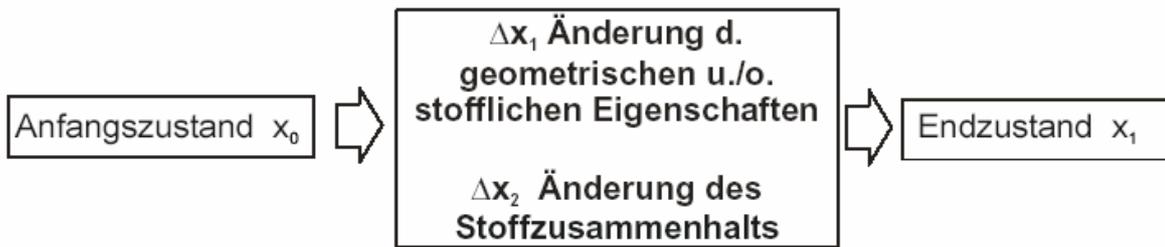


Urformtechnik:

► 1. Nach welchen Gesichtspunkten erfolgt die Einteilung der Fertigungsverfahren und welche Verfahrensgruppen unterscheidet man?

Kriterien zur Einteilung der Fertigungsverfahren [1]



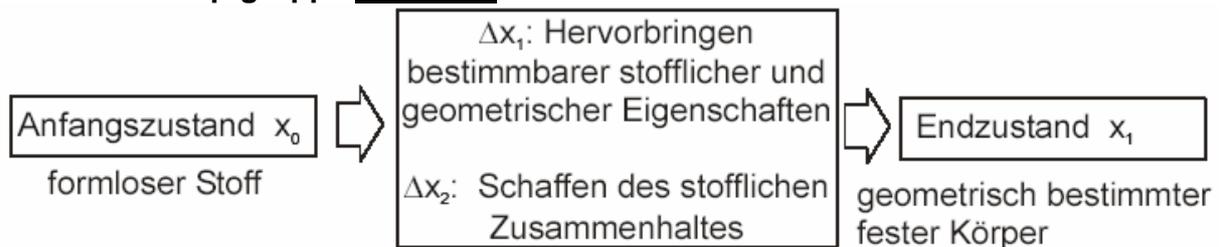
Anfangszustand x_0 : 1. formlos fest, flüssig, gasförmig oder
2. geometrisch u. stofflich bestimmt

Endzustand x_1 : stets geometrisch u. stofflich bestimmter fester Körper

Einteilung in Verfahrenshauptgruppen

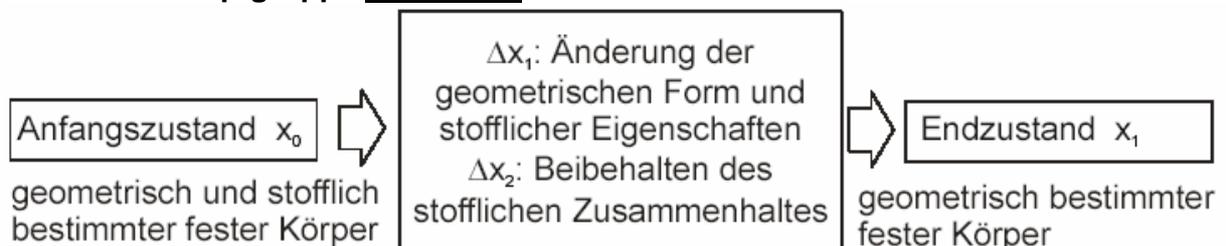
Zusammenhalt Eigenschaft	Schaffen	Beibehalten	Vermindern	Vermehren	
geometrisch	URFORMEN	UMFORMEN	TRENNEN	FÜGEN	BESCHICHTEN
stofflich		STOFFEIGENSCHAFTSÄNDERN			

Verfahrenshauptgruppe Urformen



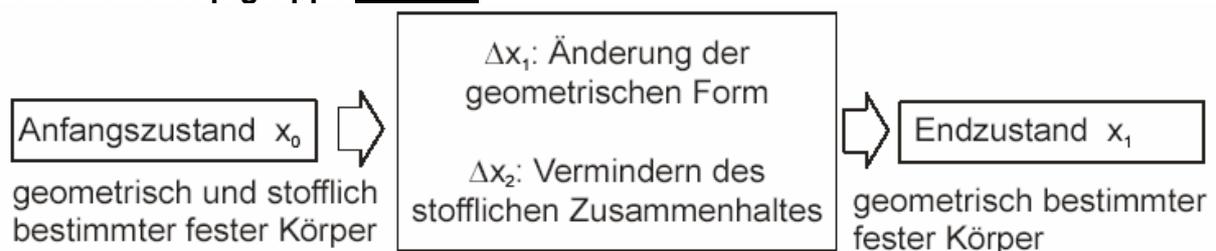
Definition : Urformen ist Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen des Zusammenhaltes. Hierbei treten die Stoffeigenschaften des Werkstücks bestimmbar in Erscheinung.

Verfahrenshauptgruppe Umformen



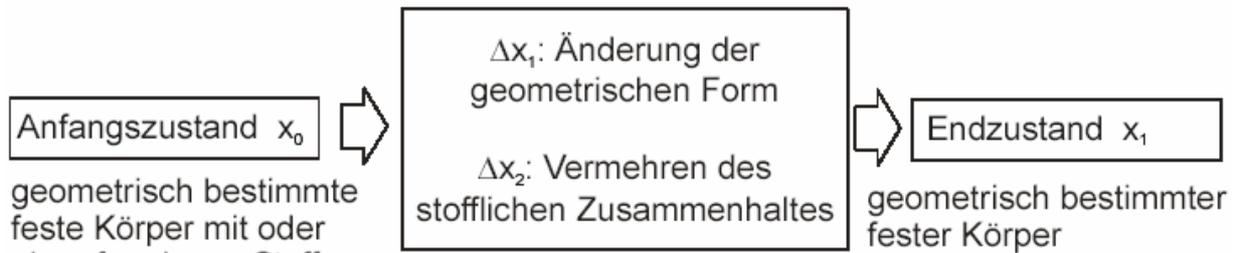
Definition : Umformen ist Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers. Dabei werden sowohl die Masse als auch der Zusammenhalt beibehalten.

Verfahrenshauptgruppe Trennen



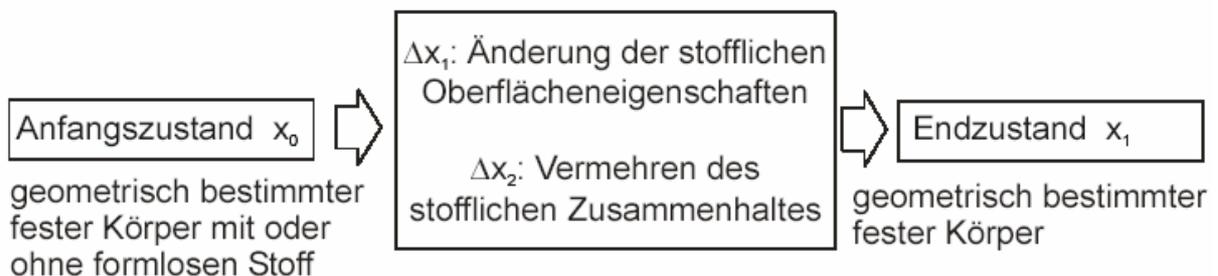
Definition : Trennen ist Fertigen durch Ändern der Form eines festen Körpers, wobei der Zusammenhalt örtlich aufgehoben, d.h. im Ganzen vermindert wird.

Verfahrenshauptgruppe Fügen



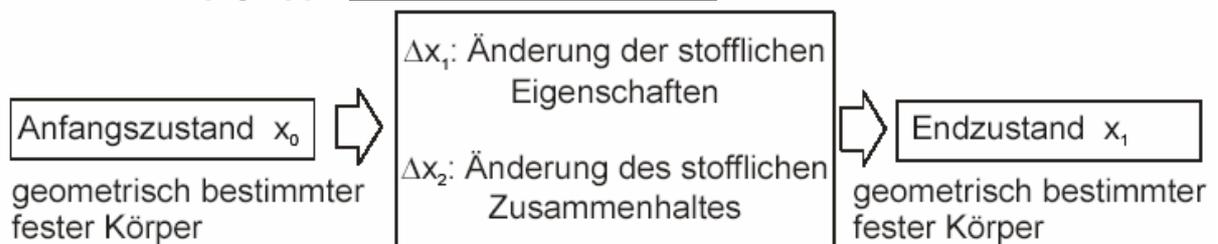
Definition : Fügen ist das Verbinden von zwei oder mehr Werkstücken oder von Werkstücken mit formlosen Stoff.

Verfahrenshauptgruppe Beschichten



Definition : Beschichten ist das Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosen Stoff auf ein Werkstück.

Verfahrenshauptgruppe Stoffeigenschaftsändern



Definition : Stoffeigenschaftsändern ist Fertigen eines festen Körpers durch Umlagern, Aussondern oder Einbringen von Stoffteilchen.

► 2. Nennen Sie die Merkmale zur Einteilung der Gießverfahren! Welche Gießverfahren können diesen Merkmalen zugeordnet werden?

Mögliche Merkmale zur Einteilung der Gießverfahren [1]

1. Nach der Kraftwirkung

- Schwerkraft
- Druckkraft
- Zentrifugalkraft

2. Nach der Art der Gießform

- Sandformguss
- Kokillenguss

3. Nach der Genauigkeit

- Normalguss
- Feinguss
- Präzisionsguss

4. Nach dem Werkstoff

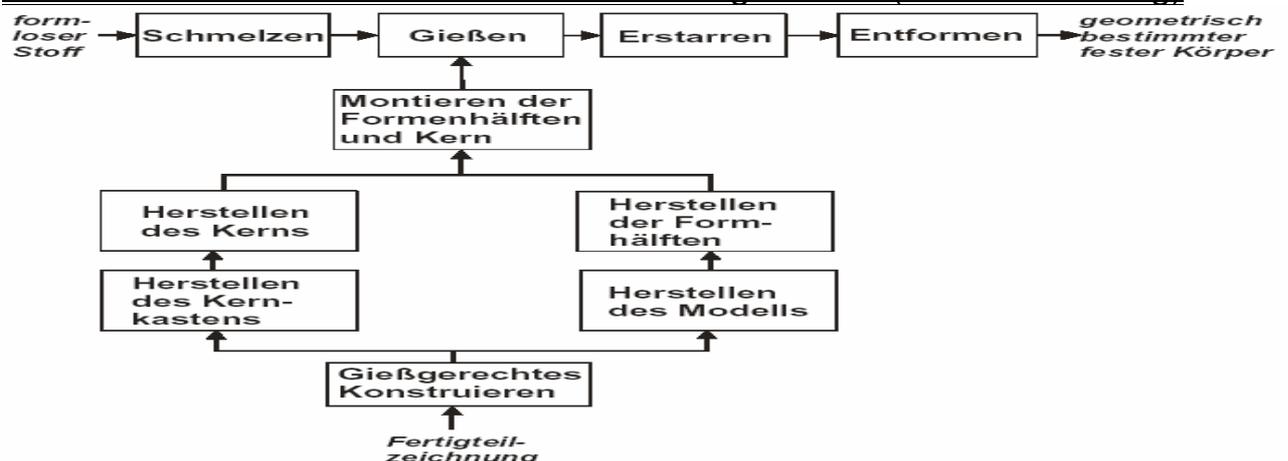
- Grauguss
- Stahlguss
- Ne-Metallguss

► 3. Wie können die Gießverfahren nach Art der Gießform und der Art des Modells eingeteilt werden?

Einteilung der Gießverfahren nach Art der Gießform und nach Art der Modelle

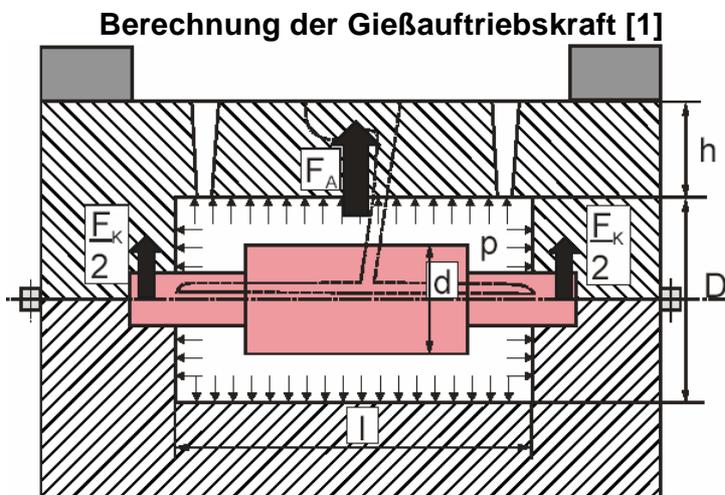
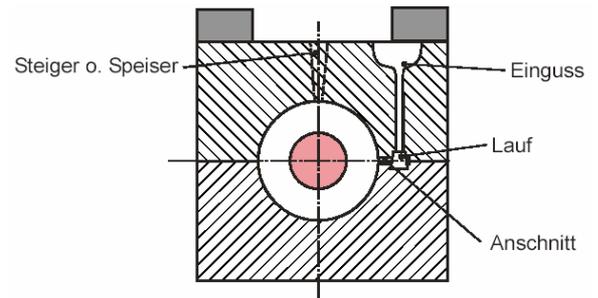
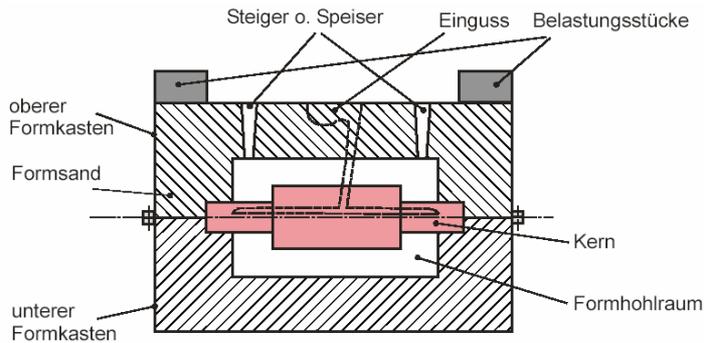
Formart	verlorene Form		Dauerform
Formtyp	geteilte Form	ungeteilte Form	geteilte Form
Modellart	Dauermodelle	verlorene Modelle	ohne Modelle
Verfahrensbeispiel	Sandformgießen Maskenformgießen	Feingießen	Kokillengießen Druckgießen Schleudergießen

► 4. Wie verläuft der Prozess des Sandformgießens? (Blockdarstellung)



Schematischer Prozessablauf des Sandformgießens [1]

► 5. Wie ist das Verfahrensprinzip des Sandformgießens (Skizze) und wie wird die Auftriebskraft bei einem Hohlteil mit Kern ermittelt?



p Gießdruck in Pa
 $F_A; F_K$ Auftriebskraft in N
 h Höhe der betrachteten Flüssigkeitssäule (Höhe der Formsandschicht im Oberkasten über Werkstück)

ρ_{sch} Dichte der Schmelze
 g Erdbeschleunigung in der Teilungsebene
 A_{proj} gegen den Oberkasten projizierte Fläche

V_K Volumen des von der Metallflüssigkeit bedeckten Kerns

ρ_K Dichte des Kernwerkstoffes

$$p = h \cdot \rho_{sch} \cdot g$$

$$F_A = p \cdot A_{proj}$$

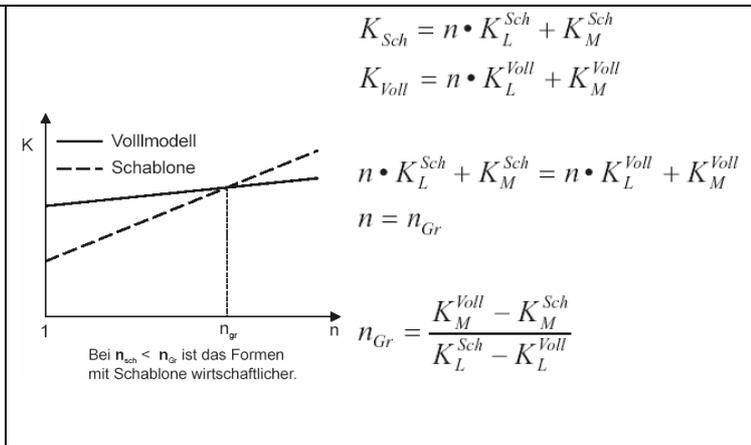
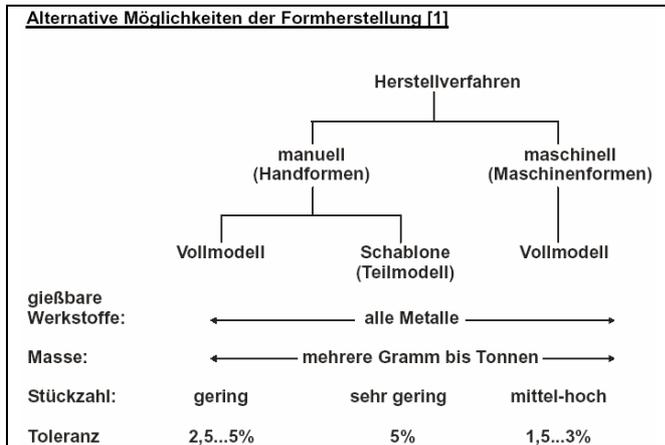
$$F_A = h \cdot g \cdot \rho_{sch} \cdot A_{proj}$$

$$F_K = V_K \cdot \rho_{sch} \cdot g - V_K \cdot \rho_K \cdot g$$

$$= V_K \cdot g \cdot (\rho_{sch} - \rho_K)$$

$$F_{tat} = (1,3 \dots 1,5) \cdot (F_A + F_K)$$

► 6. Welche Vor- und Nachteile hat das Formen mit Schablone gegenüber dem Formen mit einem Vollmodell und wie ermittelt man die Grenzstückzahl?



	Schablone	Vollmodelle
Nachteile	Hoher Stundenlohn	Manuell gefertigtes Modell bringt
	Manuell gefertigt	Geringere Stückzahlen
	Geringe Stückzahl	
	Hohe Toleranz	
Vorteile	Im Gesamtkostenvergleich bis	Auch maschinell herstellbar
	Grenzfall billiger	Größere Stückzahl
		Geringere Toleranz

► 7. Wie sind die Metalle aufgebaut? (Skizzen)

Aufbau der Metalle [6]

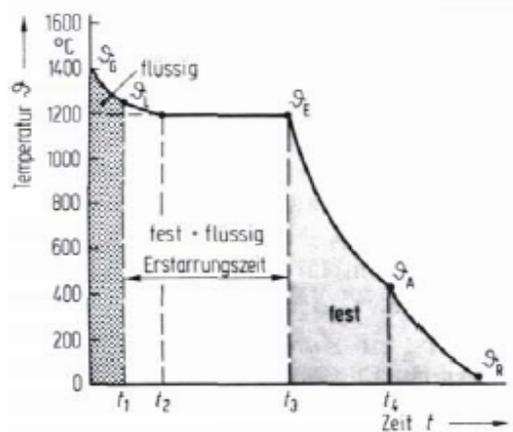
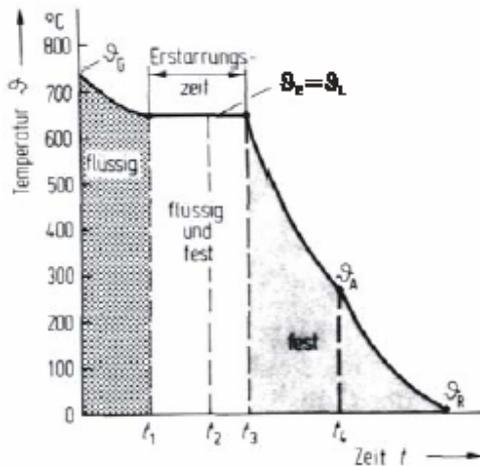
Benennung	Prinzipiskizze	Größenordnung
Atom		
Grundzelle		0,1 ... 0,5 nm [1 Nanometer = 10 ⁻⁹ mm]
Mosaikblock		0,1 ... 1 μm [1 Mikrometer = 10 ⁻³ mm]
Korn (Kristallit)		0,03 ... 0,02 mm (Großkorn auch größer)
Körper a) Vielkristallmetallischer Werkstoff (Gefüge)		10 ... 10 ³ mm
b) Einkristall künstlich vergrößertes Korn		10 ... 10 ³ mm

► 8. Wie verläuft der Erstarrungsprozess $\vartheta=f(t)$ (Abkühlkurven) bei einer eutektischen und einer nichteutektischen Legierung? (Skizze)

Beispiele [2]

Eutektische Legierung
Beispiel: Aluminiumschmelze

Nichteutektische Legierung
Beispiel: Gusseisen



ϑ_G Gießtemperatur
 ϑ_L Liquidustemperatur
 ϑ_E eutektische Temperatur
 $\vartheta_L = \vartheta_E$
 ϑ_A Auspacktemperatur
 ϑ_R Raumtemperatur

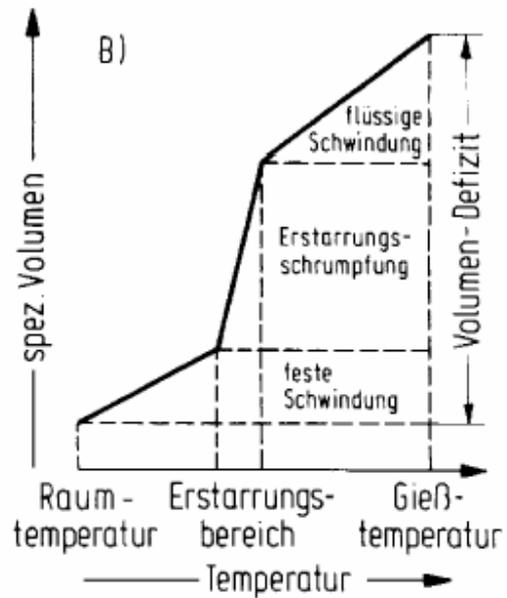
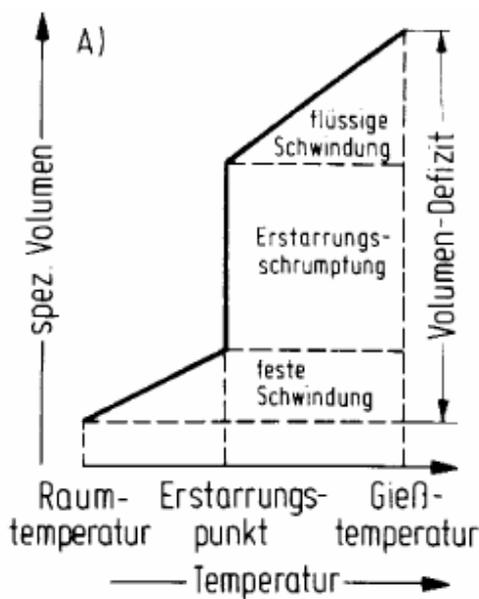
ϑ_G Gießtemperatur
 ϑ_L Liquidustemperatur
 ϑ_E eutektische Temperatur
 $\vartheta_L - \vartheta_E$ Erstarrungsintervall
 ϑ_A Auspacktemperatur
 ϑ_R Raumtemperatur

► 9. Wie verläuft die Volumenkontraktion einer eutektischen und einer nichteutektischen Legierung (spezif. Vol. = f(Temperaturabnahme))? Aus welchen Anteilen setzt sich die Volumenkontraktion zusammen (Skizze)?

Die Änderung der Temperatur führt infolge

- Flüssigkontraktion ΔV_F
- Erstarrungskontraktion/Erstarrungsexpansion ΔV_E
- Festkörperkontraktion (Schwindung) ΔV_s

zu einem *technischen Volumendefizit*



- 10. Was versteht man unter dem Gußstück- bzw. Gießmodul M_G ? Welchen Einfluss hat er auf die Erstarrungszeit beim Sandformgießen und beim Kokillengießen? Wie soll der Speiser dimensioniert sein?

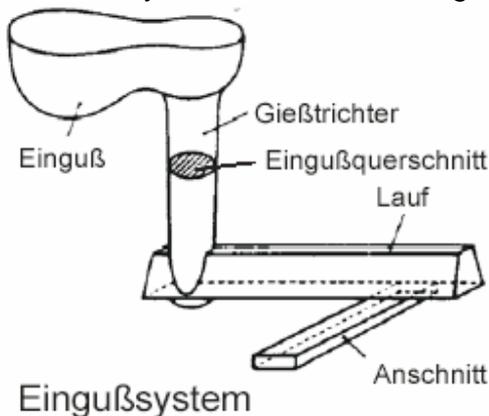
$$M_G = \left(\frac{V_G}{A_G} \right)$$

$$M_{Sp} = \left(\frac{V_{Sp}}{A_{Sp}} \right) \quad \text{Für eine einwandfreie Erstarrung gilt:}$$

$M_{Sp} > M_G$; im allgemeinem $M_{Sp} \approx 1,25 \cdot M_G$

- 11. Wie sieht das Gießsystem beim Sandformgießen aus (Skizze) und welche Faktoren beeinflussen wie das Fließvermögen? Wie können die Anschnitte dimensioniert werden?

Das Gießsystem besteht aus Eingussystem und Speiser.



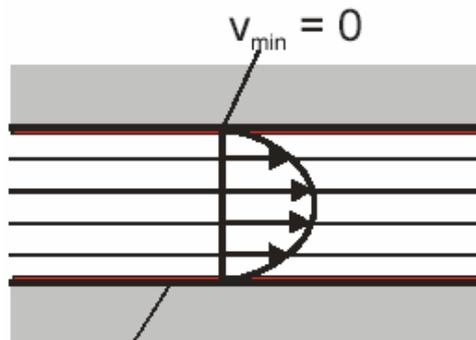
$$n \cdot A_a = \frac{m_G}{\rho_G \cdot t_F \cdot \xi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}$$

$\xi = 0,3$ bei schwierigen Gussstücken
 $\xi = 0,4$ bei normalen Gussstücken
 $\xi = 0,5$ bei einfachen Gussstücken

- Viskosität
- Eingussquerschnitt
- Strömungsart

Strömungsarten beim Gießen [1]

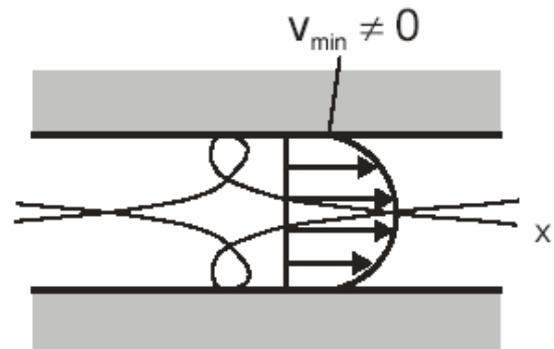
Laminare Strömung



erstarrte Grenzschicht

Bei laminarer Strömung entsteht eine erstarrte Grenzschicht, so dass sich strömende Schmelze und Kanalwand (Sand) nicht mehr unmittelbar berühren.

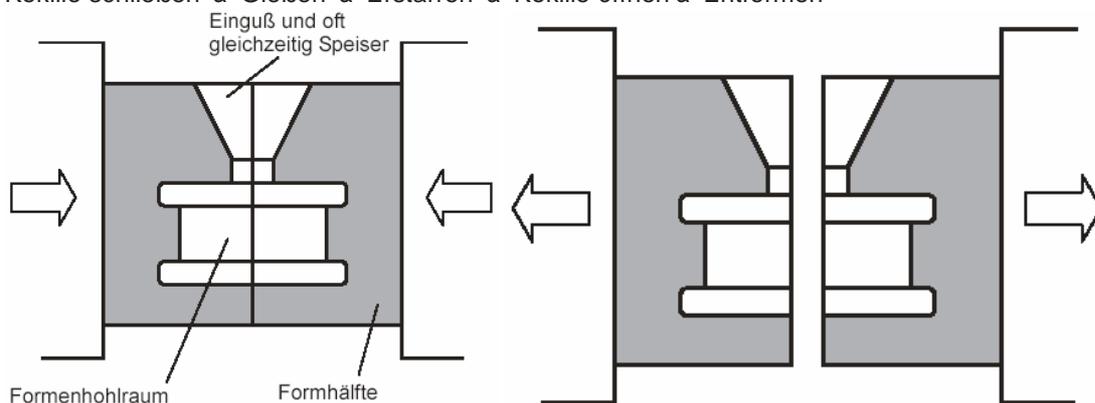
Turbulente Strömung



Bei der turbulenten Strömung wird die Bildung einer festen Randschicht durch die Geschwindigkeitsunterschiede am Rand und durch das ständige Ändern der Lage der Teilchen (Kristallite) verhindert. Dadurch kann es zum Ausspülen von Sandteilchen und damit zur Einlagerung von Sand in den Guss kommen.

► 12. Wie ist das Verfahrensprinzip des Kokillengießens? (Skizze)

Kokille schließen → Gießen → Erstarren → Kokille öffnen → Entformen



► 13. Welche Vor- und Nachteile hat das Kokillengießen?

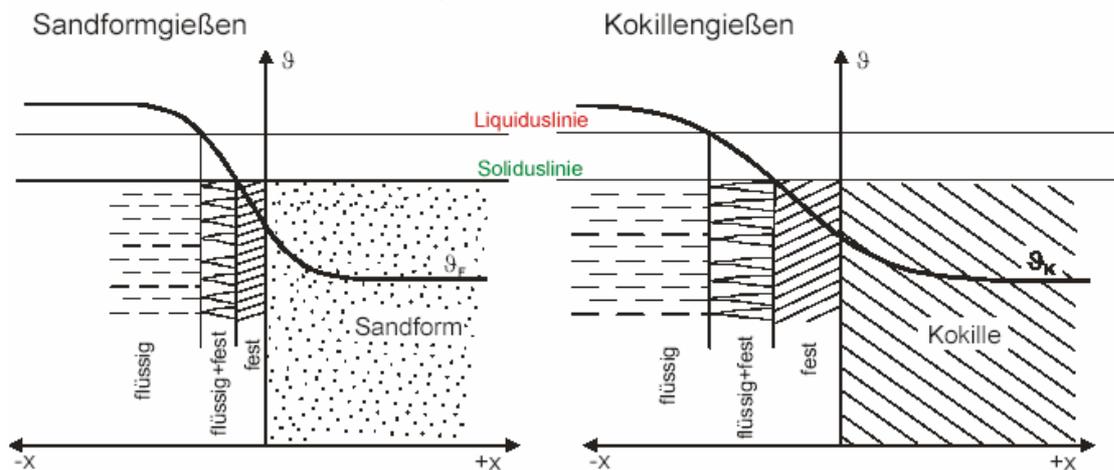
Vorteile	Nachteile
-geringe Oberflächenrauheit	- hohe Herstellkosten der Kokillen
-kleinere Bearbeitungszugaben	-unwirtschaftlich für kleinere Serien
-feineres Gussgefüge	-Schwierigkeit, dünnwandige Gussstück zu fertigen
-größere Produktivität	-Notwendigkeit, Außenkerne einzusetzen
-verbesserte Materialausnutzung	- hohe Wärmespannungen, bedingt durch behinderte Schwindung
-entfallender Umlauf von Formstoff bzw. Formkästen, Einsparung von Lagerplatz	-Notwendigkeit einer Wärmebehandlung
-hoher Grad an Mechanisierung und Automatisierung möglich	
-kleinerer Investitionsaufwand (60% im Verhältnis zum Sandguss)	

► 14. Vergleichen Sie den Erstarrungsvorgang (Skizze) beim Sandformgießen und beim Kokillengießen! Wann wird welches Verfahren eingesetzt?

hohe Stückzahlen → Kokille

Im Unterschied zum Sandformgießen führen Metallkokillen die Wärme wesentlich schneller ab als Formen aus Sandgemischen.

Um die thermische Beanspruchung etwas herabzusetzen und ein Haften des Gussstückes in der Kokille zu vermeiden, wird ein Kokillenanstrich (Schlichte) aufgebracht. (z.B.: Schamotte, Graphit, Azetylenruß)



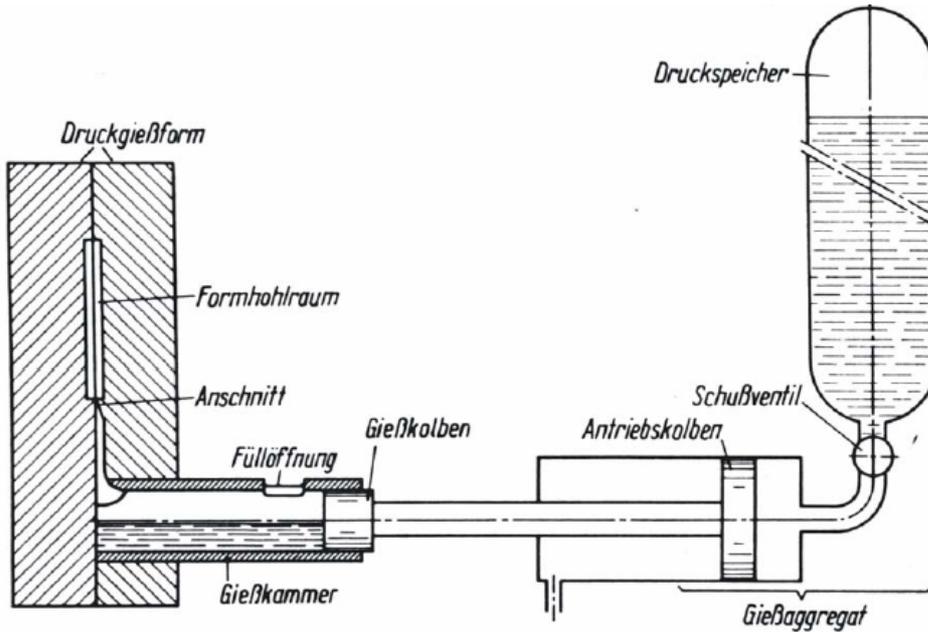
Wärmeleitfähigkeit

$$\lambda_{\text{Sand}} = 2 \frac{\text{KJ}}{\text{hmK}} = 0,5 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

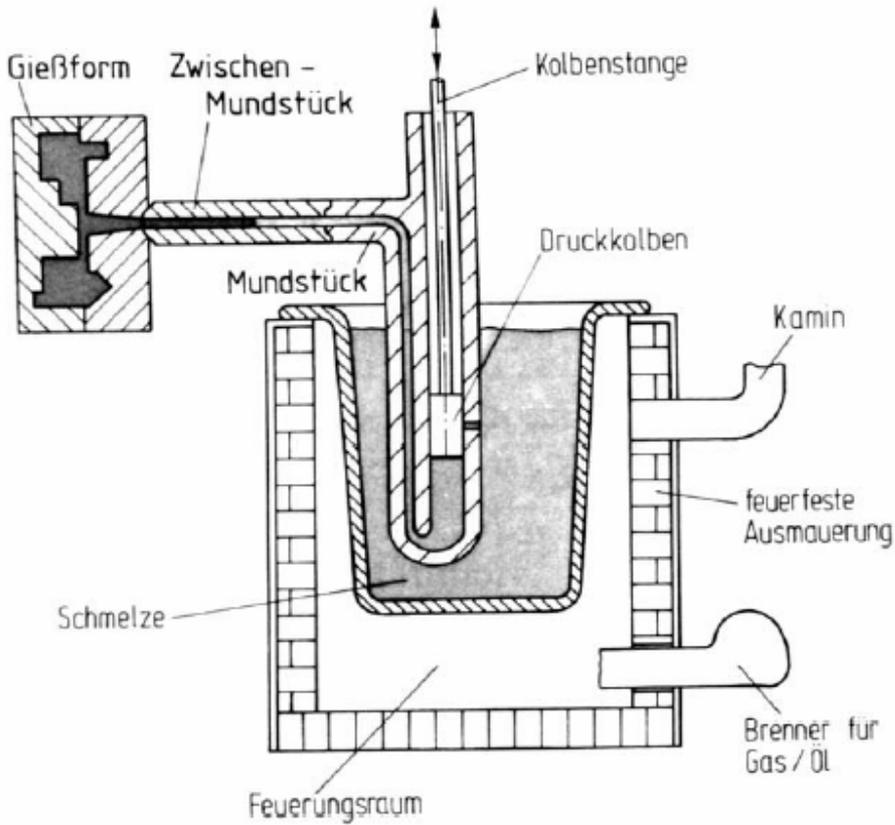
$$\lambda_{\text{GG}} = 200 \frac{\text{KJ}}{\text{hmK}} = 50 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

► 15. Welche Verfahren des Druckgießens unterscheidet man und für welche Werkstoffe kommen sie jeweils zum Einsatz? (Skizzen)

Nach den eingesetzten Maschinen unterscheidet man: - Warmkammerverfahren
- Kaltkammerverfahren

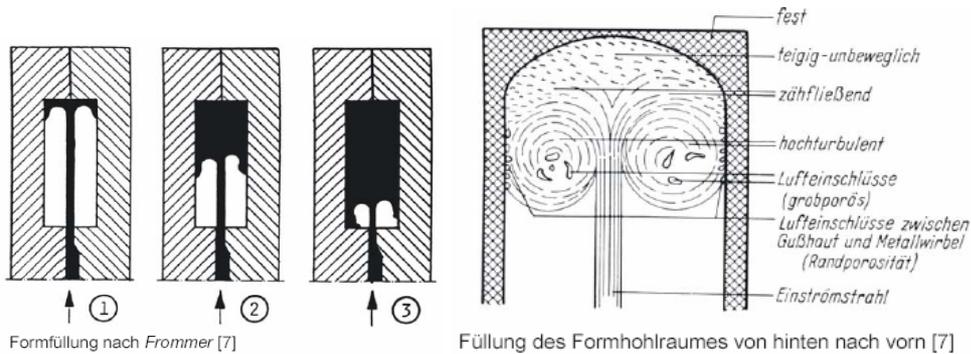


Gießanordnung in der Kaltkammermaschine [7]

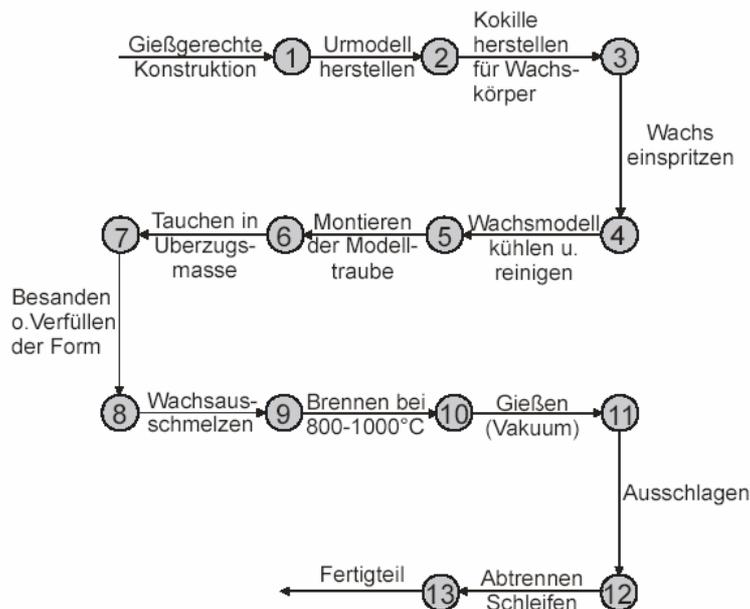


Kalt: Gießbare Werkstoffe: alle Werkstoffe wie beim Warmkammerverfahren
zusätzlich Aluminiumlegierungen GD-AlSi12, GD-AlSi6Cu4 Mg, GD-AlMg9 u.a.
Warm: Gießbare Werkstoffe: Zinnlegierungen GD-Sn80Sb u.a.
Bleilegierungen GD-Pb95Sb u.a.
Zinklegierungen GD-ZnAl 4 (Z400), GD-ZnAl4Cu1 (Z410)
Magnesiumlegierungen GD-MgAl9 Zn

► 16. Wie verläuft die Formfüllung beim Druckgießen (Skizze)?

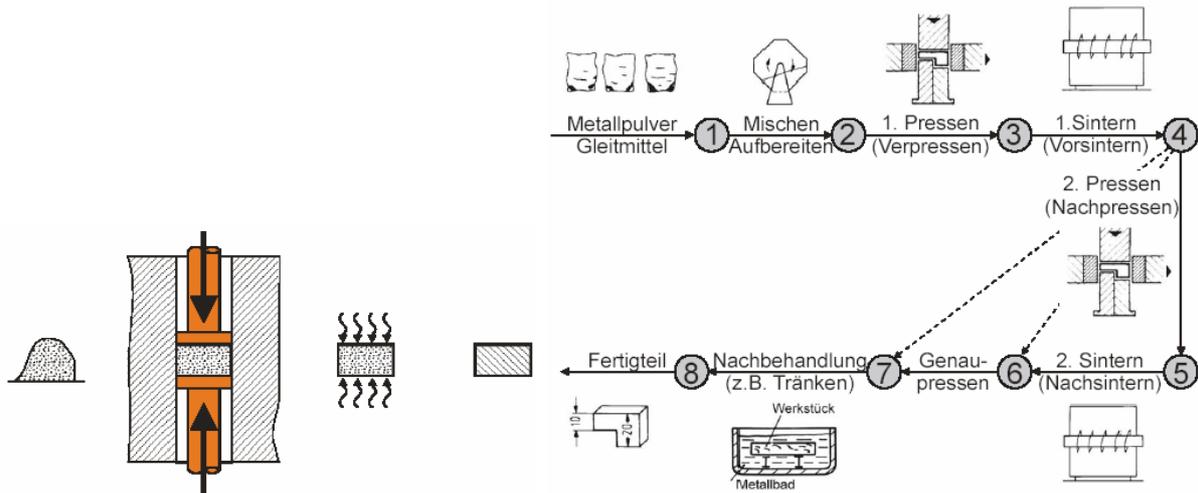


► 17. Skizzieren Sie Prozeßablauf des Feingießens! Welche Unterschiede bestehen zwischen Feingießen und Sandformgießen?



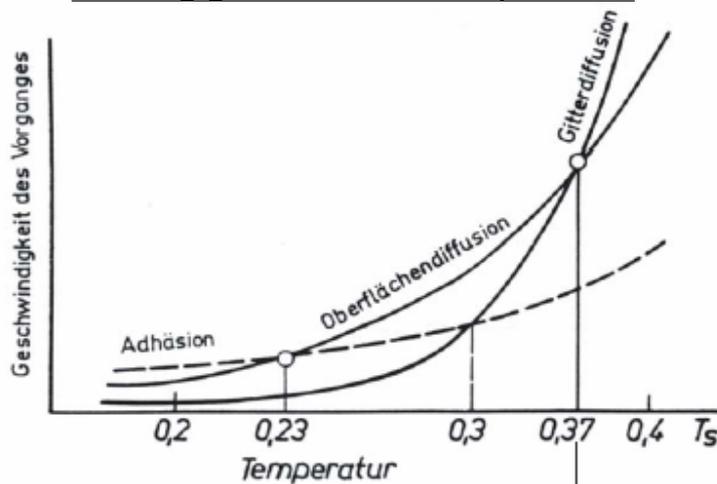
-Form im Gegensatz zum Sandguss auf alle Fälle verloren

► 18. Wie ist das Verfahrensprinzip des Sinterns? (Skizzen) und wie verläuft der Sinterprozeß? (Blockdarstellung) Wie kann die Dichte eines gesinterten Werkstückes beeinflusst werden?

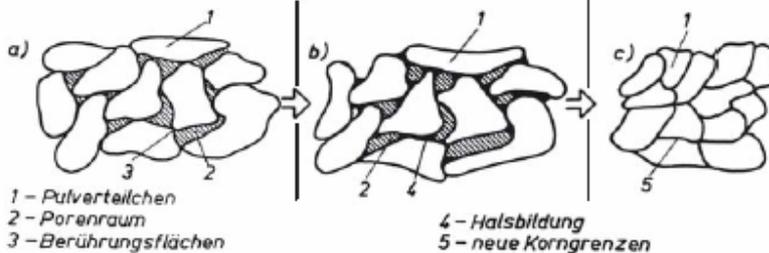


Dichte beeinflussbar durch den Pressdruck. Einseitige oder zweiseitige Presswirkung.

► 19. Wie verlaufen die Bindungsmechanismen beim Sintern in Abhängigkeit von der Temperatur?



⇒ Oberflächendiffusion: desto höher die Temperatur desto mehr Platzwechsel der Atome
 ⇒ Gitterdiffusion: bei weiterem Temperaturunterschied kommt es zu einer Beteiligung der in den Metallgittern eingelagerten Atome am Platzwechsel
 ⇒ Adhäsion: Bindungen der Oberflächen



► 20. Vergleichen Sie das Druckgießen mit dem Thixo-Casting und nennen Sie Vor- und Nachteile!

- beide Verfahren sind ähnlich da der Formstoff mittels Druck eingepresst wird
- nachfolgendes Verdichten beim Druckguss
- Thixo-Casting: Erstarrung des fest-flüßigen Materials unter Druck

Vorteile

- Formfüllung erfolgt weitestgehend laminar
- deutliche kleinere Erstarrungsschrumpfung
- geringerer Einsatz von Trennmittel gegenüber Druckguss
- geringere thermische Belastung durch niedrigerer Einsatztemperatur des Gießmetalls
- verbesserte Maßhaltigkeit der produzierten Teile wegen der Erstarrung unter hohem Druck
- konstante und sehr hohe Legierungsqualität
- zuverlässigerer Prozess wegen Vereinfachungen beim Werkzeug, da kein Flüssigmetall eingesetzt wird

Umformtechnik:

► 21. Wie kann man sich den Mechanismus bleibender Formänderungen vorstellen? (Ideeller Gleitvorgang, realer Gleitvorgang, Skizzen)

► 22. Geben Sie Umformgrade beim Umformen eines Quaders (l, b, h) an! Warum muß die Summe aller Umformgrade immer Null sein? (Herleitung)

Bei der parallelepipedischen (d.h. die Winkel der einzelnen Volumenelemente bleiben konstant) Umformung eines Quaders der Breite b, der Höhe h und der Länge l folgt aus dem Gesetz der Volumenkonstanz, dass

$$V = b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_1 \cdot h_1 \cdot l_1 = \text{const} \quad (18)$$

sein muss. Wenn die Endabmessungen auf die Anfangsabmessungen bezogen werden, d.h. durch Division mit $b_0 \cdot h_0 \cdot l_0$ ergibt sich

$$b_1/b_0 \cdot h_1/h_0 \cdot l_1/l_0 = \lambda_b \cdot \lambda_h \cdot \lambda_l = 1. \quad (19)$$

Das Logarithmieren der Gleichung (19) führt zu

$$\ln(b_1/b_0) + \ln(h_1/h_0) + \ln(l_1/l_0) = \varphi_b + \varphi_h + \varphi_l = 0 \quad (20)$$

d.h., die **Summe der drei Umformgrade muss stets den Wert Null** annehmen. Daraus folgt, dass sich ein Umformgrad im Vorzeichen von den beiden anderen unterscheiden muss. Dieser ist wertmäßig der absolut **größte Umformgrad** und wird mit φ_g bezeichnet:

$$\varphi_g = |\varphi|_{\max} \quad (21)$$

► 23. Wie ist die Fließspannung k_f definiert und von welchen Einflußgrößen hängt sie ab?

Die Fließspannung k_f wird als die Normalspannung definiert, die bei einem einachsigen Spannungszustand das Eintreten bzw. bei schon vorangegangener Umformung das Aufrechterhalten des plastischen Zustandes bewirkt. Sie ist keine Konstante, sondern vom **Werkstoff**, dessen Vorbehandlung und Zustand, von dem **Umformgrad, der Umformgeschwindigkeit und der Umformtemperatur** abhängig. Diese Abhängigkeit der Fließspannung von den Einflussgrößen bezeichnet man als Fließkurven.

► 24. Was versteht man unter der ideellen Umformarbeit (Finksche Grundgleichung) und wie ermittelt man die tatsächliche Umformarbeit? Was ist der Umformwirkungsgrad?

$$W_{id} = \int_0^s F_{id} ds \quad (49) \quad W_{id} = V \cdot k_{fm} \cdot |\varphi_h| = V \cdot k_{fm} \cdot \varphi_g \quad \text{Finksche Grundgleichung (52)}$$

für jeden reibungsfreien parallelepipedischen Umformvorgang anwendbar

$$W_{tat} = W_{id} + W_R + W_S \quad \text{tatsächliche Umformarbeit} \quad (59)$$

$$\eta_u = W_{id}/W_{tat} \quad \text{Umformwirkungsgrad} \quad (60)$$

► 25. Wie erfolgt die Unterteilung in Kalt- und Warmumformung in der Fertigungstechnik (nach DIN) und in der Metallkunde?

Einteilung nach der Umformtemperatur nach DIN 8582

Warmumformung

Verfahren, bei denen das Werkstück vor der Umformung auf eine Temperatur oberhalb der Raumtemperatur erwärmt wird.

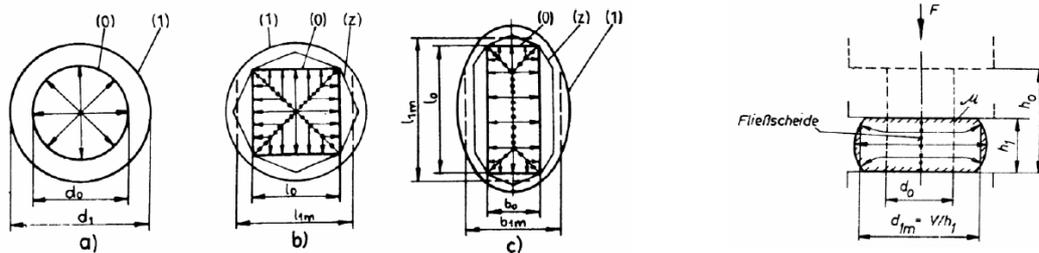
Kaltumformung

Verfahren, bei denen das Werkstück vor der Umformung nicht erwärmt wird, sondern mit Raumtemperatur den Werkzeugen zugeführt wird.

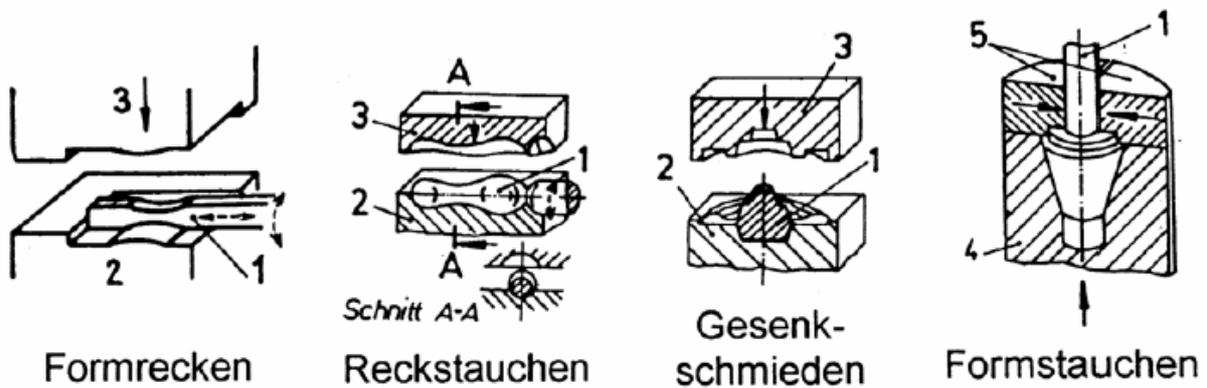
In der Metallkunde dient die **Rekristallisationstemperatur** als Grenze zwischen Kalt- und Warmumformung.

► 26. Wie ist der Werkstofffluß beim Stauchen von einem Körper mit rundem, quadratischem und rechteckigem Querschnitt? Was ist eine Fließscheide?

Die Mittelachse beim Stauchversuch (s. Bild) stellt eine so genannte **Fließscheide** dar. Darunter wird der geometrische Ort derjenigen Punkte der Umformzone verstanden, von denen aus benachbarte Stoffteilchen gleichzeitig in verschiedene Richtungen fließen.



► 27. Welche Arten des Gesenkformens kann man unterscheiden und worin liegen Vor- und Nachteile des Gesenkschmiedens? (Skizzen)



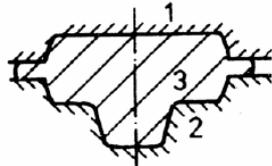
1 – Werkstück
2 – Untergesenk
3 – Obergesenk

4 – Stauchgesenk
5 – Klemmbanke

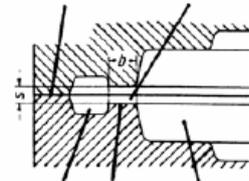
→ Werkzeugbewegung
- - - Werkstückbewegung

► 28. Wie funktioniert das Gesenkschmieden mit Grat? Welche Funktion haben Gratspalt (Gratbahn) und Gratmagazin (Gratrille)? (Skizzen)

2. Gesenkschmieden mit Grat (Formpressen mit Grat)



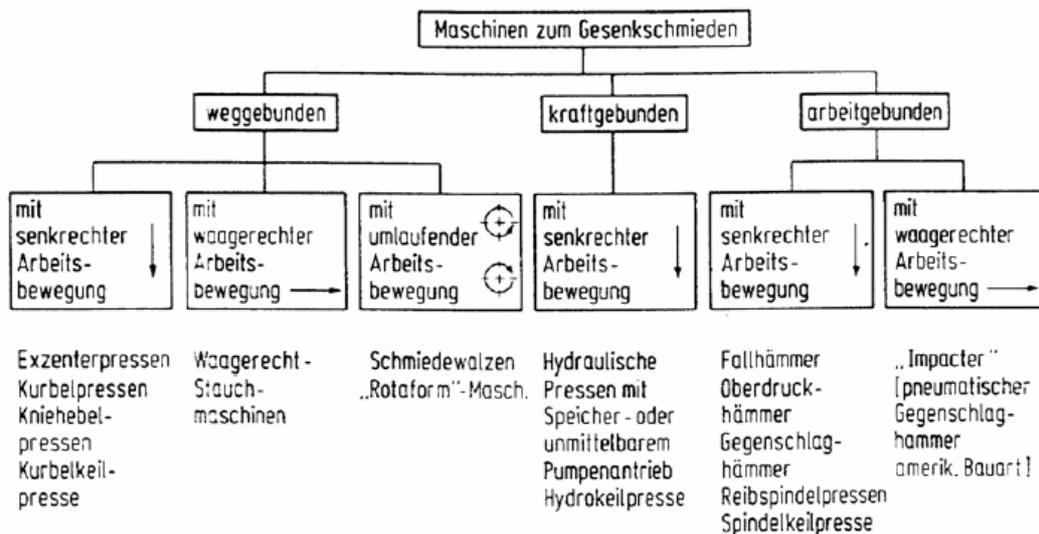
Aufschlagfläche Gratspalt



Gratrille Gravur
Gratbahn

► 29. Wie sieht die schmiedegerechte Gestaltung eines Zahnrades aus (Skizze)? (Beispielzeichnung unter ► 43.)

► 30. Wie werden Maschinen zum Gesenkschmieden eingeteilt? Nennen Sie je ein Beispiel!

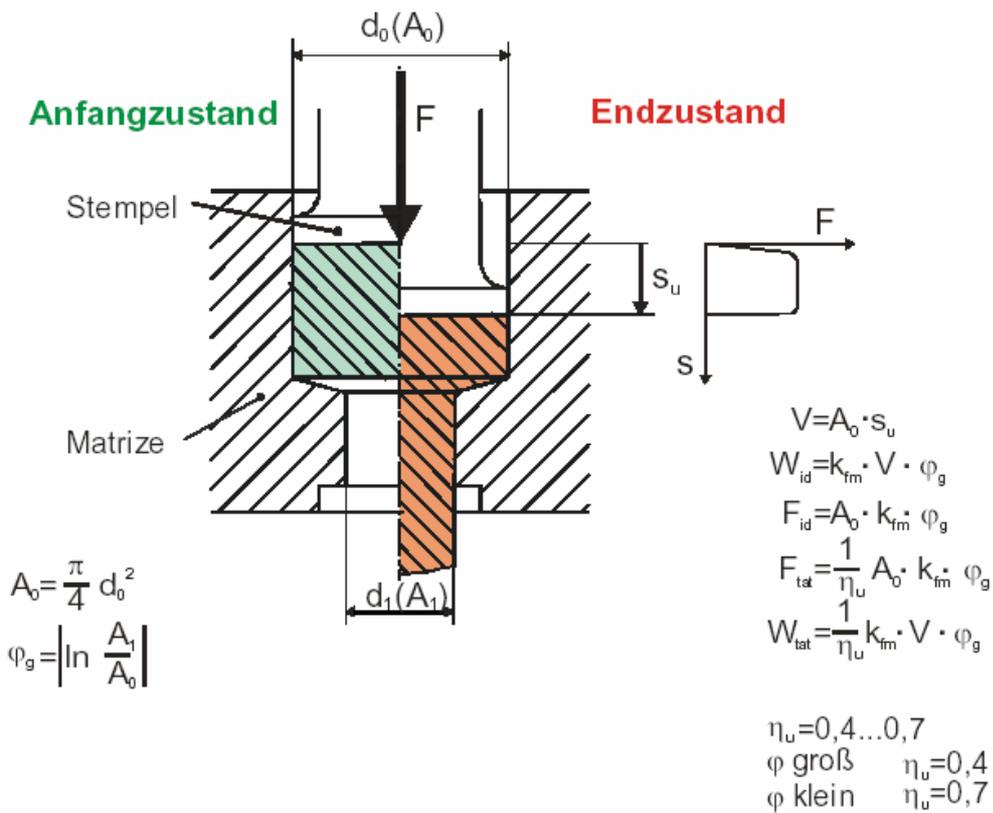


Einsatzgebiet:

Zwischenformen Endformen Abgraten	Zwischenformen [Stauchchen] Endformen	Zwischenformen [Recken] Endformen	Zwischenformen Endformen	Zwischenformen [Recken, Biegen] Endformen	Zwischenformen Endformen
---	---	---	-----------------------------	---	-----------------------------

► 31. Welche Verfahrensvarianten gibt es beim Strangpressen und wie unterscheiden sie sich hinsichtlich des Kraft-Weg-Verlaufes (Skizzen)?

► 32. Wie ist das Verfahrensprinzip beim Vorwärtsvollfließpressen und wie kann man die tatsächliche Kraft und Arbeit ermitteln?



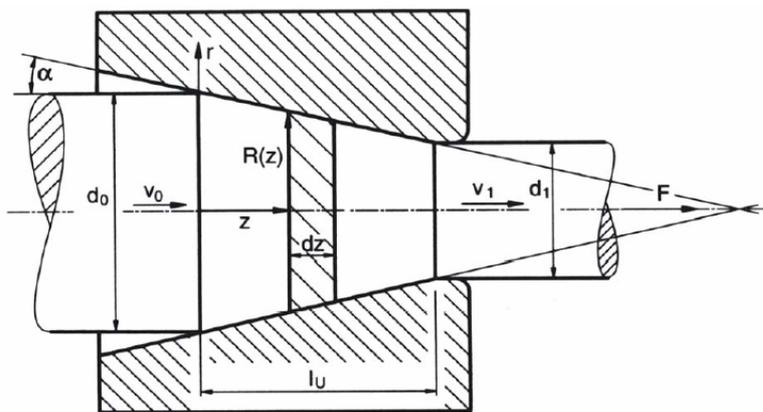
► 33. Worin unterscheiden sich Strang- und Fließpressen?

Fließpressen	Strangpressen
Stückgut à Fertigteil	Fließgut à Halbzeug
Bei Raumtemperatur	Oberhalb Rekristallisationstemperatur
Konische Düse	meistens 180°C-Düse
Mit Schmierung	meistens ohne Schmierung
Herstellung mit Stückgütern, die praktisch keine Nacharbeit benötigen	Herstellung von Fließgut: Rohre, Stäbe, Profile es können beliebige Querschnittsformen hergestellt werden
Kaltverfestigung des Werkstoffes	

► 34. Wie ist das Verfahrensprinzip beim Strangziehen und wodurch wird der Vorgang begrenzt?

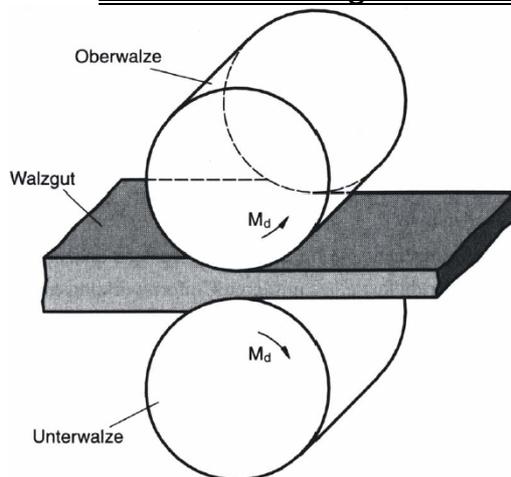
Maßgebliche Verfahrensgrenze ist die Zugfestigkeit des die Prozesskraft übertragenden Querschnitts.

$$\sigma_{zul} = \frac{F}{A_1} \leq R_m \quad (\text{Zugfestigkeit des gegebenen Werkstoffes})$$



Ein Rohteil wird unter Auftreten eines Zugdruckspannungszustandes durch eine Matrize gezogen.

► 35. Skizzieren Sie das Prinzip des Flach-Längswalzens! Beschreiben Sie die Geschwindigkeitsverhältnisse in der Umformzone!



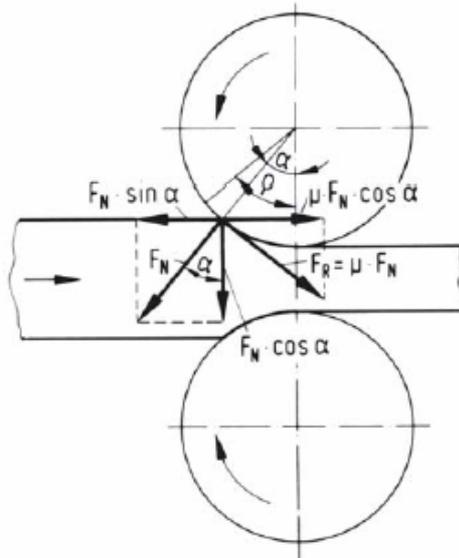
$$v_0 < v_w < v_1$$

v_0 ... Walzstückgeschwindigkeit am Eintritt

v_w ... Oberflächengeschwindigkeit der Walzen

v_1 ... Walzstückgeschwindigkeit am Austritt

► 36. Unter welchen Bedingungen greifen die Werkzeuge beim Walzen und ziehen das Walzgut durch den Walzspalt?



Greifbedingung:

$$F_R \cdot \cos \alpha \geq F_N \cdot \sin \alpha$$

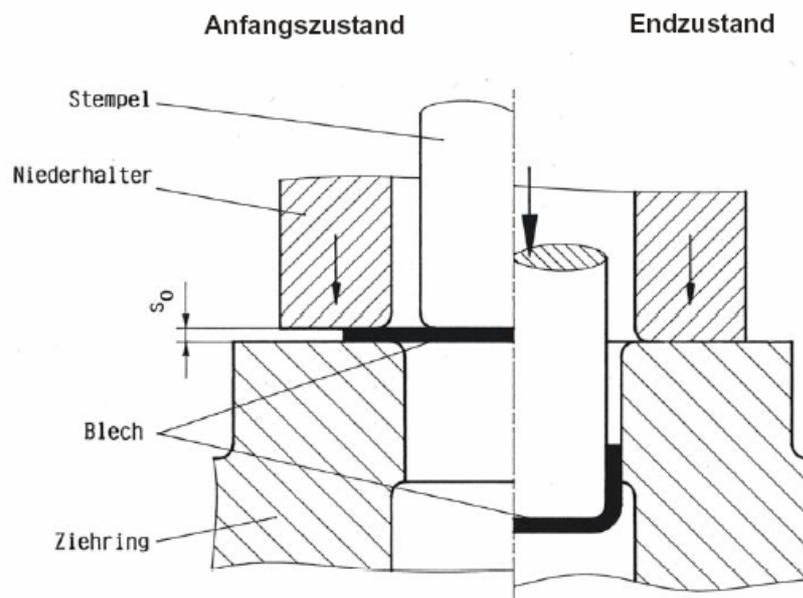
$$\mu \cdot F_N \cdot \cos \alpha \geq F_N \cdot \sin \alpha$$

$$\mu \geq \tan \alpha \approx \alpha$$

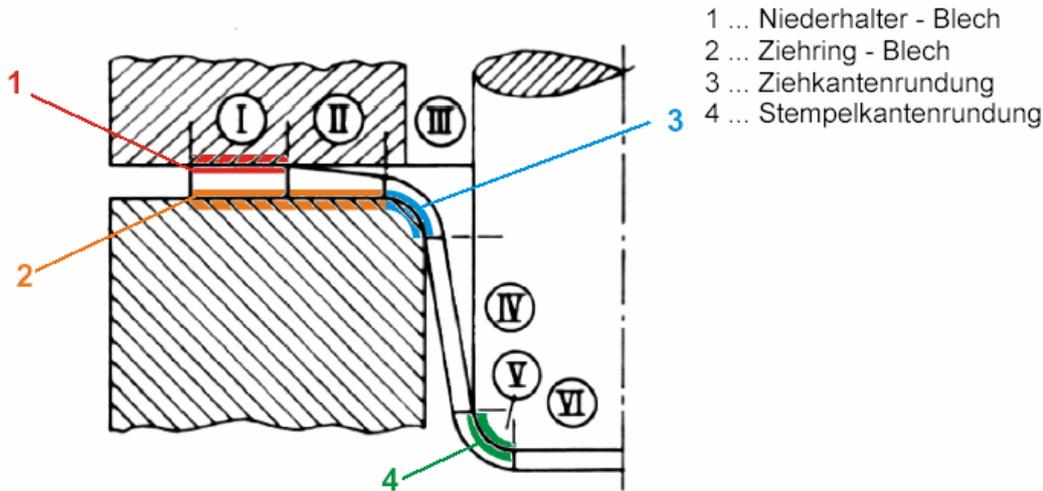
Durchziehbedingung:

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

► 37. Skizzieren Sie das Verfahren Tiefziehen zu Beginn und im Endzustand!



**► 38. Beschreiben Sie die Reibungsverhältnisse beim Tiefziehen (Zonen)!
(Skizze)**



► 39. Welche Versagensfälle (Fehler) können warum beim Tiefziehen auftreten?

Fehler	Ursache	Behebung
1. Bodenreißer	Ziehkraft übersteigt Reißfestigkeit des Werkstoffes	kleinerer Zuschnitt kleinere Niederhalterkraft bessere Schmierung kleinerer Ring- oder Stempelradius
2. Längsrisse	a) Wirkung von Eigenspannungen bei erschöpften Formänderungsvermögen b) Alterung des Werkstoffes c) im Werkzeug	Zwischenglühen Abstrecken s.o. oder anderer Werkstoff besseres Arbeiten des Abstreifers
3. Umfangrisse	Erschöpftes Formänderungsvermögen beim Rückbiegen an der Ziehringkante	Zwischenglühen, Kantenrundung, r_m vergrößern
4. Faltenbildung im Flansch (Falten 1. Ordnung)	zu geringe Niederhalterkraft oder unebener Niederhalter	F_{NH} erhöhen N_H verbessern
5. Längsfalten im Ziehteil (Falten 2. Ordnung)	Fehlende formschlüssige Stützung in der freien Zone	Zuschnitt oder Niederhalterkraft vergrößern, Einfließwulste
6. Faltenbildung am Bodenrand (Querfalten)	Stempelradius zu groß	r_{St} kleiner machen
7. Zipfelbildung (Textur)	a) 4 Zipfel 90° zueinander: Anisotropie des Werkstoffes durch Richtung der Fasern beim Walzen b) unregelmäßige Zipfel: ungleiche Blechdicke	anderer Werkstoff, zusätzlicher Arbeitsgang Beschneiden anderes Blech
8. Fließfiguren	Nur örtliches Fließen (bei Werkstoff mit ausgeprägter Streckgrenze und geringer Belastung)	keine zu kleinen Verformungen, Blech durch Walken oder Walzen leicht verfestigen

► 40. Wie wird der Zuschnitt für das Tiefziehen eines kreiszylindrischen Napfes ermittelt, wenn Napfinnendurchmesser d_1 und Napfhöhe h gegeben sind?

$$d_0 = \sqrt{d_1^2 + 4d_1h}$$