

1 Urformverfahren

1.1 Gießen

1.1.1 Verwendete Formelzeichen

α	[°]	Formschrägenwinkel
ρ_G	[kg/dm ³]	Werkstoffdichte
ρ_K	[kg/dm ³]	Dichte des Kerns
A_B	[mm ²]	Bodenfläche (projiziert)
A_o	[dm ²]	Oberfläche des Teilkörpers
b_{Fs}	[mm]	Formschrägenbreite
F_A	[N]	Kernauftriebskraft
F_B	[N]	Bodendruckkraft
F_D	[N]	Druckkraft
F_{Ges}	[N]	Gesamtauftriebskraft
F_K	[N]	Kerngewicht (Gewichtskraft des Kerns)
g	[m/s ²]	Fallbeschleunigung
H	[mm]	Oberkastenhöhe
h_B	[mm]	Druckhöhe, Eingusshöhe, Füllhöhe
h_M	[mm]	Modellhöhe
h_W	[mm]	Werkstückhöhe
l_G	[mm]	Gussstücklänge
l_K	[mm]	Länge des Kerns
l_M	[mm]	Modelllänge
l_m	[mm]	Modellmaß
p_B	[N/mm ²]	Bodendruck
s	[%]	Schwindmaß
V	[dm ³]	Volumen des Teilkörpers
V_0	[mm ³]	Volumen des Oberkastens
V_G	[mm ³]	verdrängtes Metallvolumen
V_K	[mm ³]	Kernvolumen
V_W	[mm ³]	Volumen des Gussstücks

1.1.2 Auswahl verwendeter Formeln

Bodendruckkraft

$$F_B = A_B \cdot h_B \cdot \rho_G \cdot g$$

Kernauftriebskraft

$$F_A = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

Kerngewicht

$$F_K = V_K \cdot \rho_K \cdot g$$

Oberkastenauftriebskraft

$$F_{OK} = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

Gesamtauftriebskraft

$$F_G = F_A + F_{OK} - F_K$$

Bodendruck

$$p = h_B \cdot g \cdot \rho_G$$

Kernvolumen

$$V_K = A \cdot l$$

Druckkraft

$$F_D = p_B \cdot A_B$$

Modellmaß

$$l_m = \frac{l_G \cdot 100\%}{100\% - s}$$

Formschrägenwinkel

$$b_{FS} = \tan \alpha \cdot h_m$$

Erstarrungsmodul

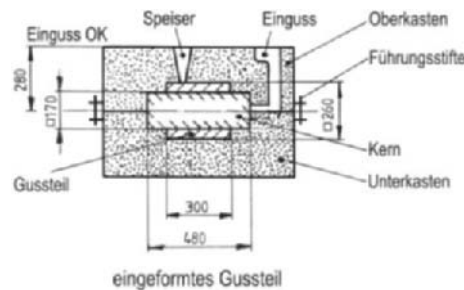
$$m_E = \frac{V}{A_0}$$

1.1.3 Berechnungsbeispiele

1. Das skizzierte Gussstück aus G-CuZn30, Dichte $7,8 \text{ kg/dm}^3$, wird mit einem liegenden Kern gegossen. Die Dichte des Kernsandes beträgt $1,2 \text{ kg/dm}^3$.

Berechnen Sie:

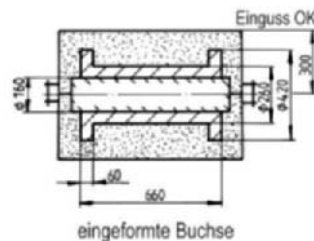
- die Bodenkraft
- die Kernauftriebskraft
- das Kerngewicht
- die Oberkastenauftriebskraft
- die Gesamtauftriebskraft.



2. In einem Formkasten ist eine mit Flanschen versehene Buchse eingeformt (s. Skizze). Die Buchse hat eine Länge von 540 mm, einen Innendurchmesser von 160 mm und eine Wandstärke von 50 mm.

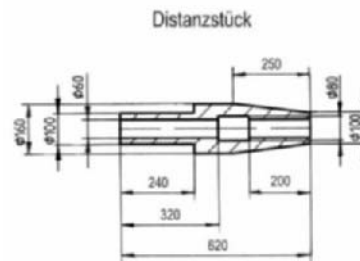
Die Flansche haben einen Außendurchmesser von 420 mm, die Flanschdicke beträgt 60 mm. Der Oberkasten ist 300 mm hoch. Der Kern wiegt 240 N, Dichte des Guss-eisens $7,2 \text{ kg/dm}^3$.

Berechnen Sie die Gesamtauftriebskraft.



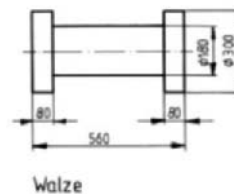
3. Das skizzierte Distanzstück aus E 360 (St 70-2) soll durch Schwerkraftgießen hergestellt werden.

- Skizzieren Sie das eingeformte Werkstück im Formkasten, die Oberkastenhöhe beträgt 400 mm.
- Berechnen Sie den Bodendruck.
- Ermitteln Sie die Auftriebskraft beim Gießen, wenn die Dichte von Stahl $7,8 \text{ kg/dm}^3$ und die Dichte des Kernwerkstoffs $3,6 \text{ kg/dm}^3$ beträgt.



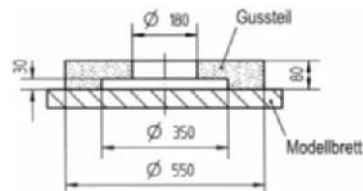
4. Die abgebildete Walze aus EN-GJL-300 soll durch Gießen hergestellt werden.

- Welches Gießverfahren ist anzuwenden, wenn 20 Walzen benötigt werden?
- Skizzieren Sie für das Gussstück die Gießform mit allen wesentlichen Merkmalen.
- Berechnen Sie die Auftriebskraft gegen den Oberkasten bei vollständig gefüllter Gießform. Höhe des Oberkastens 280 mm, Dichte des Gusseisens $7,2 \text{ kg/dm}^3$.



5. In einem Formkasten ist die skizzierte Scheibe mit einem Durchmesser von 550 mm zum Gießen eingeformt. Höhe des Oberkastens 130 mm, Dichte des Gusswerkstoffs $6,9 \text{ kg/dm}^3$.

- Skizzieren Sie die Gussform.
- Berechnen Sie die Auftriebskraft gegen den Oberkasten bei vollständig gefüllter Gießform.



6. Ermitteln Sie:

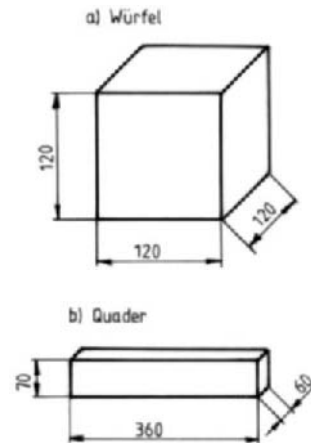
- den Bodendruck (in bar) in einer Gießform, wenn das Werkstück aus Stahl gegossen wird.
- die Druckkraft.

Die Grundfläche beträgt 46800 mm^2 , die Eingusshöhe wurde mit 0,4 m gewählt, Werkstoffdichte $7,8 \text{ kg/dm}^3$.

7. Ermitteln Sie die Modellmaße des skizzierten Gussstücks aus Temperguss EN-GJMW-350-4, ohne Bearbeitungszugaben und Formschrägen. Das Schwindmaß beträgt 1,6 % (DIN 1511).



8. Die Höhe eines Modells beträgt 320 mm.
Ermitteln Sie:
- die Formschrägenbreite
 - den Formschrägenwinkel.
9. Wie viel Kilogramm Aluminium und Silizium sind in 50 kg der Aluminium-Gusslegierung G-AlSi 9 enthalten?
10. Eine Guss-Kupfer-Zinn-Legierung G-CuSn 20 soll in G-CuSn 10 umlegiert werden.
Welches Metall und wie viel davon müssen zugegeben werden, wenn 120 kg G-CuSn 20 vorhanden sind?
11. Ermitteln Sie:
- den Erstarrungsmodul der skizzierten Teile
 - erläutern Sie anschließend die Ergebnisse.



1.1.4 Lösungen

Lösung zu Beispiel 1

- a) Bodenkraft

$$F_B = A_B \cdot h_B \cdot \rho_G \cdot g$$

$$A_B = 3 \cdot 2,6 = 7,8 \text{ dm}^2$$

$$h_B = 2,8 \text{ dm}$$

$$\rho_G = 7,8 \text{ kg/dm}^3$$

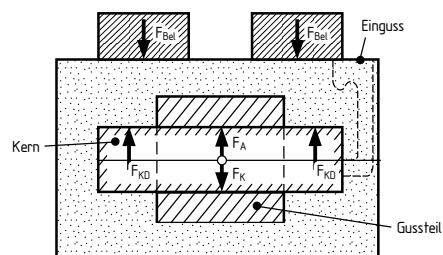
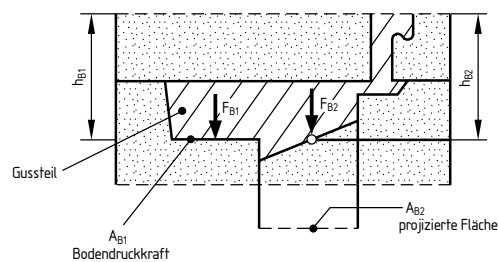
$$F_B = 7,8 \cdot 2,8 \cdot 7,8 \cdot 9,81 = \underline{\underline{1671,2 \text{ N}}}$$

- b) Kernauftriebskraft

$$F_A = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$V_G = 3 \cdot 1,7 \cdot 1,7 = 8,67 \text{ dm}^3$$

$$F_A = 8,67 \cdot 7,8 \cdot 9,81 = \underline{\underline{663,4 \text{ N}}}$$



c) Kerngewicht

$$F_A = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$V_K = 4,8 \cdot 1,7 \cdot 1,7 = 13,87 \text{ dm}^3$$

$$F_K = 13,87 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = \underline{\underline{163,3 \text{ N}}}$$

d) Oberkastenauftriebskraft

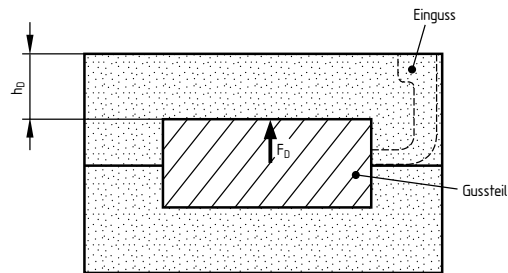
$$F_{OK} = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$F_G = 3 \cdot 2,6 \cdot 1,5 = 11,7 \text{ dm}^3$$

$$F_{OK} = 11,7 \cdot 7,8 \cdot 9,81 = \underline{\underline{895,3 \text{ N}}}$$

e) Gesamtauftriebskraft

$$F_G = F_A + F_{OK} - F_K = 663,4 + 895,3 - 163,3 = \underline{\underline{1395,4 \text{ N}}}$$

**Lösung zu Beispiel 2**

a) Oberkastenauftriebskraft

$$F_{OK} = V_G \cdot \rho_G \cdot g = \left(b_1 \cdot h_1 - \frac{\pi \cdot d_1^2}{2 \cdot 4} \right) \cdot l_1 + 2 \left(b_2 \cdot h_2 - \frac{\pi \cdot d_1^2}{2 \cdot 4} \right) \cdot l$$

$$V_G = \left(2,6 \cdot 3 - \frac{\pi \cdot 2,6^2}{2 \cdot 4} \right) \cdot 5,4 + 2 \left(4,2 \cdot 3 - \frac{\pi \cdot 4,2^2}{2 \cdot 4} \right) \cdot 0,6 = 34,59 \text{ dm}^3$$

$$F_{OK} = 34,59 \cdot 7,2 \cdot 9,81 = \underline{\underline{2443 \text{ N}}}$$

b) Kernauftriebskraft

$$F_A = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$V_G = \frac{1,6^2 \cdot \pi}{4} \cdot 6,6 = 13,26 \text{ dm}^3$$

$$F_A = 13,26 \cdot 7,2 \cdot 9,81 = \underline{\underline{936,8 \text{ N}}}$$

c) Gesamtauftriebskraft

$$F_G = F_{OK} + F_A - F_K = 2446 + 936,8 - 240 = \underline{\underline{3143 \text{ N}}}$$

Lösung zu Beispiel 3

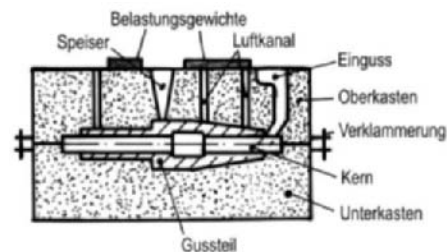
a) eingeformtes Distanzstück

b) Bodendruck

$$p = h_B \cdot g \cdot \rho_G$$

$$h_B = 400 + \frac{160}{2} = 480 \text{ mm}$$

$$p = 0,48 \cdot 9,81 \cdot 7,8 = 0,3673 \text{ bar} \approx \underline{\underline{0,37 \text{ bar}}}$$



c) Auftriebskraft

Kernvolumen

$$L = 320 + 200 = 520 \text{ mm}$$

$$V_K = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot l + \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot l_1 = \frac{60^2 \cdot \pi}{4} \cdot 520 + \frac{80^2 \cdot \pi}{4} \cdot 100 = 1971920 \text{ mm}^3 \approx \underline{\underline{1,972 \text{ dm}^3}}$$

Kerngewicht

$$F_K = V_K \cdot \rho_K \cdot g = 1,972 \cdot 3,6 \cdot 9,81 = \underline{\underline{71 \text{ N}}}$$

Kernauftriebskraft

$$F_A = V_G \cdot \rho_G \cdot g = 1,972 \cdot 7,8 \cdot 9,81 = \underline{\underline{151 \text{ N}}}$$

Wirksame Auftriebskraft

$$F_W = F_A - F_K = 151 - 71 = \underline{\underline{80 \text{ N}}}$$

Oberkastenauftriebskraft

$$F_{OK} = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$\begin{aligned} V_W &= \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2} \cdot l_1 + \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2} \cdot l_2 + \frac{\pi \cdot h}{12 \cdot 2} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) - V_K \\ &= \frac{1,2^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2} \cdot 2,4 + \frac{1,6^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2} \cdot 1,3 + \frac{3,14 \cdot 2,5}{12 \cdot 2} \cdot (1^2 + 1,6^2 + 1 \cdot 1,6) - 1,972 \\ &= 0,942 + 1,306 + 1,688 - 1,972 = 3,936 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_O &= d_1 \cdot l_1 \cdot H + d_2 \cdot l_2 \cdot H + \left[\frac{D+d}{2} \cdot h \cdot H \right] = \\ &= 1 \cdot 2,4 \cdot 4 + 1,6 \cdot 1,3 \cdot 4 + \left[\frac{1,6+1}{2} \cdot 2,5 \cdot 4 \right] = 30,92 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

$$V_G = V_O - V_W = 30,92 - 3,936 = 26,984 \text{ dm}^3$$

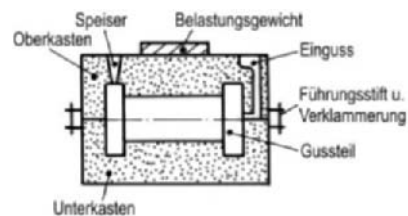
$$F_{OK} = 26,984 \cdot 7,8 \cdot 9,81 = \underline{\underline{2064,8 \text{ N}}}$$

Gesamtauftriebskraft

$$F_G = F_{OK} + F_W = 2064,8 + 80 = 2144,8 \text{ N} \approx \underline{\underline{2145 \text{ N}}}$$

Lösung zu Beispiel 4

- a) gewähltes Gießverfahren: Schwerkraftgießen
 \Rightarrow Gießen mit verlorener Form
 \Rightarrow Herstellung durch Handformen
- b) Abb: eingeformte Walze, EN-GJL-300



- c) Oberkastenauftriebskraft

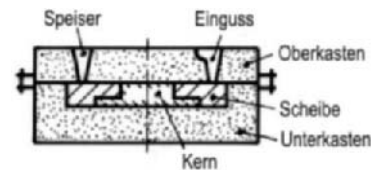
$$F_{OK} = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$V_G = \left(1,8 \cdot 2,8 - \frac{1,8^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2}\right) \cdot 4 + 2 \left(3 \cdot 2,8 - \frac{3^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2}\right) \cdot 0,8 = 22,86 \text{ dm}^3$$

$$F_{OK} = 22,86 \cdot 7,2 \cdot 9,81 = \underline{\underline{1614,4 \text{ N}}}$$

Lösung zu Beispiel 5

- a) Abbildung eingeformte Scheibe, EN-GJL-300



- b) Oberkastenauftriebskraft

$$F_{OK} = V_G \cdot \rho_G \cdot g$$

$$V_G = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot h = (5,5^2 - 1,8^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1,3 = 27,58 \text{ dm}^3$$

$$F_{OK} = 27,58 \cdot 6,9 \cdot 9,81 = \underline{\underline{1867 \text{ N}}}$$

Lösung zu Beispiel 6

- a) Bodendruck

$$p_B = h_B \cdot \rho_G \cdot g = 0,4 \cdot 7,8 \cdot 9,81 = \underline{\underline{0,31 \text{ bar}}} \left[\text{m} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]; \quad 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1 \text{ bar}$$

- b) Druckkraft

$$F_D = p_B \cdot A_B = 0,31 \cdot 468 = \underline{\underline{1451 \text{ N}}}$$

Lösung zu Beispiel 7

Modellmaß

$$l_m = \frac{l_G \cdot 100\%}{100\% - s}$$

$$l_{m1} = \frac{l_{G1} \cdot 100\%}{100\% - s} = \frac{320 \cdot 100\%}{100\% - 1,6\%} = \underline{\underline{325,2 \text{ mm}}}$$

$$l_{m2} = \frac{l_{G2} \cdot 100\%}{100\% - s} = \frac{520 \cdot 100\%}{100\% - 1,6\%} = \underline{\underline{528,46 \text{ mm}}}$$

Lösung zu Beispiel 8

- a) Formschrägenbreite

$$b_{FS} = 2,5 \text{ mm}$$

aus Tabelle 1: Formschrägenbreite
bei $h_M > 315 \text{ mm} \Rightarrow b_{FS} = 2,5 \text{ mm}$

b) Formschrägenwinkel

$$b_{FS} = \tan \alpha \cdot h_M$$

$$\tan \alpha = \frac{b_{FS}}{h_M} = \frac{2,5}{320} = 0,00781$$

$$\alpha = 0,447^\circ \approx \underline{\underline{0,45^\circ}}$$

Lösung zu Beispiel 9

Aus der Normbezeichnung der Legierung G-AlSi9 ergibt sich:

100 kg G-AlSi 9 enthalten 91 kg Al und 9 kg Si

$$50 \text{ kg G-AlSi 9 enthalten } \frac{91 \cdot 50}{100} = \underline{\underline{45,5 \text{ kg Al}}}$$

$$50 \text{ kg G-AlSi 9 enthalten } \frac{9 \cdot 50}{100} = \underline{\underline{4,5 \text{ kg Si}}}$$

Lösung zu Beispiel 10

Aus der Normbezeichnung der Legierung G-CuSn20 ergibt sich:

100 kg G-CuSn 20 enthalten 80 kg Cu und 20 kg Sn

$$120 \text{ kg G-CuSn 20 enthalten } \frac{80 \cdot 120}{100} = \underline{\underline{96 \text{ kg Cu}}}$$

$$120 \text{ kg G-CuSn 20 enthalten } \frac{20 \cdot 120}{100} = \underline{\underline{24 \text{ kg Sn}}}$$

⇒ in G-CuSn 10 sind 90 % Cu enthalten

nach der obigen Rechnung sind in 24 kg ⇒ 10 % Zinn enthalten,

$$\text{somit } 90 \% \cong \frac{24 \cdot 90\%}{10\%} = 216 \text{ kg Cu}$$

96 kg Cu sind vorhanden, es müssen also: $x = 216 \text{ kg} - 96 \text{ kg} = 120 \text{ kg Cu}$ zugegeben werden.

oder

$$120 \cdot \frac{80}{100} + x = (120 + x) \frac{90}{100}$$

$$96 + x = 180 + 0,9x$$

$$0,1x = 12$$

$$x = 120 \text{ kg Cu müssen zugegeben werden.}$$

Lösung zu Beispiel 11

a) Erstarrungsmodul beim Würfel

$$m_{E1} = \frac{V}{A_0}$$

$$V = a^3$$

$$V = 1,2^3 = 1,728 \text{ dm}^3$$

$$A_0 = 6 a^2 = 6 \cdot 1,2^2 = 8,64 \text{ dm}^2$$

$$m_{E1} = \frac{1,728}{8,64} = \underline{\underline{0,2 \text{ dm}}}$$

b) Erstarrungsmodul beim Quader

$$V = l \cdot b \cdot h = 3,6 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 1,512 \text{ dm}^3$$

$$A_0 = 2 \cdot l \cdot b + 2 \cdot b \cdot h + 2 \cdot l \cdot h = 2 \cdot 3,6 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,7 + 2 \cdot 3,6 \cdot 0,7 = 10,2 \text{ dm}^2$$

$$m_{E1} = \frac{1,512}{10,2} = 0,148 = \underline{\underline{0,15 \text{ dm}}}$$

Hinweis: Das Stück mit dem kleinsten Erstarrungsmodul erstarrt zuerst. Dies gilt für jeden einzelnen Teilbereich eines Gussstückes. Liegt nun bei einem Gussstück ein Teil mit größeren m_E zwischen Stellen mit niedrigerem m_E , so erstarren diese zuerst!

1.2 Sintern

1.2.1 Verwendete Formelzeichen

h	[mm]	Füllhöhe
h_W	[mm]	gepresste Höhe
q		Füllfaktor

1.2.2 Auswahl verwendeter Formeln

$$h = h_W \cdot q$$

$$q = \frac{\text{Dichte des gepressten Körpers}}{\text{Scheindichte des Pulvers}}$$

1.2.3 Berechnungsbeispiel

1. Ein Körper aus Eisenpulver soll auf 20 mm Höhe gepresst werden. Die Dichte im gepressten Zustand beträgt $6,8 \text{ g/cm}^3$. 100 g des Eisenpulvers nehmen 35 cm^3 Füllvolumen ein.

Ermitteln Sie:

- den Füllfaktor
- die Füllhöhe.

1.2.4 Lösung

Lösung zu Beispiel 1

a) Füllfaktor

Hinweis: Beim Herstellen von Presslingen spielt der Füllfaktor eine wesentliche Rolle. Komplizierte Teile müssen in verschiedene Füllräume aufgeteilt werden. Für jeden Körperquerschnitt ergibt sich der Füllraum durch die Füllhöhe.

$$q = \frac{\text{Dichte des gepressten Körpers}}{\text{Scheindichte des Pulvers}}$$

$$100 \text{ g} \hat{=} 35 \text{ cm}^3 \hat{=} 2,86 \text{ g/cm}^3$$

$$q = \frac{6,8}{2,86} = \underline{\underline{2,38}}$$

oder

$$q = \frac{\text{Dichte des gepressten Körpers} \cdot \text{Füllvolumen}}{100 \%}$$

$$q = \frac{6,8 \cdot 35}{100} = \underline{\underline{2,38}}$$

b) Füllhöhe

$$h = h_W \cdot q = 20 \text{ mm} \cdot 2,38 = \underline{\underline{47,6 \text{ mm}}}$$