

Einstieg in die Spritzgießtechnik

Parameterberechnung

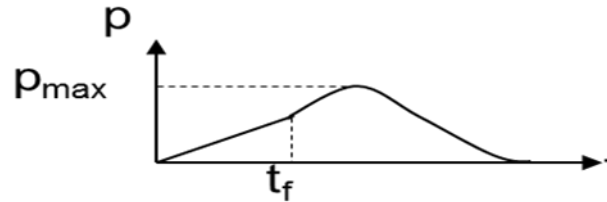


KUNSTSTOFF
INSTITUT
LÜDENSCHIED



- ▶ die Zuhaltekraft der Schließereinheit (> Auftriebskraft)

$$F_S = A_{\text{proj}} \times p^* / 100$$



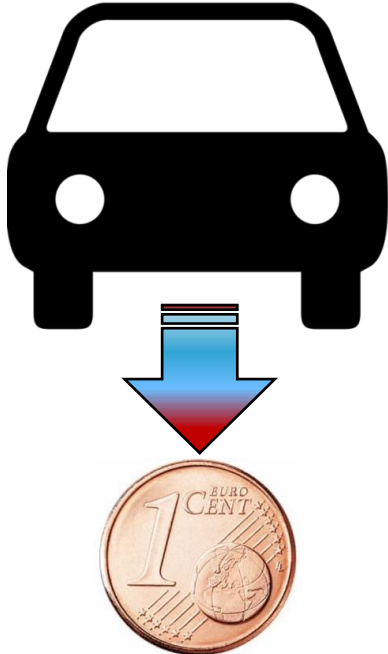
F_S = max. **Zuhaltekraft** der Schließereinheit (Schließkraft) in **kN**

A_{proj} = **projizierte Formteifläche** der oder des Formteils und des Angussystems in **cm^2**

p^* = mittlerer bzw. maximaler **Werkzeuginnendruck** in **bar** (spezifisch)

p^* : materialspezifische Fließfähigkeits-, Wanddicken und Fließweglänge beachten

Welche Kraft wirkt beim Spritzgießen auf der Fläche einer 1-Cent Münze, wenn ein mittlerer Spritzdruck von 500 bar vorliegt? Ø Münze = 16 mm (z.B. Werkzeugern)



$$F = p \cdot A$$

$$\begin{aligned} F_Z &= p_{Wi} \cdot A_{proj} \\ F_Z &= 500 \text{ bar} \cdot 2 \text{ cm}^2 \\ &= 5.000 \text{ N/cm}^2 \cdot 2 \text{ cm}^2 \\ &= 10.000 \text{ N} \\ &= 10 \text{ kN} \\ &= 1 \text{ t} \end{aligned}$$

Gewichtskraft von 1 Tonne
(1 t entspricht ca. der Gewichtskraft eines Kleinwagens)

Einheiten:

$$1 \text{ bar} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$10^5 \text{ Pa} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1 \text{ bar}$$

$$10^5 = 100.000$$

Formel zur Berechnung des Dosiervolumens

$$\text{Dosiervolumen [cm}^3\text{]} = \text{Massepolstervolumen [cm}^3\text{]} + \text{Einspritzvolumen [cm}^3\text{]}$$

Berechnung des Einspritzvolumens mit Hilfe der Dichte bei Raumtemperatur

$$\text{Einspritzvolumen [cm}^3\text{]} = \frac{\text{Schußgewicht [g]}}{\text{Dichte bei Verarbeitungstemperatur } \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]}$$

Berechnung des Einspritzvolumens mit Hilfe der Dichte bei Verarbeitungstemperatur

$$\text{Einspritzvolumen [cm}^3\text{]} = \frac{\text{Schußgewicht [g]}}{\text{Dichte bei Raumtemperatur } \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]} * 1,25$$

Berechnung Dosiervolumen

Schmelzedichte / Ausbringungsfaktor

Material	Dichte bei Raumtemp. g/cm ³	Dichte bei Verarbeitungstemp. g/cm ³	Ausbringungsfaktor
ABS	1,05	0,88	1,19
PA 6	1,13	0,91	1,24
PA 66	1,14	0,91	1,25
PC	1,20	0,97	1,24
PE-LD	0,92 – 0,94	0,72	1,29
PE-HD	0,94 – 0,96	0,71	1,33
PMMA	1,19	0,94	1,27
POM	1,42	1,15	1,23
PP	0,91	0,73	1,25
PS	1,05	0,91	1,15
PCV-U	1,40	1,12	1,25
PVC-P	1,35	1,02	1,32
SAN	1,08	0,88	1,23

Bei der Berechnung des Einspritzvolumens muss man berücksichtigen, dass die Schmelze im Plastifizierzylinder bei Verarbeitungstemperatur eine andere Dichte hat, als das Material bei Raumtemperatur.

Zur Berechnung des Einspritzvolumen kann man entweder das Schussgewicht durch die Dichte bei Raumtemperatur dividieren und das Ergebnis mit einem Faktor multiplizieren, oder das Schussgewicht durch die Dichte bei Verarbeitungstemperatur dividieren.

Hierbei hat sich die Verwendung des

Faktors 1,25 für die meisten Thermoplaste am praktikabelsten erwiesen.

- ▶ Die Einspritzzeit aus einer - verfahrenstechnisch geprüften - Simulationsberechnung übernehmen
- ▶ Liegen keine Daten aus Simulationsberechnungen vor, wird die Abschätzung der Einspritzzeit über die Fließweglänge und eine materialspezifische Fließfrontgeschwindigkeit ermittelt.

$$t_e = \frac{\text{Fließweglänge}}{\text{Fließfrontgeschwindigkeit}} = \frac{\text{mm}}{\text{mm/s}} = \text{s}$$

- Die „Fließfrontgeschwindigkeit“ liegt – je nach Kunststoff – zwischen 50 mm/s und 300 mm/s.
 - Siehe hierzu die „Probekörperherstellbedingungen“ auf dem Materialdatenblatt

Berechnung des Einspritzvolumenstromes:

$$\text{Einspritzvolumenstrom} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right] = \frac{\text{Einspritzvolumen} [\text{cm}^3]}{\text{Einspritzzeit} [\text{s}]}$$

Die Einspritzzeitmessung der Maschine startet bei Ende Dekompression und endet beim Umschalten auf den Nachdruck. Das errechnete Einspritzvolumen beinhaltet auch das Nachdruckvolumen.

Man müsste eigentlich dem Einspritzvolumen das Dekompressionsvolumen hinzurechnen und das Nachdruckvolumen vom Einspritzvolumen abziehen. Man kann jedoch annähernd davon ausgehen, dass beide Volumina vergleichbar groß sind.

Daher kann man bei der Berechnung des Einspritzvolumenstromes das Einspritzvolumen ohne Zu- und Abschläge verwenden.

- ▶ Der Öffnungsweg ist der Weg, den das Werkzeug mindestens auffahren soll, damit eine Entformung des Teils/ der Teile möglich ist.
 - Ein genereller Richtwert für den erforderlichen Öffnungsweg ist:

$$\text{Öffnungsweg} = 2,5 \times \text{Artikelhöhe}$$

- ❖ Bsp. Artikel 150mm
 - ❖ $2,5 * 150\text{mm} = 375\text{mm}$ Öffnungsweg
-
- ▶ Weg kann >oder< sein wenn Entnahme durch Handling
 - ▶ Ausfallschacht muss groß genug sein

- ▶ „Abschätzung“ der Kühlzeit mittels der Bauteilwanddicke s
 - Bei Werkzeugwandtemperaturen unterhalb 60°C:

$$t_K = s * (1 + 2 * s)$$

- Bei Werkzeugwandtemperaturen oberhalb 60°C:

$$t_K = 1,3 * s * (1 + 2 * s)$$

t_K = Kühlzeit [s]

s = dickste Wanddicke des Bauteils [mm]

- „Abschätzung“ der Kühlzeit mittels effektiver Temperaturleitfähigkeit des Thermoplastes

$$t_K [s] = \frac{0,165 \cdot s^2}{a_{eff}}$$

t_K = Kühlzeit [s]

s = dickste Wanddicke des Bauteils [mm]

a_{eff} = effektive Temperaturleitfähigkeit [mm²/s]

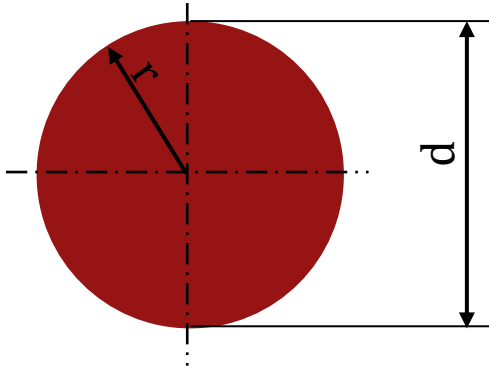
- Amorphe Thermoplaste $\sim 0,08 - 0,1 \text{ mm}^2/\text{s}$
- Teilkristalline Thermoplaste $\sim 0,06 - 0,08 \text{ mm}^2/\text{s}$

Kreisfläche

$$A = d^2 * \frac{\pi}{4} \quad \text{oder} \quad A = r^2 * \pi$$

Kreisumfang

$$U = d * \pi \quad \text{oder} \quad A = 2r * \pi$$

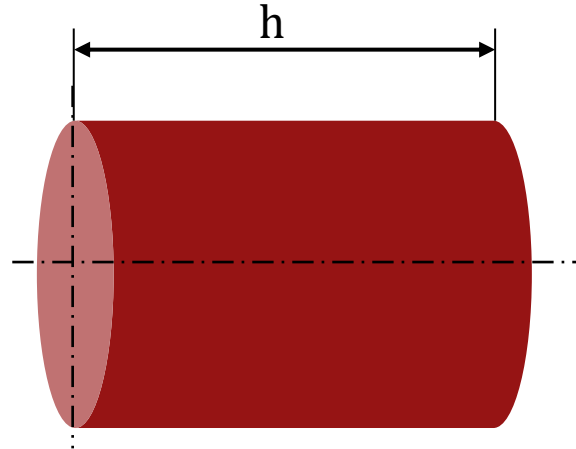


Zylindervolumen

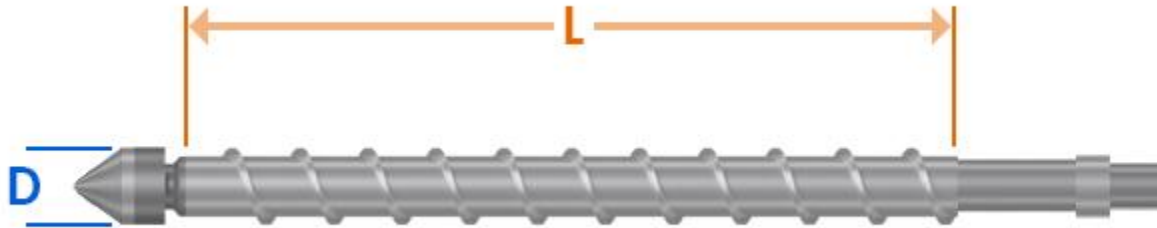
$$V = d^2 * \frac{\pi}{4} * h \quad \text{oder} \quad V = r^2 * \pi * h$$

Zylinderhöhe

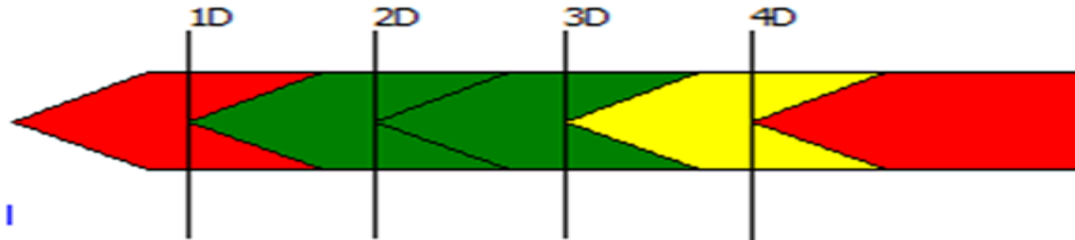
$$h [cm] = \frac{4 * V [cm^3]}{d^2 [cm^2] * \pi}$$



- ▶ Die Schneckenauslastung sollte aus folgenden Gründen zwischen $1D^*$ und $3D^*$ liegen:
 - Bei Dosierungen $>3D$ kann die Schmelzehomogenität nicht gewährleistet werden.
 - **andere Werte sind möglich und sind beim Materialhersteller zu erfragen*



- ▶ Die Schneckenauslastung sollte aus folgenden Gründen zwischen $1D^*$ und $3D^*$ liegen:
 - bei Dosierung $<1D$ kann die Schmelze thermisch geschädigt werden
-Verweilzeit der Schmelze in der Schnecke zu lang.
 - Reproduzierbarkeit des Einspritzvorgangs schlechter
 - durch den kleinen Hub reicht oft die Auflösung keine ausreichende Genauigkeit sowohl beim Dosieren als auch beim Einspritzen.



- ▶ Die Plastifizierleistung entspricht der Menge des homogen geschmolzenen Kunststoffes pro Zeiteinheit (h)

$$\text{Plastifizierleistung in } \text{cm}^3/\text{h} = \text{Schussvolumen in } \text{cm}^3 \times \frac{\text{Zyklen}}{\text{Stunde in h}}$$

Beispiel: ABS Schussvolumen = 45cm^3 ; 60 Zyklen/h

Rechnung: $\frac{45\text{cm}^3}{h} * 60 \text{ (Zyklen)} = \frac{2700\text{cm}^3}{h}$

Umrechnung in Kg/h $V = \frac{m}{\rho}$ $m = V * \rho = 2700\text{cm}^3 * 1,25\text{g/cm}^3 = \underline{3375\text{g}} = \underline{\underline{3,375\text{Kg/h}}}$

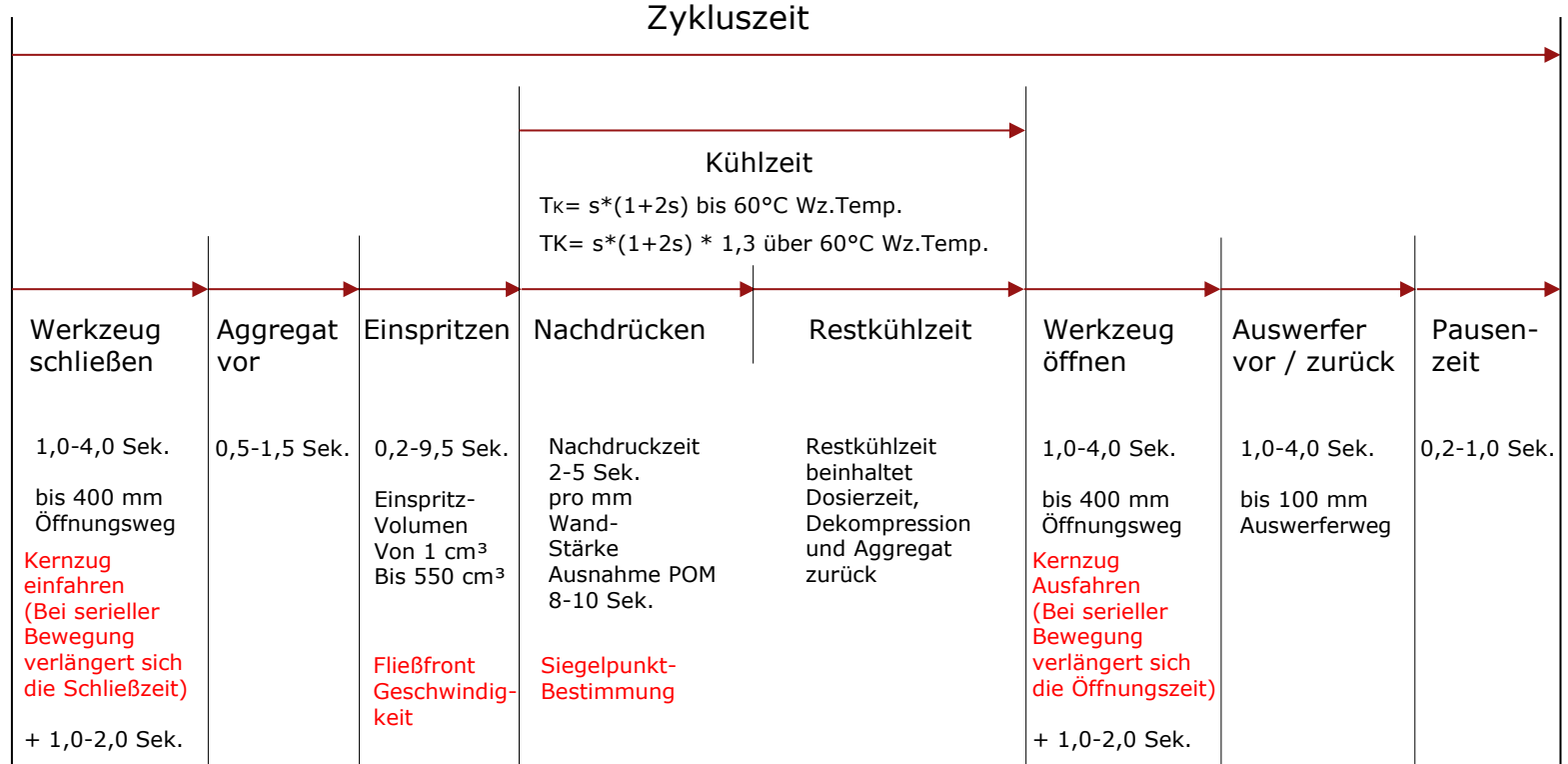
- ▶ Nachdruck/Siegelpunkt ermitteln (Variante 1)
 - mit einer für das Spritzteil überzogenen Nachdruckzeit beginnen
 - Nachdruck Schrittweise erhöhen und das jeweilige Spritzteilgewicht ermitteln
 - Nachdruck erhöhen bis Spritzteilgewicht konstant bleibt (ohne Anguss)
 - Nach jeder Nachdruckerhöhung Spritzteil auf Grat überprüfen
 - Entformung ständig kontrollieren
 - Nachdruckzeit verringern bis Spritzteilgewicht sich verändert
 - Massepolster beobachten
 - Sollten Formteilmaße in Kombination mit den übrigen Verarbeitungsparametern hierbei nicht erreicht werden, so ist das Werkzeug zu korrigieren.

- ▶ Nachdruck/Siegelpunkt ermitteln ([Variante 2](#))
 - Soweit möglich, 50-60% vom Umschaltspritzdruck einstellen
 - Nachdruckzeit Schrittweise erhöhen und das jeweilige Spritzteilgewicht ermitteln (Zeitanpassung hängt vom Bauteil ab)
 - Nachdruckzeit erhöhen bis Spritzteilgewicht konstant bleibt (ohne Anguss)
 - Bei jeder Wertveränderung, Spritzteil auf Grat überprüfen
 - Entformung ständig kontrollieren
 - Nachdruck verringern bis Spritzteilgewicht sich verändert
 - Massepolster beobachten
 - Sollten Formteilmaße in Kombination mit den übrigen Verarbeitungsparametern hierbei nicht erreicht werden, so ist das Werkzeug zu korrigieren.

Das empfohlene minimale Massepolster sollte einem Schneckenweg von 3 bis 7 mm entsprechen
Im Optimalfall beträgt der Schneckenweg des minimalen Massepolster 5 mm

Schneckendurchmesser	mm	15	18	20	22	25	30	35	40	45	50
Massepolster min.	cm ³	0,5	0,8	0,9	1,1	1,5	2,5	2,9	3,8	4,8	5,9
Massepolster max.	cm ³	1,2	1,8	2,2	2,7	3,4	4,9	6,7	8,8	11,1	13,7
Massepolster optimal	cm ³	0,9	1,3	1,6	1,9	2,5	3,5	4,8	6,3	8,0	9,8

- Bei thermisch empfindlichen Materialien sind kleinere Schneckenwege/-volumina empfehlenswert.
- Bei größeren Schneckendurchmessern können größere Schneckenwege/-volumina erforderlich werden.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Thomas Fischer
+49 (0) 23 51.10 64-173
fischer@kimw.de

Kunststoff-Institut Lüdenschheid
Karolinenstraße 8
58507 Lüdenschheid
www.kimw.de