



Leseprobe

Klaus Lochmann

Formelsammlung Fertigungstechnik

Formeln - Richtwerte - Diagramme

ISBN (Buch): 978-3-446-43249-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43249-9>

sowie im Buchhandel.

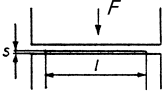
# 4 Trennen – Schneiden/Zerteilen, Spanen und Abtragen (Generieren)

## 4.1 Schneiden und Zerteilen

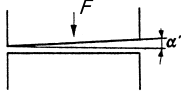
### 4.1.1 Verfahren und Maschinenhauptzeiten

Parallelschneiden:

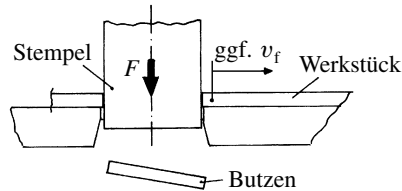
a)  $\alpha = 0$



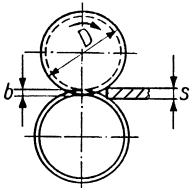
b)  $\alpha > 0$



Schneiden mit Formwerkzeugen (Lochen, Ausschneiden, Nibbeln, Aushauen, NC-Figureschneiden, Knabberschneiden, ...):



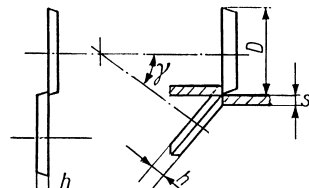
Rollschneiden:



$$b = (0,2 \dots 0,3) s$$

$s$  bis 3mm  $D = (30 \dots 50) s$   
 $h = 15 \dots 25 \text{ mm}$

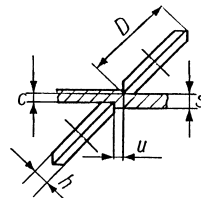
$s$  über 3mm  $D = (20 \dots 30) s$   
 $h = 30 \dots 90 \text{ mm}$



$$\gamma = 30 \dots 45^\circ$$

$s$  bis 3mm  $D = 28 \cdot s$   
 $h = 10 \dots 20 \text{ mm}$

$s$  über 3mm  $D = 20 \cdot s$   
 $h = 30 \dots 80 \text{ mm}$



$$u = 0,2 s; c = 0,3 \cdot s$$

$s$  bis 5mm  $D = 20 \cdot s$   
 $h = 10 \dots 15 \text{ mm}$

$s$  über 5mm  $D = (12 \dots 15) s$   
 $h = 20 \dots 60 \text{ mm}$

### Bestimmung der Maschinenhauptzeiten $t_H$

- Allgemein, außer Rollschneiden:

$$t_H = n_{\text{Hub}}^{-1} \quad \text{in min}$$

- Beim Rollschneiden gilt:

$$t_H = i \cdot \frac{L}{v_c} \quad \text{in min}$$

$L$  Gesamte Schnittlänge in mm

$i$  Anzahl der Schnitte;

Orientierungen: Außenschnitte:  $i = 1$

Innenkonturen:  $i = 4 \dots 8$

$n_{\text{Hub}}$  Hubanzahl der Presse in  $\text{min}^{-1}$

$v_c$  Schneidgeschwindigkeit in  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$

Richtwerte für Schneidgeschwindigkeiten beim Rollschneiden:

- Gerade Schnitte:

Blechdicke  $s \leq 10 \text{ mm}$ :  $v_c = 20 \dots 60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

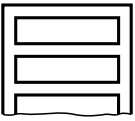
$s \geq 10 \text{ mm}$ :  $v_c = 5 \dots 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

- Kreisbogenförmige Schnitte:  $v_c = 5 \dots 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

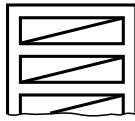
- Beliebige verlaufende Schnitte:  $v_c = 0,6 \dots 4,0 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

### 4.1.2 Anordnung von Werkstücken in Blechstreifen („Streifenbilder“)

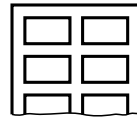
Einfache Anordnung;  
Einzelteile mit Steg



Einfache Anordnung;  
Mehrere Teile mit Steg



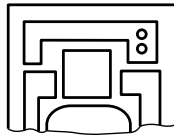
Mehrfachanordnung  
mit Steg



Einfache Anordnung ohne Steg  
(„Abfallloses“ Schneiden)

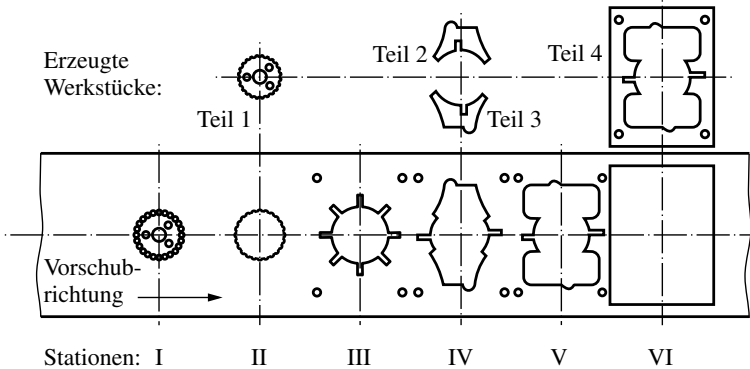


Mehrfachanordnung  
unterschiedlicher Teile



*Beachte:* „Säbeligkeit“, d. h. die Krümmung von Blechstreifen, Stahlbändern u. Ä. in Längsrichtung

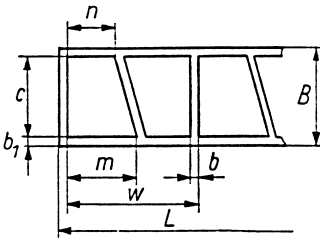
Folgeschnitt (Ausführungsbeispiel)



Beispiele für die günstige Gestaltung von Streifenbildern  
(Zielstellung: Erreichen geringer Werkstoffverluste):

	Weniger vorteilhafte Variante	Günstige Ausführung
1.		
2.		
3.		

**Berechnung zu Streifenbildern**



Anordnung bei einseitiger Schräge

a) einreihige, versetzte Anordnung

Streifenbreite:  $B = c + 2b_1$

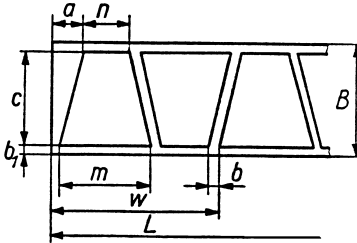
Vorschub:  $w = m + n + 2b$

Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - b}{w} \cdot 2$

b) zweireihige, versetzte Anordnung (nicht gezeichnet)

Streifenbreite:  $B = 2c + 2b_1$

Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - b}{w} \cdot 4$



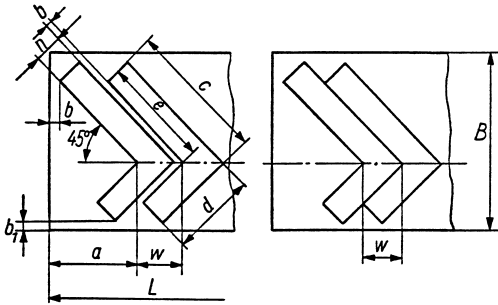
Anordnung bei zweiseitiger Schräge

Streifenbreite:  $B = c + 2b_1$

Vorschub:  $w = n + m + 2b$

Anfangsverlust:  $a = \frac{m - n}{2} + b$

Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - a}{w} \cdot 2$



Gleiche Schenkelbreiten

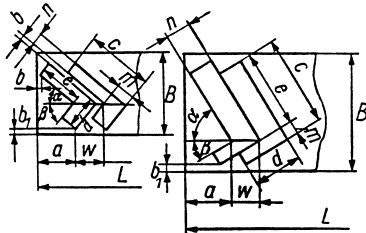
(Anordnung 45° mit und ohne Steg)

Streifenbreite:  $B = 0,707(c + d) + 2b_1$

Vorschub: mit Steg  $w = 1,414(n + b)$ ,  
ohne Steg  $w = 1,414n$

Anfangsverlust:  $a = 0,707e + b$

Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - a}{w}$  bzw.  $\frac{L - a - b}{w}$



Ungleiche Schenkelbreiten (mit und ohne Steg)

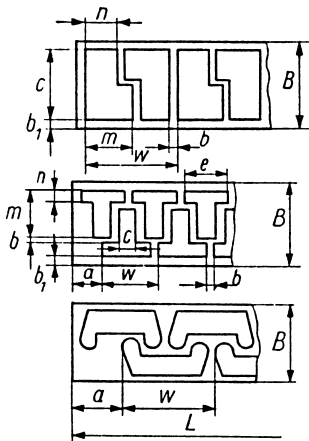
$\tan \alpha$ : mit Steg  $\tan \alpha = \frac{n + b}{m + b}$ , ohne Steg  $\tan \alpha = \frac{n}{m}$

Streifenbreite:  $B = c \cdot \sin \alpha + d \cdot \cos \alpha + 2b_1$

Vorschub: mit Steg  $w = \frac{n + b}{\sin \alpha}$ , ohne Steg  $w = \frac{n}{\sin \alpha}$

Anfangsverlust:  $a = e \cdot \cos \alpha + b$

Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - a}{w}$  bzw.  $\frac{L - a - b}{w}$



Ineinanderlegen

a) einfache, versetzte Anordnung

Streifenbreite:  $B = c + 2b_1$

Vorschub:  $w = n + n + 2b$

Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - b}{w} \cdot 2$

b) zweireihige, versetzte Anordnung

Streifenbreite:  $B = m + n + 2b_1 + b$

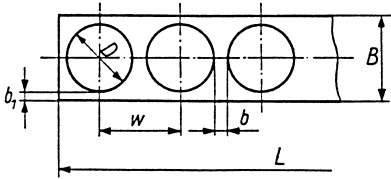
Vorschub:  $w = e + b$

Anfangsverlust:  $a = \frac{e + b}{2} + b$

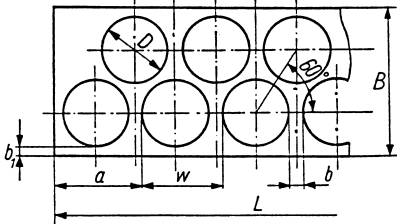
Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - a}{w} \cdot 2$

c) Ineinanderlegen durch Ausfüllen

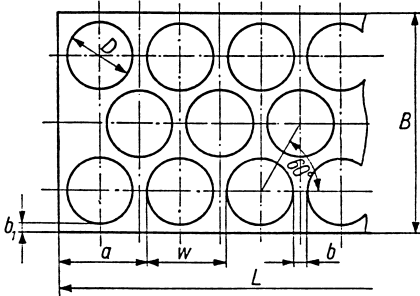
Gleichungen von b) gelten sinngemäß



Einfache Anordnung  
 Streifenbreite:  $B = D + 2b_1$   
 Vorschub:  $w = D + b$   
 Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - b}{w}$



Zweifache Anordnung  
 Streifenbreite:  $B = 0,866(D + b_1) + D + 2b_1$   
 Vorschub:  $w = D + b$   
 Anfangsverlust:  $a = D + 2b$   
 Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - a}{w} \cdot 2 + 1$

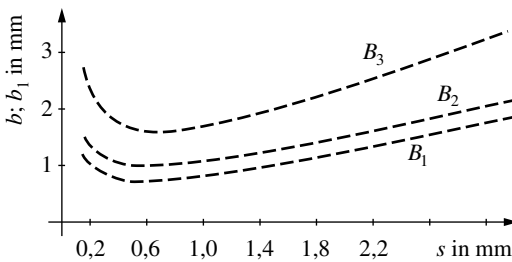


Dreifache Anordnung  
 Streifenbreite:  $B = 1,732(D + b_1) + D + 2b_1$   
 Vorschub:  $w = D + b$   
 Anfangsverlust:  $a = D + 2b$   
 Stückzahl je Streifen:  $n_{wStr} = \frac{L - a}{w} \cdot 3 + 2$

Bei Verwendung von Seitenschneidern sind noch die erforderlichen Zugabewerte zu berücksichtigen.

**Richtwerte für Stegbreiten, technologisch bedingte Verluste und Anfangszugaben/-verschnitt**

- Bestimmung der Stegbreiten



$B_1, B_2, B_3$ , Breite der Blechstreifen in mm  
 $B_1 < B_2 < B_3$

$B_2 = 10 \text{ mm}$

$B_2 = 100 \text{ mm}$  für

$B_1$  gilt bei

- Orientierungen für technologisch bedingte Verluste

Verfahren bzw. Arbeitsgang	Menge in Stück	Zuschlag in %
Ausschneiden von Teilen	bis 1 000	2
	1 000 ... 100 000	1
	über 100 000	0,5
Lochen mit Einlegen	bis 1 000	2
	1 000 ... 100 000	1,5
	über 100 000	1
Tiefziehen	bis 1 000	5
	1 000 ... 100 000	3
Biegen	bis 1 000	3
	1 000 ... 100 000	1

- Richtwerte für Anfangsverluste und Anfangszugaben

Art des Beschneidens	Blechdicke in mm	$l_a$ in mm
Beschneiden der kurzen Seite	< 2	5
Beschneiden der langen Seite	< 2	8
Beschneiden der kurzen Seite	> 2	8
Beschneiden der langen Seite	> 2	10

- Richtwerte für herstellungsbedingt zulässige Toleranzen beim Schneiden
  - a) Außenkonturen
  - b) Innenformen
  - c) Verhältnis beider zueinander

Werkzeug	Blechdicke des Werkstücks in mm	Toleranzen in mm		
		a	b	a : b
Freischnittwerkzeuge	bis 1	+0,2	-0,15	
	bis 2	+0,25	-0,2	
	bis 3	+0,35	-0,25	
Führungsschnittwerkzeuge	bis 1	+0,15	-0,08	
	bis 2	+0,2	-0,15	
	bis 3	+0,3	-0,2	
Folgeschnittwerkzeuge mit Suchern	bis 1	+0,15	-0,08	±0,15
	bis 2	+0,2	-0,15	±0,2
	bis 3	+0,3	-0,2	±0,25
Gesamtschnittwerkzeuge	bis 1	+0,06	-0,06	±0,04
	bis 2	+0,09	-0,09	±0,07
	bis 3	+0,14	-0,14	±0,1

### 4.1.3 Werkzeuggestaltung und Berechnungen an Schnittwerkzeugen

#### Größe des Schneidspaltes

$$u_{\text{Schneid}} = C \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot \tau} \quad \text{in mm}$$

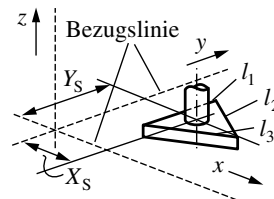
- $C$  Faktor; Richtwerte:  $C = 0,005 \dots 0,01$  für saubere Schnitte ohne Gratbildung  
 $C = 0,01 \dots 0,035$  wenn Gratbildung zulässig
- $s$  Blechdicke in mm
- $\tau$  Scherfestigkeit des Werkstoffs in  $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$ , wobei auch gilt:  $\tau \approx 0,8R_m$ ; Richtwerte für  $R_m$  siehe Tafeln T 1.3.1 und T 1.3.2, S. 348 ff.

Richtwert für den Schneidspalt:  $u_{\text{Schneid}} \approx (0,03 \dots 0,05)s$  in mm

#### Gestaltung des Schneidstempels

- Bestimmung der Position des Spanzapfens am Schnittwerkzeug:

- Bei kreisförmigen Schnitten: Mitte des Spanzapfens entspricht der Mittellinie des Schneidstempels



- Allgemein gilt:

$$X_S = \frac{\sum l_i \cdot x_i}{l_{ges}} \quad \text{in mm} \quad \text{und} \quad Y_S = \frac{\sum l_i \cdot y_i}{l_{ges}} \quad \text{in mm}$$

$X_S, Y_S$  Position der Mittellinie des Spannzapfens am Schnittwerkzeug in mm (ausgehend von einer festgelegten Bezugslinie)

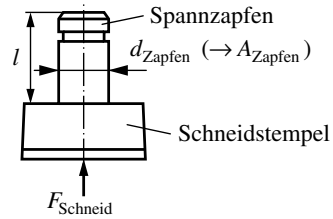
$l_i$  Längen einzelner Teil-Formelemente in mm

$l_{ges}$  Gesamte Länge aller Formelemente in mm

$x_i, y_i$  Abstände der einzelnen Linienschwerpunkte zu der oben genannten Bezugslinie in mm

- Beanspruchung des Stempels:

$$F_{Schneid} < F_{Knick} \quad \text{in N}; \quad R_m > \frac{F_{Schneid}}{A_{Zapfen}}$$



Druck:

$$d_{Zapfen} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{Schneid}}{\pi \cdot R_m}} \quad \text{in mm}$$

Knickung (infolge der geometrischen Gegebenheiten wenig wahrscheinlich):

$$d_{Zapfen} \leq \sqrt[4]{\frac{10 \cdot F_{Schneid} \cdot l^2 \cdot \vartheta}{\pi^2 \cdot E}} \quad \text{in mm}$$

$$F_{Knick} = \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{l \cdot \vartheta} \quad \text{in N}$$

$$l_{Zapfen} \leq \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{F_{Schneid}}} \quad \text{in mm}$$

$E$  Elastizitätsmodul des Stempelwerkstoffs in  $N \cdot mm^{-2}$

$F_{Knick}$  Knickkraft am Stempel in N

$F_{Schneid}$  Schnittkraft am Stempel in N

$I$  Flächenwiderstandsmoment in  $mm^4$ ; für kreisförmige Querschnitte:  $I = \frac{d_{Zapfen}^4 \cdot \pi}{64}$  in  $mm^4$

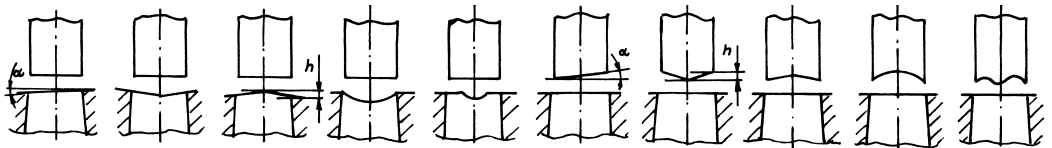
$l$  Länge der Stempelbefestigung in mm

$l_{Knick}$  Maximal mögliche Länge der Stempelbefestigung in mm

Richtwert:  $l \approx 60 \text{ mm}$

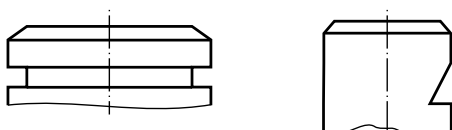
$\vartheta$  Sicherheitsfaktor:  $\vartheta = [(3,5 \dots 5,0) 8,0]$

- Ausführungsmöglichkeiten von Schneidkanten (Möglichkeiten zur Beeinflussung von Schnittkräften)

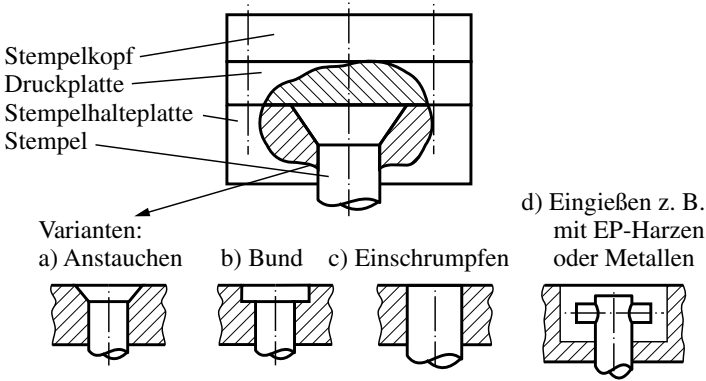


- Gestaltung der Stempelbefestigung

Geklemmte Ausführungen:

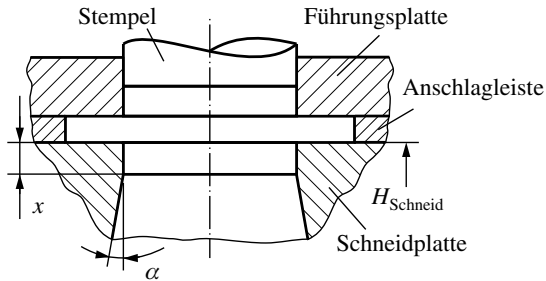


Kombination von Stempelkopf mit Stempelplatte:



**Schneidplatte**

Prinzipdarstellung:



Dicke der Schneidplatte:

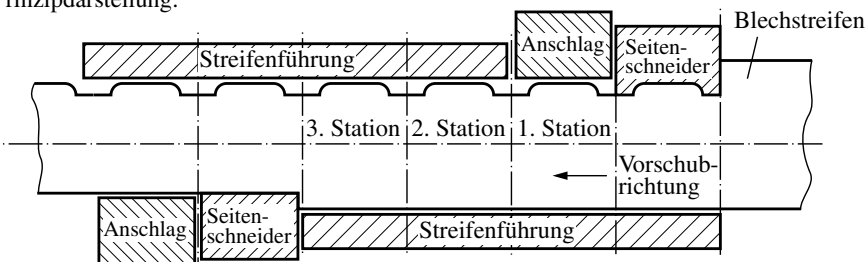
$$H_{\text{Schneid}} \approx \sqrt[3]{0,1F_{\text{Schneid}}} \quad \text{in mm}$$

Gestaltungsregeln (Empfehlungen):

Blechdicke <i>s</i> in mm	$\alpha$ in Min; Grd.	<i>x</i> -Wert in mm	$\alpha$ in °	<i>x</i> -Wert in mm
0,1 ... 0,5	(10 ... 15)'	} 0,00	3 ... 5	3 ... 5
0,5 ... 1,0	(15 ... 20)'			} 5 ... 10
1,0 ... 2,0	(20 ... 30)'			
2,0 ... 4,0	(30 ... 45)'			
4,0 ... 6,0	45' ... 1°			
Anwendungen:	Für kleine Werkstücke bei mittleren Genauigkeiten	Bei komplizierten Konturen und/oder hohen Genauigkeiten		

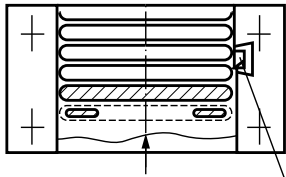
**Anschläge, Führungen und Begrenzungen (Ausführungsbeispiele)**

Prinzipdarstellung:

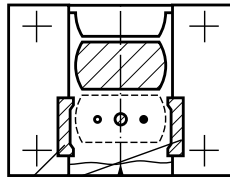




Für lange, schmale Werkstücke:

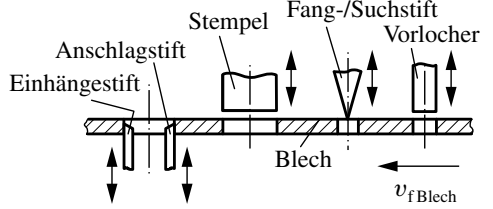


Bei breiten Teilen:

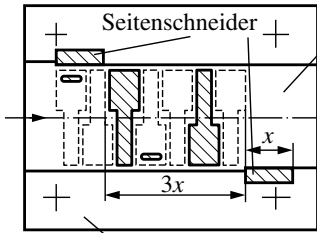


Seitenschneider

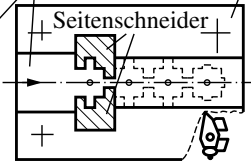
Einsatz von Stiften:



An Folgeschnittwerkzeugen:



Blechstreifen Streifenführung



Streifenführung

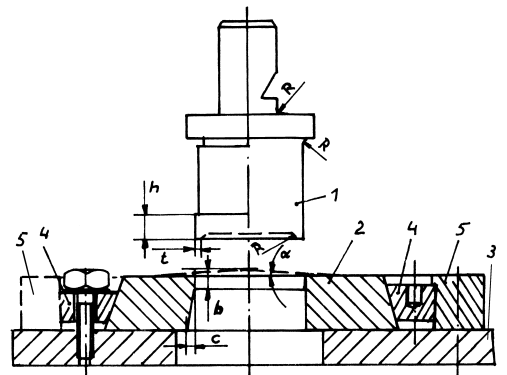
Werkstück(e)

**Ausführungsbeispiele von Schnittwerkzeugen**

1. Freischnittwerkzeug:

Teileliste:

Pos.	Einzelteil	Werkstoff	Bemerkungen
1	Stempel mit Spanzapfen	Werkzeugstahl	Schnittkanten gehärtet
2	Schnittplatte	Werkzeugstahl	Gehärtet
3	Grundplatte	St 33	
4	Spannring	C 15	Einsatzgehärtet
5	Ringplatte	St 42-2	



Ausführung A (falsch) ← → Ausführung B (richtig)

2. Universal-Lochschnittwerkzeug für Ziehteilzargen:

Teileliste:

Pos.	Einzelteil	Werkstoff	Bemerkungen
1	Grundplatte	St 33	Säulengestell nicht erforderlich
2	Werkstück-aufnahmering	St 42	
3	Schnittbuchse	Werkzeugstahl	Gehärtet
4	Lochstempel	Werkzeugstahl	Gehärtet
5	Führungsplatte	St 42	
6	Bandfeder	Federstahl	
7	Linsenschraube	4 S	DIN 85
8	Innenkegelring	20 Mn Cr5	Einsatzgehärtet
9	Zylinderschraube	4 S	DIN 84
10	Schraubenfeder	Federstahl	DIN 2075
11	Stößelbolzen	6 S	DIN 7

