



Technische
Universität
Braunschweig

Institut für Werkzeugmaschinen
und Fertigungstechnik **iWF**



Vorlesung Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder, 04. Juni 2018

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik



Kapitel 3: Umformen

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder, 04. Juni 2018

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

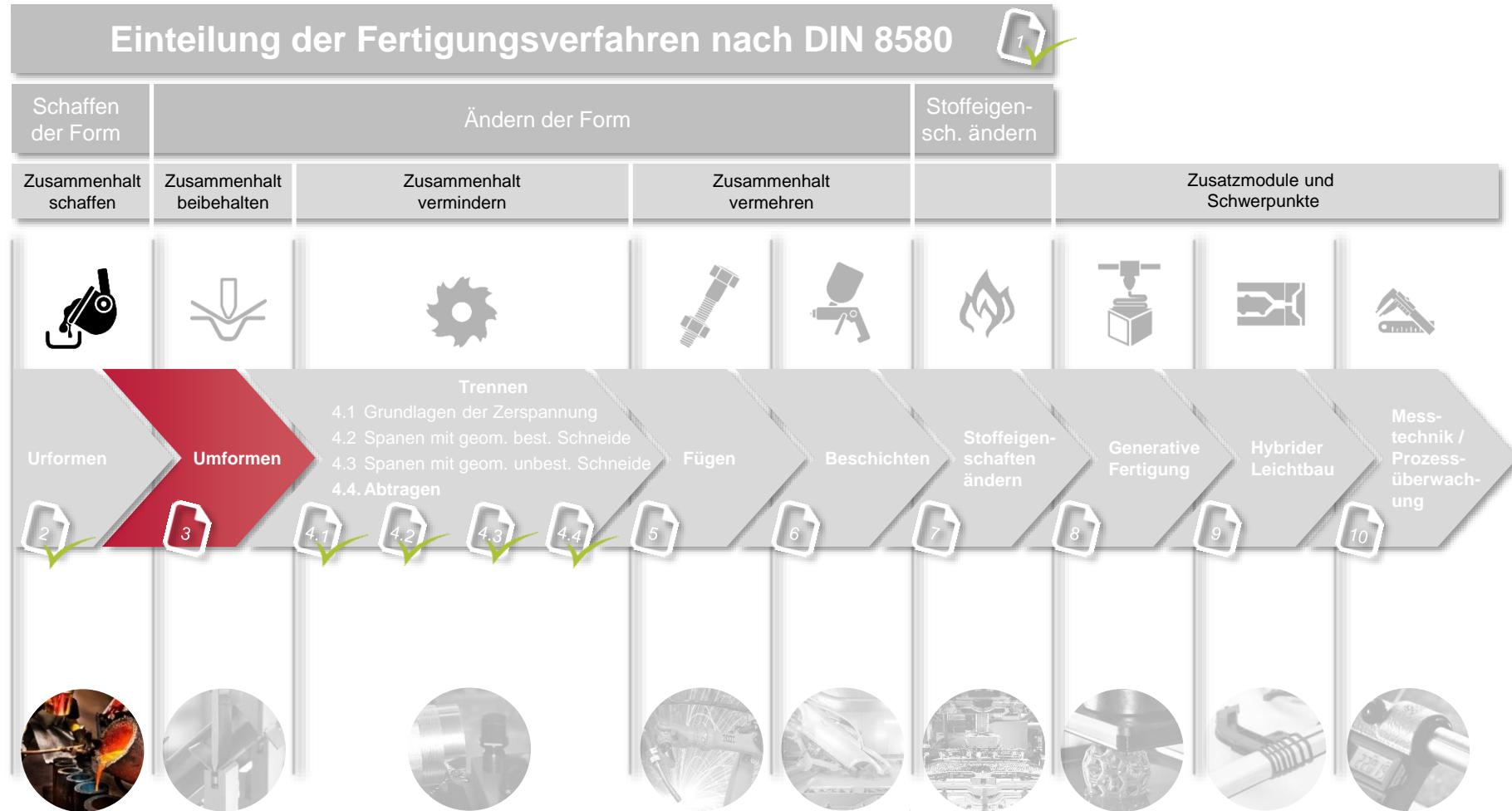
Einheiten der Vorlesung Fertigungstechnik

Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580



Einheiten der Vorlesung Fertigungstechnik

Wiederholung: Trennen - Abtragen



Einheiten der Vorlesung Fertigungstechnik

Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580

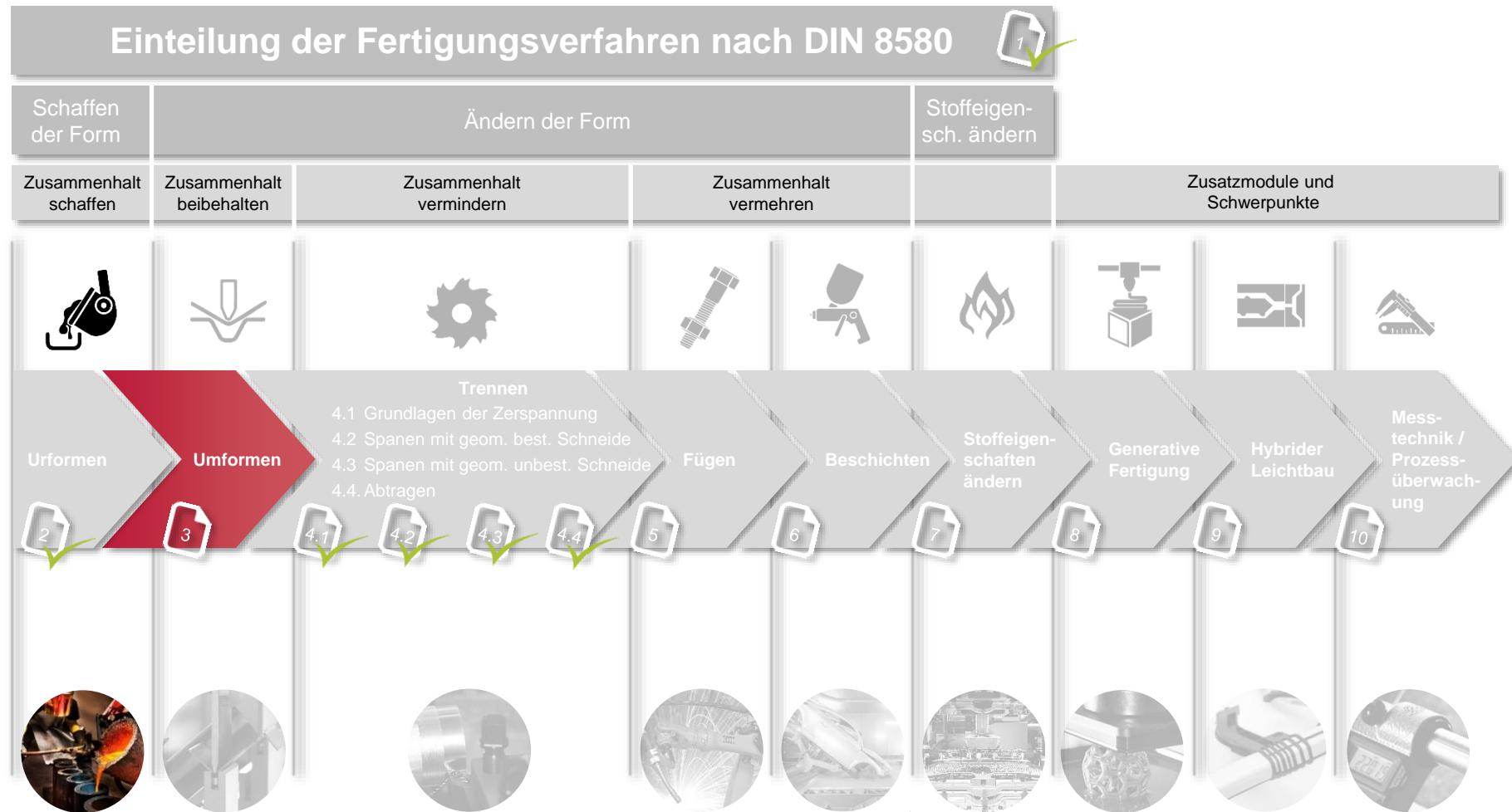


Bildquellen: Pexels



Einheiten der Vorlesung Fertigungstechnik

Wiederholung: Trennen - Abtragen



Ziele der heutigen Vorlesung



ZIELE

- Definition und Einteilung der Verfahren
- Erlernen der materialbezogenen Grundlagen der Umformung
- Kennenlernen typischer Umformverfahren

Quelle: Fraunhofer-IWU

Umformen

Definition und Einteilung

Umformen

- Ändern der Form eines festen Körpers unter Beibehaltung des Stoffzusammenhalts und der Masse bzw. des Volumens

Einteilung der Verfahren

- Unterscheidung nach dem Spannungszustand nach DIN 8582 (Druck-, Zug-, Zug-Druck-, Biege- und Schubumformen)
- Unterscheidung nach der Umformtemperatur (Kalt-, Halbwarm-, Warmumformung)
- Unterscheidung nach dem Halbzeug (Massiv- und Blechumformung)



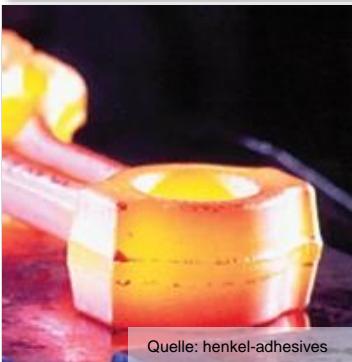
Quelle: hotforming-academy



Fertigungshauptgruppe nach DIN 8582

Unterteilung des Umformens nach DIN 8582

Druckumformen



Quelle: henkel-adhesives

Zugdruckumformen



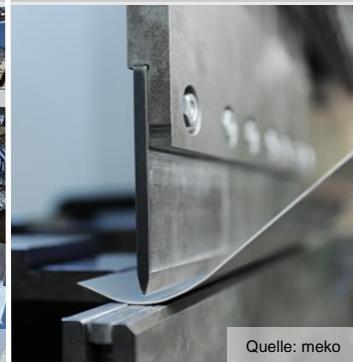
Quelle: form-werkzeug

Zugumformen



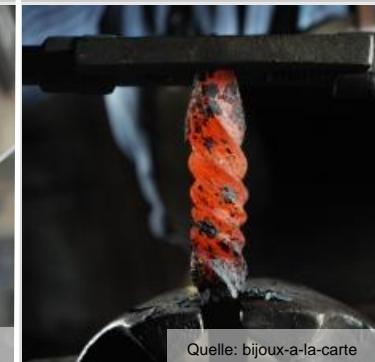
Quelle: premium-aerotec

Biegeumformen



Quelle: meko

Schubumformen



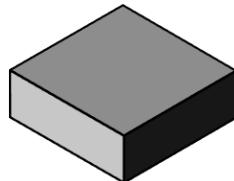
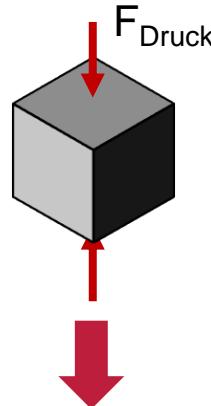
Quelle: bijoux-a-la-carte

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

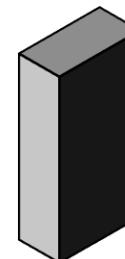
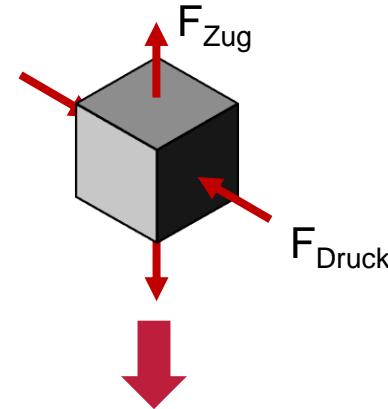
Umformen

Krafteinwirkung auf das Werkstück

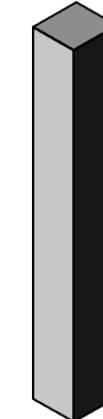
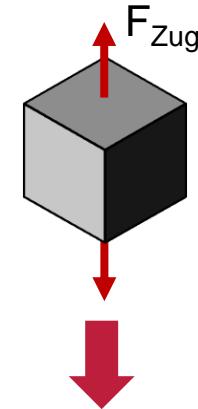
Druck



Zug-Druck



Zug



Volumen bleibt stets konstant!

Umformen

Unterscheidung nach Umformtemperatur

Kaltumformung



Quelle: seissenschmidt

Bei 20 °C

Halbwarmumformung



Quelle: maschinenmarkt

Zw. 720 °C u. 950 °C

Warmumformung



Quelle: seissenschmidt

Bei 1200 °C

Umformen

Unterscheidung nach dem *Halbzeug*

Massivumformung



Blechumformung



Quelle: ThyssenKrupp Steel

Bramme (460 x 1400 x 3400)

Coil (Breite, Länge >> Dicke)

Materialbezogene Grundlagen

GRUNDLAGEN

- Werkstoffverhalten beim Umformen
- Kennenlernen des Fließverhaltens beim Umformen

Quelle: acerinox

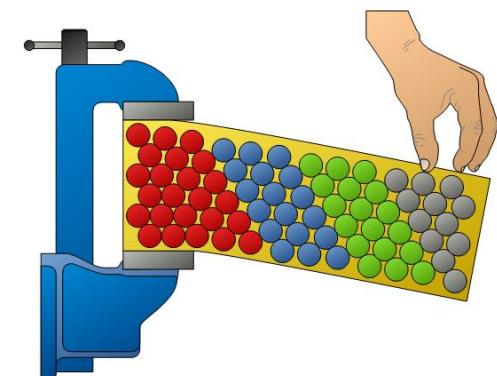
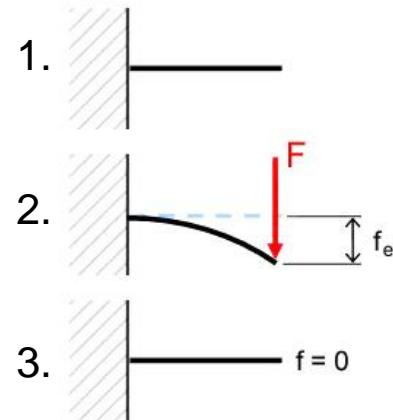
Umformen

Elastische und plastische Verformung eines Kristallgitters

- Elastische Verformung



Nach der Belastung bewegen sich die Atome in den Ausgangszustand zurück.



Quelle: ahoefler.de
maschinenbau-wissen.de



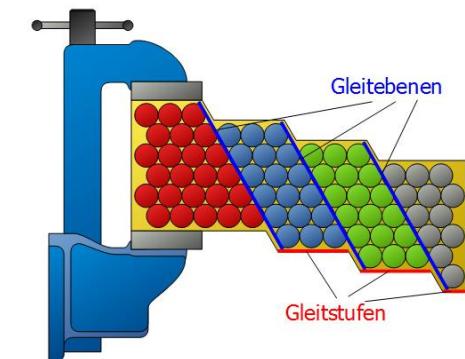
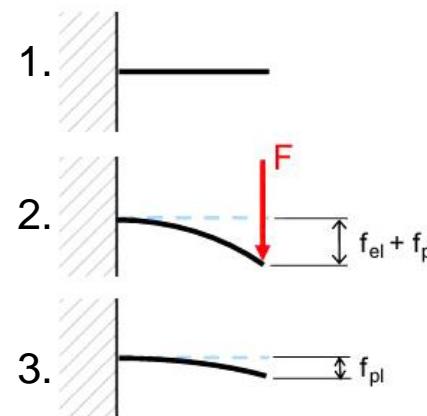
Umformen

Elastische und plastische Verformung eines Kristallgitters

- Plastische Verformung



Nach großer Belastung bewegen sich die Atome nicht vollständig in den Ausgangszustand zurück.



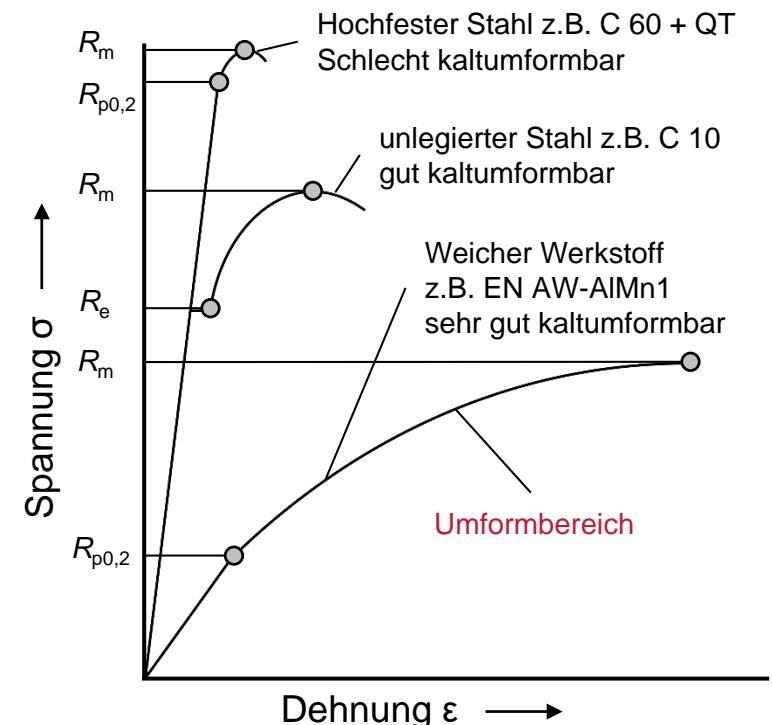
Umformen

Werkstoffverhalten

- Pro Arbeitsgang werden Form und Stoffeigenschaften geändert
- Temperatur beeinflusst die Umformkraft und die Stoffeigenschaften

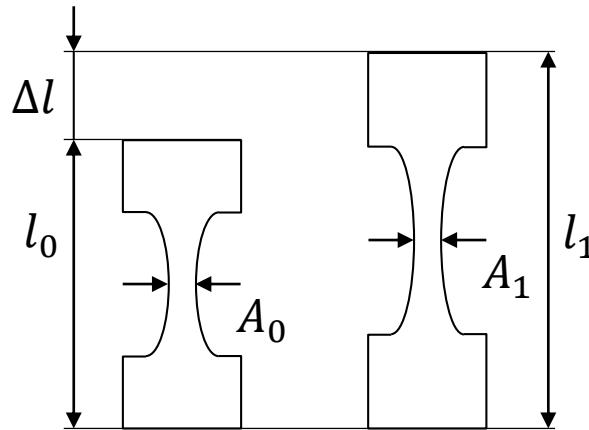
Unterteilen der Umformverfahren nach DIN 8582 bis 8587 in:

- *Kaltumformen*: Umformen ohne Anwärmen (z.T. anschließendes Glühen, um Versprödung zu beseitigen)
- *Warmumformung*: Umformen mit Anwärmen auf eine Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur



Umformen

Fließkurve am Beispiel des Zugversuchs



Nenndehnung:
(bezogene Längenänderung)

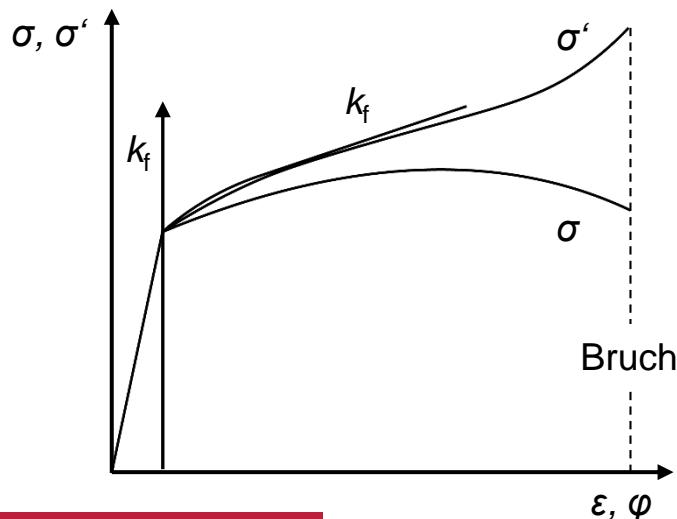
$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Nennzugspannung:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Wahre Dehnung:
(Umformgrad)

$$\varphi = \ln(1 + \varepsilon) = \ln \frac{l_1}{l_0}$$



Wahre Zugspannung*:

$$\sigma' = \frac{F}{A_1}$$

Fließspannung:

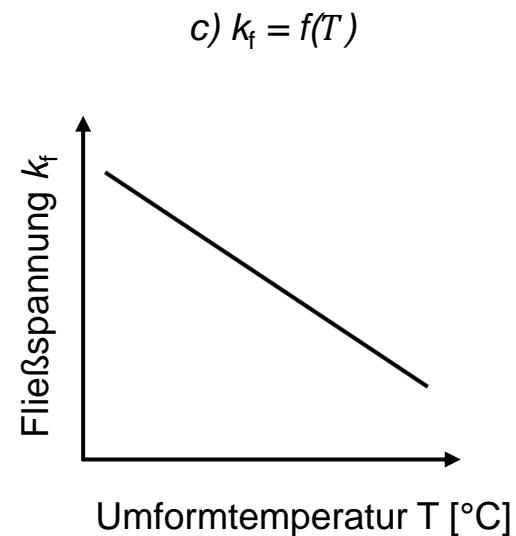
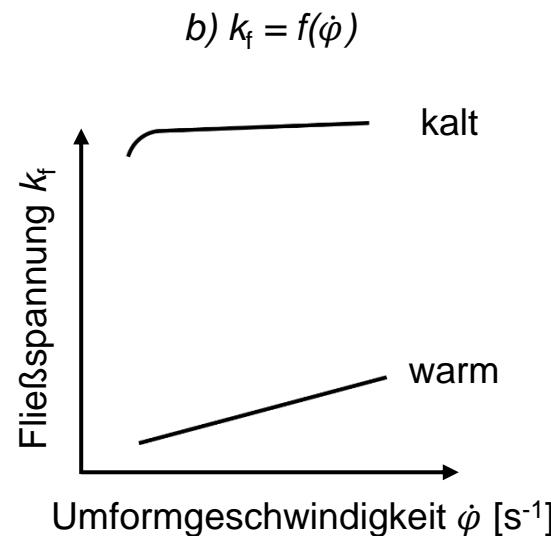
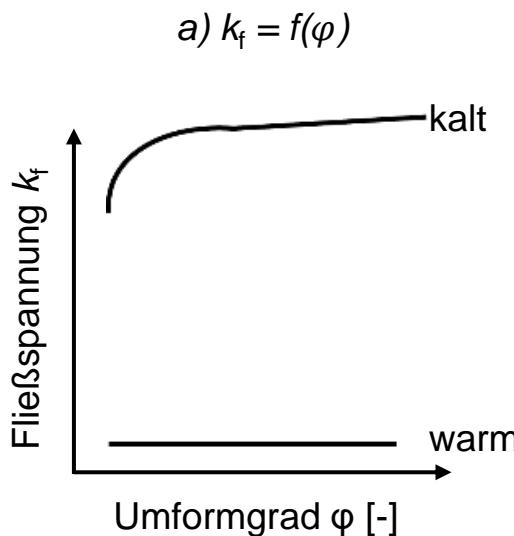
$$k_f = \frac{F}{A_1}$$

*Die Wahre Spannung wird im Bereich des plastischen Fließens als Fließspannung bezeichnet.



Umformen

Temperatureinfluss auf die Fließspannung



Warmumformung:

$\dot{\varphi} > v_R \rightarrow$ Erhöhung $\dot{\varphi}$ führt zur Erhöhung k_f

Kaltumformung:

$\dot{\varphi}$ hat geringen Einfluss auf k_f

$$k_f = \frac{F}{A_1}$$

$$\varphi = \ln(1 + \varepsilon) = \ln \frac{l_1}{l_0}$$

l_0 : Ausgangslänge

l_1 : Endlänge

Quelle: IFUM



Ziele der heutigen Vorlesung



ZIELE

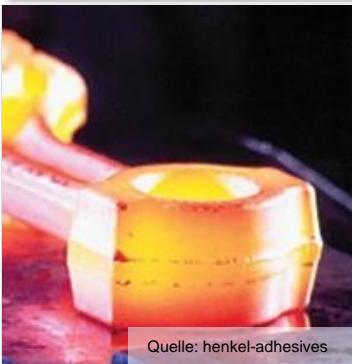
- Definition und Einteilung der Verfahren
- Erlernen der materialbezogenen Grundlagen der Umformung
- Kennenlernen typischer Umformverfahren

Quelle: Fraunhofer-IWU

Fertigungshauptgruppe nach DIN 8582

Unterteilung des Umformens nach DIN 8582

Druckumformen



Quelle: henkel-adhesives

Zugdruckumformen



Quelle: form-werkzeug

Zugumformen



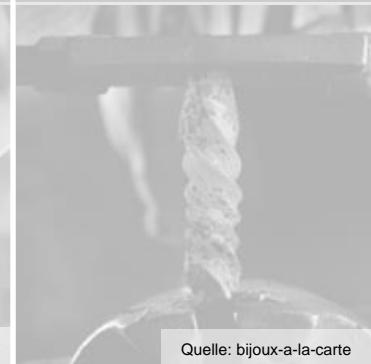
Quelle: premium-aerotec

Biegeumformen



Quelle: meko

Schubumformen



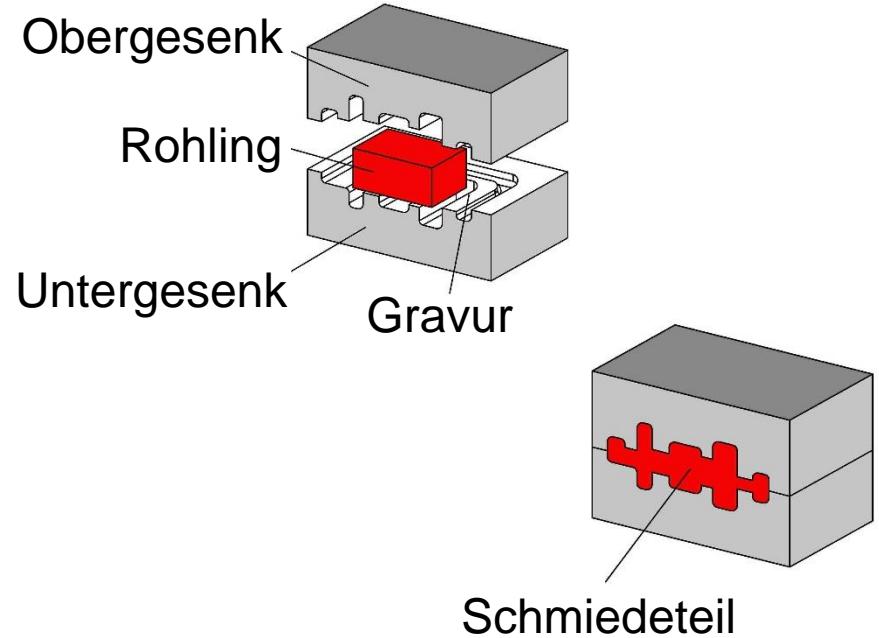
Quelle: bijoux-a-la-carte

Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im Wesentlichen durch eine ein- oder mehrachsige Druckbeanspruchung herbeigeführt wird.

Druckumformen

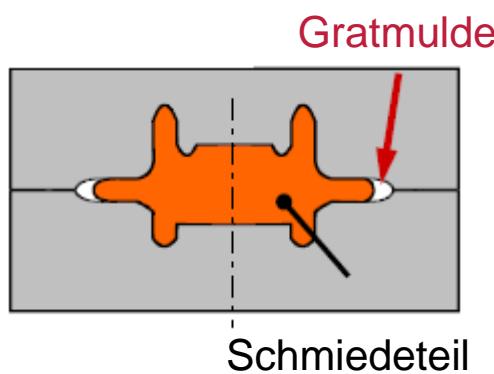
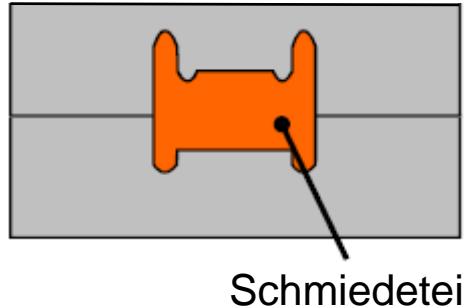
Gesenkschmieden

Gesenkschmieden ist nach DIN 8583 ein Druckumformverfahren bei dem die Werkstückform durch die Werkzeuge (Negativform) vorgegeben wird. Die Endkontur eines Werkstückes wird häufig erst nach mehreren Umformstufen erreicht.



Druckumformen

Gesenkschmieden *mit* bzw. *ohne* Gratmulde



Schmieden *ohne* Gratmulde

- geringe Umformkräfte
- vollständige Werkstoffausnutzung
- max. zulässige Volumenschwankungen 0,5%
- genaue Werkstückpositionierung erforderlich

Schmieden *mit* Gratmulde

- geringe Anforderungen an Werkstückvolumenschwankung
- keine präzise Werkstückpositionierung erforderlich
- Entfernung des Grates erfordert zusätzlichen Prozessschritt

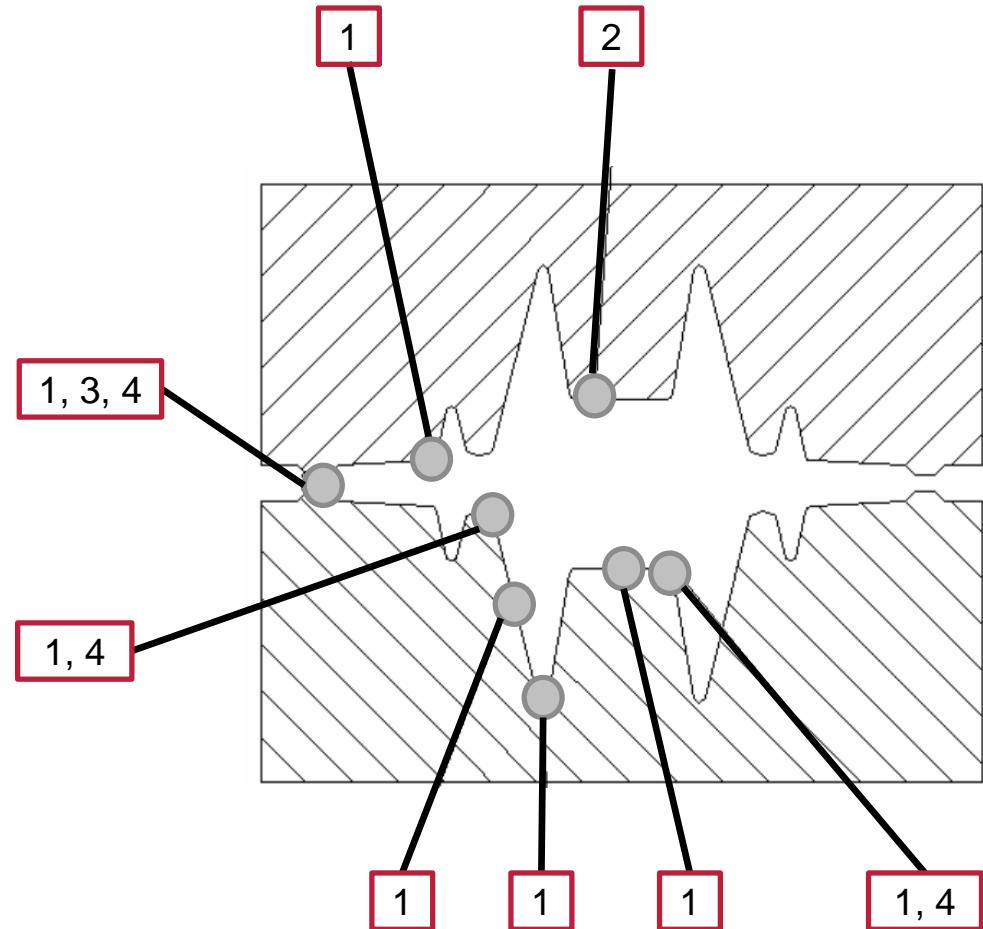
Quelle: WZL/IPT

Druckumformen

Werkzeugverschleiß beim Gesenkschmieden

Werkzeugverschleiß

1. Verschleiß durch Reibung
2. Rissbildung durch thermische Ermüdung
3. Rissbildung durch mechanische Ermüdung
4. Plastische Verformung



Druckumformen

Abfolge beim Gesenkschmiedeverfahren

Kurbelwelle



Eine effektive Vorformerzeugung ist der Schlüssel zur kurzen Stadienfolge!

Druckumformen

Großkurbelwelle im Gesenk eines Schmiedehammers



Transport eines erwärmten
Schmiederohlings



Gegenschlaghammer
für Rohteile

Druckumformen

Geschmiedete Großkurbelwelle



Hublagerschleifen an einer *6.500 mm* langen Kurbelwelle

Druckumformen

Walzen

Ringwalzen ist nach DIN 8583 ein Druckumformverfahren. Ringwalzen ist ein partielles Umformen von Ringen im Walzspalt eines Ringwalzwerks. Das Ausgangsstück ist eine geschmiedete und gelochte Scheibe.



Quelle: Imbach & Cie AG



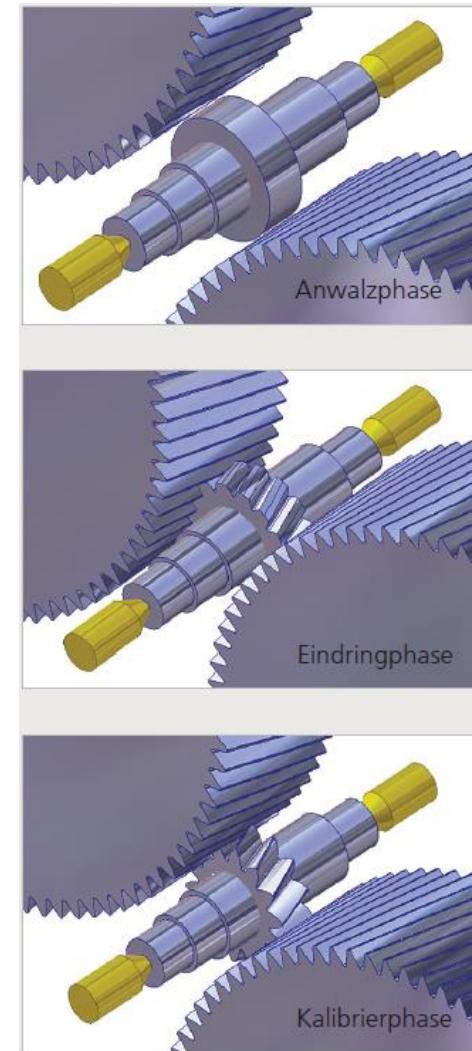
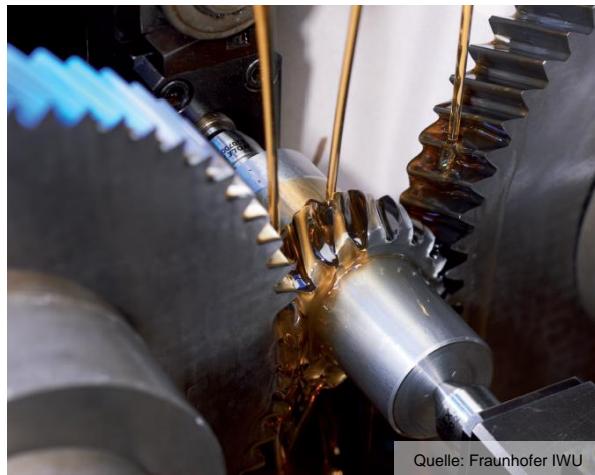
Quelle: Schnaernberg

Druckumformen

Verzahnungswalzen

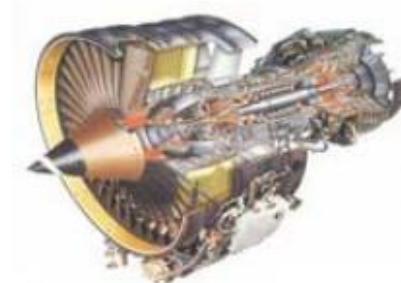
Verfahrensvorteile

- Kurze Prozesszeiten
- Keine Späne
- Kaltverfestigung führt zu Festigkeitssteigerung
- Spiegelblanke Oberflächen
- Konturangepasster „Faserverlauf“



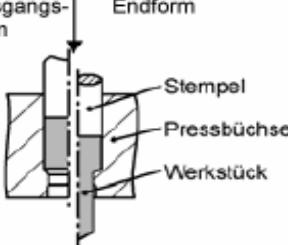
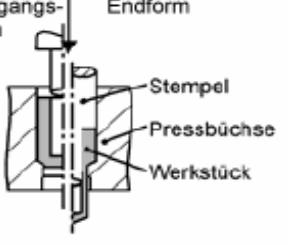
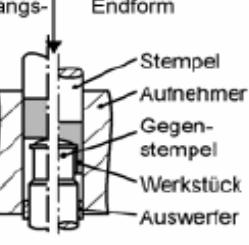
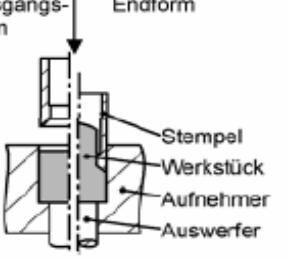
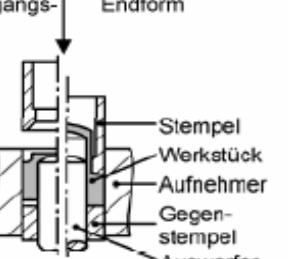
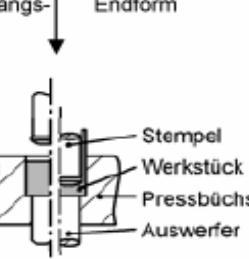
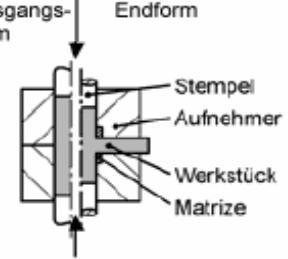
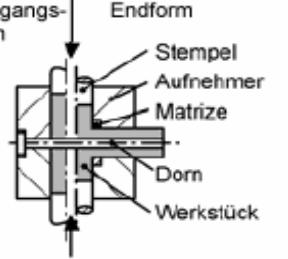
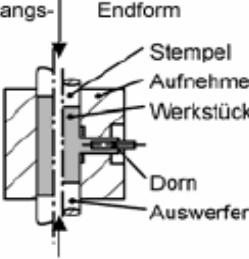
Druckumformen

Anwendungsbereich u.a.



Druckumformen

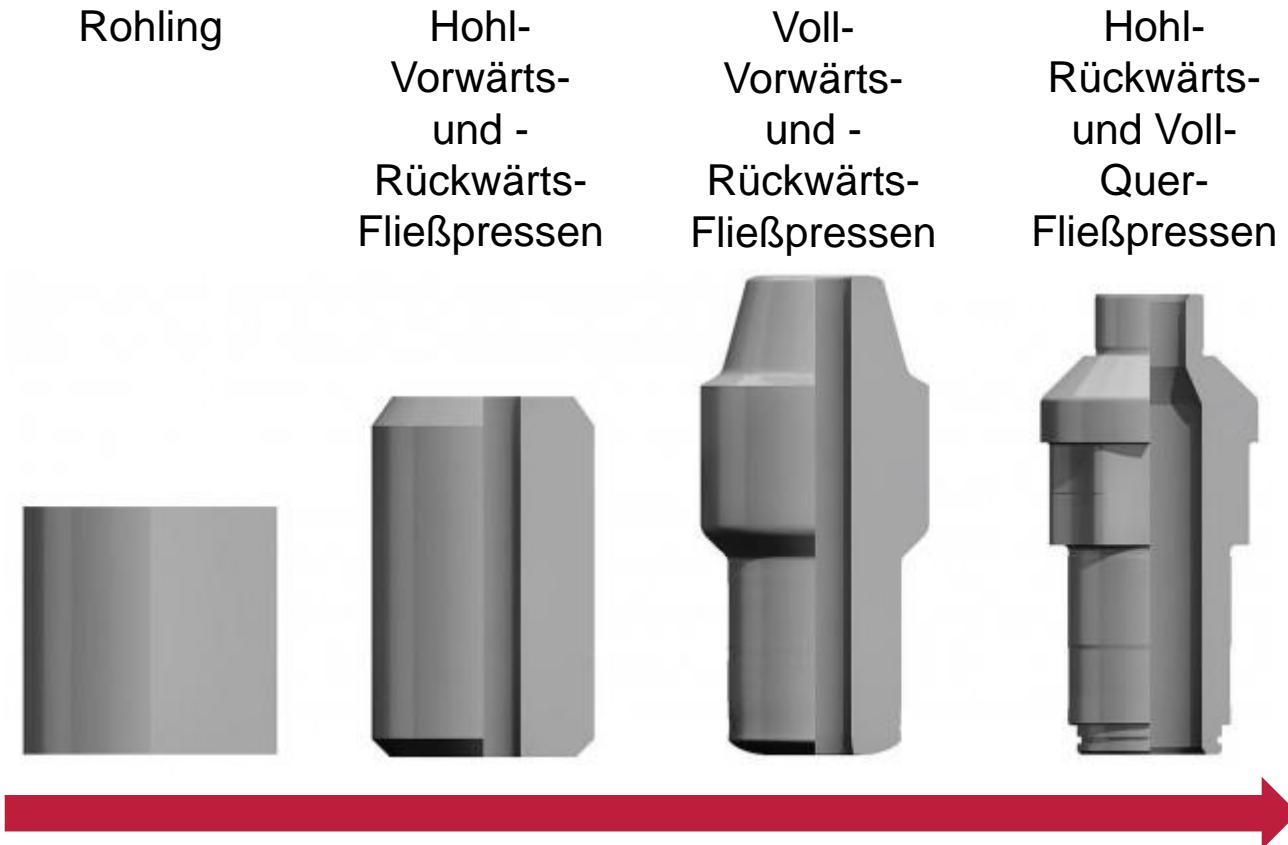
Fließpressen

	Voll-Fließpressen	Hohl-Fließpressen	Napf-Fließpressen
Vorwärts-Fließpressen	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Pressbüchse Werkstück</p> <p>a) Voll-Vorwärts-Fließpressen</p>	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Pressbüchse Werkstück</p> <p>b) Hohl-Vorwärts-Fließpressen</p>	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Aufnehmer Gegenstempel Werkstück Auswerfer</p> <p>c) Napf-Vorwärts-Fließpressen</p>
Rückwärts-Fließpressen	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Werkstück Aufnehmer Auswerfer</p> <p>d) Voll-Rückwärts-Fließpressen</p>	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Werkstück Aufnehmer Gegenstempel Auswerfer</p> <p>e) Hohl-Rückwärts-Fließpressen</p>	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Werkstück Pressbüchse Auswerfer</p> <p>f) Napf-Rückwärts-Fließpressen</p>
Quer-Fließpressen	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Aufnehmer Werkstück Matrize</p> <p>g) Voll-Quer-Fließpressen</p>	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Aufnehmer Matrize Dorn Werkstück</p> <p>h) Hohl-Quer-Fließpressen</p>	 <p>Ausgangsform → Endform Stempel Aufnehmer Werkstück Dorn Auswerfer</p> <p>i) Napf-Quer-Fließpressen</p>

Quelle: Doege & Behrens

Fließpressen

Getriebewelle



Quelle: umformtechnikmagazin

Bauteile erfordern in der Regel eine Kombination mehrerer Fließpressvorgänge!

Fließpressen

Anwendungsbereiche u.a.

Hydraulische
Zylinder und Kolben



Aluminiumbüchsen

Kraftstofffilter und
Elektronikgehäuse



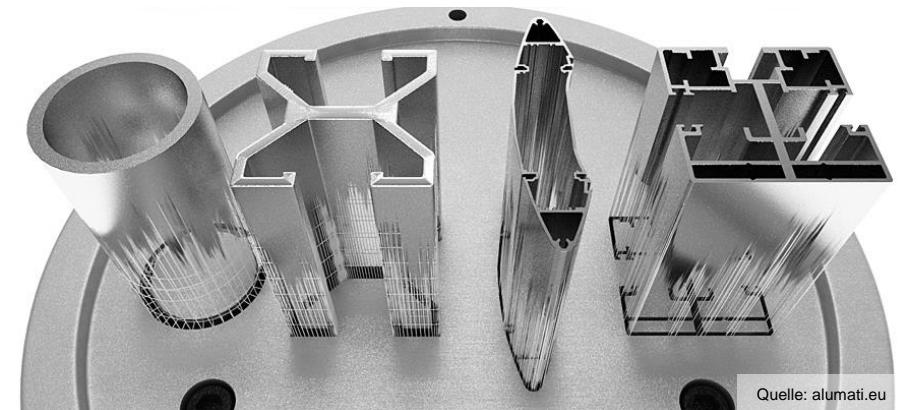
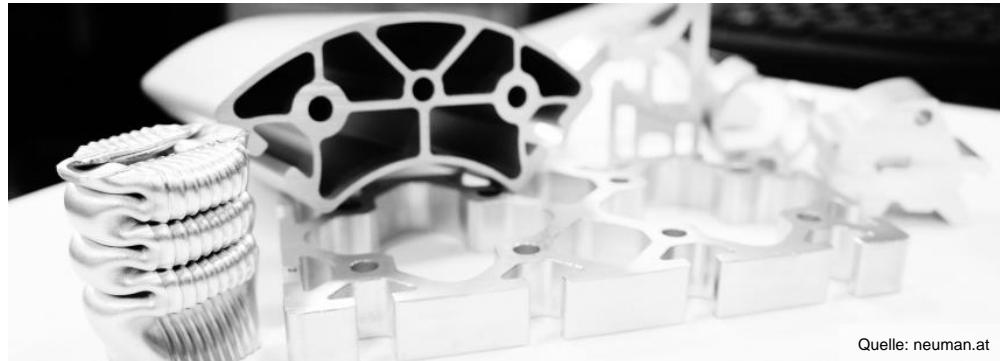
Markierstifte



Druckumformen

Strangpressen

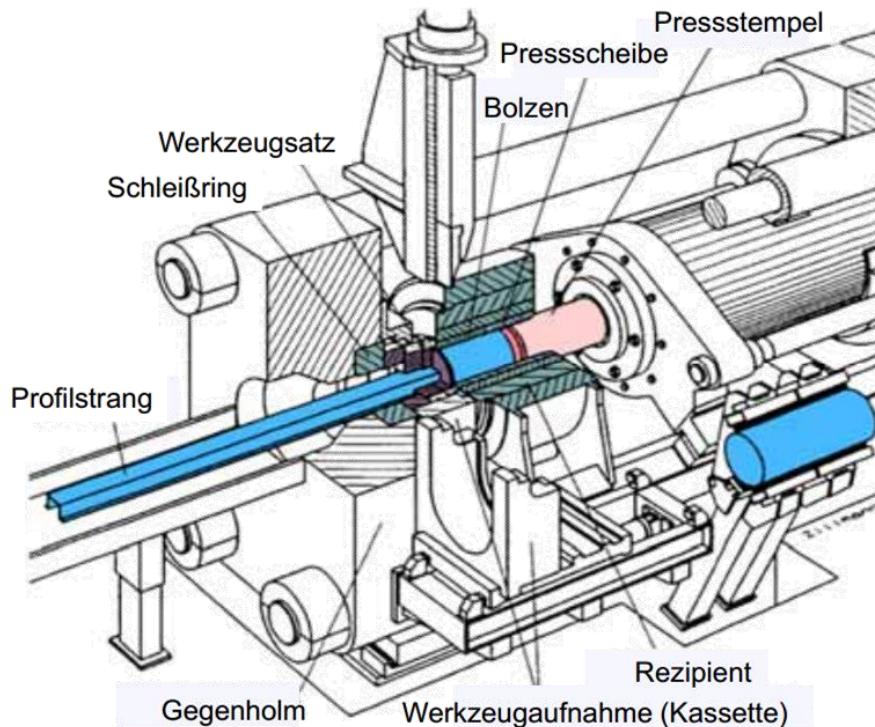
Strangpressen ist nach DIN 8583 ein Druckumformverfahren, welches weiter untergliedert zum Durchdrücken zählt. Es entstehen bei diesem Verfahren reine Druckkräfte die in allen drei Belastungsrichtungen wirken.



Druckumformen

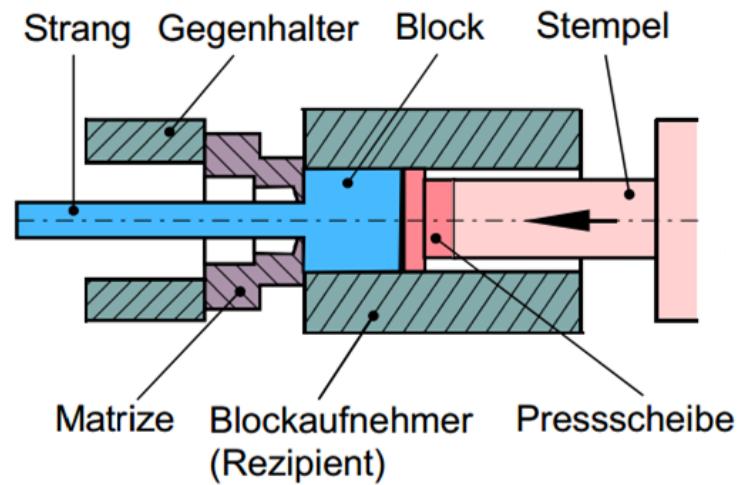
Strangpressanlage

Maschinenkonzept



Quelle: Müller

Werkzeugprinzip



Quelle: Müller



Druckumformen

Verfahren Strangpressen

Verfahrensablauf

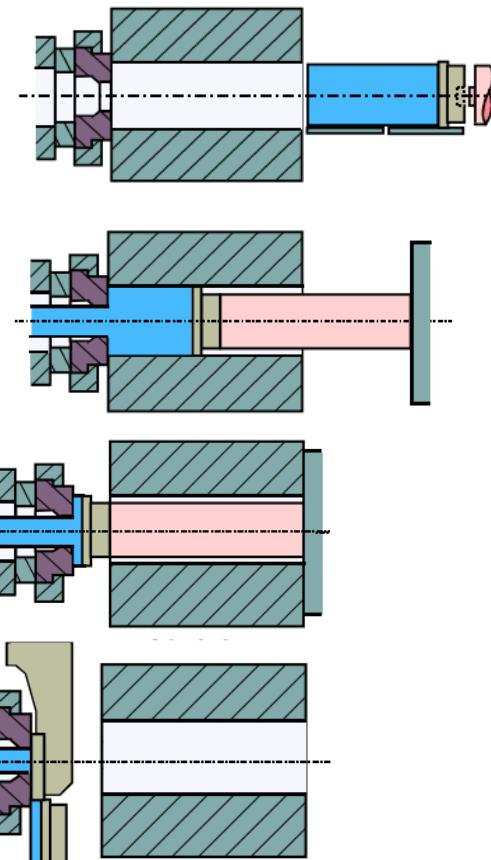
- Laden und Aufwärmen des Blocks (Pressrohlings, Barren, Bolzen) auf Knet- bzw. Blocktemperatur
- Pressen durch eine Matrize (Werkzeug) mit Hilfe des Pressstempels unter hohem Druck
- Werkstoff fließt als Strang mit einer konstanten Geschwindigkeit aus der Matrizenöffnung
- Abkühlen (durch Luftkühlung oder Wasserwelle)
- Sägen der Profile ("fliegende" Säge) bzw. Fixsägen

1. Laden und
Aufwärmen

2. Start
Pressvorgang

3. Ende
Pressvorgang

4. Scheren
bzw. Sägen

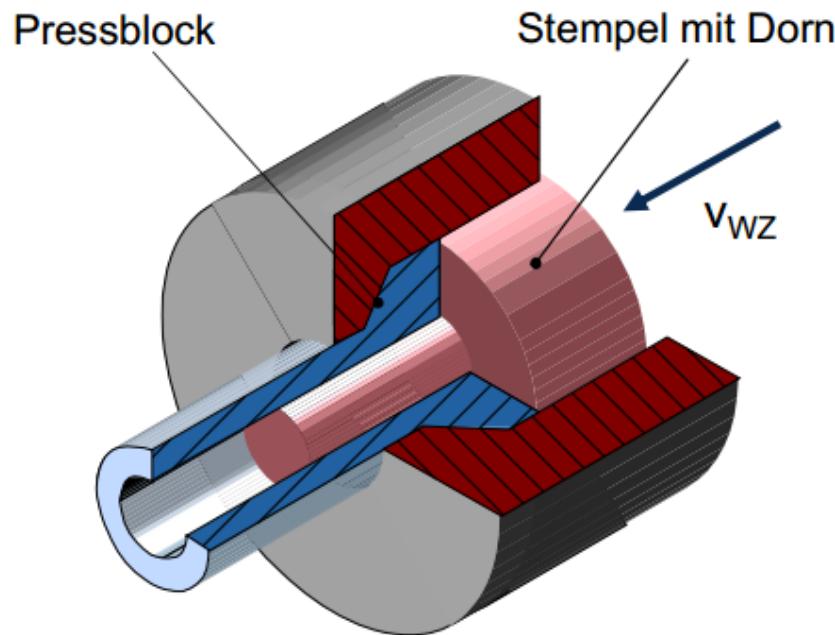


Quelle: TU Dresden

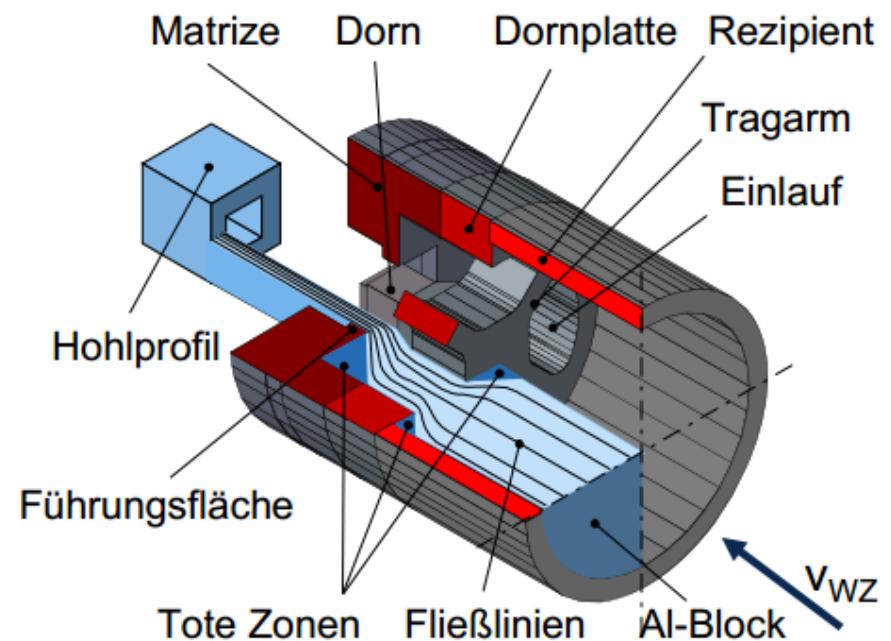
Druckumformen

Werkzeug für Hohlprofile

Pressen über mitlaufenden Dorn

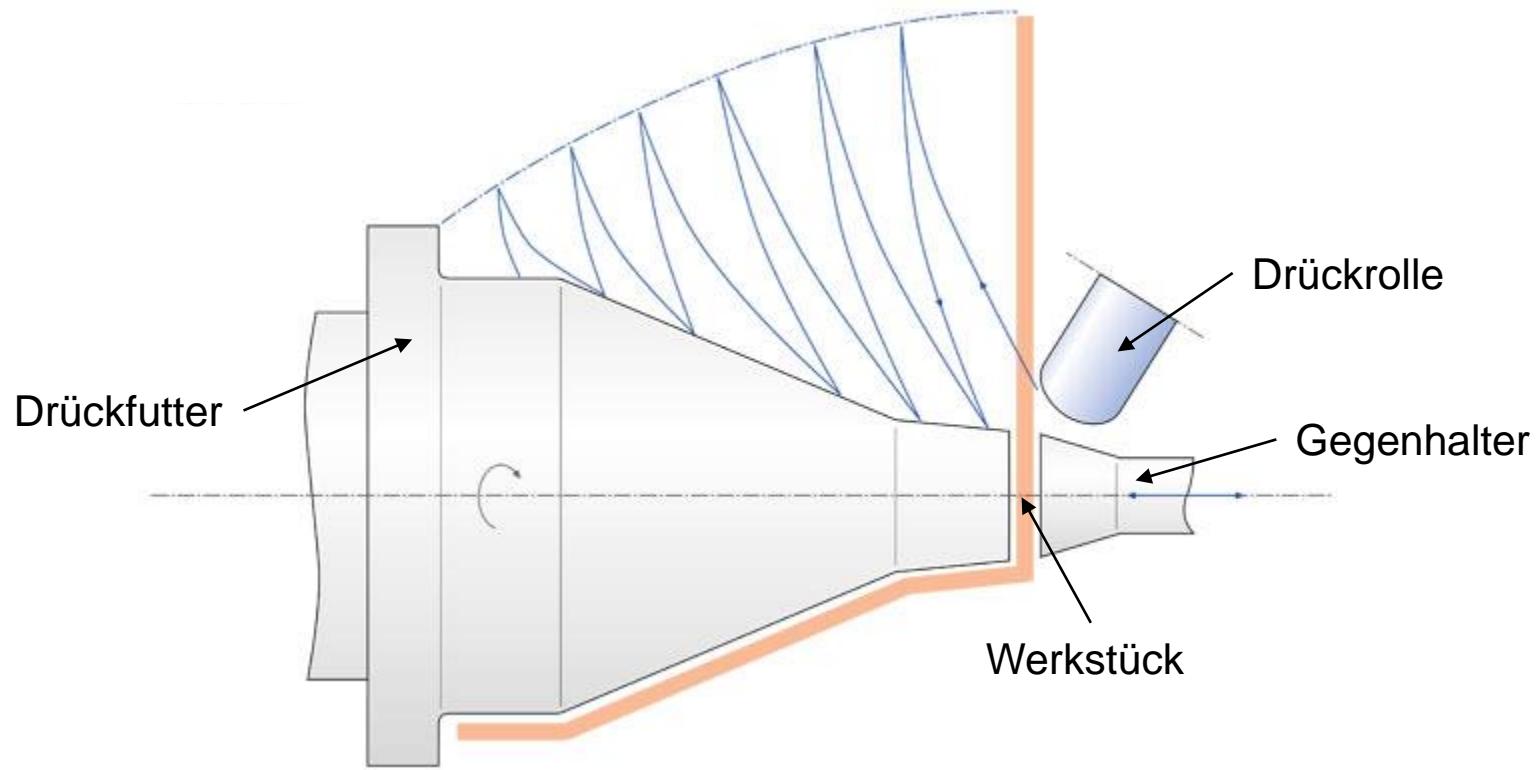


Kammerwerkzeug



Druckumformen

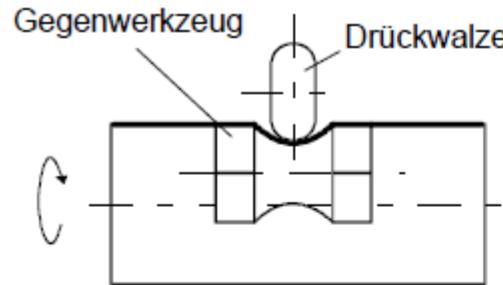
Drücken mit Zwischenstufen (Prinzipskizze)



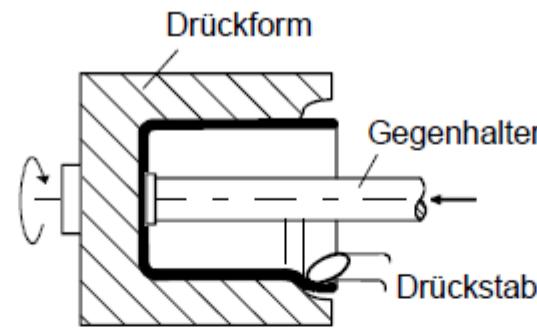
Geringe Werkzeugkosten im Vergleich zu alternativen Verfahren!

Druckumformen

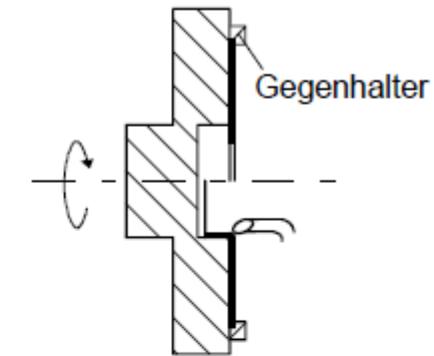
Verfahrensvarianten beim Drücken



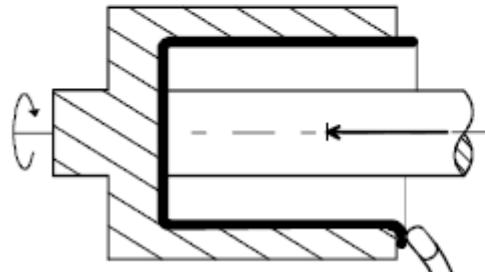
Engen durch Drücken



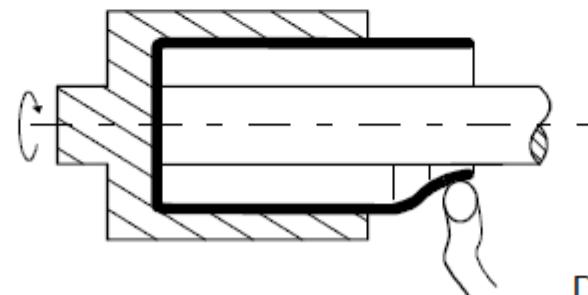
Aufweiten durch Drücken



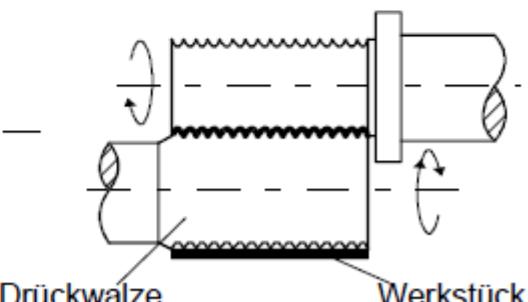
Erzeugen von Innenborden
durch Drücken



Erzeugen von Außenborden
durch Drücken



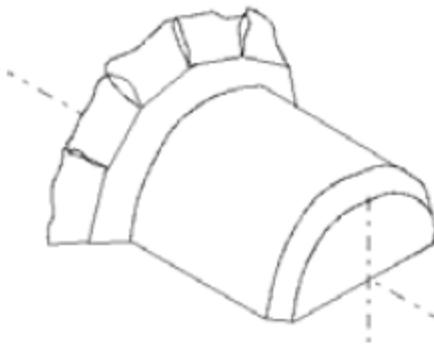
Einhalsen durch Drücken



Gewindedrücken

Druckumformen

Fertigungsfehler beim Drücken



Radiale Risse durch tangentiale Druck- und Biegespannungen

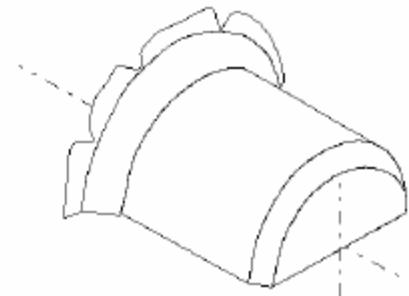


Faltenbildung durch tangentiale Druck- und Biegespannungen



Tangentielle Risse durch radiale oder axiale Zugspannungen

- Während des Drückprozesses entstehen im Werkstück axiale und radiale Zugspannungen sowie Zug- und Druckspannungen in tangentialer Richtung.
- Diese Spannungen können zu einer Überlastung des Werkstücks führen!



Radiale Risse durch tangentiale Zugspannungen

Drücken

Anwendungsbereich u.a.



Aluminiumreflektoren



Raketentankboden

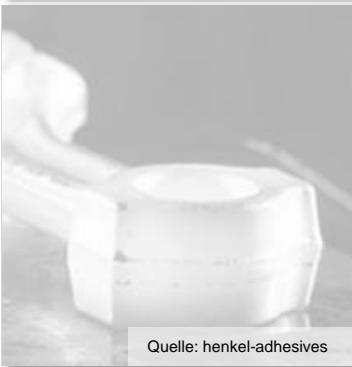


Aluminium-Pkw-Felge

Fertigungshauptgruppe nach DIN 8582

Unterteilung des Umformens nach DIN 8582

Druckumformen



Quelle: henkel-adhesives

Zugdruckumformen



Quelle: form-werkzeug

Zugumformen



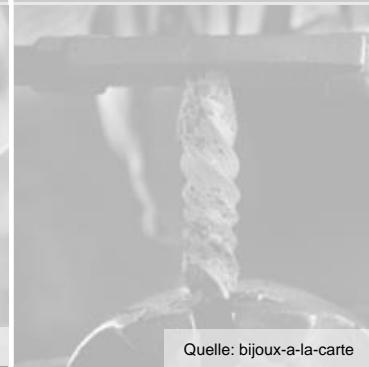
Quelle: premium-aerotec

Biegeumformen



Quelle: meko

Schubumformen

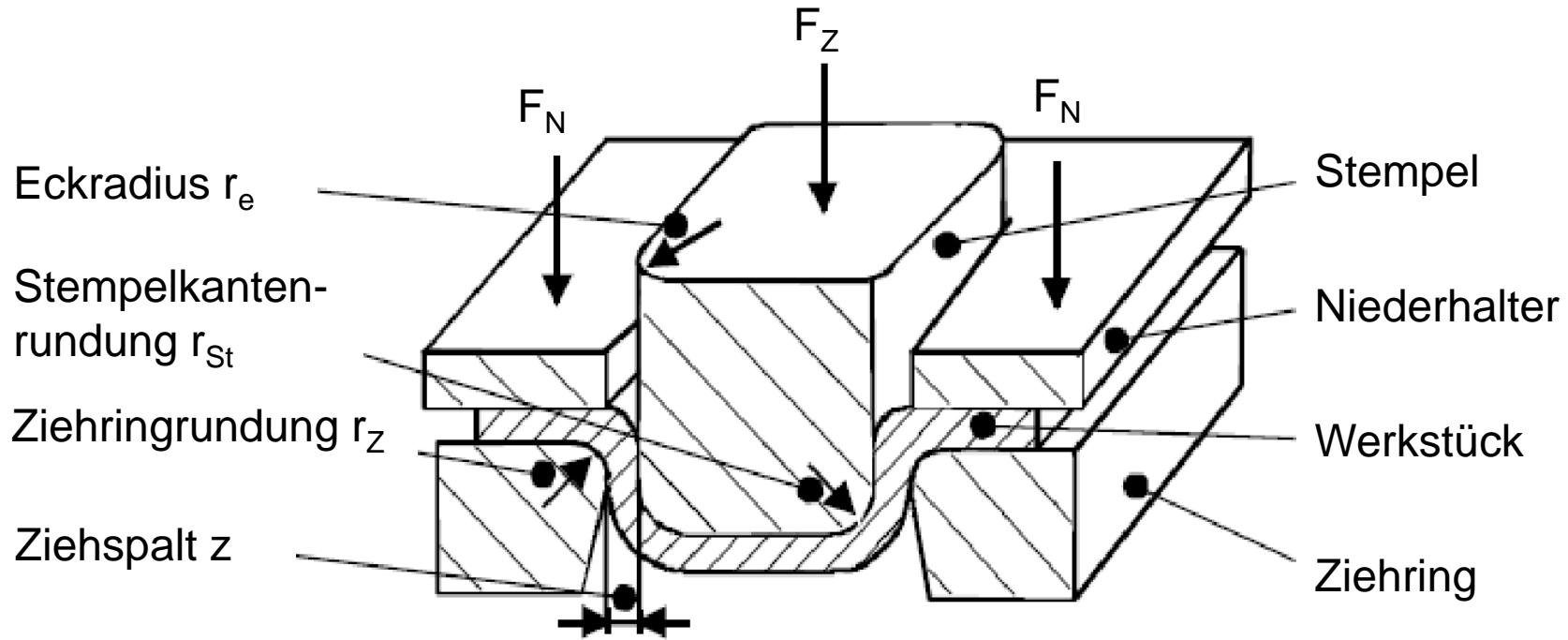


Quelle: bijoux-a-la-carte

Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im Wesentlichen durch eine zusammengesetzte Zug- und Druckbeanspruchung herbeigeführt wird.

Zug-Druck-Umformen

Tiefziehen einer ebenen Blechronde

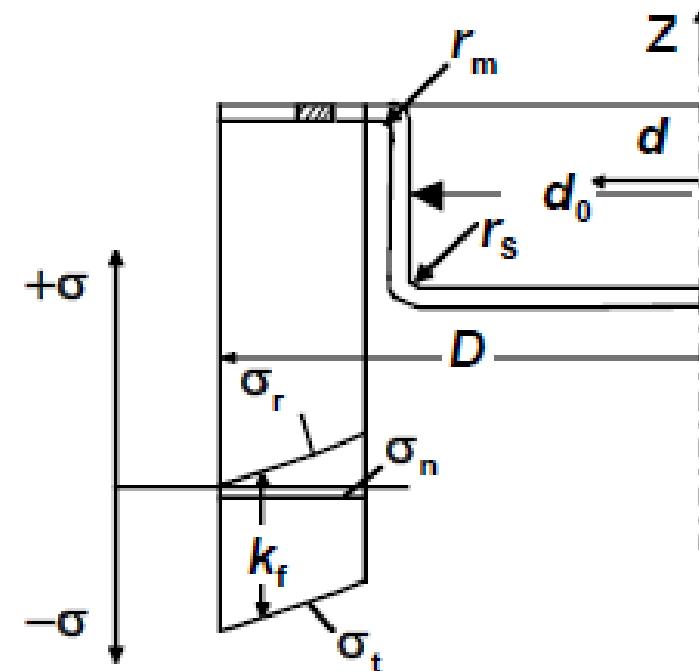


Zug-Druck-Umformen

Tiefziehen im Anschlag / Spannungen

Im Flanschbereich des Tiefziehteils kommt es zur Überlagerung folgender Spannungen:

- radiale Zugspannung σ_r
- tangentiale Druckspannung σ_t
- Druckspannung σ_n



$\sigma_n = 0$, falls kein Niederhalter vorhanden

Zug-Druck-Umformen

Tiefziehfehler



Zipfelbildung
→ Ebene Anisotropie



Außermittige Rondenlage
→ Bedienerfehler



Bodenreißer
→ Überschreiten der
Zugfestigkeit des
Werkstoffs

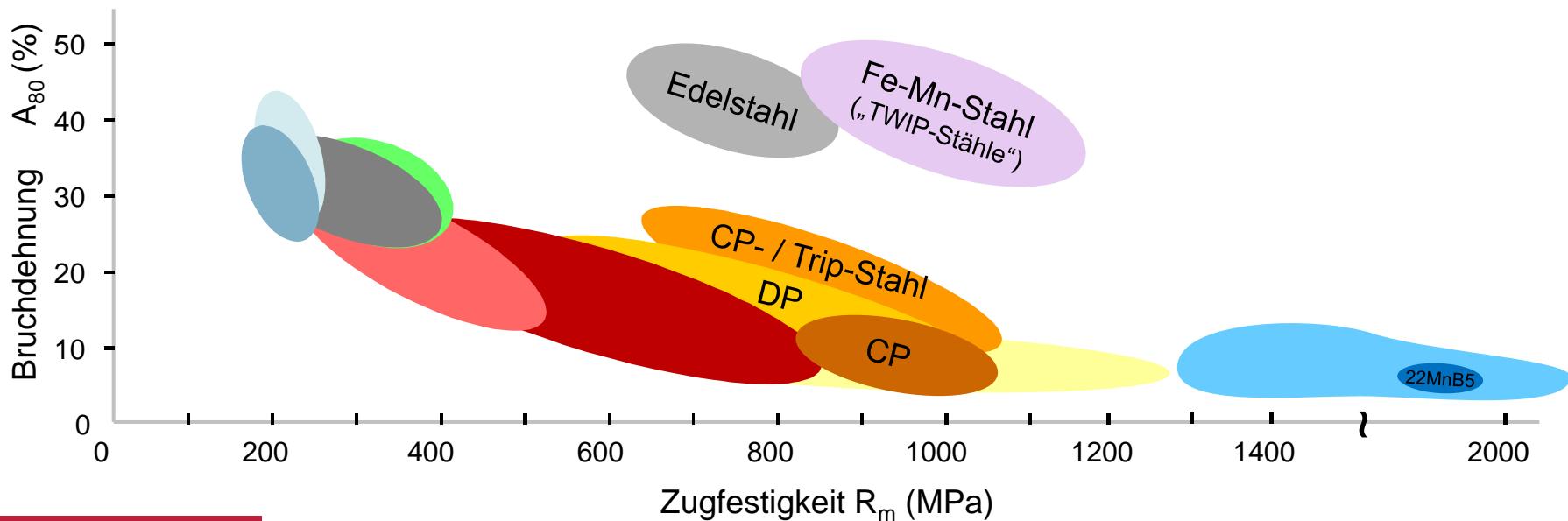


Lippenbildung
→ Erhöhte
Kaltverfestigung des
Materials im Randbereich

Zug-Druck-Umformen

Einsatz hochfester Blechwerkstoffe

- IF-Stahl
- Tiefziehstahl
- Isotroper Stahl
- Bake-Hardening-Stahl
- Mikrolegierter Stahl
- Höherlegierter Stahl (C-Mn)
- Dualphasen-Stahl
- Complexphasen-Stahl
- Martensitstahl
- Formhärtungsstähle Serie (Auswahl):
22MnB5: MBW1500, Usibor1500P
23MnB7: HPF1470
- Formhärtungsstähle Entwicklung:
Schwerpunkt höhere Festigkeit
Schwerpunkt höhere Dehnung



Quelle: Volkswagen

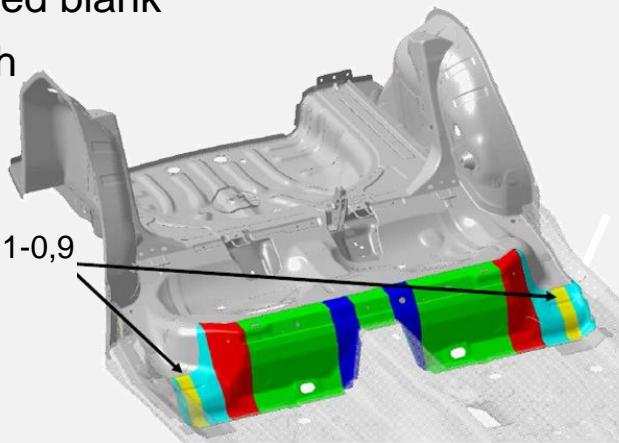
Zug-Druck-Umformen

Tailored Blanks

Tailored rolled blank

Fersenblech

1,5-1,7-1,5-1,2-1,1-0,9
[mm]



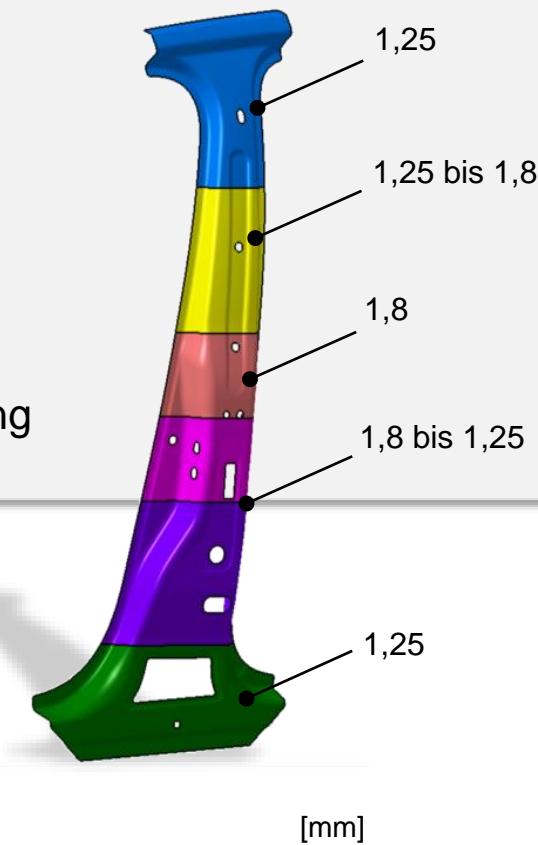
B-Säulen-verstärkung

1,25

1,25 bis 1,8

1,8

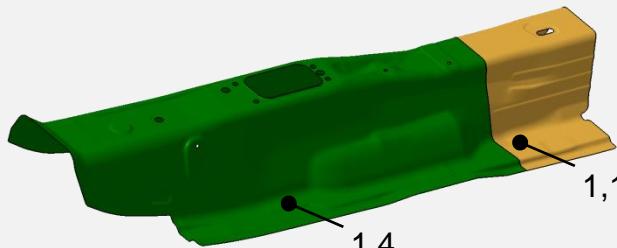
1,8 bis 1,25



Tailored blank

Tunnel

1,4
1,1



Quelle: Volkswagen

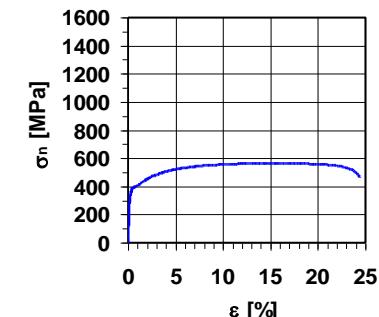
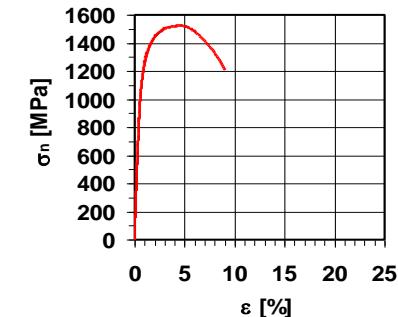
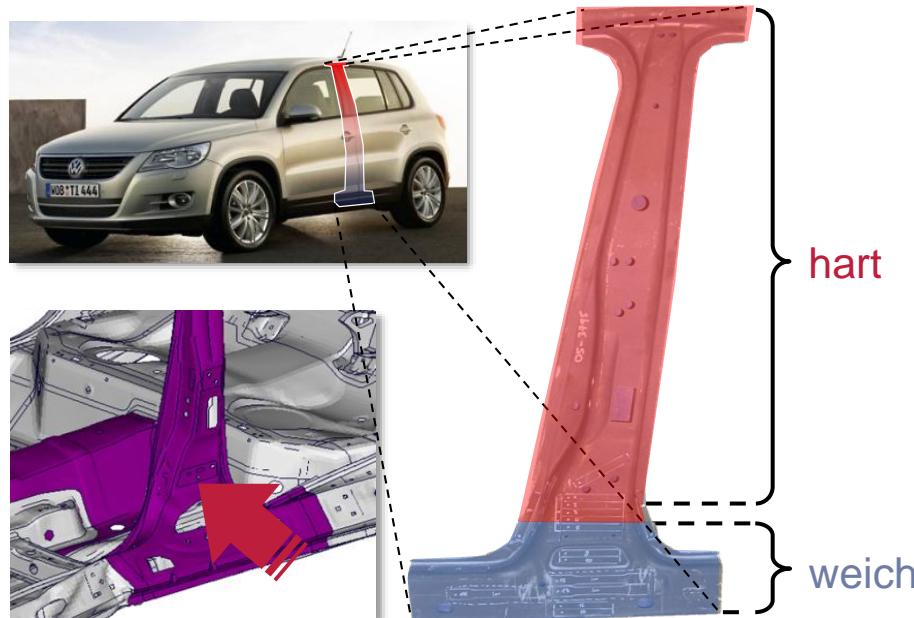


Zug-Druck-Umformen und Stoffeigenschaften ändern

Kombination aus Tief- und Streckziehen sowie Wärmebehandlung

Umformung und gleichzeitige Wärmebehandlung von Blechbauteilen

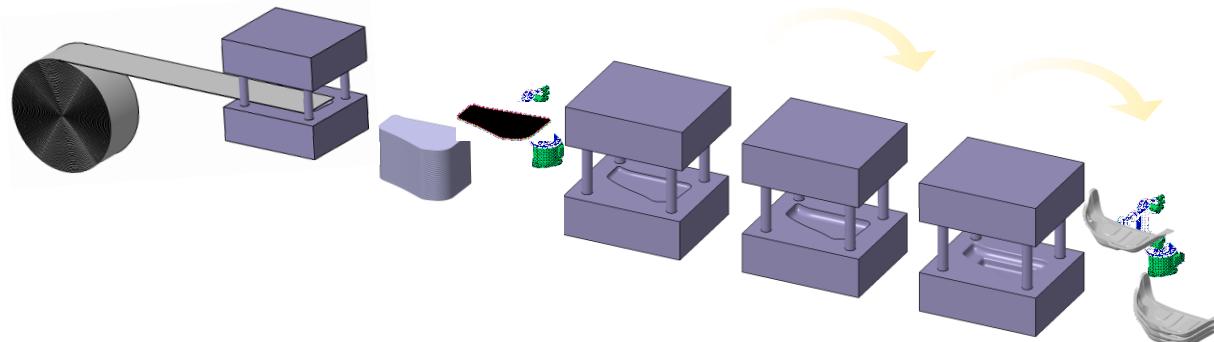
- + Festigkeitssteigerungen durch Martensitbildung
- + bauteilangepasste Eigenschaften
- + hohe Umformgrade bei hohen Festigkeiten



Quelle: Volkswagen

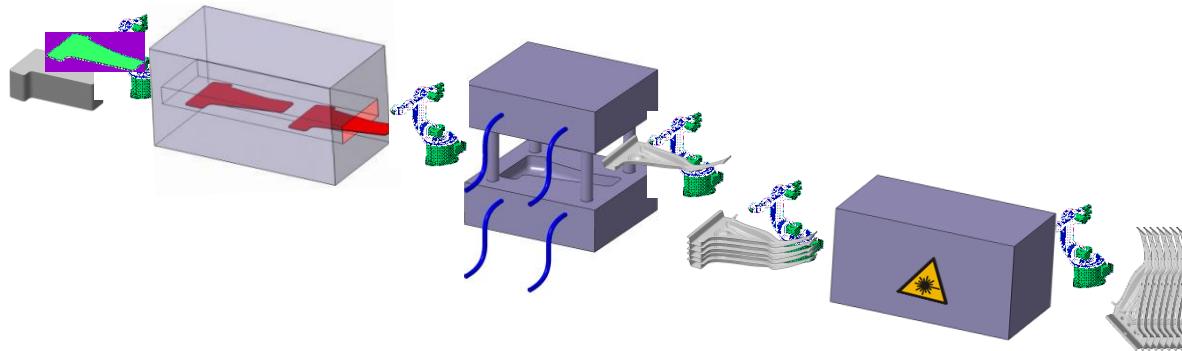
Zug-Druck-Umformen und Stoffeigenschaften ändern Prozessketten der Blechbearbeitung

Prozesskette Kaltumformung



Blechzuschnitt ➤ Formzuschnitte ➤ Mehrstufige Umformoperation ➤ Fertigteil

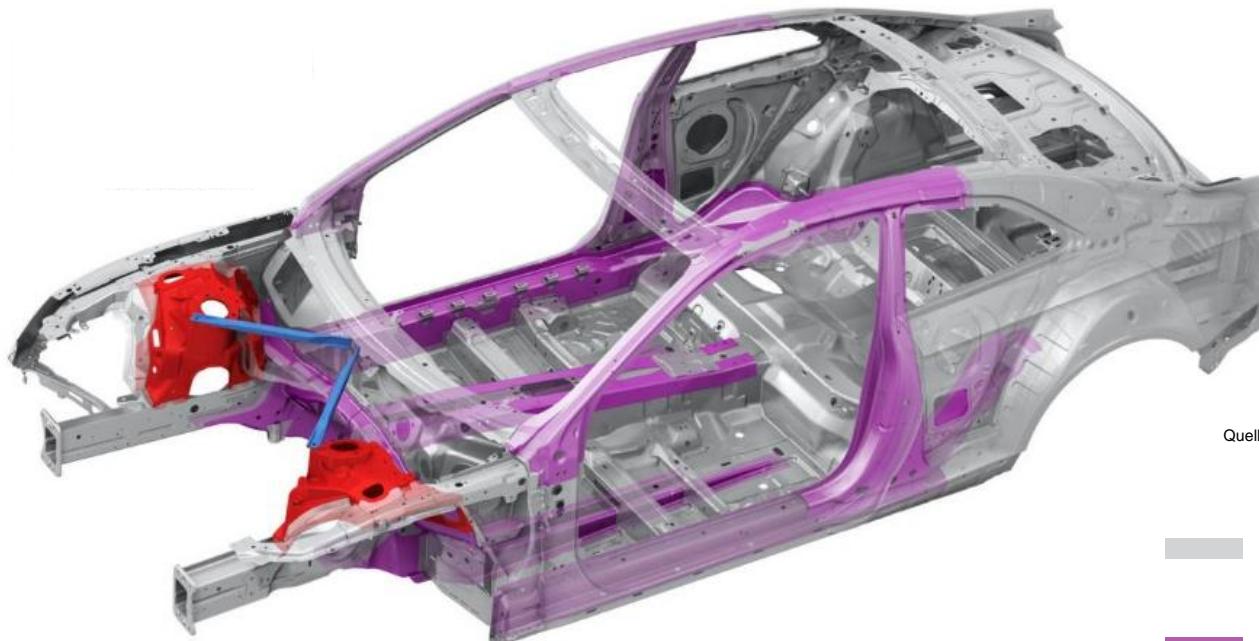
Prozesskette Warmumformung / Formhärten



Formzuschnitte ➤ Durchlaufofen ➤ Formhärten ➤ Laserbeschnitt ➤ Fertigteil

Quelle: Volkswagen

Zug-Druck-Umformen und Stoffeigenschaften ändern Presshärten (Formhärten) am Beispiel Karosserie



Quelle: Audi

- **Stahl kaltumgeformt**
Cold-formed steel
- **Stahl warmumgeformt**
Hot-formed steel
- **Aluminiumguss**
Cast aluminium
- **Aluminiumprofil**
Aluminium sections

Fertigungshauptgruppe nach DIN 8582

Unterteilung des Umformens nach DIN 8582

Druckumformen



Quelle: henkel-adhesives

Zugdruckumformen



Quelle: form-werkzeug

Zugumformen



Quelle: premium-aerotec

Biegeumformen



Quelle: meko

Schubumformen



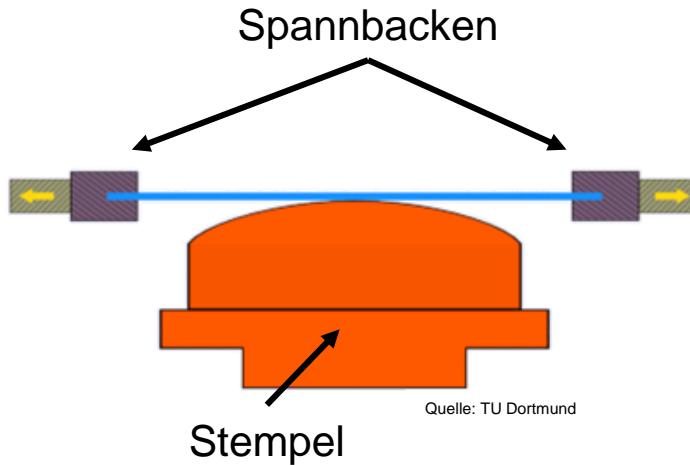
Quelle: bijoux-a-la-carte

Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im Wesentlichen durch eine ein- oder mehrachsige Zugbeanspruchung herbeigeführt wird.

Zugumformen

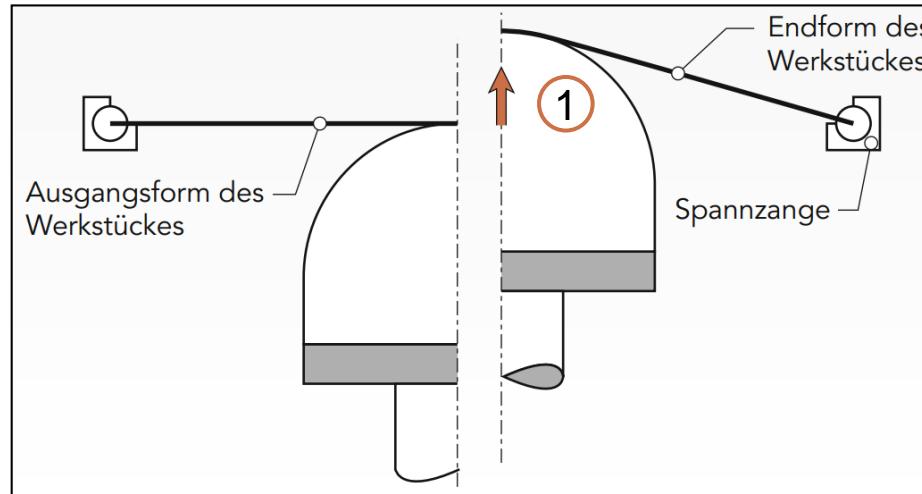
Streckziehen

Streckziehen ist nach DIN 8585 ein Zugumformverfahren, bei dem der Rohling die sog. Platine an zwei gegenüberliegenden Seiten fest eingeklemmt und durch einen Ziehstempel zum fertigen Bauteil ausgeformt wird. Es entstehen nur Zugspannungen.

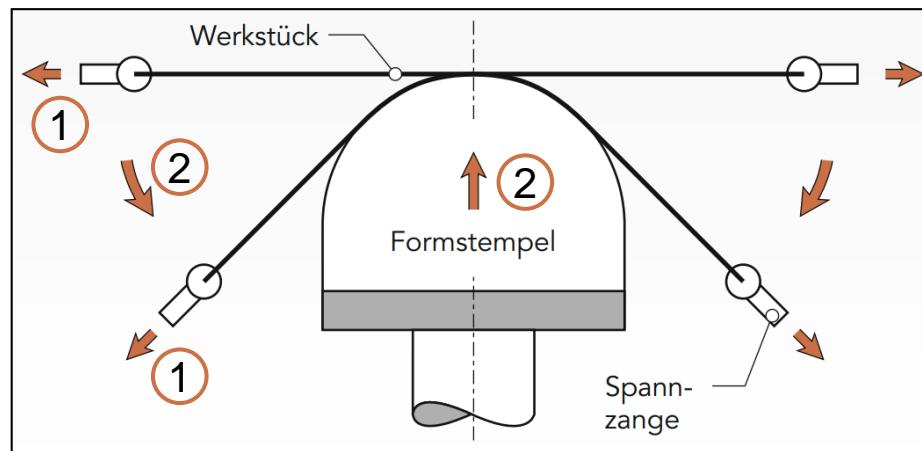


Zugumformen

Einfaches und tangentiales Streckziehen



Einfaches Streckziehen

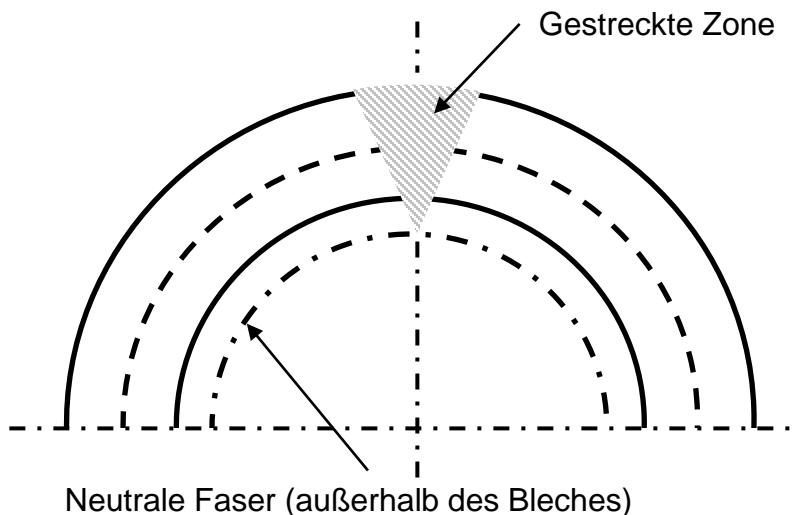


Tangentiales Streckziehen

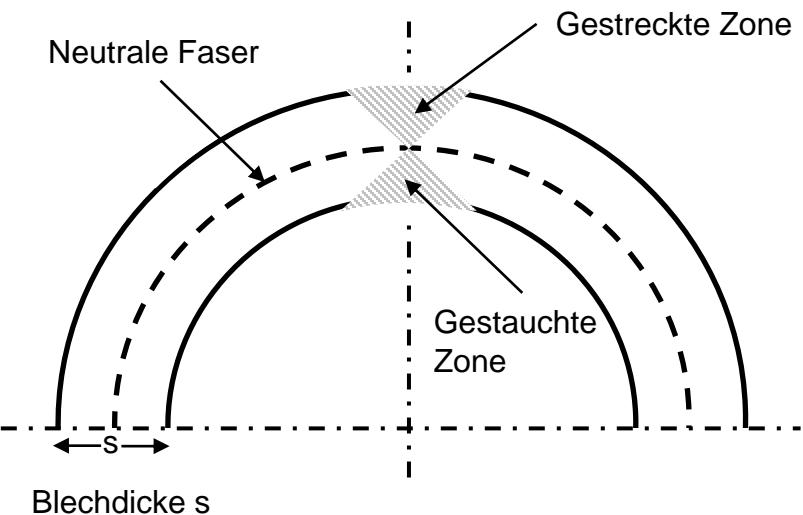
Zugumformen

Unterschied zw. Biegen u. Streckziehen bzgl. der neutralen Faser

Profil streckgebogen

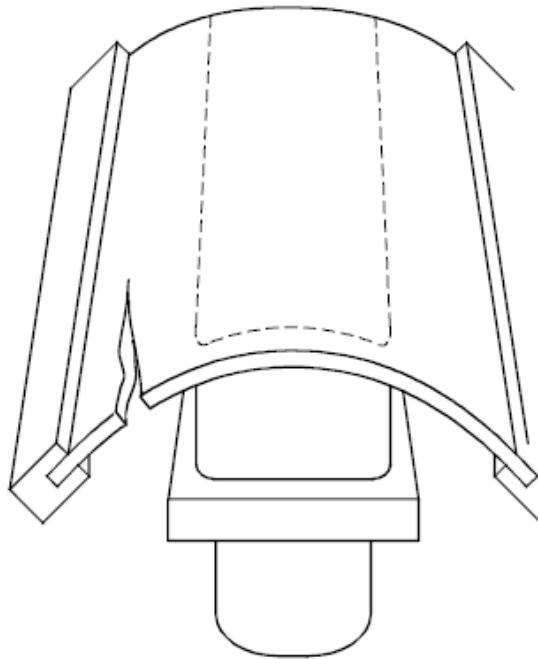


Profil frei gebogen



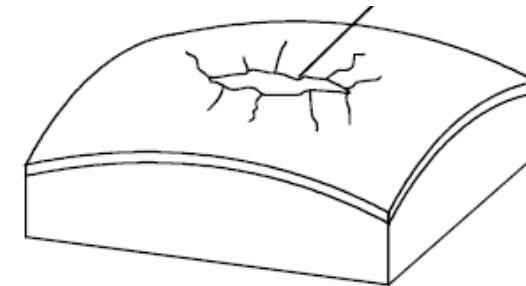
Zugumformen

Versagensmöglichkeiten beim Streckziehen

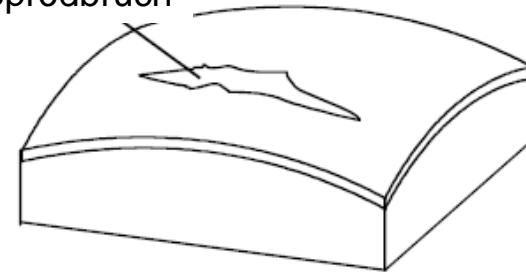


Risse in der Nähe der Spanzange

Einschnüren mit sich anschließendem Riss



Sprödbruch



Risse im Scheitelpunkt

Quelle: WZL/IPT

Fertigungshauptgruppe nach DIN 8582

Unterteilung des Umformens nach DIN 8582

Druckumformen



Quelle: henkel-adhesives

Zugdruckumformen



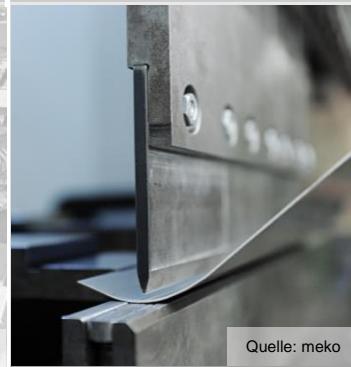
Quelle: form-werkzeug

Zugumformen



Quelle: premium-aerotec

Biegeumformen



Quelle: meko

Schubumformen



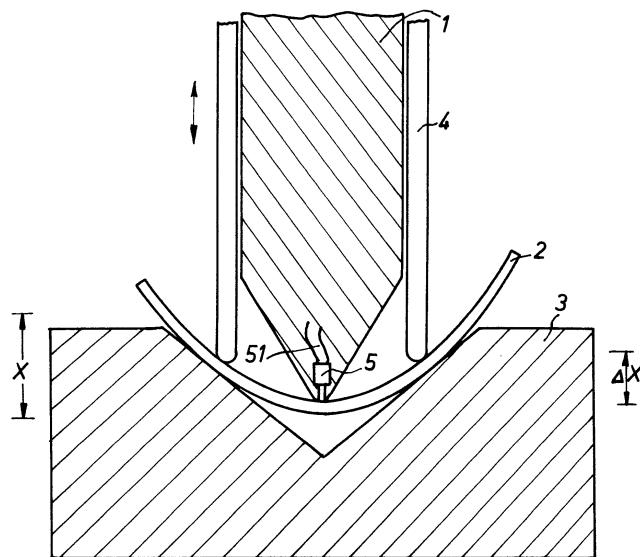
Quelle: bijoux-a-la-carte

Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im Wesentlichen durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt wird.

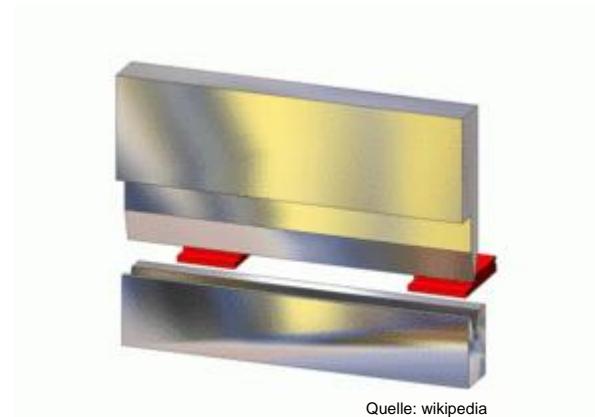
Biegeumformen

Gesenkbiegen

Gesenkbiegen gehört nach DIN 8586 zu den Verfahren des Biegeumformens und lässt sich durch den jeweiligen Maschinenaufbau in die Untergruppe der Biegeverfahren zuordnen, die mit einer gradlinigen Werkzeugbewegung verfahren.



Quelle: data.epo

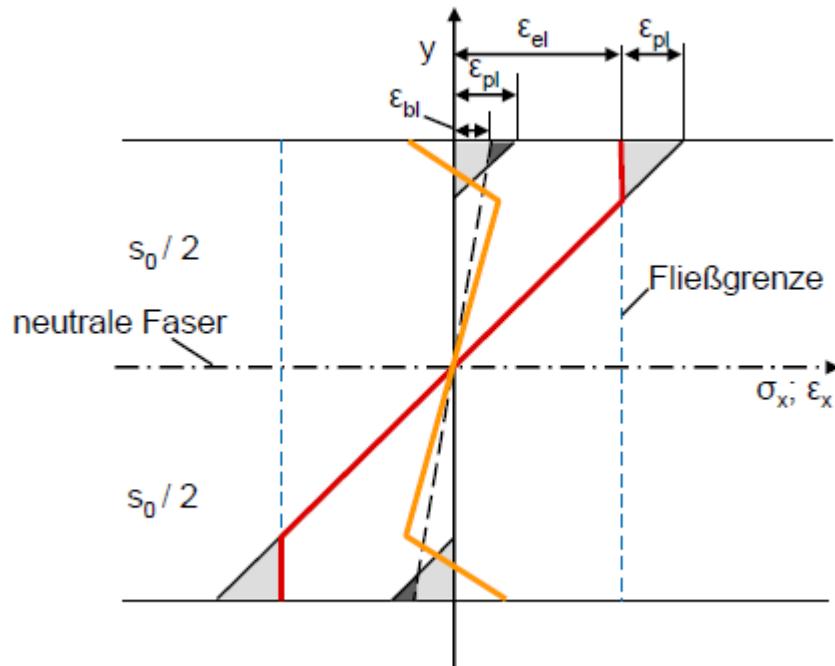


Quelle: wikipedia

Biegeumformen

Spannungs- und Dehnungsverteilung beim Biegen

Idealplastischer Werkstoff



- ▶ Spannungszustand bei Belastung
- ▶ Spannungszustand nach Rückfederung

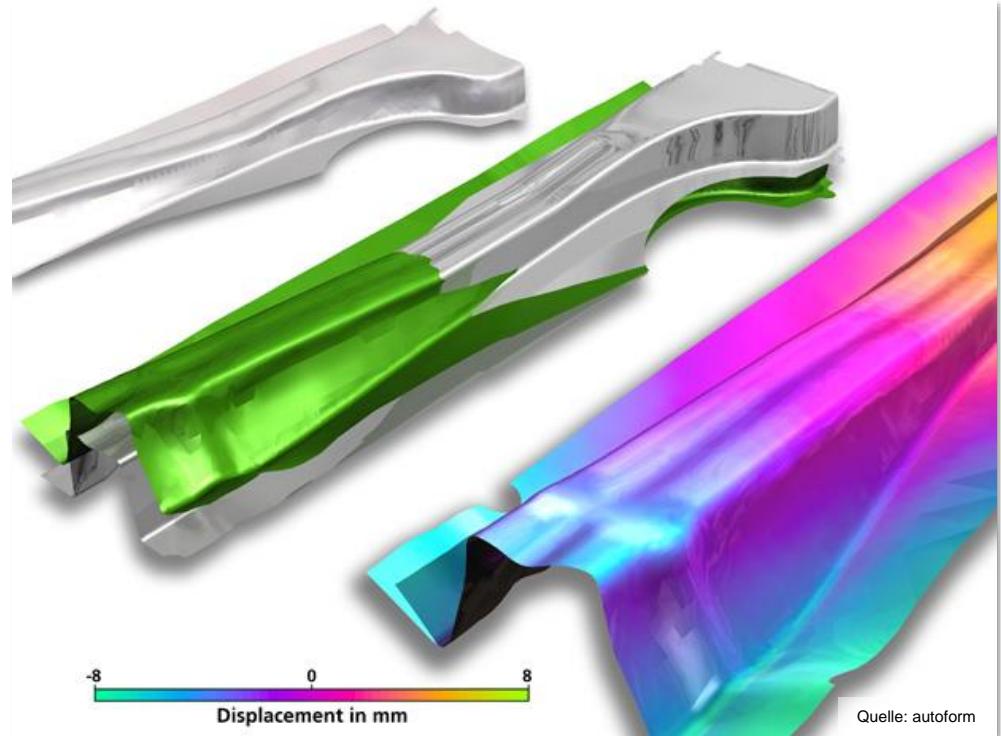
ε_{el} - elastische Dehnung

ε_{pl} - plastische Dehnung

Biegeumformen

Problem Rückfederung

- Eigenspannungen im Bauteil führen zum Rückfedern
- Eigenspannungszustand nach der Verformung ist werkstoffabhängig
- Fließverhalten bei Belastungsumkehr abhängig von der Verformungsgeschichte



Links: Rückfederungseffekt (grün) und Referenzgeometrie (silbern) für ein Strukturteil. Rechts: Die Rückfederung in z-Richtung wird durch unterschiedliche Farben dargestellt.

Fertigungshauptgruppe nach DIN 8582

Unterteilung des Umformens nach DIN 8582

Druckumformen



Quelle: henkel-adhesives

Zugdruckumformen



Quelle: form-werkzeug

Zugumformen



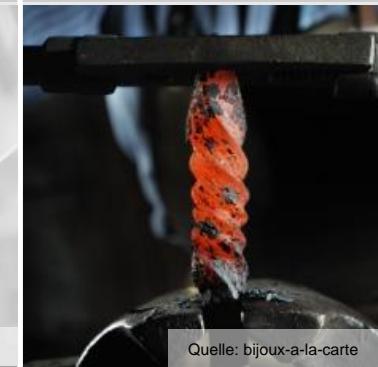
Quelle: premium-aerotec

Biegeumformen



Quelle: meko

Schubumformen

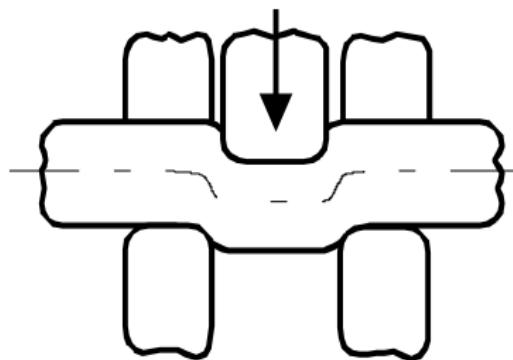


Quelle: bijoux-a-la-carte

Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im Wesentlichen durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt wird.

Schubumformung nach DIN 8587

Verschieben



Scheren

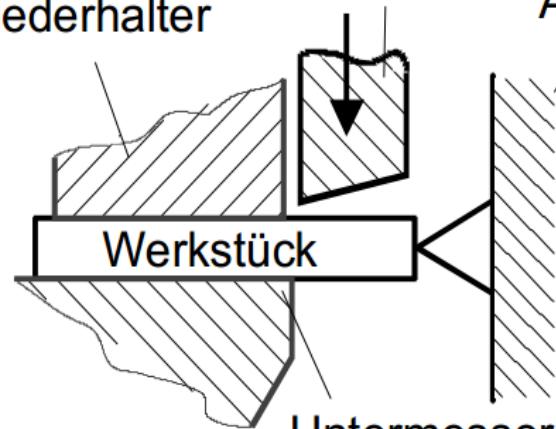
Obermesser

Niederhalter

Anschlag

Werkstück

Untermesser



Denkanstöße

Vertiefung

1. Wodurch entstehen die Gleitvorgänge beim plastischen Umformen? Skizzieren und erläutern Sie!
2. Wie verändert sich die Fließspannung bei der Umformung? Skizzieren Sie!
3. Wie ist die Fließspannung kf definiert und von welchen Einflussgrößen hängt sie ab?
4. Wie verändert sich die Korngröße bei der Rekristallisation in Abhängigkeit von Umformgrad und Temperatur?
5. Nach welchen Prinzipien lassen sich die Umformverfahren untergliedern?
6. Beschreiben Sie den Ablauf des Strangpressens!
7. Wodurch unterscheiden sich Strang- und Fließpressen? Nennen Sie mindestens drei Unterschiede.
8. Welche Versagensfälle können beim Tiefziehen auftreten? Nennen Sie mindestens vier.

Formulieren Sie eine **geeignete Klausuraufgabe** zu den Inhalten des heutigen Themas der Vorlesung und posten Sie diese im StudIP.

Etwa 30 % der von Ihnen formulierten Fragen werden in der Klausur verwendet!



Technische
Universität
Braunschweig

Institut für Werkzeugmaschinen
und Fertigungstechnik **iWF**



Vorlesung Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder, 04. Juni 2018

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik