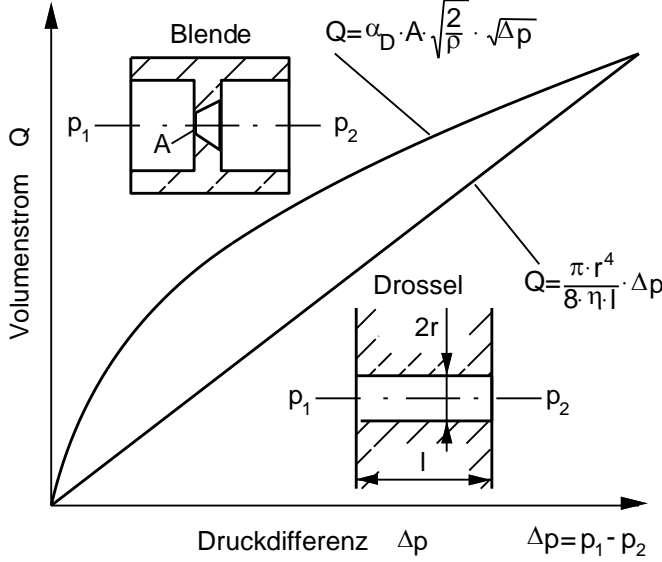


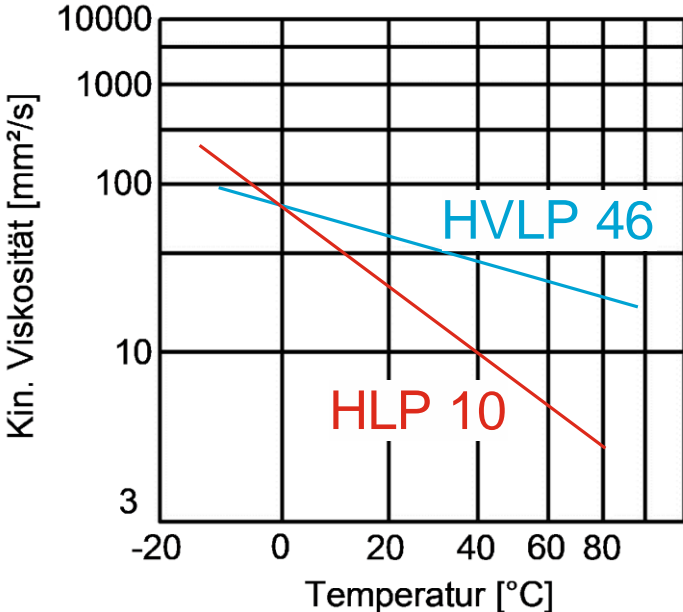
1. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 15

Excercise – Solution

Total points : 15

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
<p>1.1.</p> <ul style="list-style-type: none"> + hohe Leistungsdichte / <i>high power density</i> + einfache Realisierung von Linearbewegungen / <i>simple realization of linear movement</i> + gute Steuer- und Regelbarkeit / <i>good controllability</i> + gutes Zeitverhalten durch niedrige Massenträgheiten / <i>good time response due to low mass inertia</i> + gute Schmierung und Abfuhr der Verlustwärme durch das Fluid / <i>good lubrication and removal of heat losses via the fluid</i> + einfache und zuverlässige Absicherung gegen Überlast / <i>simple and dependable overload protection</i> - Energieverbrauch (Verluste durch Reibung und interne Leckage) / <i>power consumption (losses due to friction and internal leakage)</i> - Wartung des Druckmediums (Schmutzempfindlichkeit und Verschleiß der Komponenten) / <i>preventive maintenance of the pressurizing medium (Sensitivity of the components towards contamination and wear)</i> - Umwelt (Geräuschabstrahlung, Leckage, ...) / <i>environmental pollution/damage (noise emission, leakage, fire hazard)</i> 	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>
<p>1.2.</p>  <p>Korrekte Formel mit Kennzeichnung je 0,5 Pkt. / <i>correct formula + indication each 0.5 Pts.</i></p> <p>Korrekt Verlauf mit Kennzeichnung 0,5 Pkt. / <i>correct course + indication 0.5 Pts.</i></p>	<p>1,5</p>
<p>1.3.</p> <p>Blende / <i>Orifice</i></p> <p>Temperaturunabhängig / <i>Temperature independent</i></p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p>

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution		Punkte Points
1.4.	 <p>Stützpunkt @ 40°C und Verlauf (sinkt linear mit steigender Temperatur) je 0,5 Pkt. / support point @ 40°C and course (linear decrease with rising temperature) each 0.5 Pts.</p> <p>HVLP Verlauf flacher als HLP (linear) / HVLP course flatter than HLP (linear)</p>	<p>1</p> <p>0,5</p>
1.5.	$\tau = \frac{F}{A} \quad (1)$ $\tau = \eta \cdot \frac{d\dot{x}}{dy} \quad (2)$ $(1) \ \& \ (2) \Rightarrow F = A \cdot \eta \cdot \frac{d\dot{x}}{dy} \quad (3)$ $\eta = \nu \cdot \rho = 52 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \cdot 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,04472 \text{ Pas}$ $(3) \Rightarrow 3,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,04472 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 3,04 \text{ N}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>
1.6.	$\eta = \eta_0 \cdot e^{(b \cdot p)}$ $= \nu \cdot \rho \cdot e^{(1,7 \cdot 10^{-3} \text{ bar}^{-1} \cdot 350 \text{ bar})} = 0,08108 \text{ Pas}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p>
1.7.	$p = \frac{F}{A} \Leftrightarrow A = \frac{F}{p} = \frac{22000 \text{ N}}{300 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0,0007\bar{3} \text{ m}^2$ $Q = \dot{x} \cdot A = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,0007\bar{3} \text{ m}^2 = 0,0011 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 66 \frac{\text{l}}{\text{min}}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p>

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
<p>1.8. Punkte werden nur mit korrekten Indizes gegeben / Points are only awarded with correct use of indices</p> $Q_p = Q_S + Q_M$ $\dot{Q}_p = \dot{Q}_S + \dot{Q}_M \quad (1)$ $\dot{Q}_p = 0 \quad (2)$ $L_H = \frac{\Delta p}{\dot{Q}_M} \Leftrightarrow \dot{Q}_M = \frac{p_1 - p_{ND}}{L_H} \quad (3)$ $\Rightarrow \ddot{Q}_M = \frac{\dot{p}_1}{L_H} \quad (4)$ $C_H = \frac{Q_S}{\dot{p}_2} \Leftrightarrow Q_S = \dot{p}_2 \cdot C_H$ $\Rightarrow \dot{Q}_S = \ddot{p}_2 \cdot C_H \quad (5)$ $R_H = \frac{\Delta p}{Q_M} = \frac{p_2 - p_1}{Q_M} \Leftrightarrow p_2 = R_H \cdot Q_M + p_1$ $\Rightarrow \ddot{p}_2 = R_H \cdot \ddot{Q}_M + \dot{p}_1 \quad (6)$ $(1) \& (2) \& (3) \& (5) \Rightarrow 0 = \ddot{p}_2 \cdot C_H + \frac{p_1 - p_{ND}}{L_H} \quad (7)$ $(4) \& (6) \Rightarrow \ddot{p}_2 = R_H \cdot \frac{\dot{p}_1}{L_H} + \dot{p}_1 \quad (8)$ $(7) \& (8) \Rightarrow \frac{1}{C_H L_H} \cdot p_{ND} \left(+ \frac{R_H}{L_H} \cdot \dot{p}_{ND} \right) = \ddot{p}_1 + \frac{R_H}{L_H} \cdot \dot{p}_1 + \frac{1}{C_H L_H} \cdot p_1$	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1,5</p>

2. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 10

Excercise – Solution

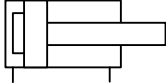
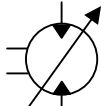
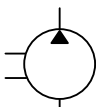
Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
2.1	0,5 Punkte pro Nennung (insgesamt max. 2 Punkte) Sperrventil, Wegeventil, Druckventil, Stromventil <i>Check valve, Directional valve, Pressure control valve, Flow control valve</i>	2,0
2.2	4/3-Wege Proportional (0,5 Punkte) <i>4/3-way proportional valve</i> Mit Federzentrierung und Spulenbetätigung (0,5 Punkte) <i>Spring centered with solenoid actuation</i>	1,0
2.3	- Schieberbauweise & kontinuierliche Verstellung / konstruktiv einfach / guter Druckausgleich (je 0,5 Punkte) <i>Spool design & continuously adjustable / simple design / good pressure balance</i> - Sitzbauweise & hermetische Abdichtung (je 0,5 Punkte) <i>Seated design & leakproof blocking</i>	2,0
2.4	Energetisch günstig / keine Parallelschaltung möglich (je 0,5 Punkte) <i>Energetically more favorable / no parallel switching</i>	1,0
2.5	$F_F = c_F \cdot x_F = 30 \frac{N}{mm} \cdot 50mm = 1500 N$ (0,5 Punkte) $F_F = p_A \cdot A$ $p_A = \frac{F_F}{A} = \frac{1500 N}{150 mm^2} = 10 \frac{N}{mm^2} = 100 bar$ (0,5 Punkte) $\Delta p_1 = p_{DBV} - p_A = 105 bar - 100 bar = 5 bar$ (0,5 Punkte)	1,5
2.6	$Q = \alpha_D \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$ $A = \pi \cdot d \cdot x$ $x = \frac{Q}{\alpha_D \cdot d \cdot \pi} \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot \Delta p}} = \frac{2 l/min}{0,6 \cdot 0,002 m \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{850 kg/m^3}{2 \cdot 5 \cdot 10^5 N/m^2}}$ (0,5 Punkte) $x = 0,26 mm$ (0,5 Punkte)	1,0

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
2.7	$Q_c = v \cdot A$ Zylinder/cylinder $Q_c = 1 \frac{m}{s} \cdot 150 mm^2 = 9 l/min$ (0,5 Punkte) $Q_v = \alpha_D \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$ Ventil/valve $Q_c = Q_v = 9 l/min$ $\Delta p = \left(\frac{Q_v}{\alpha_D \cdot A} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2}$ (0,5 Punkte) $\Delta p = \left(\frac{9 l/min}{0,6 \cdot 0,002 m \cdot \pi \cdot 0,0008 m} \right)^2 \cdot \frac{850 \frac{kg}{m^3}}{2} = 10,51 bar$ (0,5 Punkte)	1,5

Musterlösung zur Aufgabe: 3

Gesamtpunktzahl: 10

Unterpunkt	Kürzel Aufgabensteller	Punkte
3.1	 <p>a)</p>  <p>b)</p>  <p>c)</p>	0,5
3.2	<p>Kolben: Axialkolbenmaschine, Radialkolbenmaschine <i>Piston: axial piston machine, radial piston machine</i></p> <p>Flügel: Flügelzellenpumpe, Sperrflügelpumpe, Rollenflügelpumpe <i>Vane: vane pump, rigid vane pump, rolling vane pump</i></p> <p>Zahn: Außenzahnradpumpe, Innenzahnradpumpe, Orbitmotor, Schraubenspindel <i>Drive: external drive pump, internal vane pump, orbit motor, screw spindel pump</i></p>	1
3.3	$\delta' = 1 - \cos\left(\frac{90^\circ}{z}\right)$ <p>Die kinematische Pulsation wird durch die endliche Anzahl von Kolben verursacht. <i>The kinematic pulsation is caused by the finite number of displacement chambers.</i></p>	0,5
3.4	$P = \Delta p Q_{eff}$ $\Leftrightarrow Q_{eff} = \frac{P}{\Delta p} = 8,4 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 50,4 \frac{l}{min}$ $\eta_{vol} = \frac{Q_{th}}{Q_{eff}}$ $\Leftrightarrow Q_{th} = \eta_{vol} \cdot Q_{eff} = 7,98 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 47,88 \frac{l}{min}$ $Q_{th} = nV$ $\Leftrightarrow V = \frac{Q_{th}}{n} = 15,96 \frac{cm^3}{U}$	0,5
	Summe:	7,5

Musterlösung zur Aufgabe: 3 Gesamtpunktzahl: 10

Unter- punkt		Punkte
3.5	$\varphi_{VK} = \arccos\left(1 - \frac{2\Delta p V}{D_{KT} \tan(\alpha) A_K E'_{\text{öl}}}\right)$ <p>0,5</p> $\text{mit } V_{\text{verd}} = D_{KT} \tan(\alpha) A_K$ <p>0,5</p> $\Leftrightarrow V = \frac{V_{\text{verd}} E'_{\text{öl}}}{2\Delta p} (1 - \cos(\varphi_{VK})) = 10,43 \text{ cm}^3$ <p>0,5</p> $V_0 = z \cdot V = 73,01 \text{ cm}^3$ <p>0,5</p> $V_{\text{tot}} = V - V_{\text{verd}} = 0,42 \text{ cm}^3$	
	Summe:	10

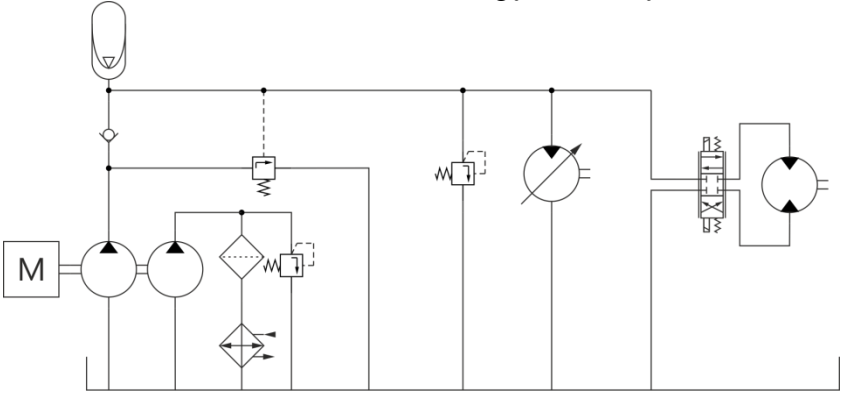
Musterlösung zur Aufgabe: 4

Gesamtpunktzahl: 10

Unter- punkt	Kürzel Aufgabensteller: Di	Punkte
4.1	Druckregelung, Leistungsregelung, Volumenstromregelung <i>Pressure control, power control, flow control</i>	0,5 for each correct, max 1
4.2	$Q_{Ringfläche} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) v$ $n = \frac{Q_{Ringfläche}}{V_{Pumpe} \eta_{vol}} = 1198 \text{ U/min}$	0,5 0,5+0,5
4.3	$\Delta p_{Ventil,HD} = (Q_{Ringfläche} k_{Ventil})^2$ $\Delta p_{Ventil,ND} = \left(\frac{\pi}{4} D^2 v k_{Ventil}\right)^2$ $p_{Ringkammer} = \frac{2\pi M \eta_{hm,Pumpe}}{V_{Pumpe}} - \Delta p_{Ventil,HD}$ $F_{Zylinder} = \frac{\pi}{4} D^2 \Delta p_{Ventil,ND} - \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p_{Ringkammer} = -25 \text{ kN}$ <p style="text-align: right;">Summe:</p>	0,5 0,5 0,5 0,5+0,5

Musterlösung zur Aufgabe: 4

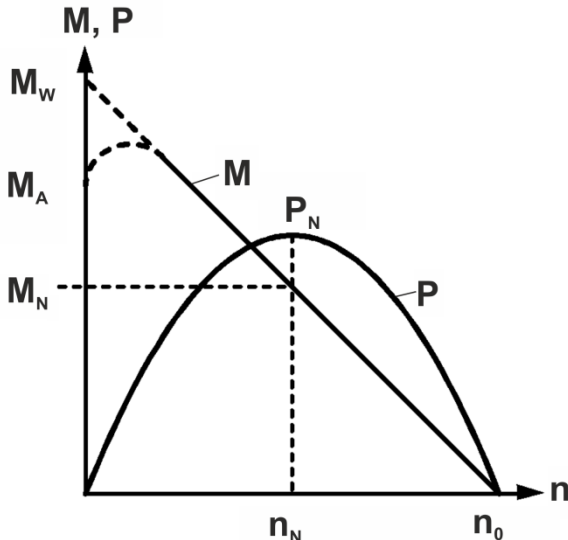
Gesamtpunktzahl: 10

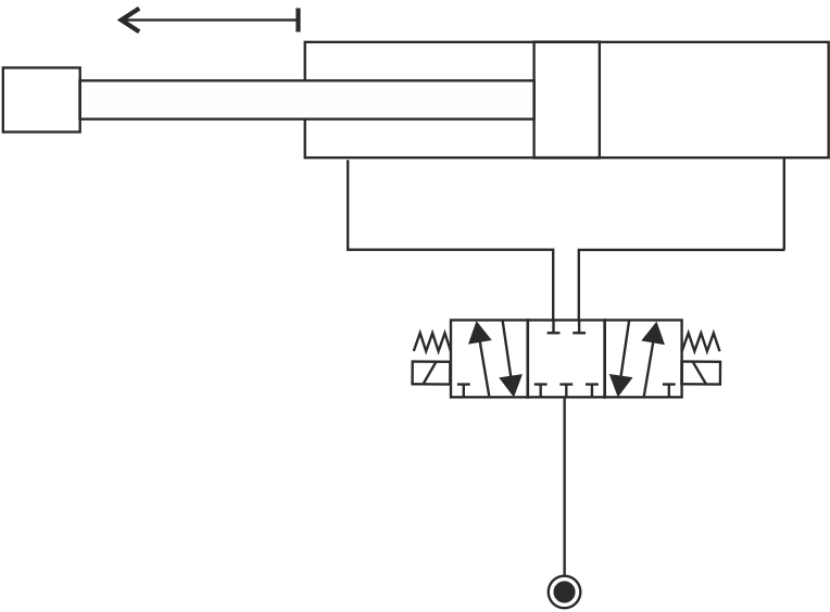
Unter- punkt		Punkte
4.4	<p> Motoren unabhängig / <i>motors independent</i> – 0,5 Ventilsteuerung-proportional / <i>valve control-proportional</i> – 0,5 Verdrängersteuerung / <i>displacement control</i> – 0,5 Speicher / <i>Accumulator</i>– 0,5 Rückschlagventil / <i>check valve</i> – 0,5 Filter + Kühler / <i>filter + cooler</i> – 0,5 DBV wo nötig / <i>PRV where necessary</i>– 0,5 Schaltende Freilauffunktion / <i>switching freewheel function</i> – 0,5 </p>  <p>The diagram shows a hydraulic system. A pump (M) is connected to a filter and cooler. The line then splits: one branch goes through a check valve to an accumulator, and the other goes through a 3/2-way valve to a motor. The valve is controlled by a solenoid. The motor's return line goes back to the pump's inlet.</p>	4
4.5	<p> Es wird eine deutlich höhere Energie bereitgestellt als tatsächlich genutzt, weil am Ventil der Druck abgedrosselt werden muss, um den Druck am Motor der Widerstandssteuerung richtig einzustellen / <i>A much higher power is provided than actually used, a high pressure drop over the valve is necessary for decreasing the pressure in the motor with resistive control</i> </p>	1
	Summe:	10

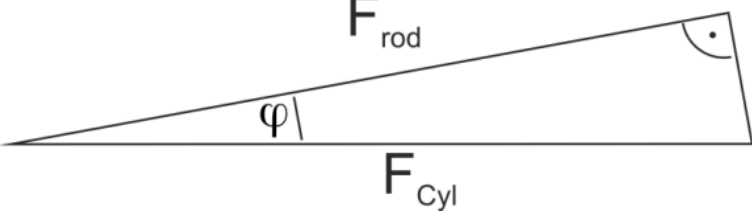
Musterlösung zur Aufgabe: 5

Gesamtpunktzahl: 15

Unter- punkt	St	Punkte														
5.1	<table><tr><th>Zustandsänderung <i>change of state</i></th><th>Zustandsgleichung <i>state equation</i></th></tr><tr><td>isobar <i>isochoric</i></td><td>$p = \text{const.}$</td></tr><tr><td>isochor <i>isochoric</i></td><td>$v = \text{const.}$</td></tr><tr><td>isotherm <i>isothermal</i></td><td>$p \cdot v = \text{const.}$</td></tr><tr><td>isentrop <i>isentropic</i></td><td>$(p \cdot v)^{\kappa} = \text{const.}$</td></tr><tr><td>polytrop <i>polytropic</i></td><td>$(p \cdot v)^n = \text{const.}$</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>	Zustandsänderung <i>change of state</i>	Zustandsgleichung <i>state equation</i>	isobar <i>isochoric</i>	$p = \text{const.}$	isochor <i>isochoric</i>	$v = \text{const.}$	isotherm <i>isothermal</i>	$p \cdot v = \text{const.}$	isentrop <i>isentropic</i>	$(p \cdot v)^{\kappa} = \text{const.}$	polytrop <i>polytropic</i>	$(p \cdot v)^n = \text{const.}$			2
	Zustandsänderung <i>change of state</i>	Zustandsgleichung <i>state equation</i>														
	isobar <i>isochoric</i>	$p = \text{const.}$														
	isochor <i>isochoric</i>	$v = \text{const.}$														
	isotherm <i>isothermal</i>	$p \cdot v = \text{const.}$														
	isentrop <i>isentropic</i>	$(p \cdot v)^{\kappa} = \text{const.}$														
	polytrop <i>polytropic</i>	$(p \cdot v)^n = \text{const.}$														

5.2	<table><tr><th>Vorteil</th><th>Nachteil</th></tr><tr><td><i>advantage</i></td><td><i>disadvantage</i></td></tr><tr><td>Drosselwirkung schon zu Beginn der Bewegung <i>throttle active from the start</i></td><td>Stick-Slip</td></tr></table>	Vorteil	Nachteil	<i>advantage</i>	<i>disadvantage</i>	Drosselwirkung schon zu Beginn der Bewegung <i>throttle active from the start</i>	Stick-Slip	1
Vorteil	Nachteil							
<i>advantage</i>	<i>disadvantage</i>							
Drosselwirkung schon zu Beginn der Bewegung <i>throttle active from the start</i>	Stick-Slip							
5.3	<div></div> <div><p>n_N : Nominal speed</p><p>n_0 : Idling speed</p><p>P_N : Nominal power</p><p>M_N : Nominal torque</p><p>M_A : Starting torque</p><p>M_W : Stalling torque</p></div>	1,5						

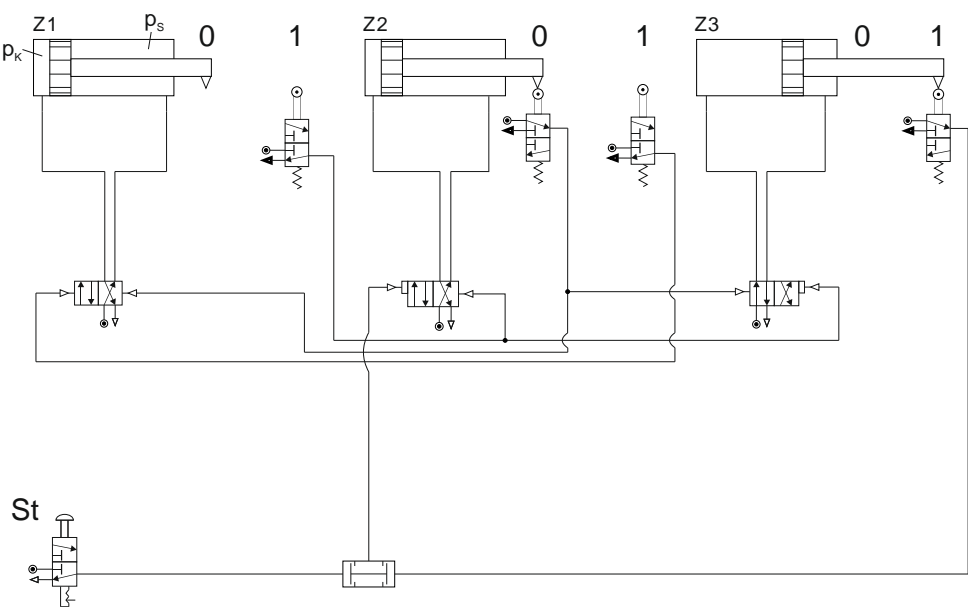
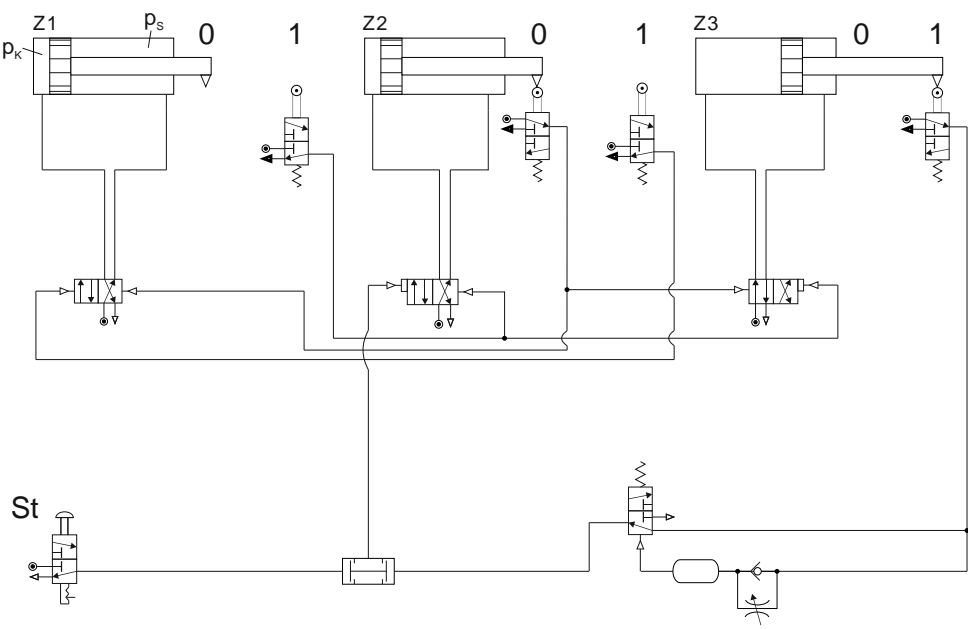
5.4	<p>1) Druckregler <i>pressure regulator</i></p> <p>2) Filter <i>filter</i></p> <p>3) Öler <i>oiler</i></p>	1,5
5.5	<p style="text-align: center;">X, \dot{X}, \ddot{X}</p>  <p>The diagram shows a hydraulic cylinder with a piston rod connected to a lever arm. The lever arm is pivoted on a fixed point. The piston rod is connected to the lever arm at a distance from the pivot. The lever arm has a weight at its end. The cylinder is connected to a 4/3-way valve with two spring returns. The valve is connected to a tank symbol.</p>	1

5.6	 <p>• $F_{Rod} = \frac{M_{Wheel}}{h}$</p> $F_{Cyl} = \frac{F_{rod}}{\cos \varphi} = \frac{M_{Wheel}}{h \cdot \cos \varphi} = \frac{20 \text{ Nm}}{0,2 \text{ m} \cdot \cos(7^\circ)} = 100,75 \text{ N}$ $F_{Cyl} = 0,9 \cdot \Delta p \cdot d_K^2 \cdot \frac{\pi}{4}$ $\rightarrow d_{K,min} = \sqrt{\frac{4 F_{Cyl}}{\pi \cdot 0,9 \cdot \Delta p}} = 0,0154 \text{ m}$ <p>es muss mindestens ein Zylinderdurchmesser von 16 mm verwendet werden <i>at least 16 mm piston diameter necessary</i></p>	2
5.7	<p>Anzahl der Radumdrehungen: <i>number of revolutions of the wheel:</i></p> $n = \frac{10 \text{ km}}{U_{Wheel}} = \frac{10 \text{ km}}{\pi D_{Wheel}} = 6366,2$ <p>Anzahl der Umdrehungen entspricht Anzahl der Hin- und Rückhübe, Zylinderhub = 2h <i>number of revolutions equals number of pre- and backstrokes, cylinderstroke = 2h</i></p> $\Delta V(p_{Cyl,end}) = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_K^2 + d_K^2 - d_S^2) \cdot 2h = 0,952 \text{ m}^3$ $\Delta V(p_{Cyl,end}) \cdot p_{Cyl,end} = V_{Acc} \cdot \Delta p_{Acc,max}$ $\Rightarrow V_{Acc} = \frac{\Delta V(p_{Cyl,end}) \cdot p_{Cyl,end}}{\Delta p(Acc, max)} = 0,952 \text{ m}^3 \cdot \frac{4 \text{ bar}}{7 \text{ bar}} = 0,544 \text{ m}^3$	4

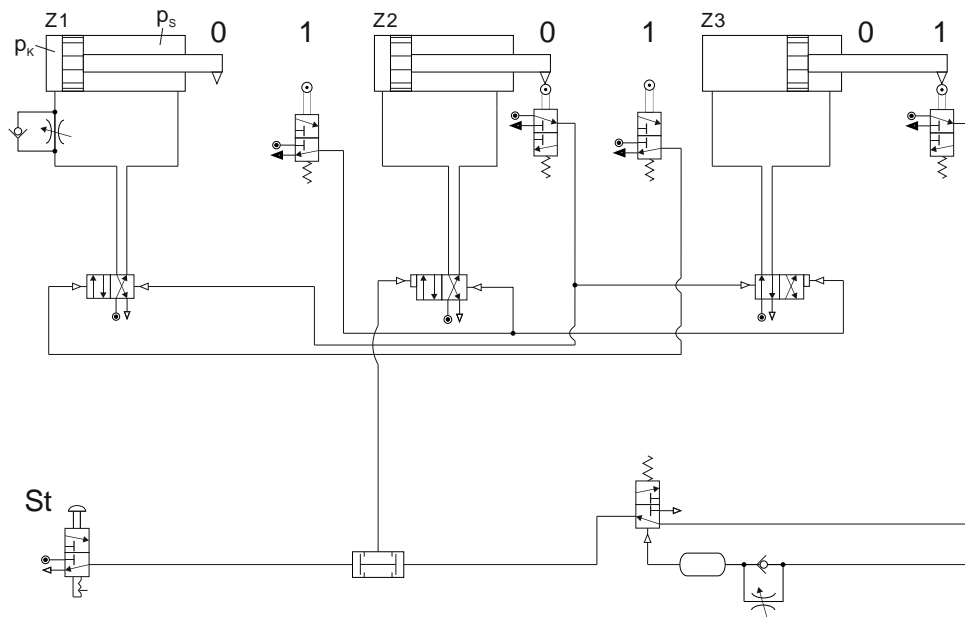
5.8	$M_{\text{Mot}} = \frac{M_{\text{Wheel}}}{i} = 5 \text{ Nm}$ $M_{\text{Mot}} = \eta_{\text{pm}} \cdot \frac{V_{\text{disp}}}{2\pi} \Delta p$ $\Rightarrow V_{\text{disp}} = \frac{2\pi \cdot M_{\text{Mot}}}{\eta_{\text{pm}} \cdot \Delta p} = \frac{2\pi \cdot 5 \text{ Nm}}{0,3 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,175 \text{ l}$	1
5.9	$Q_{\text{in}} = \frac{n \cdot V_{\text{disp}}}{\eta_{\text{Vol}}} \cdot i = \frac{\frac{60}{\text{min}} \cdot 0,175 \text{ l}}{0,8} \cdot 4 = 52,5 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ $Q_{\text{in},0} = \frac{p_{\text{Sup}}}{p_0} \cdot Q_{\text{in}} = 7 \cdot 52,5 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 367,5 \frac{\text{l}}{\text{min}}$	1
	Summe/Sum:	15

Musterlösung zur Aufgabe: 6

Gesamtpunktzahl: 10

Unterpunkt	St	Punkte
6.1		3,5
6.2		1

6.3



0,5

6.4

Massenstrom:

Mass flow:

$$\dot{m} = \frac{Q_0 \cdot p_0}{R \cdot T_0} = \frac{1300 \frac{\text{Nl}}{\text{min}} \cdot 1 \text{ bar}}{288 \frac{\text{Nm}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 293,15 \text{ K}} = 25,66 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

Benötigte technische Leistung zur Verdichtung (stationäre Strömung):

Needed technical performance for the compression (stationary flow):

$$P_{t12} = w_{t12} \cdot \dot{m} = \dot{m} \cdot \frac{n \cdot p_1 \cdot v_1}{n-1} \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$$

$$P_{t12} = w_{t12} \cdot \dot{m} = \dot{m} \cdot \frac{n \cdot R \cdot T_1}{n-1} \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$$

$$p_1 = p_0; T_1 = T_0:$$

$$P_{t12} = \frac{n \cdot Q_0 \cdot p_0}{n-1} \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) = \underline{\underline{5,75 \text{ kW}}}$$

1,5

6.5	<p>Isobare Wärmekapazität: <i>Specific heat capacity:</i> $c_p = R + c_v; \kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ $c_p = \frac{\kappa}{\kappa - 1} R = 1008 \frac{J}{kg \cdot K}$</p> <p>Temperatur nach Verdichtung: <i>Temperature after compression:</i> $T_{\text{ein}} = T_{\text{aus}} \cdot \left(\frac{p_{\text{ein}}}{p_{\text{aus}}} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 422,8K$</p> <p>Wärmestrom: <i>Heat flow rate:</i> $Q_{12} = \dot{m}(h_{\text{aus}} - h_{\text{ein}}) = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{\text{aus}} - T_{\text{ein}})$ $= 25,66 \frac{g}{s} \cdot 1008 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (293,15 - 422,8)K$ $= \underline{\underline{-3,354 kW}}$</p>	2
6.6	<p>Überkritischer Massenstrom: <i>Choked flow:</i> $\dot{m}^* = C \cdot \rho_0 \cdot p_K \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_K}} = C \cdot \frac{p_0}{R \cdot T_0} \cdot p_K \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_K}}$ $\dot{m}^* = \rho_K \cdot Q_K = \frac{p_K}{R \cdot T_K} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot v$ $\Rightarrow C \cdot \frac{p_0}{R \cdot T_0} \cdot p_K = \frac{p_K}{R \cdot T_K} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot v$ $C = \frac{1}{p_0} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot v = \underline{\underline{37,7 \frac{Nl}{min \cdot bar}}}$</p>	1
6.7	<p>Minimal möglicher Druck auf Kolbenseite: <i>Smallest possible pressure on piston side:</i> $\frac{p_U}{p_K} \leq b \Rightarrow p_K \geq \frac{p_U}{b} = 4 \text{ bar}$</p> <p>Kräftegleichgewicht: <i>Balance of forces:</i> $p_K \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 = p_S \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_K^2 - d_S^2) + p_U \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_S^2$ $\Rightarrow p_S \geq \frac{p_U}{(d_K^2 - d_S^2)} \cdot \left(\frac{1}{b} \cdot d_K^2 - d_S^2 \right) = \underline{\underline{4,49 \text{ bar}}}$</p>	0,5
	Summe/Sum:	10