

Studiengang Mechatronik

Modul 5 – Konstruktion 1:

Fertigungstechnik

- 5. Vorlesung -

Prof. Dr. Enno Wagner

19. November 2024

Übersicht

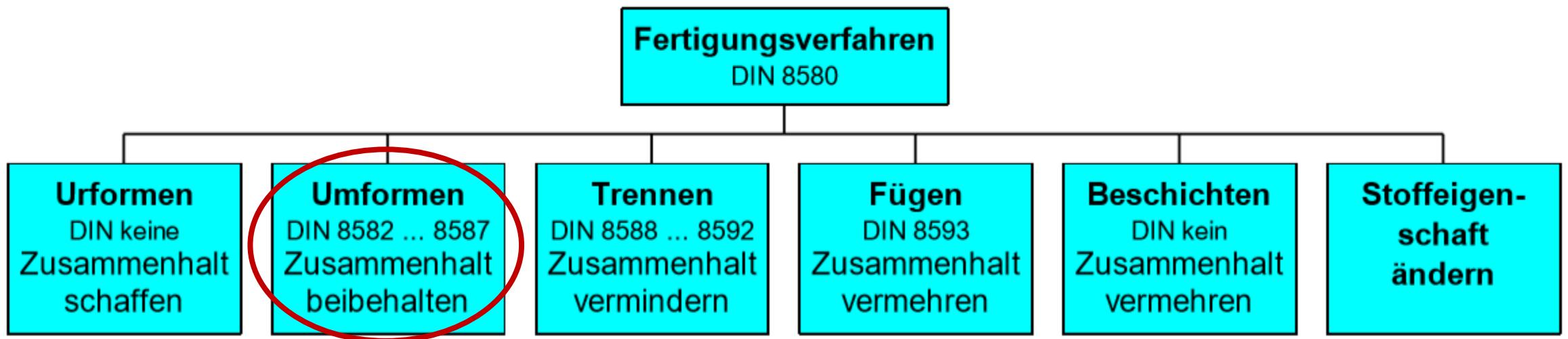
Thema Umformen

Untergliederung der Fertigungsverfahren

Hauptgruppen nach DIN 8580

Fertigungsverfahren

Einteilung in 6 Hauptgruppen nach DIN 8580



Quelle: Skript Prof. H. Albrecht, Frankfurt AUS, WS 16/17

Neues Thema:

Umformen

DIN 8582...8587

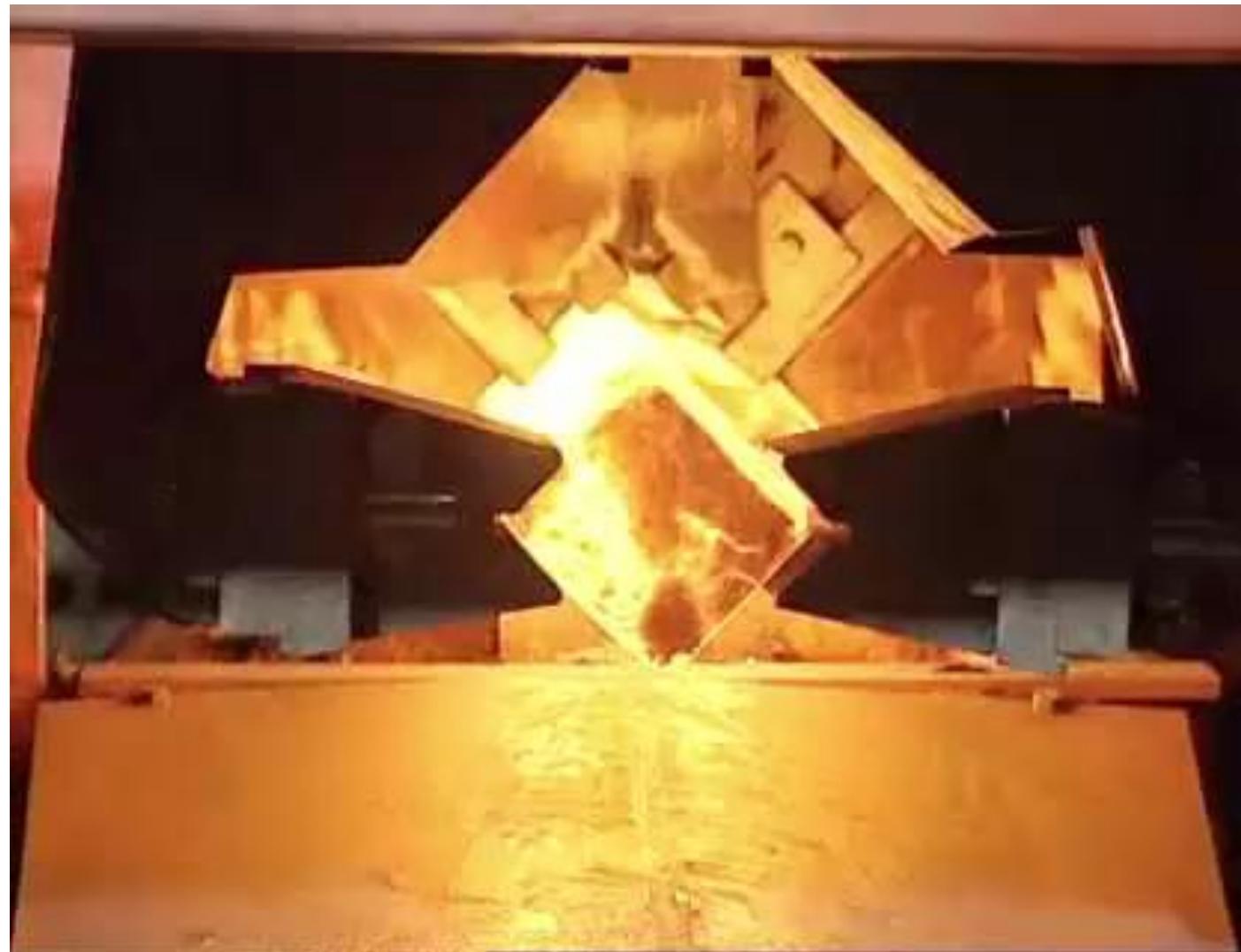
Umformen nach DIN 8580:

Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers.
Dabei werden sowohl Masse als auch Stoffeigenschaften beibehalten

Massivumformung eines LKW Achsschenkels



Massivumformung einer Kurbelwelle



- **Plastisches Fließen** tritt oberhalb der Streckgrenze auf (im einachsigen Zugversuch ermittelten werkstoffspezifischen Spannung) auf.
- Mit fortschreitender Dehnung nimmt die für die Aufrechterhaltung des plastischen Fließens erforderliche Spannung aufgrund der **Werkstoffverfestigung** zu.
- Die für die Aufrechterhaltung plastischen Fließens im einachsigen Belastungsfall erforderliche Spannung wird in der Umformtechnik Fließspannung k_f genannt.
- Im **Zugversuch** an Rundproben gilt im Bereich der Gleichmaßdehnung (vor der Einschnürung) der Probe:

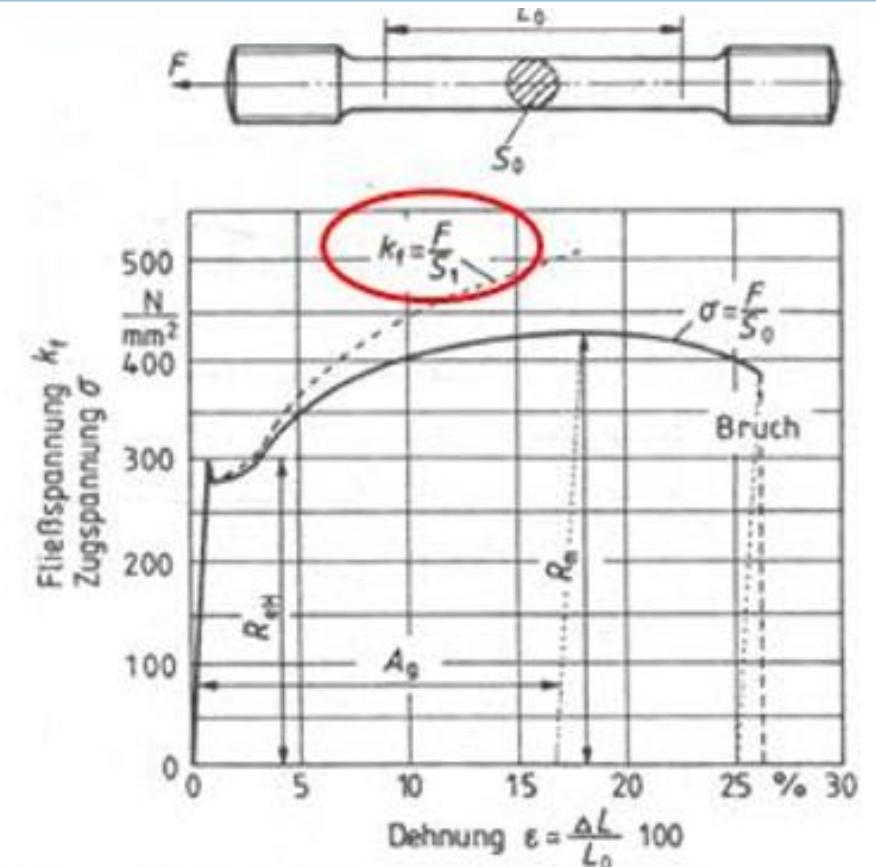
$$k_f = F(l) / A(l)$$

$F(l)$: gemessene Zugkraft bei einer bestimmten Probenlänge l

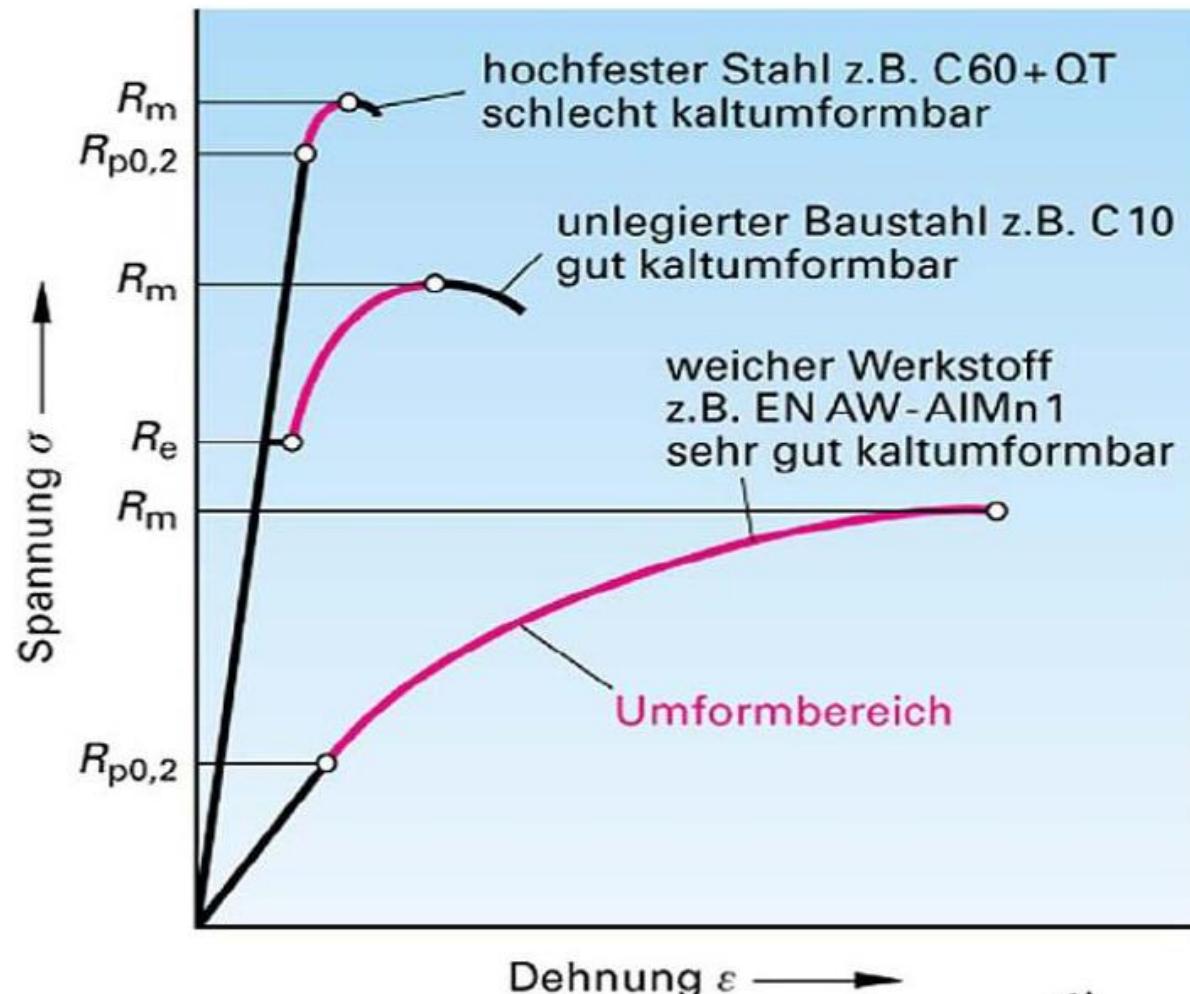
$A(l)$: zugehörige Querschnittsfläche des Zugstabes nach Rückfederung

Achtung: A ist hier die Querschnittsfläche, nicht die Gleichmaß oder Bruchdehnung!

=> wahre Spannung \approx Fließspannung



σ	konventionelle Spannung ($\sigma = F/S_0$)
k_f	Fließspannung ($k_f = F/S_1$)
R_{eH}	obere Streckgrenze
R_m	Zugfestigkeit nach ISO
L_0	Ausgangs-Meßlänge
S_0	Ausgangs-Querschnitt



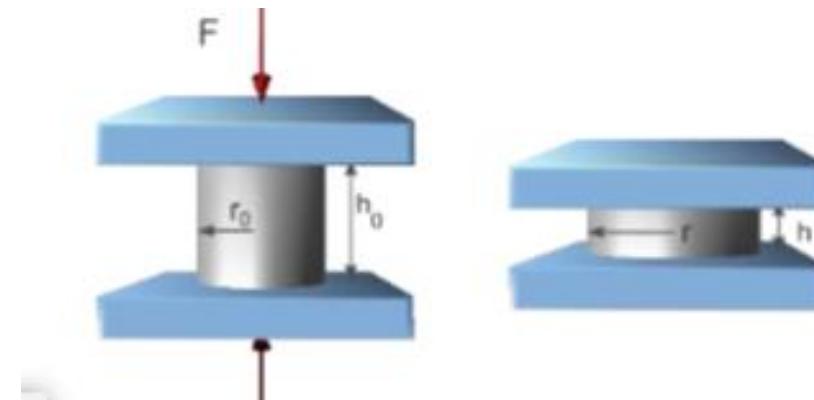
Maß für die
Umformbarkeit
eines Werkstoffs:

$$\frac{R_e}{R_m}$$

Für eine gute Umformbarkeit ist das Verhältnis von Dehn- bzw. Streckgrenze zu Zugfestigkeit möglichst klein, sowie der **Dehnungsbereich** möglichst groß.

Umformgrad

- Die Fließspannung ist abhängig vom Umformgrad, werkstoffspezifisch und temperaturabhängig
- Anteile:
 - notwendige Spannung zum Beginn des Fließens
 - zusätzlich notwendige Spannung infolge zunehmender Kaltverfestigung
- Beispiel: Für eine Stauchung um halbe Ausgangshöhe ist $\varphi = -0,69$
- Die dazugehörende Spannung:
 - Alu: $k_f = 190 \text{ MPa}$
 - Cu: $k_f = 390 \text{ MPa}$
 - Stahl: $k_f = 620 \text{ MPa}$



Charakteristische Größe

Umformgrad

$$\varphi = \ln D_0/D$$

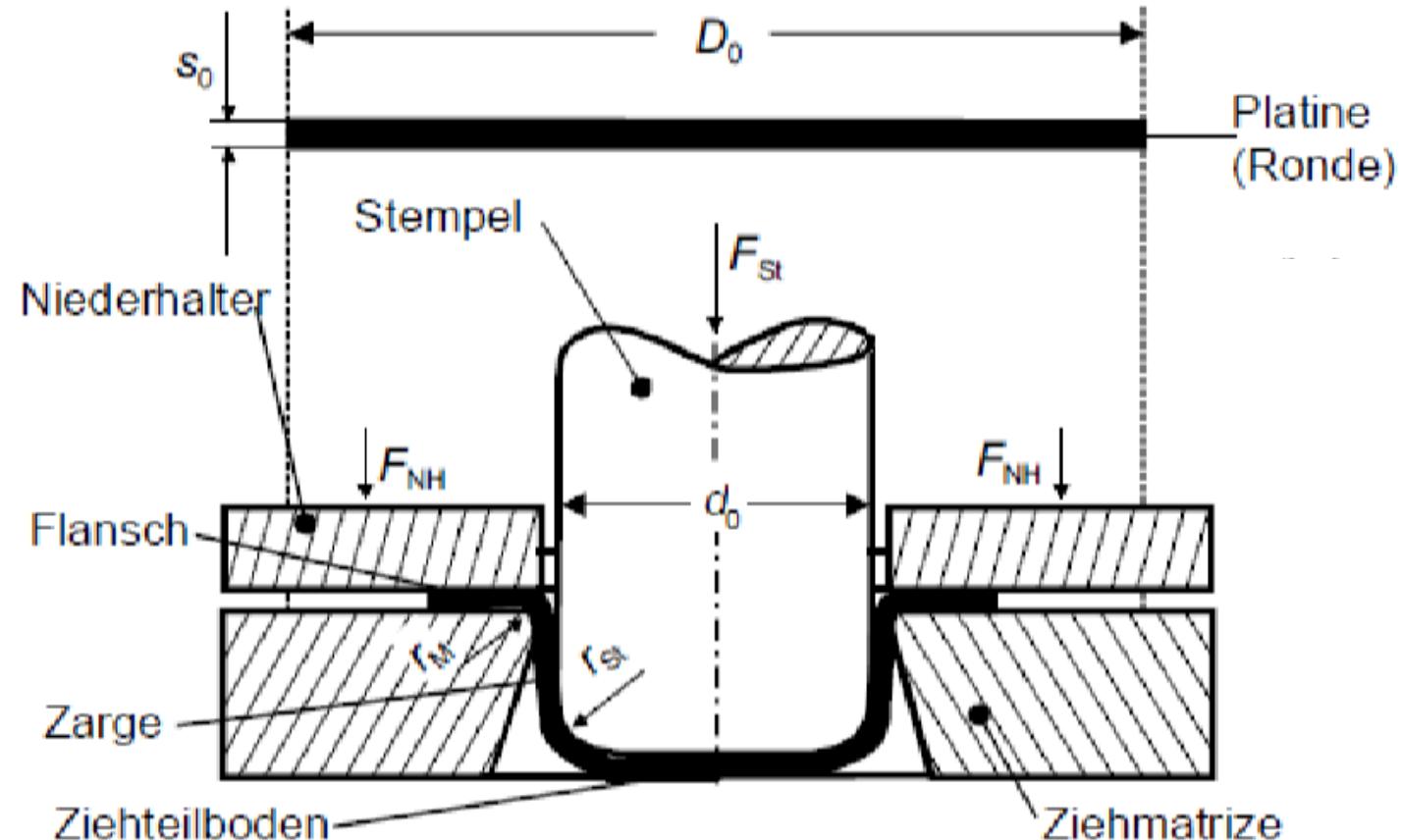
oder eine andere geometrische Größe

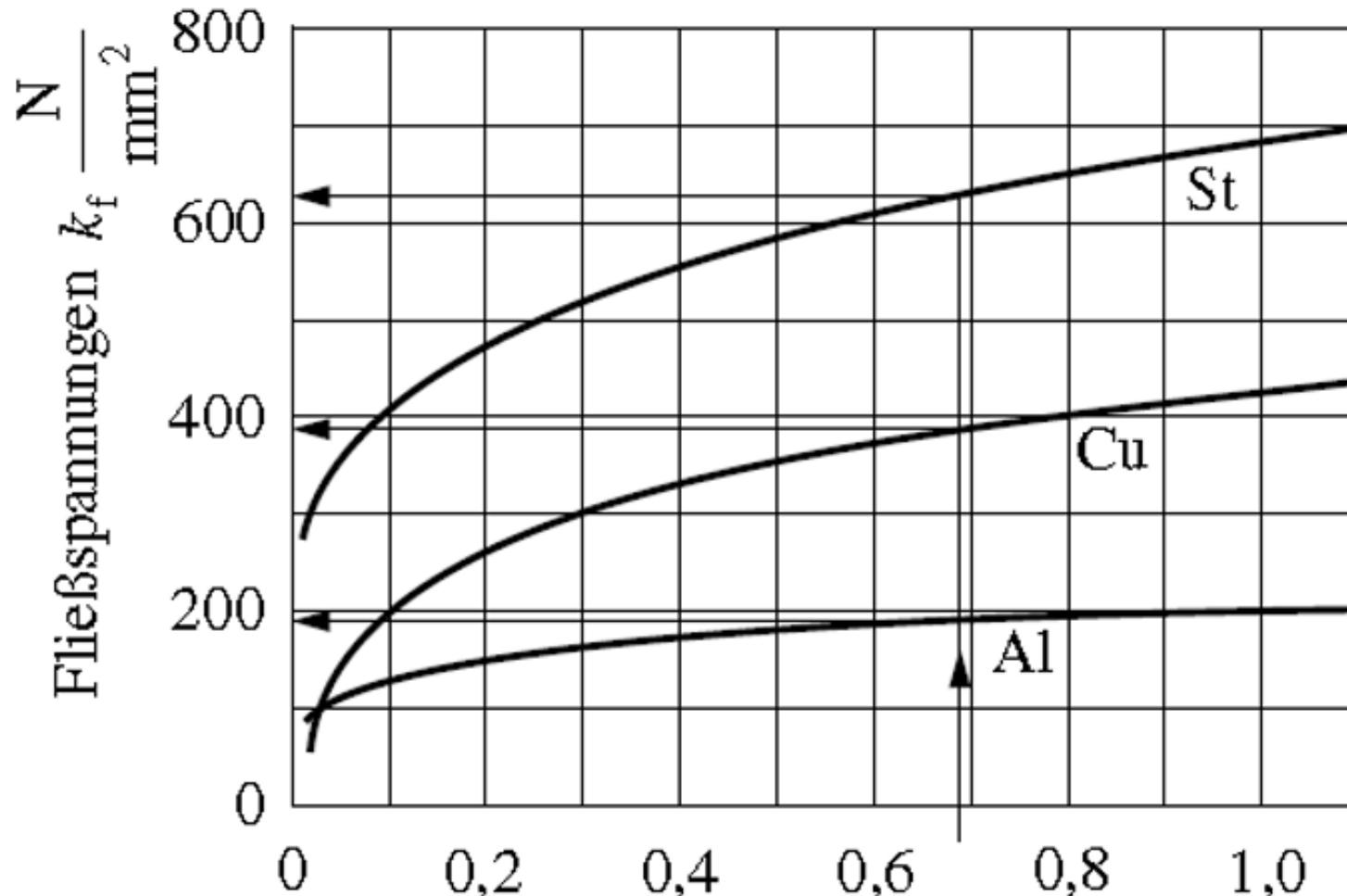
=> ist abhängig vom Werkstoff

Der Umformgrad ist eine Formänderungskenngröße, mit der die bleibende geometrische Veränderung eines Werkstücks beim Umformprozess erfasst werden kann. Der Umformgrad wird beispielsweise zur Berechnung des Kraft- und Arbeitsbedarfs zwecks Maschinenauswahl verwendet

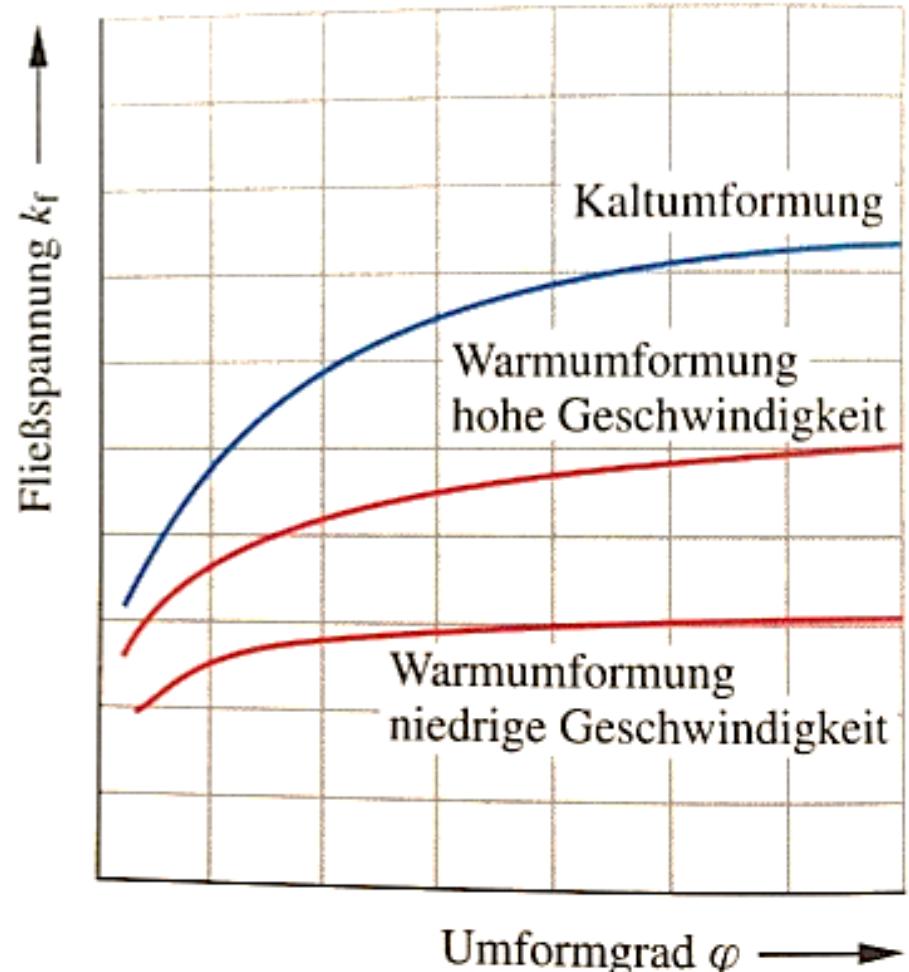
Umformgrad (Beim Tiefziehen)

$$\varphi = \ln D_0/D$$





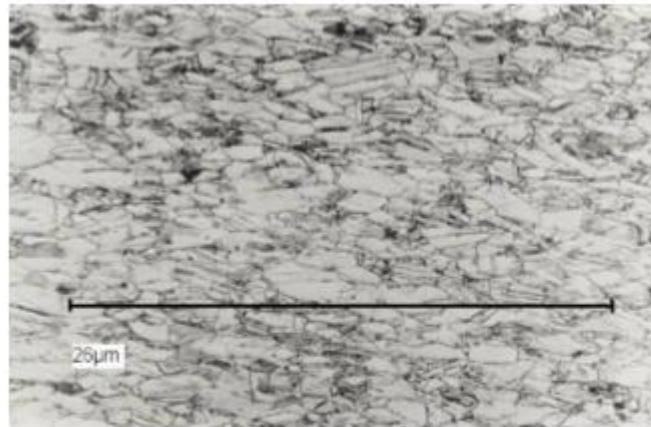
$$\text{Umformgrad } \varphi_h = \ln \frac{h_1}{h_0}$$



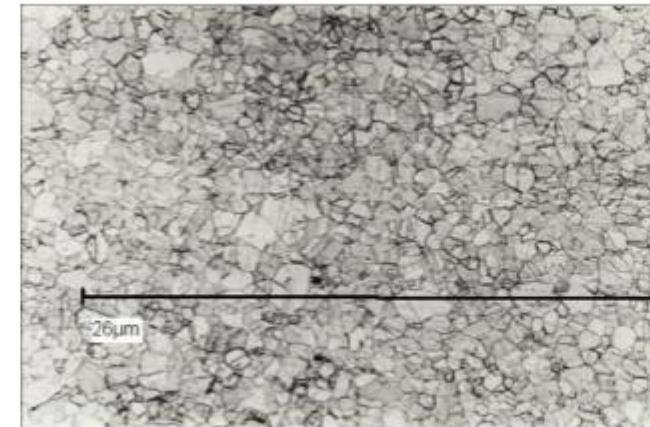
- Mit steigender Umformtemperatur nimmt durch Entfestigung und Rekristallisation die Fließspannung ab
- Neben der Umformtemperatur ist auch die Umformgeschwindigkeit $d\varphi/dt$ von wesentlicher Bedeutung

$$d\varphi/dt \sim \Delta\varphi/\Delta t$$

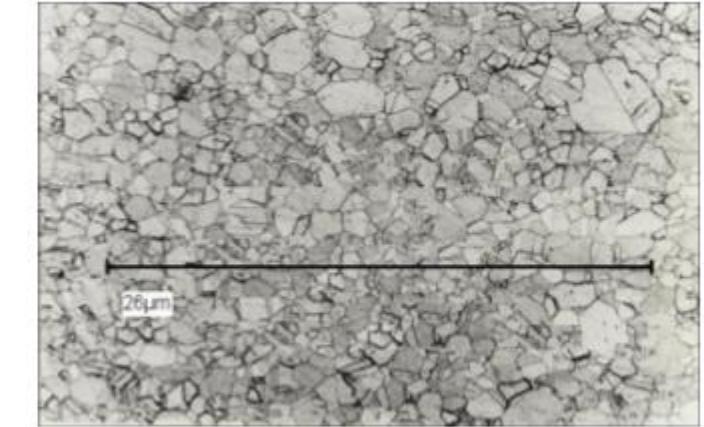
- Die Verfestigung kann durch Erwärmung des Werkstücks auf Temperaturen von ungefähr $T > 0,45 \cdot T_{\text{Schmelz}}$, d.h. oberhalb der Rekristallisationstemperatur aufgehoben werden.
- Dort setzt eine Gefügeneubildung ein, die Rekristallisation.
- Diese Gefügeneubildung findet auch während der Warmumformung statt



Gefüge nach Walzumformung



5min Glühen bei 510°C



10min Glühen bei 510°C

Warm-, Halbwarm-, Kaltumformung

Umformung	warm	halb warm	kalt
Temperatur (Stahl)	950°C - 1200°C	680°C - 800°C	20°C
Temperatur (Aluminium)	420°C - 480°C	-	20°C
Werkstückgewichte	0,05 – 1500 kg	0,001 – 50 kg	0,001 – 30 kg
Genauigkeit ¹	IT 13 -16	IT 11 - 14	IT 8 -11
Oberflächengüte Rz	> 50 – 100 µm	> 30 µm	> 10 µm
Fließspannungen f (T, Werkstoff)	~ 20 – 30 %	~ 30 – 50 %	~ 100%
Umformvermögen f (T, Werkstoff)	$\varphi \leq 6$	$\varphi \leq 4$	$\varphi \leq 1,6$
„Umformkosten“ VDW-Studie 1991 Darmstadt	bis 113 %	100 %	bis 147 %
Spanende Nacharbeit	hoch	gering	sehr gering

Einteilung nach DIN 8582



Walzen
Freiformen
Gesenkformen
Eindrücken
Durchdrücken
Strangpressen

Tiefziehen
Kragenziehen
Durchziehen
Drücken
Knickbauchen

Drahtziehen
Längen
Weiten
Tiefen

Blechbiegen
Biegen mit
Geradliniger/drehender
Werkzeugbewegung

Verschieben
Verdrehen

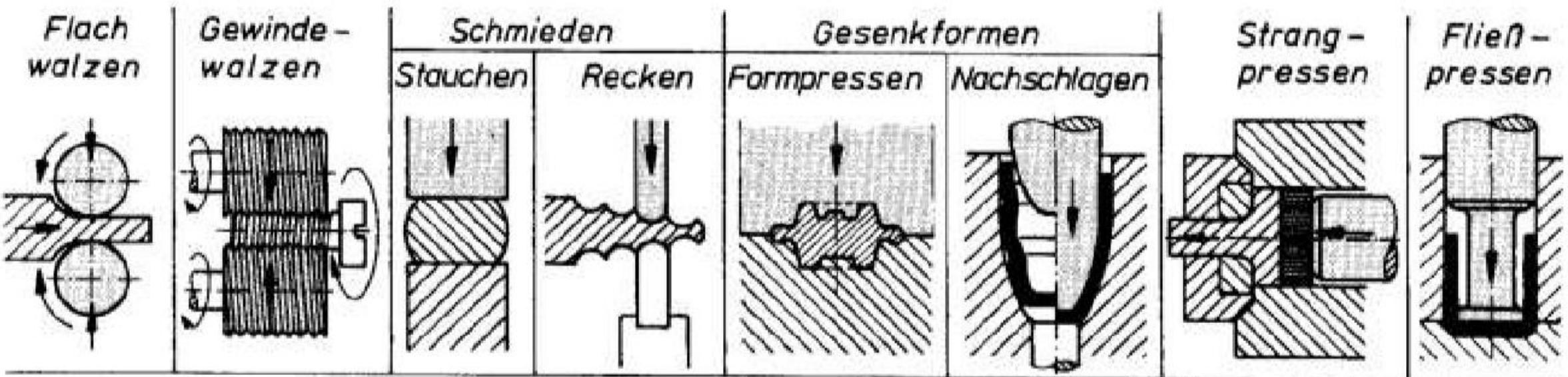
Druckumformen

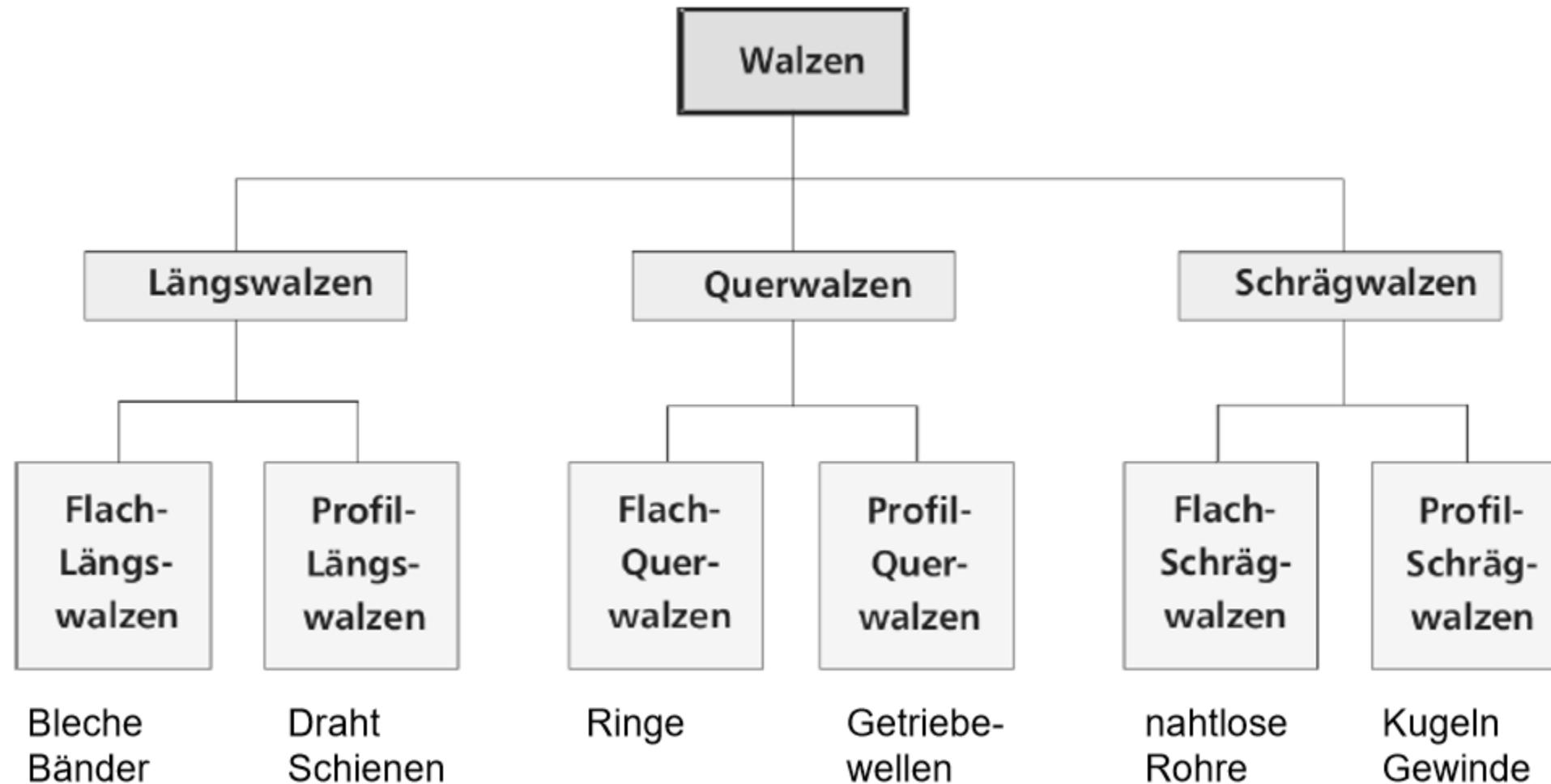
=> Werkstück wird auf Druck beansprucht

Druckumformungen

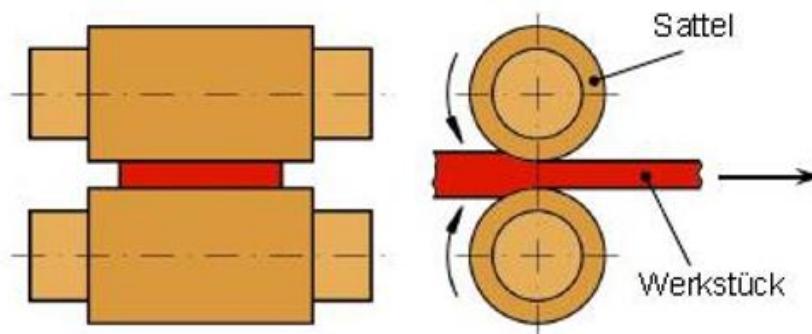
→ DIN 8583, z.B.

Semlinger/Hellwig: S5

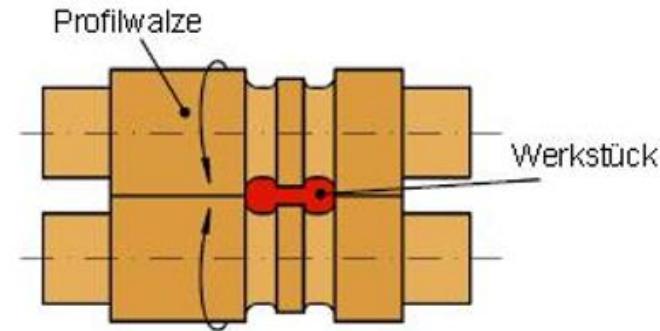




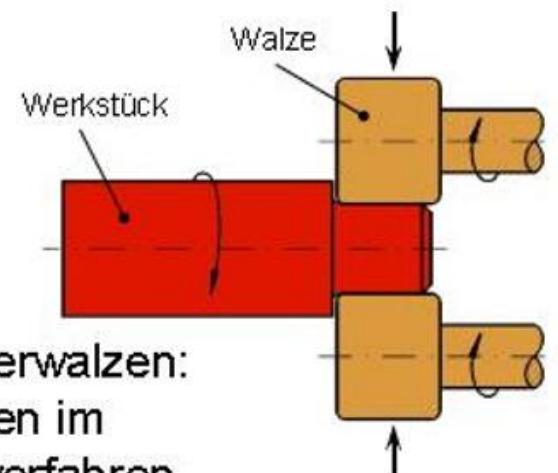
Quer- und Längswalzen



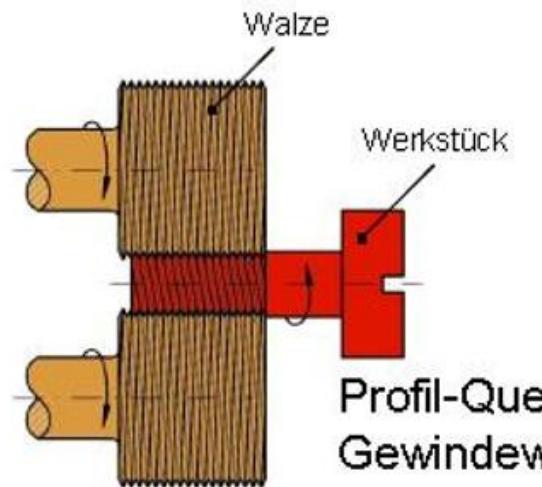
Flach-Längswalzen
von Band oder Blech



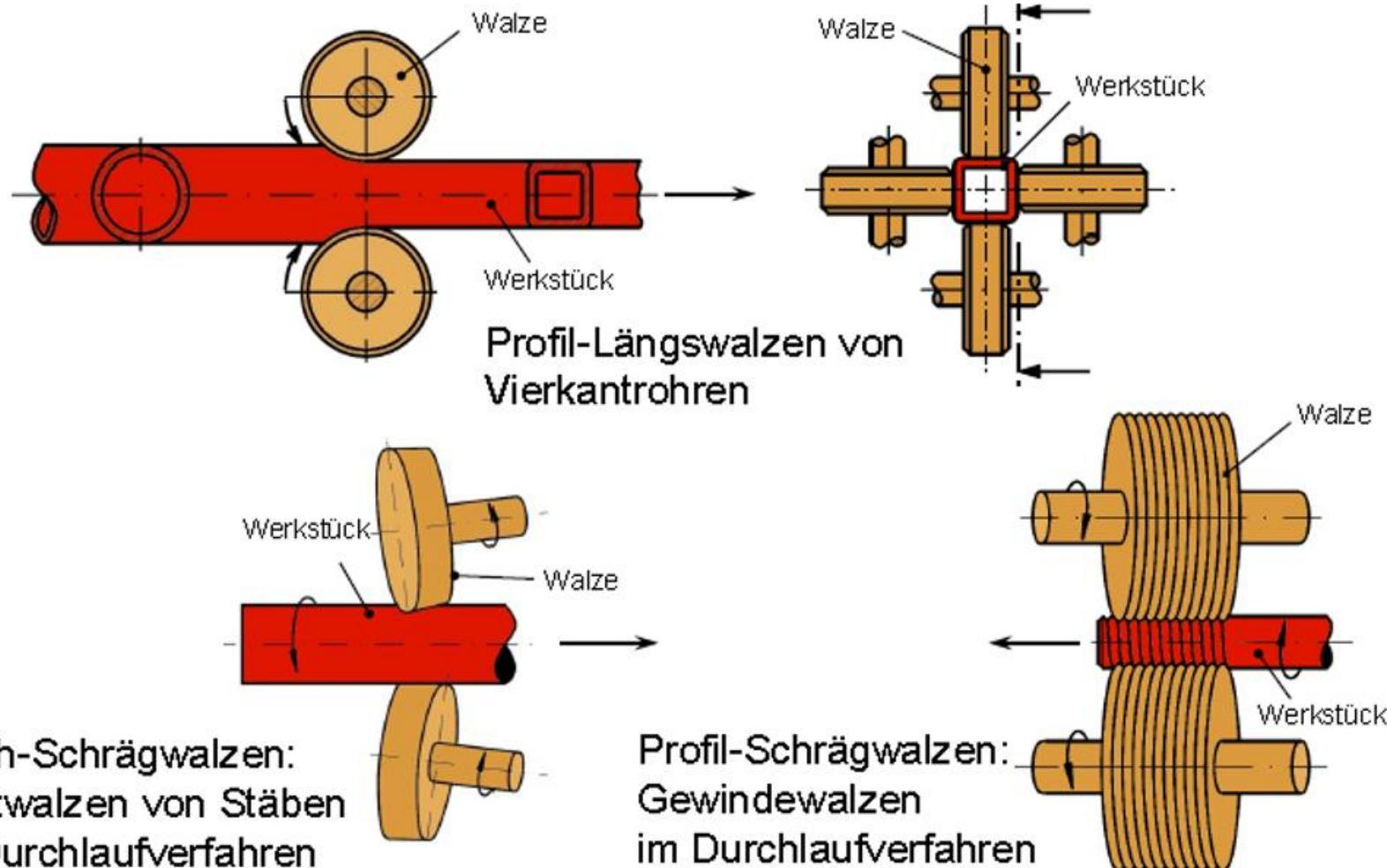
Profil-Längswalzen
von Profilstäben



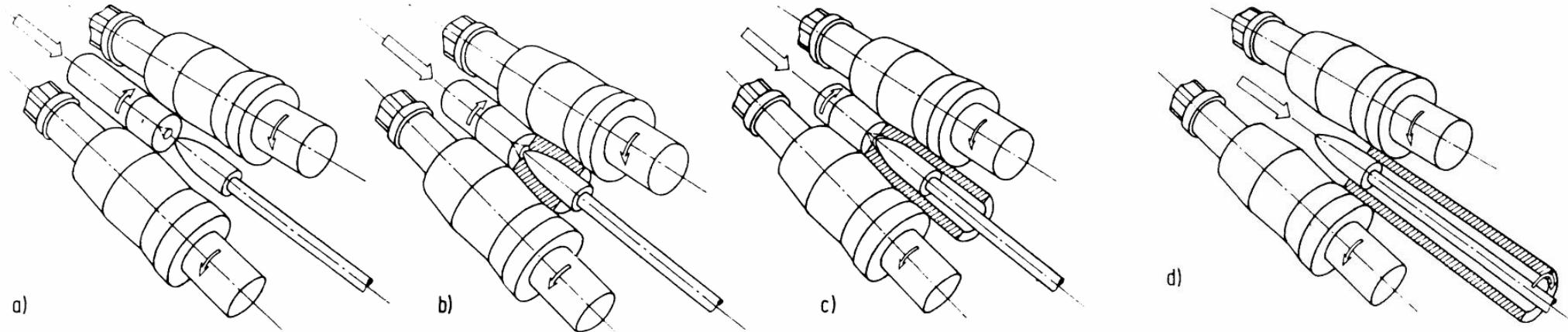
Flach-Querwalzen:
Glattwalzen im
Einstechverfahren



Profil-Querwalzen:
Gewindewalzen im
Einstechverfahren

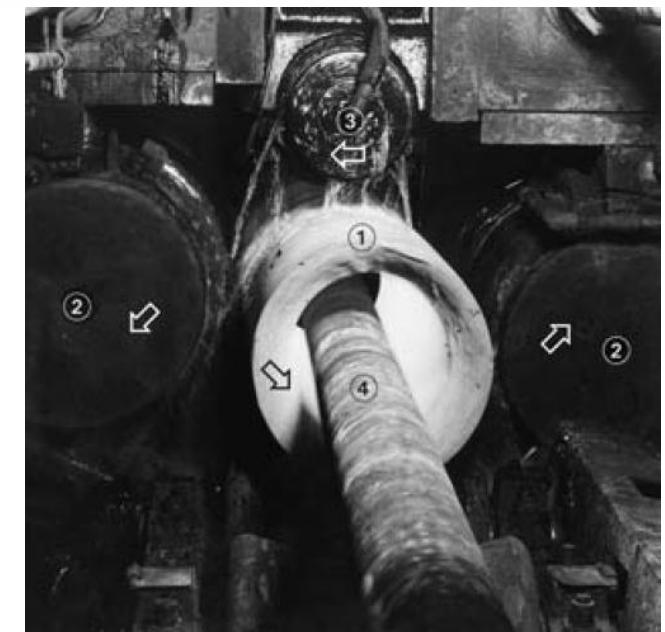


Quelle:
Handbuch der
Umformtechnik,
Schuler

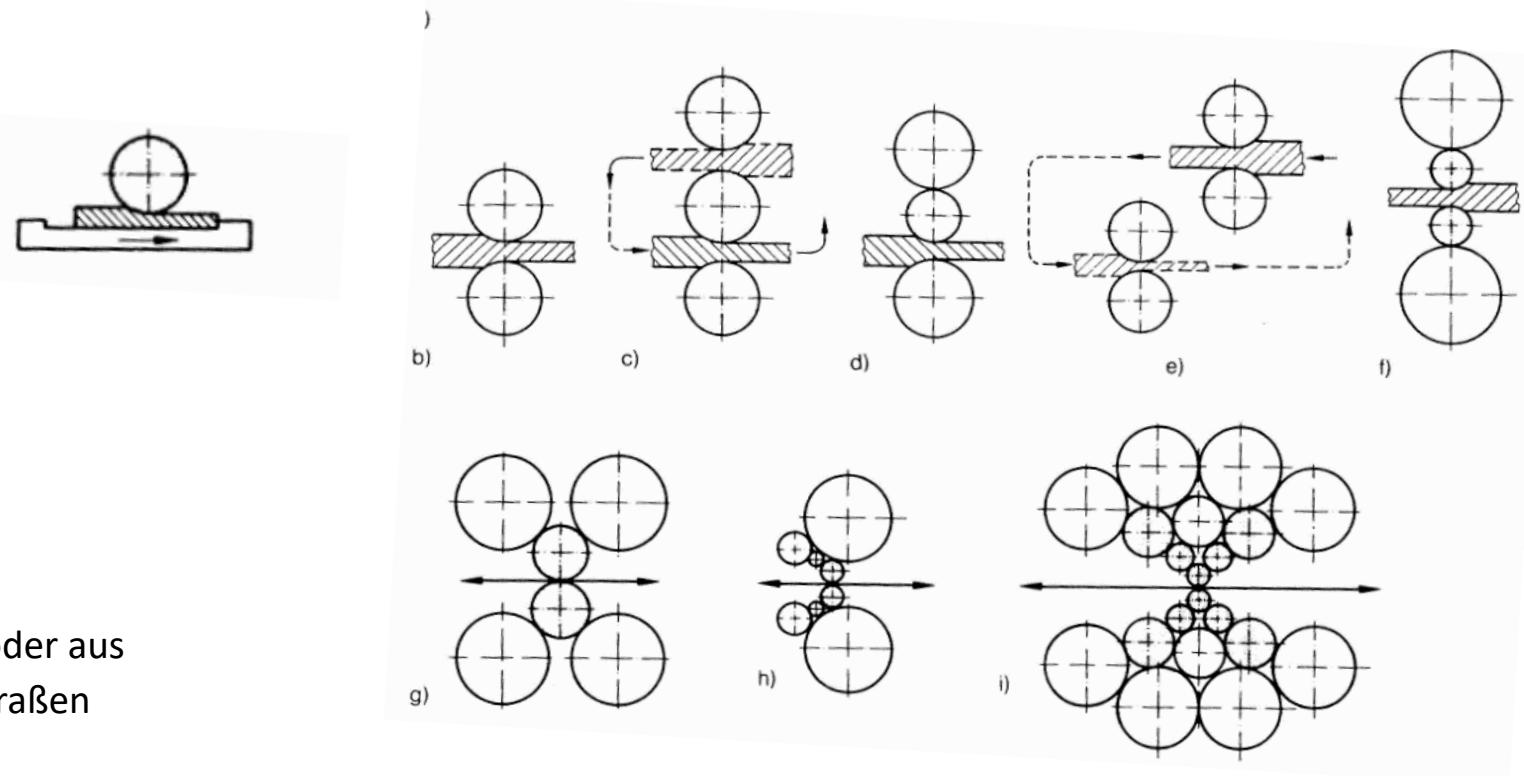


Schrägwalzen von Rohren mittels Stopfen und Stopfenstange

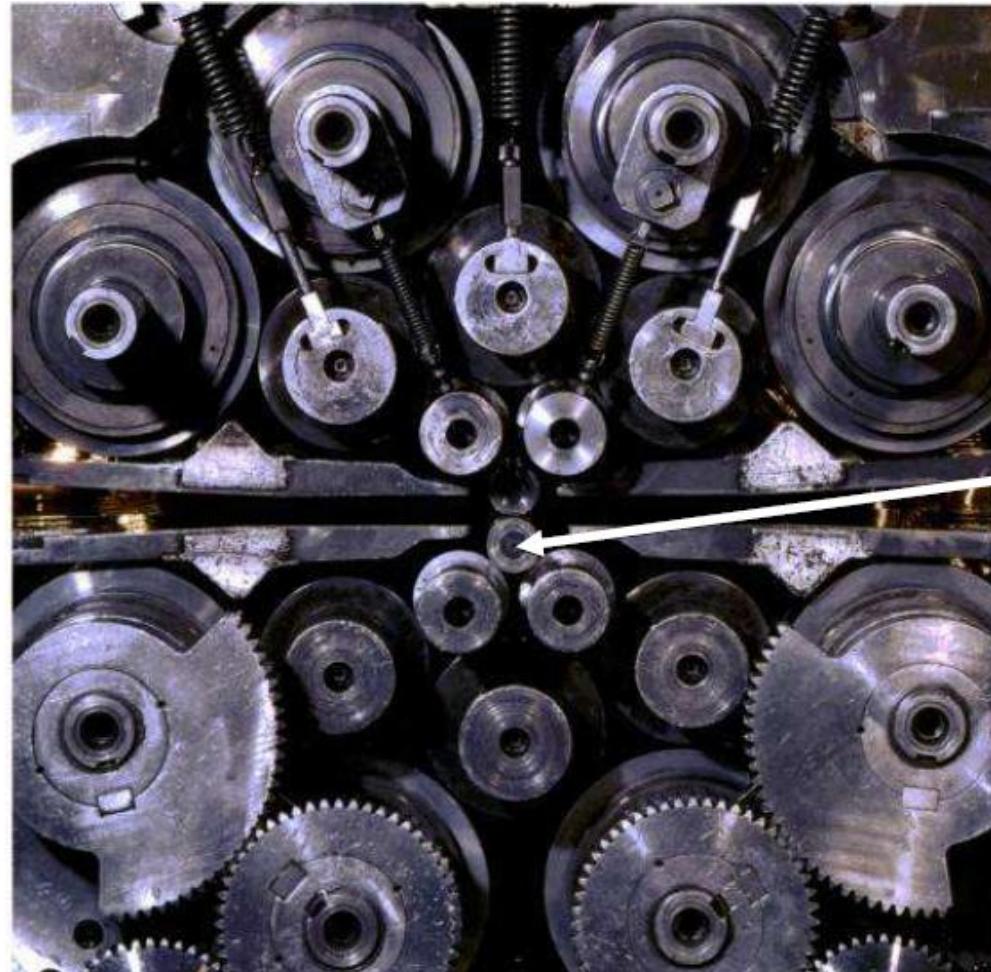
- a) Anwalzen des Rundknüppels,
- b) Aufweiten und Lochen mittels Stopfen,
- c) Lochen, Auswalzen und Glätten,
- d) Ende des Walzprozesses [WIT06]



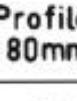
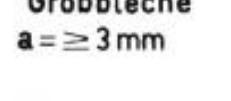
- a) Walzen gegen eine ebene oder profilierte Platte,
- b) Zweiwalzen/Duo-Gerüst,
- c) Dreiwalzen/Trio-Gerüst,
- d) Lauth'sches Trio-Gerüst,
- e) Doppel-Zweiwalzengerüst,
- f) Vierwalzen/Quattro-Gerüst,
- g) Sechswalzengerüst,
- h) Mehrzweck-Kaltwalz-Werk-Gerüst,
- i) 20-Walzengerüst (Clustermill) [WIT06]



- Zum Walzen werden einzelne Walzgerüste oder aus mehreren Walzgerüsten bestehende Walzstraßen verwendet.
- Beim **Warmwalzen** werden meist hintereinander angeordnete so genannte Duogerüste eingesetzt.
- Beim **Kaltwalzen** kommen Mehrwalzen-Gerüste mit relativ kleinem Arbeitswalzendurchmesser zum Einsatz. Zum Aufbringen des zum Umformen erforderlichen hohen Drucks ist dann eine verhältnismäßig geringe Kraft erforderlich. Die mangelnde Steifigkeit der Arbeitswalzen muss durch Stützwalzen kompensiert werden.



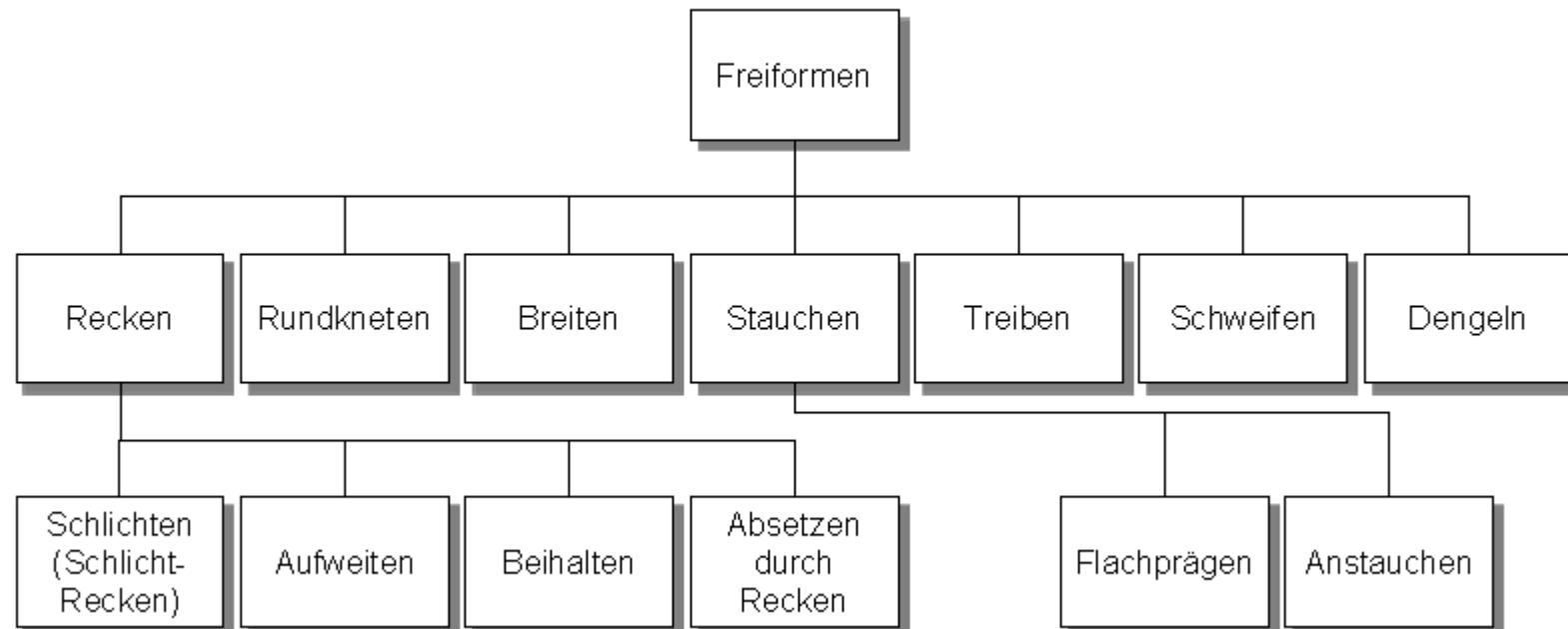
Arbeitswalzen

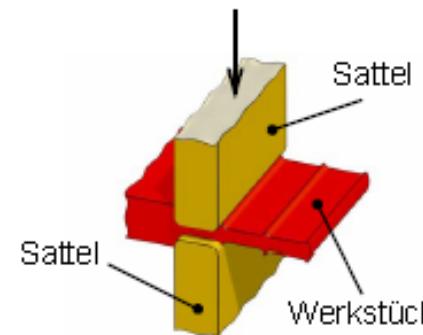
Halbzeug	Fertig-Erzeugnisse			
	Formstahl	Stabstahl	Bleche	Kaltband
 Vorblöcke > 120mm	   <hr/>   	   <hr/>  	 Feinbleche $a = < 3 \text{ mm}$  Grobbleche $a = \geq 3 \text{ mm}$ <hr/>  Spundwandstahl 	 a = < 3 mm <hr/>  <hr/>  Warmband $a \geq 1,2 \text{ mm}$ 

Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

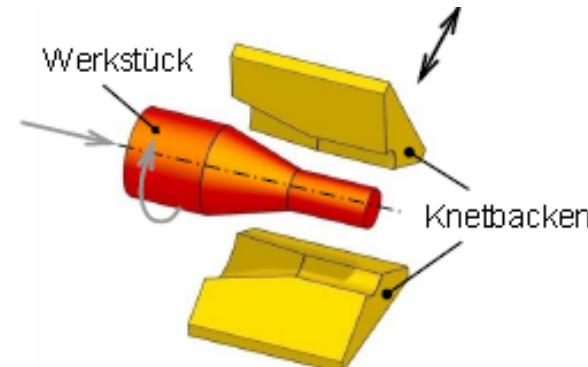
Definition nach DIN 8583

Freiformen ist Druckumformen mit nicht oder nur teilweise die Form des Werkstückes enthaltenden, gegen einander bewegten Werkzeugen. Die Werkstückform entsteht dabei durch freie oder festgelegte Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück.

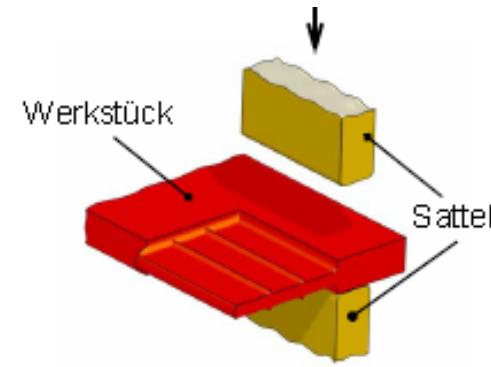




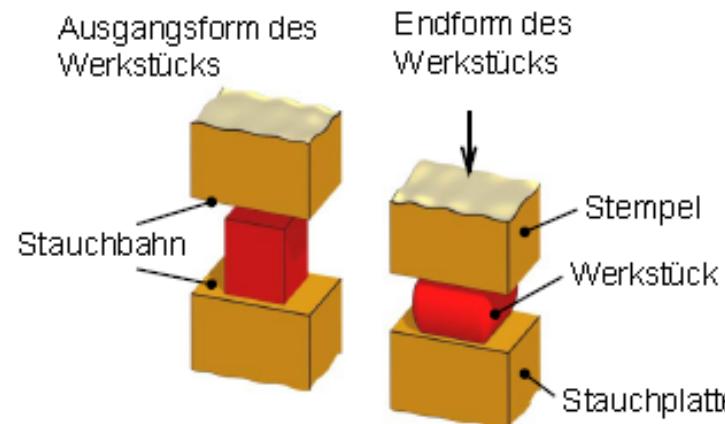
**Recken
von Vollkörpern**



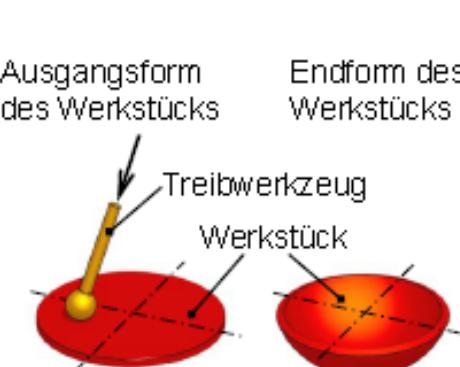
**Rundkneten im
Vorschubverfahren**



Breiten



Stauchen

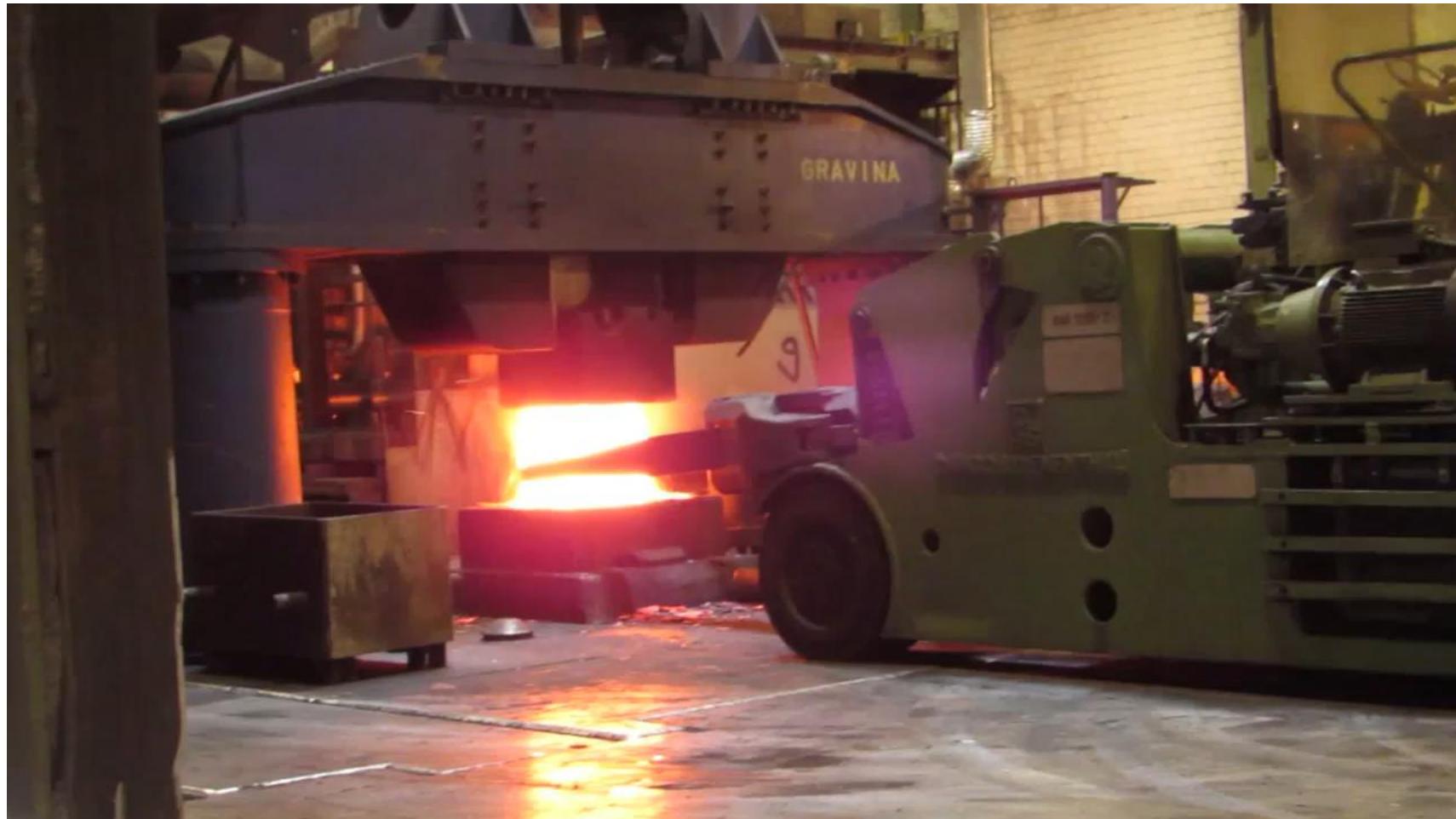


Treiben

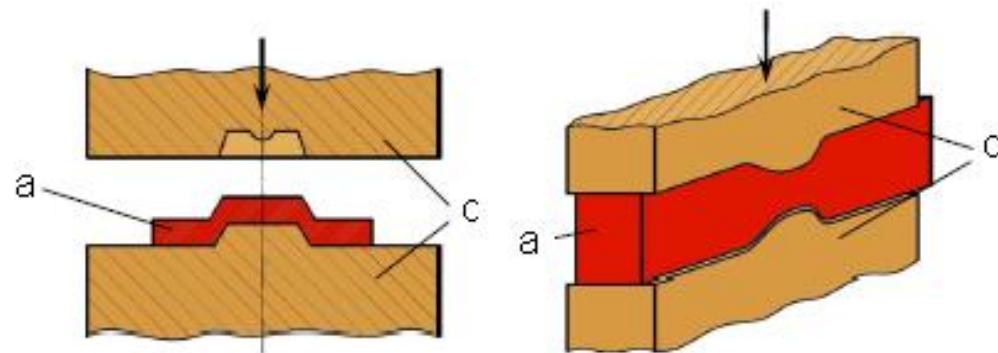


Schweißen

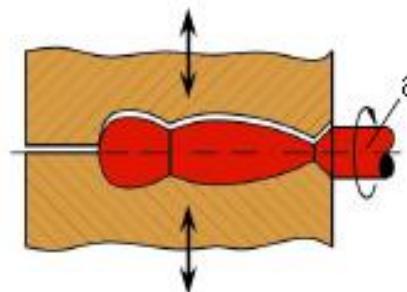
Quelle: Handbuch der
Umformtechnik, Schuler



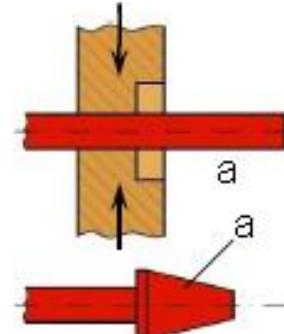
- a** Werkstück
- b** Anstauchgesenk
- c** Formsattel
- d** Formstempel
- e** Gesenk



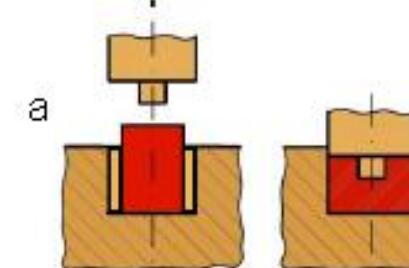
Formstauchen



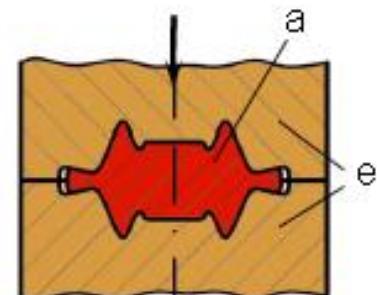
Reckstauchen



Anstauchen im Gesenk



Formpressen
ohne Grat

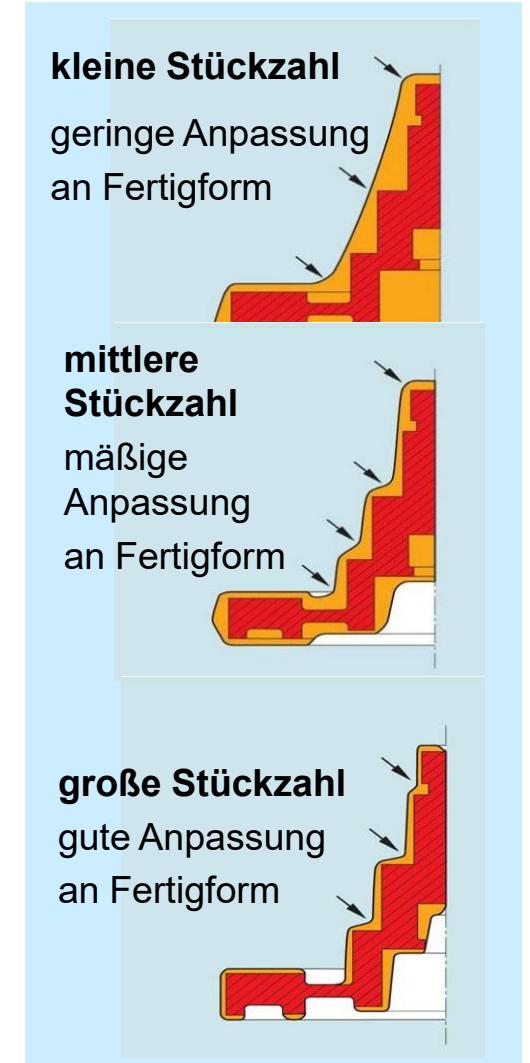


Formpressen
mit Grat

Quelle:
Handbuch der
Umformtechnik,
Schuler

- Die Gestaltung von **Anzahl und Art der Bearbeitungsschritte** richtet sich beim Gesenkformen nach Maschinenart und Werkstückgröße.
- Bei Pressen erfolgt das Umformen beispielsweise in einem Hub, bei Hämmern sind meist mehrere Hübe erforderlich.
- Je nach Anzahl gleicher Gravuren pro Gesenk sprechen wir von **Einfach-** oder **Mehrfachgesenken**; sind in einem Gesenk unterschiedliche auf einander abfolgende Gravuren angeordnet, von einem **Mehrstufengesenk**.
- Die Gesenke sind hohen mechanischen und **thermischen Belastungen** ausgesetzt. Durch Gleitbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück entsteht zudem **abrasiver + adhäsiver Verschleiß**.

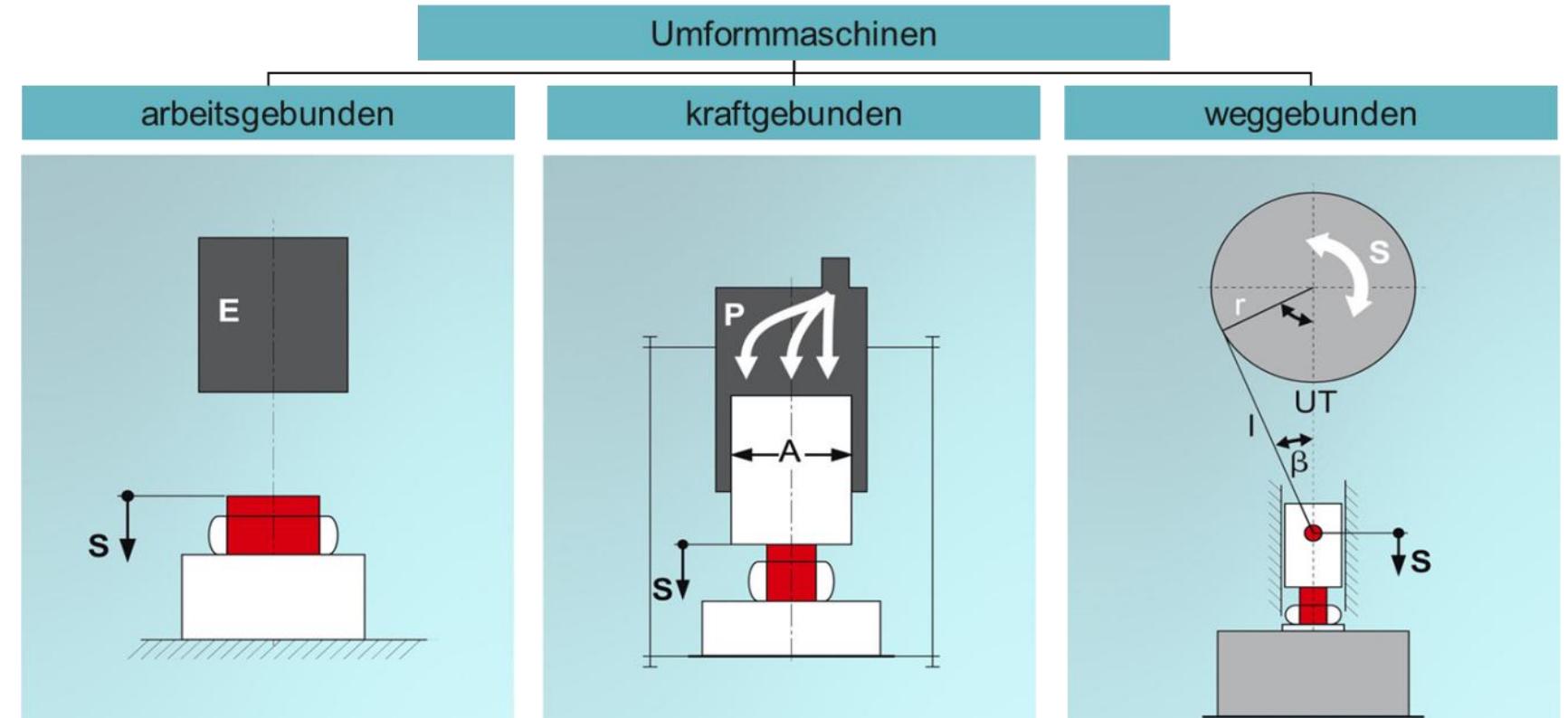
Nitrieren, Plasmabeschichten, Strahlläppen und Verchromen können die Werkzeugstandzeit wesentlich erhöhen.

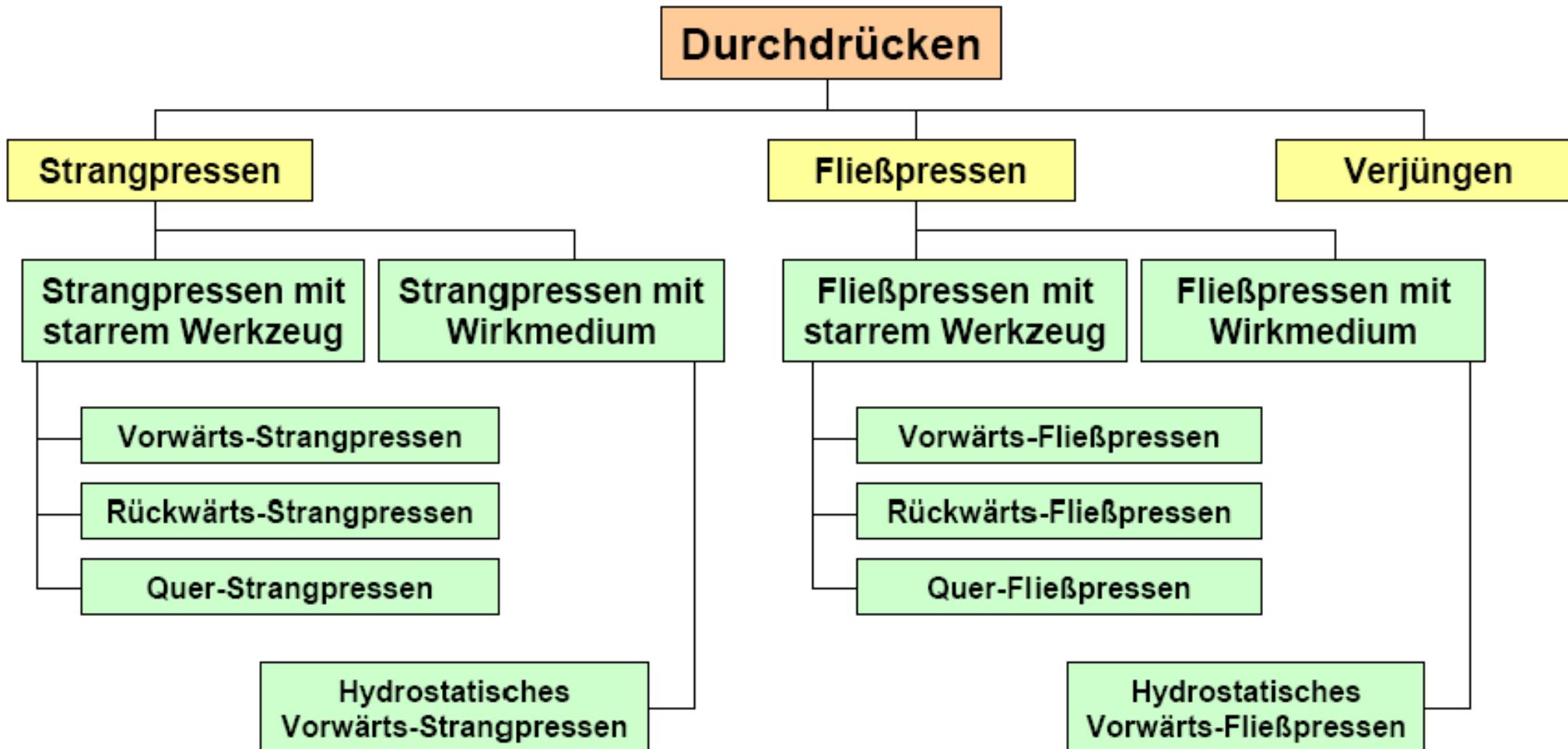


Umformmaschinen müssen
automatisierbar, hochproduktiv und wirtschaftlich sein
die erforderlichen Umformkräfte und Umformarbeiten zur Verfügung stellen
die besonderen Merkmale von Prozessablauf und Werkstück berücksichtigen

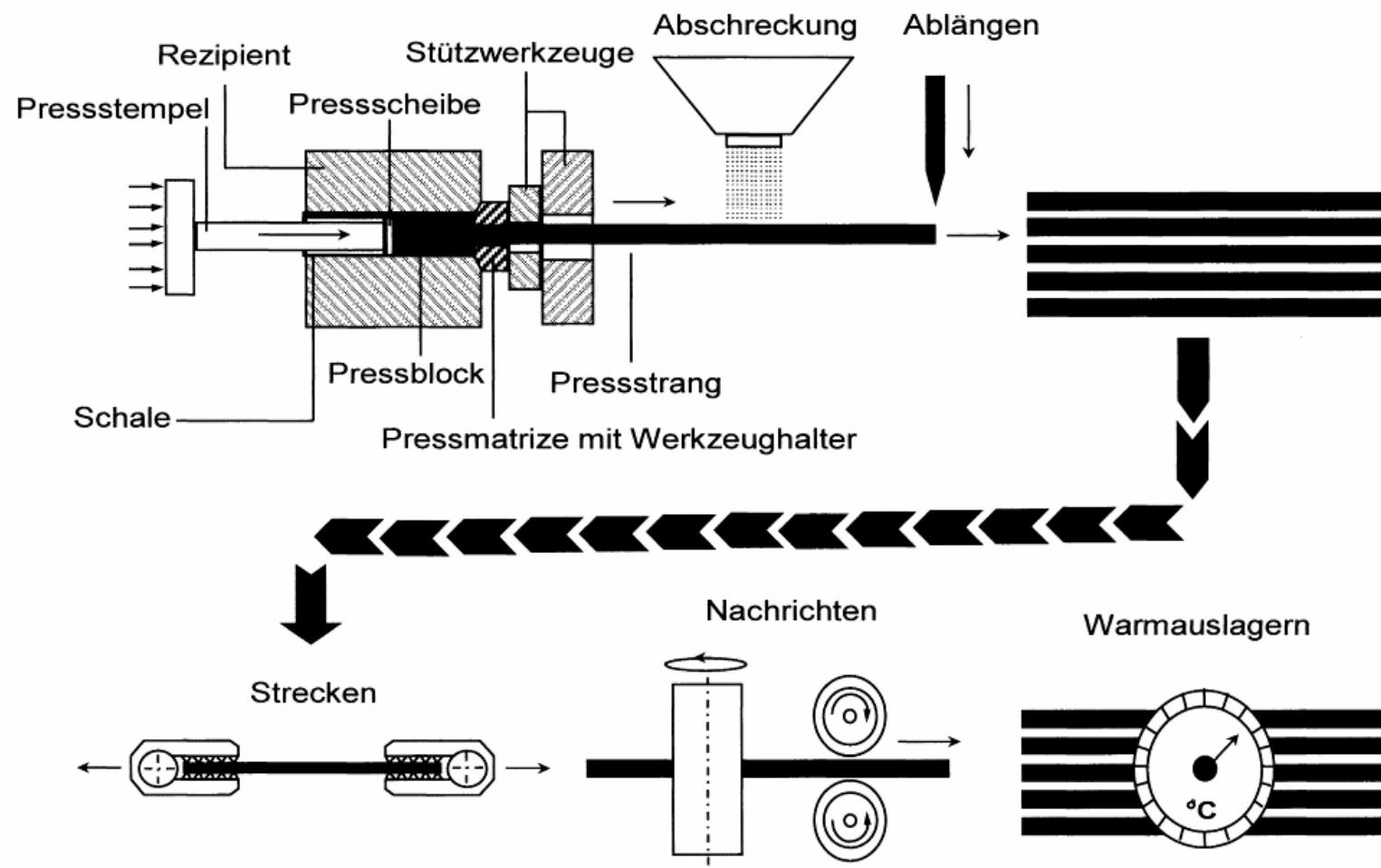


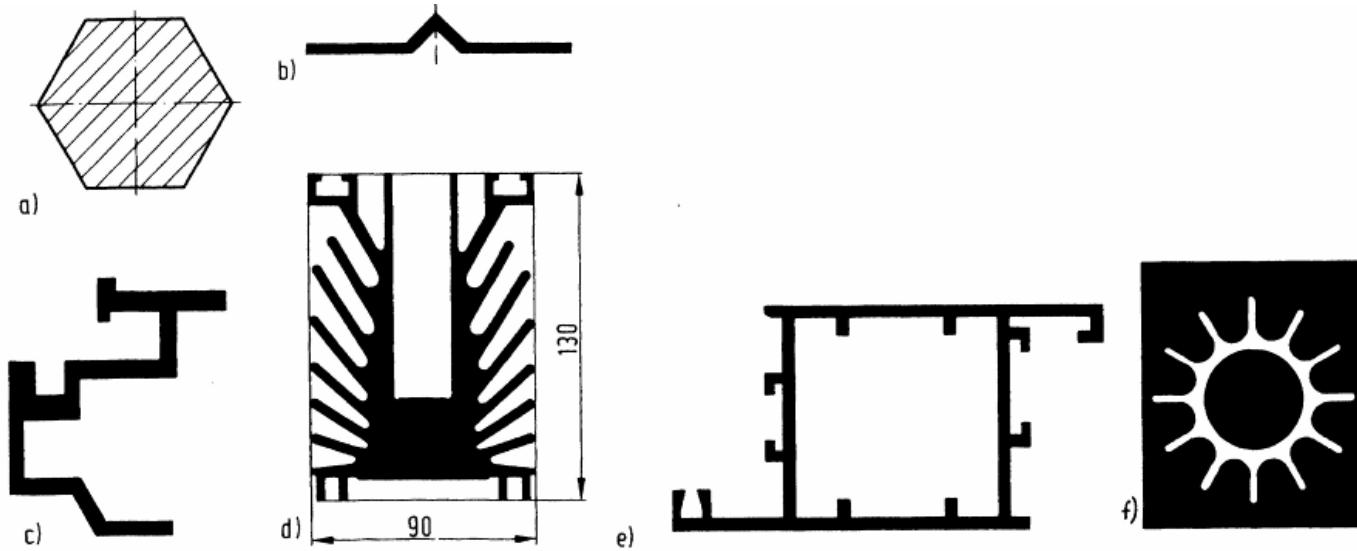
- **Umformmaschinen** müssen
- automatisierbar, hochproduktiv und wirtschaftlich sein
- die erforderlichen Umformkräfte und Umformarbeiten zur Verfügung stellen
- die besonderen Merkmale von Prozessablauf und Werkstück berücksichtigen





Vorwärtsstrangpressen von Aluminium





- Beim Strangpressen sind große Umformgrade erreichbar.
- Bei Leichtmetallen wie Aluminiumlegierungen sind darüber hinaus komplizierte Querschnittskonturen möglich.

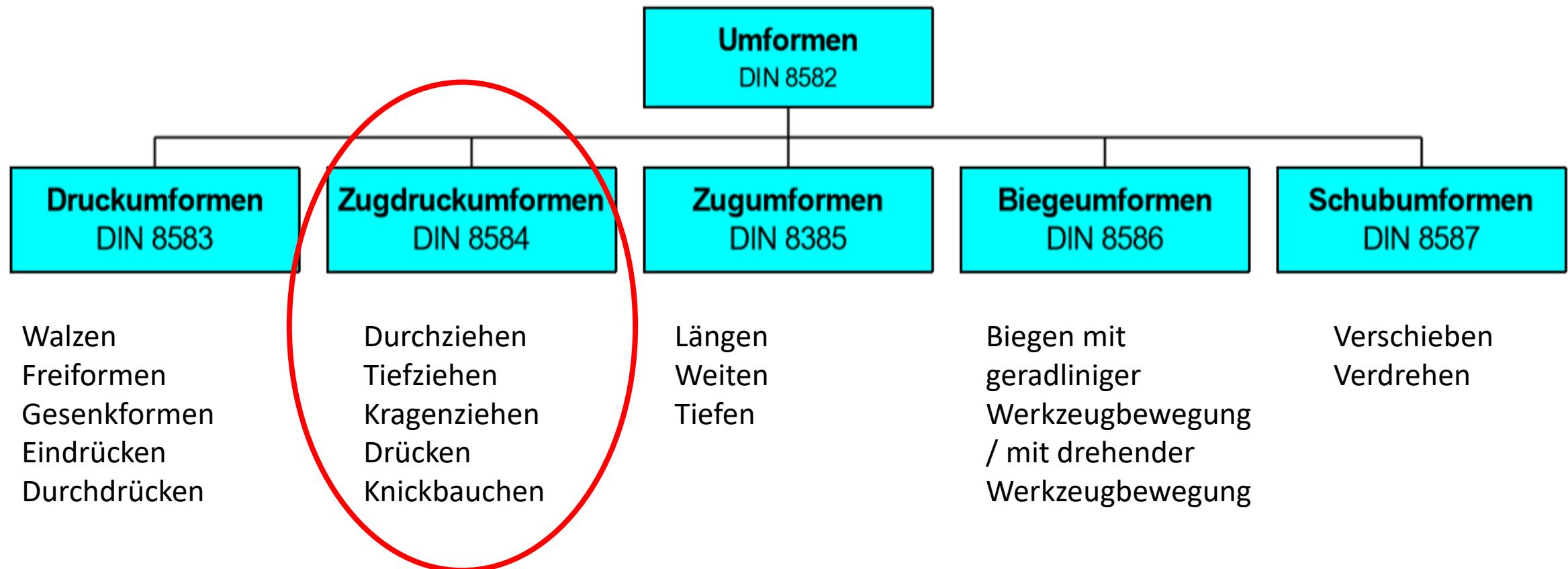


Profilformen und Werkstoffe beim Strangpressen [WIT06]

- Vollprofil
- offenes Profil
- Halbhohlprofil (geringer Querschnittsunterschied)
- Halbhohlprofil (großer Querschnittsunterschied)
- Hohlprofil
- Wärmetauscherrippenrohr

Quelle:
FT, T. Michalke
Frau-UAS

Einteilung nach DIN 8582

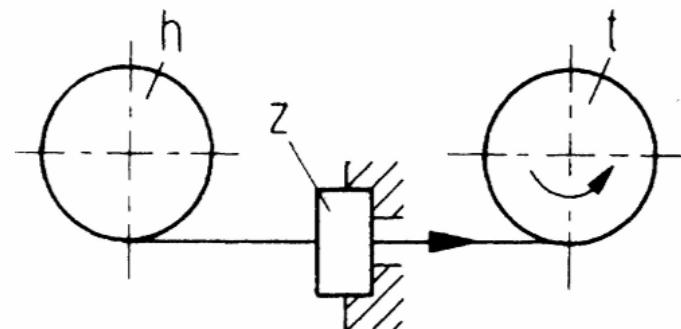


Durchziehen (Gleitziehen, Walz ziehen, Drahtziehen)

- Beim **Gleitziehen** werden metallische Werkstoffe meist kalt (Kaltverfestigung) durch einen sich konisch verengenden **Ziehstein** oder Ziehring gezogen. Diese sind hohen Druckkräften, Reibungskräften und Temperaturen ausgesetzt und werden aus Hartmetall, Diamant oder Keramik hergestellt.
- Zur Verringerung der Reibungskräfte und weiteren Erhöhung der hohen Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit werden Schmierstoffe eingesetzt.
- Beim **Drahtziehen** werden Rundprofile von $\sim 5,0 \dots 30 \text{ mm}$ auf bis zu $\sim 0,003 \text{ mm Durchmesser}$ gezogen. Die Ziehgeschwindigkeiten hierbei betragen bis zu $\sim 20 \text{ m/s}$.
- Da der maximale Umformgrad $\ln A_0/A_1$ pro Ziehstufe werkstoffabhängig meist zwischen 0,2 und 0,3 liegt, werden Ziehprozesse überwiegend mehrstufig und bei Bedarf mit Zwischenglühen durchgeführt.

Bauformen von Drahtziehmaschinen

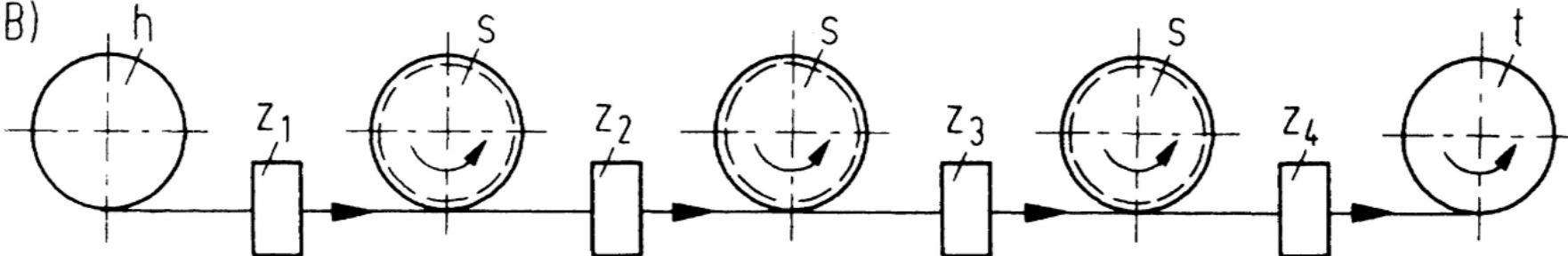
A)



A) Einfachziehmaschine
B) Mehrfachziehmaschine

Quelle: [WIT06]

B)

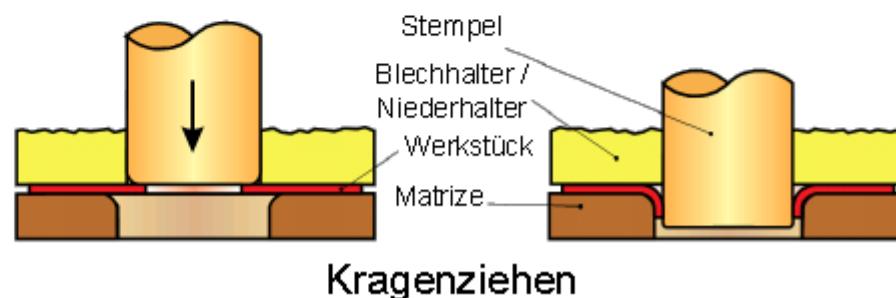
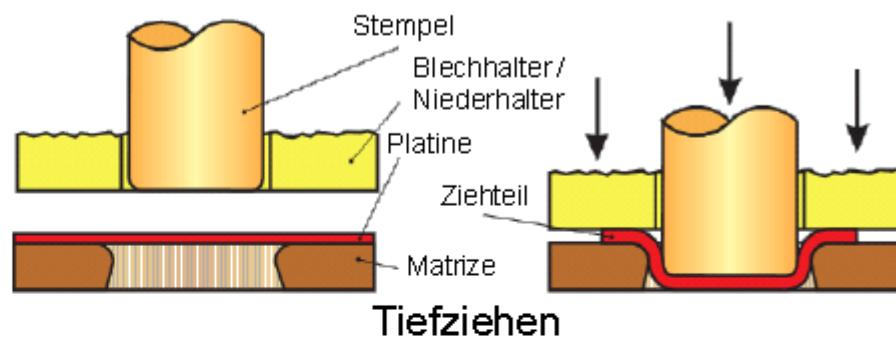
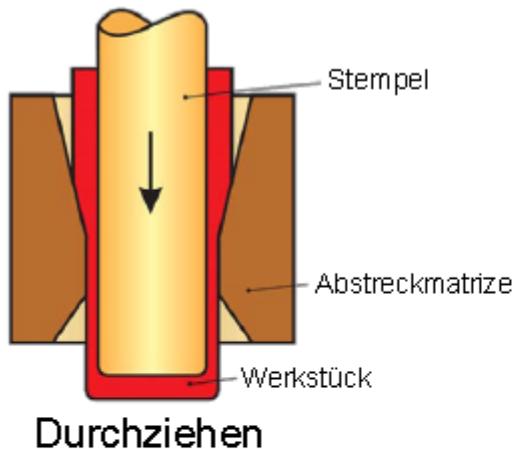


Drahtherstellung



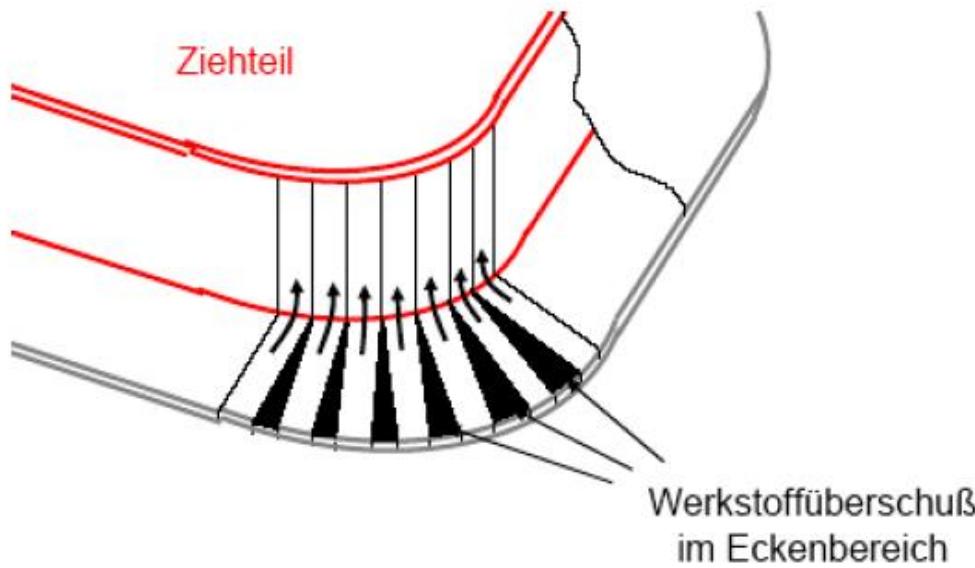
Definition nach DIN 8584:

Tiefziehen ist Zugdruckformen eines Blechzuschnittes zu einem Hohlkörper oder Zugdruckformen eines Hohlkörpers zu einem Hohlkörper mit kleineren Umfang ohne beabsichtigte Veränderung der Blechdicke.

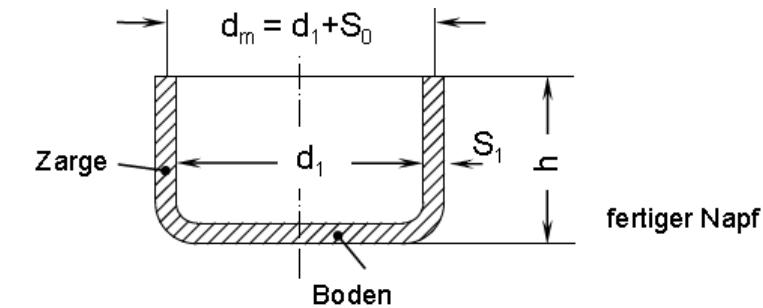
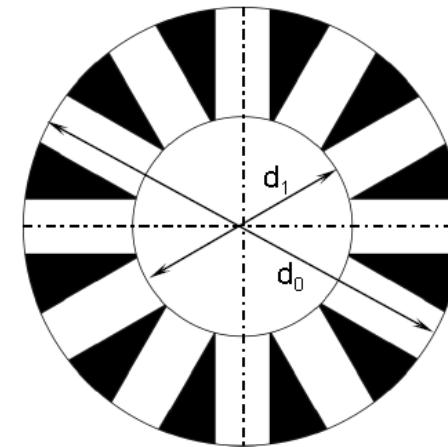


Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

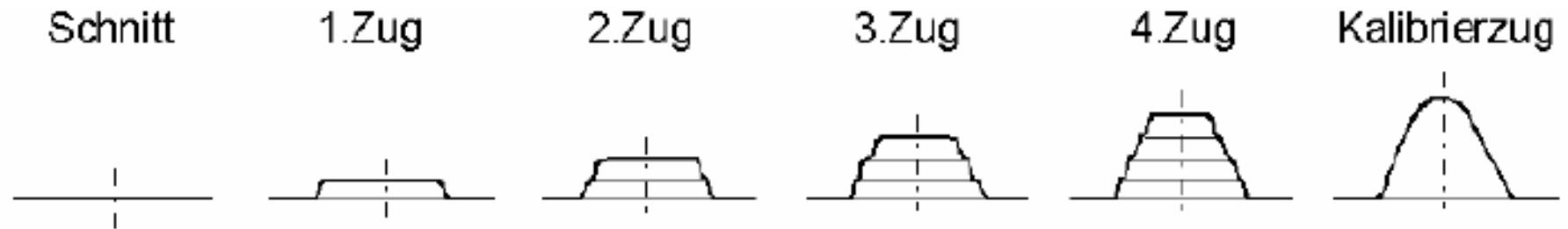
Überschüssiger Werkstoff wird bei konstant bleibender Blechdicke nach außen in Richtung Platinenrand verdrängt.



Grenzziehverhältnis: $\beta_{\max} = d_{0\max}/d_1$
 hängt unter anderem von der Blechdicke, vom Werkstoff und von der Werkzeuggeometrie ab



d_0 Rondenaußendurchmesser
 d_1 Stempeldurchmesser
 d_m mittlerer Durchmesser des Ziehteils
 h Napfhöhe
 s_1 Blechdicke nach der Umformung



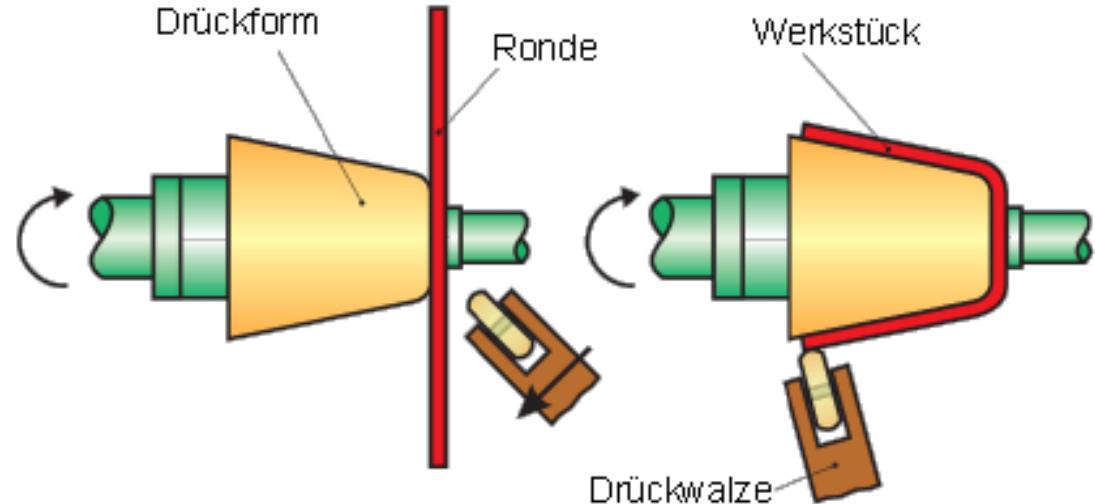
Cola Dose



Übliches Tiefziehen in
5 Arbeitsgängen



Drücken

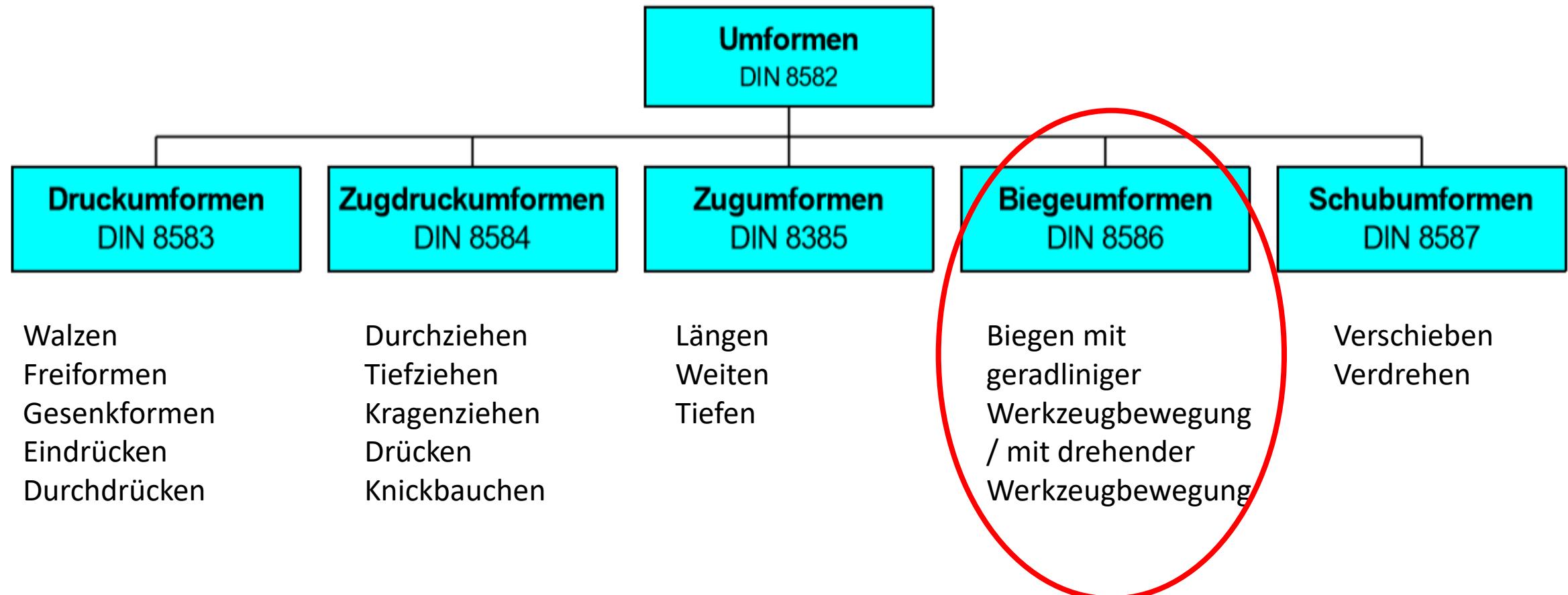


Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

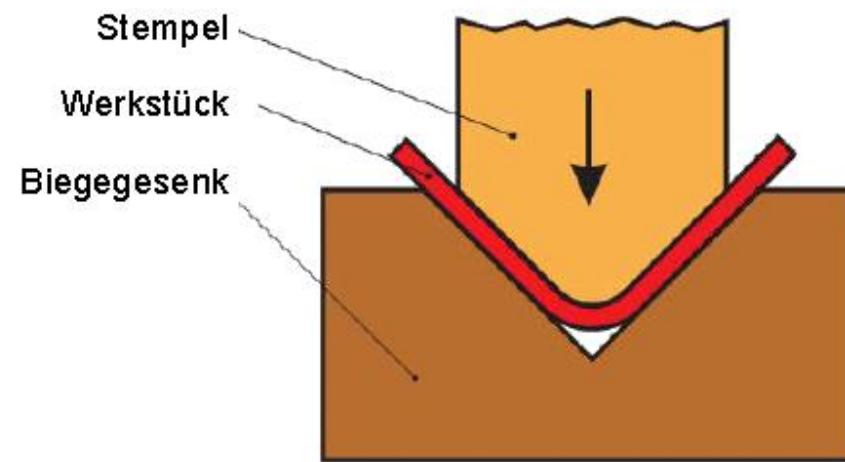
Klöpperboden

- Drücken hat gegenüber Tiefziehen den Vorteil, dass die Werkzeugkosten deutlich geringer ist und Konturen erzeugt werden können, die durch Tiefziehen nicht zu fertigen sind.
- Drücken ist besonders für **Kleinserien** geeignet. Es ermöglicht die wirtschaftliche Fertigung rotationssymmetrischer Werkstücke wie Fässer, Felgen, Hülsen, Kochtöpfen, Lampenschirme und Trommeln in einem **Durchmesserbereich bis zu fünf Metern**.
- Beim **Hohlkörperdrücken** werden in einem Arbeitsgang oder schrittweise Hohlkörper mit nahezu beliebiger Kontur erzeugt. Es kann auf CNC gesteuerten Drückmaschinen erfolgen, welche im Aufbau Drehmaschinen ähnlich sind.
- Das Drücken erfolgt **überwiegend kalt**, bei der Fertigung von Behälterböden und Behälterdeckeln kann bei höheren Wanddicken eine partielle Erwärmung sinnvoll sein.
- Die Spannungsverteilung in der Umformzone entspricht beim Drücken derjenigen beim Tiefziehen.
- Verfahrensgrenzen sind Faltenbildung, Tangentialrisse am Übergang zwischen Flansch und Zarge bei zu großem Drückverhältnis, Radialrisse im äußersten Teil des Flansches als Folge von Biegewechselspannungen beim Überwalzen bereits vorhandener Falten.

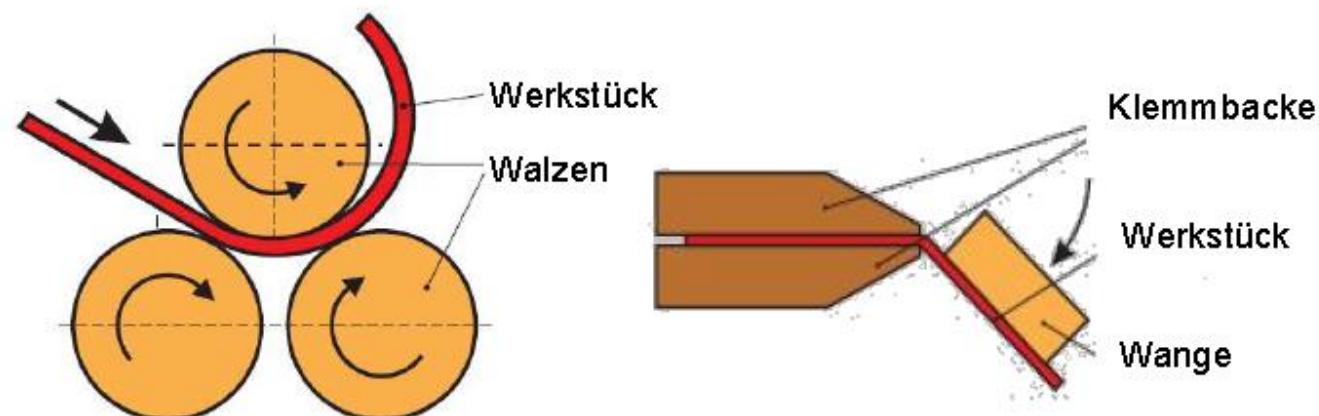
Einteilung nach DIN 8582



Biegen mit geradliniger Werkzeugbewegung

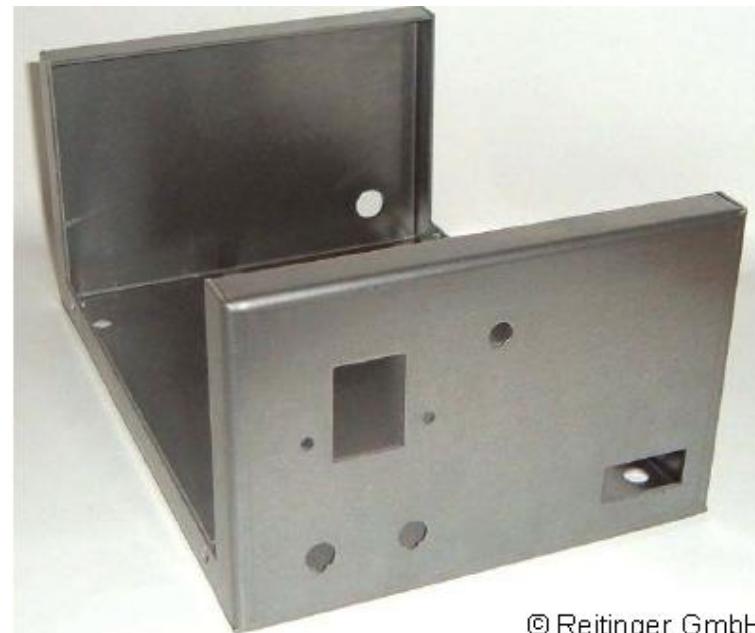


Biegen mit drehender Werkzeugbewegung



Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

Beispiele Biegeumformen



im Gesenk gebogenes Gehäuse



CNC Schwenkbiegemaschine



Gesenkbiegemaschine



Rollbiegemaschine

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !

Noch Fragen ?

Hinweis

Diese Folien sind ausschließlich für den internen Gebrauch im Rahmen der Lehrveranstaltung an der Frankfurt University of Applied Sciences bestimmt. Sie sind nur zugänglich mit Hilfe eines Passwortes, dass in der Vorlesung bekannt gegeben wird.