

FERTIGUNGSTECHNIK

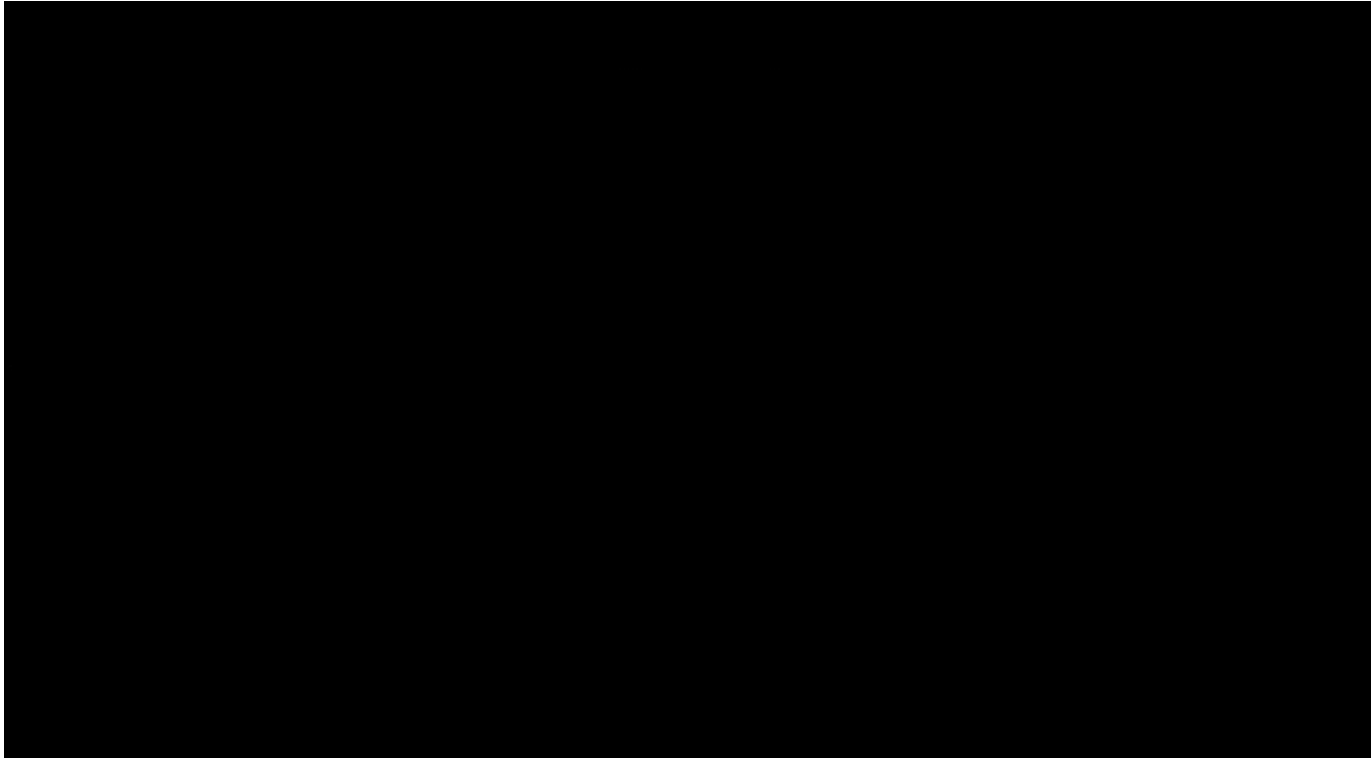


Wintersemester 2020/21

GLIEDERUNG DER VORLESUNG

1	Einführung: Grundlagen der Fertigungstechnik		
2	Die verschiedenen Fertigungsverfahren		
2.1	Urformen (Gießen, Additiv, ...)	2.4	Fügen (Schweißen, Löten, ...)
2.2	Umformen (Massiv-, Blech-, ...)	2.5	Beschichten
2.3	Trennen (Drehen, Fräsen, ...)	2.6	Stoffeigenschaft ändern
3	Messen in der Fertigung		
4	Prüfungsvorbereitung		

UMFORMEN - VIDEO



Die verschiedenen Fertigungsverfahren

EINTEILUNG DER FERTIGUNGSVERFAHREN NACH DIN

DIN 8580					
Schaffen der Form	Ändern der Form				Ändern der Stoffeigenschaften
Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Hauptgruppe 1 Urformen	Hauptgruppe 2 Umformen	Hauptgruppe 3 Trennen	Hauptgruppe 4 Fügen	Hauptgruppe 5 Beschichten	Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaft ändern

Quelle: DIN 8580

2.2 Umformen

DEFINITION UND EINTEILUNG

Umformen ist **Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers**. Dabei werden **sowohl die Masse als auch der Zusammenhalt beibehalten** (DIN 8582).

Zur **Einordnung** der mehr als 200 verschiedenen Umformverfahren mit unzähligen Verfahrensvarianten wird die beim Umformprozess hauptsächlich **wirksame Beanspruchungsart** (Spannungsart und -richtung) herangezogen.

Diese nach DIN 8582 erfolgte Einteilung liefert die Gruppen der Hauptgruppe Umformen.

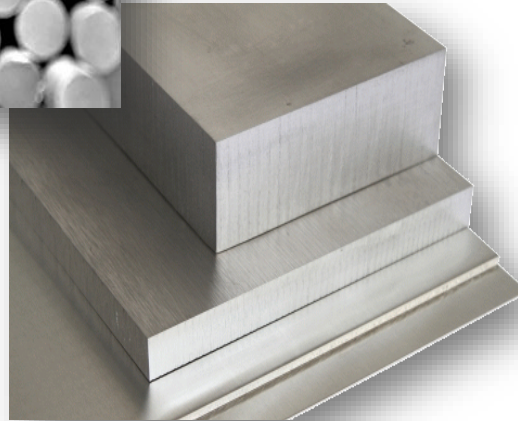
Die weitere Unterteilung in Untergruppen geschieht nach Kriterien des **Bewegungsablaufs** und der **Werkzeug- oder Werkstückgeometrie**.

2.2 Umformen

MASSIV- UND BLECHUMFORMEN

- Beim Massivumformen wird aus einem räumlichen Körper umgeformt
 - Halbzeugabmessung in allen drei Raumrichtungen ähnlich
 - Werkstofffluss in alle Richtungen
 - i. A. 3-achsiger Spannungszustand
 - Sehr hohe Umformkräfte
- Beim Blechumformen wird aus einem flachen, eher zweidimensionalen Körper umgeformt
 - Halbzeugabmessung in Dickenrichtung wesentlich geringer
 - i. A. 2-achsiger Spannungszustand

HALBZEUGE

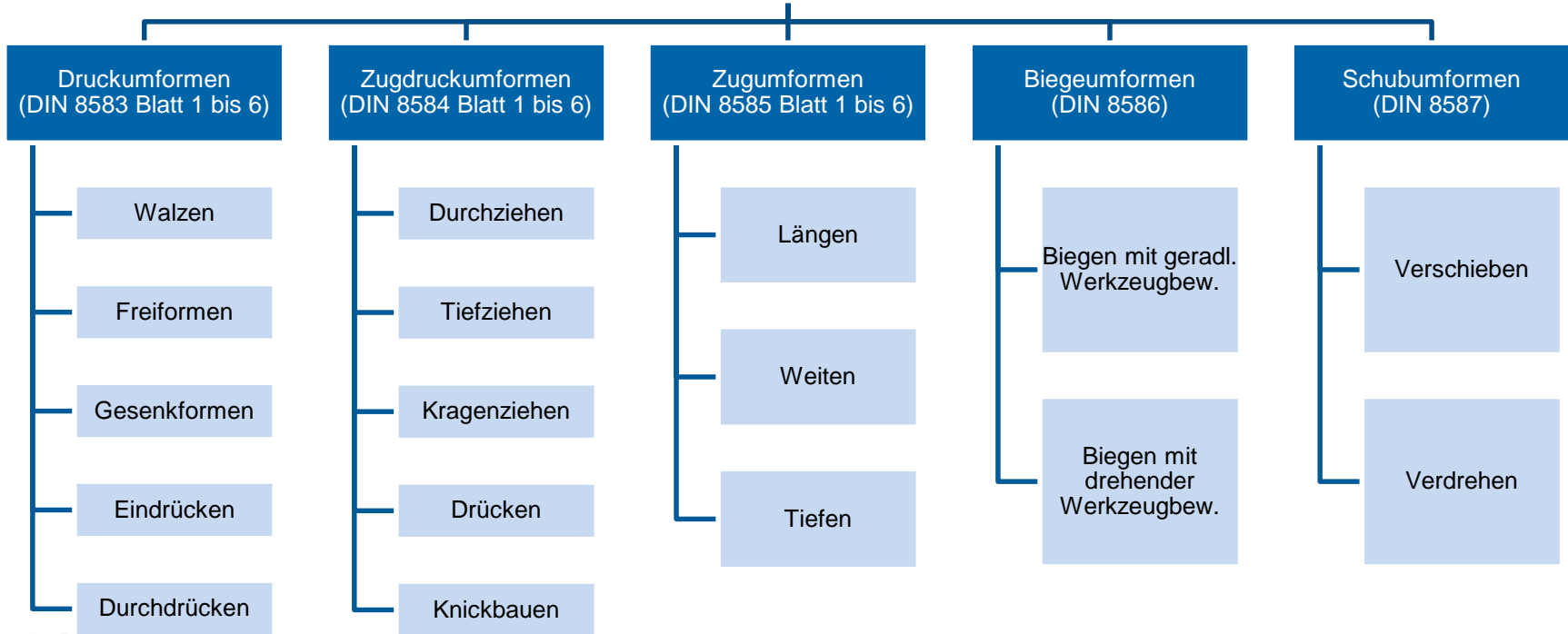


2.2 Umformen

EINTEILUNG

Nach DIN 8582

Hauptgruppe 2 Umformen



EINTEILUNG



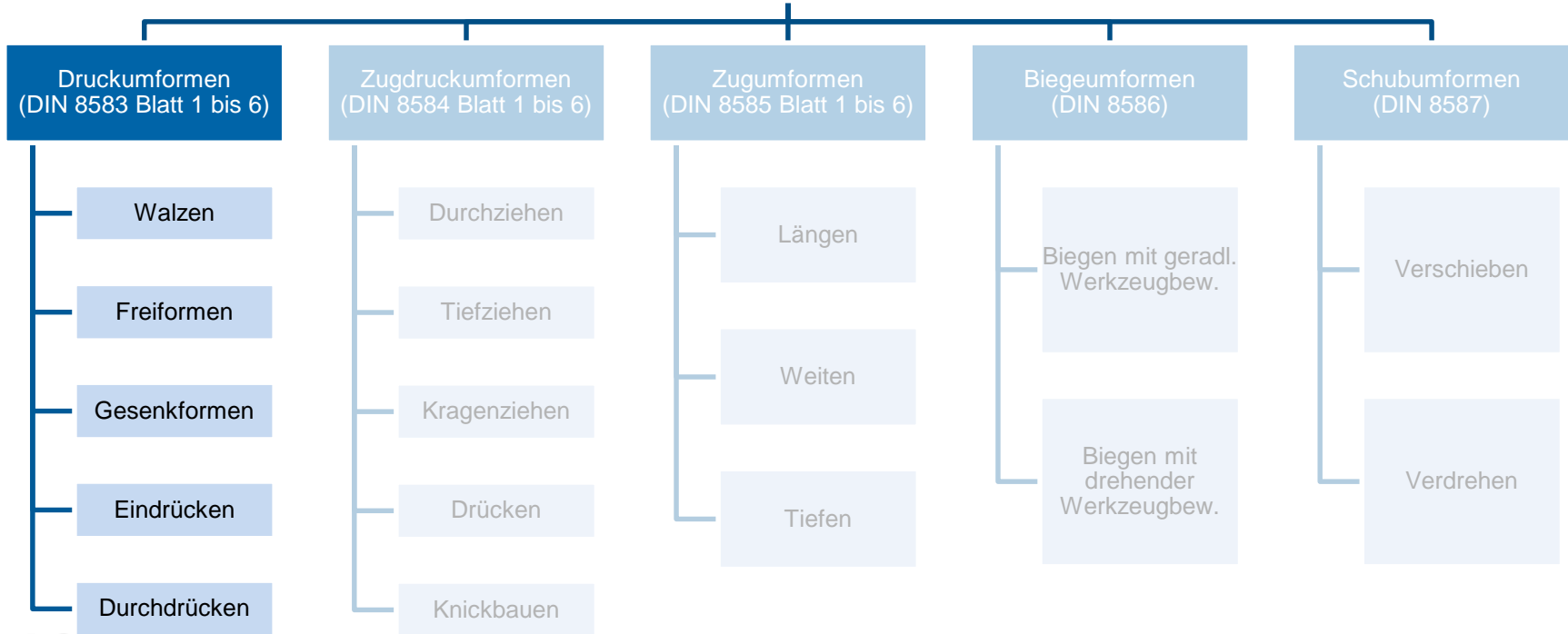
Druckumformen	Zugdruckumformen	Zugumformen
<p>Walzen</p>	<p>Drahtziehen</p>	<p>Längen</p>
<p>Freiformen</p>	<p>Tiefziehen</p>	<p>Weiten</p>
<p>Gesenkformen</p>	<p>Drücken</p>	<p>Tiefen</p>
<p>Eindrücken</p>	<p>Kragenziehen</p>	<p>Biegeumformen</p> <p>Biegen</p>
<p>Durchdrücken</p>	<p>Knickbauchen</p>	<p>Schubumformen</p> <p>Verdrehen</p>

2.2 Umformen

EINTEILUNG

Nach DIN 8582

Hauptgruppe 2 Umformen



2.2 Umformen

DRUCKUMFORMUNG

Druckumformen:

Unter Druckumformen versteht man das Umformen eines Körpers, wobei die plastische Formänderung im Wesentlichen durch ein- oder mehrachsige Druckspannungszustände hervorgerufen werden.

Nach DIN 8583-3 werden folgende Untergruppen zugeordnet:

- Walzen
- Freiformen
- Gesenkformen
- Eindrücken
- Durchdrücken
- Umformstrahlen
- Oberflächenveredlungsstrahlen

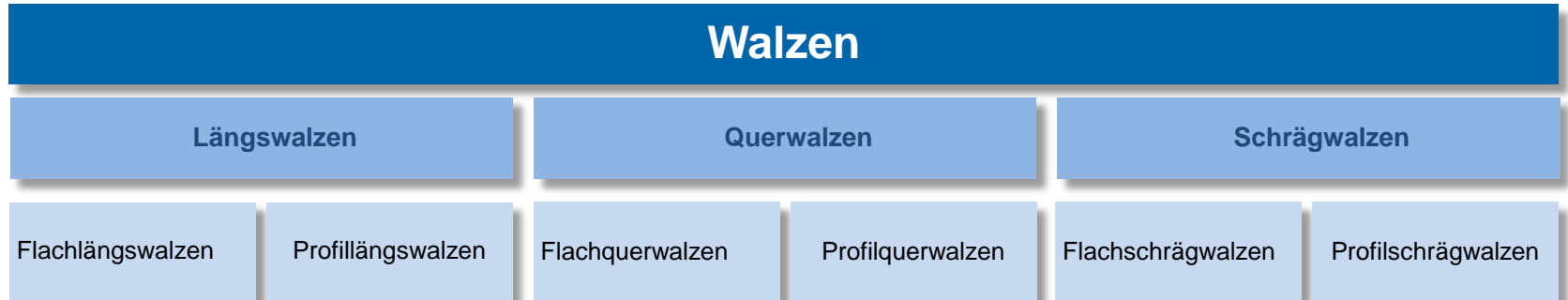
2.2 Umformen

WALZEN

Das Walzen ist ein fortschreitendes Druckumformen mit sich drehenden Werkzeugen (Walzen). Dabei können die Walzen angetrieben oder durch das Werkstück geschleppt sein.

Unterteilung der Walzverfahren:

- **Kinematik:** Längs-, Quer-, Schrägwalzen
- **Werkzeuggeometrie:** Flach-, Profilwalzen
- **Werkstückgeometrie:** Walzen von Voll- und Hohlkörpern



LÄNGSWALZEN

Walzgut wird senkrecht zu Walzachsen ohne Drehung durch Walzspalt bewegt.

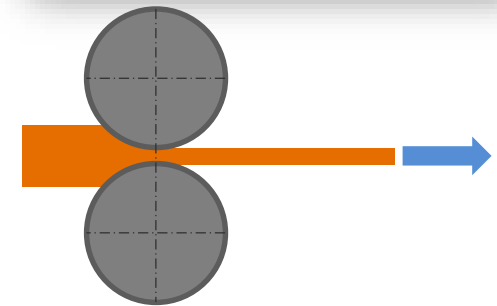
Wichtigstes Verfahren: Flachwalzen

Walzgutausdehnung erfolgt quer zur Krafrichtung (Volumenkonstanz):
Längung und Breitung durch Stauchung: Beschleunigung des Walzgutes in Bewegungsrichtung.

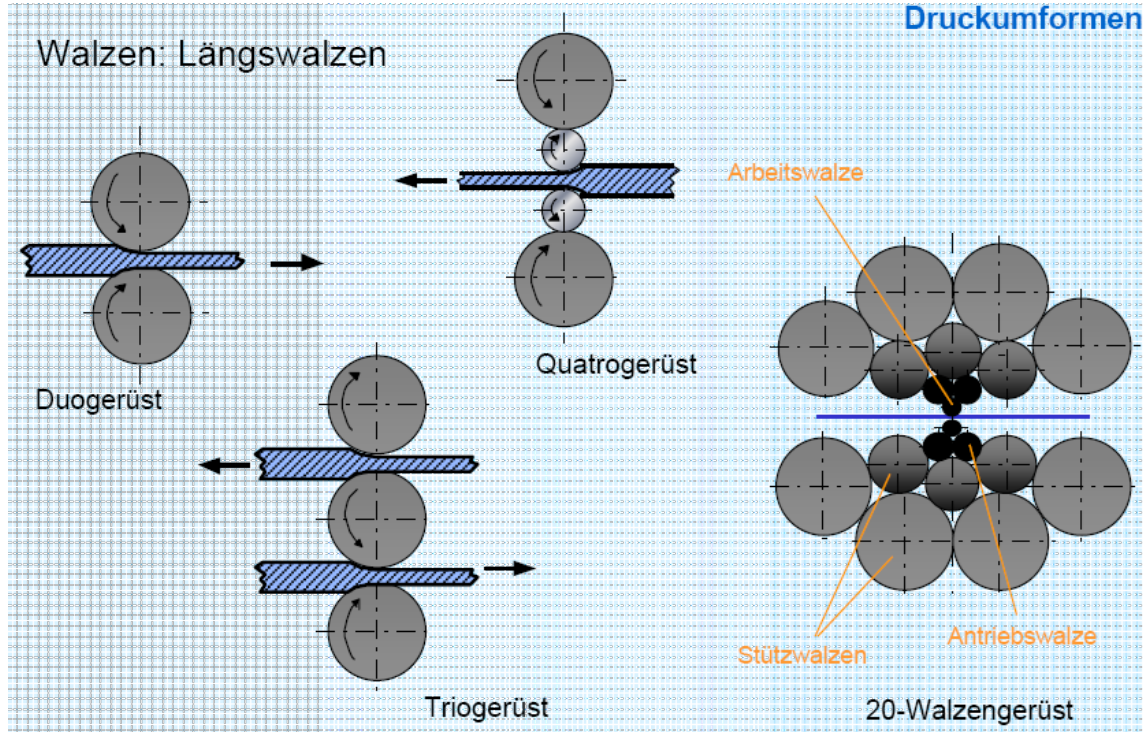
Je nach gewünschtem Umformgrad und Anforderungen an Maßgenauigkeit und Oberflächengüte wird Walzgut warm oder kalt gewalzt.

Beim Warmwalzen werden i. a. Duogerüste eingesetzt, die zu Walzstraßen angeordnet werden.

Beim Kaltwalzen werden Gerüste mit mehreren Walzen (4-, 6-, 12- und 20-Walzgerüsten) angewendet, deren Arbeitswalzen einen kleinen Durchmesser haben (geringerer Kraftaufwand). Das Anbringen besonderer Stützwalzen ist erforderlich.



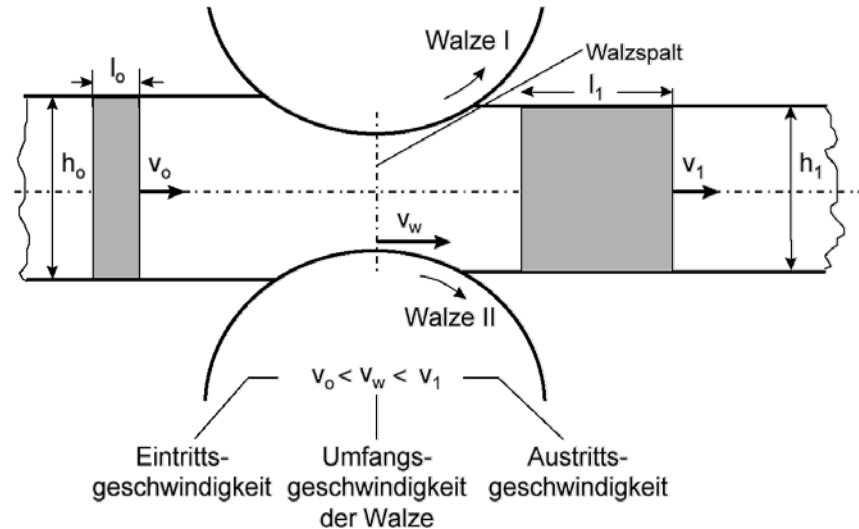
WALZANORDNUNG



FORM- UND GESCHWINDIGKEIT

Form- und Geschwindigkeitsveränderung beim Flachwalzen

Der Kontinuitätsbedingung nach (Volumenkonstanz) muss sich das Walzgut quer zur Krafrichtung ausdehnen. Durch den Walzvorgang hervorgerufene Stauchung ist immer eine Längung bzw. Breitung verbunden. Walzgut wird durch den Umformvorgang in seiner Bewegungsrichtung beschleunigt.



2.2 Umformen

HERLEITUNG GREIFBEDINGUNG

Greifbedingung:

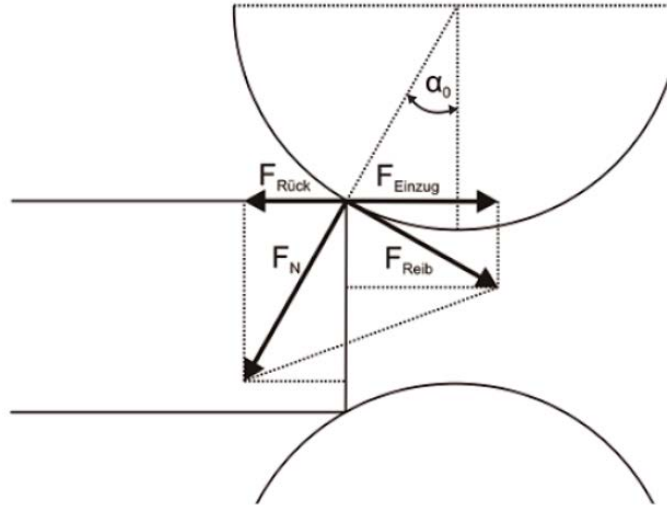
$$F_{Reib} \cdot \cos \alpha_0 \geq F_N \sin \alpha_0$$

$$\mu \cdot F_N \cdot \cos \alpha_0 \geq F_N \sin \alpha_0$$

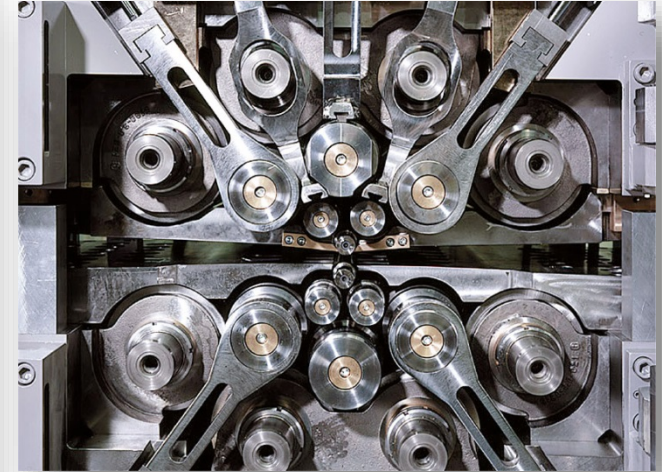
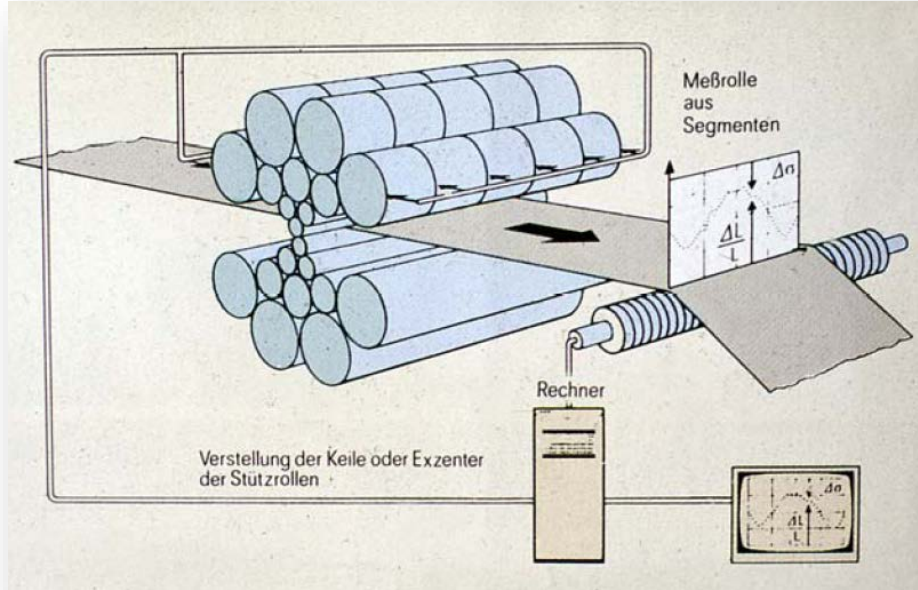
$$\mu \geq \tan \alpha_0$$

Durchziehbedingungen:

$$\mu \geq \tan \frac{\alpha_0}{2}$$



MEHRWALZGERÜST



WALZHERSTELLUNG

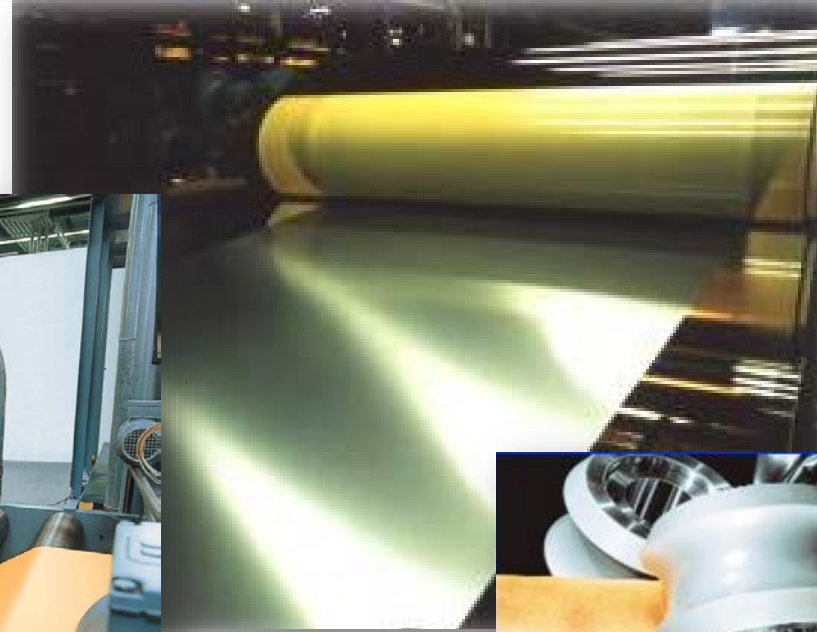


Spanende Bearbeitung einer Walze



Walzherstellung für Papierindustrie

WALZBEISPIELE



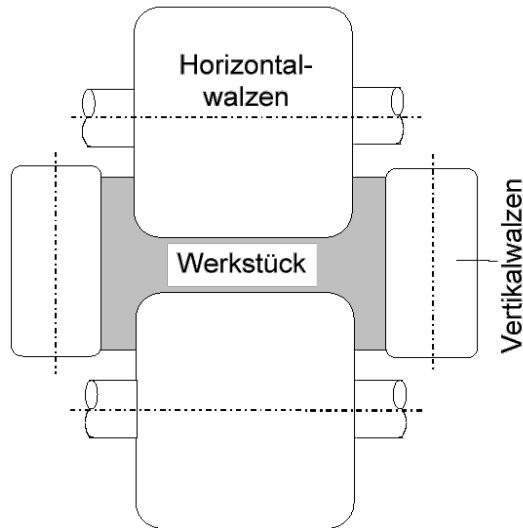
2.2 Umformen

UNIVERSALTRÄGER

Universalgerüst für das Walzen von Universalträgern

Anwendung:

Herstellung von Blechtafeln, -bändern, verschiedenen Stäben und Profilen



2.2 Umformen

WALZEN VON VIELNUTWELLEN

Profilwalzen

Profilwalzen und Achsverzahnungen an Achs-, Getriebe- und Gelenkwellen.
Kaltwalzen solcher Vielnutwellen erfolgt auf CNC-Maschinen!

Vorteile:

- hohe Wirtschaftlichkeit
- hohe Verzahnungsgenauigkeit
- hohe Oberflächengüte
- Materialeinsparung
- Festigkeit

Querwalzen

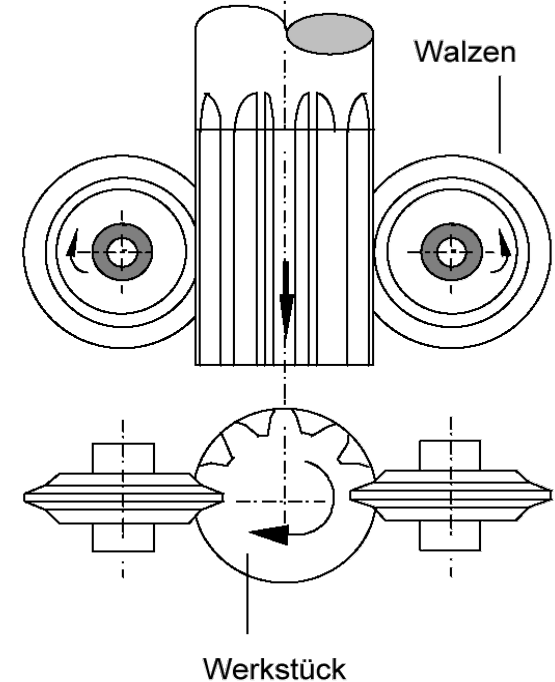
Walzgut wird ohne Bewegung in Achsrichtung um die eigene Achse bewegt.
Walzen von Scheiben, Ringen, Gewinden im Einstechverfahren. Das Querwalzen wird auch zum Glattwalzen von z. B. Wellenzapfen eingesetzt.

Schrägwalzen

Walzgut dreht sich um die eigene Achse und führt eine Axialbewegung aus (durch Schrägstellen der Walzen).

Verfahren

Glattwalzen von Stäben und Rohren, Herstellung von nahtlosen Rohren,
Gewindewalzen, Drückwalzen



2.2 Umformen

FEINBEARBEITUNG VON WERKSTÜCKEN

Feinbearbeitung gezogener oder gedrehter Werkstücke durch Glattwalzen

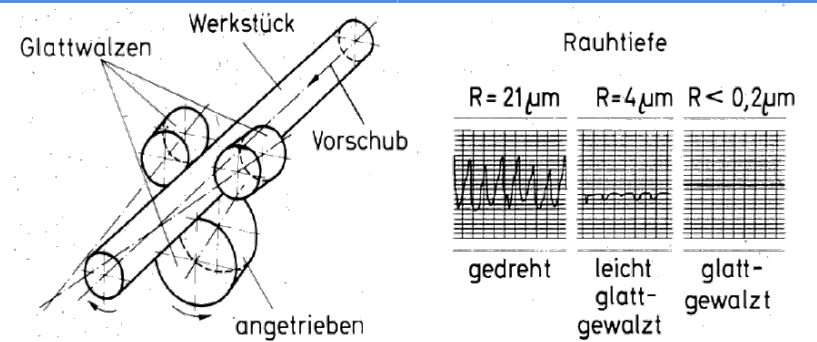
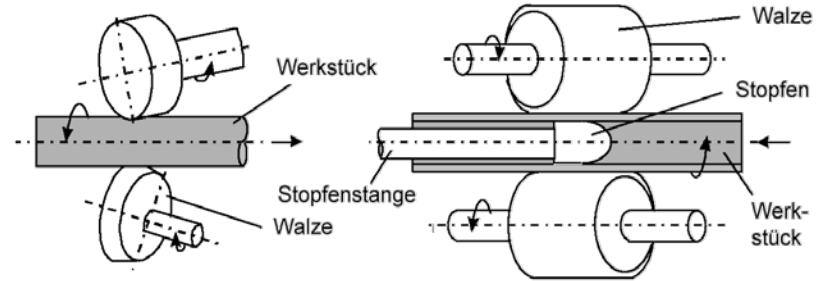
Glattwalzen:

Walzen mit hoher Oberflächenqualität und Härte werden gegen Werkstückfläche gedrückt (Glättung, Verfestigung).

Anwendung bei Kurbelwellen, Ventilen, Kolbenstangen

Vorteile durch Feinbearbeitung Glattwalzen:

- Abnahme der Rauhtiefe
- Zunahme des Traganteils des Profils



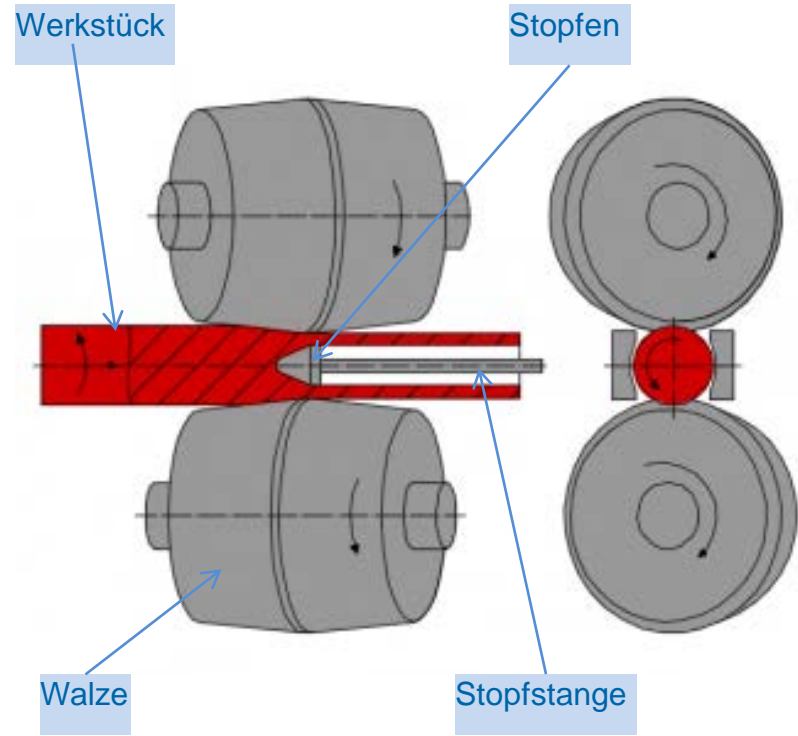
2.2 Umformen

SCHRÄGWALZEN

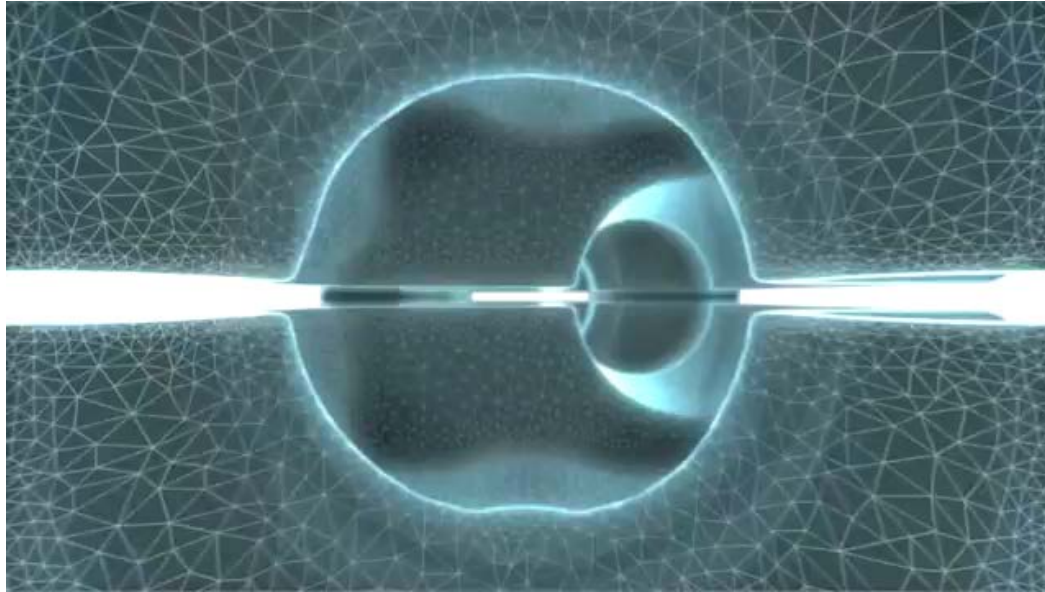
Schrägwalzen zum Lochen

Schrägwalzen

Herstellung von nahtlosen Rohren (von 20 - 660 mm Durchmesser) durch das Walzen mit Dorn bewirkt Lochen. Im Anschluss werden die Umformarbeitsgänge Strecken und Reduzierwalzen durchgeführt.



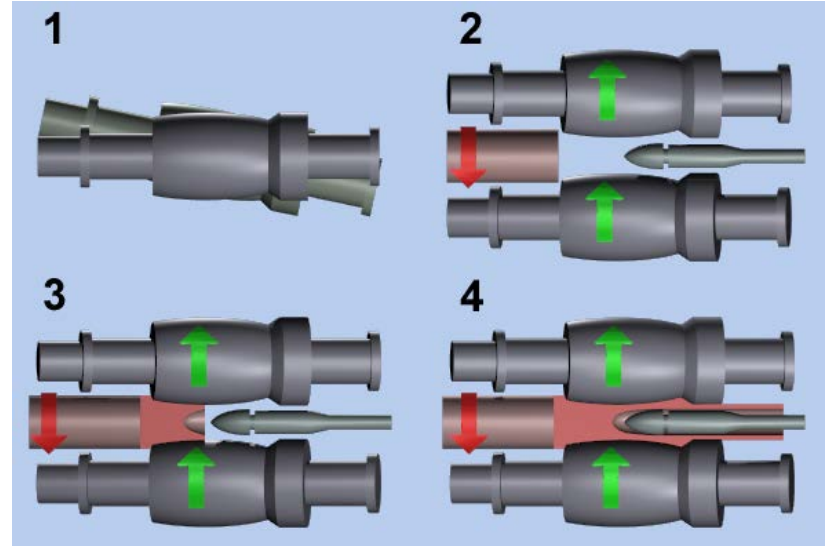
SCHRÄGWALZEN - VIDEO



2.2 Umformen

SCHEMA

1. Draufsicht auf die Anordnung der Walzen
2. Beginn des Walzvorganges: Der Rohling wird von links an die Walzen herangeführt.
3. Durch die schräge Anordnung der Walzen beginnt sich im Kern des Rohlings eine Höhlung zu bilden.
4. Im weiteren Verlauf wird der Rohling über den Dorn gezogen, wodurch eine gleichmäßige Ausbildung des Rohres erreicht wird.



Schema des Schrägwalzvorgangs von Rohren

Das Mannesmann Schrägwalzen (Reinhard und Max Mannesmann 1885) verwendet zwei schräg zueinander angeordnete angetriebene Walzen und eine nicht angetriebene Stützrolle. Das Walzgut ist ein runder Knüppel, der sich nach dem Anstich spiralförmig durch den Walzspalt bewegt. Durch das so genannte Friemeln (Wechsel zwischen Druck- und Zugspannungen) wird der Kern aufgelockert und dann über einen Dorn gewalzt. Es entsteht ein Hohlblock (auch Rohrluppe genannt), also ein dickwandiges Rohr.

2.2 Umformen

TRIVIA

Wie funktioniert das Mannesmann-Verfahren zur Herstellung nahtloser Stahlrohre?

Als Mannesmann-Verfahren wird das Schrägwalzen, lange Zeit in Kombination mit dem Pilgerwalzen, bezeichnet. Beide Techniken wurden von den Brüdern Reinhard und Max Mannesmann Ende des 19. Jahrhunderts erfunden.

Das **Schrägwalzverfahren** wurde 1886 patentiert. Es ermöglichte erstmals, aus einem massiven Stahlblock einen dickwandigen nahtlosen Hohlkörper herzustellen. Dafür wird der Stahlblock auf 1200 bis 1300 Grad erhitzt und zwischen zwei Walzen geführt, die schräg zueinander angeordnet sind und den gleichen Drehsinn haben. Damit arbeiten Walzen und das dazwischen liegende Walzgut wie eine Art Getriebe, bei dem das Walzgut schraubenlinienförmig zwischen den Walzen hindurch transportiert wird. Dem Walzgut wird ein Dorn entgegengestellt, der sich über eine frei drehbare Stange auf der Auslaufseite des Schrägwalzwerkes abstützt. Das Walzgut wird durch die Walzen über diesen Dorn gewalzt und damit gelocht. Vor der Dornspitze erfährt das Walzgut im Kern, bedingt durch die Rotation, wechselnde Zug- und Druckbeanspruchungen, die zur Auflockerung führen und so die Dornarbeit ermöglichen.

Den Brüdern Mannesmann war in den 1880er Jahren beim Walzen von Vormaterial für die Feilenherstellung aufgefallen, dass schräg stehende Walzen zu einer Kernlockerung und einem Aufreißen des Stahlblocks führen können. Durch die kühne Idee, dieses Phänomen systematisch zu nutzen, gelang es ihnen, zunächst allein durch Walzen, aus einem massiven Block einen Hohlkörper herzustellen. Jedoch setzten sie bald zur Unterstützung des Walzvorgangs einen Glättdorn ein, um das Aufreißen des Hohlblocks gleichmäßiger zu gestalten. In den seitdem vergangenen über einhundert Jahren ist das Verfahren so optimiert worden, dass ein Aufreißen des Stahlblocks vermieden wird und durch die Dornarbeit ein Hohlkörper mit einer möglichst regelmäßigen Innenoberfläche entsteht.

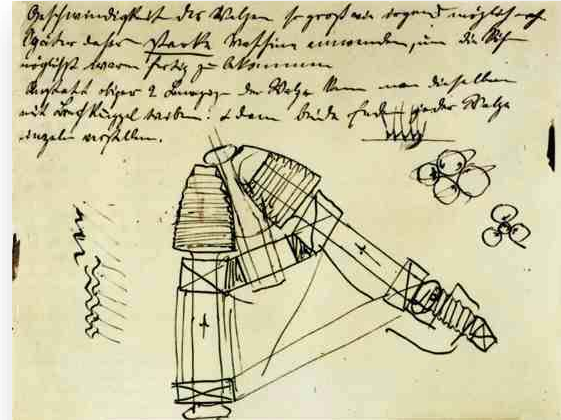
TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

2.2 Umformen

TRIVIA



Schrägwalzvorgang



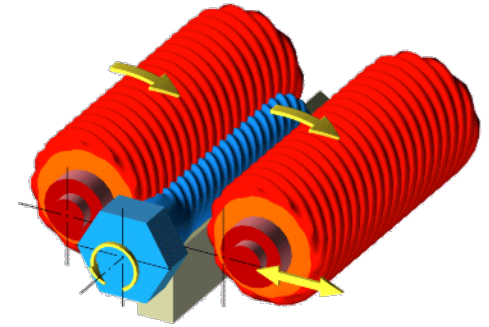
Skizze zum Schrägwalzen von Max Mannesmann aus dem Jahr 1885

2.2 Umformen

GEWINDEWALZEN

Vorteile der Gewindeherstellung durch Walzen:

- wirtschaftlich, große Genauigkeit
- hohe Oberflächengüte,
- erhöhte Festigkeit.



Verfahren:

Das Werkstück wird beim Verfahren des Gewindewalzens mit 2-Rollen Gewinderollmaschinen mittig auf ein Auflagelineal zwischen die Werkzeuge gelegt. Mindestens 1 Walzschlitten erzeugt den Vorschub zum Eindringen in das Werkstück. Gleichzeitig wälzen die Werkzeuge durch Rotation auf dem Werkstück ab. Ihr Profil wird auf das Werkstück übertragen.

Parameter von denen die Walzkraft abhängt

- Festigkeit des Materials – je fester desto höher die Kraft
- Umformgrad – je größer desto höher die Kraft
- Kontaktfläche – je größer desto höher die Kraft

Arten:

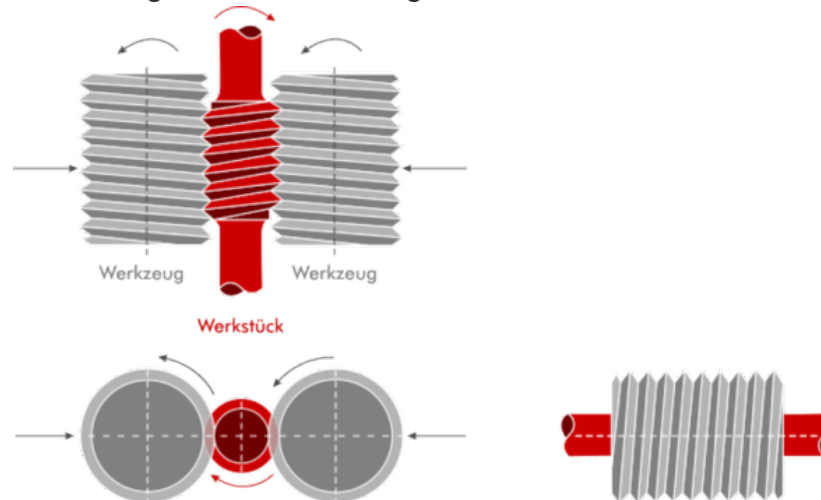
- Einstechwalzen
- Durchlaufwalzen mit Rillenrollen
- Durchlaufwalzen mit korrigierten Steigungsrollen

2.2 Umformen

EINSTECHWALZEN

Standard Einstechwalzen für kurze Gewindeabmessungen Einstechwalzen basiert darauf, dass die Gewinderollwerkzeuge mit der gleichen Steigung wie das Werkstück in das Werkstück eindringen und das Gewinde ausformen. Die benötigte Walzkraft wird maßgeblich durch den Nenndurchmesser, die Steigung und die Gewindelänge bestimmt.

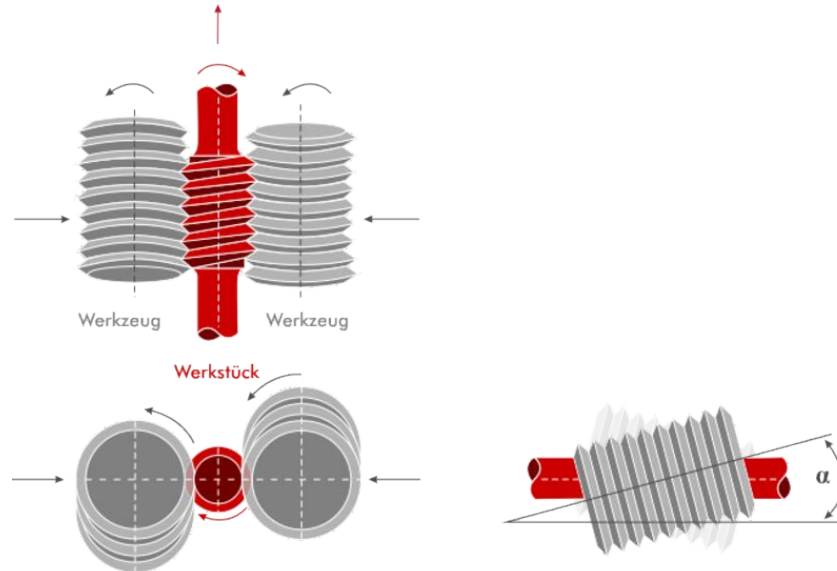
Größter Vorteil des Einstechwalzens ist die Geschwindigkeit. Einfach gesagt gibt es keinen ökonomischeren Herstellprozess für Gewinde, auch in großen Abmessungen.



2.2 Umformen

DURCHLAUFWALZEN MIT RILLENROLLEN

Das Durchlaufwalzen kommt immer dann zum Einsatz, wenn das Werkstückprofil länger als die Rollwerkzeugbreite ist. Durchlaufwerkzeuge zeichnen sich durch 3 Teilbereiche aus – den Einlauf, den Kalibrierteil und den Auslauf. Rillenrollen haben keine Steigung und werden mit dem Steigungswinkel α des zu walzenden Profils geschwenkt. Rillenrollen sind günstig in der Herstellung und stellen den bewährten Prozess im Durchlaufwalzen dar.

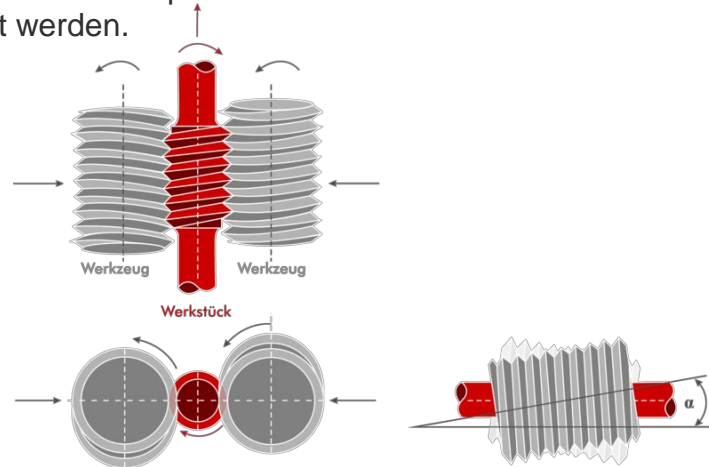


2.2 Umformen

DURCHLAUFWALZEN: KORRIGIERTE STEIGUNGSROLLEN

Konstruktiv korrigierte Steigungsrollen unterscheiden sich von Rillenrollen durch eine Steigung im Profil. Die Summe aus Steigungswinkel der Werkzeuge und Schwenkwinkel α ergibt den Steigungswinkel im Werkstück. Es ist somit möglich über die korrigierten Steigungsrollen einerseits eine schnelle Durchlaufgeschwindigkeit der Werkstücke zu erreichen mit geringerer Überrollzahl oder aber eine geringe Durchlaufgeschwindigkeit mit hoher Überrollzahl, die maßgeblich für die erreichbare Qualität des Werkstückprofils steht.

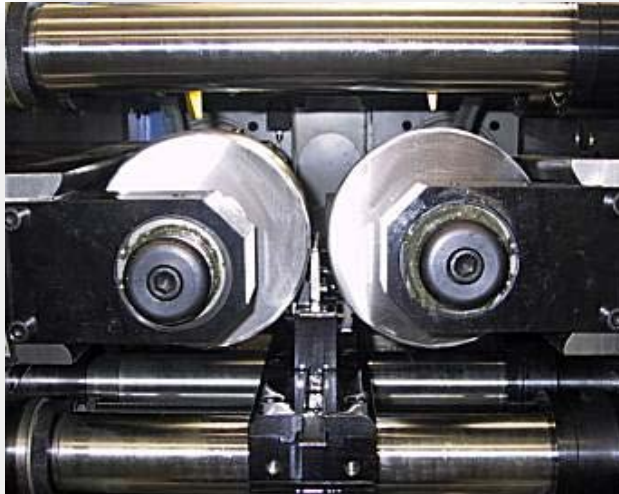
Durch den Walzprozess mit Steigungsrollen ist es im besten Fall möglich, die benötigte Walzkraft für einen Umformprozess auf ein der Maschine entsprechendes Maß zu reduzieren. Kleinere Maschinen können für große Gewindeabmessungen genutzt werden.



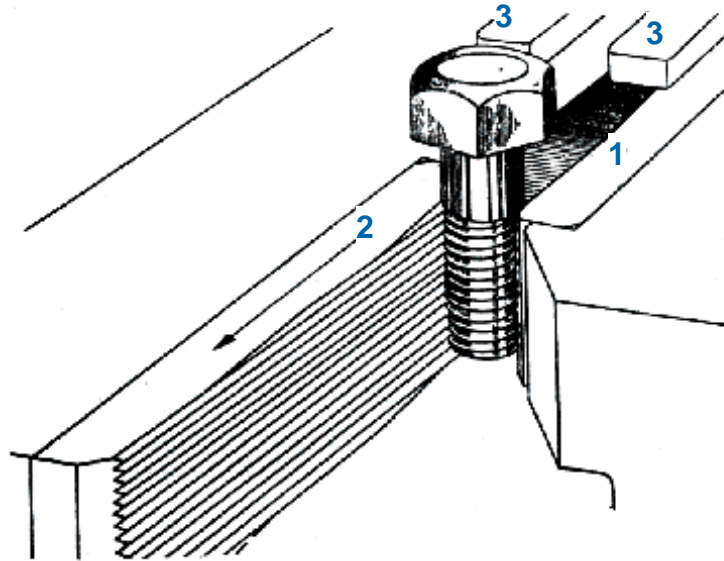
DURCHLAUFWALZEN VIDEO



BEISPIELE



GEWINDEROLLEN MIT FLACHWERKZEUG

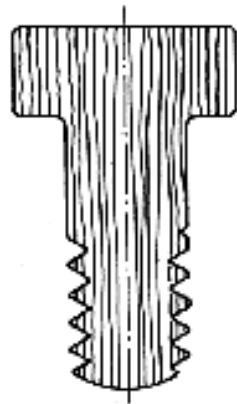


- 1 feststehende Gewinderollbacke
- 2 bewegliche Gewinderollbacke
- 3 Zubringerschienen

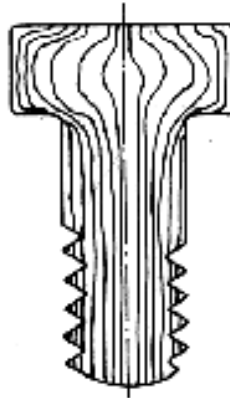
2.2 Umformen

FASERVERLAUF BEI SCHRAUBEN

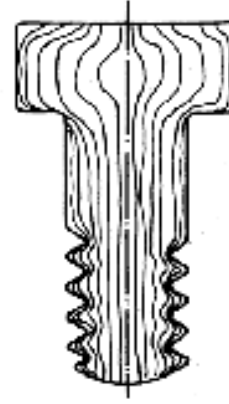
Ein Ätzmittel wird angewendet, um Phosphoranreicherungen, und damit den Faserverlauf, sichtbar zu machen. Der Faserverlauf ist bei Maschinenteilen, die sehr hoch beansprucht werden, wichtig, denn senkrecht zum Faserverlauf ist die Festigkeit höher als bei Querrichtung (Kurbelwellen, Schraubenköpfe).



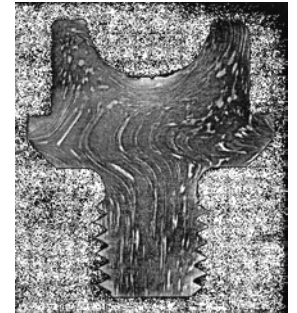
Kopf und Gewinde
aus dem Vollen gedreht



Kopf kaltgestaucht
Gewinde geschnitten



Kopf kaltgestaucht
Gewinde gerollt



SCHMIEDEN

Schmieden ist ein Warmumformverfahren.

Wichtige Verfahrensvarianten sind:

➤ **Freiformen**

➤ **Gesenkformen**

Weitere Verfahren:

- **Warmstauchen**
- **Feinschmieden**
- **Schmiedewalzen**

Mögliche Nachbearbeitung:

- Warmkalibrieren
- Kaltprägen

→ Zur Erzielung hoher Genauigkeiten

2.2 Umformen

FREIFORMEN - FREIFORMSCHMIEDEN

Beim **Freiformschmieden** wird ohne begrenzende Werkzeuge aus dem Rohling die gewünschte Endform erzeugt, hierbei kann der Werkstoff zwischen den Werkzeugen frei fließen. Die Fertigform entsteht durch geeignete Führung des Werkstücks und der Werkzeuge.

Dient zumeist als Vorstufe zum **Gesenkschmieden** (=Gesenkformen).

Häufig verwendete Umformwerkzeuge sind

- **Hammer** (verschiedene Form- und Vorschlaghammer)
- **Amboss**

Freiformen ist eine Kombination aus den Grundarbeitsvorgängen:

- **Stauchen**
- **Strecken**
- **Breiten**

Weitere Fertigungsschritte sind:

- Lochen
- Schlitzen
- Absetzen
- Schroten

2.2 Umformen

FREIFORMEN - FREIFORMSCHMIEDEN

Stauchen

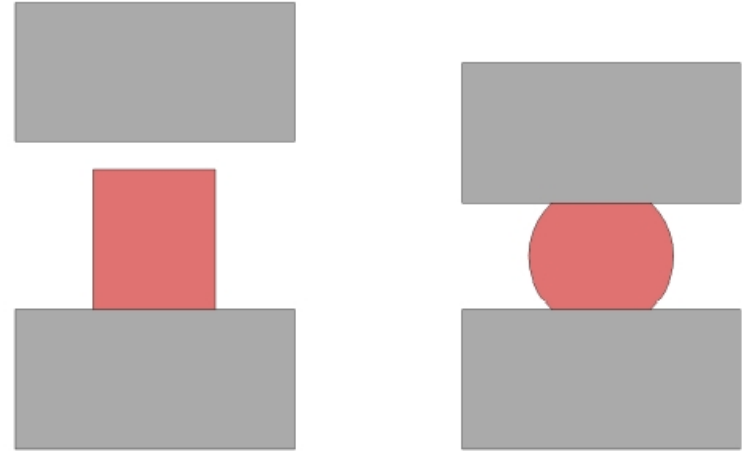
→ Einfachster Schmiedevorgang

Der Schmiedeoppen (Werkstück) wird **nicht** von einem Werkzeug (Gesenk) umschlossen. Freie Ausbreitung des Werkstoffs wird lediglich durch die Reibung an den Werkzeugflächen limitiert → Werkstück baucht aus.

Vorgang:

- Erwärmung des Werkstückes auf ca. 1250 °C
- Umformung durch Krafteinwirkung (Druck)
- Der Vorgang der Krafteinwirkung wiederholt sich bis gewünschte Form erreicht

Stauchen wird zumeist zur besseren Masseverteilung eingesetzt und zählt eher als **Vorumformung**.



2.2 Umformen

FREIFORMEN - FREIFORMSCHMIEDEN

Strecken (Recken)

→ Häufigster Schmiedevorgang

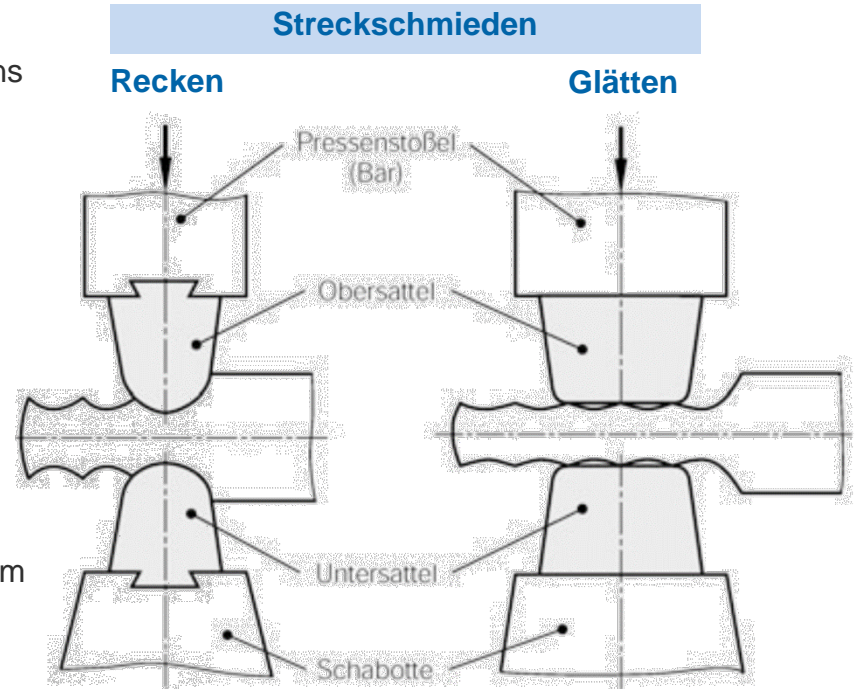
Umformung eines kleinen Teiles des Werkstückvolumens

Vorgang:

- Werkzeugführung senkt zur Streckrichtung
- Viele kleine Einzelstauchungen
- Werkzeugführung in schmalen Bahnen

Im Sinne des kleineren Zwangs fließt der Werkstoff in Richtung der kleineren Reibungsbehinderung
 → d. h. über die ballige Druckfläche ab
 → Werkstück verlängert sich

Die zurückbleibende Struktur von Querrillen wird im Nachfolgeschritt **geglättet**. Dabei wird das Werkstück um 90° umgesetzt. Die längere Seite der Hammerbahn bedeckt mehrere Rillenkämme gleichzeitig.



2.2 Umformen

GESENKFORMEN - GESENKSCHMIEDEN

Gesenkform

Druckumformen vorgewärmter Werkstücke mit gegeneinander bewegten Formwerkzeugen (Gesenken), die das Werkstück umschließen und dessen Form enthalten. Gesenkformen (Gesenkschmieden) konkurriert mit Gießen. Anwendung: Herstellung von hochbeanspruchten Teilen (Achsschenkel, Pleuelstangen, Kurbelwellen usw.).

Gesenkformen ist ebenfalls eine Kombination aus den Grundarbeitsvorgängen:

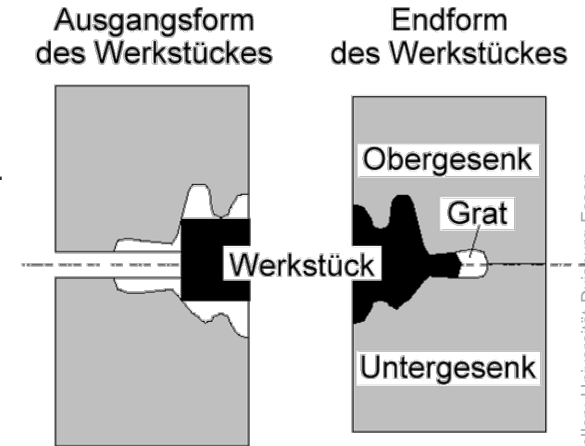
Stauchen, Strecken, Breiten.

Gesenkformen mit Grat

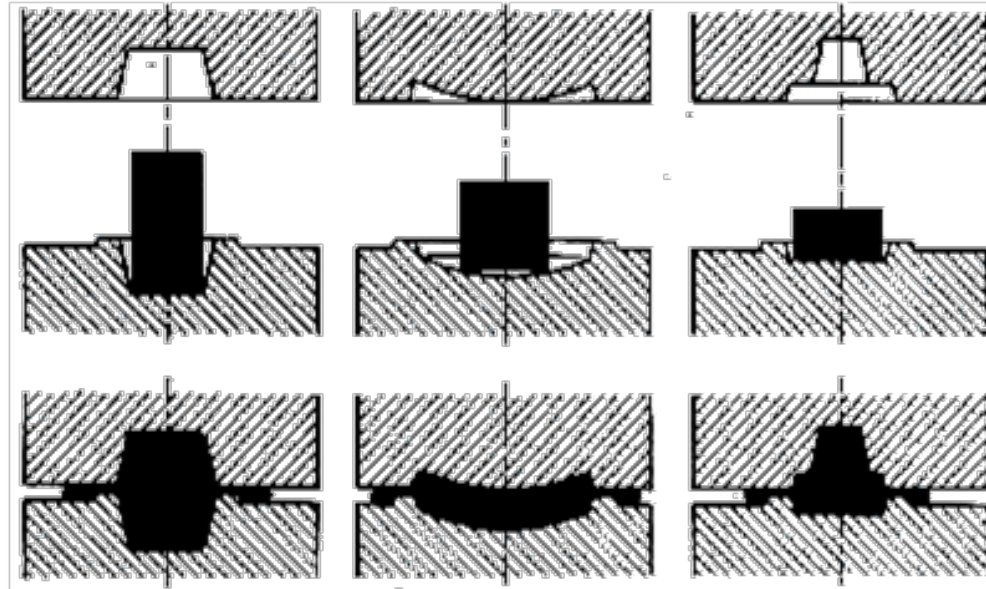
- Ausbreitung des Rohteils während des Schließens bis es den Gratspalt erreicht.
- Aufbau von hydrostatischem Druck durch Fließbehinderung im Gratspalt.
- Form wird ausgefüllt, bei gleichzeitigem Ansteigen der Schmiedekraft.
- Überflüssiger Werkstoff wird durch Gratspalt nach außen gedrückt.
- Werkstück muss entgratet werden.

Gesenkformen ohne Grat:

Rohteilvolumen entspricht Endvolumen (Problem: Rohteilvolumen muss genau bemessen werden).



ARTEN DER UMFORMUNG IM SCHMIEDEGESENK



Stauchen

Breiten

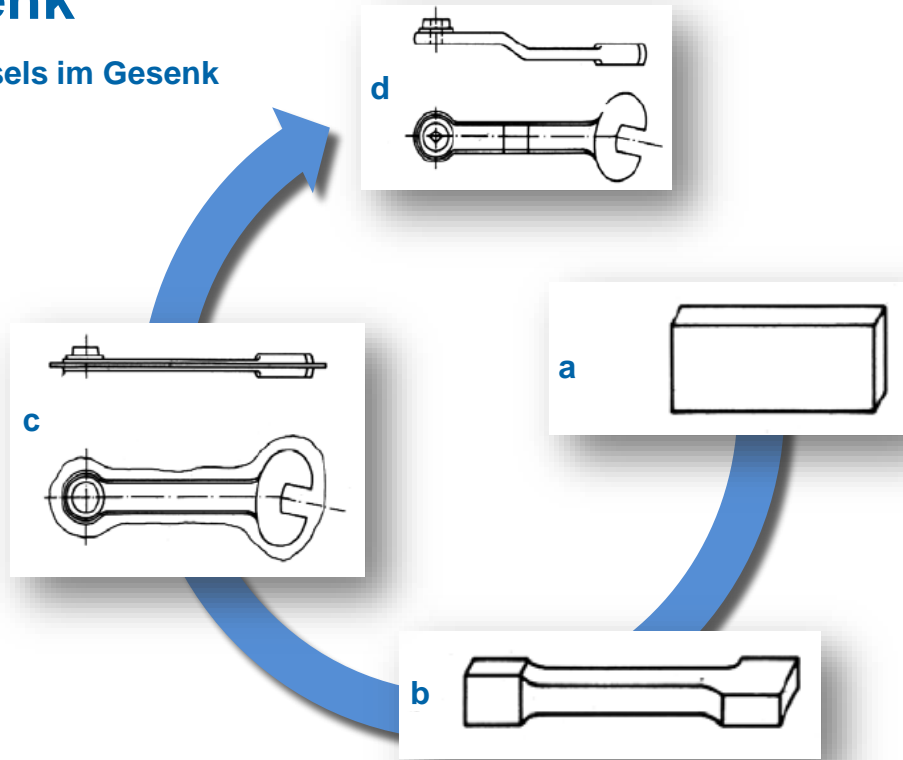
Steigen

2.2 Umformen

Schmieden im Gesenk

Schmieden eines Schraubenschlüssels im Gesenk

- a. Rohstoff
- b. vorgeschmiedetes Werkstück
- c. im Gesenk geschmiedetes Werkstück
- d. fertiges Werkstück

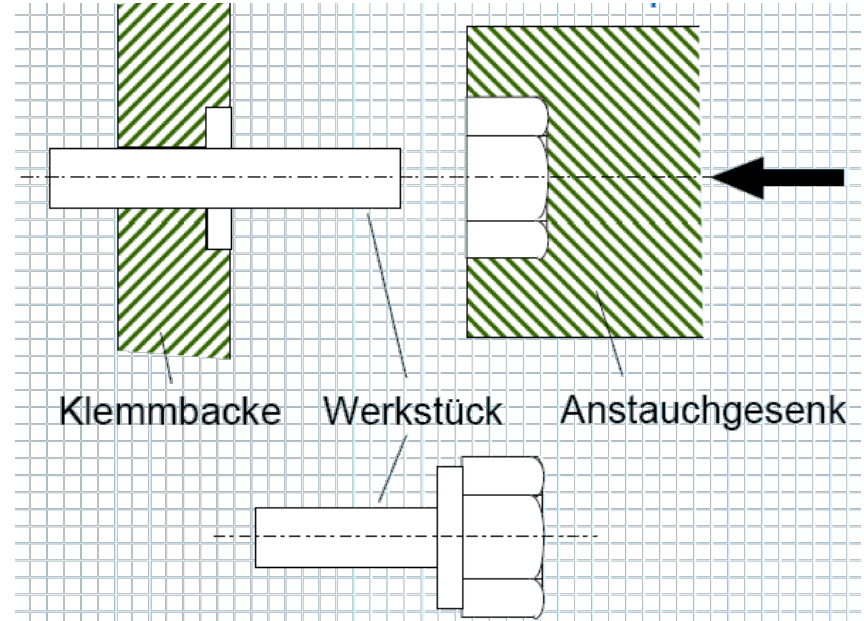


2.2 Umformen

KOPFANSTAUCHEN IM GESENK

Anstauchen im Gesenk:

Umformen eines meist stabförmigen Werkstückes an einem Ende ohne Grat. Herstellung von Schraubenrohlingen, Bolzen, Nieten, Nägeln, Ventilen.



2.2 Umformen

KOPFANSTAUCHEN IM GESENK

Maschinen:

- weggebundene Maschinen (Exzenter- und Kurbelpressen)
- kraftgebundene Maschinen (hydraulische Pressen)
- energiegebundene Maschinen (Fall-, Gegenschlaghammer etc.)

Umformen erfolgt in einem Arbeitsschub bei Pressen, und in mehreren bei energiegebundenen Maschinen.

Gesenke:

hohe mechanische und thermische Belastungen. Adhäsionsverschleiß durch Gleitbewegung zwischen Werkstück mit Geschwindigkeiten bis zu 50 m/s, Temperaturen bis 1000° K mit Temperaturgradienten von max. 3000° K/s. 20% der Maschinenstillstandzeiten sind Rüstzeiten (Werkzeugwechsel). Anteil der Werkzeugkosten an Herstellkosten des Schmiedestücks beträgt ca. 10 % (Standzeiterhöhung daher sehr wichtig).

Unterschiedliche Verfahren zur Herstellung von Gesenken:

- direktes Gießen des Gesenkblockes (Stahl mit Ni, Cr, Mo, V, W legiert)
- Walzen oder Schmieden aus vorgegossenem Block

Herstellung der Gravur (Innenkontur des Gesenks):

Drehen, Fräsen, Erodieren, Warm-, Kalteinsenken, chemisches Abtragen

BEISPIELE



2.2 Umformen

EINDRÜCKEN

Druckumformen mit Werkzeug, das örtlich in Werkstück eindringt (DIN 8583).
Verfahren: Körnen, Einprägen, Einsenken, Rändeln, Kordeln.

Kalteinsenken:

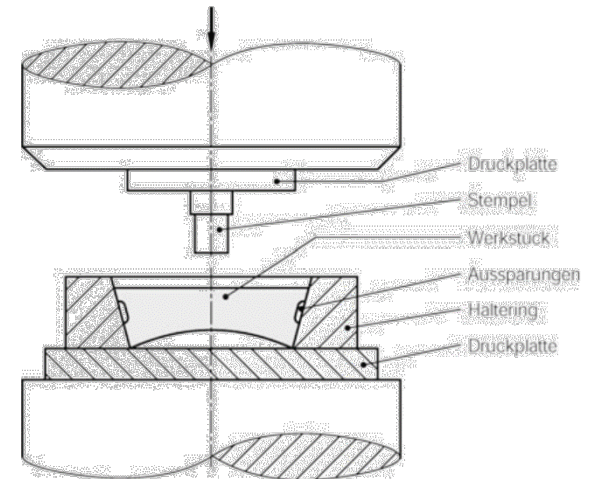
Gehärteter Stempel mit hoher Oberflächengüte wird unter stetig ansteigendem Druck mit geringer Geschwindigkeit in ein Werkstück aus weich geglühtem Stahl auf eine bestimmte Tiefe eingedrückt.

Einsatz auf hydraulischen Pressen zur Werkzeugherstellung für:

- Spritzgießen, Blas- und Pressformen von Kunststoffen,
- Prägen von Münzen,
- Druckgießen von Zink, Messing, Leichtmetallen,
- Kalt- und Warmpressen von Schrauben, Muttern, Nieten
- Einsenken – Herstellung von Gesenken

Vorteile:

- Wirtschaftlichkeit,
- hohe Maßgenauigkeit und
- hohe Festigkeit und Oberflächengüte.



Kalteinsenken zur Herstellung eines Hohlgesenks

2.2 Umformen

DURCHDRÜCKEN

Druckumformen durch Hindurchdrücken durch formgebende Werkzeugöffnung unter Querschnittsverminderung

Verfahren: Verjüngen, **Strangpressen**, **Fließpressen**

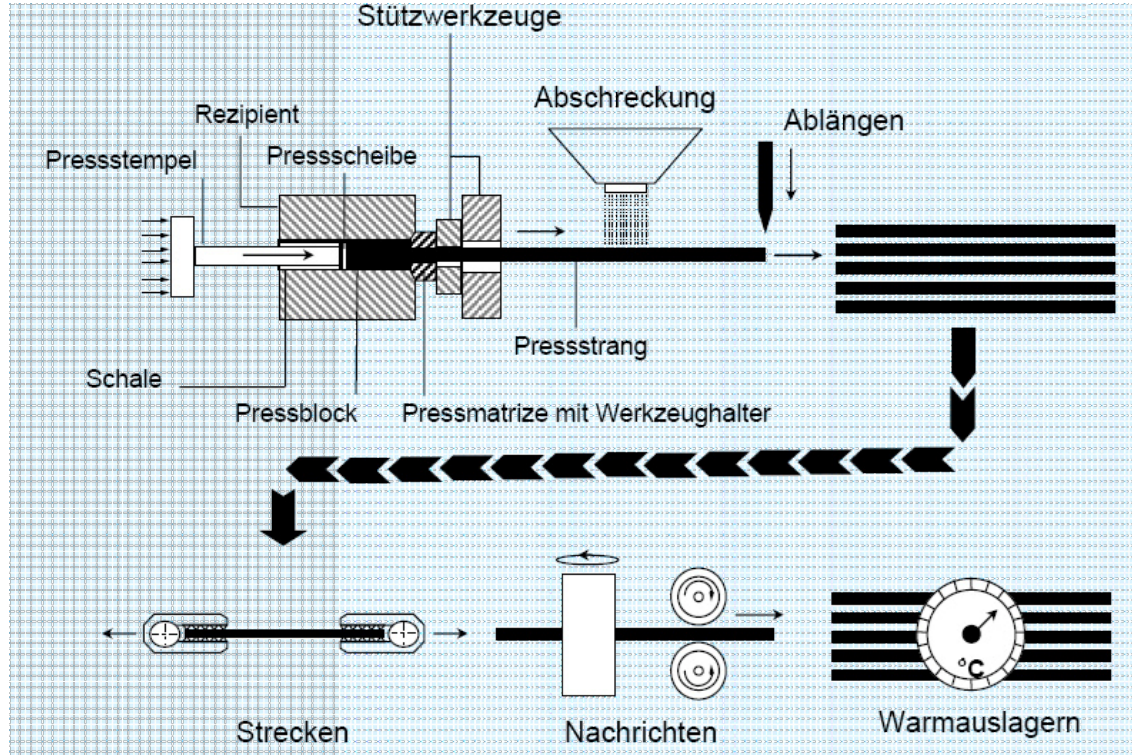
Vorwärts-Strangpressen:

Werkstofffluss in Wirkrichtung der Maschine. Erzeugung von Voll- und Hohlprofilen.

Verwendung von Presswerkstoffen auf Fe-, Al-, Cu-, Ni-, , Ti-Basis (Al und Al- Legierungen werden am häufigsten verwendet). Gussblock (auf Umformtemperatur erwärmt, bei Al auf 350-550 °C) wird in Rezipient eingelegt und von dem Pressstempel durch die Pressmatrize gepresst. Rest des Pressblocks bleibt zurück und wird abgetrennt. Pressscheibe hat kleineren Durchmesser als Rezipient (Oxidhaut wird nicht eingepresst. Temperaturanstieg im Werkstoff durch Reibung beim Pressen (Gefahr der Grobkornbildung, Risse)

Gegenmaßnahme: Temperaturprofil im Pressblock (Block ist am Ende kälter als am Anfang), Abnahme der Pressgeschwindigkeit. Pressgeschwindigkeiten bei leicht pressbaren Al-Werkstoffen bis 100 m/min, bei schwer pressbaren 1-15 m/min (bei Stahlwerkstoffen bis 350 m/min bei Umformtemperatur von 1100-1300 °C)

VOLL-VORWÄRTS-STRANGPRESSEN

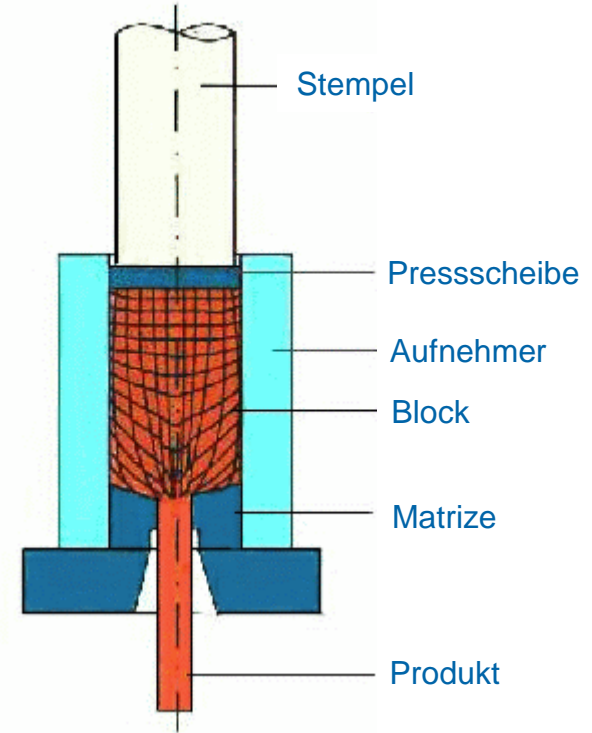


2.2 Umformen

DIREKTES STRANGPRESSEN

Dieses Verfahren ist am verbreitetsten im industriellen Einsatz. Spricht man vom Strangpressen, wird in der Regel das direkte Strangpressen gemeint.

Bei diesem Verfahren wird zunächst der Block im Aufnehmer aufgestaucht, so dass er den Durchmesser der Aufnehmerbohrung annimmt. Danach wird er vom Pressstempel durch die Matrize hindurchgepresst. Hierbei ist zwischen Block und Aufnehmer eine Relativbewegung zu verzeichnen. Es ist mithin zur Verschiebung des Blockes im Aufnehmer Reibungsarbeit zu leisten.



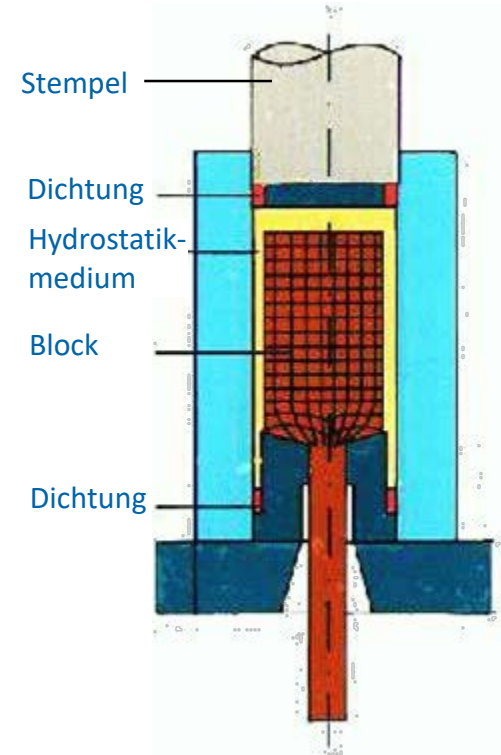
2.2 Umformen

HYDROSTATISCHES STRANGPRESSEN

Beim hydrostatischen Strangpressen wird der Block im Aufnehmer von einem Druckmedium, auch Hydrostatikummedium genannt, umgeben. Der Aufnehmerraum wird gegenüber dem Stempel und gegenüber der Matrize gedichtet, so dass beim Vordringen des Pressstempels das Hydrostatikummedium auf Pressdruck komprimiert werden kann, ohne dass der Stempel den Block berührt. Auch beim Pressen berührt der Stempel nicht den Block. Die Geschwindigkeit, mit der der Block sich beim Pressen in Richtung auf die Matrize bewegt, ist also nicht gleich der Stempelgeschwindigkeit, sondern ist proportional zu dem verdrängten Hydrostatikummedium-Volumen.

Wesentlich für dieses Verfahren ist, dass der Block bei Aufbringung des Pressdruckes im Hydrostatikummedium gegen die Matrize den Aufnehmerraum abdichtet, da sich sonst der Pressdruck nicht aufbauen lässt. Es ist somit eine konische Matrize und eine sorgfältige Blockanspitzung Voraussetzung des Verfahrens. Da der Block nicht die Aufnehmerwandung berührt, sondern zwischen Block und Aufnehmer sich Hydrostatikummedium befindet, herrscht vernachlässigbar geringe Flüssigkeitsreibung an der Blockoberfläche. Lediglich die Reibung zwischen Umformgut und Matrize ist von Bedeutung für den Umformprozess.

Ebenfalls entfällt ein Aufstauchen des Blocks zu Pressbeginn.

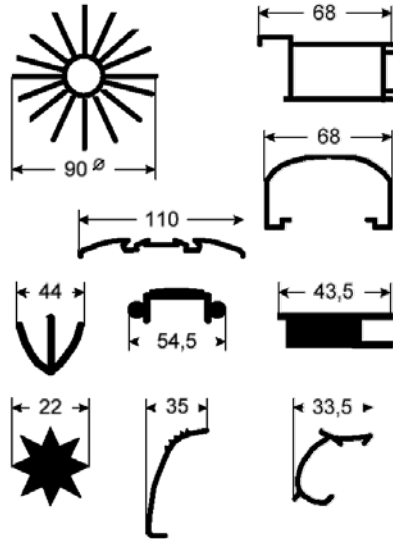


Quellen: Universität Duisburg-Essen

2.2 Umformen

BEISPIELE

Beim Pressen von Hohlprofilen aus Al-Werkstoffen werden ein- oder zweiteilige Spezialwerkzeuge eingesetzt, deren Durchbruch für die Außenkontur des Profils einen Einsatz für die Innenkontur enthält. Entstehende Stränge müssen vor Strecken und Richten gekühlt und abgelängt werden. Manche Legierungen werden warm oder kalt ausgehärtet.



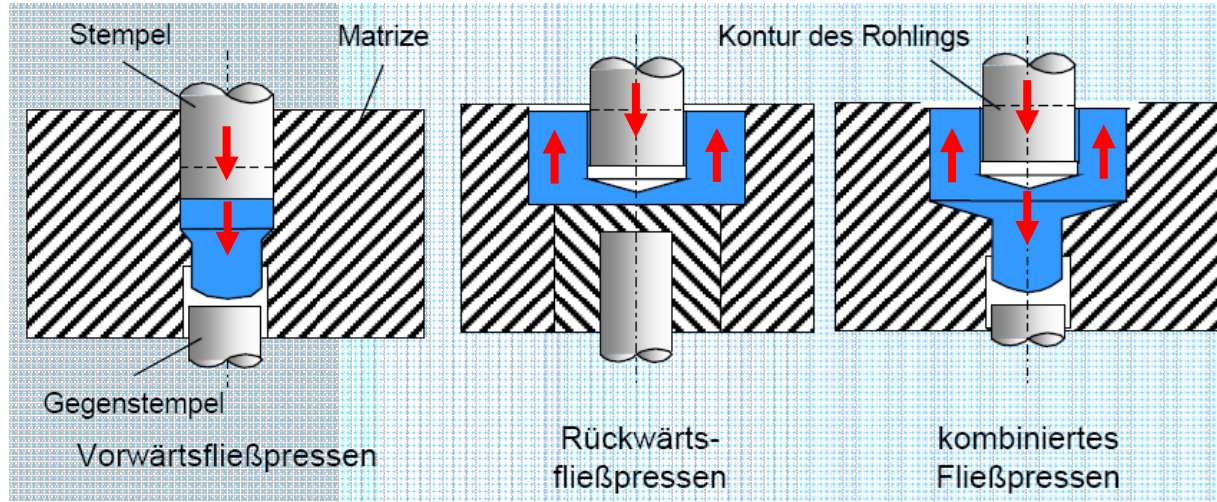
2.2 Umformen

KALTFLIESSPRESSEN

= Durchdrücken eines Rohlings (Stababschnitt, Blechausschnitt) zum Erzeugen einzelner Werkstücke.

Einteilung der Fließpressverfahren:

Nach Aufbau der verwendeten Werkzeuge (Fließpressen mit starren Werkzeugen bzw. Wirkmedien), nach Richtung des Werkstoffflusses (Vorwärts- und Rückwärtspressen, kombiniertes Fließpressen, Querfließpressen) und nach der Form der hergestellten Werkstücke (Voll-, Hohlfließpressen).



2.2 Umformen

KALTFLIESSPRESSEN

Eigenschaften geeigneter Werkstoffe:

- Geringe Fließspannung,
- hohes Umformvermögen,
- geringe Neigung zur Kaltverfestigung und
- homogenes Gefüge.

Verarbeitet werden unlegierte und legierte Stähle (bis 0,45 %), Leicht- und Schwermetalllegierungen. Hohe Belastungen der Werkzeuge v. a. beim Fließpressen von Stahlteilen. Verstärkung der Matrizen durch Armierung (außen liegende Schrumpfringe).

Vorteile:

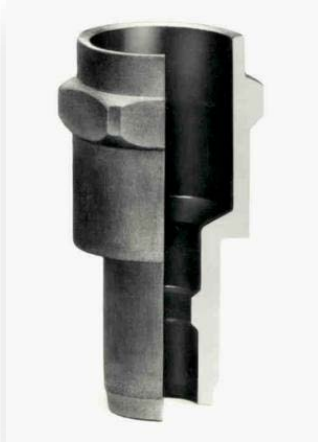
- Optimale Werkstoffausnutzung,
- hohe Mengenleistung,
- hohe Maßgenauigkeit und Oberflächengüte sowie Festigkeitssteigerung

Anwendung:

Herstellung von Bolzen, Hülsen, Schraubenrohlingen, Werkstücken mit Außen- und Innenverzahnungen.

2.2 Umformen

BEISPIELE KALTFLIESSPRESSEN



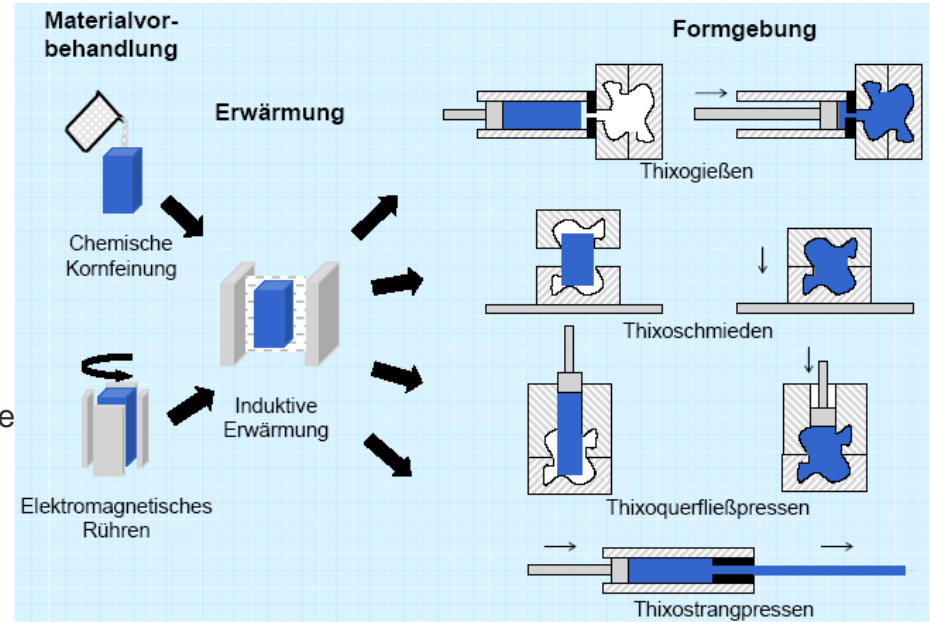
2.2 Umformen

THIXOFORMING

Thixoforming bezeichnet die Formgebung durch Umformen im teilerstarrten Werkstoffzustand. Vor der eigentlichen Umformung wird das Halbzeug erwärmt, so dass eine Suspension aus kristallisiertem Material und Schmelze vorliegt.

Um nach der Umformung eine gleichmäßige Gefügestruktur zu erreichen, müssen zum Zeitpunkt der Formgebung fein verteilte, kristallisierte Bestandteile in zusammenhängende Schmelzbereiche eingebettet sein. Dieser Ausgangsgefügezustand kann durch verschiedene Methoden der Materialvorbehandlung erreicht werden.

Die in der industriellen Anwendung am meisten verbreiteten Methoden sind die chemische Kornfeinung und das elektromagnetische Rühren.



Um bei der anschließenden Wiedererwärmung vor dem Umformen eine Grobkornbildung zu vermeiden, muss diese sehr schnell stattfinden. In der Industrie hat sich daher die induktive Erwärmung durchgesetzt.

2.2 Umformen

THIXOFORMING

Beim **Thixogießen** wird der noch mechanisch manipulierbare, halbfeste Werkstoff über einen Gießzylinder mittels eines Kolbens in ein bereits geschlossenes Werkzeug gedrückt.

Beim **Thixoschmieden** wird das manipulierbare Rohteil in ein geöffnetes Gesenk gelegt. Durch Schließen des Gesenkes wird das Rohteil in seine Endform gepresst. Die Kraftereinleitung erfolgt über das Werkzeug und somit über die gesamte Formoberfläche.

Bei der Verfahrensvariante des **Thixoquerfließpressens** wird das Rohteil in ein bereits geschlossenes Gesenk gedrückt. Im Gegensatz zum Thixogießen taucht hierbei der Stempel in das Werkstück ein und hat somit direkten Einfluss auf die Formgebung.

Thixostrangpressen ist Durchdrücken durch eine Pressmatrize mit teilerstartem Rohteil.

Thixofforming kommt in den meisten Fällen im Leichtbau zum Einsatz. Typische Bauteile in der industriellen Anwendung sind Radaufhängungen und Zylinderdeckel im Fahrzeug- und Motorenbau, sowie Flansche, Hebel und druckdichte Körper.

BEISPIELE

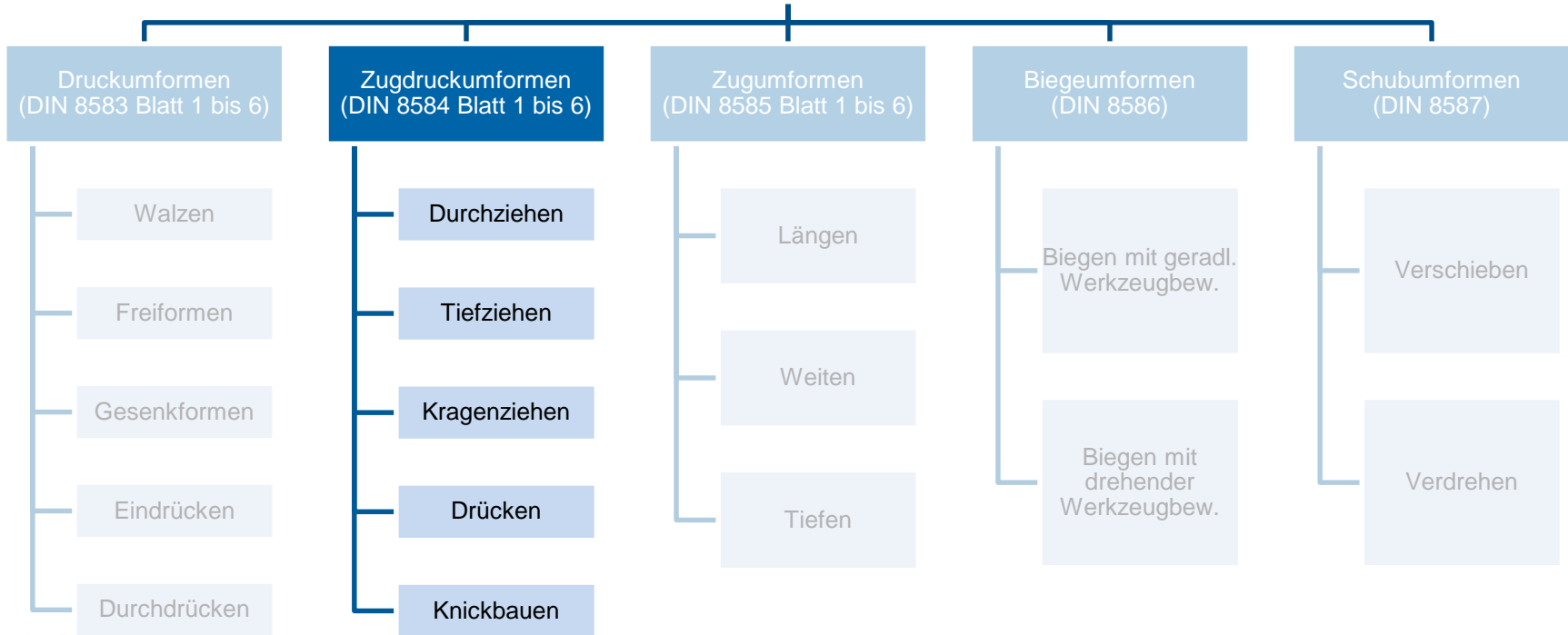


2.2 Umformen

EINTEILUNG

Nach DIN 8582

Hauptgruppe 2 Umformen



2.2 Umformen

DURCHZIEHEN

Zugdruckumformen durch Ziehen eines Werkstückes durch in Ziehrichtung verengte Werkzeugöffnung.

Verfahren: Gleitziehen, Walzziehen

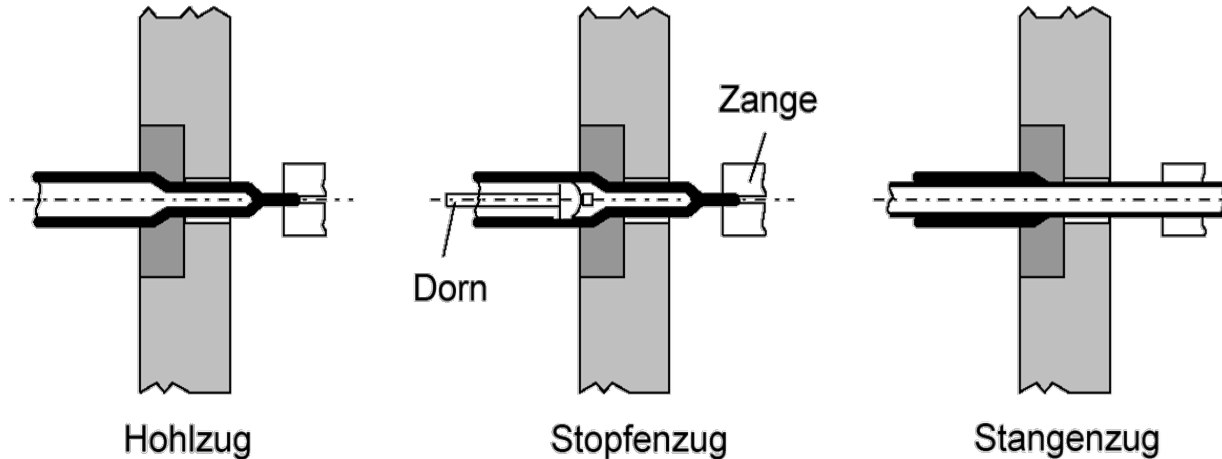
Gleitziehverfahren

- Kaltumformverfahren zur Herstellung von Draht, Stäben, Rohren und Profilen unterschiedlichster Art,
- Hohe Belastung (Druck- und Reibungskräfte, hohe Temperaturen) der Ziehwerkzeuge, die aus Hartmetall, Diamant oder Keramik bestehen und somit eine ausreichende Verschleißfestigkeit geben.
- Zur Verringerung der Reibungskräfte Schmierstoffe einsetzen.
- Ziehvorgang erfolgt in mehreren Stufen.
- Bei Stahlwerkstoffen Kaltverfestigung, nach jedem Zug Warmbehandlung nötig. Drahtherstellung von Feinstdrähten (Durchmesser bis 0,003 mm). Ziehgeschwindigkeit bis 20 m/s.

GLEITZIEHVERFAHREN

Verfahren zur Rohrherstellung im Gleitziehverfahren:

- Hohlzug (Durchmesserreduktion),
- Stopfenzug (Durchmesser- und Wanddickenreduktion) und
- Stangenzug (Wanddickenreduzierung).



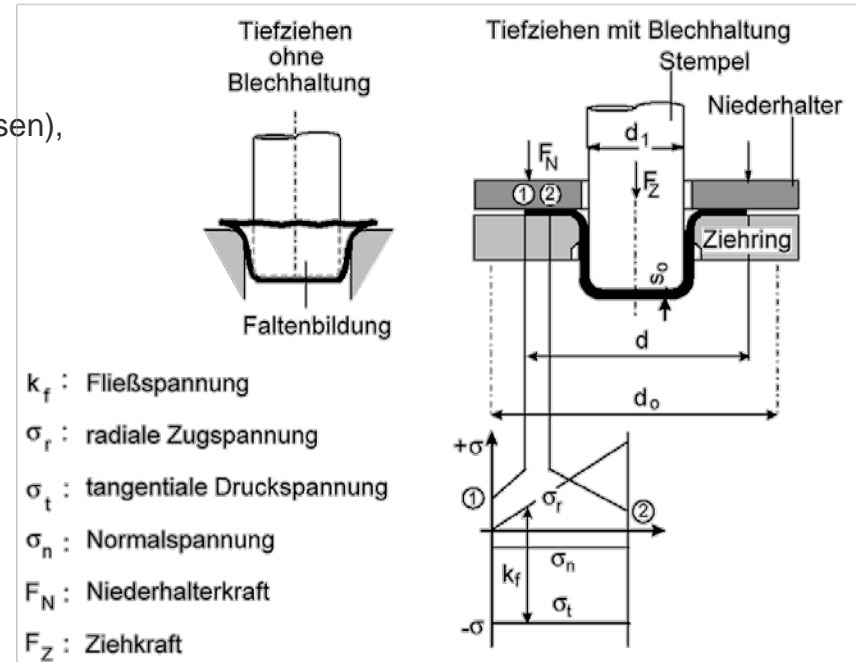
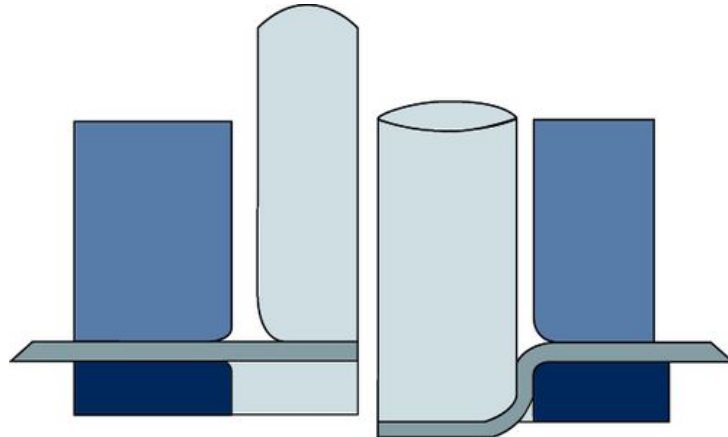
2.2 Umformen

TIEFZIEHEN

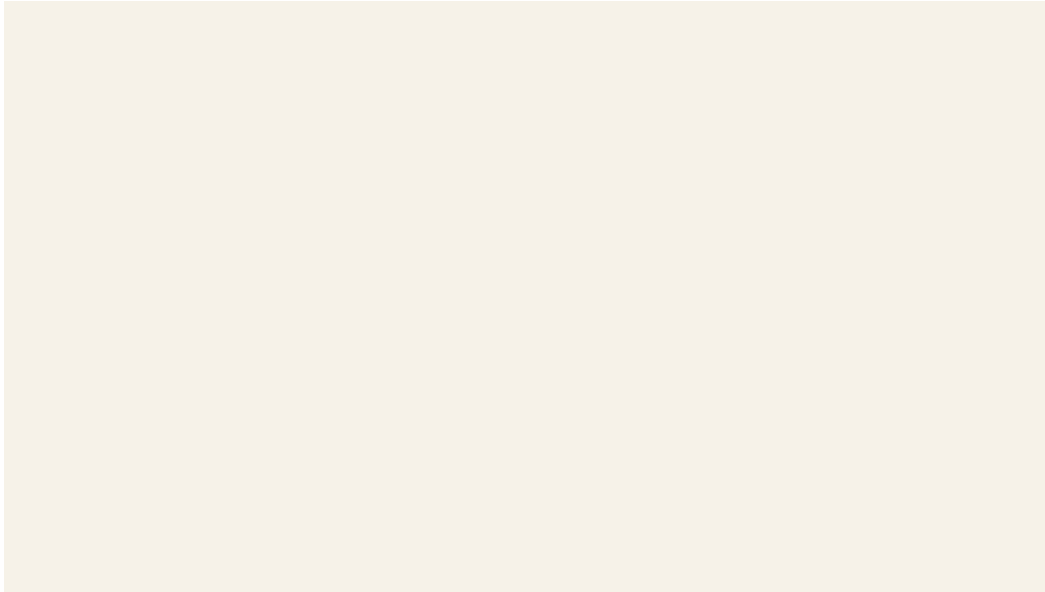
Zugdruckumformen eines Blechzuschnitts zu einem Hohlkörper (Erstzug) oder eines Hohlkörpers zu einem kleinerem Hohlkörper (Weiterzug).

Tiefziehen kann erfolgen mit:

- starren Werkzeugen (Matrize und Ziehstempel)
- nachgiebigem Werkzeug (Ziehstempel und Gummikissen),
- Wirkmedium (Flüssigkeiten, Gase) und
- Wirkenergie (magnetisches Feld).

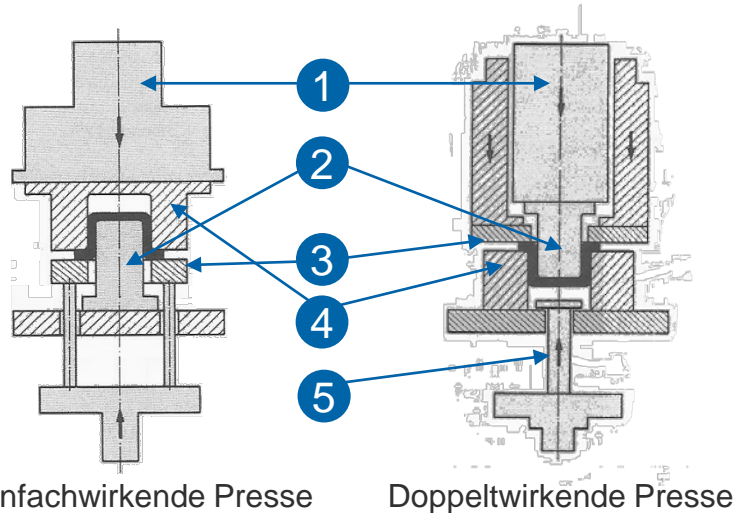


TIEFZIEHEN



2.2 Umformen

TIEFZIEHEN - PRESSE



- 1) Ziehstößel
- 2) Ziehstempel
- 3) Niederhalter
- 4) Ziehring
- 5) Auswerfer



Tiefziehpresse ohne Niederhalter der Firma Blättner (1980) mit 800 kN Presskraft

TIEFZIEHEN

- Tiefziehen mit starrem Werkzeug, z. B. zylindrischer Hohlkörper, Napf.
- Über Stempel, Napfboden und Zarge wird Ziehkraft in Umformzone zwischen Matrize und Blechhalter eingeleitet.
- Umformen durch Stauchen in der Randzone (im Flansch des Napfes) und Strecken im zylindrischen Bereich.
- Zwischen Matrizenoberseite und Blechhalter wirken radiale Zug- und tangentielle Druckspannungen; zwischen Ziehkante und Napfboden axiale Zugspannungen.
- Radiale Zugspannung im Flansch erreicht Maximalwerte an Ziehkante und geht an Rondenrand auf 0 zurück.

2.2 Umformen

TIEFZIEH-VORGANG

Tiefziehtauglichkeit der Werkstoffe wird durch den Anisotropiekennwert und das Grenzziehverhältnis β_{max} angegeben.

Ziehverhältnis: $\beta = d_0/d_1$

Mit: d_0 = Rondendurchmesser
 d_1 = Ziehstempeldurchmesser

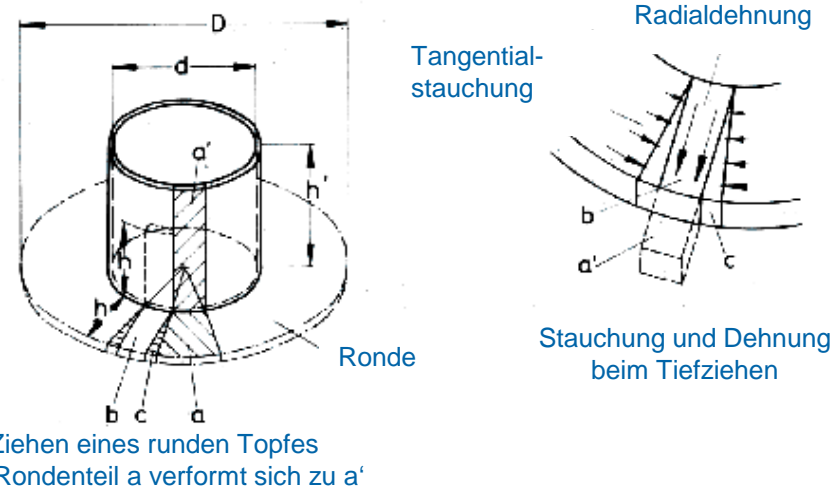
Grenzziehverhältnis: $\beta_{max} = d_{0,max}/d_1$
 (kein Bodenreißer)

Tiefziehwerkzeuge

Einteilung nach Gesamtstückzahl der zu fertigenden Werkstücke und nach erforderlichem Automatisierungsgrad in 4 Güteklassen. Werkstücke der Güteklasse IV sind über 500000 Teile ausgelegt.

Anwendung

Herstellung von Karosserieteilen, Achs- und Getriebeteilen, Ölwanne, Filtergehäusen, Badewannen, Spülen, Töpfen, Konservendosen usw.



2.2 Umformen

KRAGENZIEHEN

→ Bördeln von Öffnungen

Aufrichten von Kragen an Hohlkörpern. In der Weiterverarbeitung können daran

- Gewinde geschnitten
- Bolzen eingepresst
- Rohre eingelötet / eingeschweißt

werden.

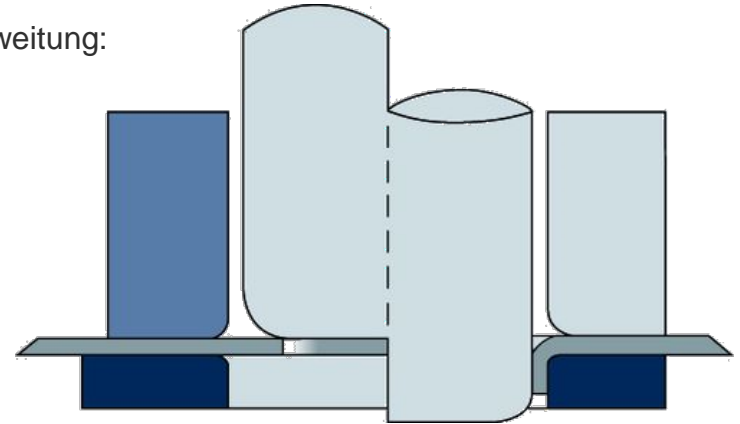
Verfahren:

Eintauchen eines Stempels in ein vorgeschnittenes Loch → Aufweitung:

- Durchmesservergrößerung
- Wanddickenabnahme

Wirkende Spannungen im Kragen:

- Druckspannung (axiale und radiale Richtung)
- Zugspannung (Umfangsrichtung)



2.2 Umformen

KRAGENZIEHEN

Die Kragenhöhe h kann annähernd mit folgenden Formeln bestimmt werden:

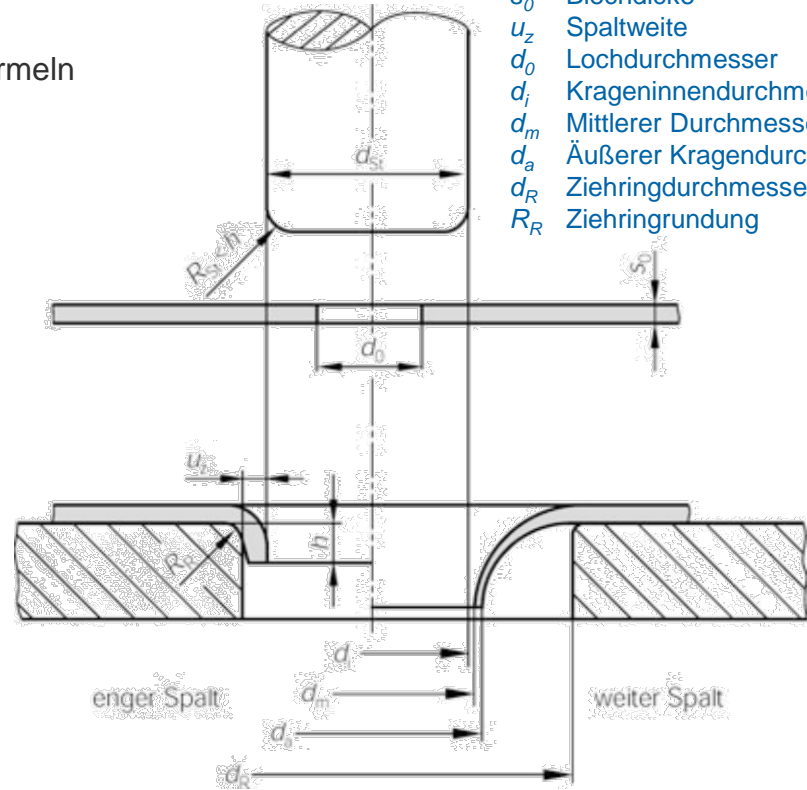
$$h = \frac{1}{2} (d_R - d_0)$$

Wen gilt: $d_i > 5 s_0$ (Weite Borden)
 $z_u \approx s_0$ (Enger Spalt)
 $R_R \downarrow$ (kleine Ziehringrundung)

Andernfalls:

$$h = \frac{1}{2} (d_M - d_0) + 0,43R_R + 0,72s_0$$

- d_{St} Stempeldurchmesser
- R_{St} Stempelabrundung
- s_0 Blechdicke
- u_z Spaltweite
- d_0 Lochdurchmesser
- d_i Krageninnendurchmesser
- d_m Mittlerer Durchmesser Kragen
- d_a Äußerer Kragendurchmesser
- d_R Ziehringdurchmesser
- R_R Ziehringrundung



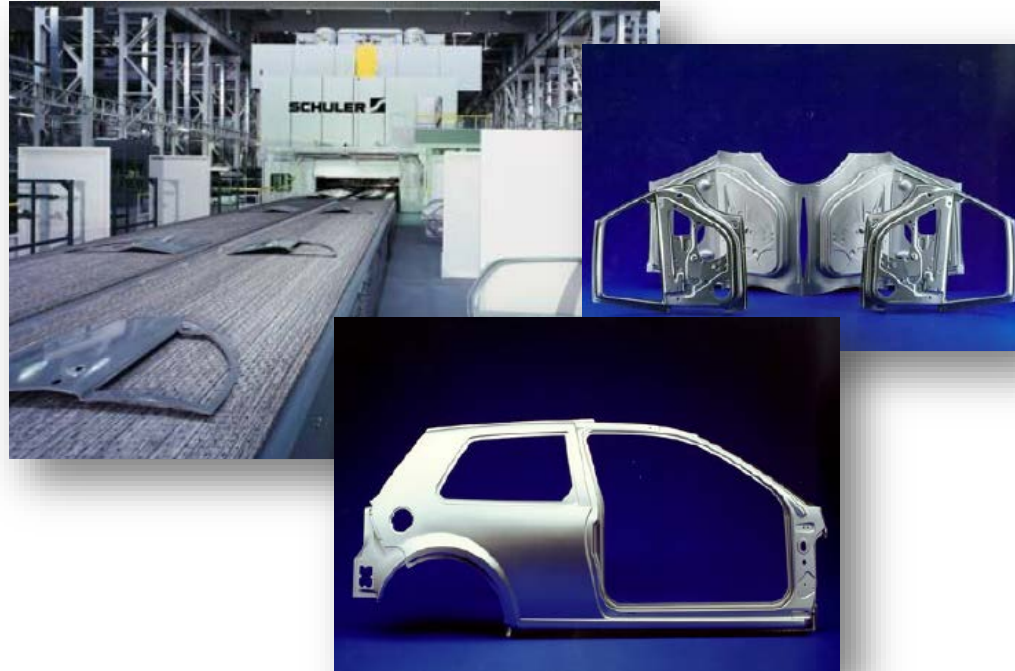
BEISPIELE

Alte Tiefziehpresse für das Herstellen von Badewannen



BEISPIELE

Pressen in der Automobilindustrie



BEISPIEL PRESSWERK



2.2 Umformen

DRÜCKEN

Zugdruckumformen eines Blechzuschnittes zu einem Hohlkörper oder Veränderung des Hohlkörperumfangs: Ein **umlaufendes** Werkzeugteil enthält die Werkstückform (Drückform, Drückfutter). Das Gegenwerkzeug (Drückwalze, Drückstab) greift örtlich an. Es entsteht ein **rotationssymmetrisches** Werkstück.

Die Blechdickenänderung kann vernachlässigt werden. Auftretende Spannungen in der örtlich begrenzten Umformzone:

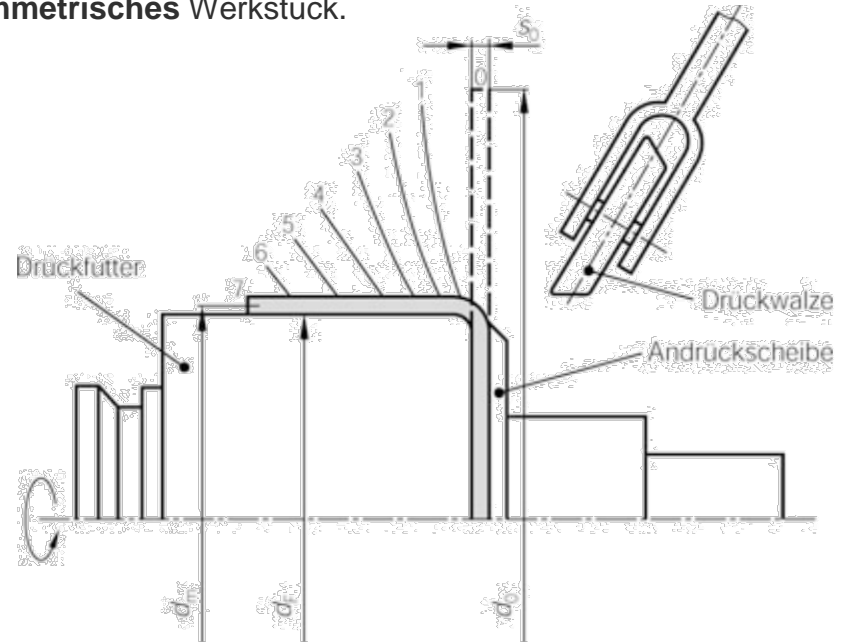
- Druckspannung in tangentialer Richtung
- Zugspannung in radialer Richtung

Zumeist ist die Ausgangsform ein ebener Blechzuschnitt. Zentrische Spannung mittels Andrückscheibe gegen die Stirnfläche des Drückfutters (= entspricht der Innenform des Fertigteils)

- s_0 Rondendicke
- d_0 Rondendurchmesser
- d_F Durchmesser des Drückfutters
- d_m Mittlerer Durchmesser Hohlkörper

Sobald eine Wanddickenänderung eintritt entspricht es nach DIN 8583-2 dem Druckumformen – Walzverfahren.

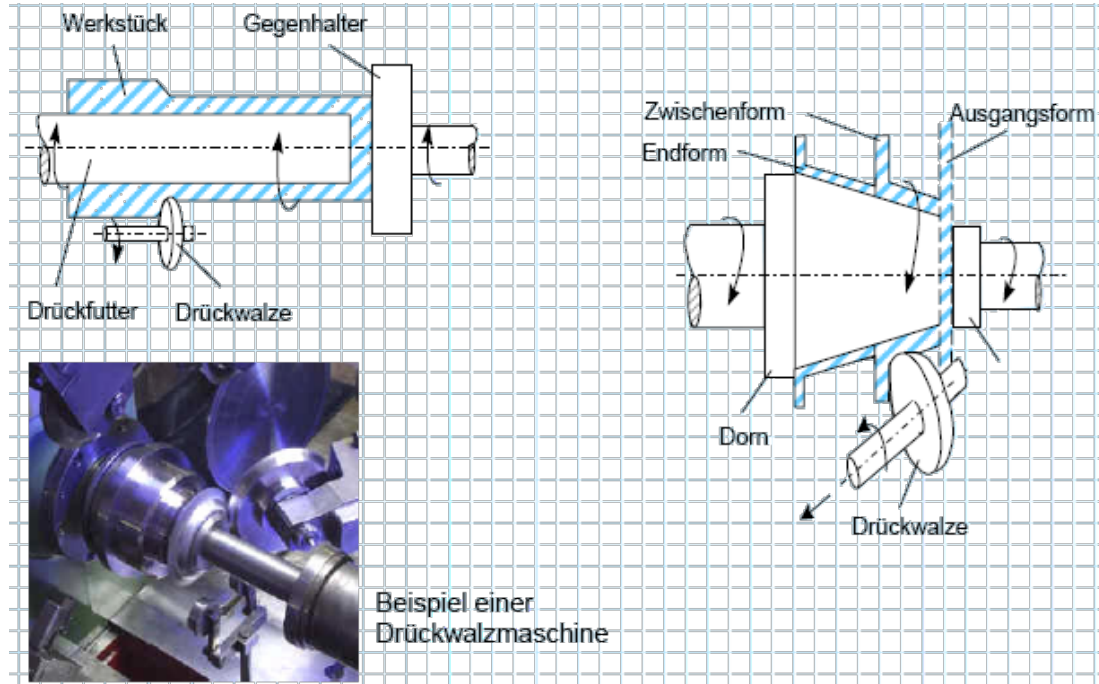
→ Bekanntes Verfahren: Projizierstreckdrücken



2.2 Umformen

DRÜCKEN

Verfahren: Drücken von Hohlkörpern, Weiten und Engen durch Drücken.



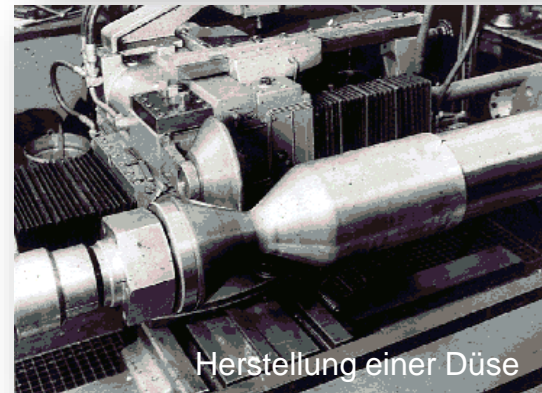
Beispiel einer Drückwalzmaschine

2.2 Umformen

DRÜCKWALZEN

Drücken von Hohlkörpern

- auf **CNC**-gesteuerten Drückmaschinen
- Spannungsverteilung entspricht Tiefziehen, Druckverhältnis $\beta = d_0/d_1$.
- Maximales Druckverhältnis β_{max} liegt bei Tiefziehstahlblechen zwischen 1,6 und 1,7 und wird durch drei Versagensmöglichkeiten des Werkstoffes bestimmt:
 - Faltenbildung (aufgrund fehlenden Blechhalters),
 - Tangentialrisse am Übergang Flansch-Zange bei großem β und
 - Radialrisse im äußersten Teil des Flansches (Folge von Biegewechselspannungen beim Überwalzen).



2.2 Umformen

KNICKBAUCHEN

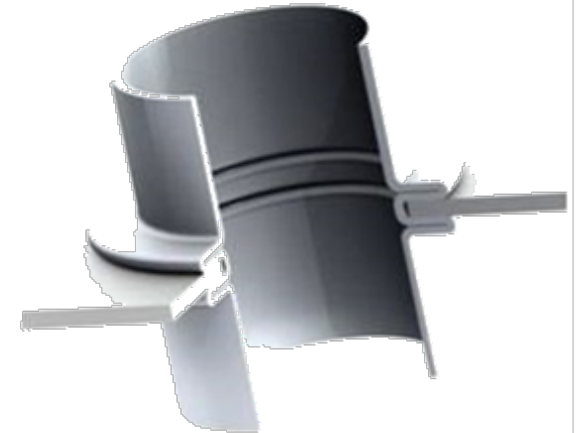
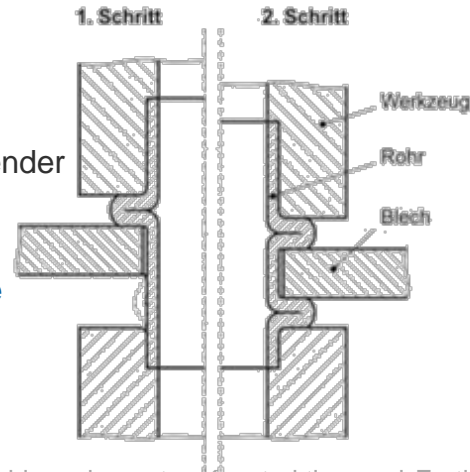
Ermöglicht die Kombination verschiedener Materialien und unterschiedlicher Blechdicken **ohne** das allgegenwärtige Fügeverfahren **Schweißen**.

Besonders beim Verbinden von Rohren oder Profilen mit Blechen kann das Knickbauchen als alternatives umformtechnisches Fügeverfahren genutzt werden.

Fehlende systematisch erarbeitete wissenschaftliche Erkenntnisse im Hinblick

- optimaler Prozessparameter
- Verfahrensgrenzen
- Werkzeugauslegung
- Prozessführung
- Berechnungsgrundlagen für
 - Dimension
 - Belastbarkeit entsprechender Fügeverbindungen

→ **Im Anwendungsfall umfangreiche Bauteilprüfung erforderlich**

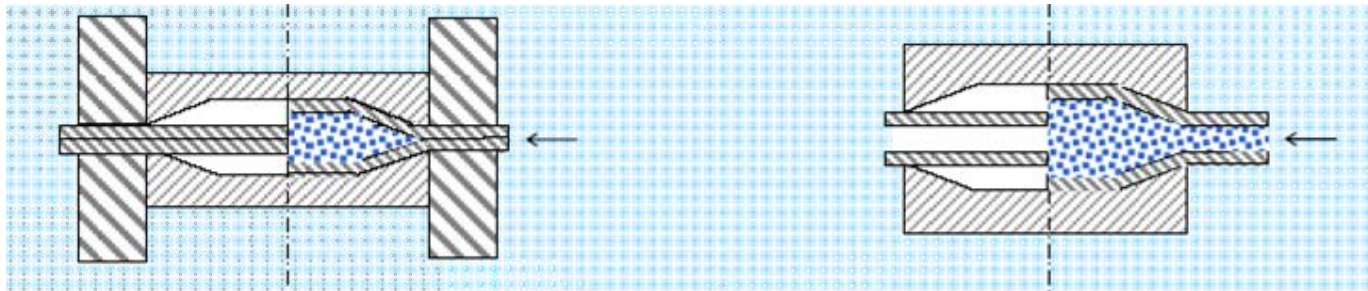


2.2 Umformen

INNENHOCHDRUCKUMFORMEN (IHU)

Innenhochdruckumformen (IHU) ist Umformen mittels flüssiger Wirkmedien. Das flüssige Druckmedium befindet sich hierbei in dem von dem umzuformenden Rohteil und der Anlage gebildeten Hohlraum. Die Formgebung kann sowohl frei als auch formgebunden durch ein umschließendes Werkzeug realisiert werden. Die Umformung kann zusätzlich zum Innendruck durch von außen auf das Rohteil wirkende Kräfte ergänzt werden. Nach der Richtlinie VDI 3146 wird das Verfahren nach der Art des eingesetzten Halbzeugs (Rohteil) unterteilt in:

- Innenhochdruckumformen von Blechen und
- Innenhochdruckumformen von Hohlprofilen.



**Innenhochdruckumformung
zweier Blechen**

**Innenhochdruckumformung
eines Hohlprofiles**

2.2 Umformen

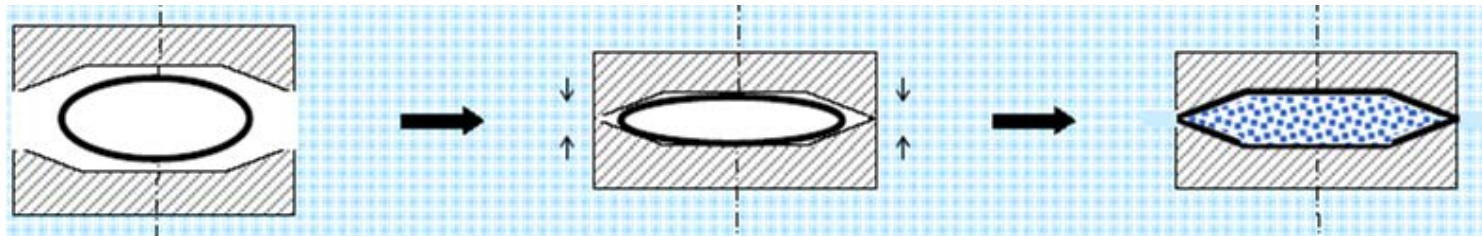
INNENHOCHDRUCKUMFORMEN (IHU)

Unter **Innenhochdruckumformen von Blechen** wird nach DIN 8580 im Gegensatz zum Tiefziehen von Blechen mit Wirkmedien das Umformen von zwei oder mehr Blechen verstanden, zwischen denen nach der Umformung ein Hohlraum mittels Wirkmedium erzeugt wird. Es können sowohl im Randbereich miteinander verschweißte Bleche als auch unverschweißte Bleche umgeformt werden.

Das **Innenhochdruckumformen von Hohlprofilen** wird in erster Linie für geschweißte oder nahtlos gezogene Rohre und Strangpressprofile durchgeführt. Es können hierbei sowohl geradlinige als auch vorgebogene Halbzeuge umgeformt werden. Mittels Innenhochdruckumformung werden Bauteile durch Aufweiten, Aufweitstauchen, Biegen und Durchsetzten erzeugt oder kalibriert.

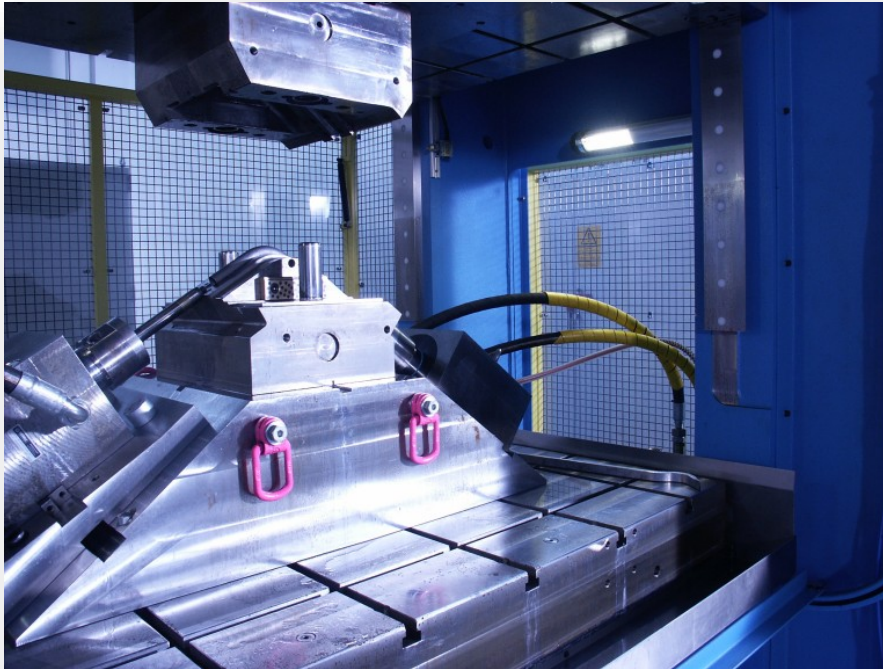
Sonderform:

Innenhochdruckumformung mit Verformung durch bewegliche Werkzeigteile



Quellen: Universität Duisburg-Essen

INNENHOCHDRUCKUMFORMEN (IHU)

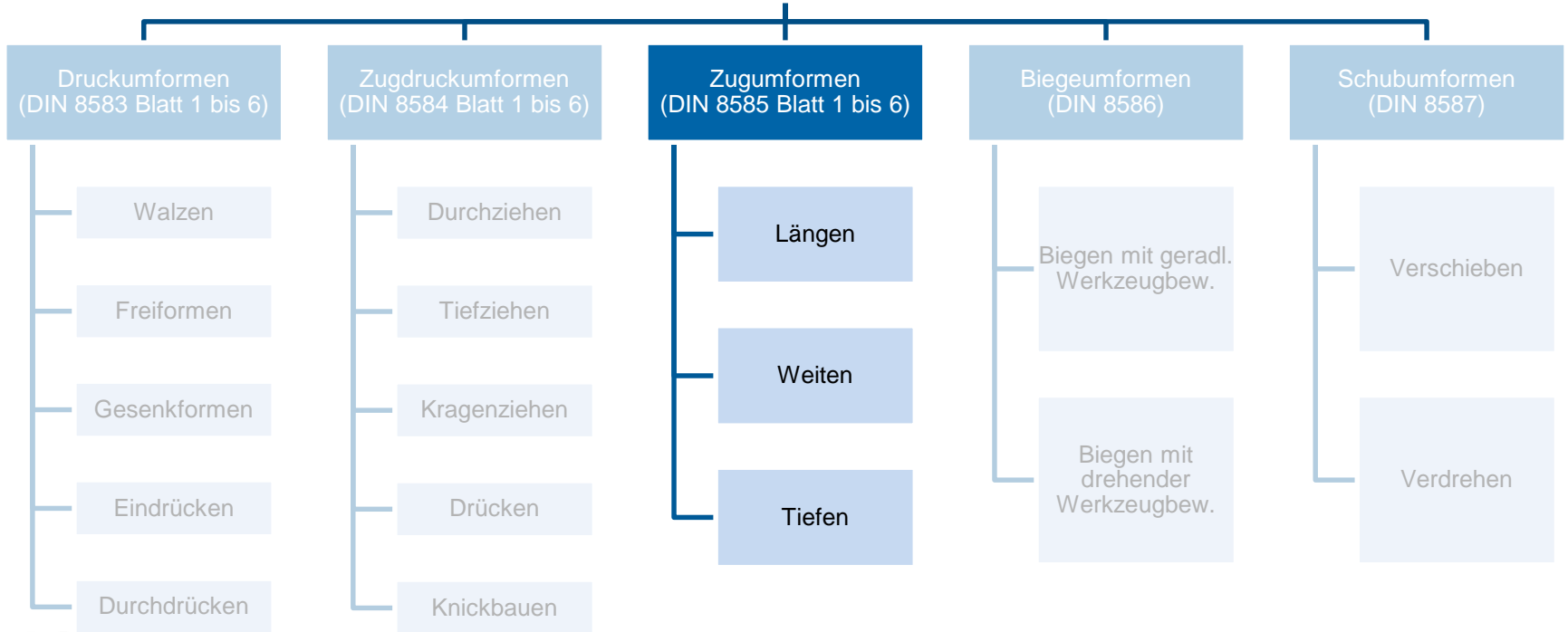


2.2 Umformen

EINTEILUNG

Nach DIN 8582

Hauptgruppe 2 Umformen



2.2 Umformen

ZUGUMFORMEN

Umformen eines festen Körpers. Herbeiführen des plastischen Zustands durch ein- oder mehrachsige Zugbeanspruchung.

Verfahren:

- **Längen**
- **Weiten**
- **Tiefen (Streckziehen, Hohlprägen)**

Anwendung:

Karosseriebau, Herstellung von flachen Teilen (Türen, Dächern), Aufbauten für Lkw, Busse, Blechteile für Luftfahrtindustrie. Verfahren auch geeignet für mittlere und kleinere Stückzahlen (billige, einfache Werkzeuge).

2.2 Umformen

LÄNGEN

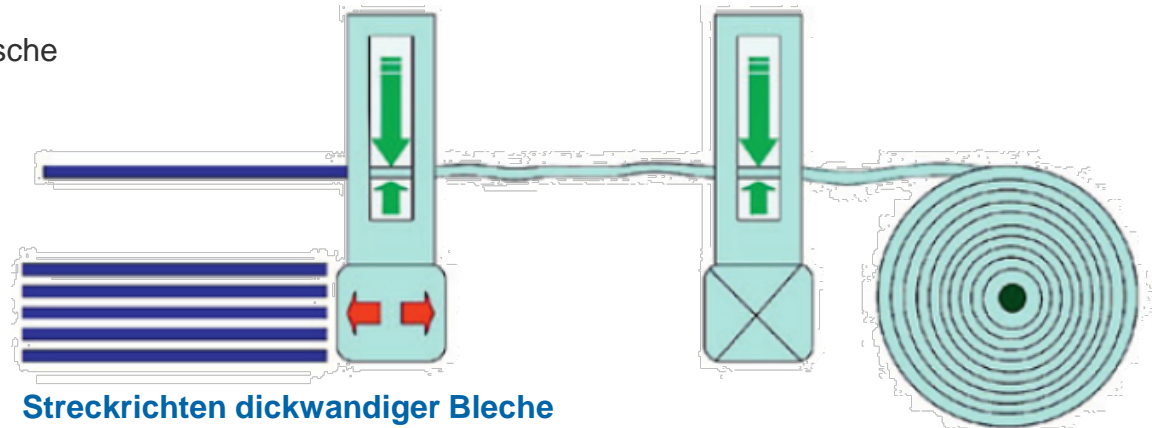
Zugumformen des Werkstückes durch eine von außen wirkende (Zug-) Kraft entlang der Längsachse
 Unterscheidung in:

- Strecken → Vergrößerung der Werkstückabmessung in Krafrichtung (wie Zugversuch)
- Streckrichten → Beseitigung von Biegungen an Stäben, Wellen
 → Beseitigung von Ausbeulungen an Blechen

Verfahren:

Einspannen des Werkstückes in Zangen, welche das Werkstück anschließend hydraulisch strecken. Zu Beginn wirkt die Zugkraft auf teilverkürzte Stellen und bringt diese zum Fließen. Die somit ansteigende Fließgrenze in diesem Bereich bewirkt eine Pastifizierung des gesamten Querschnitts.

Für das Streckrichten reichen plastische Dehnungen von 1 bis 2 % aus.



Streckrichten dickwandiger Bleche

2.2 Umformen

WEITEN

Zugumformen des Werkstückes durch eine im Werkstück radial nach außen wirkende Kraft. Es können runde, ovale und vieleckige Hohlkörper aufgeweitet werden.

Ziel: Vergrößerung des Umfangs.

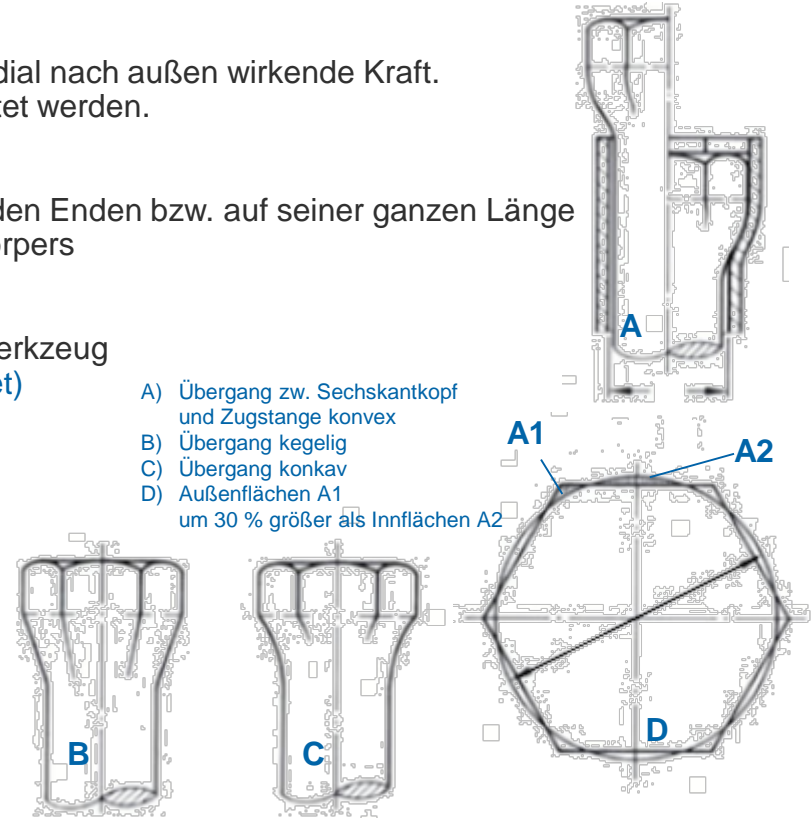
Unterscheidung in:

- Aufweiten → Weiten eines Hohlkörpers an den Enden bzw. auf seiner ganzen Länge
- Ausbauchen → Weiten innerhalb eines Hohlkörpers

Untergliederung nach DIN 8585-3:

- Weiten mit Werkzeugen mittels Dorn, Spreitzwerkzeug oder nachgiebigem Werkzeug (**meist verwendet**)
 - Starre Werkzeuge (Dorn, Spreitzer mit Keil oder Kegel)
 - Elastische Werkzeuge (Kautschuk, Elastomerkunststoff, Kork)
- Weiten mit Wirkmedien mit kraft- oder energiegebundener Wirkung (Medien: Öl, Wasser)
- Weiten mit Wirkenergie (**kaum verwendet**)

Achtung: Schweißbauteile /-baugruppen können das Werkzeug beschädigen



- A) Übergang zw. Sechskantkopf und Zugstange konvex
- B) Übergang kegelig
- C) Übergang konkav
- D) Außenflächen A1 um 30 % größer als Innenflächen A2

2.2 Umformen

TIEFEN - STRECKZIEHEN

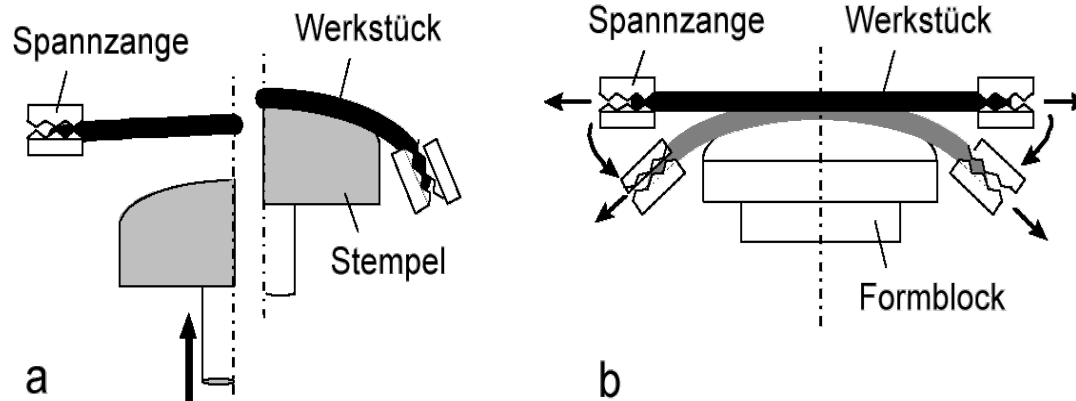
Tiefen eines Blechzuschnittes mit einem starren Stempel. Werkstück am Rand zwischen starren Werkzeugteilen oder mit Hilfe von Spannzangen (einfaches Streckziehen) oder mit Spannzangen und zusätzlicher Zugbeanspruchung (Tangentialstreckziehen) eingespannt.

a) Einfaches Streckziehen:

Blech in drehbar gelagerten Spannzangen eingespannt. Zugbeanspruchung durch Stempel (hydraulisch angetrieben).

b) Tangentialstreckziehen:

Eingespanntes Blech bis in den plastischen Bereich gestreckt, Formgebung durch Anlagen an das Werkzeug (Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück weitgehend vermieden).





Additive Fertigung

FERTIGUNGSTECHNIK 20/21 - 07

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de



imkf
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG



TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler