

Studiengang Mechatronik

Modul 5 – Konstruktion 1:

Fertigungstechnik

- Vorlesung -

Prof. Dr. Enno Wagner

4. November 2025

Übersicht

Thema Urformen

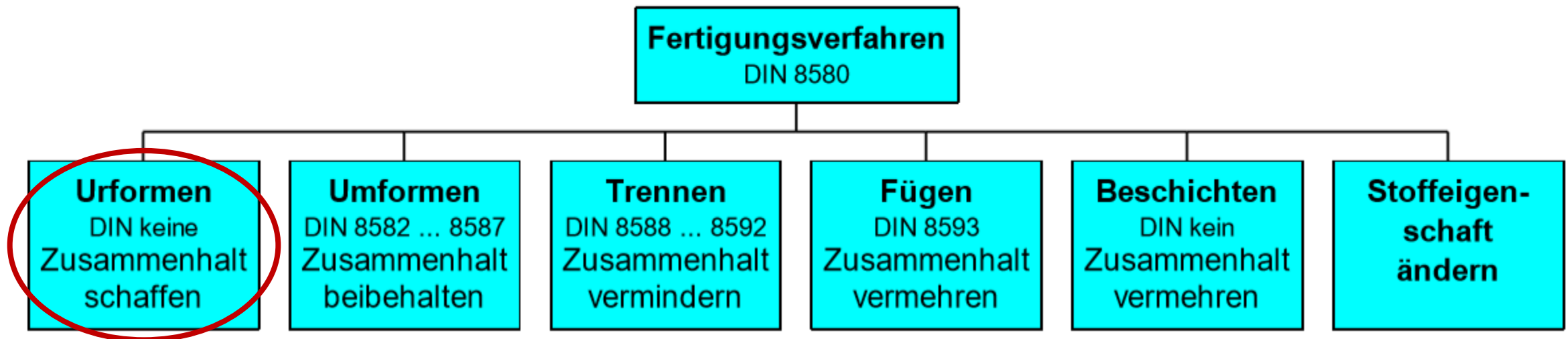
- Nachtrag zum Metallguss
- Urformen aus dem plastischen Zustand
 - Gießen von Kunststoffen

Untergliederung der Fertigungsverfahren

Hauptgruppen nach DIN 8580

Fertigungsverfahren

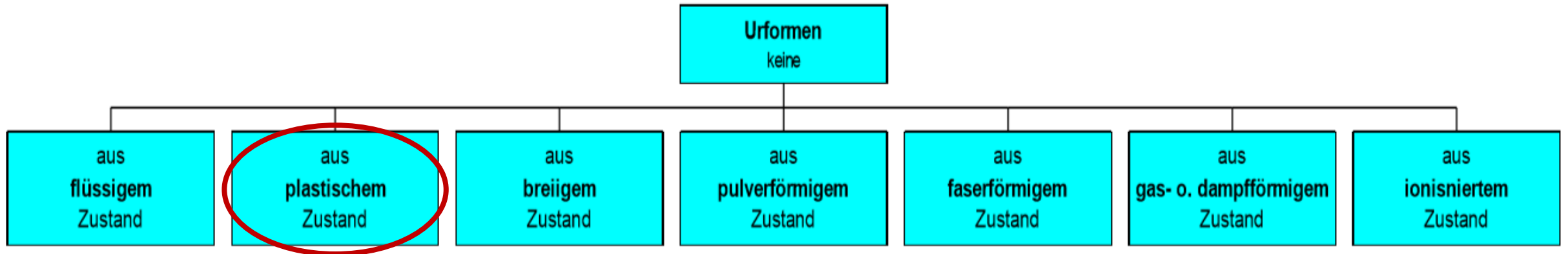
Einteilung in 6 Hauptgruppen nach DIN 8580



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

1. Urformen

Def.: Fertigen eines festen Körpers aus einem formlosen Stoff mit Hilfe einer Hohlform, deren innere Oberfläche der äußeren Oberfläche des Bauteils entspricht.

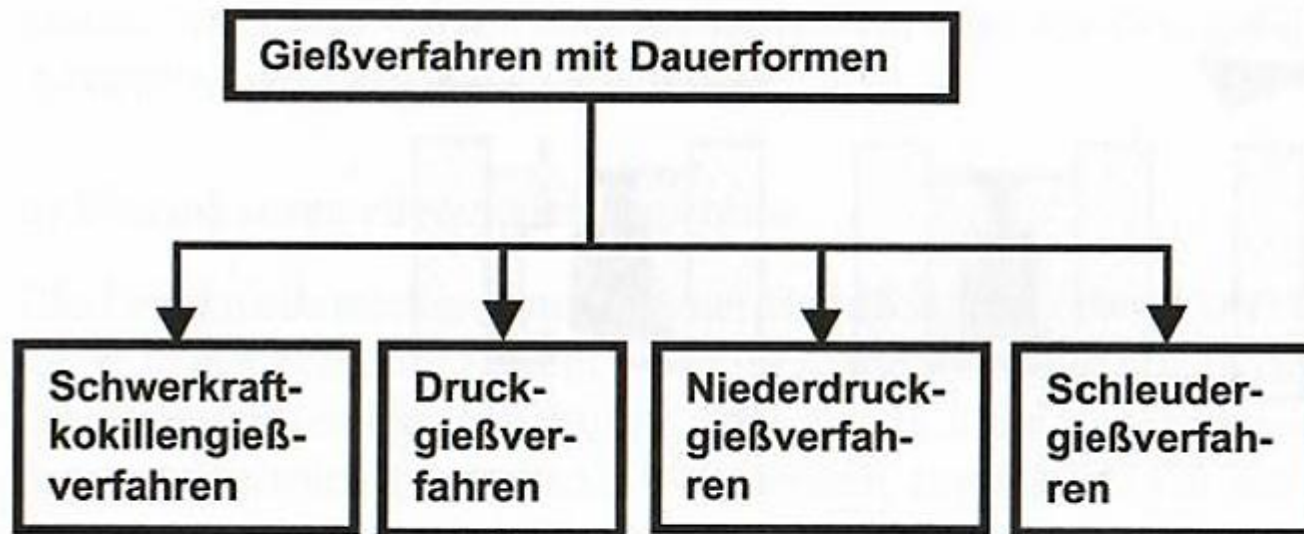


Quelle: Skript Prof. H. Albrecht, Frankfurt AUS, WS 16/17

1. Urformen

- 1.1 Metallguss
- 1.2 Pressen von Kunststoffen
- 1.3 Gießen von Kunststoffen
- 1.4 Pulvermetallurgie
 - Pressen von Metallen
 - Pressen von Keramik

Nachtrag zu 1.1 Metallguss



Quelle:
Awiszus, et al.: Grundlagen der
Fertigungstechnik, Hansa 2016

Schwerkraft Kokillen-Guss

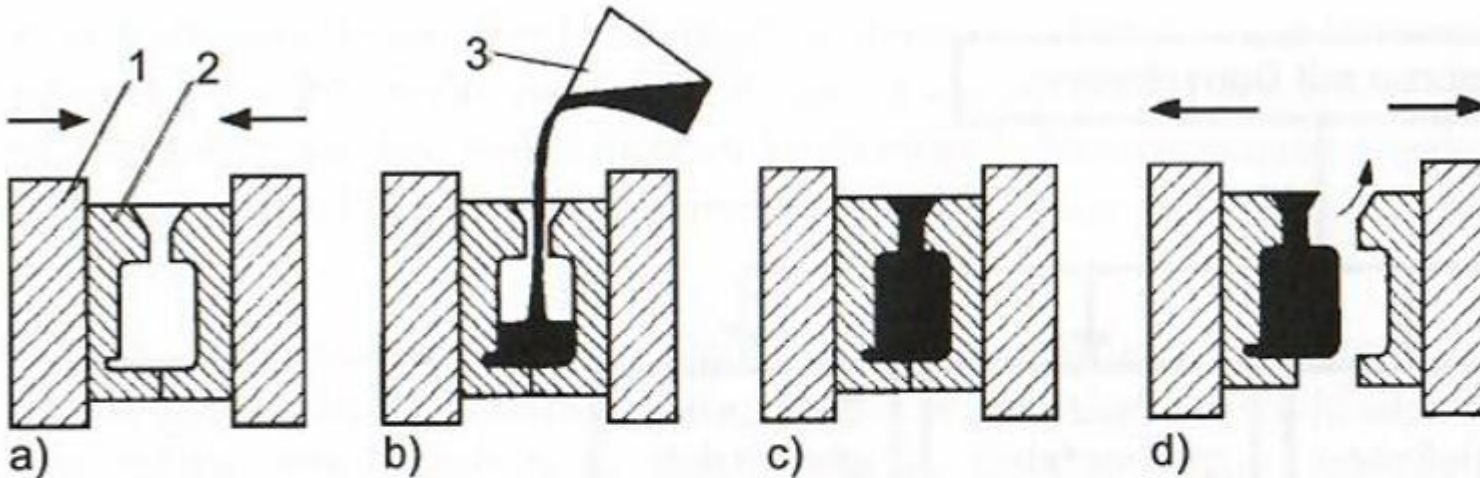


Bild 2.17: *Verfahrensablauf des Schwerkraftkokillengießverfahrens*

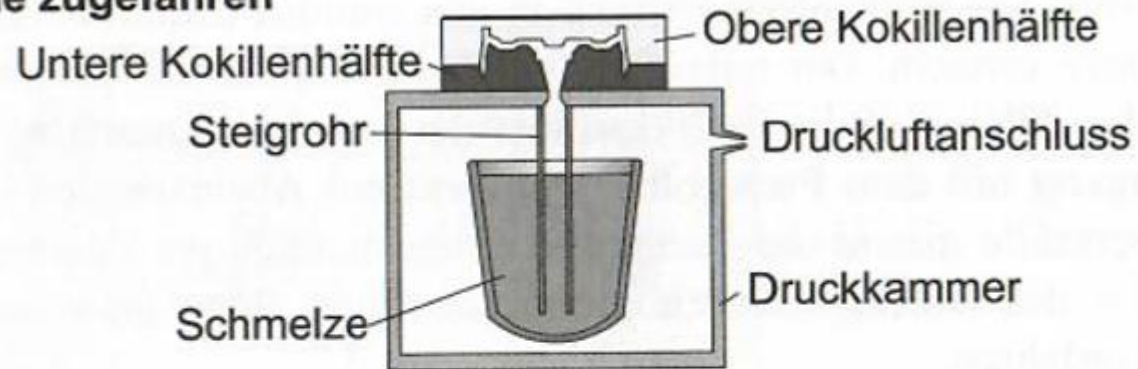
a) Schließen der Kokille b) Abgießen c) Erstarren des Gussteils d) Gussentnahme
1 Kokillenaufspannplatte, 2 Kokille, 3 Gießpfanne

Quelle:

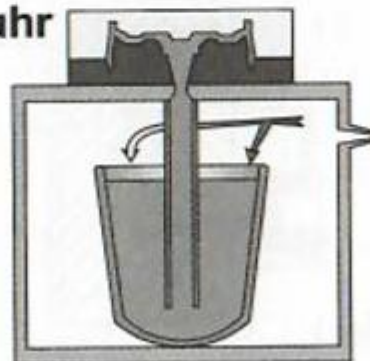
Awiszus, et al.: Grundlagen der
Fertigungstechnik, Hansa 2016

Niederdruck Kokillenguss

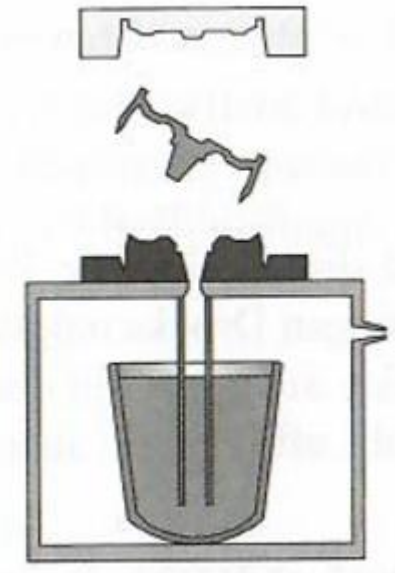
A) Kokille zugefahren



B) Gießen durch Druckzufuhr



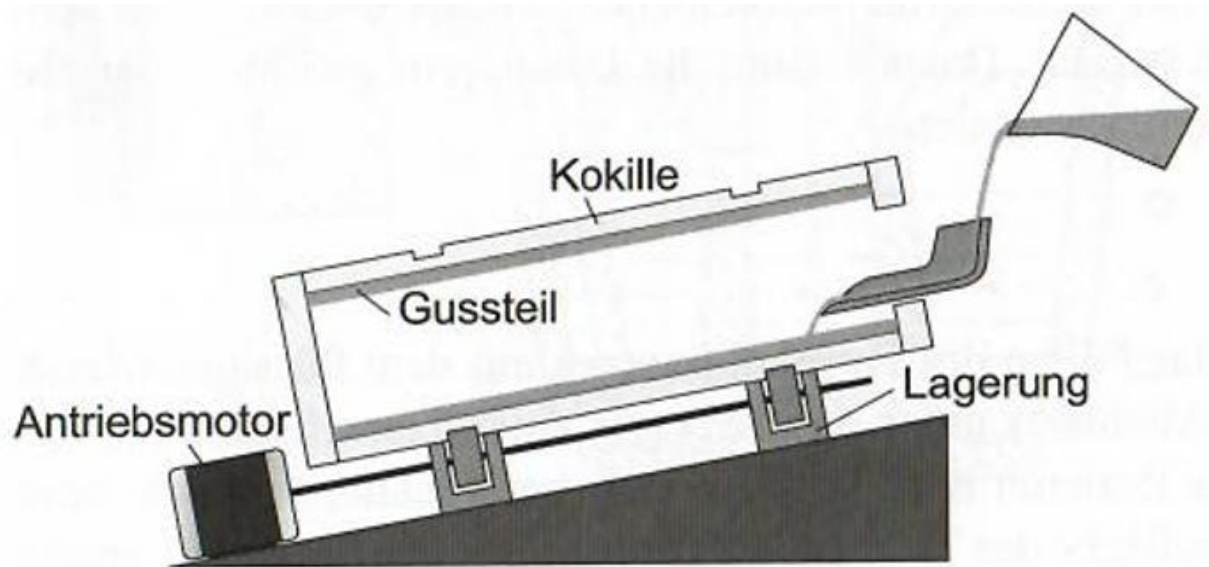
C) Gussteil entnehmen



Quelle:

Awiszus, et al.: Grundlagen der
Fertigungstechnik, Hansa 2016

Schleudergießen mit geneigter Drehachse



Quelle:

Awiszus, et al.: Grundlagen der Fertigungstechnik, Hansa 2016

- Rohr-Kokillen
- Durch Zentrifugalkraft
- Ring- oder rohrförmige Gussteile
- Gusseisen (Lamellen und Kugelgrafit)
- Kein Kern notwendig
- Gussteile haben hohe Dichte
- Keine Gasblasen
- Feinkörniges Gefüge
- Hohe Druck und Verschleißfestigkeit

- Welches Gießverfahren für den Metallguss hat für die mechatronische Konstruktion eine wichtige Bedeutung?
- Nennen Sie 2-3 Beispiele.
- Mit welchen Metallen/Legierungen wird hier meist gearbeitet?
- Welche Stückzahlen werden hier typischerweise kalkuliert?
- Nennen Sie Vor- und Nachteile des Verfahrens.

Urformen von Kunststoffen

1.2 Pressen von Kunststoffen

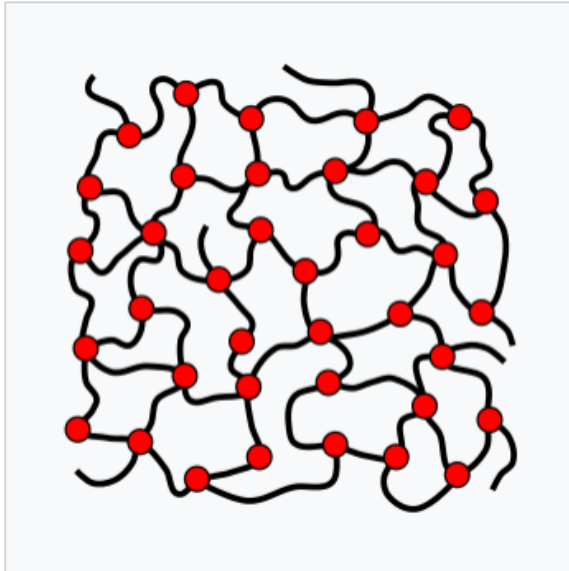
Formpressen

pulver-, pasten- oder tablettenförmige duroplastische Formmasse wird unter Druck und Wärmeeinwirkung plastisch erweicht und in den Hohlraum zwischen den beiden Werkzeugteilen (Stempel und Form) gepresst

Duroplast

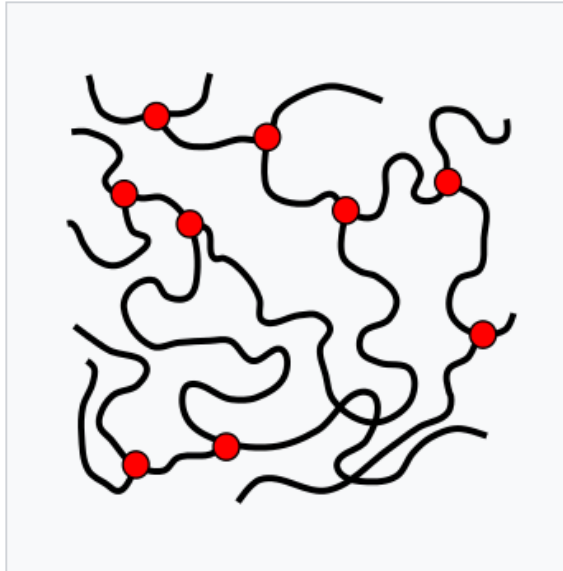
Mit Wärme aushärtbar, aber später nicht mehr durch Wärme nicht mehr schmelzbar/umformbar, enthält harte amorphe unlösliche Polymere

Duroplaste



Duroplaste bestehen aus engmaschig vernetzten Polymeren. Vernetzungen sind in der Abbildung als rote Punkte dargestellt.

Elastomere



Elastomere bestehen aus weitmaschig vernetzten Polymeren. Die Weitmaschigkeit erlaubt unter Zugbelastung eine Streckung des Materials.

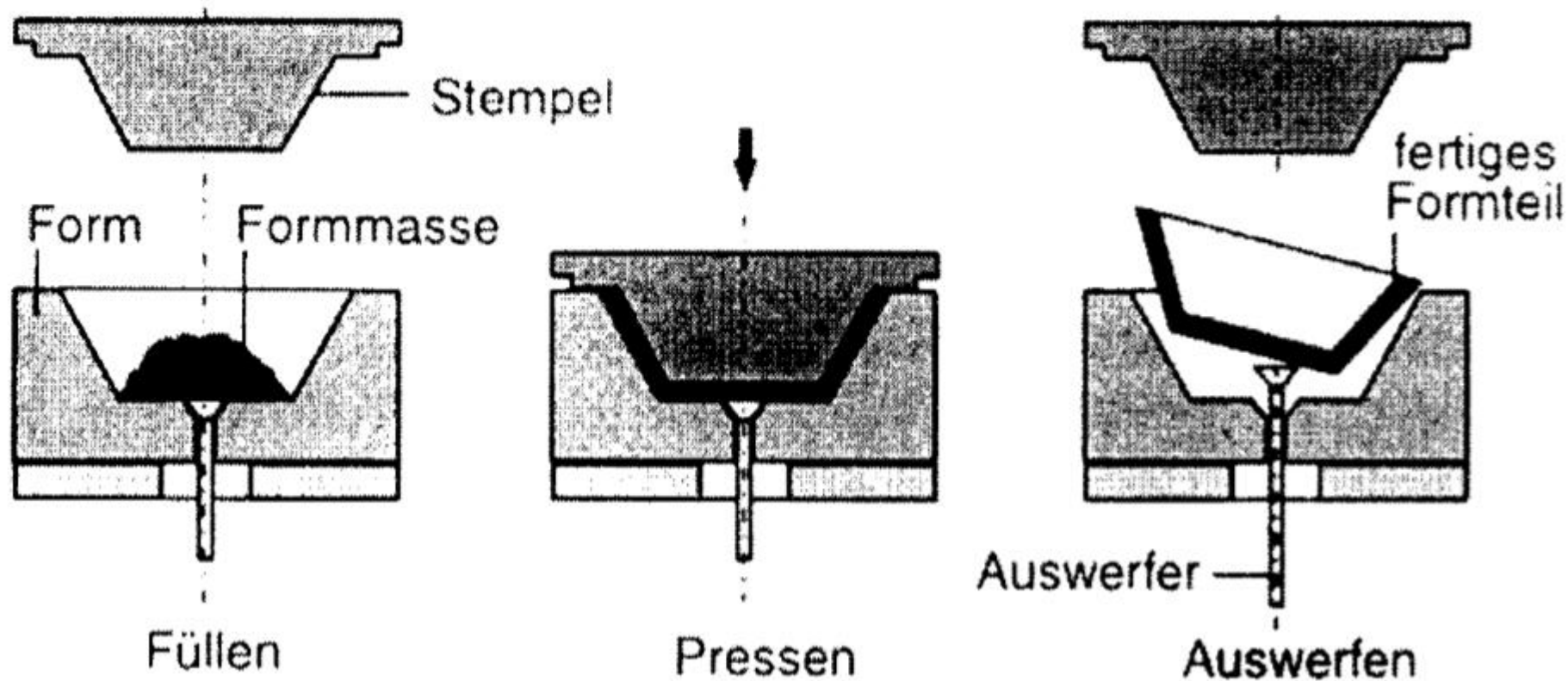
Thermoplaste



Thermoplaste bestehen aus unvernetzten Polymeren, oft mit einer teilkristallinen Struktur (rot dargestellt). Sie haben eine Glas temperatur und sind schmelzbar.

Quelle:
Wikipedia

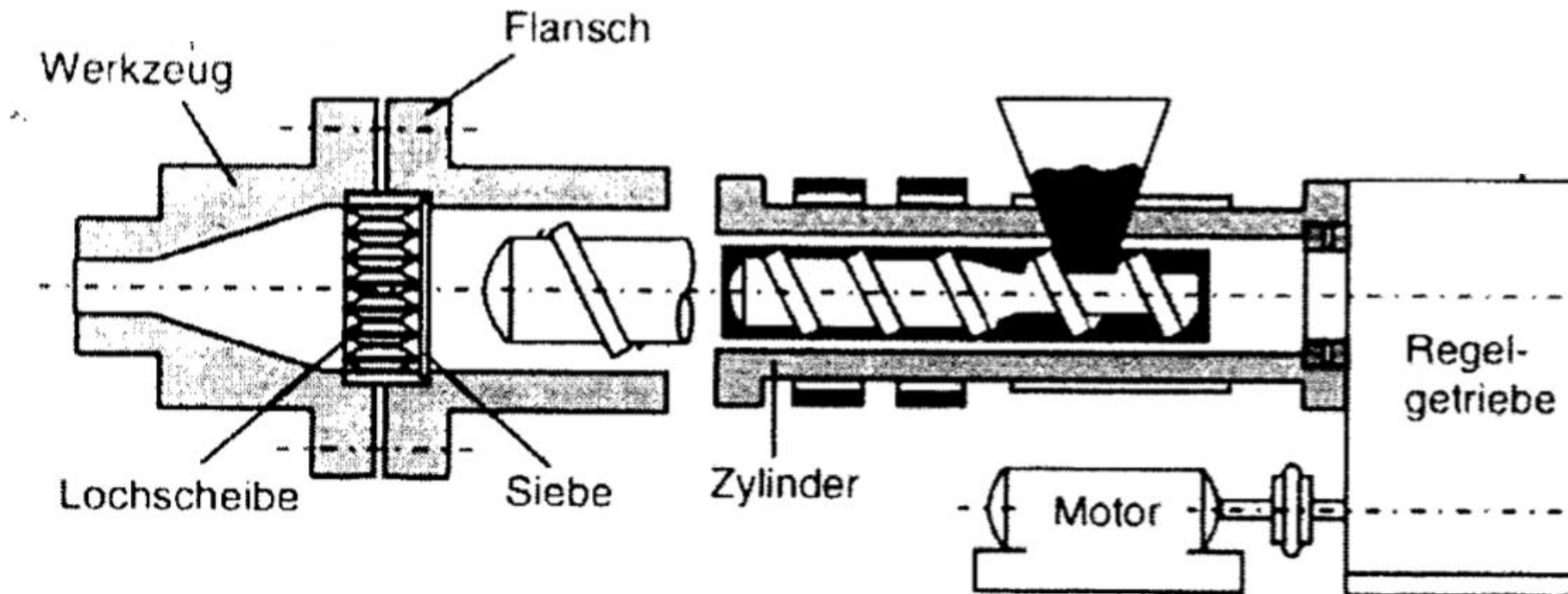
Formpressen mittels Formmasse

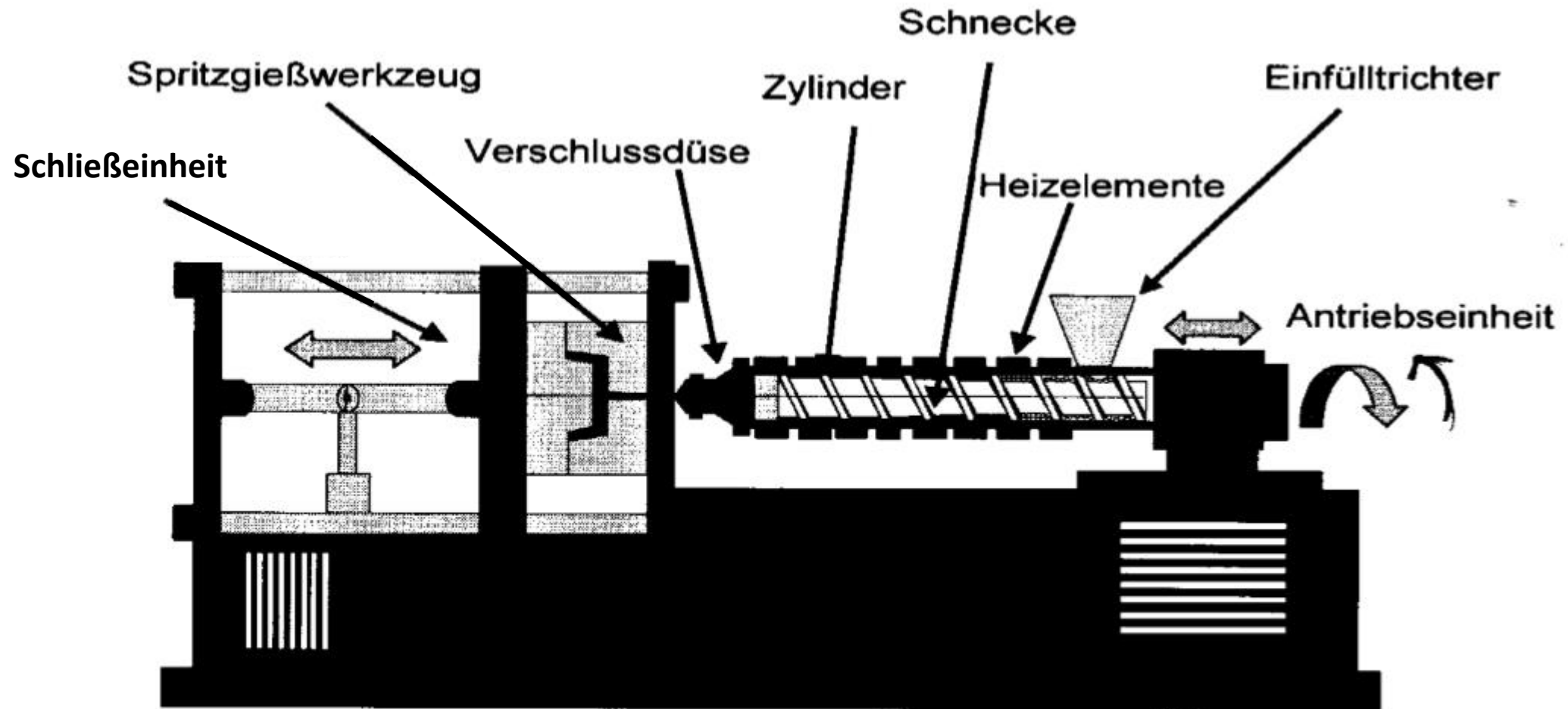


Quelle:
TdF, TU Darmstadt

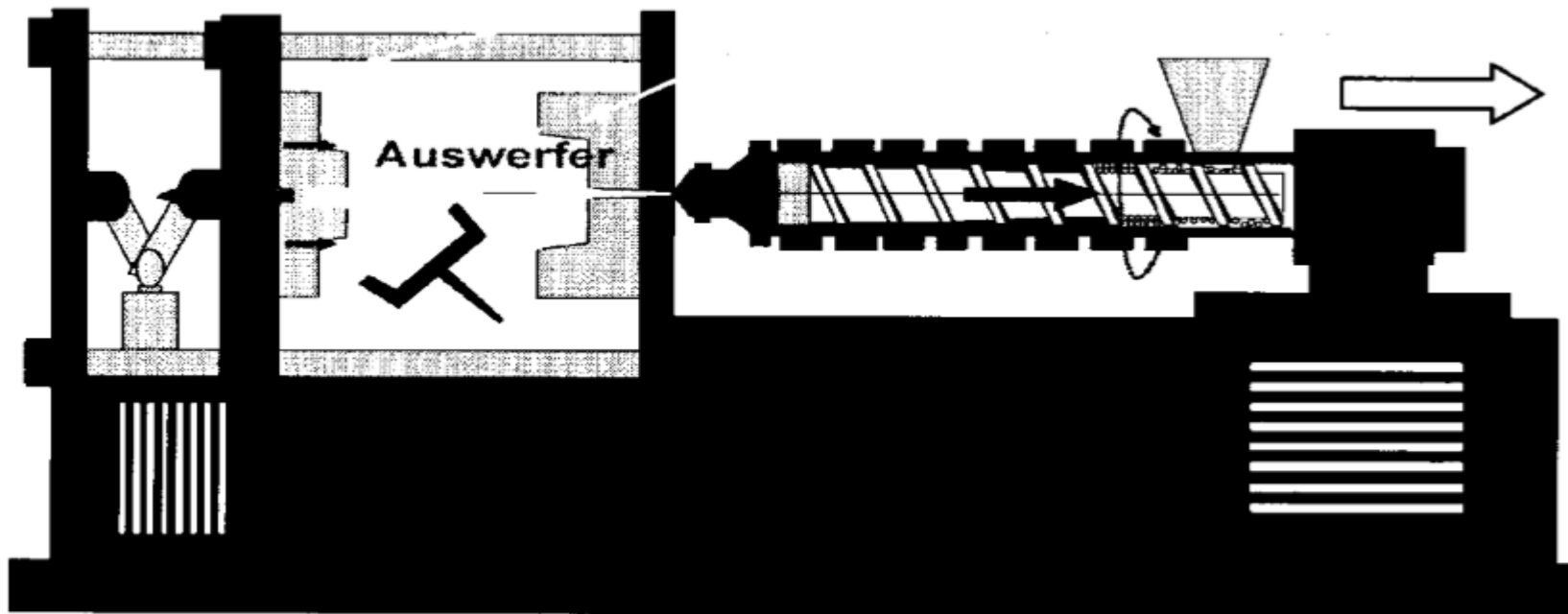
Extrudieren

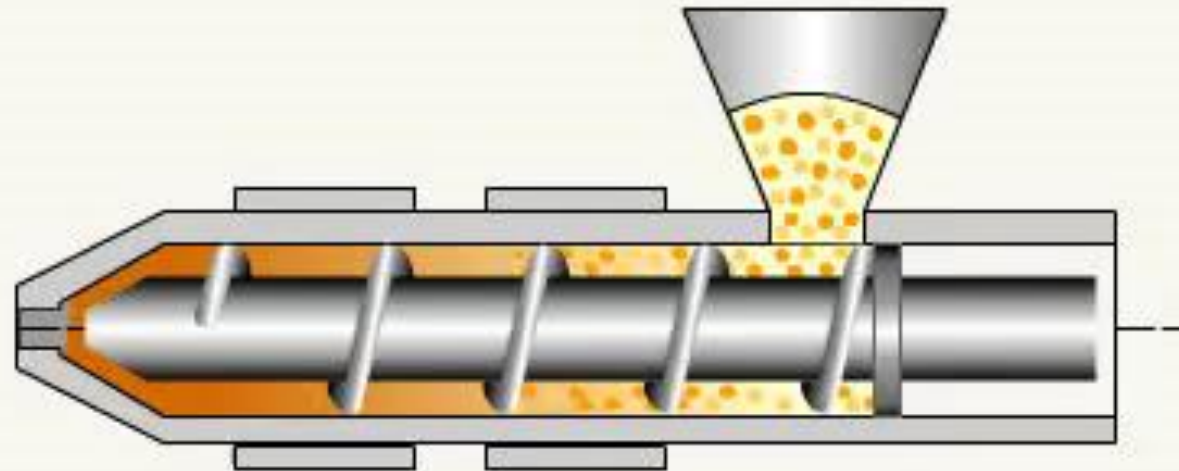
Duro- oder thermoplastische Formmasse wird durch eine Förderschnecke über eine Matritze (hat die Querschnittsform des zu fertigenden Profils) ins Freie gepresst. Das Verfahren arbeitet kontinuierlich



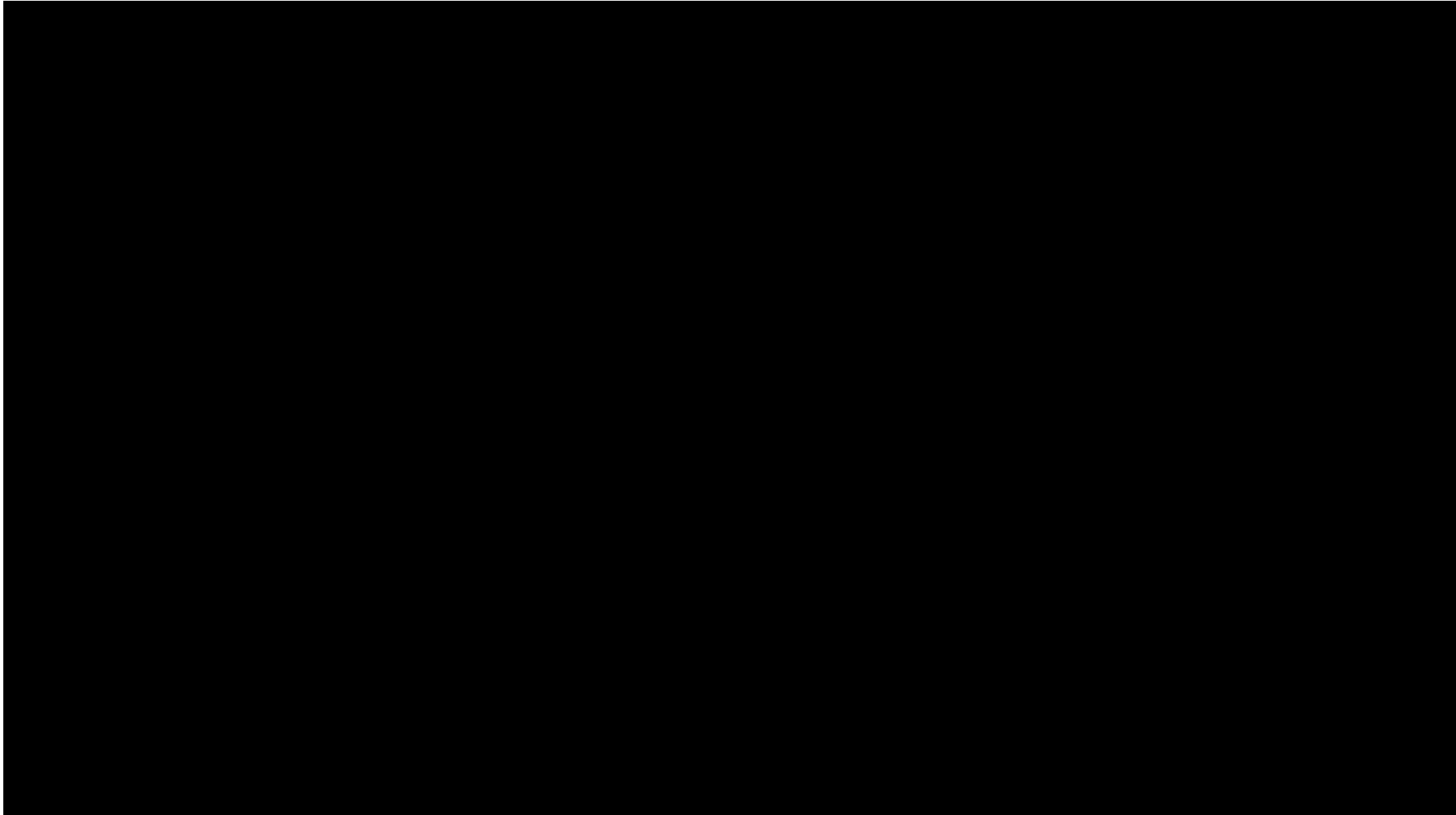


- Schließereinheit öffnet das Werkzeug automatisch
- Bauteil (Spritzling) wird entformt
- Vor dem nächsten Arbeitszyklus muss Schnecke zurück fahren





Dosierung



- Bei der Auswahl von Kunststoffen als Werkstoff für Konstruktionsteile sind deren spezifischen Eigenschaften zu beachten:
- geringe Dichte ($\Rightarrow 0,9 \dots 1,4 \text{ g/cm}^3 \Rightarrow \text{Al} = 2,7 \text{ g/cm}^3$)
- niedrige Wärmeleitfähigkeit ($\Rightarrow 0,1 \dots 0,35 \text{ W/K}^*\text{m} \Rightarrow \text{St } 50 \text{ W/K}^*\text{m}$)
- großer Längen-Temperaturkoeffizient (6 .. 8-mal größer als bei Metallen)
- niedrige Temperaturbeständigkeit $\Rightarrow$ ggfs. Brandgefahr
- niedrigere mechanische Belastbarkeit
- ausgeprägte Zeitabhängigkeit Kennwerte $\Rightarrow$ Alterung (mechanische Werte, Lichtehtheit)
- Aufnahme von Wasser

- Umweltproblematik bei ihrer Herstellung und der Entsorgung !
- Durch eine optimale Werkstoffauswahl können aber folgende Zielfunktionen erreicht werden:
 - gutes Laufverhalten und hohe Verschleißfestigkeit (auch ohne Schmierstoff)
=> Notlaufeigenschaften
 - gute Stoßbelastungs- und Stoßdämpfungseigenschaften
=> ruhiger, geräuscharmer Lauf
 - gute Korrosions,- Öl,- und Chemiekalienbeständigkeit => Glasfasern
 - beliebige Farbgebung durch Zusatz von Farbstoffen
 - Verringerung der Brennbarkeit durch Zusatz von Bromverbindungen Achtung :
Gesundheitsschädlich!

Duroplastische Werkstoffe nach Krause FERT, S. 60 T 4.20 (siehe auch DIN 7708, 7728)

Werkstoff, Kurzzeichen Handelsname	Eigenschaften	Biegefestig- tigg in N/mm²	Gebrauchs- temperatur	Anwendung
Phenol-Formaldehyd PF Plastadur, Bakelit, Per- tinax	gute mechan. Eig. feuchtebeständig	40 ...100	100 .. 150	Pressteile für hohe Bean- spruchung, Verpackung
Harnstoff-Formaldehyd UF Keramin, Resipas, Resopal	elektrisch hoch- wertig, lichtbest.	30	80	Stecker, Hartpapier, Iso- Material
Epoxidharze EP Epilox, Araldit	hochfest, kaum Schwund, wärme- best.			Komplizierte Pressteile, Vergussmasse für Prä- zisionsteile, Bindemittel
Polyesterharze UP Keripol, Plaskon, Birapol	hochfest, wärme- u. chemiekalienbest			Gehäuse, Transportbehälter

Thermoplastische Werkstoffe nach Krause FERT S. 4.22 (siehe auch DIN 7728)

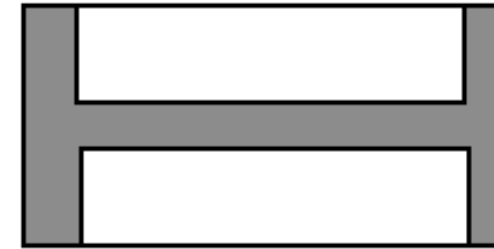
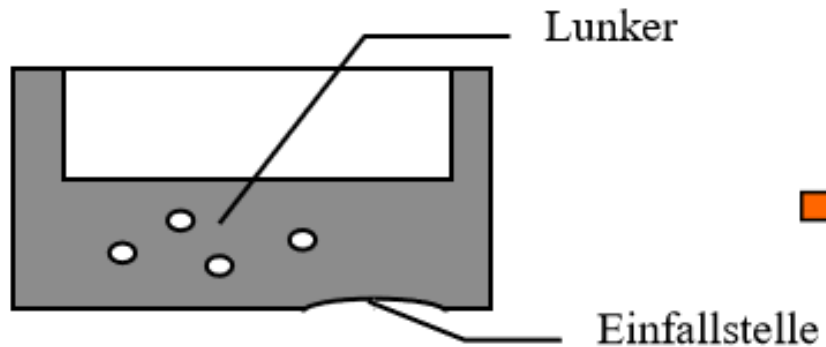
Werkstoff, Kurzzeichen Handelsname	Eigenschaften	Biegefestigk. in N/mm²	Gebrauchs- temperatur	Anwendung
Polyamid PA6; PA11; PA12 Miramid, Akulon, Rilsan	formbeständig, zäh, abriebfest, lösungsmittelfest	30 ... 100 ... (300)	90 ... -30	Zahnräder, Gleitlager, Dichtungen, Gehäuse, Lüf- terteile
Polyethylen PE		12 ... 16	70 ... -50	Niedere Ansprüche, preis- günstig
Polypropylen PP Hostalen PP, Mosten	Gut formbest. , laugen- u. säure- fest	24 ... 34	100 ... -20	Teile in komplizierter form, kochfeste Teile
Polyurethan PUR Perlon U, SYSPURET	ähnlich PA, tem- peraturstand-fest, zähfest	30 ... 70	80 ...	hochbeanspruchte Formtei- le, Laufrollen, Dichtungen, Bedienele.

Thermoplaste für hohe Temperaturen

Polyoximethylen POM Delrin, Hostaform,	hart, steif bei guter Zähigkeit, sehr verschleißfest, leicht verarbeitb.	90 ... 100	100 ... -60	Präzisionsspritzgußteile : Zahnräder, Gleitlager, Laufrollen, Dichtungen, Gehäuse
Polycarbonat PC Makrolon, Lexan, Merlon	hochfest, temperatur- u. witterungsbest. glasklar	90 ... 100	130 ... -100	Ventile, Schaugläser, Steckverbinder, Folien
Polytetraflouräthylen PTFE	sehr gute Gleiteig., höchste	14	250 ... -200	Pumpen, Dichtungen, Folien, Beläge für Trans-

Gestaltung von Spritzgussteilen

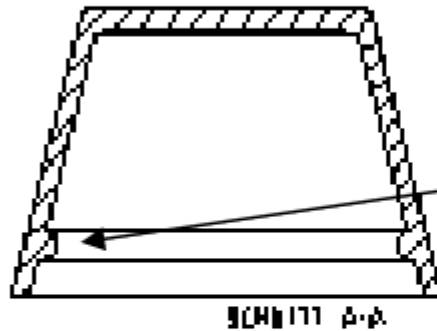
- Gleichmäßige Wanddicke, keine Werkstoffanhäufungen



- Aushebeschrägen $0,5 \dots 2^\circ$

- Hinterschneidungen vermeiden

aber: die elastischen Eigenschaften der Thermoplaste (kleiner E-Modul) lassen Hinterschneidungen zu, solange ein Ausformen des Teils - eben durch elastische Verformung - möglich ist



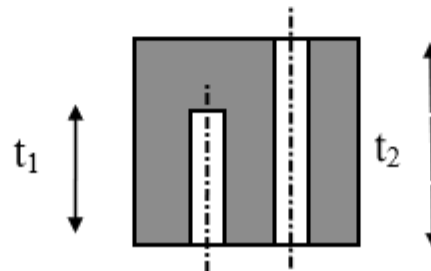
Hinterschnitt

(Schnappverschluss)

-Löcher mittels kegligen Stiften

$$t_1 = 4 * d$$

$$t_2 = 2 * d$$



Nachbearbeitung:

Spanende Bearbeitung ist zu vermeiden, lediglich Entgraten, Entfernen der „Schwimmhäute“

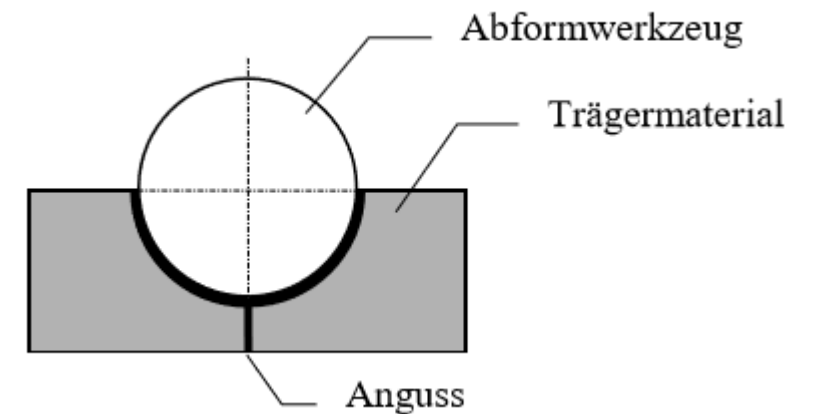
Toleranzen: Allgemeintoleranzen nach DIN 16901 -formgebundene Maße

(a) unterliegen Werkzeugverschleiß, Ungleichmäßigkeit der Formmasse, ungleiche Schwindung -nicht formgebundene Maße

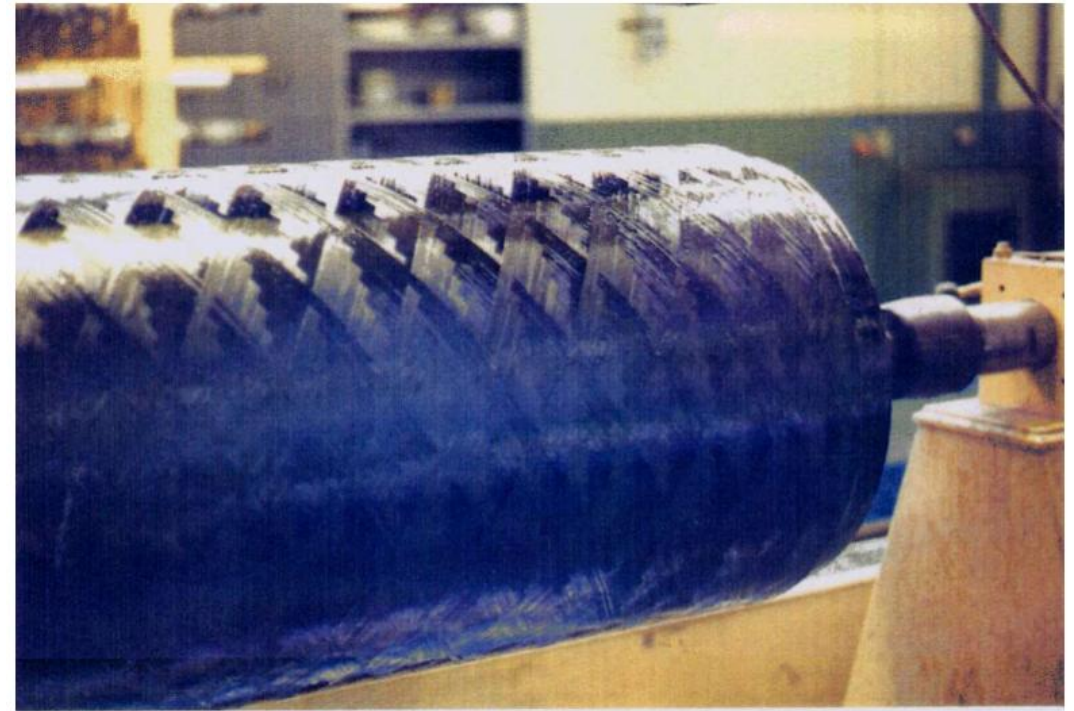
(b) resultieren aus der Gratbildung und dem Versatz zwischen Ober- und Unterteil

Gießen von Kunststoffen

- Gießen von Kunstharzen Verfahren: Form (Negativform des Endproduktes) wird ausgegossen mit Vergussmassen (Wachs, Parafin, Epoxidharze, Polyurethane), nach Aushärtung kann das Teil entformt werden.
- Anwendung: Prototypenbau, Prototypenwerkzeugbau, Vergießen von Bauteilen zur Lagefixierung (Einbau von Lagern, Tränken von Transformatoren), Herstellen hochgenauer Geometrien mit ggfs. speziellen Eigenschaften an Bauteilen (Abformen)



- Verbundwerkstoffe aus Faser-Matrix -
Laminate Verfahren: Fasern aus Glas oder
Kohlenstoff getränkt in Epoxidharz werden
z. B. unter verschiedenen Winkeln in Lagen
auf einen Zylinder gewickelt und danach im
Wärmeofen ausgehärtet
- Anwendung für maßgenaue, hochfeste,
leichte, korrosionsbeständige,
wärmebeständige, isolierende, dynamisch
beanspruchte Konstruktionsteile,
Behälterbau - Bauteile in der Luft- und
Raumfahrt - Zylinder in Pumpen -
Rennwagenbauteile



1.4 Pulvermetallurgie

1.4.1 Pressen von Metallen

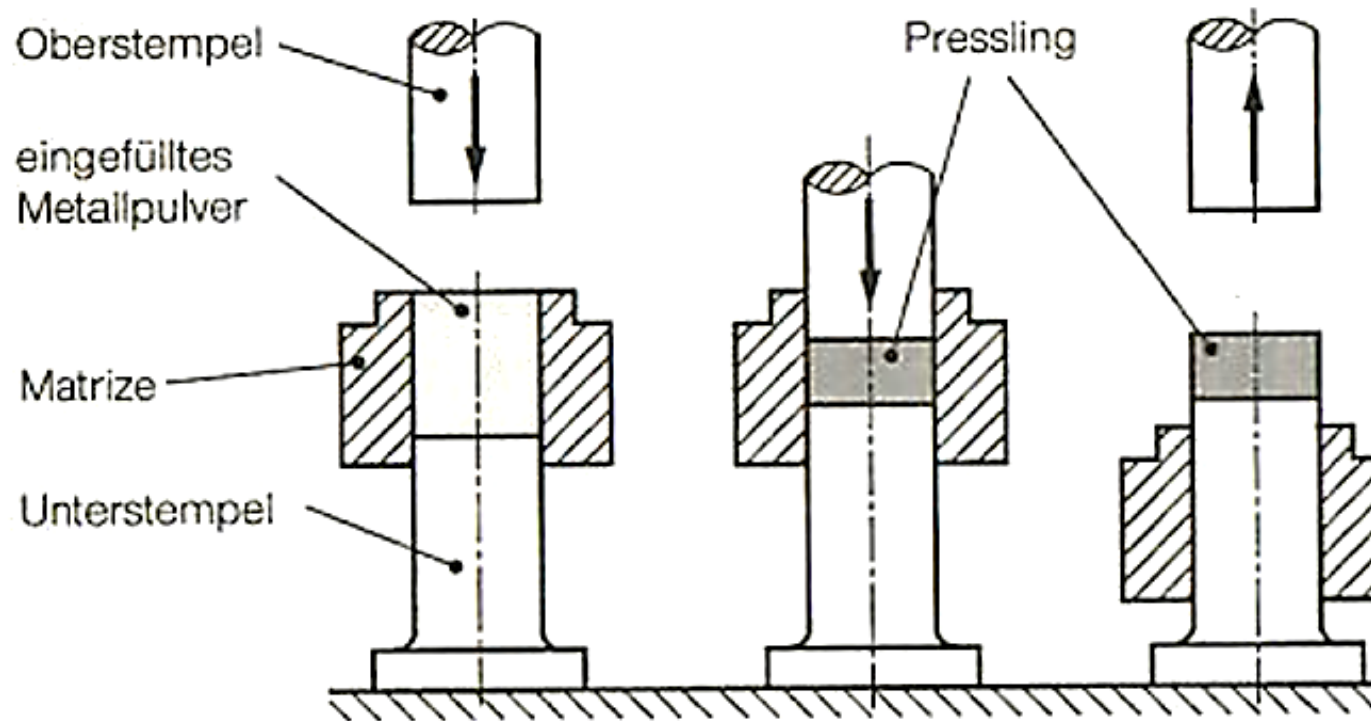
Werkstoffe verarbeitbar, die sich nicht aus dem schmelzflüssigen Zustand Urformen lassen
Werkstoffe und Anwendung:

- Hochschmelzende Metalle:
 - Wolfram => Glühfäden von Glühlampen (durch Strangpressen),
 - Tantal => Spinndüsen
- Zahnamalgame: Kupfer, Zinn, Edelmetalle + Hg => Aushärtung in wenigen Stunden
- Sinterhartmetalle: => Werkzeugschneiden
- Schwermetalle: => Isotopentransportbehälter, Schwungmassen für Uhren
- Metallkohle: Metalle + Graphit => Kontaktwerkstoffe
- Ferromagnetika => Dauermagnete, HF-Kerne
- stark poröse Sintermetalle getränkt mit Öl => Gleitlager

Fertigungsverfahren:

- Bereitstellen der Ausgangsstoffe:
 - Zerkleinern, Elektrolyse, Reduktion von Metalloxiden;
 - Sieben;
 - Vorglühen;
 - Mahlen;
 - Zusetzen von Legierungskomponenten oder Bindemitteln
- Pressen des Pulvers zu Formteilen

Koaxiales Pressen mit feststehendem Untertisch nach dem Matrizenabzugsverfahren

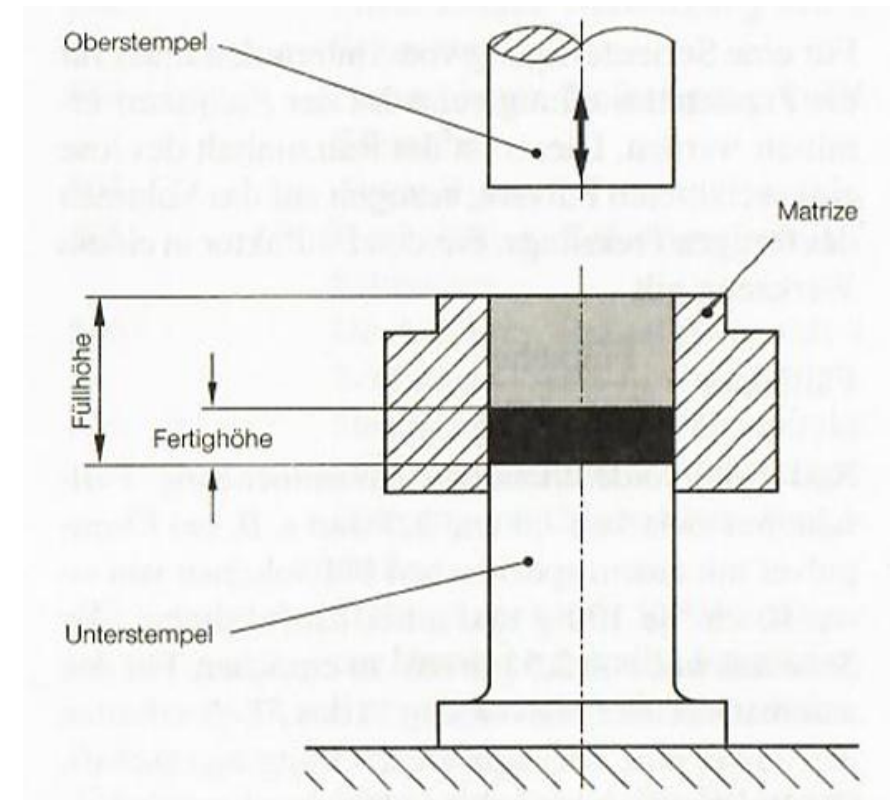


Quelle: Fritz, Schulze:
Fertigungstechnik,
Springer 2006

Sintern

- Sintern der Formteile durch Wärmebehandlung in Glühöfen unter Schutzgas
- dadurch ergeben die Pulverteilchen einen festen Verband
- Korngröße: $0,1 \dots 400 \mu\text{m}$
- Nachbearbeitung: Beschichten, Stoffeigenschaft ändern, selten spanen
- Toleranzen: $-+0,1 \dots 0,05 \text{ mm}$ (bei einfachem Sintern)
- wirtschaftliche Mindeststückzahl: $5.000 \dots 10.000$

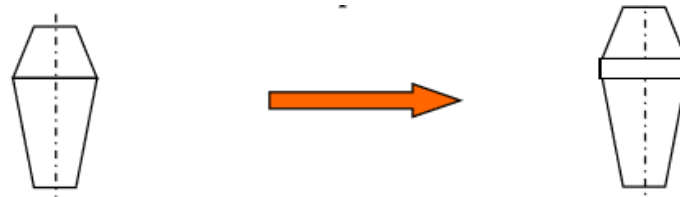
Füllfaktor am Presswerkzeug



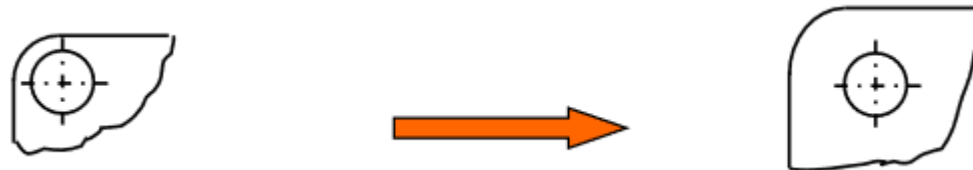
Quelle: Fritz, Schulze: Fertigungstechnik, Springer 2006

Fertigungsgerechtes Gestalten:

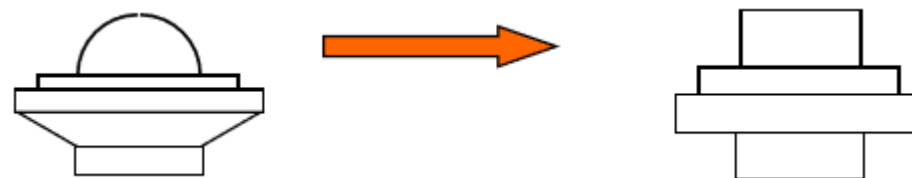
- Berühren von Ober- und Unterstempel vermeiden



- Dünnwandige Stellen vermeiden, um kräftige Stempel zu erhalten



- Keglige und runde kuglige Formen ersetzen durch zylindrische Formen



1.4.2 Pressen von Keramik

Unterschied zu Metallpressteilen => mehr Nachbehandlung notwendig

Werkstoffe und Anwendung DIN VDE 0335:

- C100 Hartporzellane $\Rightarrow$ Isolatoren
- C200 Magnesium-Silikat-Keramik $\Rightarrow$ Schaltkörper, Sockel
- C300 Rutil- und Titanatmassen $\Rightarrow$ Isolatoren in der HF-Technik
- C400 Poröse Isolierkeramik $\Rightarrow$ Heizleiterträger für Wärmegeräte

Man unterscheidet:

- **plastischen Anteil** (Ton, Porzellanerde Kaolin)
- **kristallinen Anteil** (Feldspat, Quarz, Marmor in Pulverform)

Fertigungsverfahren

-Formpressen bei Raumtemperatur ; auch Strangpressen möglich

Nachbehandlung ↓↓

- Trocknen des ausgeschobenen Formteils an der Luft
- Entgraten
- Vorglühen bei 800 ... 900 °C
- Glasieren
- Fertigbrennen (Sintern) $\vartheta \approx 0,8 \vartheta_s$ (1000... 1400°C)
- Nachbearbeitung nur durch Schleifen

Toleranzen: - $\pm 1 \dots 0,5$ mm (mittel bis grob nach DIN ISO 2768) (angegeben in DIN 40686)

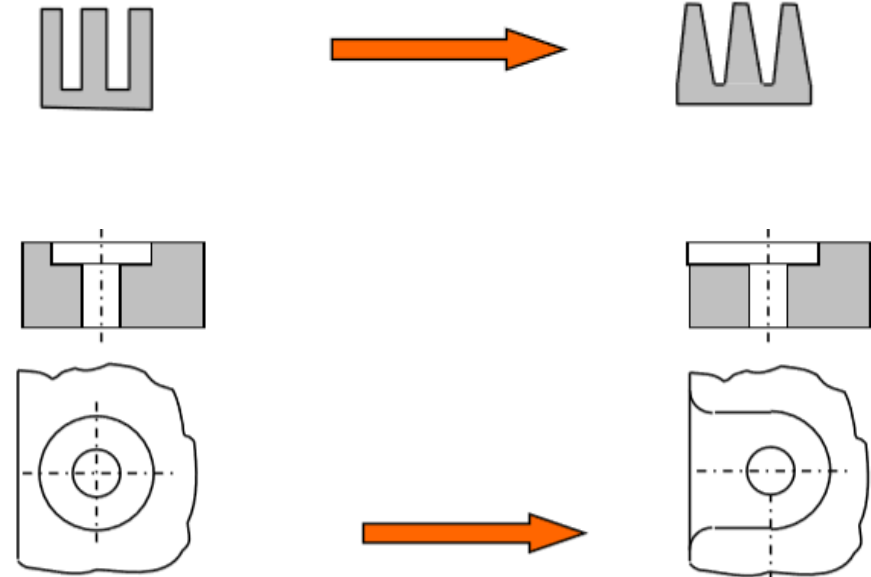
wirtschaftl. Mindeststückzahl: 5000 ... 10.000



Fertigungsgerechtes Gestalten: Raab Blatt 9; Krause FERT Tafel 4.40 S. 79

zu beachten

- großer Schwund,
- Fertigteile sehr spröde
- Mindestradien: $r > 1,5 \text{ mm}$
- Aushebeschräge



Sintern: Fertigungsgerechte Konstruktion

Bild 2-176 und 2-177

Bei Verzahnungen muss der Modul $m > 0,5$ gewählt werden. Verzahnungsausläufe sind nicht bis auf den Buchsengrund zu führen. Riffelungen sollen einen Öffnungswinkel $> 60^\circ$ aufweisen.

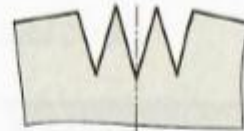


Bild 2-177

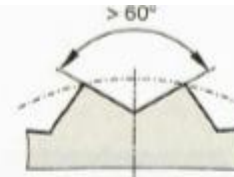
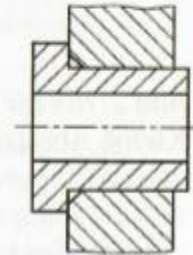


Bild 2-178

Bei gesinterten Buchsen muss die Freimachung für den Anschlag im Aufnahmeteil liegen.



Bild 2-178



Quelle: Fritz, Schulze:
Fertigungstechnik,
Springer 2006

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !

Noch Fragen ?

Hinweis

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