

1. Nach Gl. (2-49):

$$c_{gl} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot c_i}{L_{ges}} = \frac{L_1 \cdot c_1 + L_2 \cdot c_2 + L_3 \cdot c_3}{L_1 + L_2 + L_3}$$

Mit $L_{ges} = L_1 + L_2 + L_3 = 700 + 450 + 300 \text{ [m]} = 1450 \text{ m}$

Aus Durchfluß $c_1 = \frac{\dot{V}}{A_1} = \frac{\dot{V}}{D_1^2 \cdot \pi/4} = \frac{2000/3600}{0,8^2 \cdot \pi/4} \left[\frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \right]$
 $c_1 = 1,10 \text{ m/s}$

Nach Kontinuität $c_2 = c_1 \cdot (D_1/D_2)^2 = 1,1 \cdot (800/600)^2 = 1,96 \text{ m/s}$

$c_3 = c_1 \cdot (D_1/D_3)^2 = 1,1 \cdot (800/500)^2 = 2,83 \text{ m/s}$

Eingesetzt, ergibt

$$c_{gl,0} = \frac{1,10 \cdot 700 + 1,96 \cdot 450 + 2,83 \cdot 300}{1450} \left[\frac{\text{m/s} \cdot \text{m}}{\text{m}} \right]$$

$c_{gl,0} = 1,72 \text{ m/s}$

2. Nach Gl. (2-48) $D_{gl} = \sqrt{A_{gl} \cdot 4/\pi}$

Mit Gl. (2-49) $A_{gl} = \dot{V}/c_{gl} = (2000/3600)/1,72 \left[(\text{m}^3/\text{s})/(\text{m/s}) \right]$

$A_{gl} = 0,3230 \text{ m}^2$

wird $D_{gl} = \sqrt{0,3230 \cdot 4/\pi} \left[\sqrt{\text{m}^2} \right] = 0,6413 \text{ m}$

$D_{gl} \approx 640 \text{ mm}$

3. Nach Gl. (2-51):

$$a_{c,gl} = \frac{L_{ges}}{\sum_{i=1}^n (L_i/a_i)} = \frac{L_{ges}}{L_1/a_1 + L_2/a_2 + L_3/a_3}$$

Hierbei nach Gl. 2-42) $a_{c,i} = \left[s \cdot \left(\frac{1}{E_F} + \frac{1}{E_R} \cdot \frac{D_i}{s_i} \right) \right]^{-1/2}$

Wobei aus Tab. (2-2) für

Rohöl: $E_F = 1,69 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$; $s = 900 \text{ kg/m}^3$

GG: $E_R = 75 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$

Damit für Rohrabschnitt

1: $a_{c,1} = \left[900 \cdot \left(\frac{1}{1,69 \cdot 10^9} + \frac{1}{75 \cdot 10^9} \cdot \frac{800}{40} \right) \right]^{-1/2} \left[\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{N}} \right)^{-\frac{1}{2}} \right]$
 $a_{c,1} = 1137,73 \text{ m/s}$

2: $a_{c,2} = \left[900 \cdot \left(\frac{1}{1,69 \cdot 10^9} + \frac{1}{75 \cdot 10^9} \cdot \frac{600}{25} \right) \right]^{-1/2} = 1103,95 \text{ m/s}$

3: $a_{c,3} = \left[900 \cdot \left(\frac{1}{1,69 \cdot 10^9} + \frac{1}{75 \cdot 10^9} \cdot \frac{500}{15} \right) \right]^{-1/2} = 1035,54 \text{ m/s}$

Die a_c -Werte eingesetzt in Gl. (2-51):

$$a_{c,gl} = \frac{1450}{\frac{700}{1137,73} + \frac{450}{1103,95} + \frac{300}{1035,54}} \left[\frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{m/s}}} \right]$$

$a_{c,gl} = 1104,69 \text{ m/s}$

4. Nach Gl. (2-32): $\Delta p = s \cdot a_{gl} \cdot \Delta c_{gl}$

Mit $\Delta c_{gl} = 0 - c_{gl,0} = -c_{gl,0}$ wird

$$\Delta p = -s \cdot a_{c,gl} \cdot c_{gl,0} = -900 \cdot 1104,69 \cdot 1,72 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$\Delta p \approx -17 \text{ bar}$

5. Wieder nach Gl. (2-32) mit $\Delta c_{gl} = 0 - c_{gl}$ und c_{gl} aus Gl. (2-49), wobei sich im stationären Betriebszustand die Geschwindigkeiten in den drei Rohrabschnitten infolge des halben Durchsatzes ebenfalls halbieren:

$c_1 = 0,55 \text{ m/s}$, $c_2 = 0,98 \text{ m/s}$, $c_3 = 1,42 \text{ m/s}$

Deshalb ist auch $c_{gl} = c_{gl,0}/2 = 1,72/2 = 0,86 \text{ m/s}$

Oder nach Gl. (2-49):

$$c_{gl} = \frac{700 \cdot 0,55 + 450 \cdot 0,98 + 300 \cdot 1,42}{1450} \left[\frac{\text{m} \cdot \text{m/s}}{\text{m}} \right]$$

$c_{gl} = 0,86 \text{ m/s}$

Da $c_{gl} = c_{gl,0}/2$, halbiert sich nach Gl. (2-32) auch der Drucksprung. Also

$\Delta p \approx -8,5 \text{ bar}$

6. $p_{min} = p_{atm} - |\Delta p| = 18 - |-17| \text{ bar} = 18 - 17$

$p_{min} = 1 \text{ bar}$

7. Nach Gl. (2-34):

$$T_R = \frac{2 \cdot L_{ges}}{a_{c,gl}} = \frac{2 \cdot 1450}{1104,69} \left[\frac{\text{m}}{\text{m/s}} \right] = 2,63 \text{ s}$$

$T_R \approx 2,6 \text{ s}$