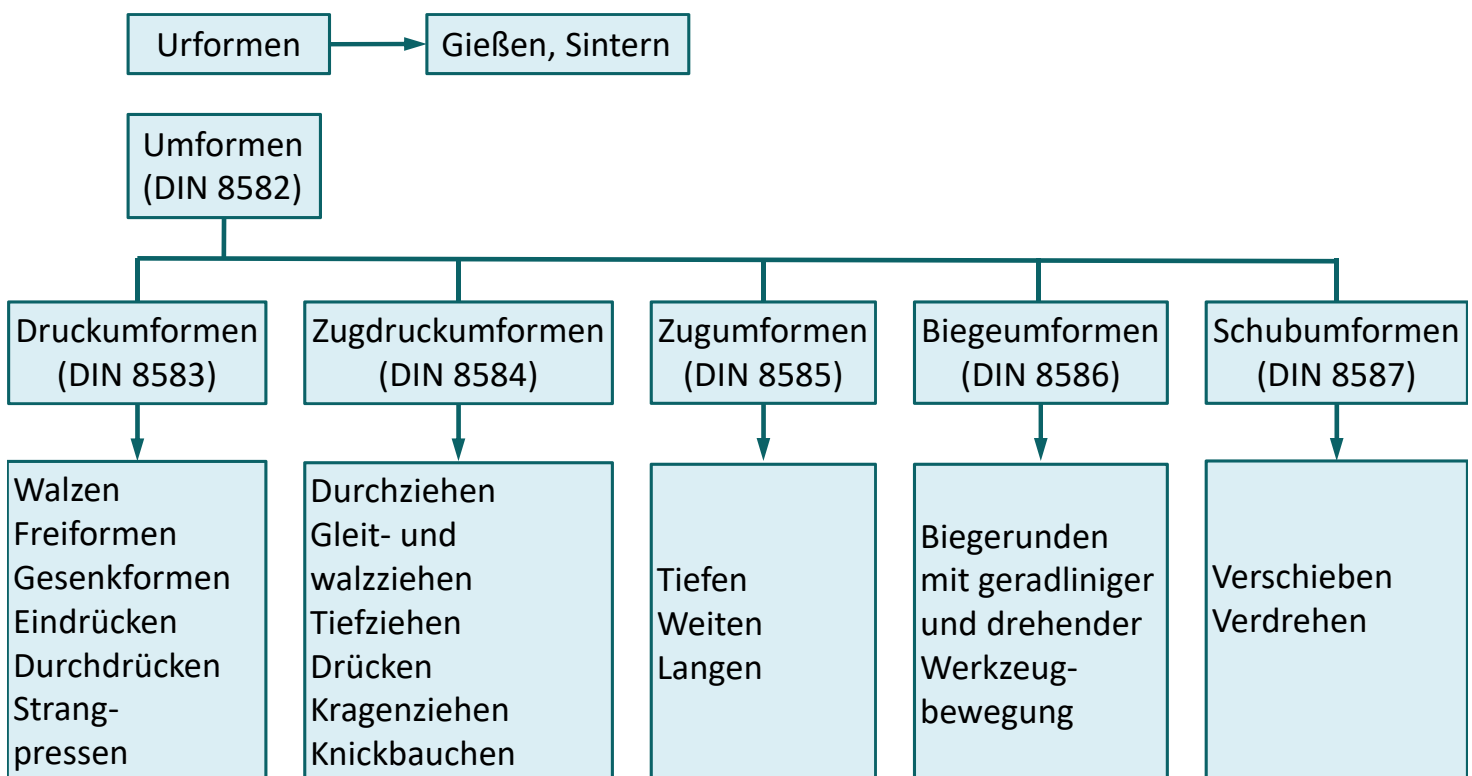
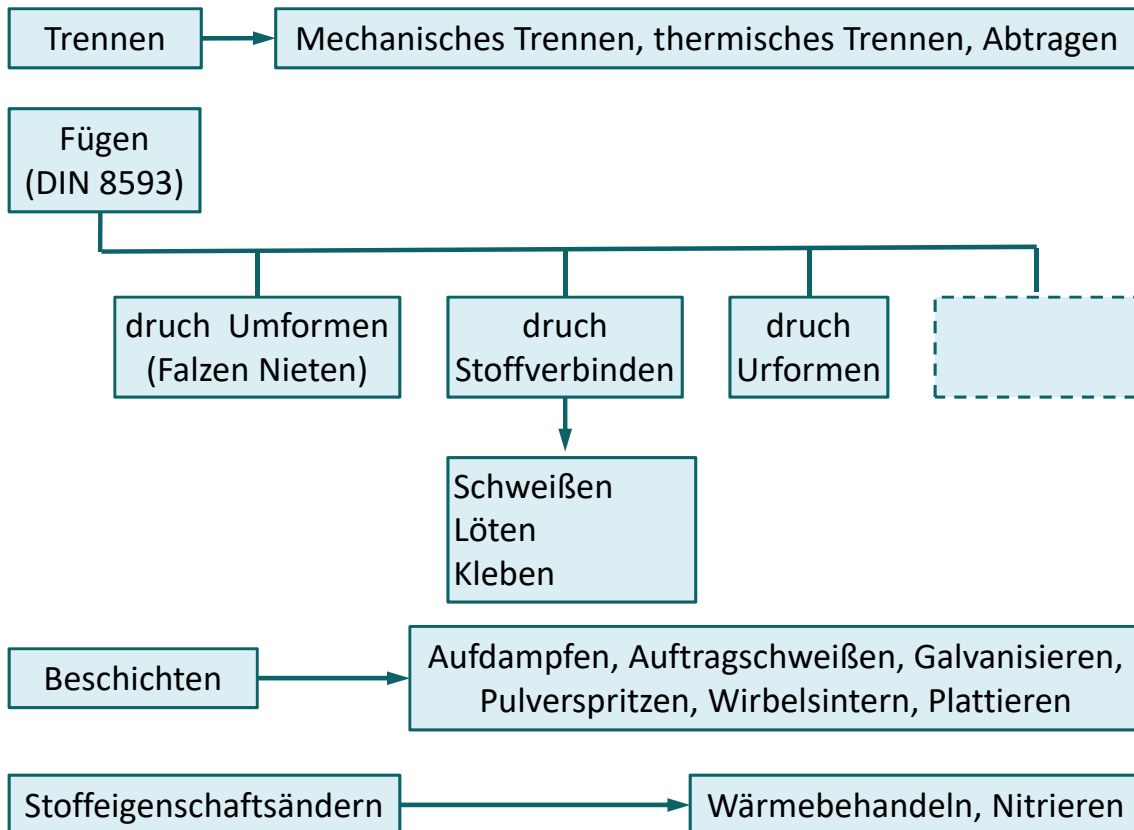
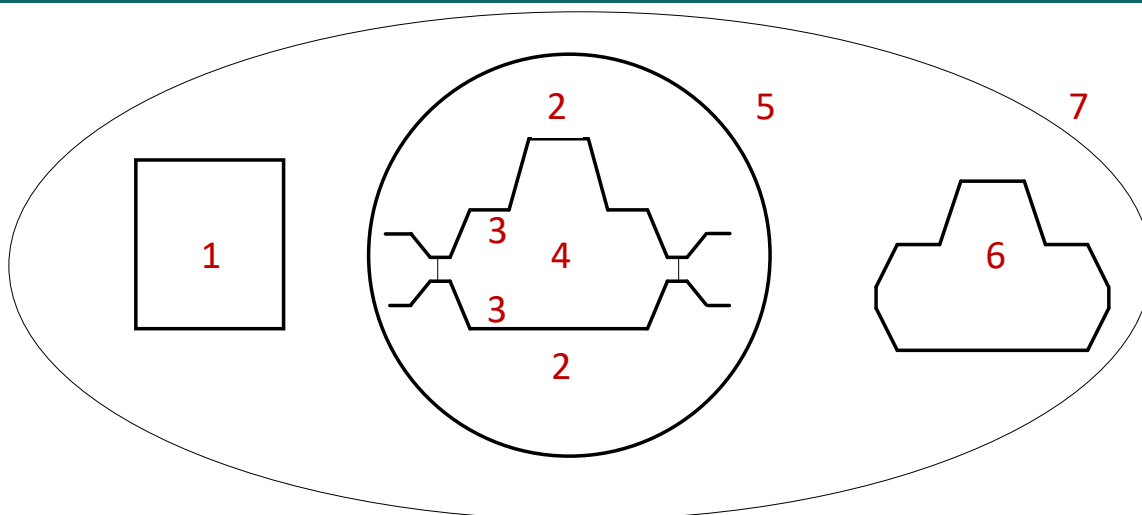


# Umformtechnologien (Plastische Umformung)





Folie: 3



### System des Gesenkschmiedens

- 1.** Ausgangsstück; **2.** Werkzeug; **3.** Kontaktflächen;
- 4.** Umformungsmechanismen;
- 5.** Umformungsmaschine;
- 6.** Produkt; **7.** Umgebung.

Folie: 4

## **Systembetrachtung:**

Behandlung der Umformungstechnik bedeutet die Analyse des Einflusses der Variablen des Prozesses, die auf die Qualität und Wirtschaftlichkeit des Produktes Wirkung haben.

## **Materialparameter:**

Bei gegebenen Materialqualität und thermomechanische Behandlung (Mikrostruktur) sind die wichtigste Materialparameter: die **Umformungsfestigkeit** und die **Umformbarkeit**, die richtungsabhängig (Anisotropie) sind.

## **Werkzeug- und Umformungsmaschinen:**

Die Wahl der Umformungsmaschine ist beeinflusst von der vorgeschriebene Genauigkeit, der Maschinencharakteristik und der Umgebungseinflüsse.

## **Reibung:**

Die Wechselwirkung ist eine komplizierte Erscheinung zwischen den Kontaktoberflächen. Der charakteristische Faktor ist der Reibungsfaktor, der mit spezifischen Untersuchungen bestimmbar ist.

## **Umformungsprozess:**

Bei dem Umformungsprozess ist die Form des Produktes durch plastischen Umformung erzeugt. Die stärkste Einflussfaktoren der Strömung des Metalls sind: die Werkzeuggeometrie, die Reibungsverhältnisse, die mechanische Eigenschaften des Umformenden Materials und die Temperaturverteilung in der Umformungszone.

- Geometrisch ins neue Form bringen
- Masse der Körper bleibt konstant, die Kontinuität des Materials wird erhalten
- **Plastizität:** bleibende Umformung ohne dass die Bindungen zwischen der Atomen gebrochen wird.
- Industrielle Produktionsmethoden für relativ große Umformung

Folie: 7

- **Formkopieren:**  
mit einfachen Bewegung wird das Werkstoff ins geformte Werkzeug gepresst: kompliziertes Werkzeug, einfache Bewegung, das ganze Volumen wird im selben schritt umformt (große Umformungskraft)
- **Formgenerieren:**  
das Material wird mit einfachen Werkzeug und komplizierte Bewegung bearbeitet, die Umformungszone hat kleine Ausbreitung (lokal) (kleine Umformungskraft)

Folie: 8

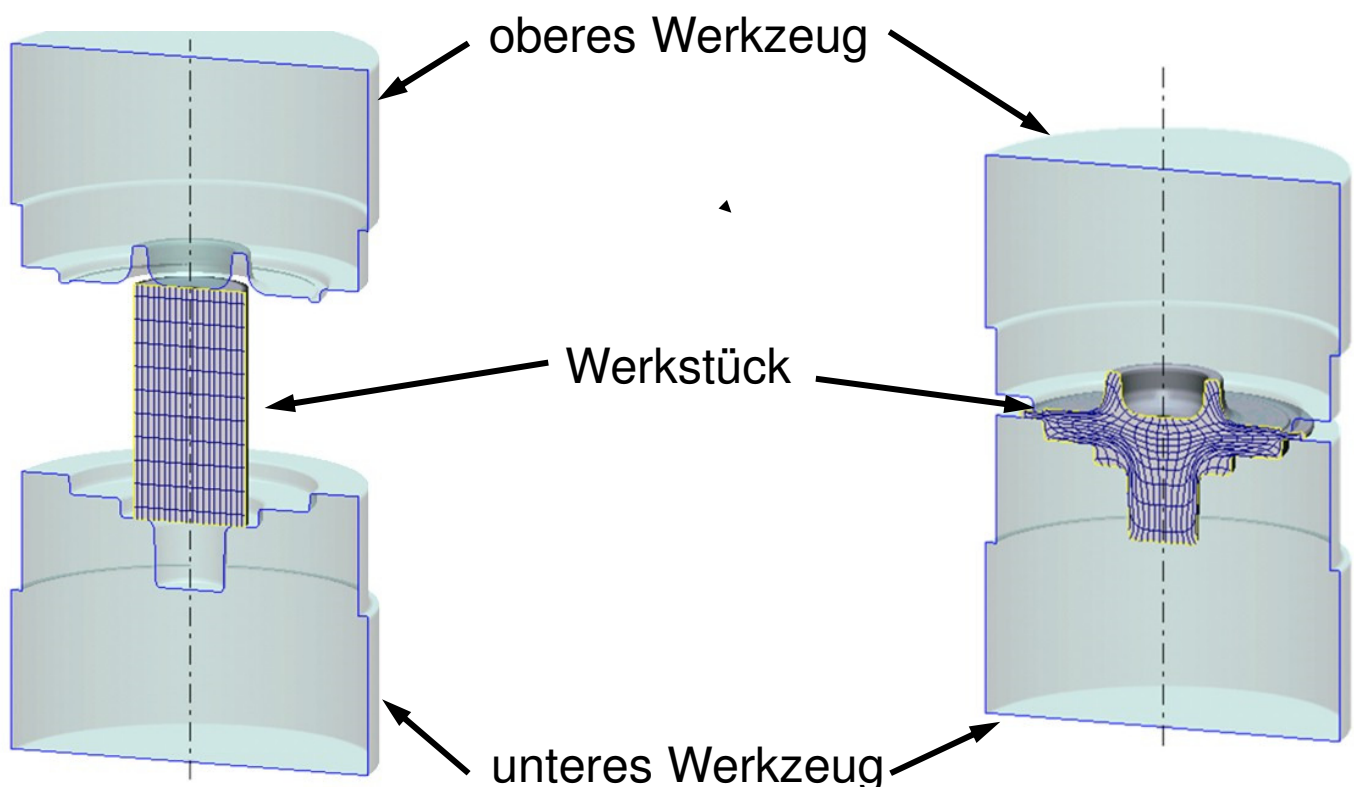
- **Zweck der plastischen Umformung:**  
Formgebung, Einstellen der Eigenschaften
- **Umformungsverfahren**
  - Kaltumformung ...
  - Halbwarmumformung ...
  - Warmumformung ...
- **Materialkenngrößen**  
Umformungsfestigkeit, Umformbarkeit

	$T/T_{\text{Schmelz}} < 0,3$	
$0,3 <$	$T/T_{\text{Schmelz}} < 0,5$	
	$T/T_{\text{Schmelz}} > 0,6$	

Folie: 9

**Anfangszustand**

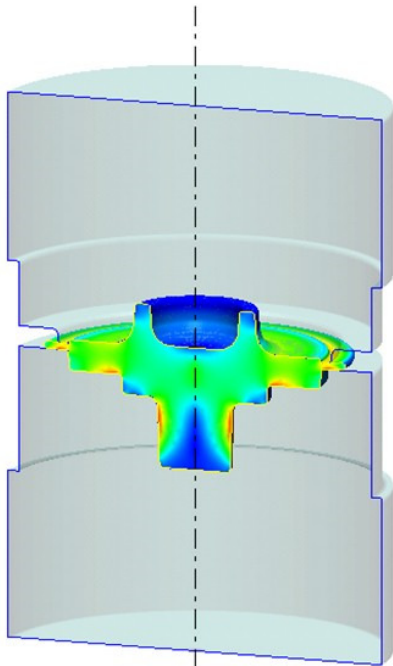
**Endzustand**



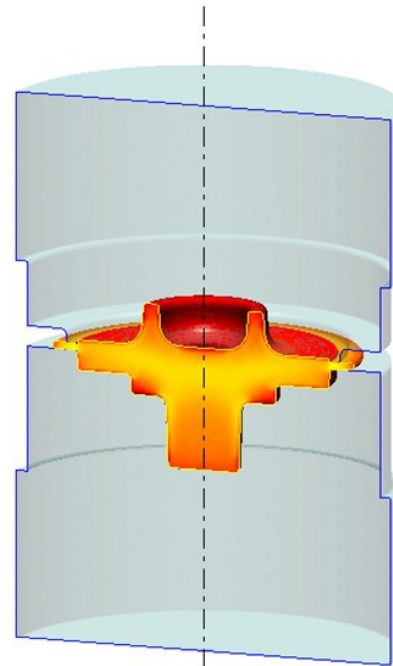
Folie: 10

## Einfluss der Materialströmung und Temperatur

### Umformungsverteilung

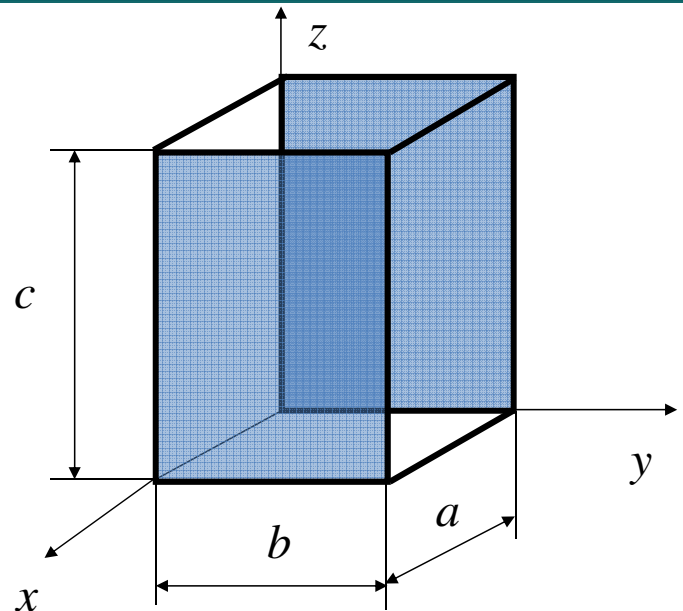
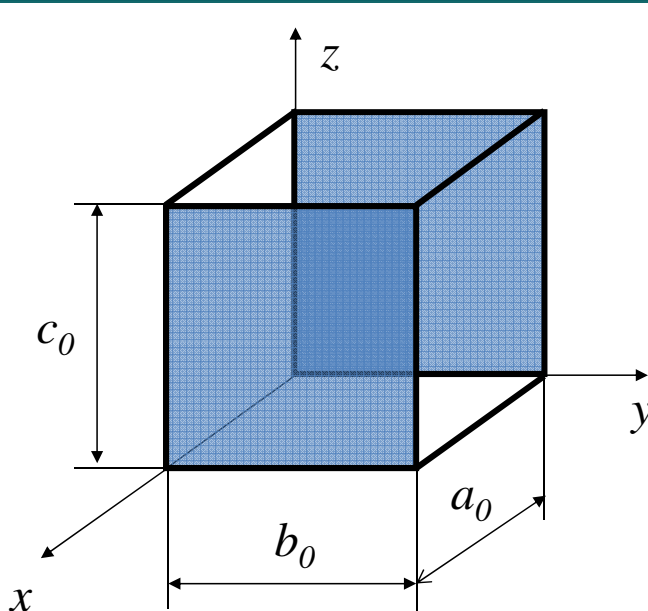


### Temperaturverteilung



Folie: 11

## Umformungen



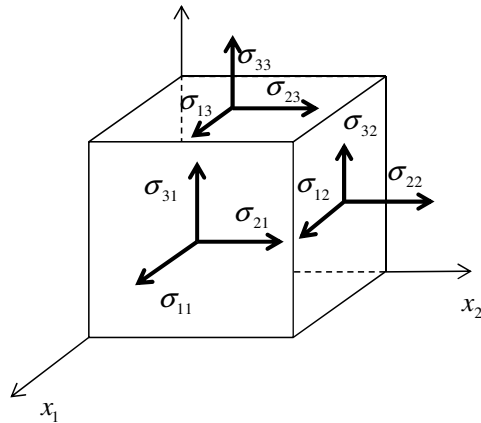
$$\varphi_x = \ln \frac{a}{a_0}, \quad \varphi_y = \ln \frac{b}{b_0}, \quad \varphi_z = \ln \frac{c}{c_0}, \quad \varphi_1 \geq \varphi_2 \geq \varphi_3$$

$$\bar{\varphi} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + (\varphi_1 - \varphi_3)^2 + (\varphi_2 - \varphi_3)^2}$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varphi_2 & 0 \\ 0 & 0 & \varphi_3 \end{bmatrix}$$

Folie: 12

## Hauptspannungen



$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}$$

## Fließbedingungen (Fließgesetz)

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}$$

$$\bar{\sigma} < R_{p0,2} \quad \text{Elastische Umformung}$$

$$\bar{\sigma} = k_f \quad \text{Plastische Umformung}$$

Folie: 13



## Kaltumformung, Warmumformung



### ➤ Rolle der Rekristallisation ( $T_{Rk}$ )

Kaltumformung  $< T_{Rk}$ , Warmumformung  $> T_{Rk}$

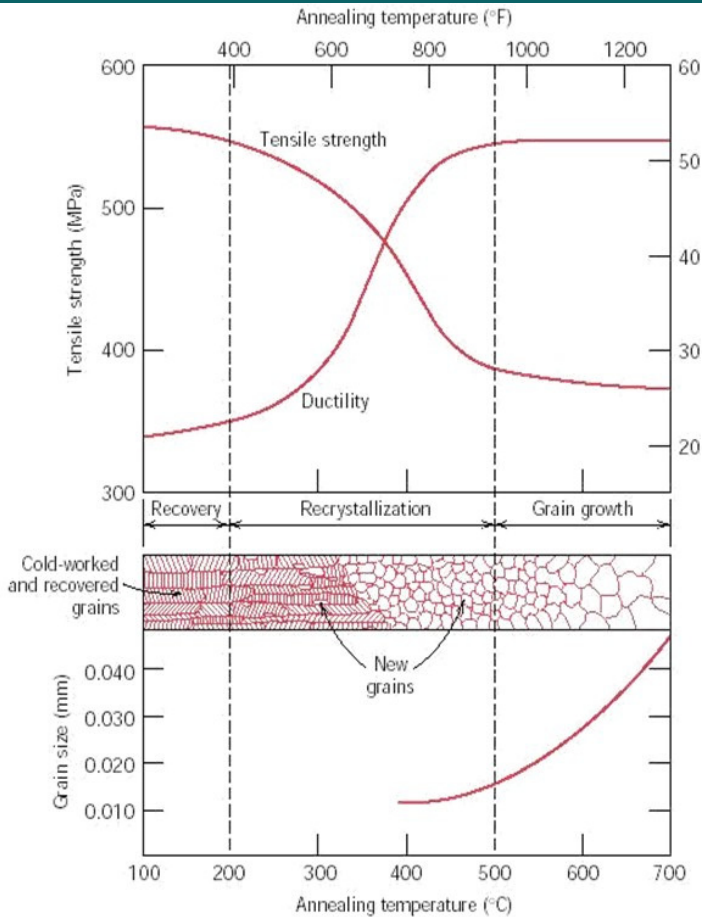
### ➤ Eigenschaften der Kaltumformung

Verfestigung, stetiges Erschöpfen der Umformungsfähigkeit, Verlängerung der Körner, Zunahme der Versetzungsdichte. Maßhaltendes Produkt, bessere Oberflächenqualität, größere spezifische Werkzeugbelastung. Größere Kaltumformung ergibt die Textur.

### ➤ Eigenschaften der Warmumformung

Glühprozesse (Poligonisation, Rekristallisation), die Umformungsfähigkeit ist weniger begrenzt, die Mikrostruktur ändert sich. Änderung der Gießstruktur. Kein maßhaltendes Produkt, schlechtere Oberflächenqualität, Wärmebelastung, kleinere spezifische mechanische Belastung.

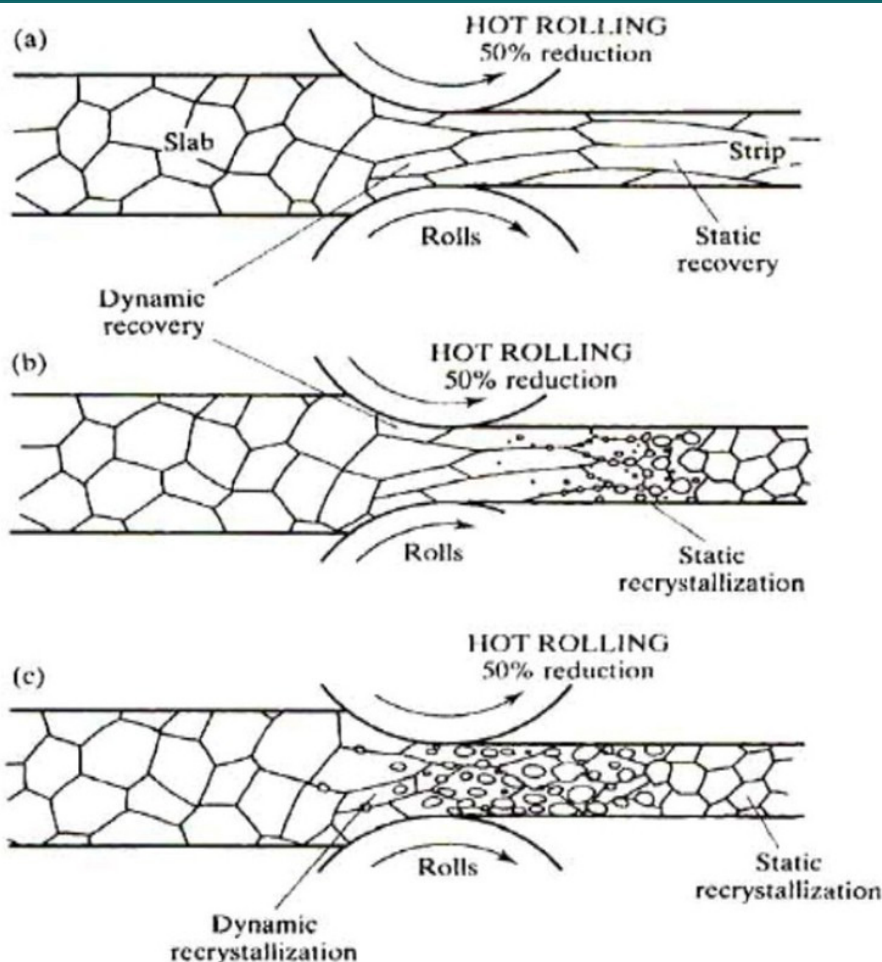
Folie: 14



**Statisch:** Die Umformung und die Wärmebehandlung (Rekrystallisation) sind nacheinander.

**Dynamisch:** Die Umformung und die Wärmebehandlung (Rekrystallisation) sind zusammen verwirklicht.

Die Polygonisation und die Rekrystallisation sind bei tieferen Temperaturen und mehr intensiv durchgeführt.





## ➤ Formänderungsfestigkeit ( $k_f$ )

Die einachsige Spannung, die zum Ingangsetzen und Aufrechterhalten der plastischen Umformung nötig ist.

## ➤ Umformungsfähigkeit (Umformbarkeit)

Maß der Umformung, bei dem makroskopische Schaden (Instabilitäten) im Material auftreten.

Folie: 17

## Wann beginnt die plastische Verformung?

$$\sigma_{\text{gleichwertig}}^{\text{HMH}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}$$

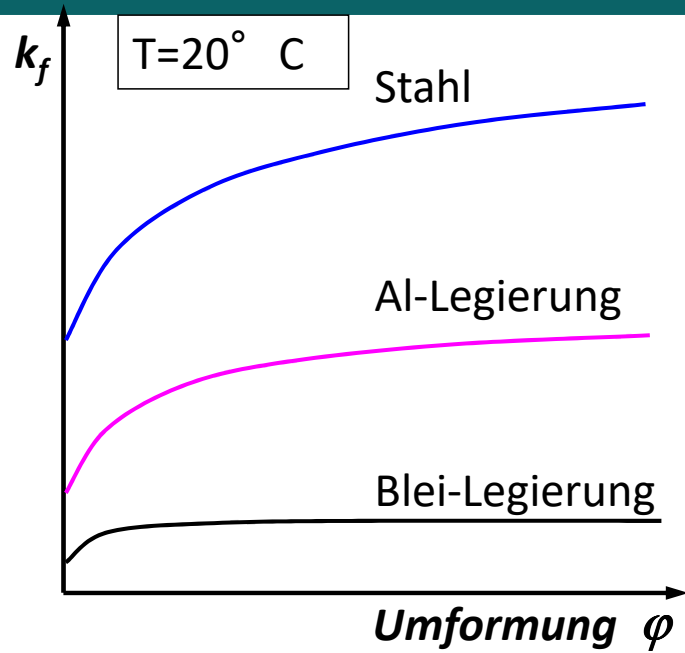
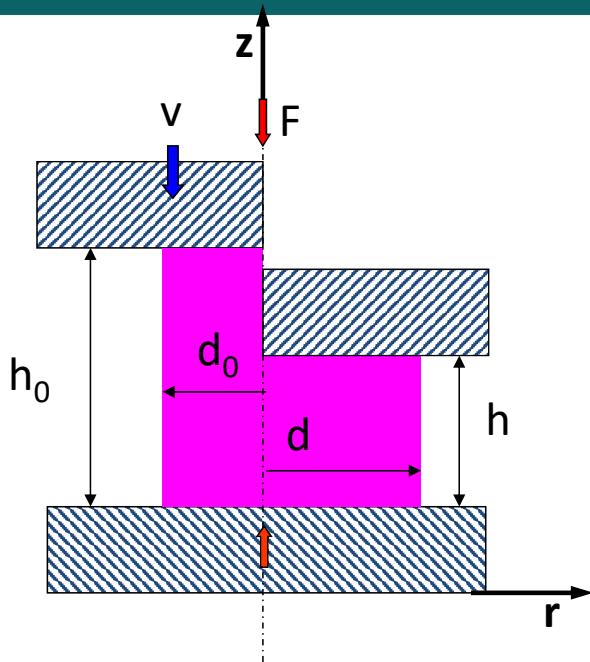
$\bar{\sigma} < R_{p0,2}(k_f)$  *elastische Verformung*

$\bar{\sigma} = k_f$  *plastische Verformung*

Formänderungsfestigkeit, Werkstoffkennwert

$$k_f = f(T, \varepsilon, \dot{\varepsilon})$$

Folie: 18

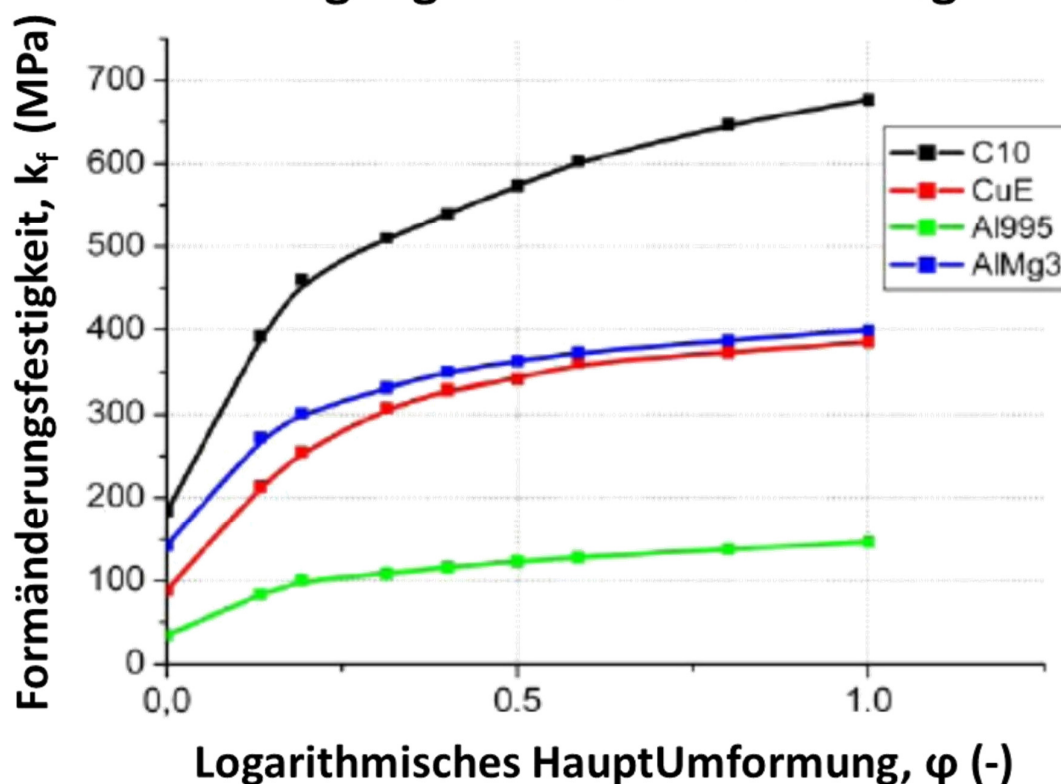


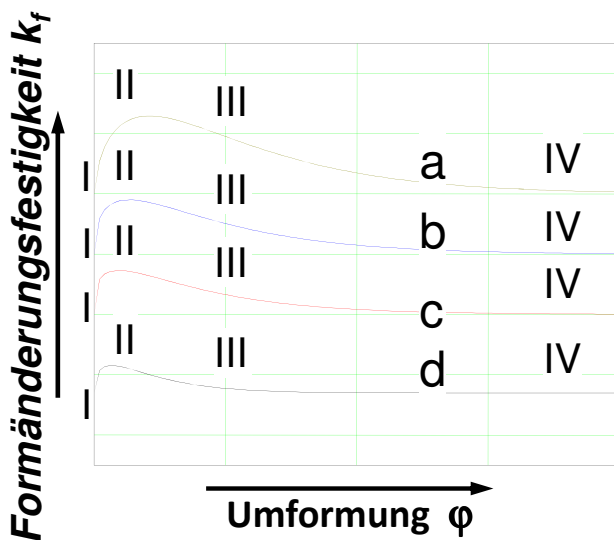
$$k_f = \frac{4F}{d^2\pi}, \quad \bar{\varphi} = \ln \frac{h_0}{h}, \quad \dot{\varphi} = \frac{v}{h}$$

$$k_f = c\bar{\varphi}^n, \quad k_f = R_{p0.2} + c_2\bar{\varphi}^{c_3}$$

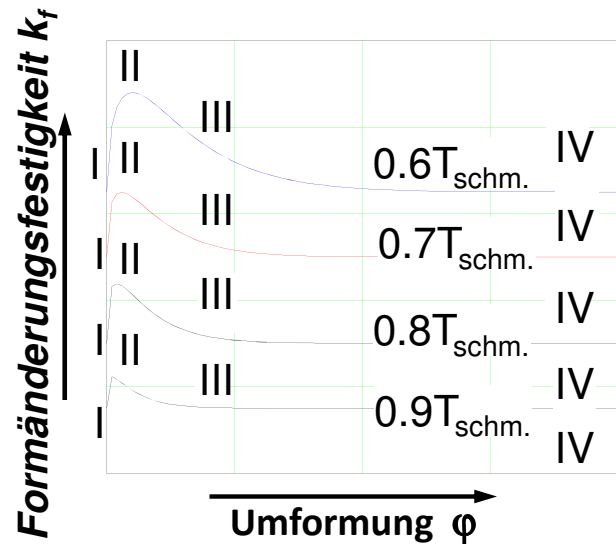
$$k_f = k_{f_0} \exp[\beta(1-T)] \left( \frac{\dot{\varphi}}{\dot{\varphi}_0} \right)^{m(T)} \bar{\varphi}^{n(T)}$$

## Verfestigung während Umformung





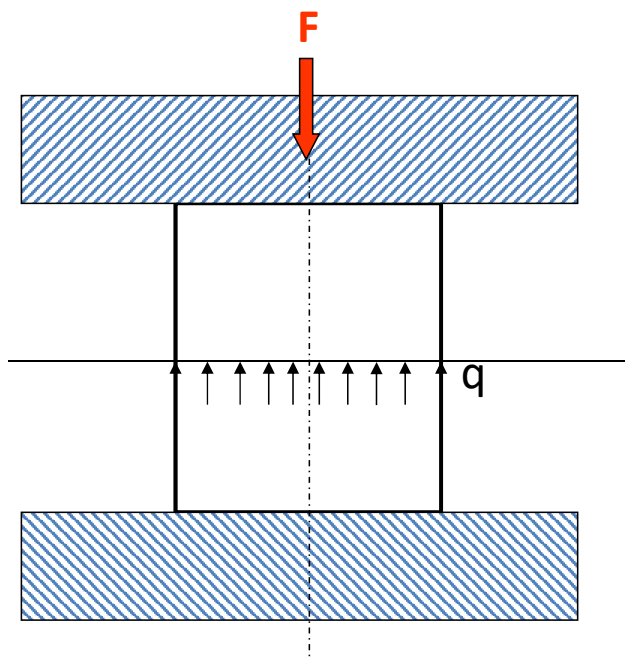
Gleiche Temperatur und verschiedene Umformungsgeschwindigkeiten  
( $a > b > c > d$ )



Gleiche Umformungsgeschwindigkeit und verschiedene Temperaturen

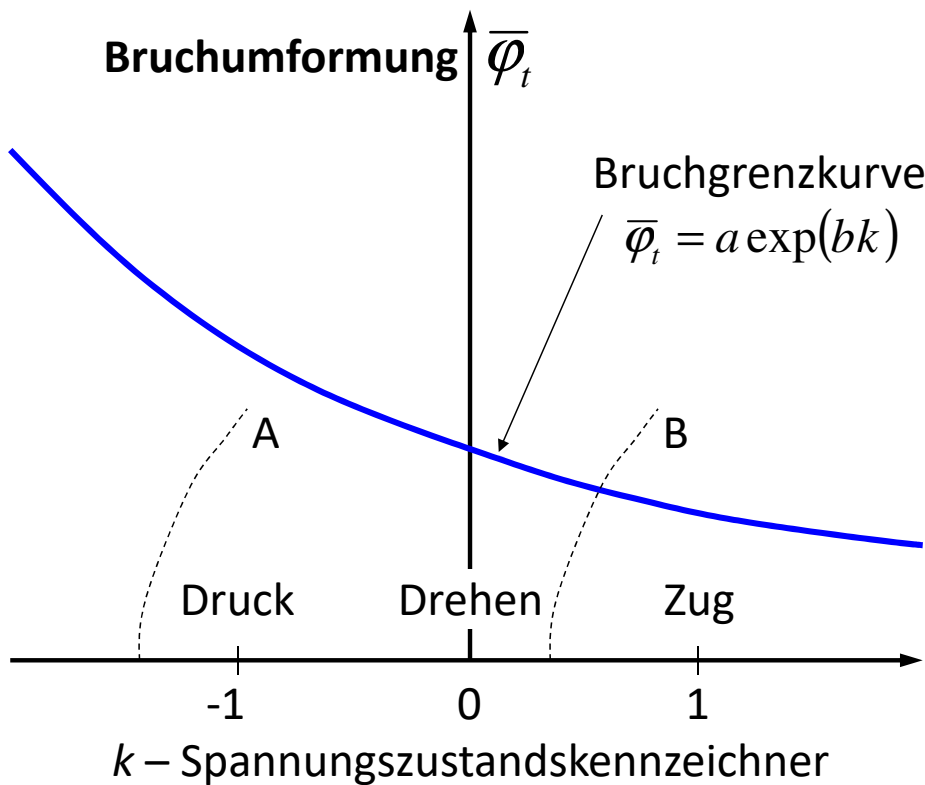
**I, II** – Zunahme der Versetzungsdichte, **III** – dynamische Regeneration und **IV** – dynamische Rekristallisation, Poligonisation

**Umformungswiderstand (q):** gegen äußere Kraft wirkende mechanische Spannung.



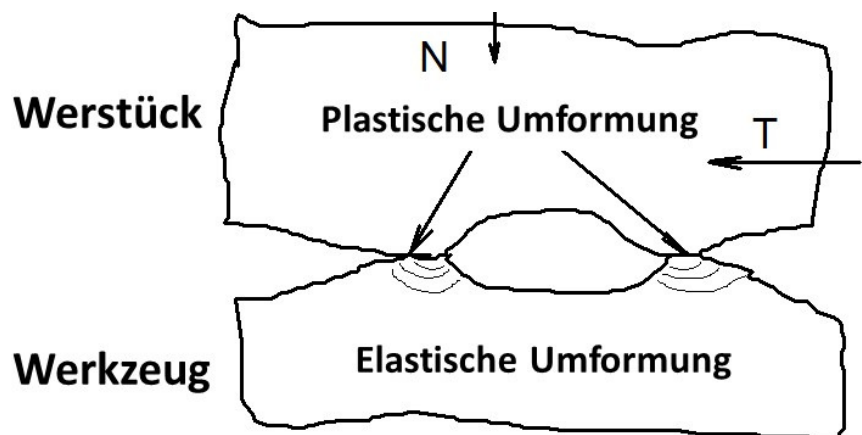
$$F = f(q(k_f, \mu, \text{Geometrie}))$$

## experimentelle Bestimmung



Folie: 23

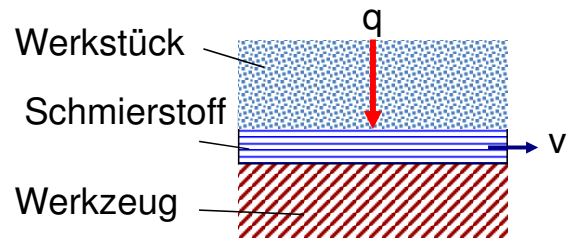
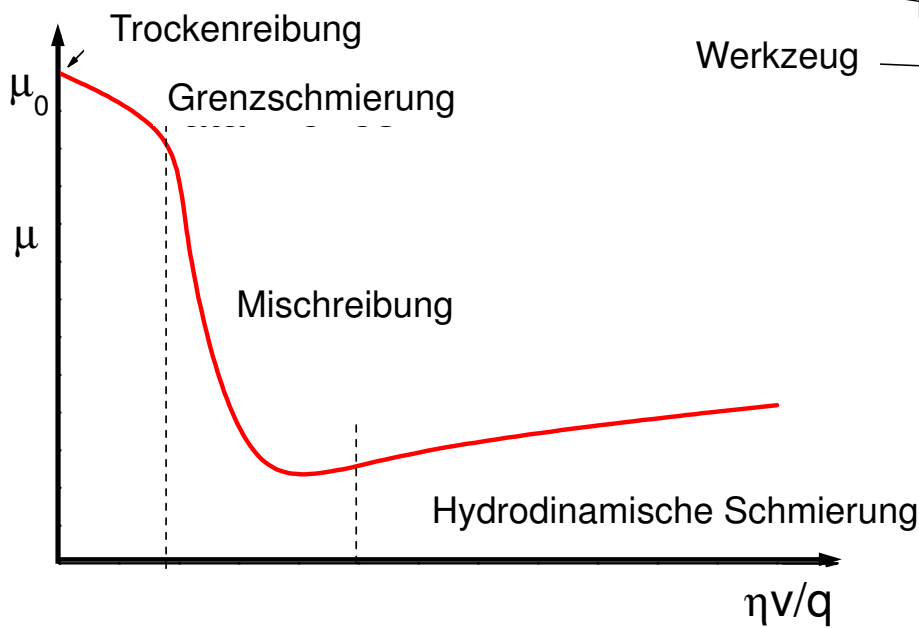
$\tau = \mu q$   
 $\mu$  - Reibbeiwert  
 $q$  - Lokaldruck



Bei den Kontaktflächen auftretende  $T$  Tangentialkraft ist proportional mit der  $N$  Normalkraft, die die Flächen zusammenpresst, und wirkt in der entgegengesetzte Richtung der Bewegungen der Flächen.

→ Die Rolle der Schmierstoffe.

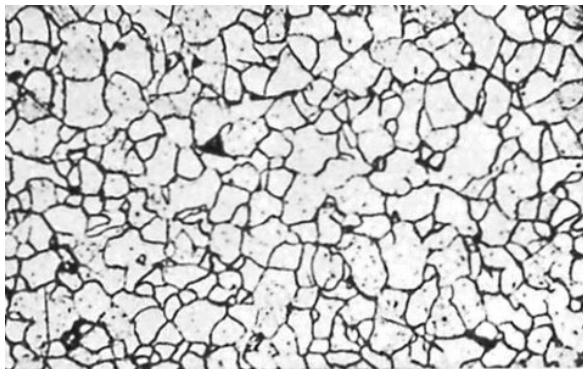
Folie: 24



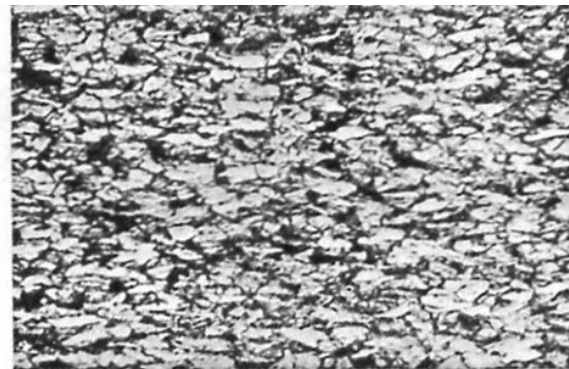
$\eta$  - Viskosität

Folie: 25

Gefüge eines Stahls nach verschiedener Kaltumformungen



a)



b)



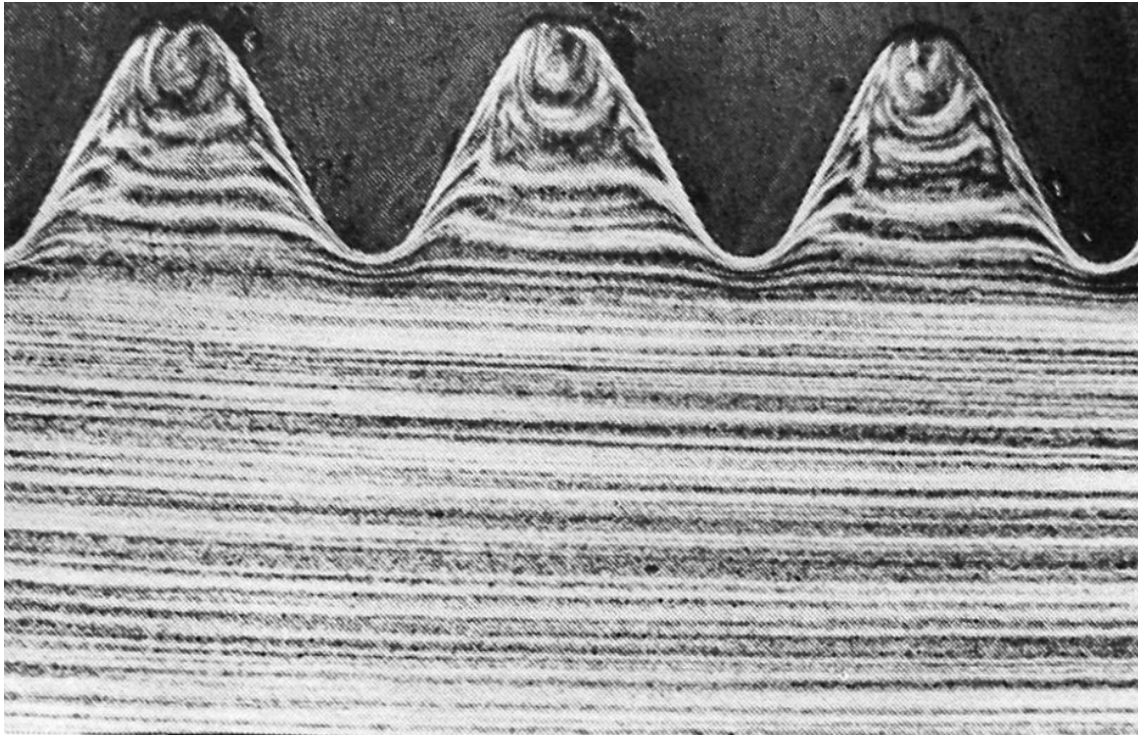
c)



d)

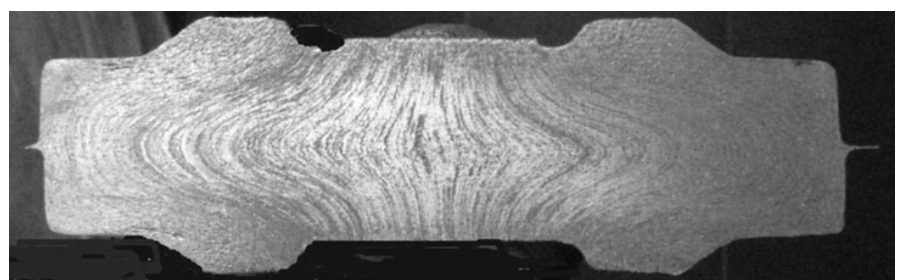
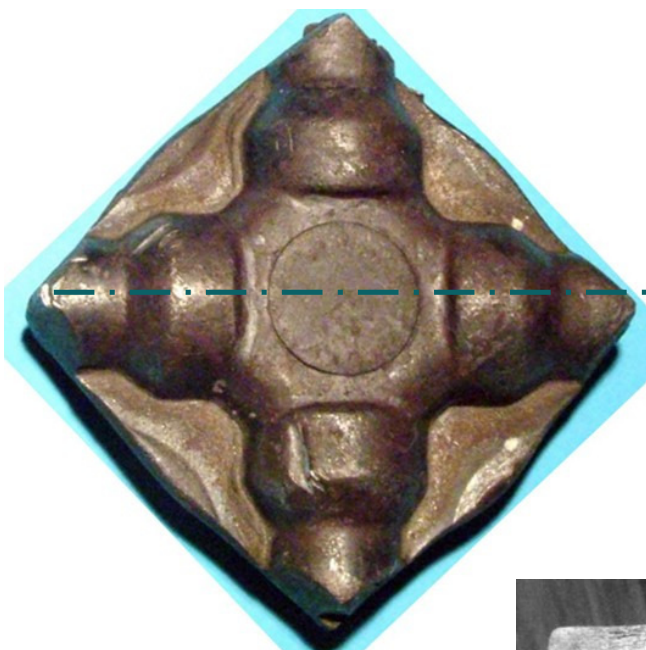
Nach: a) 0%, b) 50%, c) 60%, d) 80% Kaltwalzen

Folie: 26

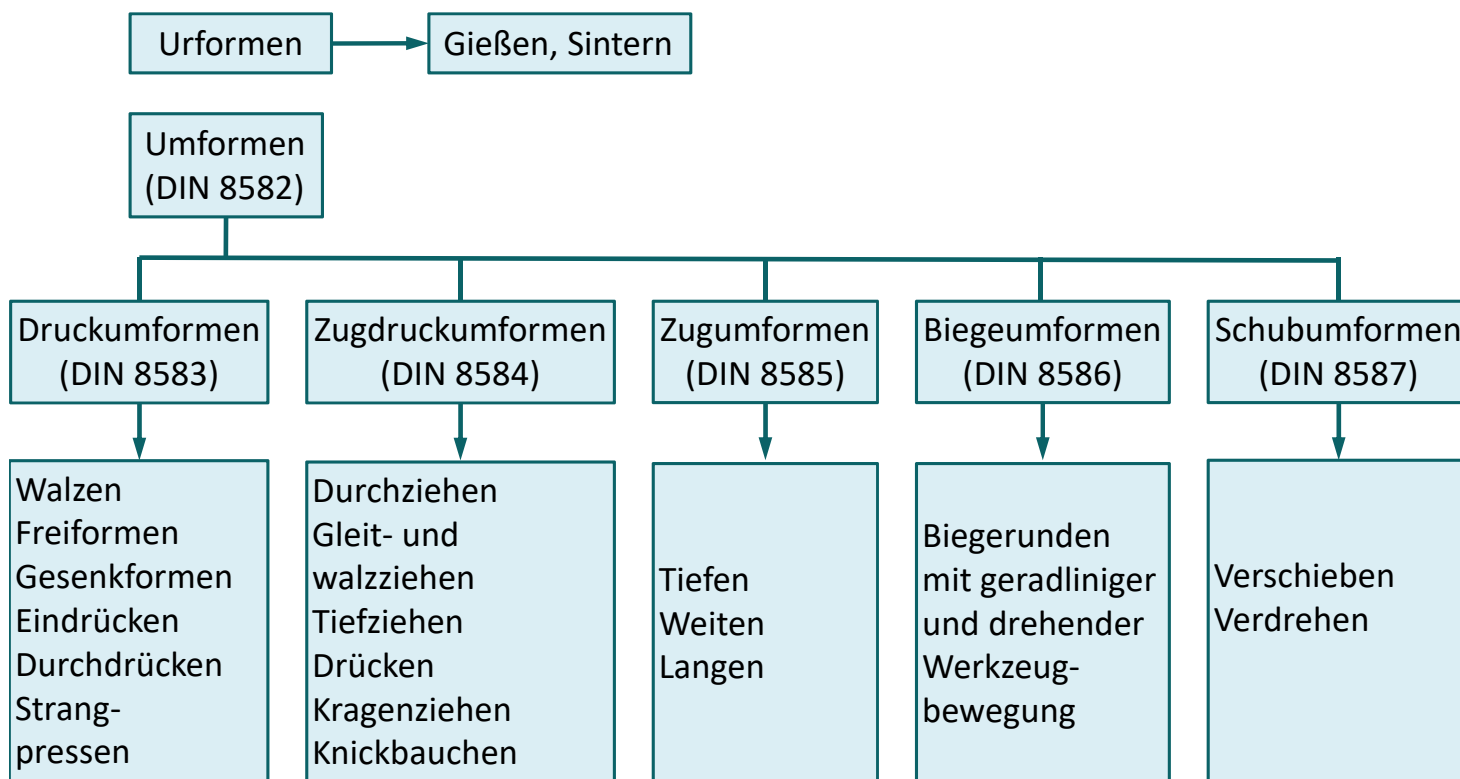


Längsschliff einer gewalzte Schraube (Gewinderollen - Mángorlás)

Folie: 27



Folie: 28



Rohstoffausnutzen		Herstellungsmethode	Energiebedarf für 1 kg Produkt			
90		Gießen	0-38			
95		Pulvermetallurgie	29			
85		Kalt-, oder Halbwarmumformen	41			
	75-80	Gesenkschmieden		41-49		
	45-40	Spanende bearbeitung			66-82	
100%	← 0%		0 MJ	→		100 MJ

# Umformtechnologien

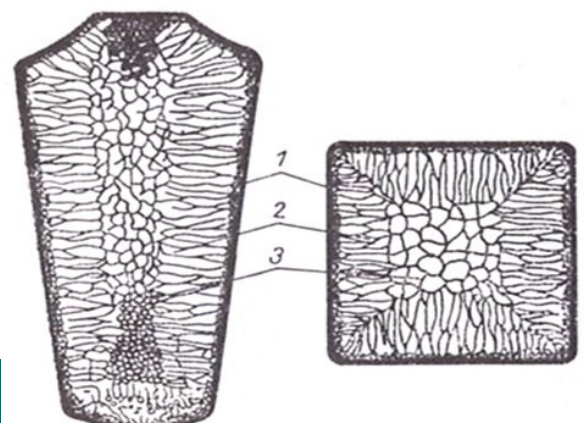
- **Formgeben**
- **Verbesserung der Eigenschaften, Veränderung der gegossene:**

- Kornforminhomogenität
- Strukturveränderung,
- Homogenisation
- Verbesserung der Zähigkeit

Ermüdungsgrenze ↑  
 TTKV ↓  
 $K_{IC}$  ↑

- **Meistens Halbprodukt und kein Fertigproduktherstellung**

- Warmwalzen
- Freiformschmieden
- Pressen





## ➤ Massivumformen (térfogat alakítás)

Kleine Oberfläche/Volumen Verhältnis, die Dicke des Werkstücks ändert sich im Laufe der Umformung.

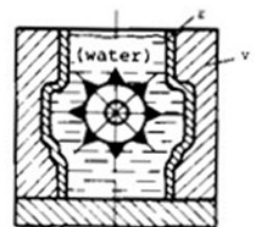
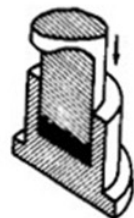
Pressen, Schmieden, Walzen, Extrudieren (Fließen), Draht-, Stangen-, Rohrziehen.

## ➤ Blechumformen (lemezalakítás)

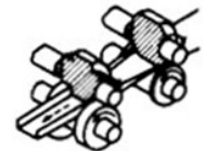
Große Oberfläche/Volumen Verhältnis, die Dicke praktisch nicht ändert sich im Laufe der Umformung.

Ausschneiden, Biegen, Tiefziehen, Wölben.

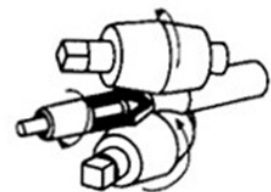
**Völliges Umf.**



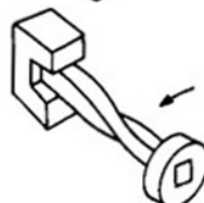
**Eindimensional Umf.**

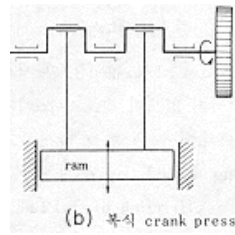


**Zweidimensional Umf.**



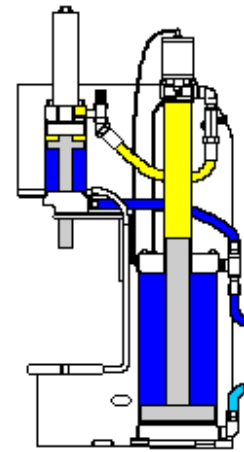
**Freies Umf.**





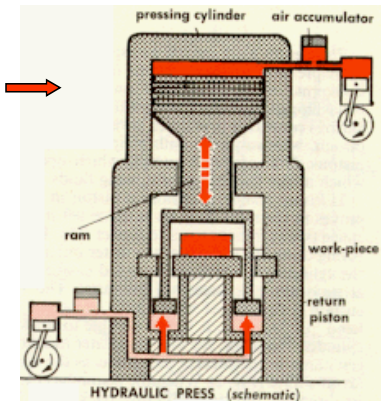
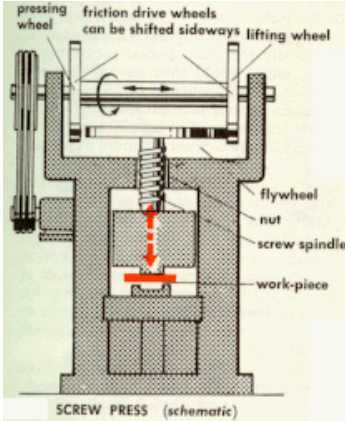
← Mechanische Presse

Pneumatische Presse →



Hidraulische Presse →

← Schraubenwellens-  
presse



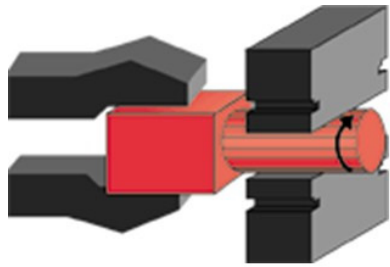
Umformmaschiene – mit 500.000 KN Umformungskraft

# Massivumformen

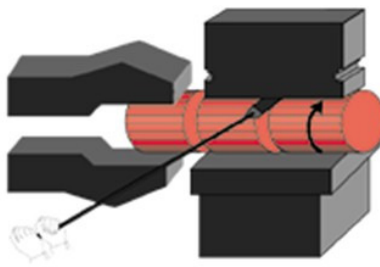
Schmieden ist ein Umformverfahren in allgemeinen über Rekristallisationstemperatur durch Schlag oder Druck durchgeführt .

- Freiformschmieden
- Gesenkschmieden
  - in geöffnetem Gesenk
  - in geschlossenem Gesenk

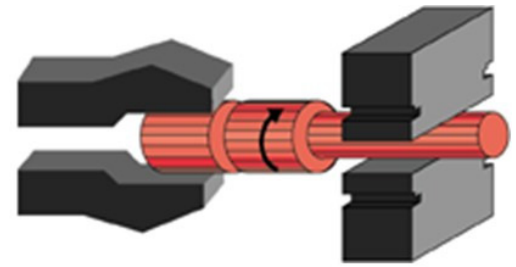
Durch einige Grundoperationen und Werkzeuggarnitur sind Produkte mit änderlichen Form herstellbar.



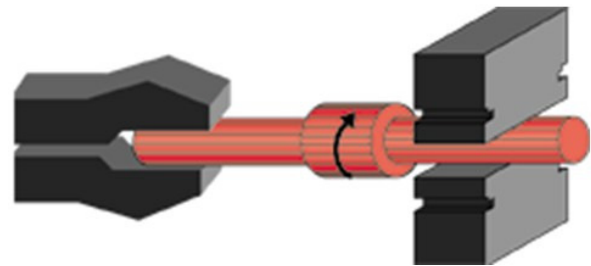
Vorschmieden



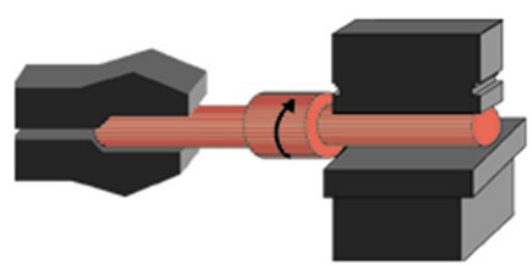
Zeichnen



auf Maß Dehnen



Dehnen der anderen Seite



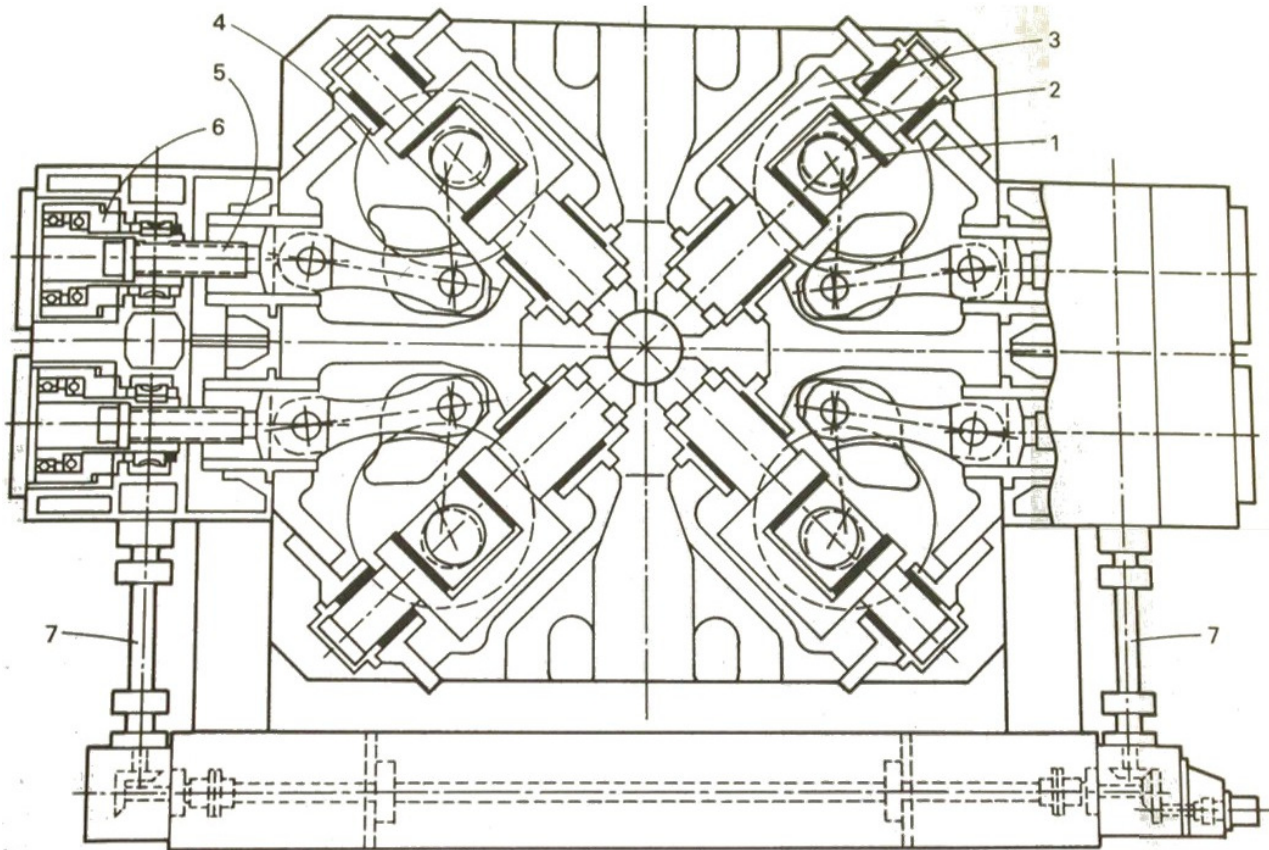
Glätten

Videos: [1](#), [2](#)

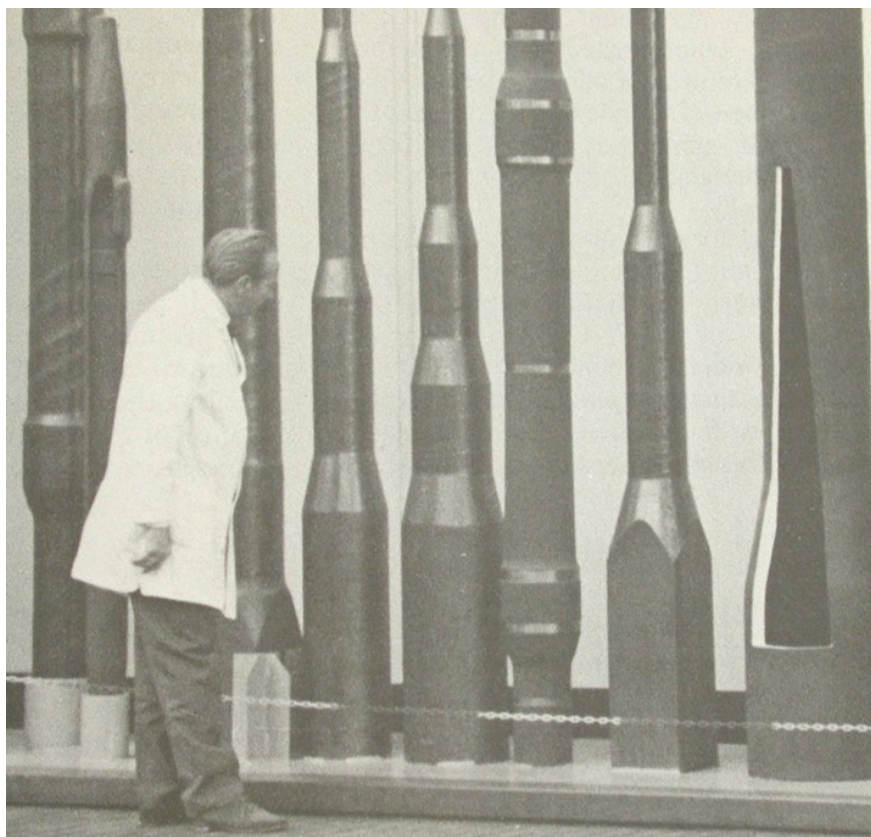
Folie: 39



Folie: 40



Folie: 41

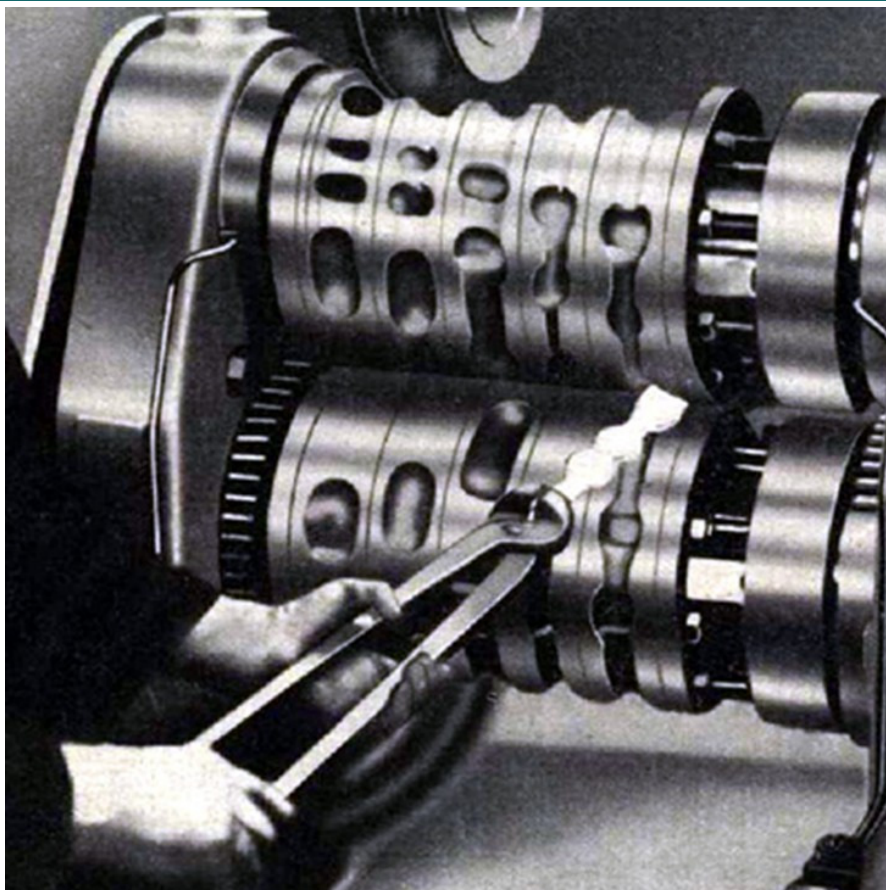
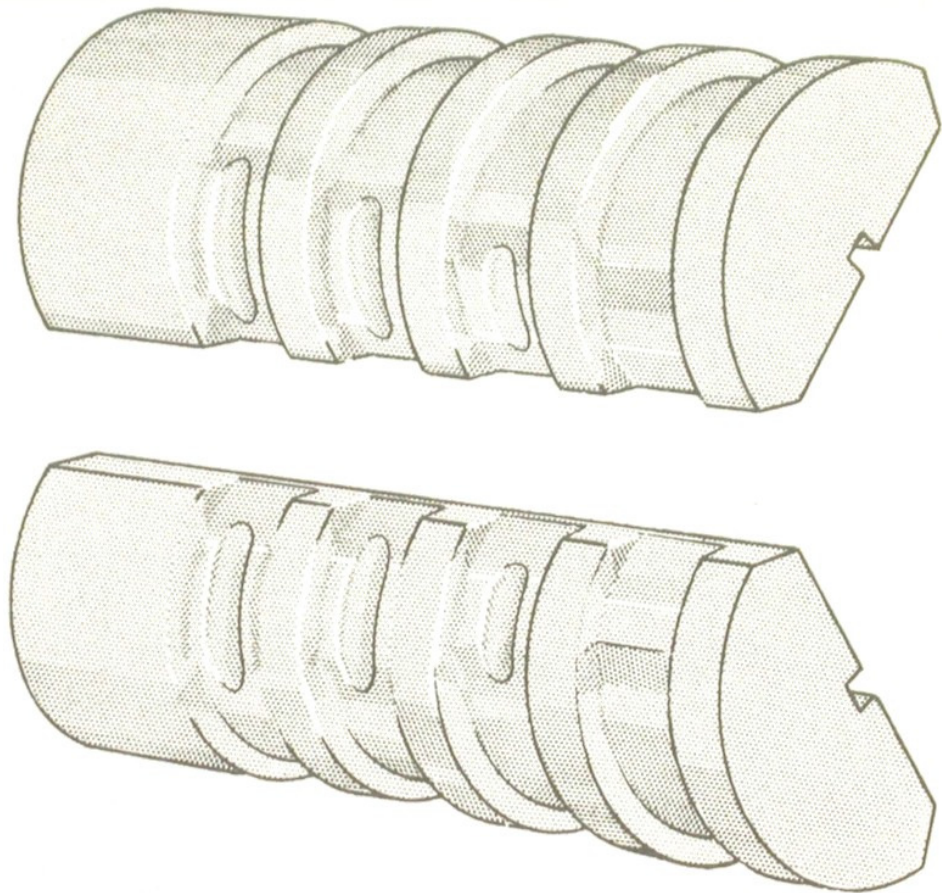


- Wellen mit Stufen im Durchmesser
- Poligone
- Spiralen
- Waffenrohre

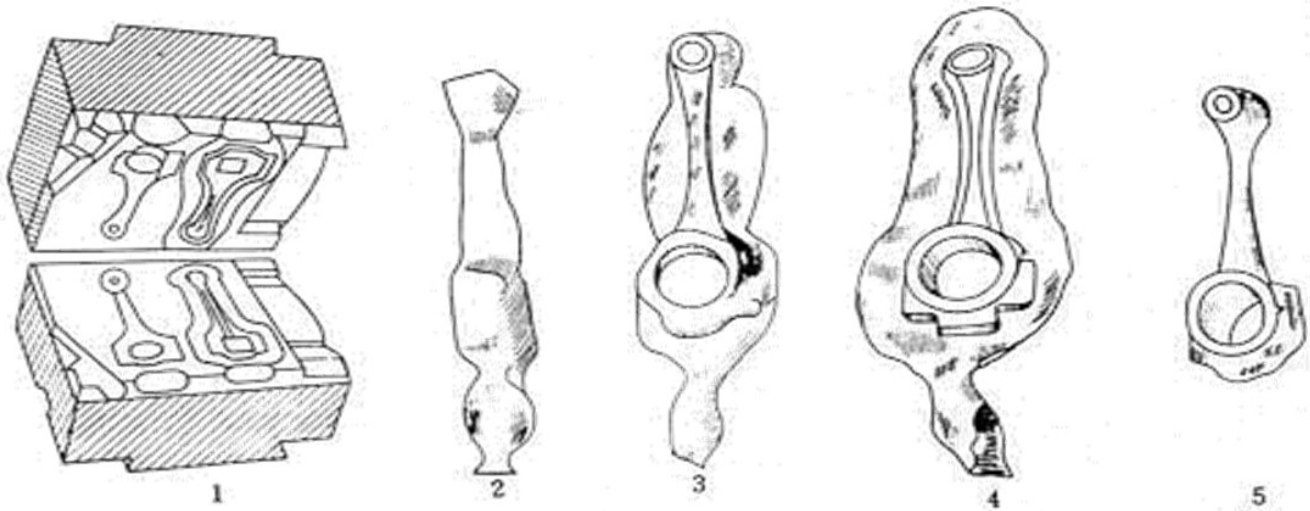
Folie: 42



Werkstück



## Durch Anwendung verschiedener Gesenkformen



## Schritte der Kurbelstangenherstellung

Folie: 45



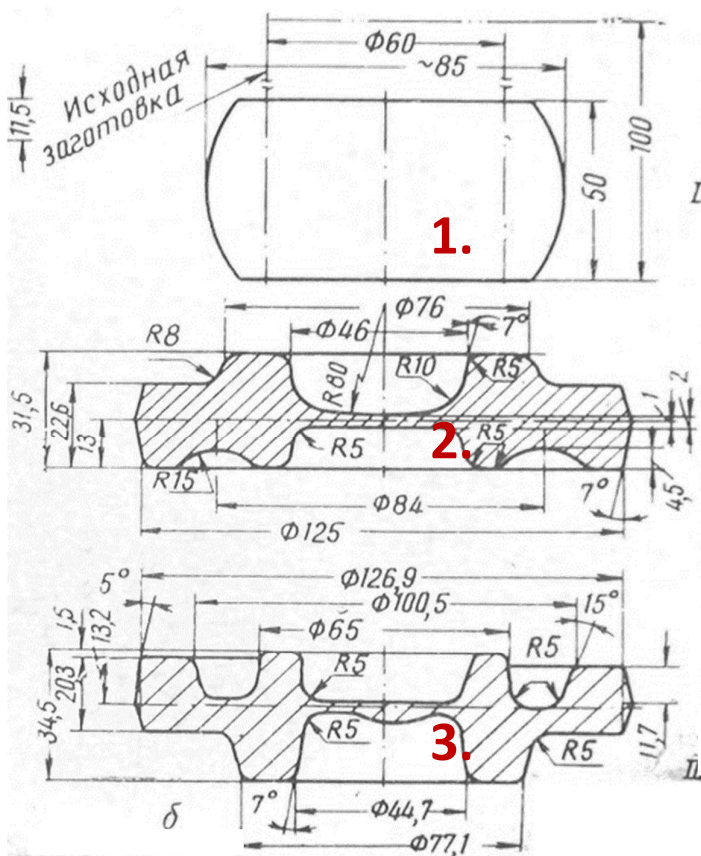
ummformen (im  
 Schmiedewalzen in 4 Schritten)  
 Glätten  
 Vorgesenk  
 Fertiggessenk  
 Abgraten (Sorjázás)  
 Kalibrieren

(Genauigkeit 30 g,  
 Gesamtgewicht 5,6 kg)  
 Taktzeit 0,5 min)

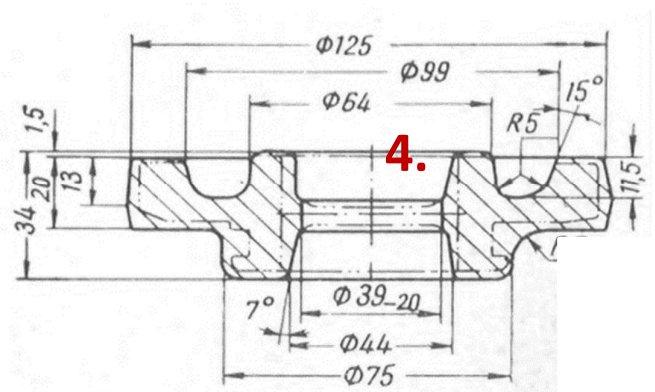
Folie: 46



Folie: 47

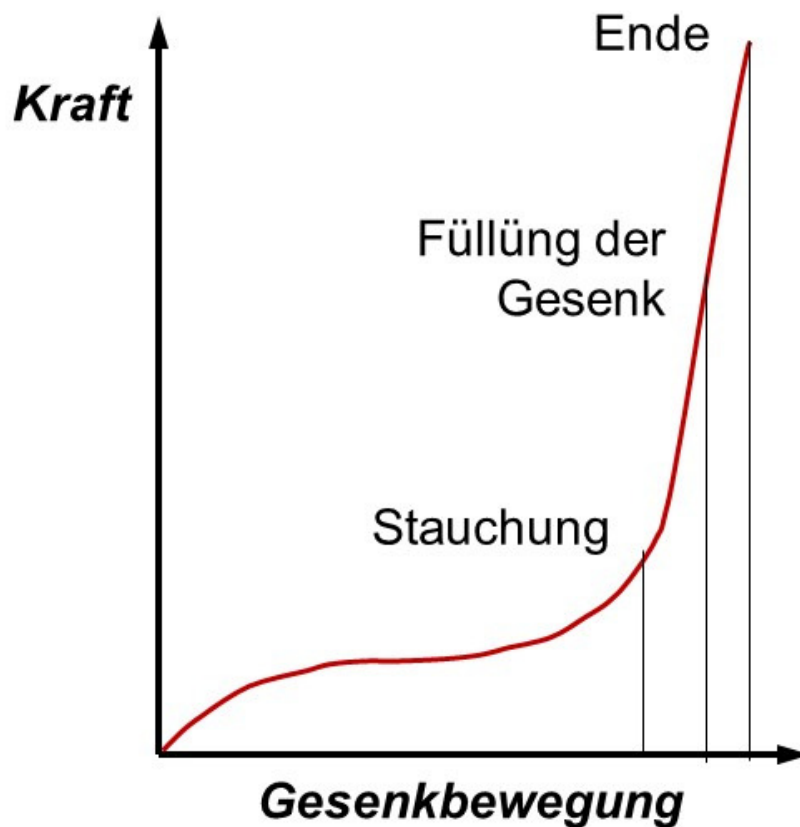
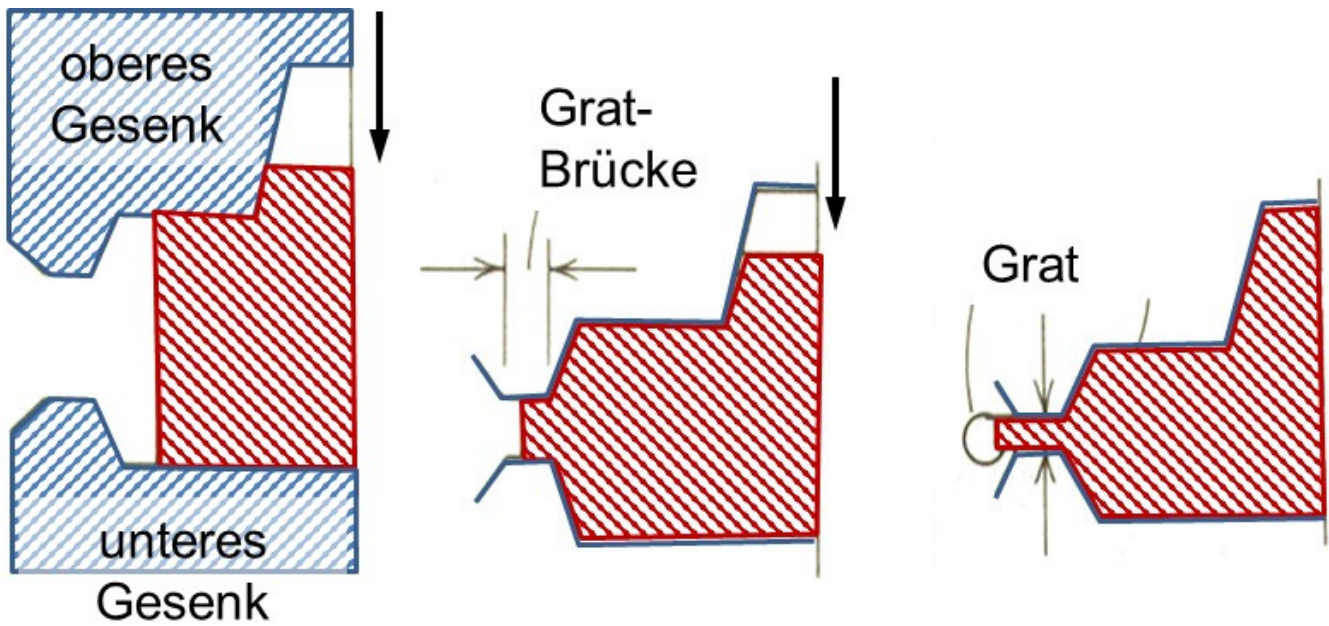


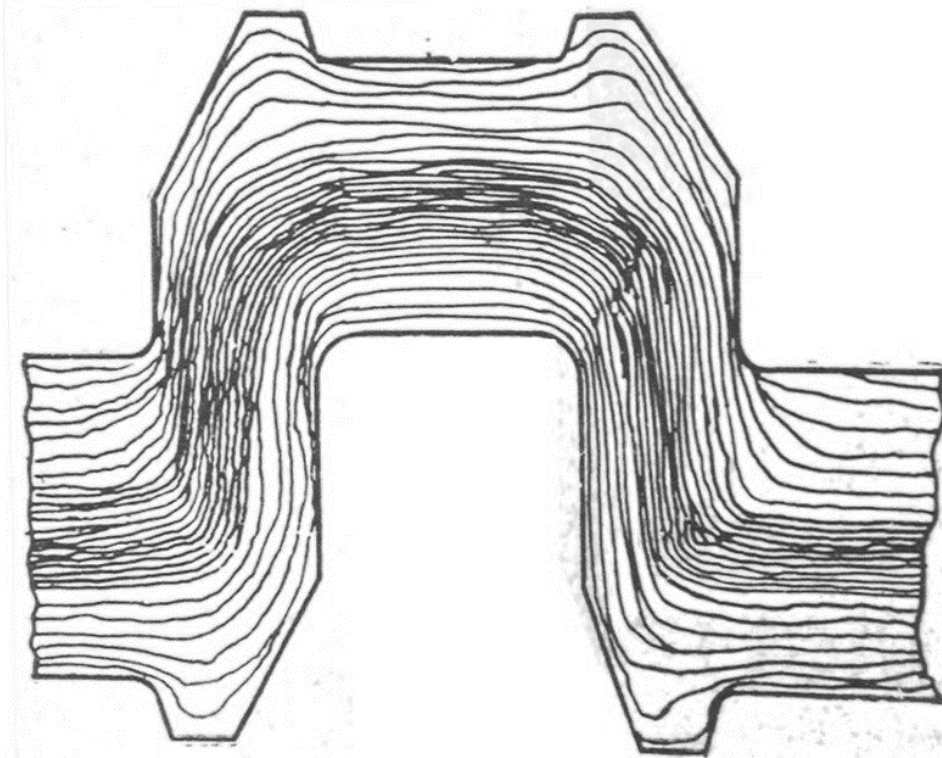
1. Ausgangsstück
2. Vorkavität
3. Fertigkavität
4. Entgraten



Folie: 48



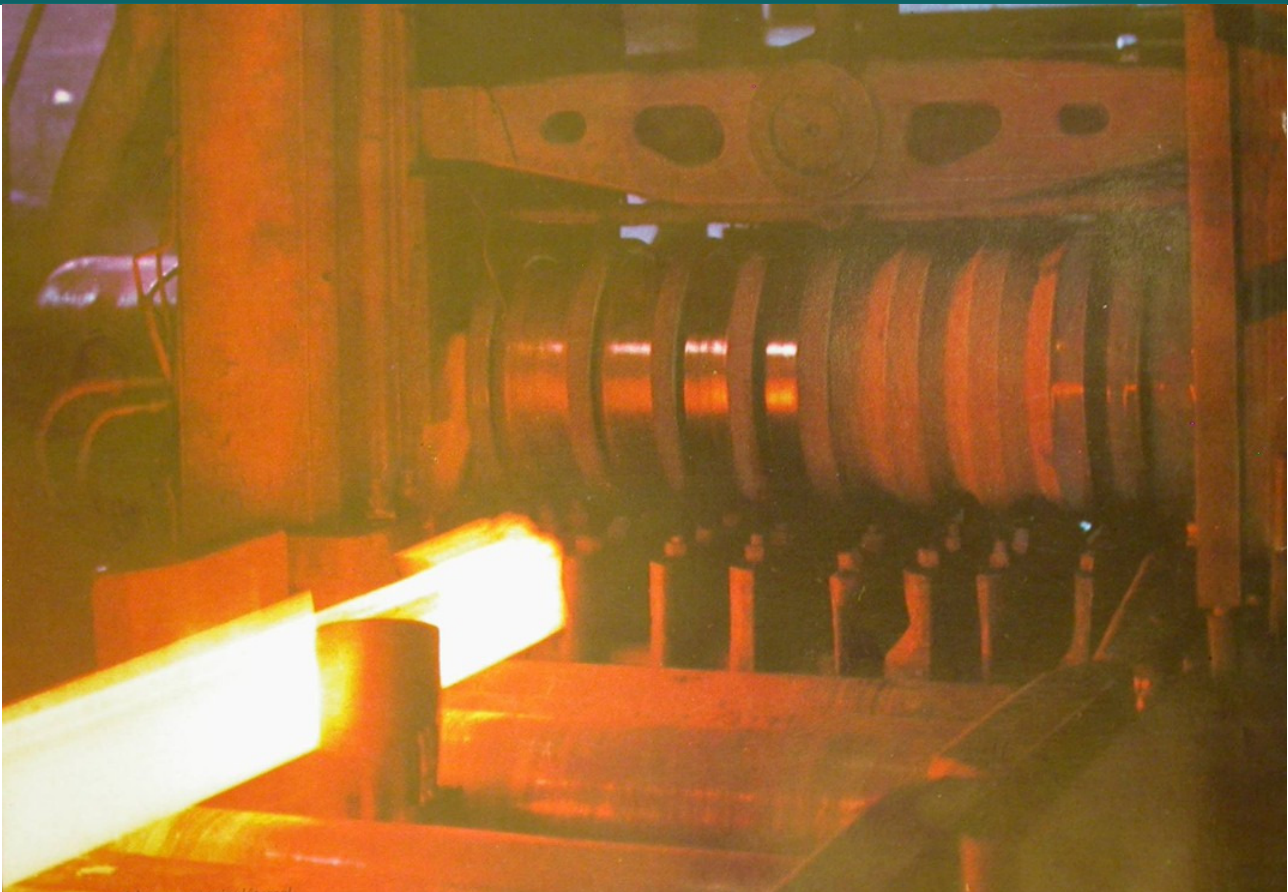




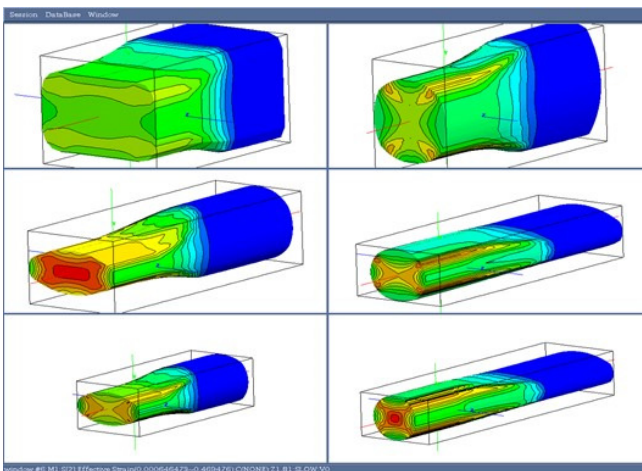
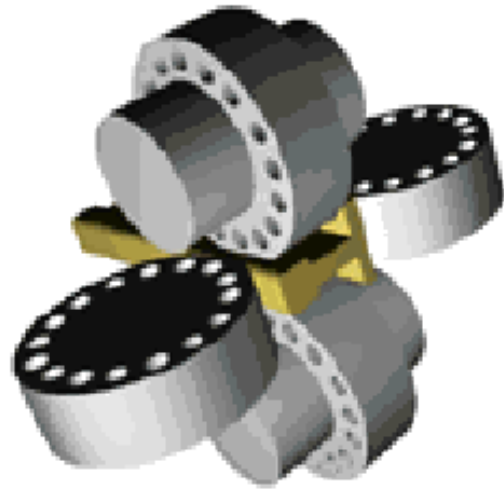
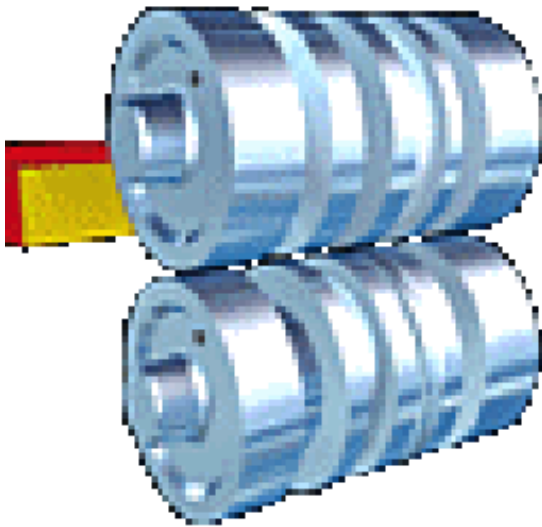
Fadenrichtung  
ununterbrochen

→ Festigkeit wächst und die Ermüdungsgrenze wächst !

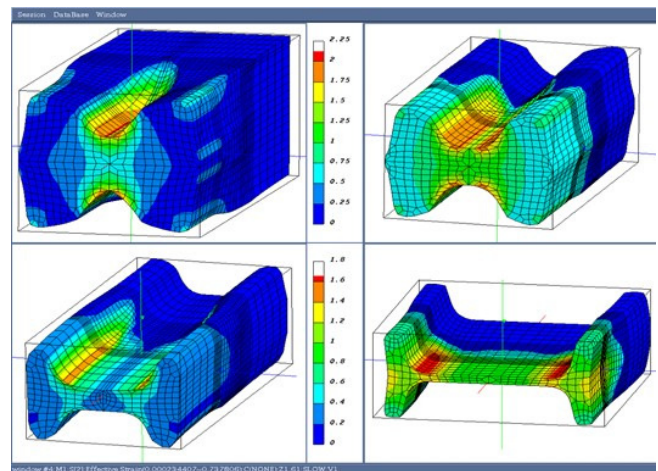
Folie: 51



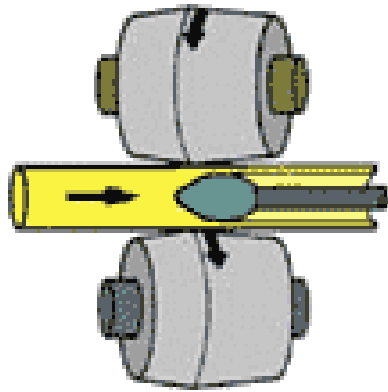
Folie: 52



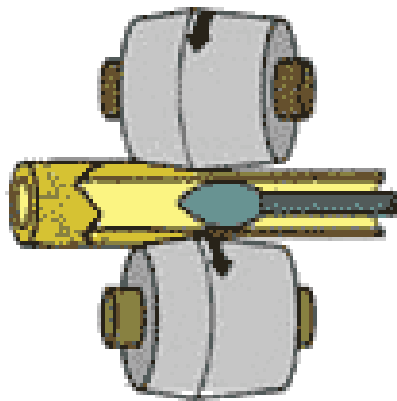
Viereck, Ellipse, Kreis



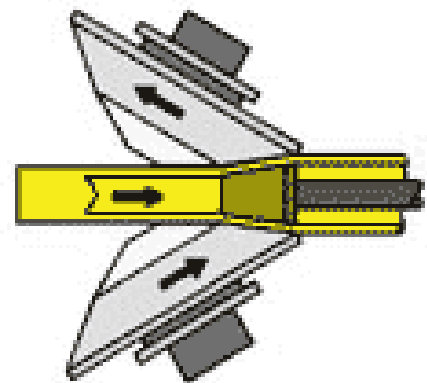
Gleis, Schienenprofile



Rohrdurchstich  
(Mannesmann)

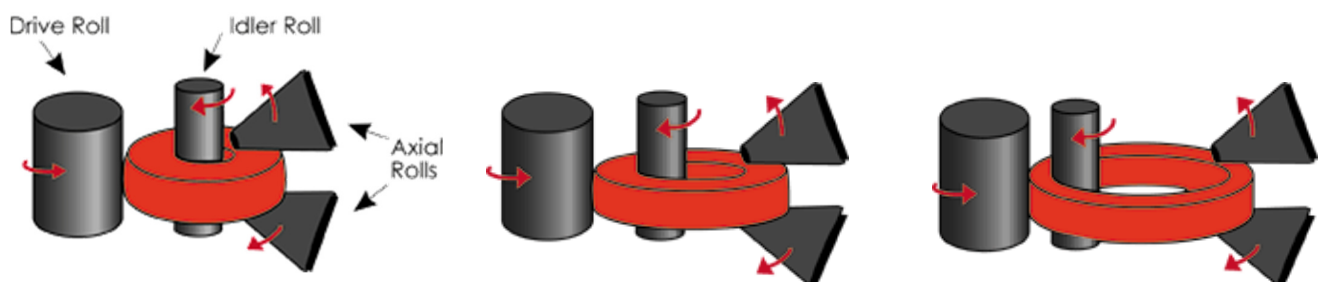
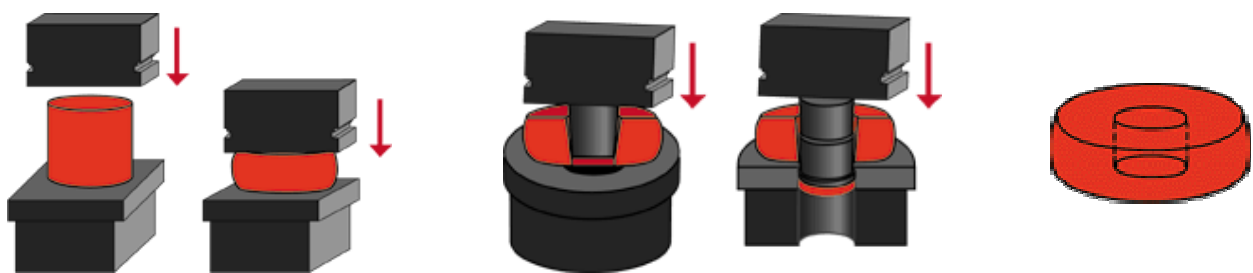


Weiteres  
Umformen



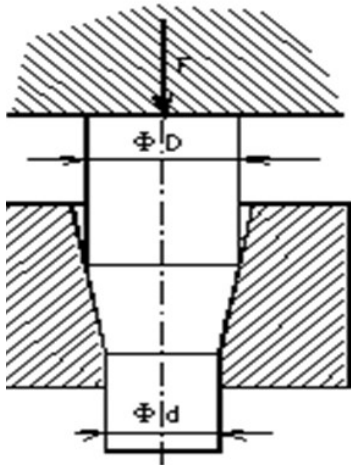
[Video](#)

Folie: 55



[Video 20](#)

Folie: 56

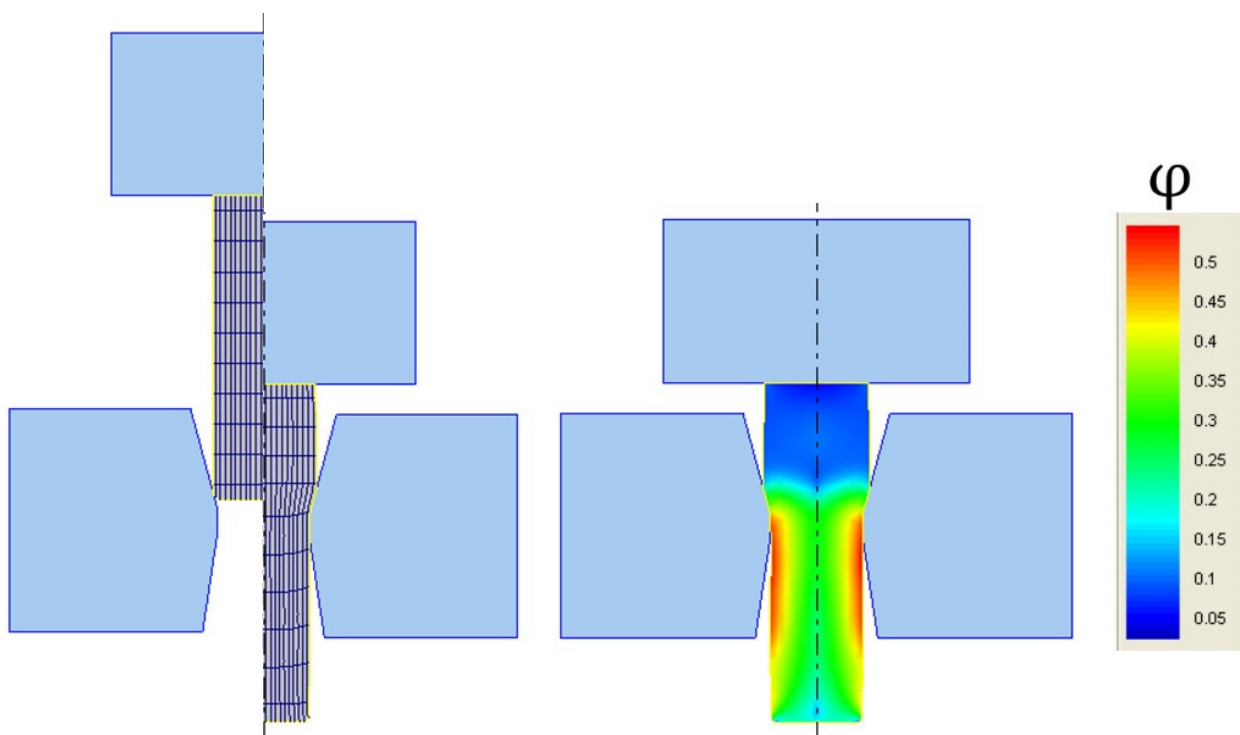


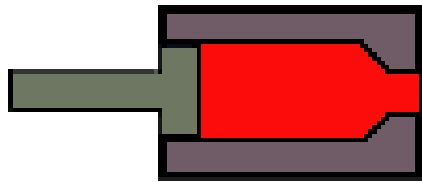
- prizmatische Vorform
- Kopf mit größere Hals mit kleinere Durchmesser
- einfach
- kleine Werkzeugkosten
  - Ist gut für Verwendungen mit Durchmesserabnahme

1. Im Kopfteil darf sich das Material plastisch nicht umformen
  2. Das Werkstück darf sich nicht ausbeugen
- Kopf/Hals Verhältnis = max. 2,4

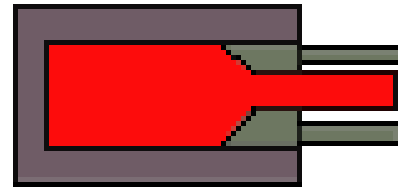
$$p_{red} \leq k_{f0} \leq k_{fm}$$

## FEM Qform2D

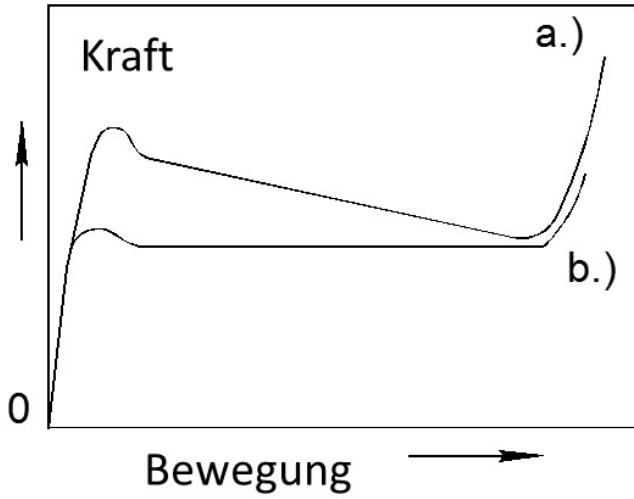




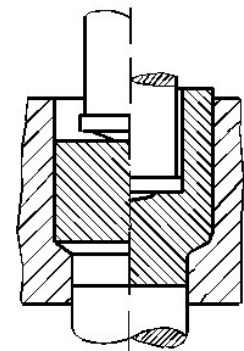
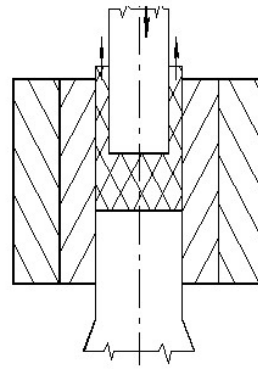
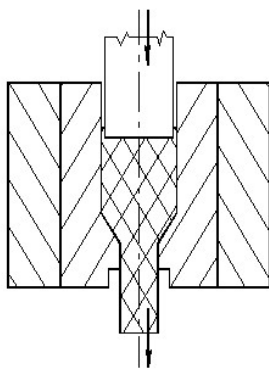
a.) direktes



b.) indirektes

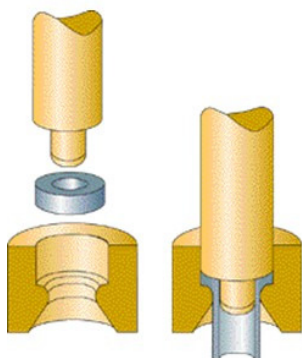


## Verschiedene Profile

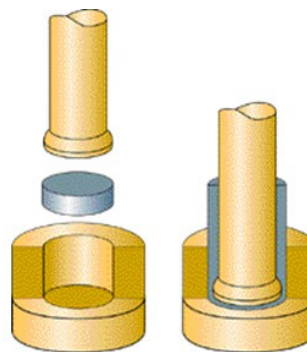


Stempel

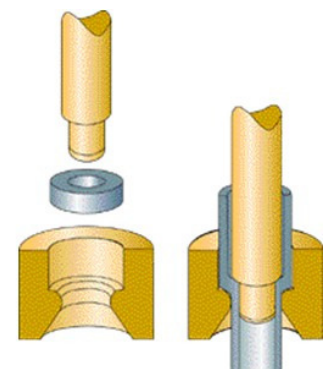
Matrize



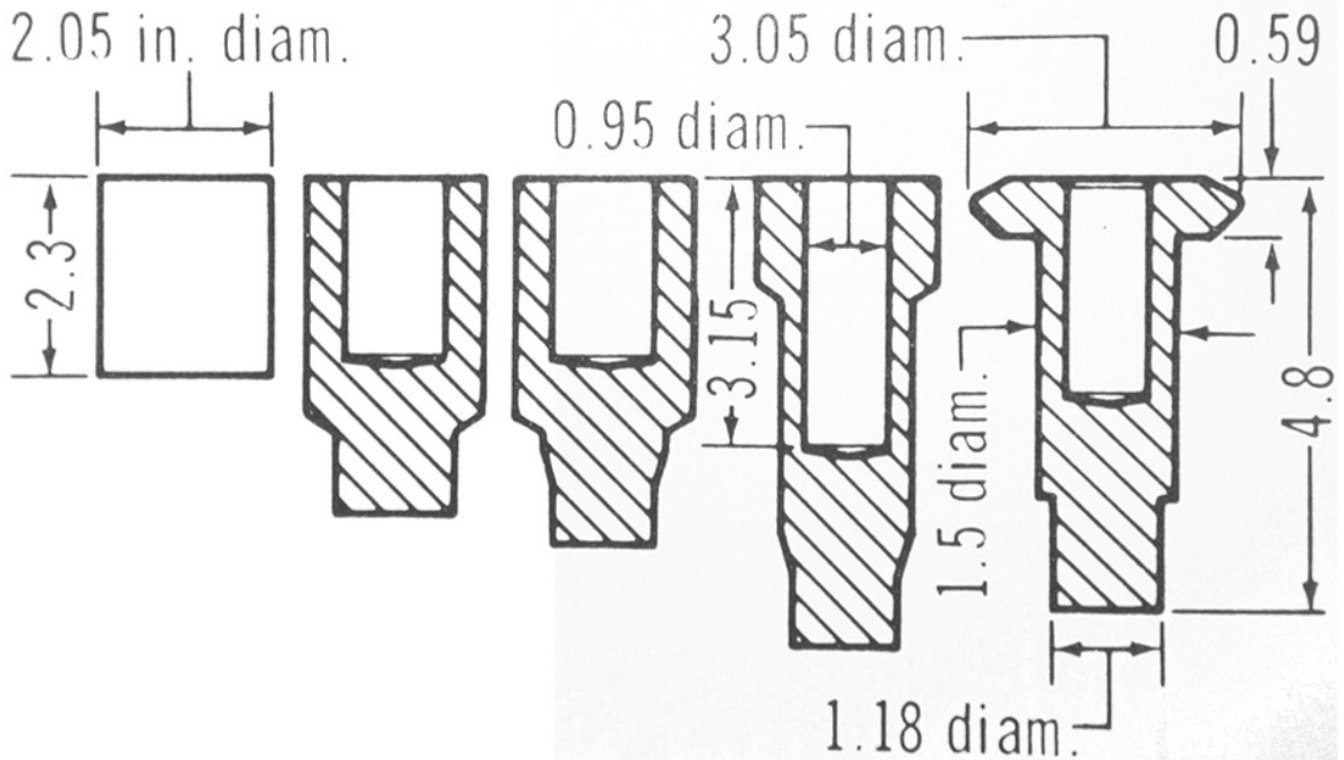
nach Vorne



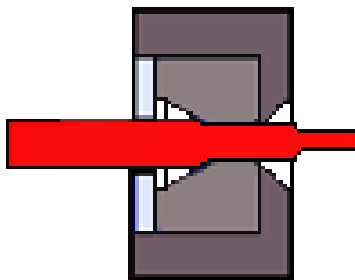
nach Hinten



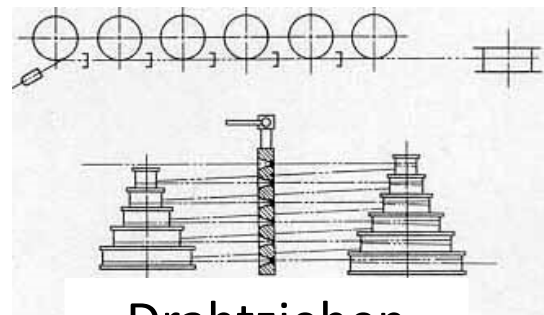
kombiniert



Folie: 61



Stangenziehen



Drahtziehen



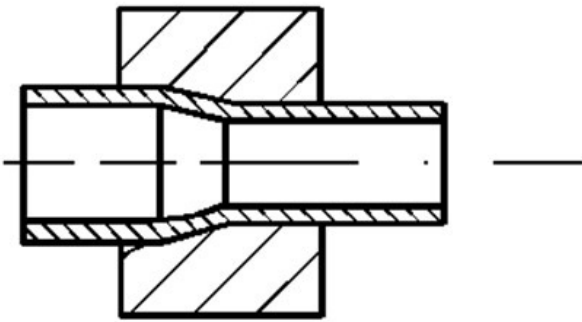
Zugringen



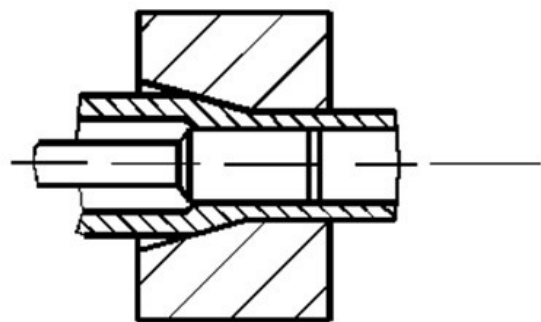
Hartmetall /  
Diamant

Folie: 62

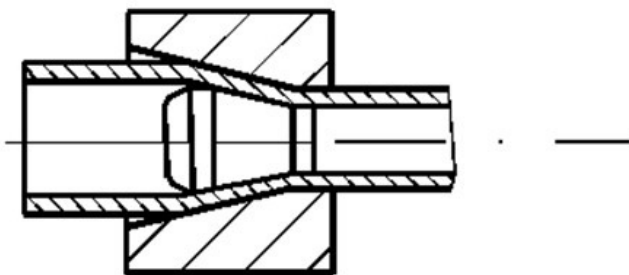
a.)



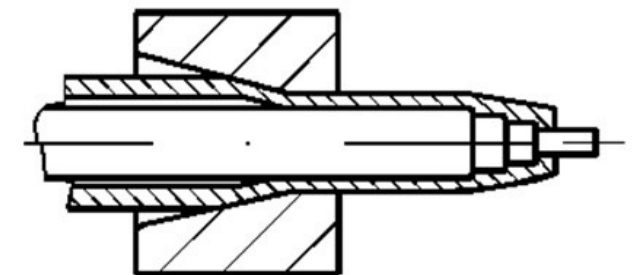
b.)



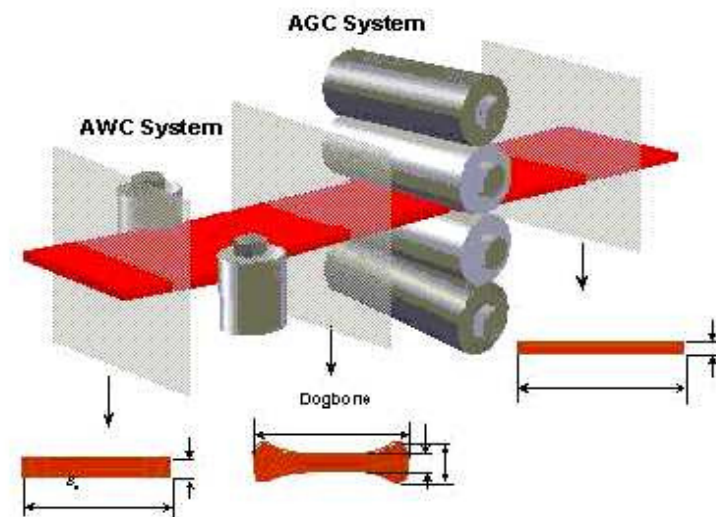
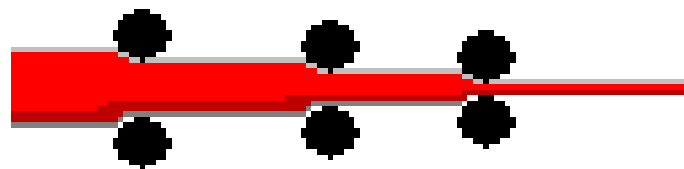
c.)



d.)

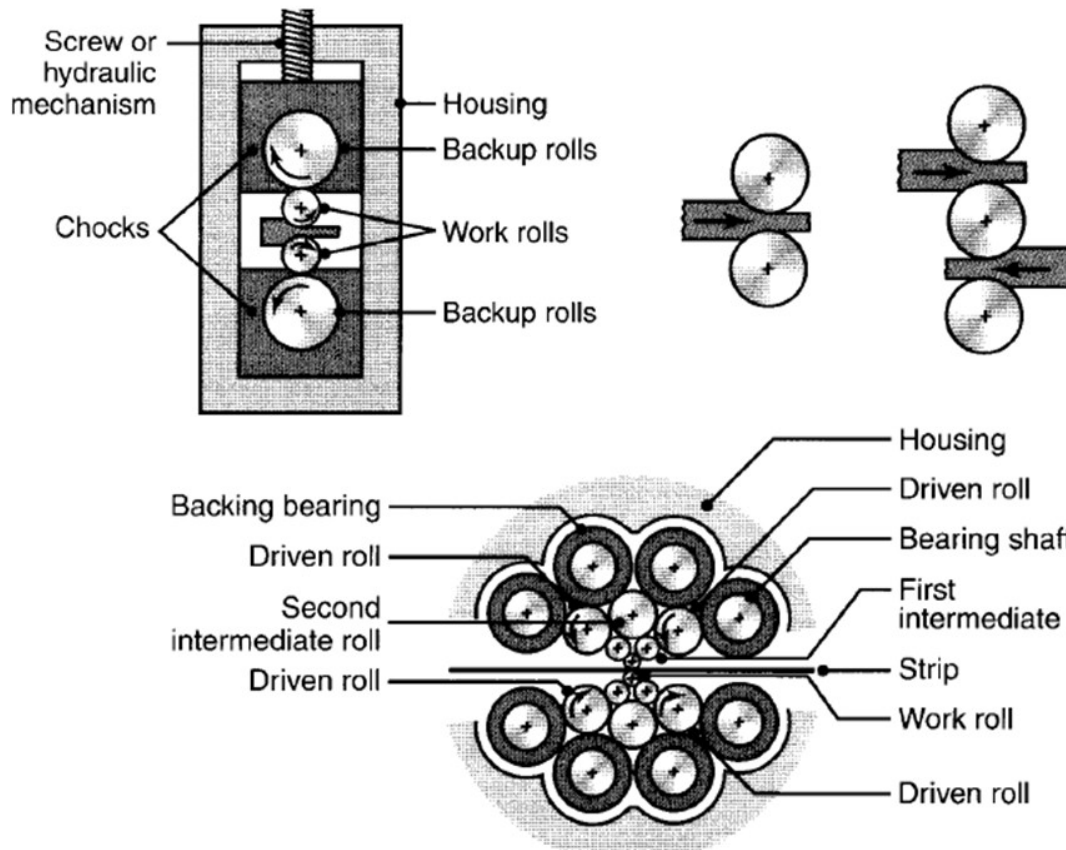


Folie: 63

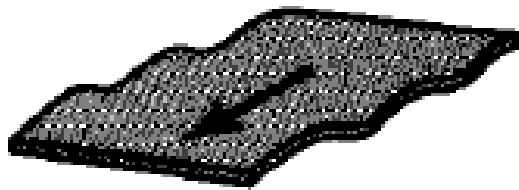


Folie: 64

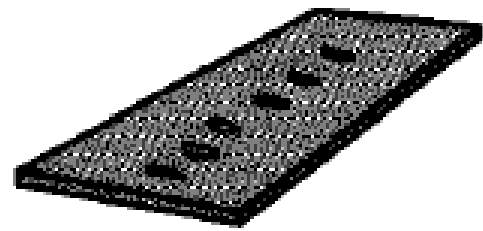




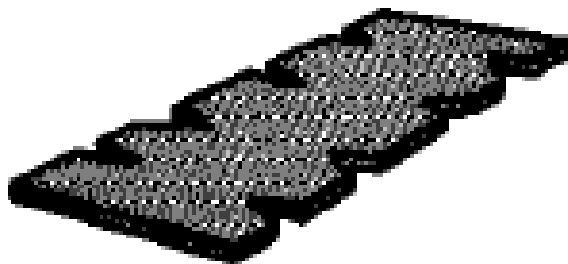
Folie: 65



wellenartige Oberfläche



Risse in der Mitte



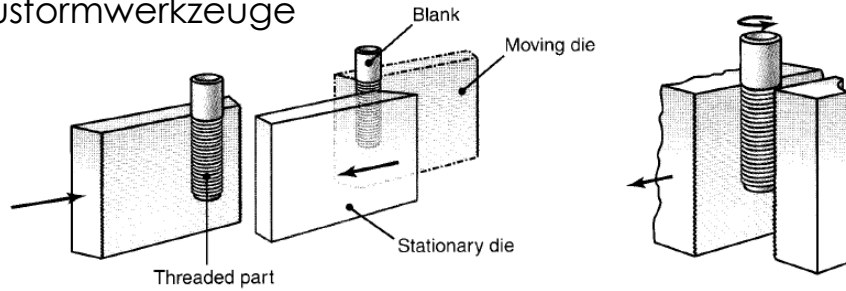
Risse am Randne



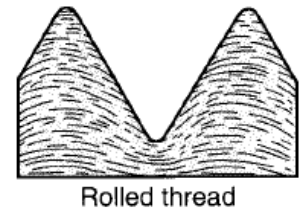
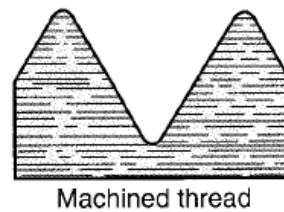
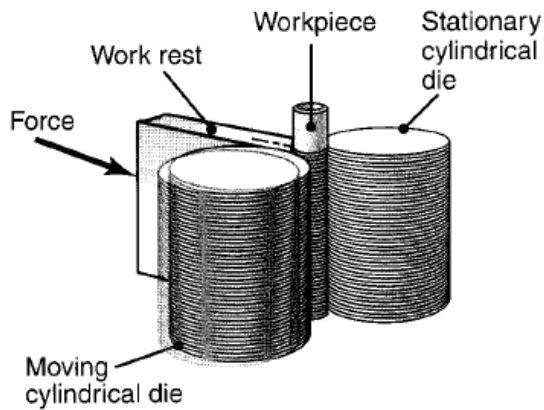
Trennung in die Mitte  
" Aligating "

Folie: 66

## Flache Ausformwerkzeuge



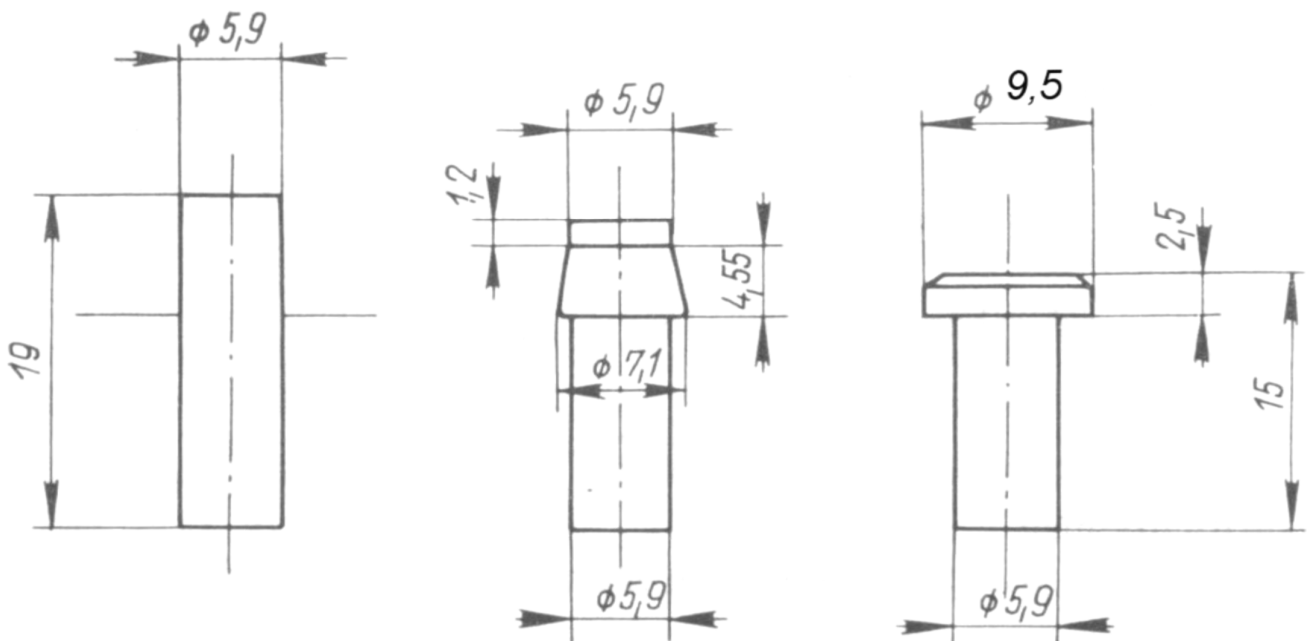
## Runde Ausformwerkzeuge



# Mit Stauchen hergestellte Werkstücke

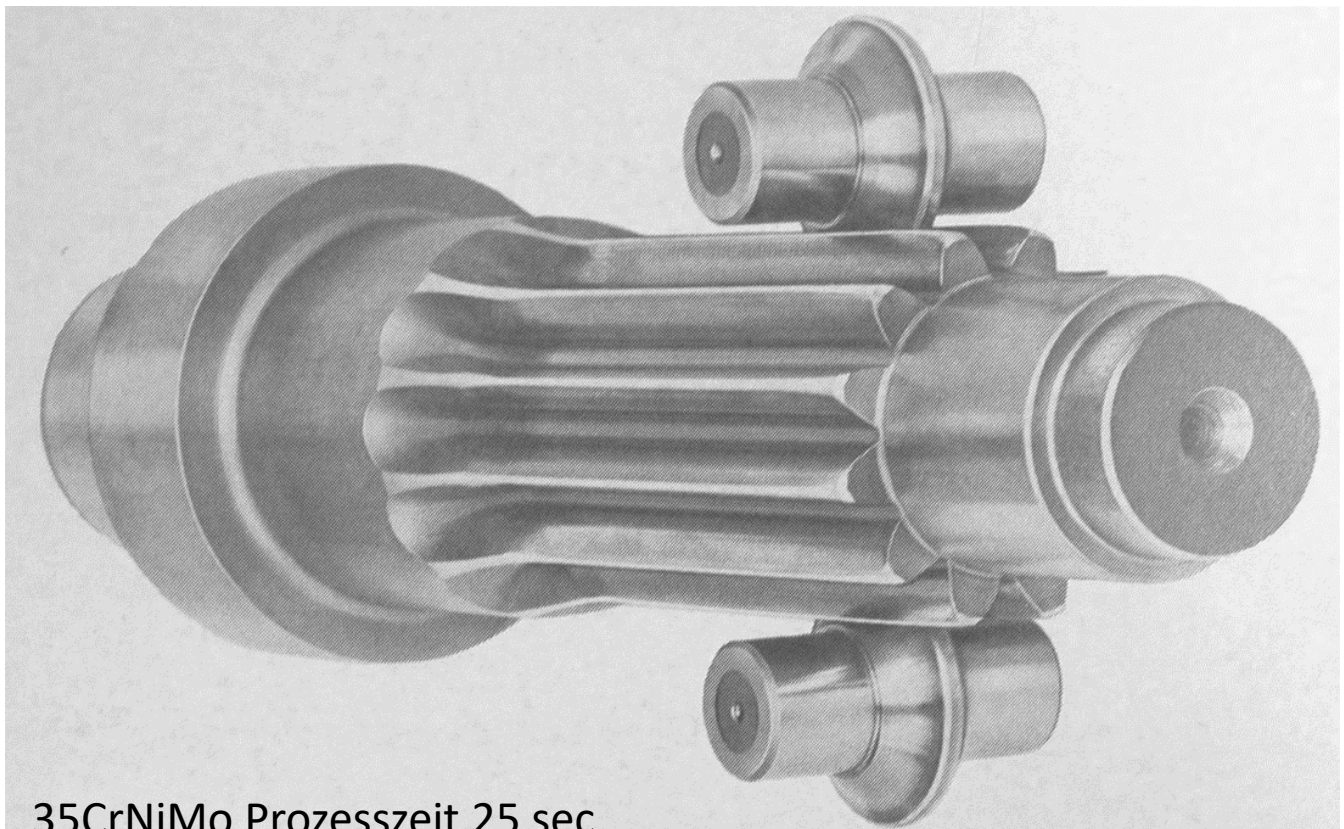
(meistens mit Kaltumformung)

## Schrittplan





Folie: 69



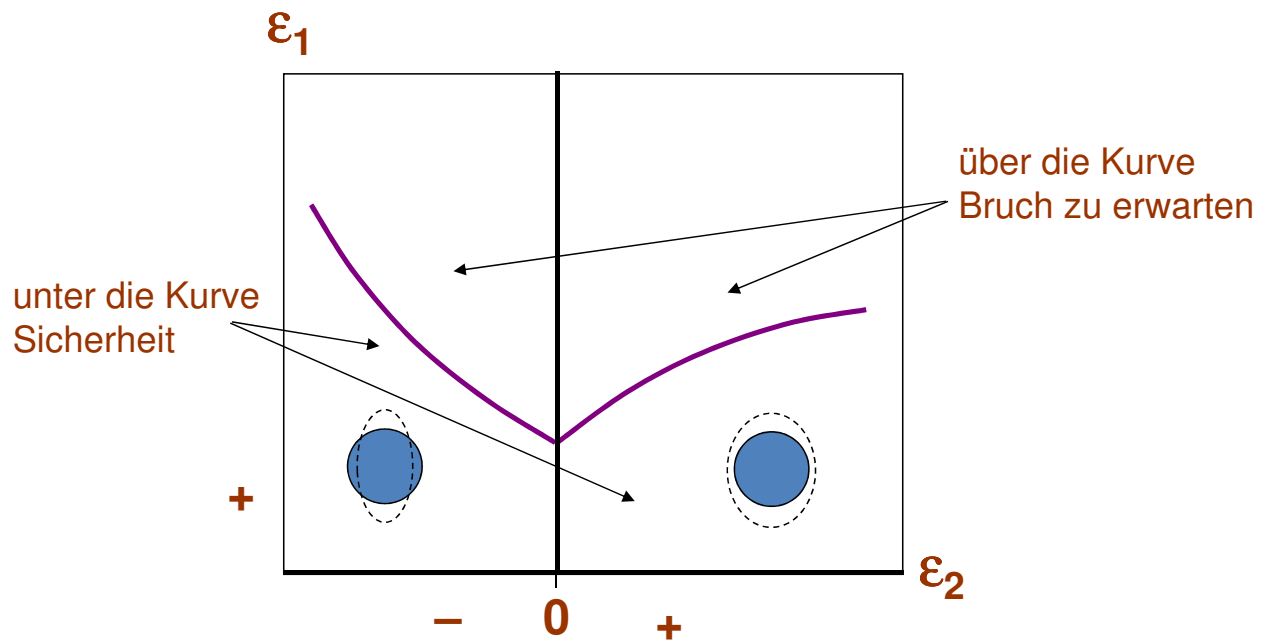
35CrNiMo Prozesszeit 25 sec

Folie: 70

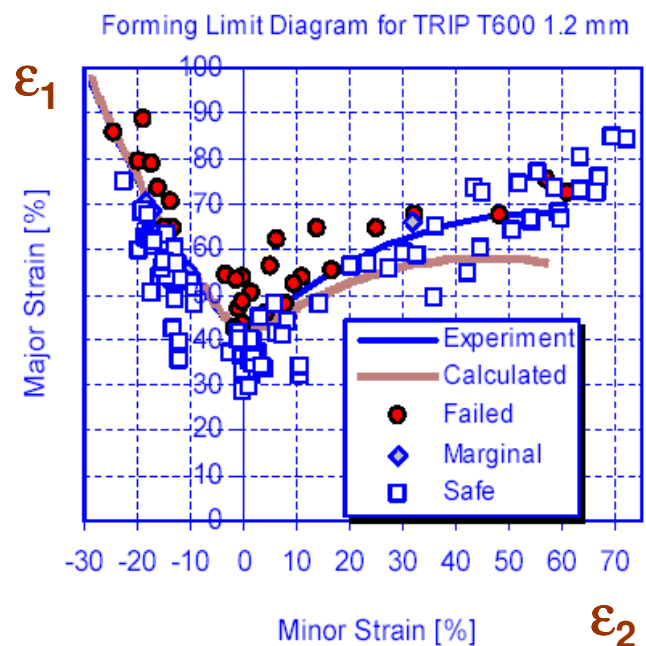
Metallbleche sind durch Walzen hergestellt:

- Feinblech bis 3 mm Wanddicke;  
(durch Kaltwalzen)
- Mittelblech von 3 bis 6 mm;  
(durch Kalt- oder Warmwalzen)
- Grobblech über 6 mm Wanddicke;  
(durch Warmwalzen)

## Blechumformen

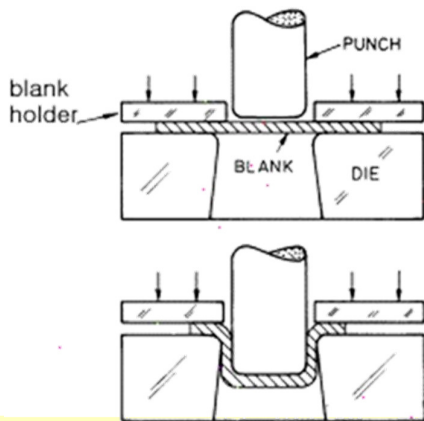


Folie: 73

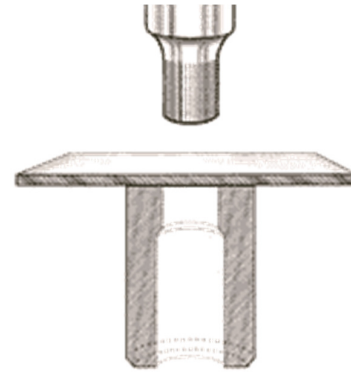


Folie: 74

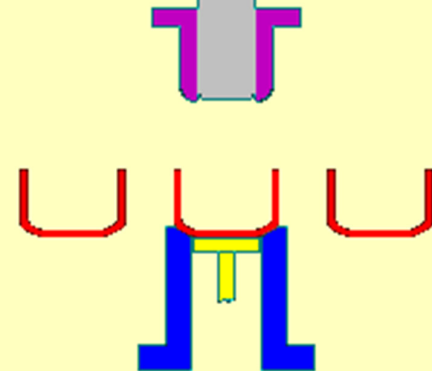
## Tiefziehen



## Ausschneiden/Stanzen

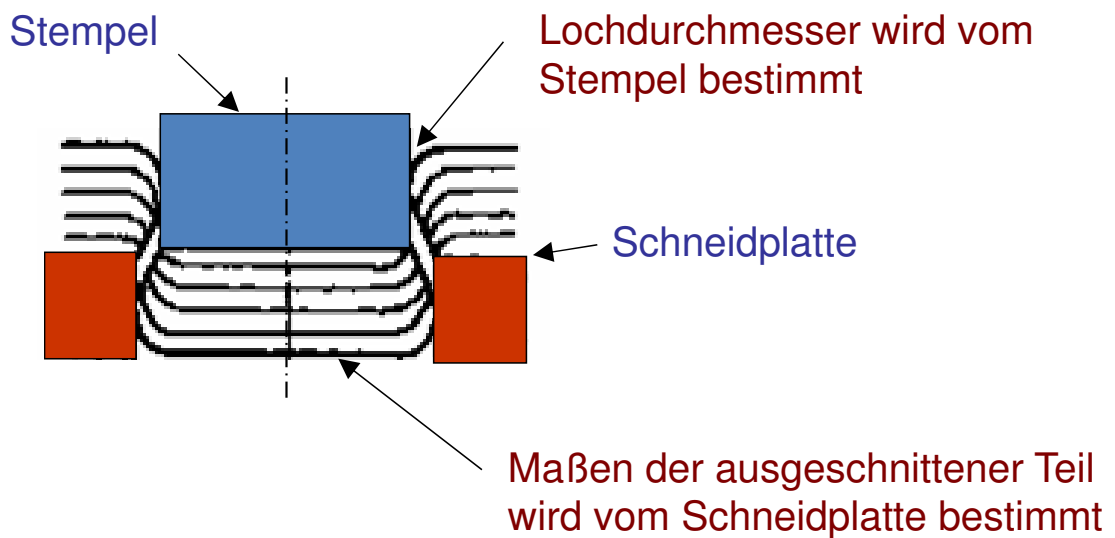


## Weiterziehen

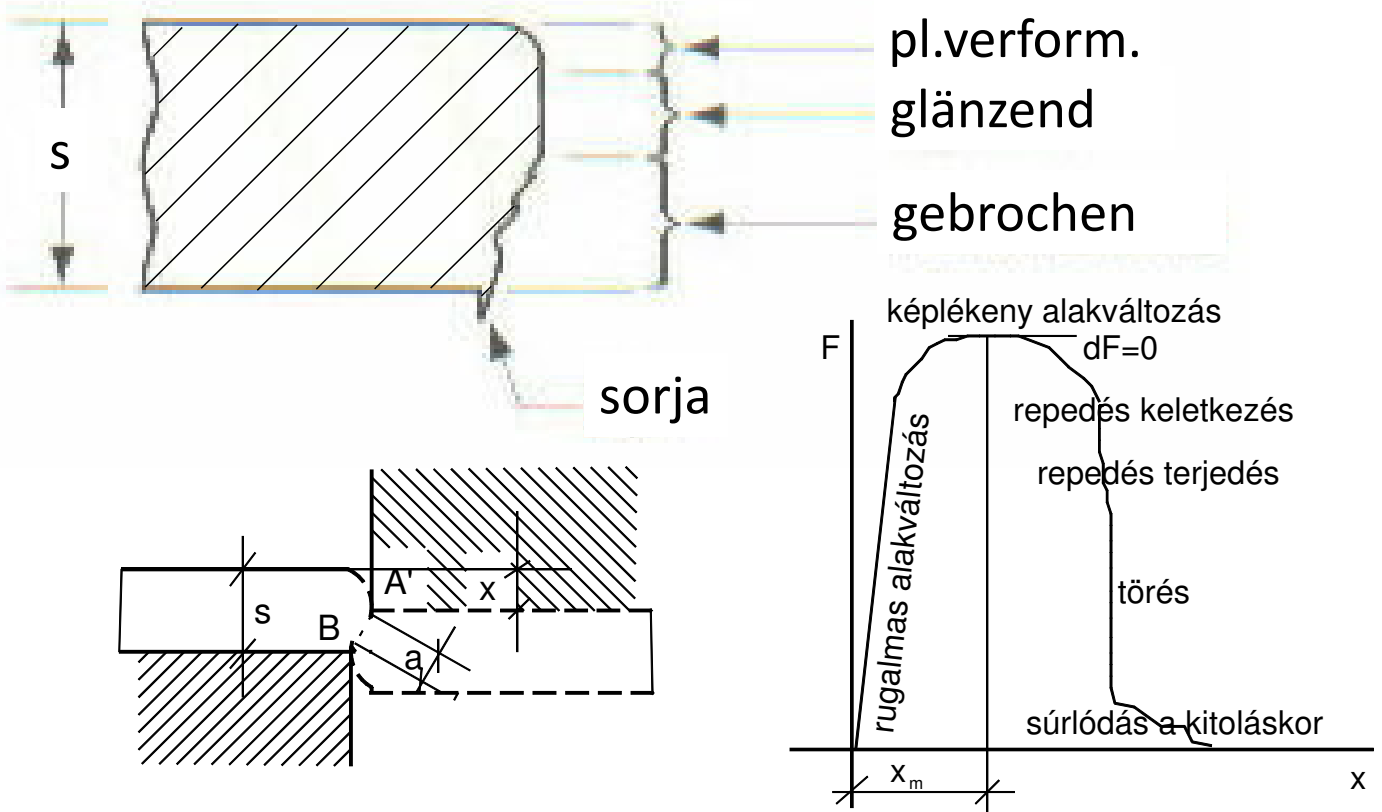


Folie: 75

# Ausschneiden



Folie: 76



pl.verform.

glänzend

gebrochen

sorja

képlékeny alakváltozás

$dF=0$

rugalmas alakváltozás

repedés keletkezés

repedés terjedés

törés

súrlódás a kitoláskor

F

$X_m$

X

Folie: 77

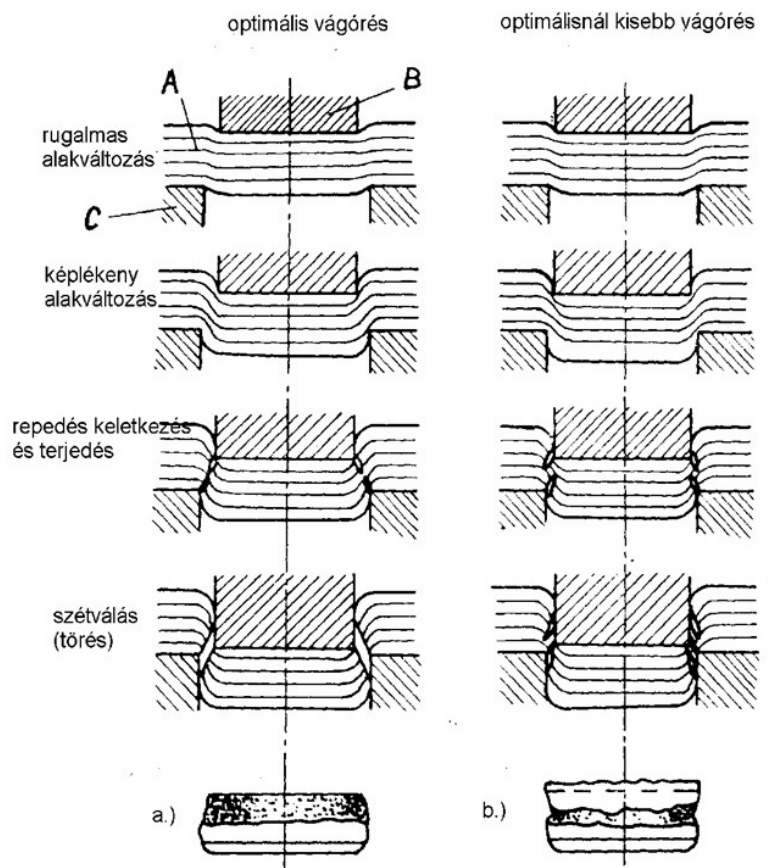
## Schneidespalt (vágórés / robbantási hézag)

Schneidespalt zu klein:

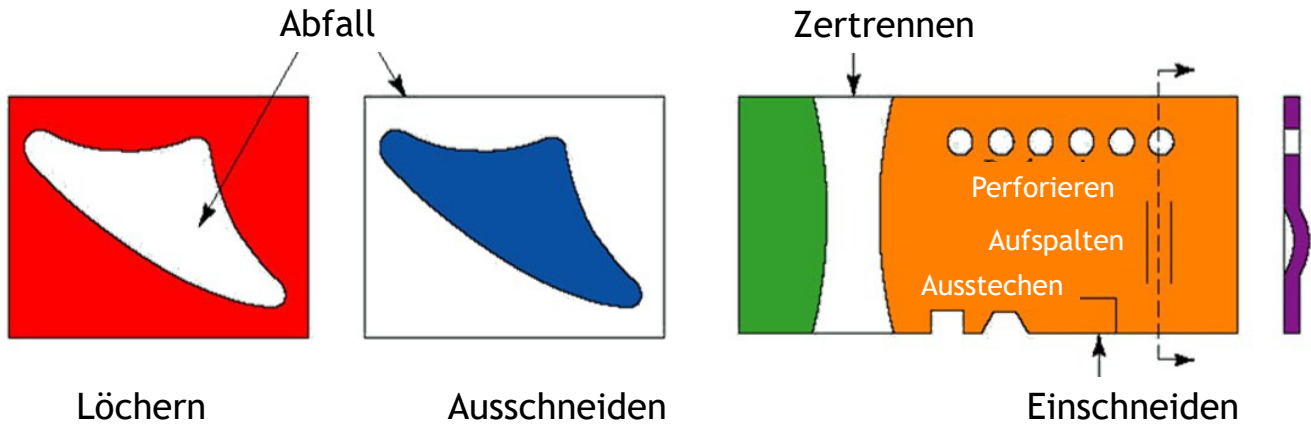
- Schneidekraft größer
- Verschleiß größer
- Werkzeuglebensdauer kleiner

Schneidespalt zu groß:

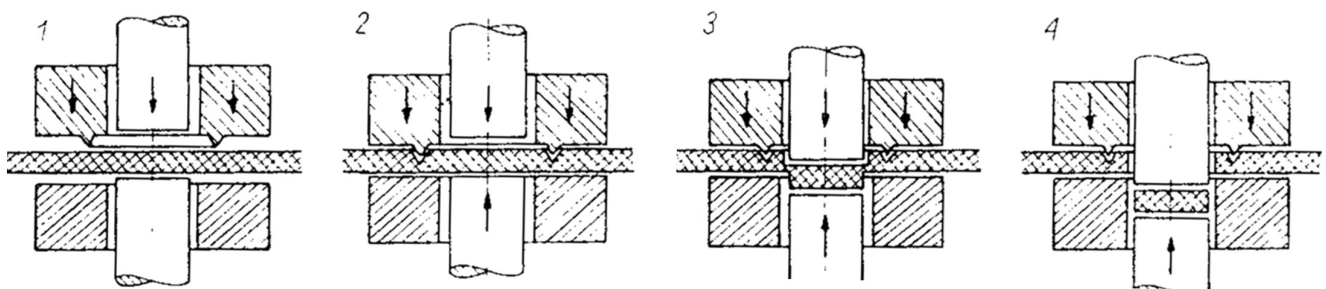
- Blech eingestülpt
- kann zum Bruch führen



Folie: 78



Folie: 79



Keilring verhindert der verschieben des Bleches in seiner Ebene als die zwei Stempel den Blech drücken. Wegen der druck und der Keilring wird hidrostatischers Druck entstehen → reines Scheren

- Geschliffene Oberflächenqualität
- IT7 Genauigkeit
- 8-10 mm dicke in Stahl

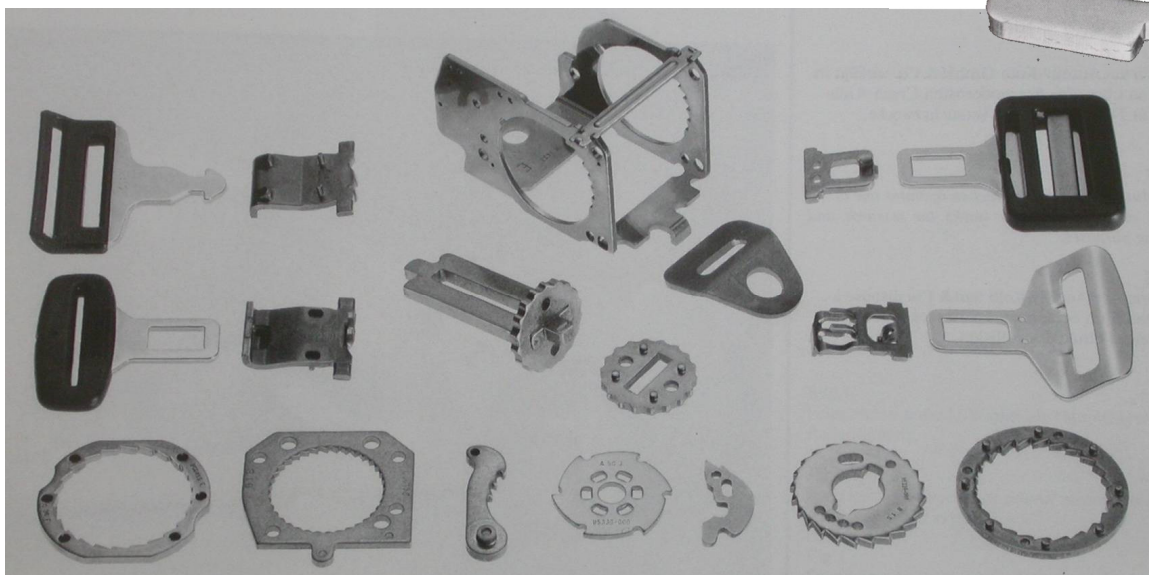
Folie: 80



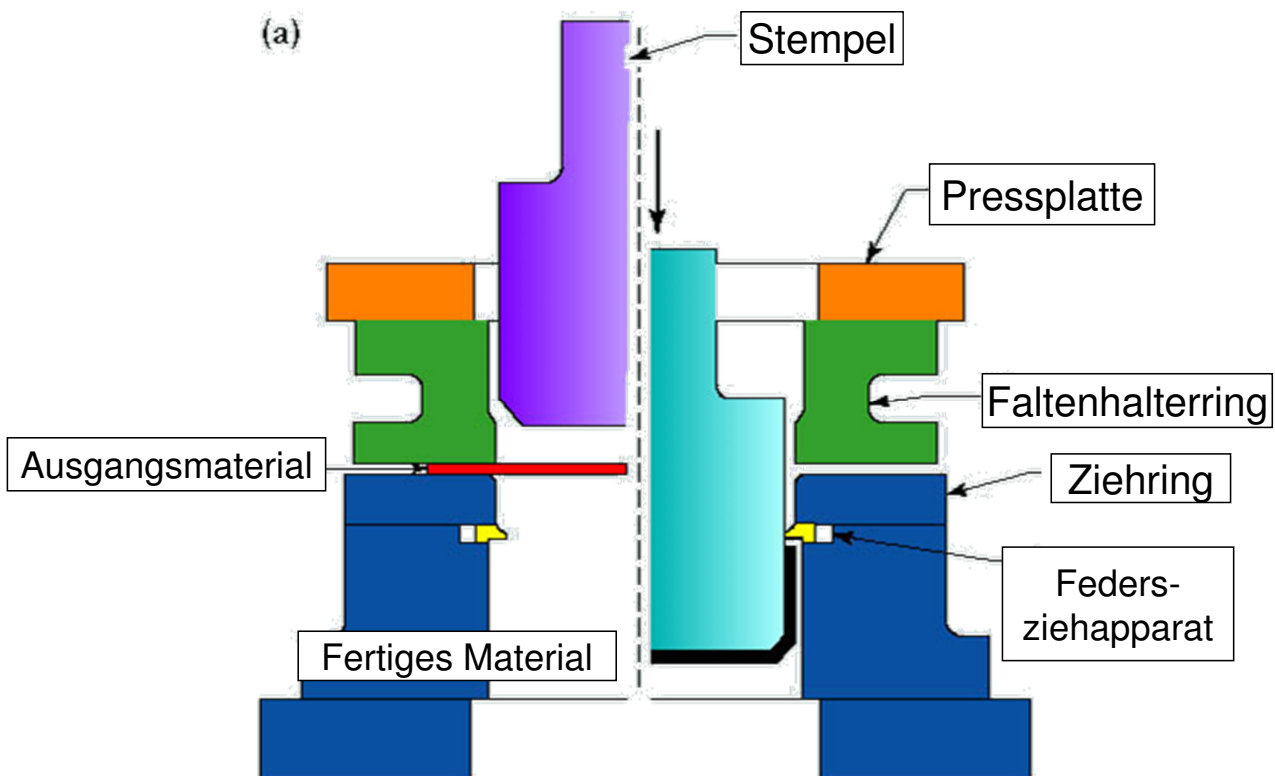
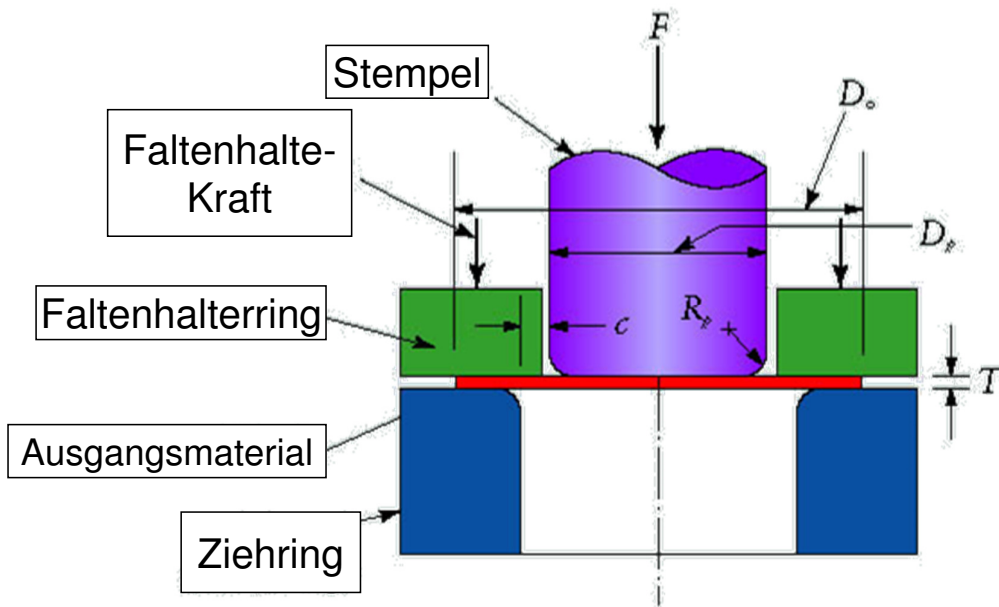


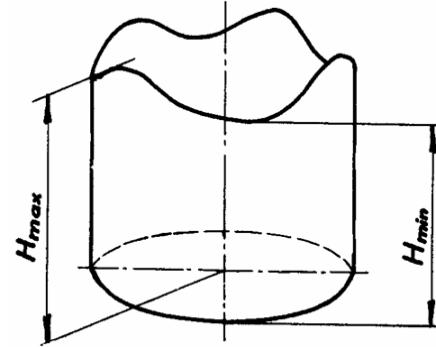
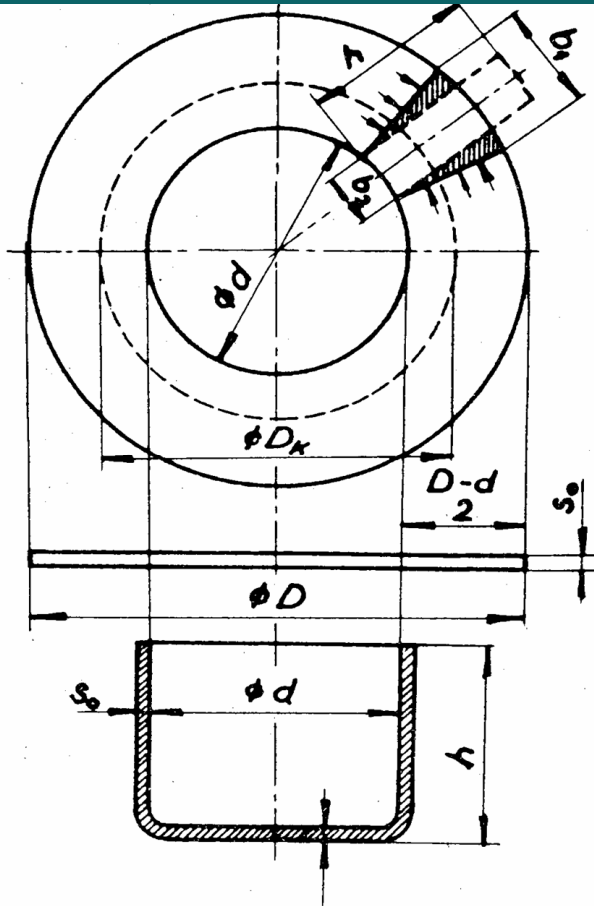
Folie: 81

Video: [1](#), [2](#)



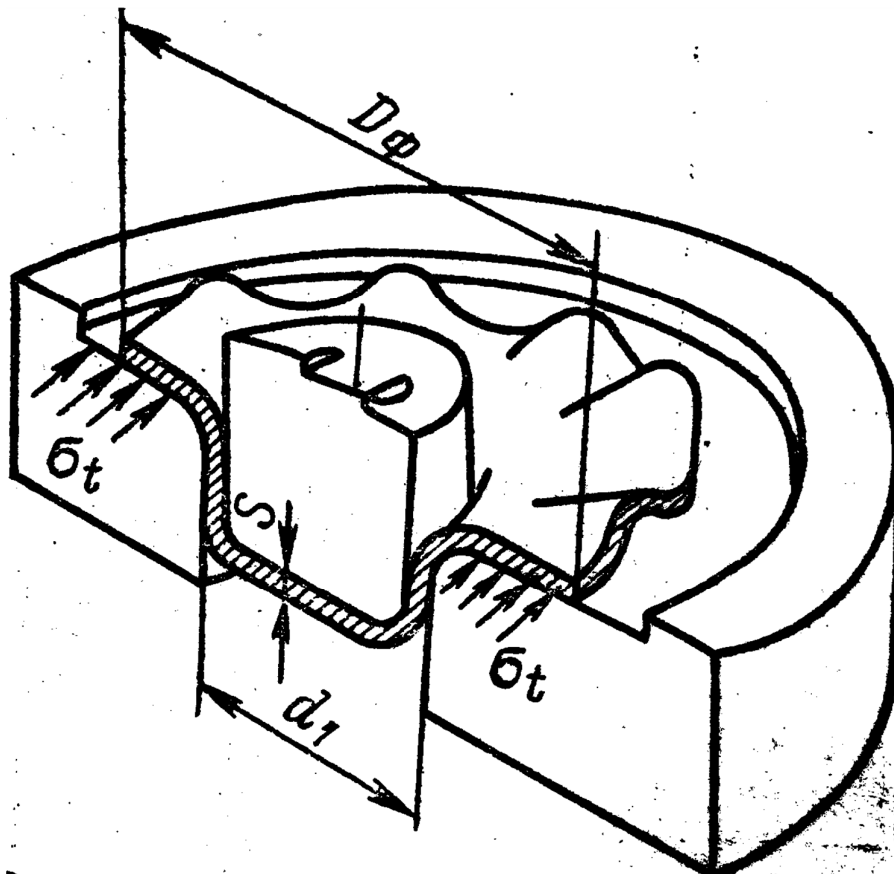
Folie: 82





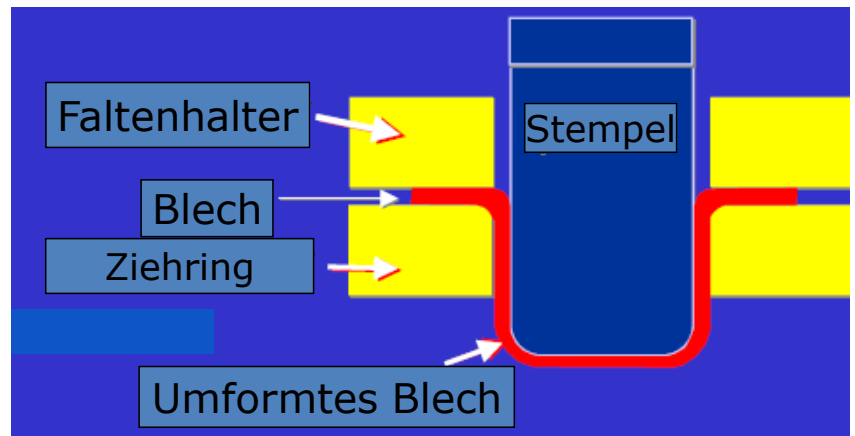
(Fülesedés)

Folie: 85



Folie: 86

$D/s < 20$  ist kein Faltenhalter nötig (dickes Blech)



zu kleines Faltenhalterkraft  
→ Faltenbildung



zu großes Faltenhalterkraft  
→ Riss

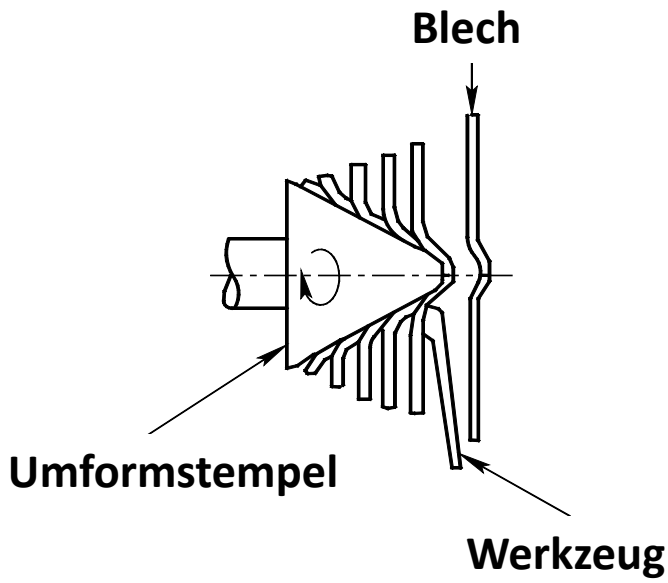


Folie: 87

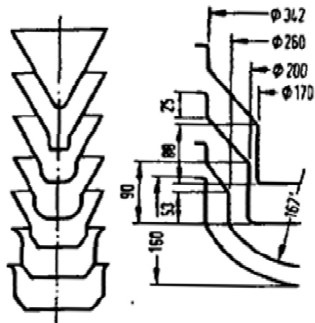


**Tiefziehen:** solcher technologischer Prozess, wo Objekten mit Aushöhlung von einer Platte gezogen sind.

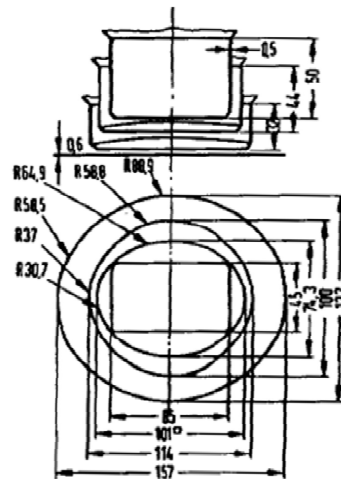
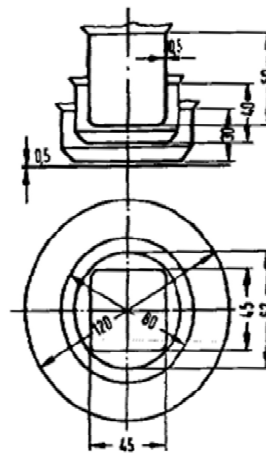
Folie: 88



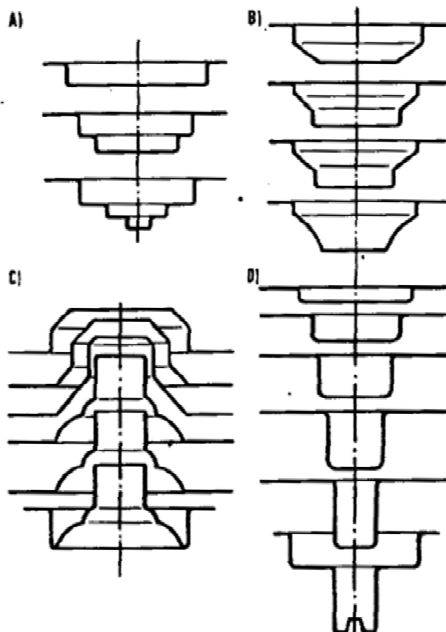
Folie: 89



Ziehstufen bei kegeligen Ziehtteilen [9]

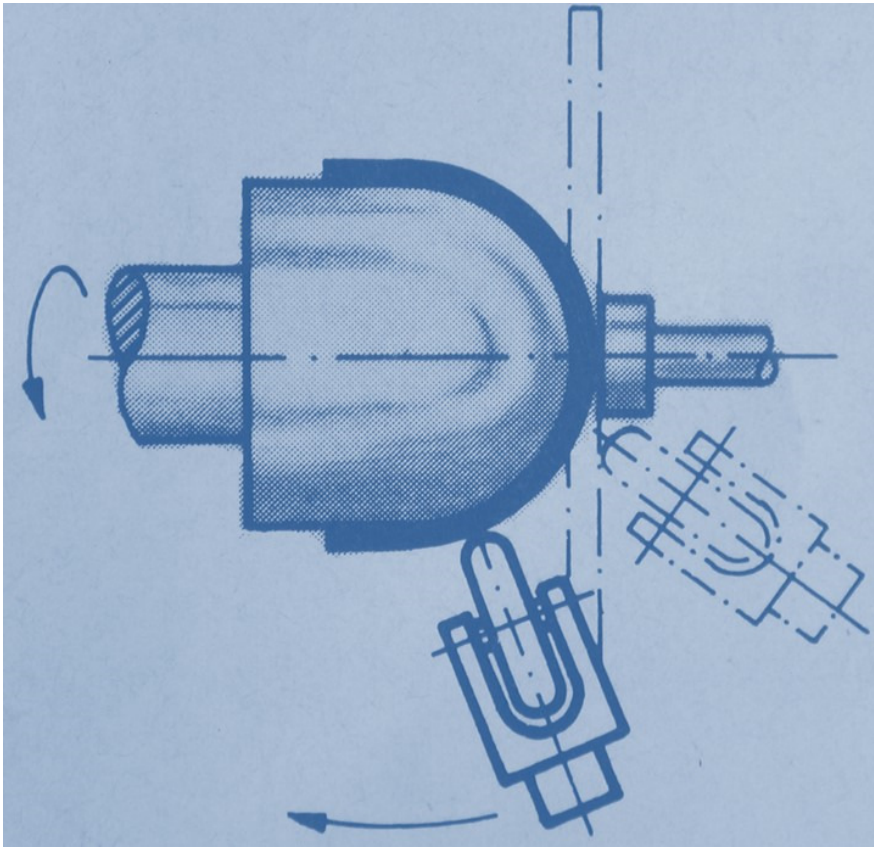


Ziehstufen bei quadratischen und rechteckigen Teilen [18]

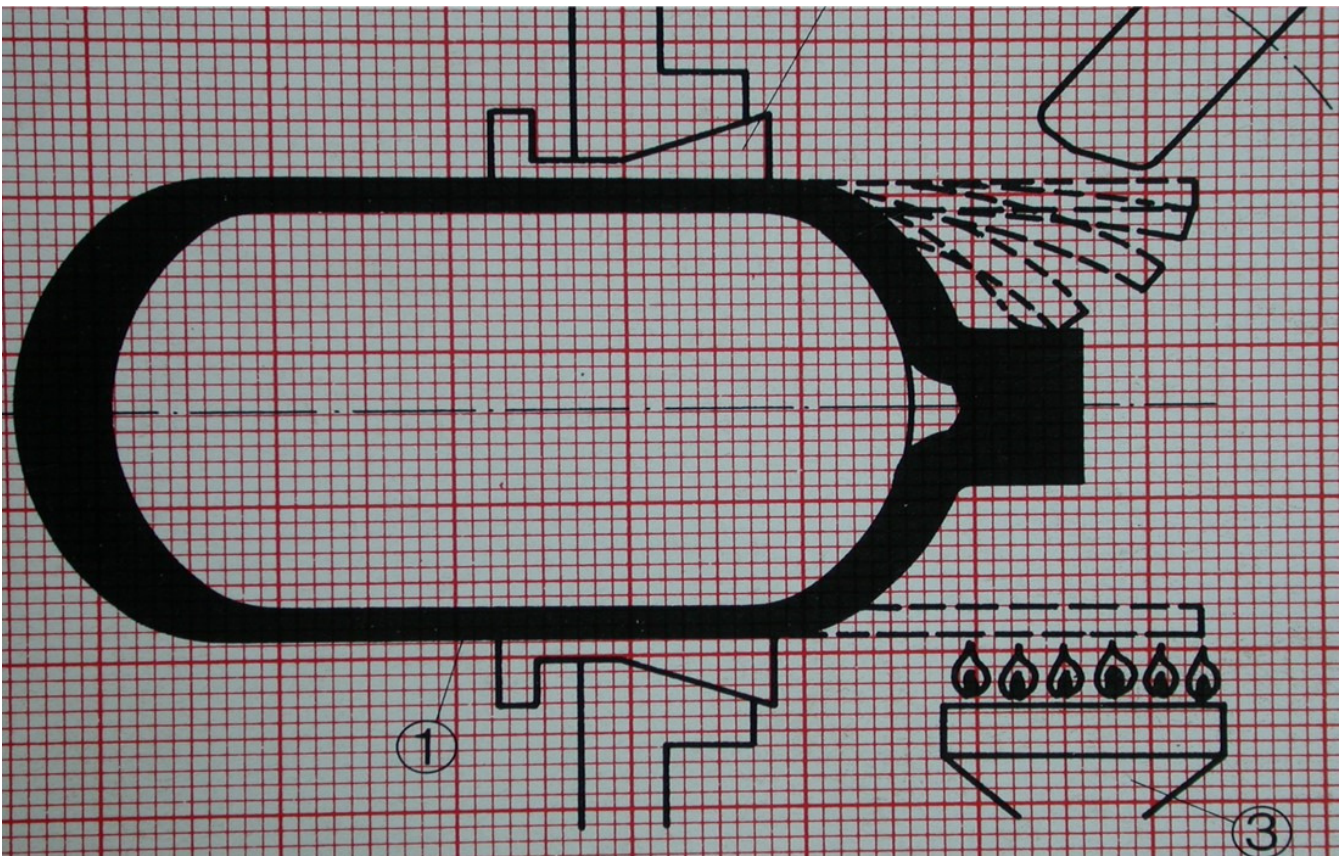


Ziehstufen bei stufenförmigen Teilen [30]  
A) bis D) ausgeführte Beispiele

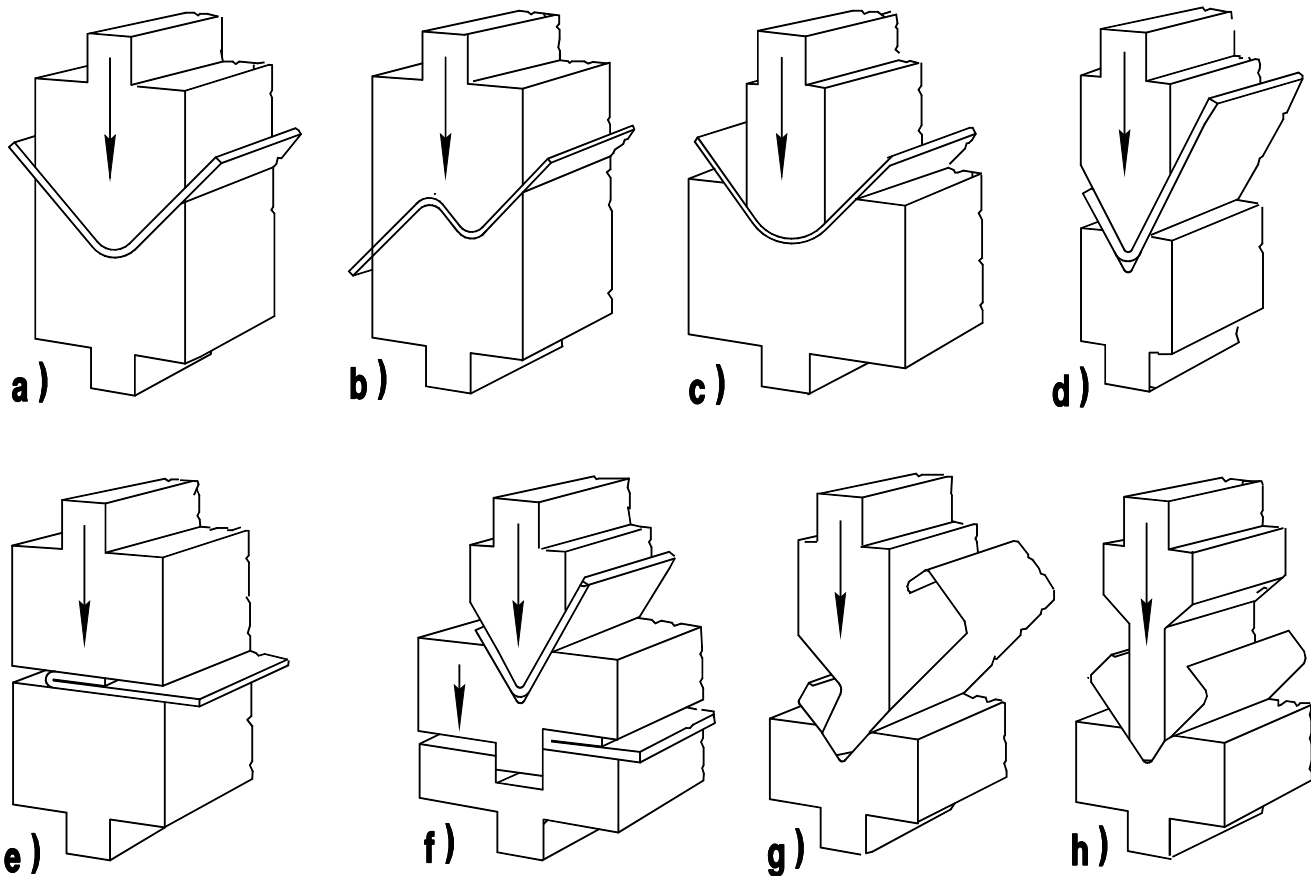
Folie: 90



Folie: 91



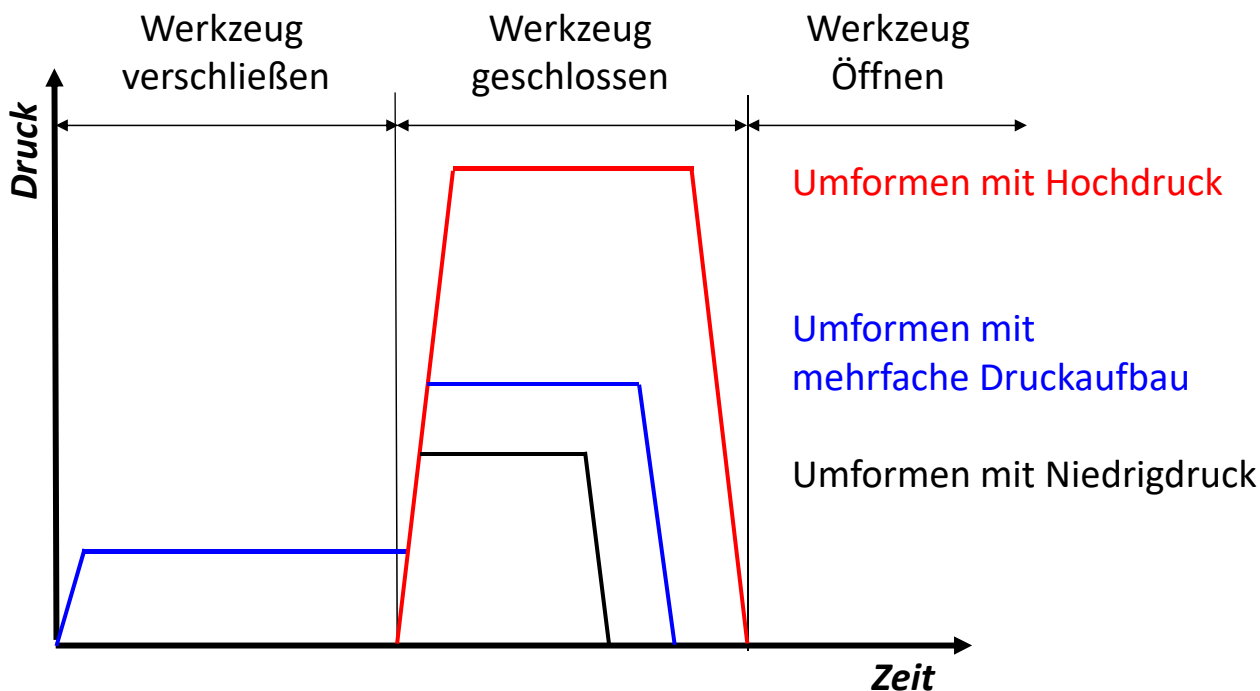
Folie: 92



Folie: 93

- Umformtechnologien, wo man mit der hydrostatische druck einer Flüssigkeit umformt (80-450 MPa)
- Für komplexe, aber im Struktur starre Bauteile geeignet
- Automobilindustrie, Fahrradindustrie, Rohrgerüste,
- Umformung von Röhren
  - Klein, groß oder mehrmalige Druckausübung
- Umformung von Blechen

Folie: 94



Folie: 95

**Werkzeug geöffnet ( $p=0$ )**

**Werkzeug schließt sich  $p=p_1$**

**Werkzeug geschlossen  $p=p_2$**

$R=3 \times T$

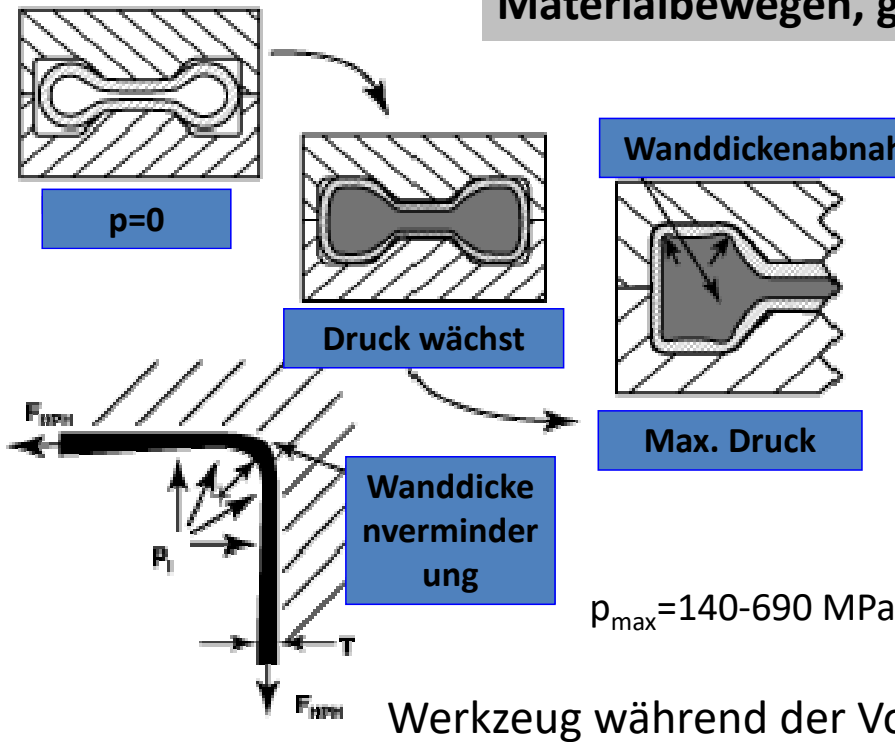
$p_{max} = 48 \text{ MPa}$

**Kleinere Druck, Reibung, leichtes Materialbewegen, gleichmäßige Wanddicke, kleinere Maschine**

Durch Umformen der Durchmesser des Rohres wird um einige % größer



**Große Druck, Reibung, minimales Materialbewegen, große Maschine**

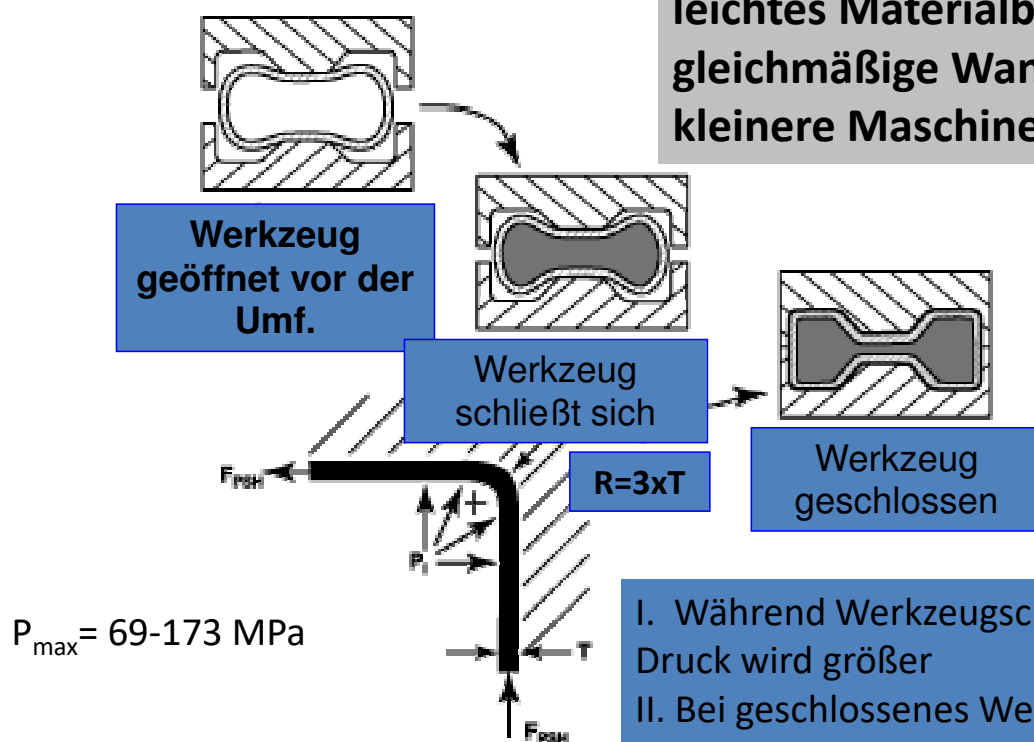


Größere Druck --> Materialauswahl  
Schmiermittel verwendet!



Folie: 97

**Kleinere Druck, Reibung, leichtes Materialbewegen, gleichmäßige Wanddicke, kleinere Maschine**



I. Während Werkzeugschließen der Druck wird größer  
II. Bei geschlossenes Werkzeug der Druck wird noch erhöht

Folie: 98

Warmumformung		Kaltumformung
$T > T_{\text{Rekr.}}$	Temperatur der Umformung	$T < T_{\text{Rekr.}}$
klein	Umformungsfestigkeit $k_f$	groß (Verfestigung)
hängt von der Umformungsgeschwindigkeit ab		hängt von der Umformungsgrad ab
IT12 schlecht	Genauigkeit	IT7 gut
schlecht (Zunder)	Oberflächenqualität	gut, sehr gut
groß (praktisch unbeschränkt)	Umformungsfähigkeit	beschränkt
klein, dynamisch	mechanische Belastung des Werkzeuges	groß
groß	thermische Belastung des Werkzeuges	klein
groß	Maßen des Produktes	klein
groß (0,3-Haftung)	Reibung	klein (0,1)
groß	Energiebedarf	klein

Folie: 99



Kaltumformtechnologien



## ➤ Blechumformtechnologien und deren Produkte

Ausschneiden

Tiefziehen

Metalldrücken

Schritte der Flaschenherstellung

## ➤ Kalt-Volumenumformungstechnologien

Fließverfahren (nach vorne, nach hinten)

Schritte der Schraubenherstellung

Folie: 100

➤ Schmieden

Freiformschmieden

Gesenkschmieden

Herstellungsprozess der MAN Kurbelstange

➤ Umformungsmaschinen

Excenterpresse

Schraubenpresse

Hidraulische Presse

Preßlufthammer

**Danke für die  
Aufmerksamkeit!**