nebenspanfläche geht in die Spann über.

**Führungsfase oder Bohrerfase**

Warum Nebenschneide hat beim Spiralbohrer eine besondere Form? Vergleiche Spiralbohrer mit Führungsfase und einem Kegelsenker, der ins Volle bohrt. Kegelsenker wird auswandern Die **FO Führungsfase** führt den Bohrer. Sie darf wegen der Reibung nicht zu breit sein. Der Spiralbohrer verjüngt sich.



**Werkstoffe für Bohrer u.a. Werkzeuge**

- HSS (Schnellarbeitsstahl)
- HM (Hartmetall)
- Beschichtung möglich

**Werkzeug-Anwendungsgruppen**

Gilt auch für Fräser

**Typ**

H

N

W

**Schleiffehler**

Schneiden ungleich lang  
Schneidenwinkel ungleich

**Freiwinkel falsch**

- zu groß      Schneide bricht
- zu klein     große Reibung
- negativ      kein Schnitt

**Bohrertypen**

*Mbm nur mündlich, IBFM, TG. Ein: Wie wird die Innenfläche des Kolbenbolzens (Beispiel aus der vorherigen Stunde) gefertigt?*

Hals verbindet Schneidteil mit Schaft, Austreiblappen nur bei konischen Schäften. Vergleiche Keil beim Holzspalten, bzw. zum Verkeilen von Mai- und Weihnachtsbaum Je steiler der Kegel, desto besser der Schluss. Das Werkzeug muss nur eingeführt werden, die Vorschubkraft reicht durch die Kegelübersetzung zur Übertragung des Drehmoments. Der Kräftschluss wird beim Austreiben sichtbar, von Hand kann das Werkzeug nicht mehr herausgezogen werden.

Zusätzliche Erklärung für Azubis ist der ringförmige Schluss.

Es handelt sich um Morsekegel in den Größen 0 bis 6.

Vtfg: AB Spiralbohrer

Wdh.: Begriffe: Hauptschneide, Nebenschneide, Spanfläche, Freifläche, Keilwinkel, Spanwinkel, Freiwinkel. Versuch, diese Begriffe am Bohrer wieder zu finden

**Hauptspanfläche**

Die Hauptspanfläche geht in Spannut und die Nebenspanfläche über, sie sorgt für gute Abfuhr der Späne

**Hauptfreifläche, Nebenfreifläche**

Die Hauptfreifläche liegt um die Bohrer Spitze, an ihr wird nachgeschliffen

**Querschneidenwinkel**

Der Querschneidenwinkel liegt zwischen der Querschneide und den Hauptschnitten. Er ist abhängig vom Hauptfreiwinkel und dient beim Nachschleifen zu seiner Abschätzung. Notwendigkeit des Querschneidenwinkels wird später besprochen.

**Querschneide**

Es fehlt eine Kleinigkeit, um Streckenzug zu schließen. Querschneide liegt zwischen den Hauptschnitten. Sie erschwert den Spanvorgang, da sie nur quetscht und schabt. Sie darf aber wegen der Stabilität nicht zu klein sein, beträgt ca. 10% des BohrerØ. Bei größeren BohrerØ muss wegen ihr mit 20% des BohrerØ vorgebohrt werden. Manchmal wird sie an der Spitze abgeschliffen zur Verringerung der Schnittkraft. Querschneide schluckt beim Bohren ins Volle ca. 40% der Vorschubkraft.

**Spitzenwinkel**

zwischen den beiden Hauptschnitten

Vtfg:

AB Spiralbohrer

Das kleinste AB der Welt: AB Schneiden und Flächen am Bohrer, Klebestift oder AB Begriffe am Schneidteil eines Werkzeuges (wieder abschaffen oder nur zur Vertiefung)

Ein: Papa lässt euch zum ersten mal an die Schlagbohrmaschine, ihr soll ein schweres Bild aufhängen. Welchen Bohrer wählt ihr? AM Dübel, Stein- und HSS-Bohrer

Werkzeugstahl heute selten, wird nur noch für Meißel usw. verwendet. Holzbohrer? goldglänzende Beschichtung aus TiN ist härter als HM und erlaubt doppelte  $v_c$  und  $f$ . Sie erhöht die Standzeit bis zum ersten Nachschleifen erheblich, danach ist die Standzeit immer noch höher, da die Beschichtung an der Spanfläche erhalten bleibt.

AM Bohrer mit verschiedenen Drallwinkeln, Durchschlagpapier

Bohrer auf OH-Projektor legen und nach Unterschieden fragen. Bohrer über das Durchschlagpapier und Papier abrollen, es ergeben sich Geraden in der Neigung des mit Spanwinkels. Das Papier an die nasse Tafel kleben und die Linien mit Kreide verlängern. Es sind 3 verschiedene Spanwinkel. Für welche Werkstoffe sind sie? Es gibt die 3 Anwendungsgruppen H, N und W. Welcher Bohrer gehört wohin?

**für Werkstoff**

**hart, zähhart, kurzspanend**

z.B. Hartguss, gehärteter Stahl, Schichtpressstoffe

**normale Festigkeit und Härte**

z.B. Stahl, weiches Gusseisen

**weich, zäh, langspanend**

z.B. Cu, Al, CuZn

**Folge**

Bohrung wird zu groß  
nur eine Schneide arbeitet ⇒ hoher Verschleiß

AB Werkzeuge zum Bohren, Reiben und Senken



## Senken

Bohrverfahren zur Erzeugung von Profilen und Kegelflächen.

### Verfahren

Planansenzen für hervorstehende , ebene Flächen

Planeinsenzen für vertiefte, ebene Flächen

Profilsenzen für kegelige oder profilierte Senkungen

- 60° zum Entgraten
- 75° für Nietköpfe
- 90° für Senkschrauben
- 120° für Blechniete

### Schnittbedingungen

kleinere  $\alpha$ , größere Freiflächen als Bohrer  
⇒ vermindert Rattern

vc kleiner als beim Bohren wählen

f größer -- " --

### Bauarten

siehe Fachbuch

Aufbohrer (Spiralsenker, früher Dreischneider)

- zum Aufbohren gegossener, gestanzter oder auch gebohrter Löcher
- verbessert Maß-, Form- und Lagegenauigkeit (wg. dreifacher Führung) und Oberflächengüte
- bei hohen Anforderungen muss noch gerieben werden (Senker mit Untermaß verwenden)

Jede Bohrung wird wegen Verletzungsgefahr gesenkt.

z.B. für Senkkopfschrauben, Niete, Stifte usw.

120°

beim Anschleifen beachten

**Werkstattregel  $n = \frac{1}{4}$  Bohren**

Begründung?

Klingelnberg: vc und f sollen 1 .. 1,5 x höher als beim Bohren sein.

sehen aus wie Spiralbohrer mit mind. 3 Schneiden ohne Spitze ⇒ Fachkunde Europa 52. S. 125



**Reiben**

**Zweck**

bessere Oberflächengüte (bis 6µm erreichbar)  
hohe Form- und Maßgenauigkeit (bis ±0,01mm)

**Reibvorgang**

Anschnitt spant die Reibzugabe

Führungsfasen mit Rundschliff erhöhen die Qualität  
(Oberflächengüte, Form- und Maßgenauigkeit)

**Schnittwerte**

Schnittgeschwindigkeit

- niedrig (3..20 m/min) für eine hohe Standzeit

Vorschub

- groß für hohe Standzeit  
- niedrig für hohe Oberflächengüte

Reibzugabe

- bezieht sich auf eine Seite

**Niemals zurückdrehen, da Späne die Schneiden und Schneidendrall die Oberfläche beschädigen können**

Kühlschmiermittel beeinflusst das Bohrungsmaß und die Oberfläche stark.

**Bauarten**

**Zähne**

- gerade Zahl ermöglicht Messung des Ø  
- ungleiche Zahnteilung vermindert Rattermarken

**Drallrichtung**

Linksdrall

+ Drall verhindert Rattermarken

für weiche, langspanende Werkstoffe

schiebt Späne

⇒ Durchgangslöcher

u.a. für Schälreibahlen

**Schälreibahlen**

- größere Spanabnahme möglich und nötig  
-  $v_c$  wie beim Bohren

**Einschneiden-Reibahlen**

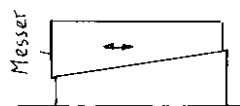
- höhere  $v_c$  und  $v_f$

**Kegelreibahlen**

**Aufsteckreibahlen**

**verstellbare Reibahlen**

durch konische Schneiden



**Stiftloch-Kegelbohrer**

**Pendelhalter**

ist Aufbohren mit geringer Spanungsdicke

Form- und Maßgenauigkeit z.B. für Passungen, Passstifte usw.  
Nietloch-Reibahlen werden bei der Montage von Bauteilen eingesetzt, wenn Bohrungen zur Flucht gebracht werden sollen oder vergrößert werden müssen. Im Kesselbau werden sie mit Pressluft-Handbohrmaschinen verwendet.

*FO Reiben EuroM50 S.103*

Hauptarbeit durch Anschnitt wie beim Bohren und Senken, gilt nicht für Kegel- und Profilreibahlen.

Rundschliffasen sind auf einer Breite von 0,1 .. 0,3mm zylindrisch geschliffen, erst danach beginnt die Verjüngung der Schneidenecke (gegen Klemmen, siehe Klingenberg).

Richtwerte für das Reiben mit Maschinenreibahlen aus Stahl und HM: (auch: Hengstkatalog) *EuroTabM39 S242 „Reiben“*

Der Standzeit kommt bei Reibahlen eine höhere Bedeutung zu, weil sie nur schwer nachzuschleifen sind.

**Werkstattregel n = 1/8 Bohren**

Niedriger Vorschub steigert bei allen spanenden Verfahren die Oberflächengüte. Großer Vorschub für große Standzeit: vermutlich wegen der Kühlung oder wegen kleinerer spezifischer Schneidenbelastung ?

Werte 0,1 .. 0,3mm, bzw. bis 0,8mm für Schälreibahlen. Das optimale Verhältnis zwischen Vorschub und Reibzugabe (wg. Standzeit) wird im TB über den Ø der Ahle berücksichtigt. Kleinere Reibzugaben führen zum Klemmen, größere Zugaben zu Bohrungsüberweiten (Klingenberg, Begründung?).

*Vergleiche AB Einflüsse auf das Reibergebnis.*

Klingenberg (S.420f) fordert möglichst hohe Zähnezahlen gegen Rattern und enthält eine Tabelle, empfiehlt aber, gerade Zähnezahlen zu verwenden.

*FO Entstehung von Bohrungsvielecken (Klingenberg S421)*

Bei ungleicher Teilung stehen sich nicht alle Zahnpaare gegenüber (Hengst92 S12/4). Die Teilungsdifferenz beträgt normal 0,5 .. 2,0%, bei EU-Teilung (extrem ungleichmäßig) liegt sie zwischen 45 ... 70° und verspricht bessere Rundheit. Darstellung siehe StamM1 S117.

alle Angaben sind auf Rechtsschnitt bezogen.

**ohne Drall**

+ billiger

- hakt bei Nuten ein

für harte, spröde W.

z.B. Stahl mit Rm >700N/mm², GG, Ms, spröde Al-Legierungen

für Sacklöcher bis zum Grund (Wälzlagersitze)

haben eine abweichende Schneidengeometrie und verlangen größere Spanabnahme: 100% höherer Vorschub, mindestens 50% mehr Reibzugabe.  
Maschinenreibahlen mit 7 bzw. 45° Drall links und langem Anschnitt ⇒ nur Durchgangsbohrungen

Da sie nur eine Schneide (Wendeplatte aus HM) haben, zentrieren sie sich nicht selbst. Deshalb sind 2 Stützleisten aus HM am Umfang nötig.

spanen über die ganze Schneidenlänge.

z.T. mit Vorreibahle mit gezahnten Schneiden wie Schruppfräser für große Spanabnahme.

Reibahlen werden auf Schaft und Hals aufgesteckt.

Verschleiß kann ausgeglichen werden

**Spreizung durch Druck**

max. 1% des ReibahlenØ

sehr bruchempfindlich

konische Kegelbohrungen bohren und reiben in einem.

zur Einspannung gleichen Achsversatz zwischen Bohrmaschine und Bohrung aus, sodass die geriebene Bohrung genauer wird.



**Einflüsse auf das Reibergebnis**

AB Einflüsse auf das Reibergebnis

Seitenumbruch

**Spanentstehung**

FO Spanentstehung, FO Gefüge in der Scherzone (Drehen)

Durch den eindringenden Keil wird der Werkstoff vor der Spanfläche gestaucht, getrennt und fließt als Span ab.

**Spanarten**

**Bilder**

**Entstehung**

**Span**

**Reißspan**

kaum Umformung in Scherzone, Werkstoff wird herausgerissen => nicht zusammenhängend

Ein Wie nimmt der Meißel den Span ab ?

=> EuroM52 S.96 „Spanbildung, -formen“

**Scherspan**

schuppenförmiges Abscheren der Spanteile und z.T. Verschweißen Übergang zum Fließspan

**Fließspan**

Verformung des Spanes ohne Trennung fortlaufend

Video Spanentstehung ca. 13'

Vorbereitung: Wdhg metallisches Gefüge = Korn + Korngrenzen

Kurzbeschreibung: Zeigt Spanvorgänge beim Drehen unter dem Mikroskop. Sehr anschaulich für Verständnis der Vorgänge beim Spanen.

Begriffe: Spanwinkel, Aufbauschneide, Fließspan, Reißspan, Scherspan, Korn, Spanfläche.

**Nachbesprechung**

Spanwinkel ist nur ein Einfluss, aber man kann die anderen oft nicht beeinflussen

Fließspan bei großem Spanwinkel und weichem Werkstoff

Reißspan bei kleinem (negativen) Spanwinkel und hartem Werkstoff

Scherspan ist Mittelding und erwünscht

Zusätzliche neue Begriffe

Aufbauschneide entsteht, wenn sich Werkstoffteile vor der Schneide ablagern. Besondere Beanspruchung der Schneide, da die Aufbauschneide zunächst mit der wirklichen Schneide verschleißt, später abreißt und Material der Schneide herausreißen kann.

Korngefüge des Werkstoffes und Einfluss auf Spanvorgang.

0025 Spanentstehung; Einleitung; Versuchsaufbau; Mikroskop, Vorgänge beim Spanen

0060 Spanvorgänge unter Mikroskop: **Bildbreite, Korngefüge**

0080 **Fließspan**: entsteht **ohne große Rissbildung** vor dem Keil wegen örtlicher großer Spannung. Es entstehen wenige kleine Risse auf der Unterseite und wird **durch große Spanwinkel und plastische Verformbarkeit begünstigt**.

0106 **Spanwinkel >0** : kaum Scherrisse

0120 **Spanwinkel =0** : **mehr Stauchung, mehr Scherung, mehr Scherrisse**

0146 **Spanwinkel <0** : **viel mehr Verformung, viel mehr Scherrisse**; Werkstückoberfläche teils verdichtet; große Beanspruchung der Spanfläche; **Materialablagerung an der Schneide**

= **Aufbauschneide**; Scherrisse an der Spanunterseite, beinahe Scherspan

0169 **Scherspan** : unveränderte Bedingung, aber **größere Schnitttiefe**; Haften an Spanfläche, Stauchen, Reißen

0192 **abgerundete Spitze** : **Übergang von Frei- zu Spanfläche**; **Man kann sehen, bei welchem Spanwinkel was auftritt**; **sehr negativer Spanwinkel: Schaben**

0262 **Fließ- und Scherspan** : **wechselndes Verhalten je nach Korngröße**

0294 **Reißspan** : **spröder Werkstoff (grobes Korn)**, kaum plastische Verformung, schlechte Oberfläche durch Herausreißen

0365 abgerundete Oberfläche, geringen Schnitttiefe; zunächst Verdichtung, dann je größer der Spanwinkel, desto typischer die Rissbildung

**Ursachen**

**Werkstoff**

Spanwinkel  $\gamma$

Schnittg.  $v_c$ , Vorschub  $f$

**Wirkungen**

Oberfläche

Maßhaltigkeit

Schnittkraft

Schenwinkel  $\Phi=19$

spröde mit grobem, heterogenem Gefüge

klein

kleines  $v_c$ , großes  $f$

rau

schlecht

schwankend

Zerspanung schwingungsarm

Schenwinkel  $\Phi=32$

zäh, verformbar mit gleichmäßigem Gefüge

groß

großes  $v_c$ , kleines  $f$

glatt

gut

ruhigeres Arbeiten der Werkzeuge

=> erwünscht wg. guter Oberfläche

=> lange Fließspäne stören Arbeitsablauf

**Spanleitstufe**

Ütg: Wie kann die Spanform vom Werkzeug beeinflusst werden

beeinflusst Spanformen = vereinigt beide Vorteile

Fließspäne werden nachträglich gebrochen

=> z.B. kurze Wendelspäne

=> gute Oberfläche, ungestörte Arbeit

**Spanformen**

Einflüsse:  $v_c$ ,  $f$ ,  $h$  ↓: Spanlänge ↑;  $\chi$  ↓: breitere, dünnere, längere Späne;  $\lambda$  ↓: Späne laufen gegen Werkstück und können brechen.

Ütg: Neben den Spanarten unterscheidet man auch Spanformen.

EuroM52 S96 „Spanformen“

Band-, Wirt-, Wendel-, Spiralspäne: nach Eignung für die Handhabung (Spanabfuhr Entsorgung)

Einflüsse: Reichard10 S.99ff

Wenn nicht schon bei Werkzeugverschleiß

Ütg: aus dem Video heraus

**Aufbauschneide**

Werkstoff lagert sich vor der Schneide ab

**Ursache**

kleine oder negative Spanwinkel, niedrige  $v_c$ , zähe Werkstoffe, Verwandtschaft zum Schneidwerkstoff

**Folgen**

Änderung der Schneidengeometrie => Verschlechterung von Maßhaltigkeit und Oberfläche, Verschleiß.

Ab einer werkstoff- und werkzeugabhängigen Grenzgeschwindigkeit nimmt die Bildung der Aufbauschneide ab, aber bei sehr zähen Werkstoffen (z.B. Cu, Al99, Zn-Legierungen) kann die Geschwindigkeit nicht erreicht werden. Verwandtschaft der Werkstoffe liegt z.B. bei Al und  $Al_2O_3$  vor.

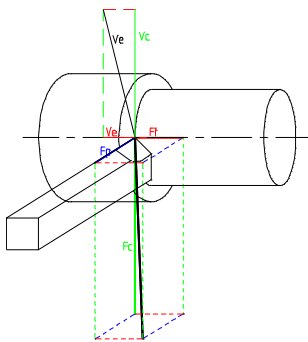
Verschweißen und Losreißen von Teilchen => Verschleiß

Seitenumbruch



Schnittkräfte beim Drehen

Zur Verdeutlichung der 6 Freiheiten dient ein Flugzeug, das Bewegungen in 6 Richtungen ausführen kann.



$$\begin{aligned}
 & F_c \text{ Schnittkraft} \\
 + & F_f \text{ Vorschubkraft} \\
 + & F_p \text{ Passivkraft} \\
 = & F \text{ Zerspankraft}
 \end{aligned}$$

vektorielle Addition (Parallelogramm)!

FO Flugzeug

1) Wdh.:

AB Spanungsgrößen beim Drehen

2) Welche Kräfte und Bewegungen muss die Meißelspitze übertragen?

AB Einstellungen und Schnittkraft beim drehen

} Aktivkraft, bestimmt die Maschinenleistung

Passivkraft, auch Rückkraft, bewirkt Reibung und Verformung von Werkstück und Maschine (lange Werkstücke werden ballig).

$$\begin{aligned}
 & v_c \text{ Schnittgeschwindigkeit} \\
 + & v_f \text{ Vorschubgeschwindigkeit} \\
 + & v_p \text{ gibt's nicht} \\
 = & v_e \text{ Wirkgeschwindigkeit}
 \end{aligned}$$

Vorschubbewegung ermöglicht zusammen mit der Schnittbewegung eine stetige oder mehrmalige Spanabnahme während mehrerer Umdrehungen. ...

Einfluss der Einstellungen auf die Schnittkräfte

Einstellwinkel  $\chi$

zwischen Hauptschneide und Werkstückachse Bestimmt die Verteilung zwischen  $F_f$  und  $F_p$ .

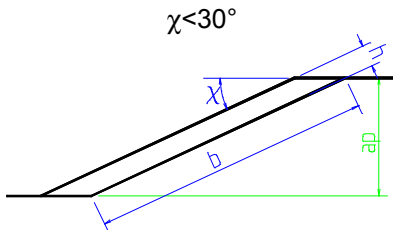
Ültg: Wie die Kräfte und Geschwindigkeiten verändern sich auch die Winkel am Meißel im Einsatz. Während die Werkzeugwinkel am ruhenden Werkzeug betrachtet werden, hängen die Wirkwinkel von den verschiedenen Einstellungen ab.

Vergleiche Flugzeug: Gieren

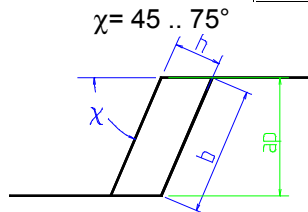
FO Einfluss des Einstellwinkels  $\chi$  auf Passiv- und Vorschubkraft

Kräfteverteilung Schroedel S65

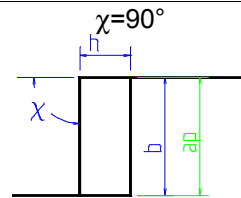
FO zweckmäßige Wahl des Einstellwinkels Zerspanntechnik S.8



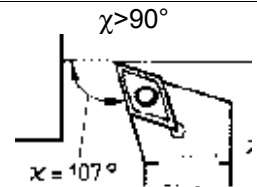
große Spannsbreite => geringe spezifische Schneidenbelastung => harte Werkstoffe Schälspan => gute Oberfläche, => Schlichten. große Passiv-(Rück-)Kräfte



Kompromiss zwischen Schneidenbelastung und Kräften => Schruppen



geringe Passivkraft => schlanke, schwingungsfähige Werkstücke und => zum Schlichten.



Formdrehen, Freistiche usw. Spitze ist bruchgefährdet.

Die Spannsbreite nimmt zu, d.h. ein längerer Teil der Schneide ist im Einsatz und die spezifische Schneidenbelastung nimmt ab. Kräfte werden senkrecht zur Oberfläche übertragen. Um die Vorschubkraft zu erzeugen, muss man radiale Kräfte aufbringen. Diese kosten zwar keine Leistung, verformen aber Maschine und Werkstück.

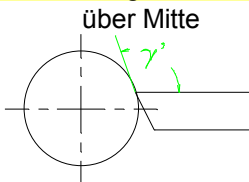
Erklärung Schälspan

Große Passivkraft erzeugt ballige Körper, da das Werkstück weggedrückt wird, ohne dass das Werkzeug folgt.

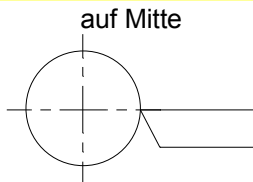
Mittenstellung

Vergleiche Flugzeug: Steigen oder Sinken

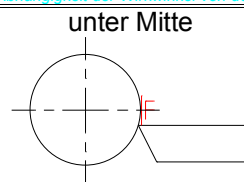
FO Abhängigkeit der Wirkwinkel von der Lage des Werkzeuges



verringert Wirkspanwinkel => Schnittkraftverringern => Schruppen (gelegentlich)



ist die Regel beim Formdrehen zwingend.



Werkzeug wird weniger in das Werkstück gezogen => Schlichten (gelegentlich)

Wirkwinkel und Werkzeugwinkel sind unterschiedlich

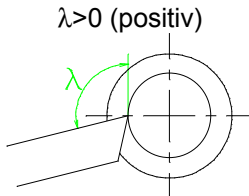
Vgl. Wirkwinkel beim Drehen von Trapezgewinden,  $v_c$  und  $v_e$  sind unterschiedlich (wegen  $v_f$ )

FO Werkzeugwinkel und Wirkwinkel

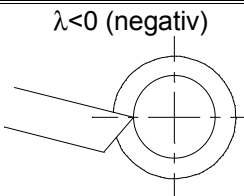
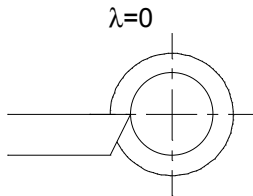
Neigungswinkel  $\lambda$

Vergleiche Flugzeug: Nicken

FO Wirkungen des Neigungswinkels  $\lambda$



Span weg von der Oberfläche ab => Schlichten Spananschnitt an der Spitze => Verschleiß



Span auf die Oberfläche => spanbrechend => Schruppen Spananschnitt an der Schneide => unterbrochener Schnitt

ziehender Schnitt ist negativ! Winkelkonvention wie beim Spanwinkel  $\gamma$ .



Fräsen

Definition und Verfahren

EuroTabM44 einarbeiten!

AB Fräsen (Roßhart)

Vergleich der Planfräsverfahren

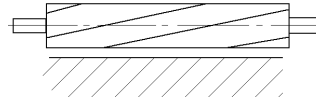
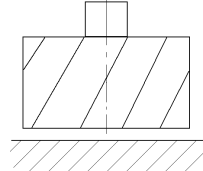
Werkzeuglage

Stirn-Planfräsen

Fräserachse senkrecht ..

Umfangs-Planfräsen

... parallel zur Oberfläche



Skizze

FO Planfräsverfahren

Zeitspannungsvolumen

leichter zu wechseln

größer, da die kürzere Einspannung größere Kräfte erlaubt.

geringer

die größere Vorschübe beim Stirnplanfräsen senken auch den Energiebedarf je Spannungsvolumen

Spanbildung

gleichmäßig oder



ungleichmäßig



FO Stirnplanfräsen

Schneidenbeanspruchung

doppelter Kommaspan

niedriger, wegen gleichmäßiger Späne

- gleichmäßige Belastung
- Schichten durch Nebenschneide

höher durch schlagartigen Ein- oder Austritt

rauer, da ungleichmäßige Belastung und wegen erschwerten Flusses des Kühlschmierstoffes

Oberflächengüte

Stirn-Planfräsen meist besser als Umfangs-Planfräsen

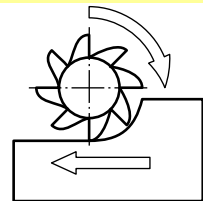
Ausnahmen: Scheibenfräser, gleichzeitiges Fräsen mehrerer Ebenen, Mischverfahren Stirn-Umfangs-Planfräsen

Durchmesser des Messerkopfes.

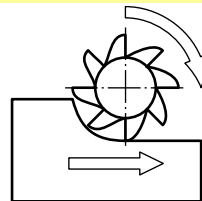
FO Umfangsplanfräsen

Vergleich der Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen

Gleichlaufräsen



Gegenlaufräsen



Bewegungsrichtung

Schneidenbewegung mit ...

... gegen Vorschubrichtung

Skizze

Es gilt die Vorschubbewegung des Werkstückes

Schnittverlauf

Werkstückoberfläche wird

Oberflächenqualität

schlagartiger Eintritt geschnitten

besser  
erkennbar am matten Glanz

schlagartiger Austritt geschabt, gedrückt

schlechter

Schnittkraft

abnehmend  
waagrecht: Werkstück wird geschoben  
=> spielfreier Antrieb nötig (Kugelumlaufspindel)

zunehmend  
senkrecht: Werkstück wird aus der Halterung gezogen  
=> Rattermarken

AM Kugelumlaufspindel  
FO Tischführung

Lastwechsel

Sonstiges

Werkstück wird nach unten gedrückt => dünne Bleche

längere Standzeit bzw. höhere  $v_c$  und  $v_f$  möglich

Oberfläche wird von hinten durchgeschnitten => harte Oberflächen, z.B. Guss  
schabender Anschnitt => Freiflächenverschleiß => kürzere Standzeit

Gleichlaufräsen ist besser als Gegenlaufräsen

Ausnahmen: harte Oberflächen (z.B. Guss), alte Tische



**Fräswerkzeuge**

**Fräserformen**

**Werkzeugtypen**

**Zahnformen**

spitzgezahnt / hinterdreht

**Zahnrichtung**

wendelgezahnte Fräser

- + ruhiger Lauf, geringe Schnittkräfte
- + gute Spanabfuhr
- + Axialkräfte (aufs Spindellager richten)

kreuzgezahnt

- + Vorteile wie wendelgezahnt ohne Axialkraft
- nur für schmale Fräser

geradgezahnt

**Schrupfräser**

Zähne auf Lücke => kurze, dicker Späne

*AB Fräswerkzeuge*

Hinterdrehen von Formfräsern notwendig

Vgl. Bohrer: schwach gewendelte Bohrer sind ebenfalls Typ H. Der Typ W ist bei allen spanenden Werkzeugen am besten an den größeren Spanräumen zu erkennen.

*EuroTabM39 S240 Werkzeug-Anwendungsgruppen*

*FO Fräser verschiedener Typen*

Hinterdrehte Fräser haben eine spiralförmige Freifläche, damit der Freiwinkel bei durch Nachschleifen verringertem Durchmesser konstant bleibt: konstanter Freiwinkel heißt aber auch, dass das Verhältnis Abnahme der Spanfläche zu Durchmesser verringert konstant bleibt, sodass das Fräserprofil erhalten bleibt, wenn der Spanwinkel korrekt eingehalten wird.

*AM Fräser mit verschiedener Zahnrichtung*

kombinierte Fräser möglichst gegenläufige wendeln.

*AM Schrupfräser*

Seitenumbruch

**Hobeln und Stoßen**

schon gar nicht mehr in EuroM50

**Räumen**

Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide für Innen- und Außenprofile meist in einem Arbeitsgang.

- + schwierige Profile
- + hohe Oberflächengüte
- + große Formgenauigkeit
- teures Einzeckwerkzeug

*AM Räumnadel*

z.B. Vierkant-, Keilnabe-, Kerbzahn-, Innensechskant-, Polygonprofil

=> nur für große Stückzahlen

bei ABB in Baden werden die Tannenbaumprofile in Turbinenwellen, die zur Aufnahme der Schaufeln dienen, mit 8,8m Hub aus dem Vollen geräumt.

**Aufbau, Bauarten, Räummaschinen**

siehe Fachbuch

Seitenumbruch



## Fertigungsgruppe 3.3: Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide

### Schleifen

- + hohe Oberflächengüte
- + geringe Toleranzen
- + auch für harte, schwer zerspanbare Stoffe
- + hohes Zeitspannvolumen möglich

### Schleifscheiben

Bestehen aus Schleifkorn, Bindemittel und Poren

### Schleifmittel

Dieselben Stoffe wie bei Schneidkeramik

#### A Korund (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

⇒ zähe, zähnharte Werkstoffe

z.B. Stahl, Schweißnähte, Ti

#### C Siliciumcarbid (SiC)

⇒ weiche und harte Werkstoffe

z.B. Cu, Al, Kunststoffe

#### B Bornitrid (BN)

⇒ Präzisionsschleifen zähharter Werkstoffe z.B. Werkzeugstähle reagiert mit Kühlschmierstoff, zerfällt ab 1200°C

#### D Diamant (C)

⇒ Präzisionsschleifen zähnharte Werkstoffe außer Stahl

z.B. für HM, GG, Glas, Keramik,

### Schleifscheiben

### Andere Größen

### Schleifverhältnis G

$$= \frac{\text{Schleifmittelabtrag}}{\text{Werkstoffabtrag}}$$

Wesentlich bestimmt durch V<sub>s</sub> und V<sub>c</sub>.

vergleiche Schneidfähigkeit

(mit geometrisch bestimmter Schneide!)

$$\cong \frac{\text{Schneidstoffhärte}}{\text{Werkstoffhärte}}$$

Körnung	grob	sehr fein
A, C	4	1200
B, D	1181	46
	⇒ Schruppen	⇒ Präzisionsschleifen

### Verschleißformen

Kornbelastung	⇒ Folge
hoch	Körner brechen und reißen aus
niedrig	Körner splintern (Selbstschärfereffekt)
zu niedrig	Poren verstopfen, Scheibe schmiert, pfeift und glänzt

### Härtegrad von Schleifkörpern

ist der Widerstand des Schleifkornes gegen Ausbrechen

Geschwindigk.-verhältnis

Härtegrad sehr weich weich

Folgen hoher Verschleiß A ... Verschleiß schlechtere Oberfläche

für sehr weiche Werkstoffe verstopfen nicht harte Werkstoffe

Zu harte Scheiben würden verstopfen, ohne dass die Körner ausbrechen.

niedrig (=hoher Vorschub)

hart zu hart

gute Oberfläche

weiche Werkstoffe

**Selbstschärfereffekt (mittlere Kornbelastung: etwas Verschleiß dient der Spanleistung)**

weiche Werkstoffe würden verstopfen

harte Werkstoffe ⇒ Körner reißen

### Überarbeiten (Klingelberg, Reichard, EuroM)

AM Ventilsitring aus Stellite

Wie wird er feinbearbeitet?

EuroTabM39 S253 „Schleifen“

Vergleiche Poren mit Spankammer beim Fräsen usw.: ohne geht es nicht!

Auswahl der Schleifscheibe für die Eingangsaufgabe in der Reihenfolge der DIN-Bezeichnung

Im Prinzip sind die Schleifmittel austauschbar außer dem Diamant, der sich nicht mit Eisen verträgt. Die typischen Einsatzgebiete richten sich nach der Wirtschaftlichkeit (Kosten von Bearbeitung, Schleifkörper, Abrichten usw.). Eine Erklärung der Einsatzgebiete auf Grund der Kornform findet man in EuroM52 S.152.

Tabellenbuch

AM Schleifscheibe und Rohmaterial aus Korund

Farbe: rotbraun (Normalkorund) über rot bis weiß (Edelkorund) bei steigender Reinheit.

Vergleiche weiße Oxidschicht auf Aluminium ist Korund.

AM Schleifscheibe und Rohmaterial aus Siliziumcarbid

Schleifscheiben aus SiC sind grün

Vergleiche Silizium im Quarzsand SiO

Vergleiche Schneidkeramik aus CBN (kubischem Bornitrid)

CBN und D sind monokristallin, haben eine hohe Kornfestigkeit und sind deshalb für Glas geeignet. A, C und synthetische Diamanten sind polykristallin und haben mehr Schneidflächen. Reagiert mit Kühlschmierstoff ab 1050°C und zerfällt ab 1200°C.

Hier wie überall hat der Kohlenstoff des Diamanten eine Affinität zu Stahl (auch V, WC), d.h. er diffundiert ab 800°C in den Stahl, und der Diamant verschwindet. Die beiden Stoffe vertragen sich nicht.

**Wahl des Schneidstoffes hängt von der Wirtschaftlichkeit ab:**

Tabelle siehe EuroM50 S.147

Ein: Schneidfähigkeit: Meißel soll härter sein als der Werkstoff.

Wieso kann man Diamanten schleifen? Schleifverhältnis G.

Die Definition der Schneidfähigkeit macht beim Schleifen keinen Sinn, weil die Härte bei Schleifscheiben anders definiert ist, außerdem kann man auch Werkstoffe schleifen, die härter als der eigentlich Schneidstoff sind (z.B. Diamant schleifen). Härtere Schneidstoffe werden verwendet, um das Schleifverhältnis zu senken. Das beste Schleifverhältnis haben Diamant und Bornitrid, die aber wegen der hohen Kosten oft unwirtschaftlich sind. Korund ist relativ billig

Herstellung: Rohmaterial wird gemahlen und gesiebt

FO Körnung

US-System, bezeichnet die Maschenzahl des Siebes pro Zoll (mesh/inch).

Euro-System, bezeichnet die Maschenweite in µm.

Einsatzbereich siehe EuroFk

Einschub vor Härtegrad

Vergleiche Geländefahrt mit grobstolligen Reifen:

im felsigen Gelände brechen Stollen ab

im normalem Gelände verschleifen die Stollen langsam

in Matsch oder Schnee verstopft das Profil und greift nicht mehr

Ein. im TabB stehen harte Scheiben für weiche Werkstoffe u.u. - Warum? Wieso heißt es harter Schleifkörper und nicht hartes Korn?

Die Auswahl erfolgt nach Werkstoff und Schnittbedingungen.

hoch (=niedriger Vorschub)

hart zu hart

gute Oberfläche schmieren, glänzen, pfeifen Brandschäd. harte Scheiben verstopfen und halten die Körner zu lange

weiche Werkstoffe

Zu harte Scheiben halten die Körner zu lange fest, verstopfen, schmieren, glänzen und pfeifen. Ein großes Geschwindigkeitsverhältnis wirkt wie eine harte Scheibe (hohes v<sub>q</sub> = hohe v<sub>c</sub>), ein niedriges v<sub>q</sub> wie eine weiche Scheibe (siehe unten).

$$q = \frac{v_c}{v_f}$$

=Bindung der Schleifkörner

Reinigung verschmierter Scheiben durch Abrichten, das auch der Profilierung und dem Rundlauf dient.

AM Abrichtstahl

Abrichtstähle reinigen verschmierte Scheiben und profilieren Profilschleifscheiben, z.B. für Gewindebohrer (Fa. Gühring mit Diamantbeschichtung)



**Gefüge**

dichtes Gefüge (z.B. 0)	offenes Gefüge (z.B. 14)
kleine Spanräume	große Spanräume
⇒ Schichten	⇒ schlechte Oberfläche
	⇒ Schruppen

großes Spanvolumen ( $a_p, v_f$ , weicher Werkstoff)

⇒ offenes Gefüge

**Bindung von Schleifkörpern**

**V** Keramik

spröde, wärmestabil

**B, BF** Kunstharz

wärmeempfindlich, zäh ⇒ hohe  $v_{Umfang}$

**M** Sintermetall

sehr zäh und verschleißfest ⇒ für D, B

**G** Galvanische Bindung

**R, RF** faserverstärkter Gummi

**E** Schellack

**maximale Umfangsgeschwindigkeit**

**Schleifscheibe auswählen**

**Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit**

Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  hat wenig Einfluss, steigert aber die Schleifleistung.

Werkstückgeschwindigkeit  $v_f$  in

Geschwindigkeitsverhältnis  $q = \frac{v_c}{v_f}$

hoch: bessere Oberfläche, zu hoch: Brandflecken

niedrig: wirkt wie weiche Scheibe (Schruppen)

Auswahl der Schnittparameter

$v_c$  gemäß vorhandener Scheibe

zugehöriges  $v_w$  ( $v_f$ ) mit  $q$  berechnen

**Unfallverütungsvorschriften**

TabB: Farbkodierung für Höchstgeschwindigkeiten

**Vertiefung**

**Einfluss auf die Oberflächengüte**

**Abrichten von Schleifscheiben**

**Zweck**

- Reinigen  
mit „Igel“
- Rundlauf  
mit „Igel“
- Profilieren  
mit Diamantscheibe oder massivem Diamant  
Crushieren: negativ profilierte Scheibe aus gehärtetem Stahl wird in die Schleifscheibe gedrückt und ohne  $v_c$  abgerollt. Körner der Schleifscheibe werden zerbröseln. funkenerosiv  
elektrochemisch (für metallische Bindungen)

*FO Vergleich Gefüge und Teilung*

Vergleiche Teilung bei geometrisch bestimmten Schneiden  
Warum nimmt man überhaupt ein offenes Gefüge ?

Eselsbrücke: Eigenschaften der Keramik von Villeroy&Boch

Eselsbrücke: Bakelit, Blastik

Eselsbrücke: Rubber

Besteht im Wesentlichen aus Harzen, die eine ostindische Schildlaus aussondert, um sich darin mit ihren Eier einzuschließen, sodass die Jungen sich darin entwickeln. (Merck's Warenlexikon)

*EuroTabM39 S.254 „Schleifscheiben Auswahl“*

*EuroTabM39 S.252 „Schleifen“*

Geschwindigkeitsverhältnis  $q$  ist das Verhältnis zwischen Schnittgeschwindigkeit und Werkstückgeschwindigkeit  $v_f$  (oft auch  $v_w$ ) und umgekehrt proportional zur mittleren Spanungsdicke.  
Hohes  $q$  verbessert die Oberfläche, kann aber zu Brandflecken führen.  
Günstigstes  $q$  siehe TabB

*AB Unfallverütung beim Schleifen*

**Arbeitsblatt mit Bildern unvorschriftsmäßiger Arbeit erstellen und Schüler Fehler eintragen lassen**

*AB Abschlussprüfungen zum Schleifen*

*AB Schleifverfahren und Oberflächengüte*

Einflüsse besprechen, Erklärungen siehe unten.



Feinbearbeitung

Zweck

- Maßgenauigkeit (Toleranzklasse 5)
- Formgenauigkeit
- Lagegenauigkeit
- hohe Oberflächengüte
- möglichst keine Gefügeänderung

Honen

ist Spanen mit gebundenem Korn unter ständiger Flächenberührung des Werkzeuges (Honstein).

Verfahren

Langhubhonen

Honsteine sind länger als das Werkstück  
hervorragendes Ölhalteverhalten  
gute Formgenauigkeit

Kurzhubhonen (Superfinish)  
(Vgl. Schwingschleifer)

Merkmale

Rautiefe Rz = 0,1 .. 10µm

Läppen

ist Spanen mit losem Korn, das zwischen dem formübertragenden Läppwerkzeug und dem Werkstück in ungerichteten Wirkbahnen abrollt

Verfahren

Planläppen

auf Einscheiben-Läppmaschine

Planparallelläppen

auf Zweiseiben-Läppmaschine

Außenrundläppen

Innenrundläppen

Merkmale

matte Oberfläche

Fragen zur Meisterprüfung Wzm, Reichard9 einarbeiten

Typisch: Hubbewegung verbunden mit Drehbewegung, sodass sich die Bearbeitungsriefen unter einem vorbestimmten Winkel kreuzen.

z.B. Zylinderlaufbuchsen, Pleuelstangen, Gehäuse von Hydraulikventilen

zylindrische Außenflächen z.B. Lagerstellen von Kurbelwellen, Wälzlagerlaufbahnen

Typisch: Hubbewegung verbunden mit Drehbewegung, sodass sich die Bearbeitungsriefen unter einem vorbestimmten Winkel kreuzen.

z.B. Messgeräte, Lehren, Dichtflächen von Pumpenteilen, Hartmetallwerkzeuge

z.B. Düsenadeln, Prüfzylinder, Hydraulik-Steuerkolben

z.B. Einspritzpumpenteile, Hydraulikventile



## Sonstiges Trennen

Erodieren

EuroTabM44 einarbeiten!

[Rapp 1983]

Funkenerosive Senken

Drahterodieren

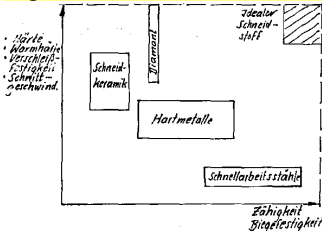


Video Schneidstoffe 2

Vergleicht die Schneidstoffe HSS, HM, Cermet und Schneidkeramik und zeigt Zusammensetzung, Fertigung und Einsatz der Schneidstoffe. Begriffe: HSS geringe Schnittgeschwindigkeit HM Zusammensetzung, Sintern, Beschichtung, Wendeschneidplatten, Schneidengeometrie detailliert, Zerspanungsanwendungsbereiche bis zu Unterschieden in der Zusammensetzung Cermet: Zusammensetzung, Einsatzbereich Schneidkeramik: Hitzebeständigkeit, Schneidkantenfase, Rein- und Mischkeramik

0000 HSS, HM, Cermet, Schneidkeramik 0010 HSS: geringe Schnittgeschwindigkeit, heutiger Einsatz 0025 HM: meist angewendeter Schneidstoff mit Beispielen 0045 HM: Zusammensetzung mit Sinterprozess, beschichtete und unbeschichtete Wendeschneidplatten, Beschichtungsprozess, 0090 Einsatz bei Fräsen, Drehen und Bohren 0100 Schneidengeometrie detailliert 0140 Zerspanungsanwendungsbereiche bis zur Zusammensetzung der HM-Sorten 0183 Cermet: Zusammensetzung, zum Schlichten aller Stahlsorten 0207 Schneidkeramik

Table with 4 columns: Schneidstoffe, Schnellarbeitsstahl, HM, and Schneidkeramik. Rows include Werkstoff, max. Arbeitstemperatur, Vc, Eigenschaften, Sonstiges, Belastungen, and Anforderungen.



Wendeschneidplatten

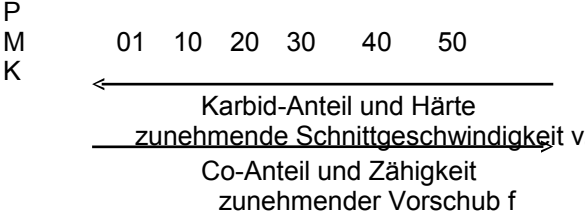
Wendeschneidplatte DIN 6590 SPMN 15 04 ED N P20 DIN6590 ohne Bohrung S quadratisch P Normalfreiwinkel = 11° M Toleranzklasse N ohne Spanleitstufe, von oben geklemmt 15 Kantenlänge in mm 04 Dicke in mm ohne Dezimalstelle E Einstellwinkel 75° D Nebenfreiwinkel 15° N rechts- und linksschneidend P20 Zerspanungs-Anwendungsgruppe

Zerspanungs-Hauptgruppen bei HM

TA Belastungen und Notwendige Eigenschaften für Schneidstoffe einarbeiten

- P für langspanende Werkstoffe z.B. Stahl, GS, ungeeignet für NE-Metalle M für lang- und kurzspanende Werkstoffe in speziellen Anwendungsgebieten z.B. Hartstähle (z.B. Nirosta), NE-Metalle, GG K für kurzspanende Werkstoffe G?, NE-Metalle, Nichtmetalle

Kurzzeichen



Schnittdaten

Ültg.

Video Schneidstoffe 1 Wendeschneidplatte anschließend Werkzeugverschleiß EuroTabM39 243 Wendeschneidplatten DIN 6590 steht nicht im DIN-Nummern-Verzeichnis des Tabellenbuches Europa Ausgabe 41, siehe Inhaltsverzeichnis

Ültg aus Wendeschneidplatten: Welche Bedeutung hat P 20 ?

EuroTabM39 S.134 „Zerspanungsgruppen“ Farbverlauf wie beim Regenbogen: UV, Blau, Gelb, ..., Rot, IR Kennfarbe blau Kennfarbe plau Kennfarbe gelb Mittelding Kennfarbe rot kurzspanend, kein Stahl

Die Schnittgeschwindigkeit wird auf die Standzeit ausgelegt. Durch die zunehmende Härte kann die verschleißfördernde Schnittgeschwindigkeit gesteigert werden.

Mit dem Vorschub steigen die Kräfte, die wiederum Zähigkeit verlangen.



### Aufgaben

- 1 Eine Welle  $\varnothing 40$  aus 16MnCr5 mit Längsnut soll überdreht werden. Zur Verfügung stehen die HM M10, K01, P01, P40. Wählen Sie HM, Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl?  
Lsg: P für Stahl, 40 für Zähigkeit (unterbrochener Schnitt)

EuroTabM39 S134 „Hartmetalle“: P für Stahl, 40 für Zähigkeit (unterbrochener Schnitt)  
EuroTabM39 S247 „Drehen, Richtwerte“: unbeschichtetes HM P40;  $v_c = 70 \dots 95 \text{ m/min}$ ;  $f = 0,1 \dots 1,5 \text{ mm}$ . Gewählt wird  $v_c = 90 \text{ m/min}$  und  $f = 0,2 \text{ mm}$  (wegen Überdrehen = Schichten)  
EuroTabM39 S230 „Drehzahldiagramm“  $n = 710 \text{ /min}$  für  $vc = 90 \text{ m/min}$



Video Schneidstoffe 1

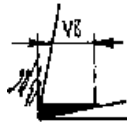
Schneidstoffe 1 Grundlagen

Zeigt für die Schneidstoffe HSS, HM, Cermet, Schneidkeramik, CBN und PKD die unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich Zähigkeit und Verschleißfestigkeit. Behandelt Auswirkungen der Reibungswärme, Werkzeugverschleiß, Schnittparameter (Werkzeugdaten) und Schneidengeometrie ein und zeigt kurz Wendeschneidplatten

Werkzeugverschleiß

Verschleißformen

Freiflächenverschleiß



Kantenabrundung



Verschleißursachen

Reibung, Ausbrüche (z.B. durch Aufbauschneide), Diffusion, Oxidation

Folgen

Maßgenauigkeit, Rautiefe, Standfestigkeit

Standzeit

Standkriterien

Verschleißmarkenbreite VB z.B. VB = 0,2 (mm)  
Rauheit des Werkstückes z.B. Ra = 12,5 (µm)

Einflussfaktoren

vc hat den größten Einfluss auf die Standzeit

Kühlschmierstoffe

Einsatzbereiche

- Öle schmieren besser
- Wasser kühlt besse
- Emulsionen sind eine Mischung
- Fettalkohole haben gute Verdunstungswirkung

Nachteile

Nährboden für hochgiftige Pilze  
Fungizide sind stark umweltschädigend  
sehr teure Entsorgung  
können bei gewuchteten Maschinen die Wuchtung verschlechtern  
=> Trend geht wieder zur Trockenbearbeitung

Trockenbearbeitung

Gründe

- Kosten
- Umwelt
- Arbeitsschutz

0000 Vorspann Drehvorgänge

0016 Werkzeuge mit Wendeschneidplatten für Fräsen, Drehen und Bohren

0022 Schneidstoffe HSS, HM, Cermet, Schneidkeramik, CBN, PKD

0036 Verschleißfestigkeit, Zähigkeit: Schneidkeramik zum Schlichten bei hohen vc

0075 Diagramm Zähigkeit, Verschleißfestigkeit

0090 Reibung, Temperatur, Warmhärte für Schneidstoffe

0102 Werkzeug-: Freiflächen-, Kolk-, Oxidationsverschleiß, mechanisch und chemisch

0135 Werkzeugdaten

0163 Schneidengeometrie

0222 Wendeschneidplatten für Fräsen, Drehen, Bohren

Kolkverschleiß



Spanflächenverschleiß



Ursache für Aufbauschneide

kleine oder negative Span-∠, niedrige vc, zähe Werkstoffe, Verwandtschaft zum Schneidenwerkstoff

dito + Ausbrüche

VB: Verschleißmarkenbreite

Ist die Zeit, die eine Schneide spanend im Eingriff ist, bis Nachschleifen erforderlich ist.

FO Einfluss der Zerspanungsgrößen auf den Verschleiß

i.d.R. wird vc so gewählt, dass eine Standzeit von 15' erreicht wird?

1 Wie kann der Verschleiß bei ansonsten gleichen Schnittdaten verringert werden ?

EuroTabM39 S.154 „Kühlschmierstoffe“

Wirkungsweisen

Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit kann möglich sein, weil weniger Aufbauschneide gebildet wird. Das Werkzeug wird dadurch kühler (!), die Späne heißer. Bohren fand schon immer trocken statt, weil die Spitze gar nicht erreicht wird. Minimalmengenschmierung vermindert Reibungsprobleme und Materialablagerung am Werkzeug. Die Schneide wird ohne Kühlung zwar thermisch stärker, aber mechanisch schwächer belastet, weil die Späne heißer und weicher sind.





### Hauptgruppe 4: Fügeverfahren

#### Fügen

verbindet mehrere Werkstücke miteinander

#### Wirkprinzipien der Fügearten

##### kraftschlüssig

###### Klemmen

z.B. Kabelschuh,

###### Schrauben

z.B. Zylinderkopf gegen Verschieben

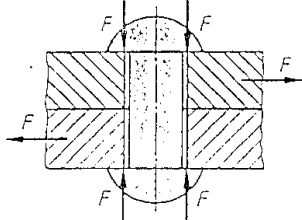
###### Pressen

z.B. aufgeschrumpfte Lager

###### Kegel

z.B. Werkzeugkegel

###### Warmnieten



Werkstücke verspannen beim Abkühlen.  
z.B. Stahlbau

###### Keilriemen

##### bei Überlastung

⇒ rutscht durch

##### lösbar

wenn die Verbindung mit denselben Elementen wieder gefügt werden kann

##### formschlüssig

###### Schnapperverbindungen

z.B. Auskleidung im Kfz, Stecker, Kabelbinder

###### Schrauben

z.B. Zylinderkopf gegen Abheben  
z.B. Passschrauben

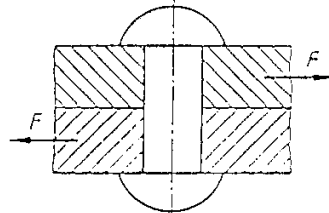
###### Passfedern, Keilwellen

z.B. Keilriemenrad auf Lima

###### Bolzen

z.B. Kolbenbolzen

###### Kaltnieten



wirken wie ein Zylinderstift oder Bolzen  
z.B. Bremsbeläge, Karosseriereparatur  
*FO Nietverfahren, Blindnieten*

###### Zahnriemen, Kette, Zahnrad

⇒ schert ab

##### unlösbar

wenn ein Element der Verbindung beschädigt wird.

#### Gesamtvertiefung

*FO zerlegter Polizeipanzer von G.Seyfried*

- 1) Ein: Das kriminalistische Problem „Wer war das?“ können wir zwar nicht lösen, aber wir können das kleine Malheur beheben.
- 2) In welcher Hauptgruppe sind die nötigen Fertigungsverfahren eingeordnet.

Wdhg: Die 6 Hauptgruppen der Fertigungsverfahren sind: Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Stoffeigenschaften ändern und Beschichten.  
Fügen verbindet hinsichtlich allgemeiner Energieübertragung (z.B. Schweißen - Kraft, z.B. Keilriemen - Bewegung), Stofffluss (z.B. Bremsleitung) oder Informationsfluss (z.B. elektrische Kabel) [HTFKM 1990] S.285.

- 3) Brainstorming: Welche Fügearten kennen Sie? Gegliedert an die Tafel schreiben, anschließend Unterschied finden lassen

#### Fragestellung ?

##### stoffschlüssig

###### Löten

*FO Hartlöten einer Karosserie*

###### Kleben

z.B. Scheiben, Schraubensicherung, Bremsbeläge, Alu-Karosserie des Lotus Elise

###### Schweißen

z.B. Stahlkarosserien

**nur Passschrauben dürfen scherbelastet werden.**

Geeignete Aluminiumverbindungen Mg- oder Cu-Anteile) härten beim Warmauslagern langsam aus. Alu-Nieten im Flugzeugbau werden deshalb bis zur Fertigung kalt gelagert, härten nach der Montage aus und erhalten erst dann die notwendige Scherfestigkeit.

*FO Fügeverfahren*

*FO Beispiele für Fügeverfahren*

Viele Verbindungen enthalten mehrere Prinzipien

⇒ Werkstoff wird zerstört

*Ütg: Ein stark beschädigter Kotflügel soll ausgewechselt werden.*

*Wie sind Kotflügel montiert? Geschraubt oder geschweißt.*

*Welchen Unterschied macht dies für das Auswechseln?*

*Vtfg: Ordne im TA Wirkprinzipien zu, welche Verbindungen lösbar und welche unlösbar sind.*

*AB Wirkprinzipien der Fügeverfahren*



### Schweißen

#### Alternative Einführung

#### Versuch Stiftschweißen

7 Stabstifte bündeln, den mittleren herausstehen lassen, mit der Hand fest zusammen drücken und so gegen den Tisch schlagen, dass der herausstehende Stift zwischen die anderen geschoben wird: Stifte verschweißen durch die Reibungshitze.

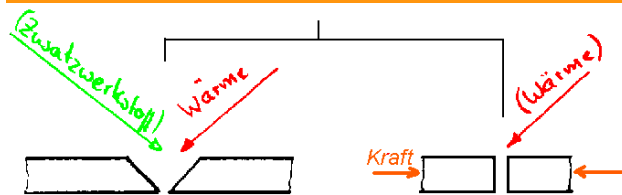
#### 1) Warum bleiben die Stifte aneinander kleben?

ist das Verbinden oder Beschichten von Werkstoffen mit oder ohne Zusatzwerkstoff. Der Werkstoff wird dabei flüssig.

#### Merkmale

- + freie Gestaltung, einfache Ausführung
- + Gewichtseinsparung
- + keine Gussmodelle erforderlich
- Gefügeänderung in der Schweißzone
- Verzug und Schrumpfung am Bauteil
- nicht für alle Metalle geeignet

### Verfahren des Metallschweißens



#### Schmelzschweißen

mit Wärme und Zusatzwerkstoff

Gaswärmeschweißen (A-Schweißen)

Lichtbogenschmelz-Sch. (E-Schweißen)

- Unterpulver-Sch.
- Lichtbogen-Sch.
- Schutzgasschweißen

#### Pressschweißen

mit Wärme und Kraft

Widerstandspressschw.

Punktschweißen

Reibschweißen

### Schweißverfahren

#### Pressschweißen durch elektrischen Strom

z.B. Punktschweißen

#### Pressschweißen durch Bewegung

z.B. Reibbolzenschweißen

rotationssymmetrische Teile werden aneinander gepresst, ein Teil wird gedreht. Aufschmelzen durch Reibungswärme, für Hohlshaftventile, Kunststoffe, aus dem Vollen gefrästes Turbinenrad und die Welle fügen (ABB, Baden, 1995) usw..

#### Pressschweißen durch elektr. Gasentladung o.ä.

z.B. mit magnetisch bewegtem Lichtbogen

#### Pressschweißen durch Gas

z.B. Feuerschweißen

Uraltverfahren: Teile werden im Feuer erhitzt und aufeinander geschmiedet, funktioniert auch bei Gusseisen, inzwischen verdrängt.

#### Gießpressschweißen

#### Schmelzschweißen durch elektrischen Strom

#### Schmelzschweißen durch Strahl

z.B. Lichtstrahlschweißen

#### Schmelzschweißen durch Flüssigkeit

z.B. Gießschmelzschweißen

#### AM Bimetallventil

#### 1) Wie werden Schaft und Teller bei Bimetallventilen gefügt?

2)

Um optimale Werkstoffe für die thermische Belastung am Ventilteller und für die Reibung am Schaft einsetzen zu können, werden manche (Auslass-)ventile aus 2 verschiedenen Werkstoffen durch Reibschweißen gefügt. Ventilsitz und Schaftende können durch Auftragschweißen verschleißfest gemacht werden. Man nennt dies panzern.

Definition: Schweißen (thermisches Fügen) ist das stoffschlüssige Vereinigen oder Beschichten von Werkstoffen in flüssigem oder plastischen Zustand unter Anwendung von Wärme und / oder Kraft, ohne oder mit Zusatzwerkstoff. (EuroM50 S190). In Ausnahmefällen bleibt der Werkstoff fest (Diffusionsschweißen, Kaltverschweißen, z.B. von Parallelendmaßen) oder teigig (Kunststoffe).

nicht unterrichten

Wärme kann durch Druck, Reibung, elektrischen Strom, Gasflamme, Holzkohlenfeuer u.v.a.m. eingebracht werden.

Zusatzwerkstoff kann auch beim Schmelzschweißen entfallen.

Beim Pressschweißen kann die Wärme entfallen, wenn genügend Druck vorhanden ist, z.B. beim Sprengschweißen.

#### FO zu Schweißverfahren

Schweißverfahren, die nicht vertieft werden, können hier an Hand der Folien erläutert werden.

### Mbm, Kfz nur Pressschweißen durch elektr. Strom

#### FO Einteilung der Schweißverfahren (Schal S158f)

#### FO Punktschweißen (Schal S166 bis 169)

Bauteile werden zusammengepresst und Strom hindurch geschickt. An der Berührungsstelle ist der höchste Widerstand, die Werkstoffe werden dort am heißesten und (ver-)schmelzen. z.B. Buckelschweißen für Monierstahlgeflechte.

#### FO Reibschweißen (Schal S163)

z.B. Sprengschweißen für unterschiedlichste Werkstoffe untereinander, z.B. Ta (Smp. 2800°C) mit Cu (Smp. 1083°C).

Bauteile werden mit kleinem Spalt gefügt. Dann wird ein Lichtbogen dazwischen gezündet und magnetisch geführt, für Rohre.

#### z.B. Diffusionsschweißen

Teile werden gepresst und bei Luftabschluss bis knapp unter die Soliduslinie erhitzt. Die Verbindung erfolgt durch Diffusion (etwa wie Lötten ohne Lot), für Reaktor- und Luftfahrttechnik.

Gießfüge wird z.B. mit Thermit (ausgegossen und?) erwärmt, Fe wird Zusatzwerkstoff, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> schirmt Luft ab und schwimmt obenauf.

Elektroden schmelzen ab, auf der Schmelze liegt Schlacke (Schweißnaht ist beidseitig eingeformt). Die Wärme entsteht nicht durch Lichtbogen, sondern durch Widerstand in der Schlacke ähnlich dem Unterpulverschweißen. Vorteil: billig bei hoher Schweißleistung, wenig Pulververbrauch.

Wärme durch fokussiertes Licht, für Glas, Keramik, Kunststoffe, auch Metalle.

ähnlich Gießpressschweißverfahren ohne Pressung, für Langschienen der Bundesbahn über mehrere Kilometer



**Schutzgasschweißen**

Schutzgas schirmt das Metall und die Elektrode gegen Luft ab und sorgt für guten Stromfluss

**Merkmale**

- + alle Stromarten möglich
- + Stumpfnähte usw. leicht zu schweißen, auch vertikal und über Kopf.
- + wenig oder kein Verlust an Legierungselementen, deshalb gute Eigenschaften der Schweißnaht.
- + glatte, saubere Oberfläche, kein Flussmittel nötig
- + fast alle gebräuchlichen Metalle schweißbar

*Kfz: Wichtigste Verfahren in der Kfz Werkstatt?*

*Meister: Einfachstes Verfahren für den Heimwerker?*

**nicht unterrichten**

Wechselstrom oder Gleichstrom in beiden Polungen

**Einteilung der Schutzgasschweißverfahren**

**Video Schutzgasschweißen**

Schüler in drei Gruppen teilen (WIG, MIG und MAG); Auftrag:

- Was heißt WIG, MIG und MAG?
- Welche Elektrode wird eingesetzt?
- Welches Schutzgas wird verwendet?
- Wofür wird das Verfahren angewendet?

	WIG	MSG (Metall-Schutzgasschweißen)	
		MIG	MAG
<b>Bedeutung</b>	<b>Wolfram-Inertgas-Schweißen</b>	<b>Metall-Inertgas-Schweißen</b>	<b>Metall-Aktivgas-Schweißen</b>
<b>Elektrode</b>	Dauer-Elektrode aus <b>Wolfram</b> Wolfram ist sehr hitzebeständig (Glühfaden einer Glühbirne) und wird kaum verbraucht. Wechsel- oder Gleichstrom mit negativer Polung (positive Elektrode wird geschont.)	<b>abschmelzende Metallelektrode (= Zusatzwerkstoff)</b> Zusatzwerkstoff dient gleichzeitig als Elektrode und muss ständig von der Rolle nachgeführt werden. Dadurch erspart man sich thermische Probleme mit der Elektrode und kann praktisch jede Stromart verwenden, aber man bekommt Probleme durch ständiges Ändern des Abstandes der Elektrode zum Werkstück, Elektrodenform, Stromstärke usw.	
<b>Schweißgas</b>	<b>Inertes Schutzgas: reagiert nicht mit dem Werkstoff (z.B. Ar, He, H<sub>2</sub>)</b> Inert: Vergleiche Edelmetalle (Gold läuft nicht an) und Edelgase (reagieren nicht) Alle Gase rein oder gemischt, reiner H <sub>2</sub> nur noch selten.	<b>Inertes Schutzgas (z.B. Ar, He)</b>	<b>Aktives Schutzgas: reagiert mit dem Werkstoff, (z.B. Ar mit CO<sub>2</sub> oder O<sub>2</sub>)</b> - <b>billig, verbrennt aber Legierungselemente</b> CO <sub>2</sub> ist thermisch instabil, zerfällt im Lichtbogen und setzt O <sub>2</sub> frei. H <sub>2</sub> wird zur Reduktion eingesetzt. N <sub>2</sub> mit 1 .. 30% H <sub>2</sub> -Anteil dient dem Wurzelschutz.
<b>Anwendung, Merkmale</b>	+ hochwertige Schweißverbindung für alle Metalle, besonders für Leichtmetalle, Wechselstrom und Cr- und CrNi-Stähle Gleichstrom - teuer, langsam - besonders mit Zusatzwerkstoff schwer handzuhaben	+ für NE-Metalle	+ für un- und niedriglegierte Stähle weil hier keine Legierungselemente verbrannt werden können, mit viel Ar auch für hochlegierte Stähle + leicht zu lernen + leicht anzuwenden + hohe Schweißleistung + <b>billig (Karosseriebleche)</b>

**Aufbau einer MIG / MAG-Schweißanlage**

**FO MIG-MAG-Schweißanlage**

*EuroKfz25 S.85 Bild 1 und 2 „Schweißbrenner, MAG-Schweißen“*

*Besprechung an Hand Fachbuch und Folie, ohne TA*

- Welche Bauteile hat eine MIG/MAG-Schweißanlage und Brenner
- Welche Aufgaben haben die Teile?

- Ar, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>; schirmen Schweißstelle gegen Luft ab; verlangsamen Auskühlen und verbessern Plasmaaufbau
- die Anlage kann für MIG- und MAG-Schweißen verwendet werden, es muss nur die Gasflasche ausgetauscht werden.

*Flaschendruck muss von > 100bar auf Arbeitsdruck reduziert werden (Acetylen 0,25 .. 0,5 bar, Sauerstoff 2,5bar, Schutzgas?). Wie funktioniert das?*

*In Partnerarbeit mit Fachbuch Funktion erarbeiten und dann besprechen.*

*Lernziel: Zeichnung lesen, Funktion beschreiben, Druckregelventile kennenlernen (sind häufig im Kfz!)*

**FO Druckminderer**

*EuroKfz25 S.81 Bild 1 2 „Schweißen“*

- begrenzt Schutzgasverbrauch
- Draht wird nachgeführt
- Geschwindigkeit, Strom und Werkstoff müssen aufeinander abgestimmt sein
- Elektrodendraht, Stromzufuhr, Schutzgas, eventuell Kühlung (falls der Elektrodenquerschnitt für die Stromstärke nicht ausreicht).

*führt Strom zurück. Man muss die Polung beachten, weil durch die kinetische Energie der Elektronen die Temperatur der +-Seite höher als die der - Seite ist. Je nach Ort des Anbringens kann der Rückstrom den Lichtbogen beeinflussen (Blaswirkung).*

- steuert Schweißstrom
- abstimmen mit Drahtwerkstoff, Werkstückdicke und Geschwindigkeit

*führt Drahtelektrode*

*Strom und Drahtvorschub werden gleichzeitig geschaltet*

Schutzgase

Druckminderer

Antrieb für Drahtvorschub

Schlauchpaket

Polklemme

Schweißspannung

Drahtführungsseele

Schalter



**Einstellungen beim MIG-MAG-Schweißen**

Matrix und Beschriftung vorgeben; Hitze, Schweißleistung und Anwendung fragend entwickeln. Lichtbogenarten

	<b>Drahtvorschub</b>	<b>klein</b>	<b>groß</b>
<b>Schweißspannung</b>		⇒ kleine Schweißleistung	⇒ große Schweißleistung
<b>lein</b> 14 - 25 V, bis 125 A ⇒ kleine Hitze		dünne Bleche Zwangslagen ⇒ Kurzlichtbogen	
<b>groß</b> 25 - 40 V, 125 - 350 A ⇒ große Hitze			dicke Bleche, keine Wurzelnähte ⇒ Sprüh-/Langlichtbogen

Vergleiche Stromstärken:  
Glühbirne 100 W mit 0,5A bei 220V  
Glühbirne 100W mit 8 A bei 12W  
Anlasser 150 .. 250 A

Schweißspannung und Drahtvorschub müssen auf Blechdicke und Werkstoffe abgestimmt sein.

**Schweißrichtung**

Gemeint sind die Werkstoffe der Werkstücke und der Elektrode.

**nur bei Meister:**

*Video MAG 1 Lichtbogenarten*

*anschließend Lichtbogenarten eintragen.*

*Gleichartiges Problem bei E- und A-Schweißen*

*FO Schweißrichtung*

**Gefahren beim Schweißen**

Gefährlich ist zwar der Strom und nicht die Spannung, aber ab ca. 40V kann tödlicher Strom im Körper entstehen

Der Schüler soll verstehen, dass bereits geringe Spannungen gefährliche Ströme entstehen lassen können.

Warum stellt man die Spannung nicht höher ein ?

Impulse: Elektrostatische Entladung haben bis 100000V und sind ungefährlich, die Autobatterie bringt beim Anlassen 200 A und ist ungefährlich.

Bei Kontakt mit elektrischen Spannungen ab ca. 40V können im Körper gefährliche Ströme entstehen. Diese führen zu Verbrennungen oder zu Muskelkrämpfen (z.B. Herzstörungen).

⇒ Schutzkleinspannung 40V

Auch bis 40V können tödliche Ströme entstehen, wenn ungünstige Umstände vorliegen:

- kurze Wege (Brust - Herz - Rücken, Schläfe - Hirn - Schläfe)

⇒ besondere Vorschriften in engen Räume, z.B. Karosserien

**Gasschmelzschiessen****Merkmale**

- + unabhängig von Strom
- + Reduktionswirkung
- Flamme hat wenig Energie (bis ca. 4mm Stahl)

**Sicherheitsregeln***AB Sicherheitsregeln im Umgang mit Gasen**AB Sicherheitsregeln beim Umgang mit Gasflaschen***Gasverbrauch****Aufbau der Anlage****Sauerstoffflasche****Acetylenflasche****Druckminderer****Sicherheitsvorlagen (Flammrückschlagventil)****Brenner - Acetylen-Sauerstoff-Flamme****neutrale Flamme (Gas : O<sub>2</sub> = 1 : 1 .. 1,1)**

Der optimale Arbeitsbereich liegt 2 .. 5mm vor dem hell leuchtenden Flammenkegel

- größte Temperatur
- schwach reduzierende Wirkung des CO für Fe

**Sauerstoffüberschuss**

- oxidiert Fe-Werkstoffe, Schlackeneinschlüsse
- + verhindert Verdampfen von Zn in CuZn-Legierung

**Acetylenüberschuss**

- kohlt Fe auf ⇒ Versprödung
- für Hartlöten, Al, Mg und GG

**Flammenregulierung durch Ventileinstellung**

Sauerstoff zuerst ein und zuletzt aus

**Schweißrichtung**

Wichtig ist das vollständige Aufschmelzen der Fugenflanken.

**Nachlinksschweißung (NL)**

für Bleche bis 3mm wg. der geringen Wärmeabgabe

**Nachrechtsschweißung (NR)**

für Bleche ab 3mm wg Schutz des Schweißbades vor Luft und schneller Auskühlung

**Zusatzwerkstoff**

Schweißstabklassen I bis VI farbig gekennzeichnet, Anwendung und Eigenschaften siehe TabB

**Schweißgeeignete Werkstoffe**

- Allg. Baustähle, Feinkornbaustähle, niedriglegierte Stähle mit C max. 0,2% gut schweißbar
- hochlegierte Stähle, GG, Al nur bedingt schweißbar (mit Flussmitteln)

**Darstellung**

Kennzahl 3 bzw. 311

**nicht Kfz**

Autogenschweißgeräte bleiben auch in der Kfz-Werkstatt unverzichtbar zum Erwärmen zum Schrauben usw.. (Krafthand 127/95; Tips zur Einrichtung einer Werkstatt)

Bearbeitung zuerst, weil die Sicherheitsregeln einige Besonderheiten begründen, z.B. dass Acetylen durch den Sauerstoff angezogen wird, weil Acetylen bei Drücken über 2bar explosionsartig zerlegt. Bei niedrigen Drücken kann aber nicht genug Acetylen strömen

*Formeln und Werte: EuroTabM39 S267f „Druckgasflaschen“**FO Gasschmelzschiweißausstattung*

und Schlauch sind blau, kein Fett oder Öl verwenden,

gelb oder weiß, Schlauch rot

Acetylen verbrennt unter starker Wärmeabgabe:  $2C_2H_2+5O_2 \rightarrow 4CO_2+2H_2O+624kcal$ ; früher hergestellt aus Calciumcarbid:  $CaC_2+H_2O \rightarrow C_2H_2+Ca(OH)_2$ ; Calciumcarbid entsteht im Lichtbogen elektr. Öfen aus Koks und gebranntem Kalk:  $CaO+3C \rightarrow CaC_2+CO-110,5kcal$

*FO Druckminderer*

reduziert Flaschendruck auf Arbeitsdruck  
Sauerstoff 2,5 bar; Acetylen 0,03 .. 0,8 bar

*FO Sicherheitsvorlage*

verhindert bei Flammrückschlag, dass Gas in die Flasche tritt.  
Die Gasaustrittsgeschwindigkeit muss größer als die Zündgeschwindigkeit sein. Wird sie unterschritten, kann es zum Flammrückschlag kommen.

*FO Brenner**FO Acetylen-Sauerstoff-Flamme*

Auch andere Brenngase möglich, Acetylen ist bevorzugt, weil es die höchsten Verbrennungstemperaturen erzeugt.

**Warum wird das Verdampfen verhindert?**

Weil Sauerstoff Acetylen ansaugen soll

**TA siehe Blatt**

gilt für Rechtshänder

*FO Schweißrichtung*

Brenner zeigt in Richtung Fuge, Blech wird vorgewärmt, schnelles Schweißen möglich

Brenner zeigt in Richtung der fertigen Schweißnaht, Schweißnaht kühlt langsamer ab  
Wenn das Schweißbad bzw. das Blech zu schnell abkühlt, kann es zum Abschreckhärten mit Verspröden kommen.

*EuroTabM39 S268 „Gasschweißen“**EuroTabM39 S268 „Gasschweißen“*

Martensitbildung

*EuroTabM39 S88 „Schweißsinnbilder“*



## Lichtbogenhandschweißen (E-Schweißen)

Wärmequelle: elektrischer Lichtbogen

Zusatzwerkstoff: Stabelektrode

### Sicherheitsregeln

*AB Sicherheitsregeln beim Lichtbogenschweißen*

### Aufbau der Anlage

#### Schweißstromquellen

Schweißtransformator (AC in AC)

- + einfach, verschleißarm, leise, kaum Blaswirkung
- nicht für alle Elektroden, schlechte Zündeigenschaft, sehr gefährlich, deshalb übliche Leerlaufspannung max. 80V~

Schweißgleichrichter (Drehstrom in DC)

- + Leerlaufspannung bis max. 100V -
- + kurzschlussichere Bauart ist für enge Räume zugelassen (Leerlaufspannung max. 42V-)
- + sehr gute Schweißeigenschaften, für alle Elektroden, Polung wählbar
- Blaswirkung, teuer

Schweißumformer (Schweißaggregat, Motor erzeugt DC)

- + wie Schweißgleichrichter
- laut, Wartung nötig, Leerlaufverluste

Gleich- oder Wechselstrom

Stromstärke 60-1000A, abhängig von Elektrode und Werkstückdicke.

#### Leerlaufspannung ist aus Sicherheitsgründen begrenzt:

- enge Räume

Betriebsspannung 15 .. 50V ~

#### Stabelektrode

Kerndraht = Zusatzwerkstoff

Umhüllung

- stabilisiert Lichtbogen (Gas)
- schirmt Schmelze gegen Luft ab (Gas)
- verringert Schrumpfspannungen (Schlacke)
- führt bei Bedarf Legierungselemente zu.
- beste Nahtgüte bei basischer Umhüllung.

**Lagerung: trocken bei mindestens 18°C**

Auswahl, Kennzeichnung, Elektrodenbedarf siehe TabB

#### Blaswirkung

Magnetfeld um die Elektrode und den Strompfad im Werkstück drängt den Lichtbogen ab.

Abhilfe:

- andere Richtung für die Stabelektrode
- Polklemme an andere Stelle
- Wechselstrom

Bei genügender Spannung über der Luft oder durch Erhitzen der Luft (Stabelektrode berührt Werkstück kurz) wird diese ionisiert und leitend. Es entsteht ein Lichtbogen. Siehe auch geöffneten Lichtschalter. Temperaturen am Minuspol ca. 3600°C, am Pluspol (meist Werkstück) ca. 4200°C (durch kinetische Wirkung der Elektronen).

*Bez. - HJTabKfz16 S108 "Schweißarbeiten"*

*- EuroM50 S196,203 "Schweißen"*

*- EuroTabM37 S259 "Schutz vor gefährliche Körperströmen"*

*FO Lichtbogenschweißanlage*

Gleichstrom kann durch das Magnetfeld in Elektrode und Werkstück zur Ablenkung des Lichtbogens führen (Blaswirkung).

Wechselstrom bewirkt einen instabilen Lichtbogen (Zusammenbruch bei jedem Nulldurchgang).

Vgl. Haushaltsströme (16A Hauptsicherung), Anlasser, Halogenlampe  
Wdh. Wirkung auf den Körper

Edison wollte Gleichspannung einführen (leichter handzuhaben, aber schwerer zu transportieren) und hat zur Demonstration einen Hund mit Gleich- und Wechselstrom traktiert. Bei Wechselstrom starb der Hund.

*EuroTabM39 S272ff „Stabelektrode“*

*EuroM50 S195*



### Vorgänge beim Schweißen

#### Wärme kann bewirken

- Schrumpfkräfte beim Abkühlen:
- Spannungen: Werkstoff muss zäh sein
- Verformung: bei Konstruktion berücksichtigen
- Härten und Verspröden bei zu schnellem Abkühlen:  
C-Gehalt niedrig oder Wärmebehandlung
- Gefügeveränderung: geeignete Legierung und/oder  
Wärmebehandlung

#### Schweißflamme, Schutzgas kann bewirken

- entkohlen, aufkohlen
- Verbrennung der Legierungselemente

#### Schweißgeeignete Werkstoffe

- unlegierte Stähle:  $C < 0,22\%$ ,  $P < 0,05\%$ ,  $S < 0,05\%$   
problemlos; darüber geeignete Zusatzwerkstoffe  
verwenden
- legierte Stähle: benötigten artgleichen Zusatzwerk-  
stoff. Können nicht durch Gasschweißen  
geschweißt werden.
- Stahlguss: mit jedem Schweißverfahren, vorwärmen  
gegen Aufhärten
- Gusseisen: kann kaum Zugspannungen auf-  
nehmen, genaue Kenntnis der Spannungs-  
verhältnisse erforderlich
- Kupfer mit WIG und MIG, bei Wandstärken  $> 5\text{mm}$   
vorwärmen wegen der guten Wärmeleitung
- Leichtmetall(-Legierungen): mit WIG (Wechsel-  
strom) oder MIG, Schweißstellen müssen metallisch  
blank sein

[EuroTabM] "Schweißen"



## Löten

Löten ist ein Verfahren zur stoffschlüssigen Verbindung oder zur Beschichtung von Werkstoffen mit Hilfe eines geschmolzenen Lotes (Schmelzlöten) oder durch Diffusion an den Berührungsflächen (Diffusionslöten). Die Schmelztemperatur der Lote liegt niedriger als die der Fügewerkstoffe.

## Aufbau einer Lötverbindung

### Bild

## Spaltenbreite

wird durch Kapillarwirkung und Legierungsbildung bestimmt. Günstigste Werte beim Spalllöten:

- 0,05 .. 0,2mm (mechanisches Löten)
- 0,1 .. 0,3mm (Handlöten)

## Legierungsbildung

in den Grenzschichten, deshalb ist die Festigkeit einer Lötverbindung höher als die des Lotes

## Kapillarwirkung

zieht das Lot in den Spalt (Fülldruck)

## Lötverfahren (nach Temperatur)

### Löttemperatur

muss zwischen Arbeitstemperatur und maximaler Löttemperatur und im Wirktemperaturbereich liegen

### Weichlöten

Arbeitstemperatur < 450°C

Festigkeit  $\tau_B \approx 5 \text{ N/mm}^2$

### Hartlöten

Arbeitstemperatur > 450°C

Festigkeit  $\tau_B \approx 90..100 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_m \approx 180..200 \text{ N/mm}^2$ .

### Hochtemperaturlöten

Arbeitstemperatur > 900°C

## Lötverfahren nach Art der Lotzuführung

### AM Kühler, Steuergerät einer Motronic

- 1) Flüssigkeit unter dem eig. Fz, Geschmacksprobe ergibt: Kühlflüssigkeit!
- 2) Was tun?: Kühler löten
- 3) Welcher Unterschied besteht zwischen Löten einerseits und Kleben und Schweißen andererseits ?

weitere Anwendungen: Karosserie, Kühler (moderne Kühler werden unverlötet gesteckt: einfacher, erlaubt Kunststoff), Elektronik, Installationstechnik, HM-Schneiden, Konserven  
Quellen: [Roloff/Matek 1995], [Klein 2008] S.618ff

### AM 2 Glasplättchen, Spritze, gefärbtes Wasser, Öl, Spülmittel

- 1) Was benötigt man, wie geht man vor beim Löten  
zwei Bleche, Lot, Schmelztemperatur des Lotes
- 2) Wie kommt das Lot in den Lötspalt ?  
Flüssigkeit wird durch Kapillarwirkung (beidseitige Adhäsion, siehe am Glasrand) Adhäsion in den Spalt gezogen. Keine Adhäsion bei Wasser auf gewachstem Lack.
- 3) Voraussetzung für Kapillarwirkung  
Lötspalt muss eng sein (0,05 .. 0,25mm), Werkstücke müssen sauber sein  
Zum Benetzen verwendet man zweckmäßige Hilfsmittel: Flussmittel (Lötwasser, Löt fett, Streuborax = Natriumbikarbonat, Kolophonium = in Alkohol gelöste Harze). Blanke heiße Metalle oxidieren schnell, deshalb wird auch Schutzgas eingesetzt

### Vers 2- Glasplättchen mit weitem Spalt

Öl auf Glasplättchen, anschließend Wasser; gewachster Lack ist auch sauber

### Vers 3- Welches Mittel hilft beim Reinigen und Benetzen

- 4) TA vervollständigen
- 5) Vorbereitung einer Lötstelle  
Anpassen für engen Lötspalt, blank durch Bürsten und Schaber; Flussmittel zum Reinigen von Oxiden und besserem Fließen
- 6) Nachbereitung  
Flussmittel entfernen

### FO Einfluss der Spaltenbreite beim Löten

Beim Fugenlöten (Spaltenbreite > 0,5mm oder ungleichmäßige Spaltenbreiten) verwendet man Schmierlote (z.B. L-PbSn25Sb) im Arbeitsbereich zwischen Liquidus- und Soliduslinie. Da hier die Kapillarwirkung keine Rolle spielt, werden Nähte ähnlich wie beim Schweißen gezogen (Schweißlöten). Anwendung beim Reparaturlöten an Stahl- und Gussteilen mit dem Vorteil geringer Wärmespannungen.

### Vers Diffusion. Tinte auf Kreide

Für die Festigkeit einer Lötung ist die Tiefenausdehnung der Diffusionszone maßgebend.

### Vers: gefärbtes Wasser zwischen zwei Glasplättchen

Kapillarwirkung entsteht durch die Adhäsion zwischen Werkstoff und Lot.  
Vgl.: Wasser am Glasrand, Aufsaugen von Wasser in Textilien  
Neben der Kapillarwirkung spielt die freierwerdende Energie bei der Legierungsbildung eine Rolle  
andere Einteilungen siehe Schal: Fertigungstechnik 2 S.214ff

### Kennzahlen siehe EuroTabM39 S.89 „Löten, -Sinnbilder“

**Arbeitstemperatur** ist die niedrigste Temperatur an der Berührungsfläche zwischen Werkstück und Lot, bei der das Lot fließen und sich binden kann.  
**maximale Arbeitstemperatur** ist die Temperatur, bei der das Lot beginnt zu verdampfen oder Werkstück oder Flussmittel beschädigt wird.

**Wirktemperaturbereich** bezieht sich auf die Wirkung des Flussmittels.  
Lote meist aus Legierungen weicher Metalle wie Sn, Zn, Pb und Cd. Sonderweichlote mit Schmelzpunkten bis 38°C oder mit In (Indium) und Bi (Bismut oder Wismut!) (hält auf Glas und Keramik).

Einsatz: Elektrik, Schmuckwaren, Nahrungsmitteltechnik (Pb<10%, kein Cd, Ag senkt Schmelztemperatur) und Kryotechnik

Festigkeitswerte bis 500 N/mm<sup>2</sup> möglich

Lote mit Au, Pt, Cu, Ni, Pd, Ge, Ti mit Arbeitstemperaturen von 880 bis 200°C.

Lötverfahren unter Schutzgas oder im Vakuumofen ohne Flussmittel.  
Einsatz: Luft- und Raumfahrttechnik LRT, Reaktortechnik, z.B. bei ABB in Baden werden die Schaufeln radialer Laufräder zwischen die seitlichen Ringe gelötet (Vakuumlöten mit angelegtem Lot bei ca. 1300°C in einem Ofen, der auch zum Härten, Diffusionsglühen usw. eingesetzt wird).

Löten mit angesetztem Lot: Werkstück wird erhitzt und Lot wird zugeführt. Einsatz: Weich- und Hartlöten in Einzelfertigung.

Löten mit an und eingelegtem Lot (Lotformteil): Lot wird am Werkstück angebracht und dann alles gemeinsam erhitzt. Einsatz: Massenfertigung.

Löten mit (konstruktiv vorgesehenem) Lotdepot.

Löten mit lotbeschichteten Teilen: Einsatz in vollmechanisierter Fertigung.

Tauchlöten: Einsatz für Kleinteile



**Lote**

Lot ist ein zum Löten benutztes Zusatzmetall (reines Metall oder Legierung) in Form von Draht, Blech, Formteilen aus Draht oder Blech, Stangen, Schnitzeln, Körnern, Pulver und Pasten.  
Anforderungen: Smp. mind. 50° unter dem der Grundwerkstoffe, gute Haftfähigkeit auf dem Grundwerkstoff; gute Kapillar- und Diffusionseigenschaften; geringer Wärmedehnungsunterschied; Nähe zum Grundwerkstoff in der elektrochemischen Spannungsreihe  
Schmelzbereich eines Lotes liegt zwischen Liquidus- und Soliduslinie. Es werden bevorzugt Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt verwendet.

**FO Zustandsdiagramm Sn-Pb**

**EuroTabM39 S276 „Lote“**

**Weichlote**

niedrigschmelzende Lote aus Pb, Zn, Sn und Cd mit Sb, Ag und Cu für höhere Festigkeit.  
Sickerlot werden sofort dünnflüssig und sind für enge Spalte geeignet, z.B. Sickerlot L-Sn60Pb (mit 3,5%Sb).  
Schmierlote haben einen großen Schmelzbereich.

**Hartlote**

auf Basis von Cu, Ni oder Ag.

**Sonderlote**

**Flussmittel**

- beseitigen Oberflächenfilme, schirmen die Lötstelle und verhindern die Neubildung
  - Lötvorgang soll 2 min nach Aufbringen des Flussmittels beendet sein
  - erleichtern das Fließen des Lotes
  - sind meist gesundheitsschädlich: Nicht berühren, UVV beachten
  - wirken Korrosiv und müssen meist entfernt werden
- Bezeichnung nach Wirkung: z.B. F-SW11  
F: Flussmittel  
S: zum Löten von Schwermetall (alternativ: L)  
W: Weichlöten (sonst H)
- Löttemperatur muss in der Wirktemperatur des Flussmittels liegen.

**Gestaltung von Lötverbindung**

Spaltbreite s.o.

Aufrauen ist überflüssig, Riefen nützen nur zum Zentrieren.

**Arbeitsschutz**

**Merkmale**

- + fast jede metallische Werkstoffpaarung möglich
- + relativ geringe Löttemperaturen,  
⇒ geringe Spannungen im Werkstück
- + gute elektrische Leitfähigkeit
- + gute thermische Leitfähigkeit
- + für stark unterschiedliche Wandstärken geeignet
- + wärmebeständig, dicht
- + für schwierig erreichbare Stellen geeignet
- begrenzte Festigkeit
- Gefahr elektrochemischer Korrosion
- aufwendige Reinigung der Lötflächen erforderlich
- ev. Wärmebehandlung kann Lötstelle beeinträchtigen

**Anwendungen**

Pb, Cd, Sb (lat.: stibium = Antimon) sind gesundheitsschädlich.

Niedrige Arbeitstemperaturen senken Energie- und Lohnkosten, erleichtern den Arbeitsvorgang, verringern Grobkorn- und Zunderbildung. Deshalb setzen sich Silberlote immer mehr durch.

mit besonders niedrigen Schmelztemperaturen (bis 38°C), für Nahrungsmitteltechnik usw.

z.B. Lötwasser, Löt fett, Kolophonium, Streuborax)

Nicht erforderlich bei Ofenlötung unter Schutzgas oder im Vakuum.

Oberflächenfilme aus geringen Verunreinigungen und Oxiden.

**Voraussetzung: ausreichende Reinigung der Werkstücke.**

Beim Löten wird das Flussmittel vom Lot verdrängt.

Das Flussmittel kann max. 4min Oxidschichten auflösen, danach bilden sich neue Oxide. Abschirmen unter Schutzgas verlängert die Lebensdauer, z.B. für dickwandige Werkstücke, die nur langsam auf Temperatur kommen.

verringern Oberflächenspannung des Lotes, vgl. Spülmittel in Wasser

auch „säurefreie“ Flussmittel entwickeln beim Löten Säure!

**Konstruktionsbeispiele aus Schal, Fertigungstechnik 2 S228ff einarbeiten.**

Innerhalb des Maßes darf die Spaltbreite schwanken, kritischer sind Parallelitätsfehler, weil sie meist zu stärkerer Veränderung führen (Flussmittel kann nicht abfließen, Lot kann nicht eindringen).

Rändel zur Zentrierung von Bolzen möglich.

[AB Gestaltung von Lötverbindungen](#)

- Pb, Cd, Sb (stibium = Antimon) sind giftige Schwermetalle

- Flussmittel enthalten Säuren, auch "säurefreie" Flussmittel entwickeln bei Arbeitstemperatur Säure

- Lote und ihre Dämpfe enthalten giftige Schwermetalle

- Flussmittel wirken ätzend und korrosiv, deshalb Entfernen

Karosserie, Kühler, Elektronik, Installationstechnik, HM-Schneiden, Konserven

wenig Wärmeenergie notwendig, kurze Erwärm- und Lötzeit

Nachteil: Korrosion

Einsatz bei Kühlern und Schneidplättchen

Lot wird eingesetzt oder kann selbst zur Lötstelle fließen

wegen korrosiver Wirkung der Flussmittel

- nur mittlere Festigkeit

- korrosionsanfällig (Flussmittel, Potentialunterschiede, )

- geringe Spalttoleranz erfordert genaue Vorbereitung

- Flussmittel oder Schutzgas erforderlich

Karosserie, Kühler, Elektronik, Installationstechnik, HM-Schneiden, Konserven



## Kleben

Kleben ist das Verbinden von Werkstücken aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen mit Hilfe eines artgleichen oder artfremden Zusatzwerkstoffes (Kleber) mit oder ohne Anwendung von Druck und/oder Wärme unter Ausnutzung von Adhäsionskräften

### Unterscheidung nach Art des Klebstoffes.

#### Lösungsmittelkleber

härten durch Verdunsten des Lösungsmittels aus

- schrumpfen während des Abbindens
- erfordern hohe Fügekräfte über längere Zeit

#### Reaktionskleber (Polymerisationskleber)

härten durch chemische Reaktion mit der Umgebung  
z.B. Luftfeuchtigkeit (z.B. Sekundenkleber)  
Luftabschluss (z.B. Loctite)  
UV-Strahlung  
Wärme

*EuroTabM39 S275 „Kleben“:*

Eigenschaften von Klebstoffen: Endfestigkeit bis 35 N/mm<sup>2</sup>, chemisch beständig, dichtend, spröde oder elastisch je nach Typ

#### Reaktionskleber (Polyadditionskleber, Polykondensationskleber)

härten durch chemische Reaktion der Komponenten untereinander entweder

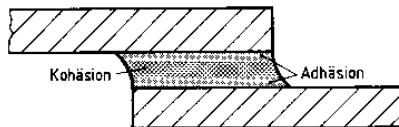
- nach dem Vermischen (Zweikomponentenkleber, Mischungsverhältnis beachten)
- oder der Kleber ist fertig vorgemischt, und die Reaktion beginnt erst bei über 200°C.

#### Schmelzklebstoffe

haften ohne chemische Reaktion.

#### Haftmechanismen

Die Kohäsion ist meist schwächer als Adhäsion,



#### Arbeitsregeln

- sauber, trocken, fettfrei
- schmale Fugen bevorzugen.
- Benetzungsvermögen fördert Adhäsion.
- hochviskose Kleber oder Klebekitt vermeiden bei großen Rautiefen klebstofffreie Zonen
- Einfluss der Temperatur beachten
- verschiedene Haftmechanismen verlangen sorgfältige Vorbereitung je nach Klebertyp.

#### Herstellangaben beachten

#### Fertigungsablauf

- Haftgrund vorbereiten
- Klebstoff vorbereiten (z.B. mischen, erwärmen)
- Kleber auftragen, ggf. Ablüften des Lösemittels
- Fügen und Fixieren der Teile (ev. Erwärmen, Fügedruck)
- Aushärten
- Nachbehandeln (z.B. Reinigen, Lackieren)

Einzelheiten siehe Herstellervorschriften

1) ?

2) ?

Ein: z.Zt. gibt es 3 verschiedene Fz-Typen aus Alu mit verschiedenen Fügeverfahren. Beim Lotus Elise besteht das Chassis aus Al-Profilen, die mit Epoxyd-Harz verklebt sind. Vorteil ggü. dem Schweißen ist der geringe Wärmeverzug und die geringere benötigte Wandstärke (Gewicht). Bei Audi werden die Knoten vergossen, bei Renault verschweißt.

**Leimlösungen** bestehen meist aus organischen Substanzen (Eiweiß, Stärke) oder Kunststoffen in einem Lösungsmittel (meist Wasser) und härten durch Verdunsten des Lösungsmittels aus.

**Dispersionen** bestehen aus feinsten wasserunlöslichen Feststoffen in Wasser (z.B. Weißleim: PVC in Wasser). Lösungsmittelkleber bestehen aus dem Grundstoff (meist Kunststoff), der vollständig im Lösungsmittel aufgelöst ist.

Sie erfordern höhere Fügekräfte über längere Zeit

Alle Reaktionskleber härten ohne Lösungsmittel.

Beispiele:

Cyanoacrylate reagieren mit der Luftfeuchtigkeit und härten sehr schnell aus (Sekundenkleber). So können nur kleine Flächen bearbeitet, aber schnell weiter bearbeitet werden. Vgl. Verarbeitungshinweise von Uhu Sekundenalleskleber: „Durch Anhauchen einer Klebestelle wird die Klebung beschleunigt“.

Polyacryl-Di-Ester härten aus, sobald keine Luft mehr an das Harz gelangen kann (anaerob). Besitzt hohe Kapillarwirkung und kann daher engste Fugen füllen (z.B. Loctite)

Methacrylate benötigen einen Beschleuniger, der eine Kettenreaktion in Gang setzt. Sollte vielleicht besser Starter heißen, das Mischungsverhältnis spielt keine Rolle.

Polykondensationskleber (z.B. Phenolharze) reagieren wie Polyadditionskleber, setzen aber Nebenprodukte frei (z.B. Wasser, Formaldehyd). Der entstehende Dampfdruck erfordert höhere Fügekräfte.

Beispiele

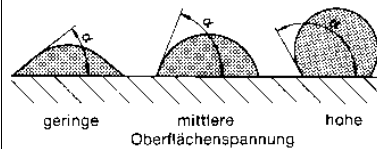
- Epoxidharz-Kleber sind im Maschinenbau am weitesten verbreitet, besonders wegen der guten Adhäsion auf Metallen. Ihre Viskosität ist in weiten Grenzen einstellbar, deshalb sind sie in engen Fugen wie in großen Spalten und bei rauen Oberflächen anwendbar. Festigkeit bis 60N/mm<sup>2</sup> und höher.
- Polyurethan-Kleber eignen sich besonders für elastische Verbindungen. Ihre Viskosität kann durch Lösungsmittel eingestellt werden, doch müssen diese vor dem Fügen verdunsten (z.B. Kontaktkleber wie Uhu, Pattex usw.).

*EuroTabM39 S275 „Kleben“: Eigenschaften von Klebstoffen*

bestehen aus thermoplastische Kunststoffe, die geschmolzen werden.

*EuroTabM39 S275 „Kleben“: Eigenschaften von Klebstoffen:*

wärmebeständig bis max. 150°C, erlauben breite Fugen



Schutz und Oxid verringert Adhäsion

*EuroTabM39 S275 „Kleben“: Vorbehandlung von Fügebauteilen bei Klebverbindungen*

geringerer Einfluss der Kohäsion

*FO Fugendicke beim Kleben*

Als Maß für das Benetzungsvermögen gilt der Randwinkel eines Tropfens (siehe oben)

Obwohl dünnflüssige Kleber bessere Adhäsion erzeugen, aber bei weiten Fugen zu klebstofffreien Zonen neigen.

*FO Rauheit und Schmutz beim Kleben*

*FO Temperatur und Festigkeit beim Kleben*

Haftmechanismen: van der Waalsche Kräfte, Adsorption (physikalisch), Chemosorption und sogar Formschluss (durch Rauheit).

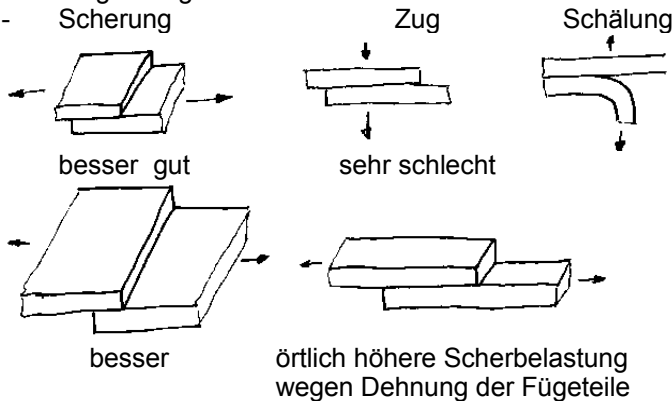
*EuroTabM39 S.275 „Kleben“*

Topfzeit = Zeit, innerhalb der der Kleber verarbeitet werden kann

*FO Aushärtezeit beim Kleben*

**Festigkeit**

- möglichst große Flächen kleben
- Scherung



weitere Einflüsse: Kriechen, Alterung

Maßnahmen dagegen:

- Sicherheitszahl 1,5 .. 3
- eigene Versuche

**Unfallverhütung**

Gefährdungen durch Kleber:

- brennbare oder explosible Lösungsmittel
- Hautreizungen, Augenreizungen, Erblindungen

Maßnahmen

- Belüftung bzw. Absauganlagen
- Körperschutz und -reinigung

**Vorschriften, Herstellerangaben und Merkblätter der Berufsgenossenschaften beachten**

**Merkmale**

- + unterschiedliche Werkstoffe möglich
- + keine hohen Temperaturen bei der Fertigung
- + glatte Außenflächen bei Blechkonstruktionen
- + gas- und flüssigkeitsdicht
- + gleichmäßige Kraftübertragung
- + schwingungsdämpfend
- + leicht
- + kaum Auftrag, aber keine Passmaße erforderlich
- + elektrisch isolierend, Korrosionsschutz
- begrenzte Festigkeit und Warmfestigkeit
- Vorbereitung der Klebeflächen, lange Abbindezeit
- nicht für alle Belastungen geeignet
- Alterung, Kriechen

da die Festigkeit gegenüber dem Werkstück eher gering ist.

Versuch Zug-, Scher- und Schältestfestigkeit mit Tesafilm  
AB Konstruktive Gestaltung von Klebeverbindungen

**FO Überlappungsverhältnis beim Kleben**

bei in Krafrichtungen langen Überlappungen kommt es zur Dehnung der Fügeteile und deshalb zu höheren Scherbelastungen am Anfang und am Ende der Überlappung. Bezogen auf die Fläche sinkt die Scherfestigkeit.

**Gilt auch für Schweißverbindungen usw.**

Kriechen: stetiges Verformen unter Belastung: Dauerfestigkeit beträgt etwa 20.. 40% der Scherfestigkeit  
Alterung senkt die Festigkeit um bis zu 30%

Dermatosen bei Allergikern

zB Bremsbeläge, Fensterdichtungen, Sandwich-Bauweise usw

zB Deckel, Getriebegehäuse

zB Flugzeugbau

zB Schrumpfverbindungen, Schraubensicherungen, zB Führungsflächen von Werkzeugmaschinen mit Kunststoffolie  
zB SMD, Elektroindustrie



## Literaturverzeichnis

EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall,  
Schal 1990: Willy Schal u.a., Fertigungstechnik 2, 1990  
Klein 2008: Dieter Alex ua., Klein Einführung in die DIN-Normen, 2008  
Rapp 1983: Ulrich Rapp, Spaltweitenregelung beim funkenerosiven Senken durch Einsatz von Mikroprozessoren, 1983  
HTFkM 1990: Christof Braun u.a., Fachkenntnisse Metall - Industriemechaniker, 1990  
Roloff/Matek 1995: Matek et al., Maschinenelemente, 1995