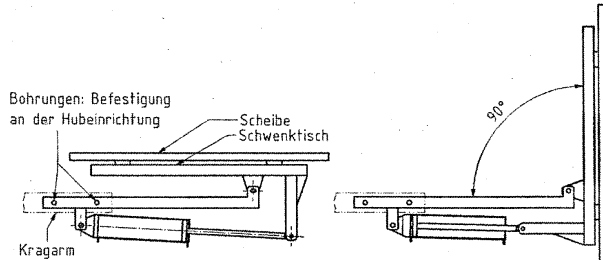




- 1 tgtm HP 2011/12-3: Transportband
Der Zylinder hat einen Wirkungsgrad von 93 % und muss einer Belastung von 9 kN standhalten. Der Arbeitsdruck der Anlage beträgt 5,2 bar. Dimensionieren Sie den erforderlichen Normzylinder.¹
- 2 tgtm HP 2010/11-4: Rohrrahmen
Daten: maximaler Betriebsdruck: 6 bar
A1: doppelwirkender Zylinder
Hub: 80 mm
erforderliche Mindestkraft: 2400 N
 $\eta = 90\%$
A2: doppelwirkender Zylinder
Nenndurchmesser: 125 mm
Hub: 160 mm
- 2.a Bestimmen Sie mit Hilfe einer Rechnung den erforderlichen Normzylinder für den Spannzylinder A1.
- 2.b Berechnen Sie den Betriebsdruck, der eingestellt werden muss, wenn die Spannkraft des gewählten Normzylinders A1 auf 1700 N begrenzt wird.
- 2.c Die Anlage wird mit dem gewählten Zylinder A1 (aus Aufg. 2.a) und dem Zylinder A2 mit einem Arbeitsdruck von 5 bar betrieben. Bestimmen Sie die monatlichen Kosten durch den Luftverbrauch der Anlage, wenn an 20 Arbeitstagen jeweils 400 Teile gebogen werden. Ein m³ Druckluft kostet 26 Cent.²
- 3 tgtm HP 2009/10-3: Schwenkmodul
Schwenkmodul zur Montage von großen Fliesen und Scheiben an Hausfassaden.³



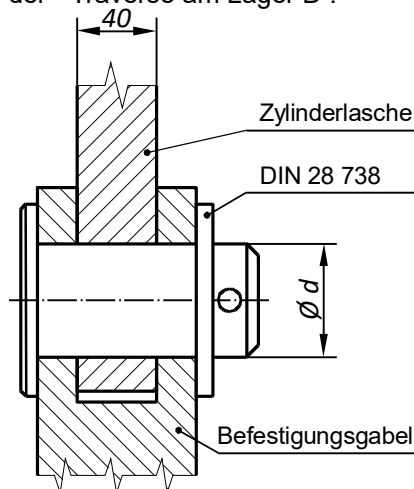
Zugkraft im Zylinder: $F = 2000 \text{ N}$
 Hub: $s = 400 \text{ mm}$
 Arbeitsdruck: $p_0 = 4,5 \text{ bar}$
 Wirkungsgrad: $\eta = 0,9$

- 3.a Dimensionieren Sie den erforderlichen Normzylinder.
- 3.b In einer Stunde werden 15 Scheiben montiert. Die Verluste in den Leitungen betragen 15 %. Die Kosten für die Druckluft erzeugung belaufen sich auf 0,06 €/m³. Ermitteln Sie die Energiekosten für eine Stunde.
- 3.c Die Pneumatikanlage wird mit einem Druckluftspeicher mit 50 Liter Inhalt und einem Manometerdruck nach der Aufladung von $p_e = 120 \text{ bar}$ betrieben. Die Druckluft wird isotherm auf den Arbeitsdruck reduziert. Überprüfen Sie, ob eine Druckluftfüllung für einen Arbeitstag von 8 Stunden ausreicht.
- 3.d Bestimmen Sie für den gewählten Normzylinder den erforderlichen Mindestdruck bei einer Mindestzugkraft von 2000 N.

- 4 tgtm HP 2007/08-1: Hubgerät HG500
Zylinder und Zylinderbefestigungen
- 4.a Ermitteln Sie für die Zylinderkraft F_D (Annahme $F_D = 50 \text{ kN}$) einen geeigneten Zylinder aus der Tabelle. Dabei darf ein Maximaldruck im System von 150 bar und eine zulässige Druckspannung in der Kolbenstange von 100 N/mm² nicht überschritten werden.
Der Zylinderwirkungsgrad beträgt 85%. Bewerten Sie ihr Ergebnis.

Zylinder	1	2	3	4
KolbenØ d_1 in mm	50	63	80	100
KolbenstangenØ d_2 in mm	36	45	56	70

Konstruktive Lösung der Bolzenverbindung Zylinder - Traverse am Lager D :⁴



¹ $d_{\text{erf}} = 154 \text{ mm}$
² a) $d_{\text{erf}} = 75,2 \text{ mm}$ b) $p = 3,8 \text{ bar}$ c) 59,06 €/Monat
³ a) $A_{\text{erf}} = 49,4 \text{ cm}^2$ ($\rightarrow d_1 = 100 \text{ mm}$) b) 3,66 Ct/h
 c) $V_{\text{erf}} = 40,3 \text{ dm}^3$ mit $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ d) $p_{\text{min}} = 3,0 \text{ bar}$

⁴ a) $d_{\text{erf}} = 70,7 \text{ mm}$, gewählt: $d_1 = 80 \text{ mm}$ $d_{\text{zerf}} = 31 \text{ mm}$



Lösungen

1 tgm HP 2011/12-3: Transportband

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{9 \text{ kN}}{5,2 \text{ bar} \cdot 93 \%} = \frac{9000 \text{ N}}{5,2 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,93}$$

$$= 186 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 186 \text{ cm}^2}{\pi}} = 154 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 160 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 40 \text{ mm}$ ($\rightarrow$ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

2 tgm HP 2010/11-4: Rohrrahmen

2.a $\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow$

$$A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{2400 \text{ N}}{6 \text{ bar} \cdot 90 \%} = \frac{2400 \text{ N}}{6 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,90}$$

$$= 44,4 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 44,4 \text{ cm}^2}{\pi}} = 75,2 \text{ mm}$$

Gewählt: Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 80 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 25 \text{ mm}$ ($\rightarrow$ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“)

2.b $A = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi \cdot (80 \text{ mm})^2}{4} = 5027 \text{ mm}^2$

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$p = \frac{F}{A \cdot \eta} = \frac{1700 \text{ N}}{5027 \text{ mm}^2 \cdot 0,90} = 0,376 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3,8 \text{ bar}$$

2.c $A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi \cdot (80 \text{ mm})^2}{4} = 5027 (4536) \text{ mm}^2$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 = \frac{\pi \cdot (125 \text{ mm})^2}{4} = 12272 (11468) \text{ mm}^2$$

$$n = 400 \frac{\text{Teile}}{\text{Tag}} \cdot 20 \frac{\text{Tage}}{\text{Monat}} = 8000 \frac{\text{Teile}}{\text{Monat}}$$

$$Q_1 = 2 \cdot A_1 \cdot s_1 \cdot n \cdot \frac{p_{\text{Arb}} + p_{\text{amb}}}{p_{\text{amb}}}$$

$$= 2 \cdot 5027 \text{ mm}^3 \cdot 80 \text{ mm} \cdot 8000 \frac{\text{Teile}}{\text{Monat}} \cdot \frac{5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$= 38,6 (36,7) \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

$$Q_2 = 2 \cdot A_2 \cdot s_2 \cdot n \cdot \frac{p_{\text{Arb}} + p_{\text{amb}}}{p_{\text{amb}}}$$

$$= 2 \cdot 12272 \text{ mm}^3 \cdot 160 \text{ mm} \cdot 8000 \frac{\text{Teile}}{\text{Monat}} \cdot \frac{5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$= 188,5 (182,3) \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = (38,6 + 188,5) \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

$$= 227,1 (219,0) \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}}$$

$$\text{Kosten} = Q \cdot k$$

$$= 227,1 \frac{\text{m}^3}{\text{Monat}} \cdot 26 \frac{\text{Cent}}{\text{m}^3} = 59,05 (56,95) \frac{\text{€}}{\text{Monat}}$$

Werte in Klammern unter Berücksichtigung der Kolbenstange.

3

3.a $\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow$

$$A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{2000 \text{ N}}{4,5 \text{ bar} \cdot 90 \%} = \frac{2000 \text{ N}}{4,5 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,90}$$

$$= 49,4 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 49,4 \text{ cm}^2}{\pi}} = 79,3 \text{ mm}$$

Der Normzylinder mit $d_1 = 80 \text{ mm}$ und $d_2 = 25 \text{ mm}$ erscheint knapp, da die Zugkraft im Rückhub mit der um die Kolbenstange verminderten Kolbenfläche erzeugt wird. Deshalb muss überprüft werden, ob die Fläche ausreicht:

$$A_{80, \text{Rück}} = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 25^2) \text{ mm}^2}{4} = 45,4 \text{ cm}^2$$

Da die Fläche nicht ausreicht, wird der nächstgrößere Normzylinder mit KolbenØ $d_1 = 100 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 25 \text{ mm}$ gewählt ($\rightarrow$ [EuroTabM] „Pneumatikzylinder, Abmessungen“). Nach diesem Größensprung wird die Kontrollrechnung für die Fläche durch eine gefühlsmäßige Abschätzung ersetzt (und später durch die in Lsg. 3.d berechnete Kolbenfläche bestätigt, die deutlich über den erforderlichen $49,4 \text{ cm}^2$ liegt).

3.b Annahme: Der Zylinder wird doppeltwirkend mit vollem Druck in beiden Richtungen eingesetzt.

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi \cdot (100 \text{ mm})^2}{4} = 7854 (7363) \text{ mm}^2$$

$$Q = 2 \cdot \frac{A \cdot s_1}{1 - 15 \%} \cdot n \cdot \frac{p_0 + p_{\text{amb}}}{p_{\text{amb}}}$$

$$= 2 \cdot \frac{7854 \text{ mm}^3}{0,85} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 15 \frac{1}{\text{Stunde}} \cdot \frac{4,5 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$= 0,610 (0,591) \frac{\text{m}^3}{\text{Stunde}}$$

$$\text{Kosten} = Q \cdot k$$

$$= 0,610 \frac{\text{m}^3}{\text{Stunde}} \cdot 0,02 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 0,0366 (0,0354) \frac{\text{€}}{\text{Stunde}}$$

(Werte in Klammern wurden unter Berücksichtigung der Kolbenstange errechnet.)

3.c Kesselvolumen

Luftbedarf bei Umgebungsdruck

$$V_{\text{amb}} = Q \cdot t = 0,610 \frac{\text{m}^3}{h} \cdot 8 h = 4,88 \text{ m}^3$$

Benötigtes Kesselvolumen bei 120 bar

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow$$

$$V_e = V_{\text{amb}} \cdot \frac{p_{\text{amb}}}{p_e} = 4880 \text{ dm}^3 \cdot \frac{1 \text{ bar}}{(120 + 1) \text{ bar}} = 40,3 \text{ dm}^3$$

Das ist weniger als 50 l, deshalb reicht der Kessel aus.

3.d $A_{100, \text{Rück}} = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 25^2) \text{ mm}^2}{4} = 7363 \text{ mm}^2$

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$p_{\text{min}} = \frac{F}{A \cdot \eta} = \frac{2000 \text{ N}}{73,63 \text{ cm}^2 \cdot 90 \%} = 3 \cdot \frac{10 \text{ N}}{\text{cm}^2} = 3,0 \text{ bar}$$



4 tgtm HP 2007/08-1: Hubgerät HG500

4.a Berechnung des Kolbendurchmessers d_1

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$A_{\text{lerf}} = \frac{F}{p \cdot \eta} = \frac{50 \text{ kN}}{150 \text{ bar} \cdot 0,85} = \frac{50000 \text{ N}}{150 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,85} = 39,2 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{\text{lerf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{lerf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 39,2 \text{ cm}^2}{\pi}} = 70,7 \text{ mm}$$

Gewählt: Zylinder 3 mit KolbenØ $d_1 = 80 \text{ mm}$ und KolbenstangenØ $d_2 = 56 \text{ mm}$.

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (80 \text{ mm})^2 = 5026 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$F = p \cdot A_1 = 150 \text{ bar} \cdot 5026 \text{ mm}^2 \Rightarrow$$

$$= 150 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 50,3 \text{ cm}^2 = 75,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{dzul}} \geq \sigma_d = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{2\text{erf}} = \frac{F}{\sigma_{\text{dzul}}} = \frac{75,4 \text{ kN}}{100 \text{ N/mm}^2} = 754 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow$$

$$d_{2\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{2\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 754 \text{ mm}^2}{\pi}} = 31,0 \text{ mm}$$

Der KolbenstangenØ $d_2 = 56 \text{ mm}$ ist also ausreichend.

Die Kraft wurde ohne den Wirkungsgrad berechnet, da nicht bekannt ist, wie viel von ihm auf die Kolbenstange entfällt. Ohne Wirkungsgrad liegt man auf der sicheren Seite.