

1. Aufgabe - Musterlösung

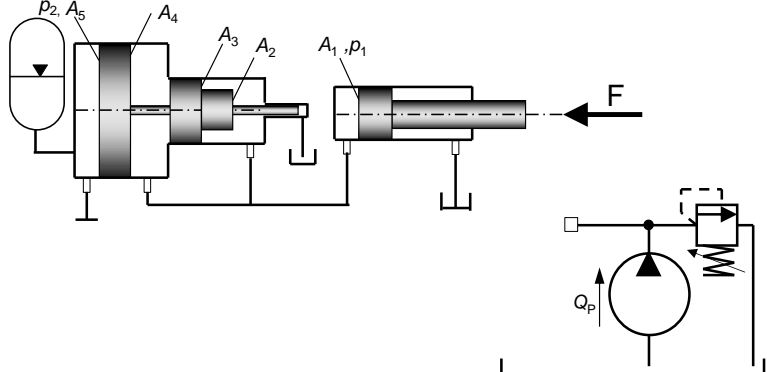
Gesamtpunktzahl: 15

Excercise – Solution

Total points : 15

Teilaufgabe und Antwort	Punkte
<i>Subtask and solution</i>	<i>Points</i>
<p>1.1. + hohe Leistungsdichte / <i>high power density</i></p> <p>+ einfache Realisierung von Linearbewegungen / <i>simple realization of linear movement</i></p> <p>+ gute Steuer- und Regelbarkeit / <i>good controllability</i></p> <p>+ gutes Zeitverhalten durch niedrige Massenträgheiten / <i>good time response due to low mass inertia</i></p> <p>+ gute Schmierung und Abfuhr der Verlustwärme durch das Fluid / <i>good lubrication and removal of heat losses via the fluid</i></p> <p>+ einfache und zuverlässige Absicherung gegen Überlast / <i>simple and dependable overload protection</i></p> <p>-----</p>	0,5
<p>- Energieverbrauch (Verluste durch Reibung und interne Leckage) / <i>power consumption (losses due to friction and internal leakage)</i></p> <p>- Wartung des Druckmediums (Schmutzempfindlichkeit und Verschleiß der Komponenten) / <i>preventive maintenance of the pressurizing medium (Sensitivity of the components towards contamination and wear)</i></p> <p>- Umwelt (Geräuschabstrahlung, Leckage, ...) / <i>environmental pollution/damage (noise emission, leakage, fire hazard)</i></p>	0,5

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution		Punkte Points
1.2.	<div data-bbox="427 331 1177 996"> </div> <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) 0.5 Pts.</p>	1.5
1.3.	<p>A: Blende / Orifice B: Drossel / Throttle (0.5 je Pkt / 0.5 Pts. each)</p> <div data-bbox="311 1310 933 1836"> </div> <p>Korrekte Formel mit Kennzeichnung und korrekter Verlauf 0,5 Pkt. / correct formula + + correct course indication each</p>	2
1.4.	<p>Die Aussage ist falsch / Statement is wrong</p> <p>Leakage steigt an / leakage increases</p> $Q = \frac{D \cdot \pi \cdot \Delta r^3}{12 \cdot \eta \cdot l} \cdot \left[1 + 1,5 \cdot \left(\frac{e}{\Delta r} \right)^2 \right] \cdot (p_1 - p_2) \quad ; \quad e > 0 \quad \Rightarrow \quad Q \uparrow$	0,5

	Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
1.5.	Leckage steigt an / leakage increases $Q = \frac{D \cdot \pi \cdot \Delta r^3}{12 \cdot \eta \cdot l} \cdot \left[1 + 1,5 \cdot \left(\frac{e}{\Delta r} \right)^2 \right] \cdot (p_1 - p_2) ; \quad T \uparrow \Rightarrow \eta \downarrow \Rightarrow Q \uparrow$	0,5
1.6.	$\underbrace{\ddot{x}m}_{\approx 0 \text{ vernachlässigbar}} = c_1(x_{01} - x) - c_2(x_{02} + x) + pA \Rightarrow \dot{x}(c_2 + c_1) = \dot{p}A$	0,5
	$Q = \dot{x}A$ $C_H = \frac{Q}{\dot{p}} = \frac{\dot{x}A^2}{\dot{x}(c_2 + c_1)} = \frac{(1000\text{mm}^2)^2}{\left(7500 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)}$	0,5
	$C_H = 0.0008 \frac{\frac{\text{l}}{\text{bar}}}{\text{s}}$	0,5
1.7.	$\rho = \frac{\rho_o}{1 + \gamma \cdot \Delta \theta}$	0,5
	$\Delta \rho = \rho_0 \left(\frac{1}{1 + \gamma \Delta \theta} - 1 \right) = 880 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1}{1 + 0.0008 \frac{1}{\text{C}^\circ} 35\text{C}^\circ} - 1 \right)$ $\Delta \rho = -23,97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	0,5
1.8.	$p_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{1\text{N}}{10\text{mm}^2} = 1\text{bar}$	0,5
	$p_2 = \frac{p_v(A_4 - A_3 - A_2) + p_1(A_3 + A_2)}{A_5}$	0,5
	$p_2 = \frac{5\text{bar}(40\text{mm}^2 - 10\text{mm}^2 - 10\text{mm}^2) + 1\text{bar}(10\text{mm}^2 + 10\text{mm}^2)}{60\text{mm}^2}$ $p_2 = 2\text{bar}$	0,5
1.9.		0,5
1.10.	$L_H = \frac{\Delta p}{\dot{Q}} =$ $L_H = \frac{\frac{\ddot{x}(m_1 + m_2)}{(A_1 + A_2)}}{\ddot{x}(A_1 + A_2)} = \frac{m_1 + m_2}{(A_1 + A_2)^2} = \frac{m_1 + m_2}{9A}$	0,5

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution		Punkte Points
1.11.	$\frac{\Delta p}{L_H} = \frac{p_1 - p_T}{L_{H,Zyl}} = \dot{Q}_1 \quad (1)$	0,5
	$Q_1 = \frac{p_2 - p_1}{R_H} \quad (2)$	
	$\dot{Q}_1 = \frac{\dot{p}_2 - \dot{p}_1}{R_H} \quad (2a)$	
	$\ddot{Q}_1 = \frac{\ddot{p}_2 - \ddot{p}_1}{R_H} \quad (2b)$	0,5
	$\dot{p}_2 = \frac{nV_P - Q_1}{C_H} \quad (3)$	
	$\ddot{p}_2 = -\frac{\dot{Q}_1}{C_H} \quad (3a)$	0,5
	----- Alternative 1 -----	
	$(1) \& (2a)$	
	$\frac{p_1}{L_{H,Zyl}} = \frac{\dot{p}_2 - \dot{p}_1}{R_H}$	0,5
	$\frac{\dot{p}_1}{L_{H,Zyl}} = \frac{\ddot{p}_2 - \ddot{p}_1}{R_H} \quad (4)$	
	$(1) \& (3a)$	0,5
	$\ddot{p}_2 = -\frac{p_1}{C_H L_{H,Zyl}} \quad (5)$	
	$(5) \& (6)$	0,5
	$\ddot{p}_1 + \frac{\dot{p}_1 R_H}{L_{H,Zyl}} + \frac{p_1}{L_{H,Zyl} C_H} = 0$	
	----- Alternative 2 -----	
	$(1) \& (3a)$	
	$\frac{p_1}{L_{H,Zyl}} + \ddot{p}_2 C_H = 0 \quad (6)$	0,5
	$(6) \& (2b)$	
	$(\ddot{Q}_1 R_H + \ddot{p}_1) C_H + \frac{p_1}{L_{H,Zyl}} = 0 \quad (7)$	0,5
	$(7) \& (3a)$	
	$\ddot{p}_1 + \frac{\dot{p}_1 R_H}{L_{H,Zyl}} + \frac{p_1}{L_{H,Zyl} C_H} = 0$	0,5

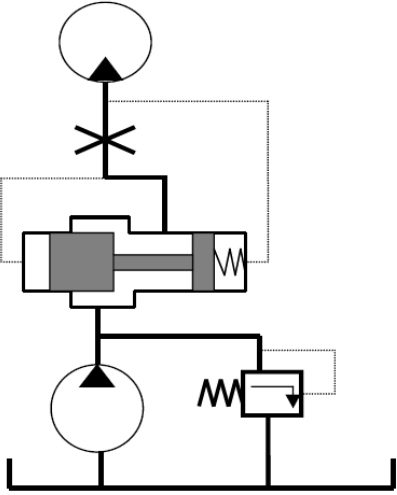
Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
1.12.	<p>Ja / yes</p> <p>(Die bewegte Masse bleibt gleich, aber die druckbeaufschlagte Fläche wird kleiner. Die Kraft zur Beschleunigung des Zylinders wird kleiner und der Zylinder fährt langsamer aus.) Der Pumpenvolumenstrom bleibt konstant, der vom Zylinder abgenommen Volumenstrom ist nun geringer. Es kommt anfänglich zu einem höheren Druck. → Das DBV löst daher aus.</p> <p><i>(The mass does not change but the pressurized area becomes smaller leading to a smaller accelerating force. The piston moves slower.) The supplied flow by the pump remains constant while the flow taken from the cylinder decreases. Initially the pressure level will be higher → the PRV is active.</i></p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p>
1.13.	<p>stationär / steady state:</p> $Q_P = \dot{x}_{A_1 \& A_2} (A_1 + A_2) = \dot{x}_{A_1} A_1$ $\frac{\dot{x}_{A_1}}{\dot{x}_{A_1 \& A_2}} = \frac{A_1 + A_2}{A_1} = \frac{A + 2A}{A} = 3$	0,5

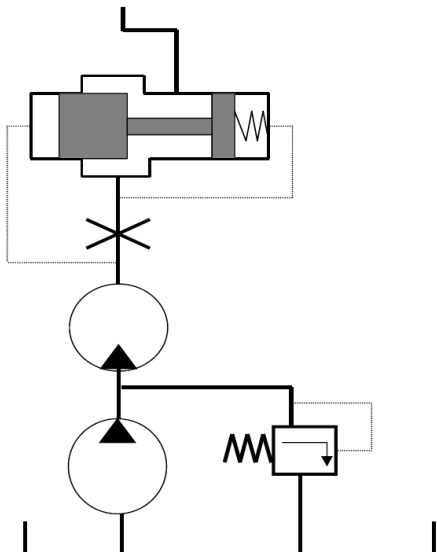
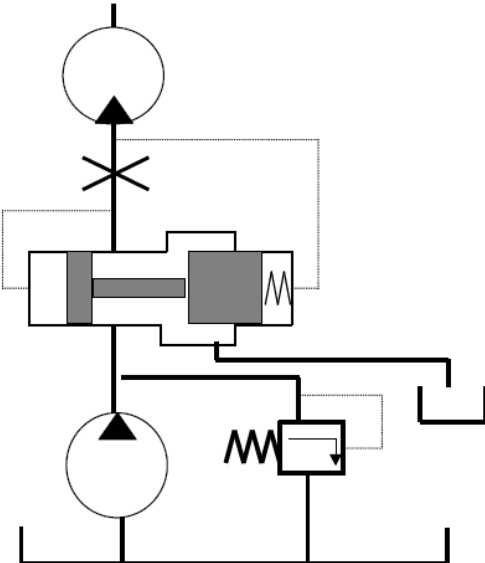
2. Aufgabe - Musterlösung

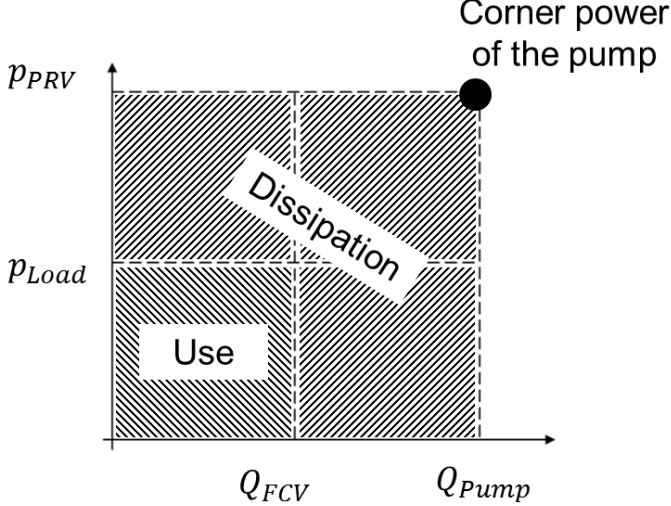
Gesamtpunktzahl: 10

Excercise – Solution

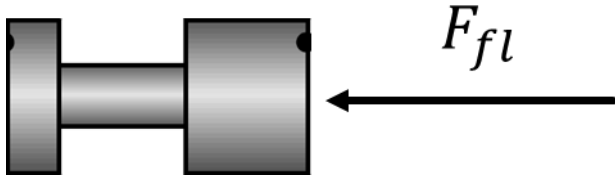
Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
2.1	Handbetätigtes, federzentriertes 5/3-Wege-Proportionalventil <i>Manually actuated, spring centered 5/3-way proportional valve</i>	0,5
2.2	Eine Vorsteuerstufe kann hohe Betätigungskräfte bei Ventilen großer Nennweite überwinden. <i>An additional acuating stage is needed to overcome high flow forces in case of a valve of a big nominal size</i>	0,5
2.3	2-Wege-Stromregelventil mit vorgeschalteter Druckwaage (0,5 Punkte für korrekte Bezeichnung und Skizze) <i>2-way pressure compensated valve with upstream pressure compensator (0,5 points for correct name and drawing)</i> 	0,5

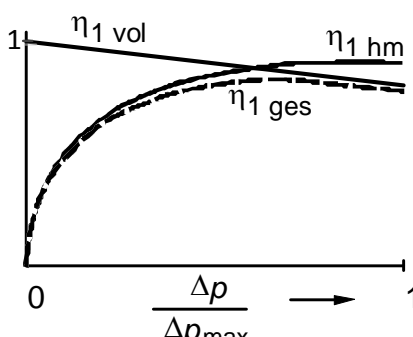
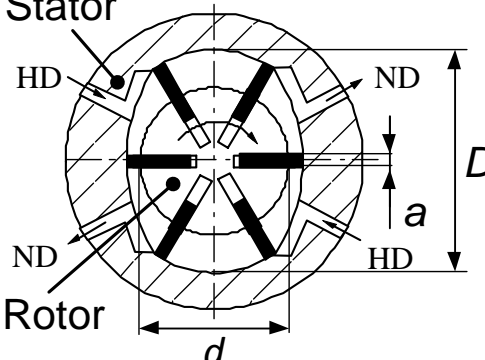
	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
2.4	<p>2-Wege-Stromregelventil mit nachgeschalteter Druckwaage (0,5 Punkte für korrekte Bezeichnung und Skizze)</p> <p><i>2-way pressure compensated valve with downstream pressure compensator (0,5 points for correct name and drawing)</i></p> 	0,5
2.5	<p>3-Wege-Stromregelventil (0,5 Punkte für korrekte Bezeichnung und Skizze)</p> <p><i>3-way pressure compensated valve (0,5 points for correct name and drawing)</i></p> 	0,5

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
<p>2.6</p>  <p>Nutzanteil und Verlustanteil richtig eingezeichnet (0,5 Punkte) Eckleistung der Pumpe richtig eingezeichnet (0,5 Punkte) <i>Use and dissipation correct (0,5 points)</i> <i>Corner power of the pump correct (0,5 points)</i> Orte der Verlustentstehung: Druckwaage, Messblende, DBV <i>Components where dissipation occurs: pressure compensator, measuring orifice, pressure relief valve</i></p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>
<p>2.7</p> <p>Ein 2-Wege-Stromregelventil sollte verwendet werden. Bei Verwendung eines 3-Wege-Stromregelventils wird der Systemdruck für alle weiteren parallel geschalteten Verbraucher durch den Verbraucher mit dem niedrigsten Lastdruck definiert.</p> <p><i>A 2-way pressure compensated valve should be used. If a 3-way pressure compensated valve is used with multiple loads, the load with the lowest load pressure defines the pressure for all other loads.</i></p>	<p>1,0</p>

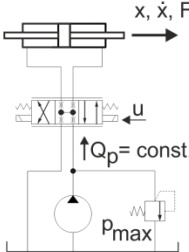
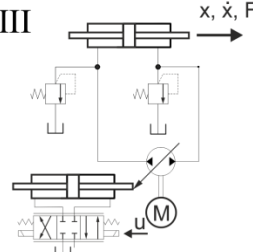
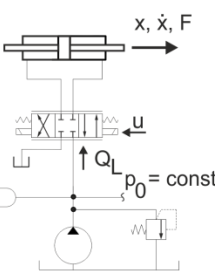
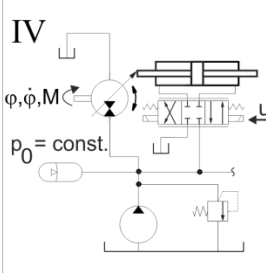
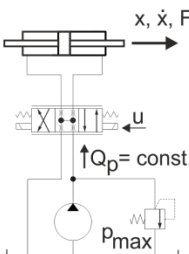
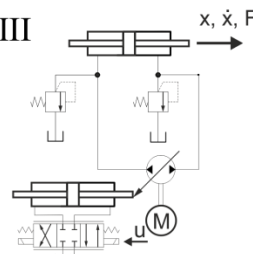
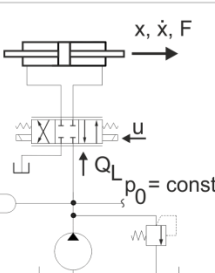
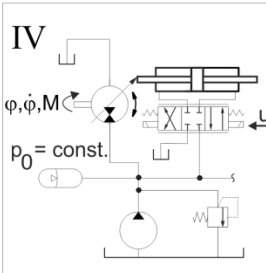
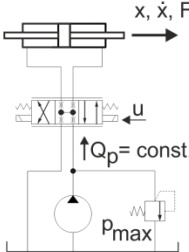
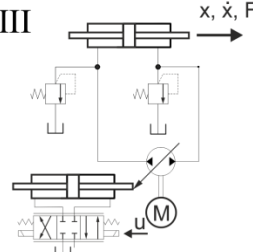
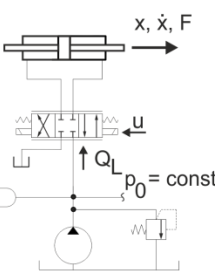
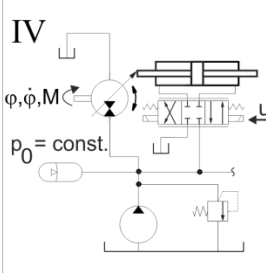
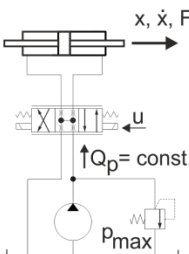
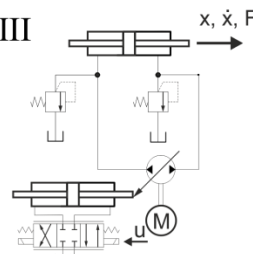
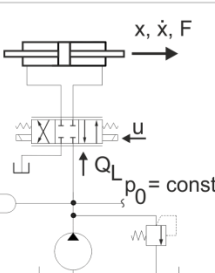
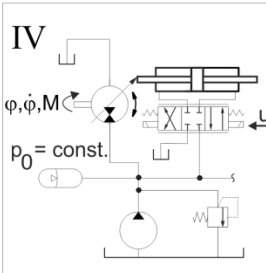
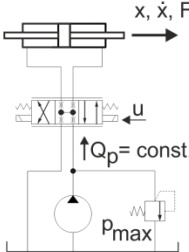
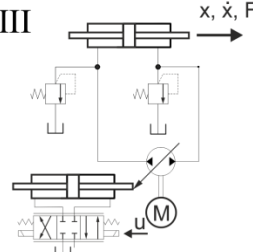
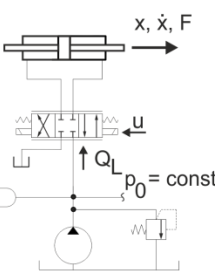
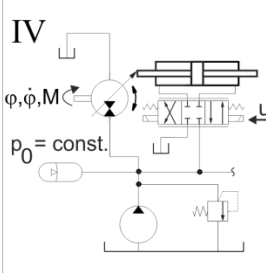
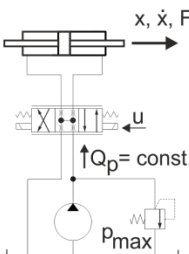
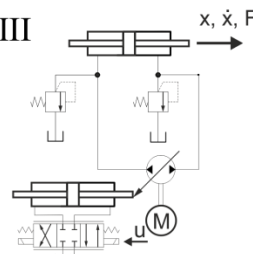
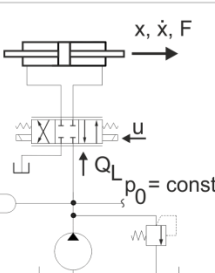
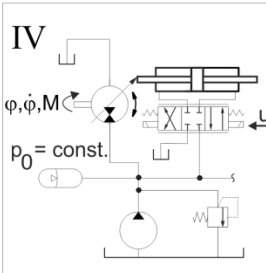
	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
2.8	<p>Volumenstrom für den Haspelantrieb: <i>Flow rate of the reel drive:</i></p> $Q = n_{reel} \cdot V_{reel\ drive} = 15 \frac{l}{min}$ <p>Druckabfall über die Messblende: <i>Pressure drop over the measuring orifice:</i></p> $Q = K_{MO} \cdot \sqrt{\Delta p_{MO}}$ $\Leftrightarrow \Delta p_{MO} = \left(\frac{Q}{K_{MO}} \right)^2 = 14,06 \text{ bar}$ <p>Kräftegleichgewicht am Ventilschieber unter Berücksichtigung der Strömungskraft: <i>Equilibrium of forces of the valve spool taking into account flow force:</i></p> $F_S + p_A \cdot A = p_1 \cdot A + F_{fl}$ <p>Federkraft in Abhängigkeit vom Ventilschieberweg: <i>Spring-force depending on the spool deflection:</i></p> $F_S = c_S \cdot ((x_{max} - x) + x_{pre})$ <p>Druckabfall über die Druckwaage und Ventilschieberauslenkung: <i>Pressure drop over the pressure compensator and spool deflection:</i></p> $Q = \alpha_{D,PC} \cdot \pi \cdot D_{PC} \cdot x \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{PC}}{\rho_{oil}}}$ $\Leftrightarrow x = \frac{Q}{\alpha_{D,PC} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{oil}}{2 \cdot (p_0 - p_1)}}$ $\Leftrightarrow x = \frac{15 \frac{l}{min}}{0,6 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 12,6 mm^2}{\pi}}} \cdot \sqrt{\frac{890 \frac{kg}{m^3}}{2 \cdot (220 \text{ bar} - 14,06 \text{ bar} - 200 \text{ bar})}}$ $\Leftrightarrow x = 0,91 \text{ mm}$ <p>Strömungskraft auf den Ventilschieber: <i>Flow force on the spool:</i></p> $F_{fl} = \rho_{oil} \cdot \frac{Q^2}{A_s} \cdot \frac{\cos(\varepsilon_1)}{\sin(\varepsilon_1)}$ $= 890 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{\left(15 \frac{l}{min}\right)^2}{11,4 mm^2} \cdot \frac{\cos(30^\circ)}{\sin(30^\circ)} = 8,45 \text{ N}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>

	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
2.9	<p>Federkraft, Ventilschieberauslenkung und Kräftegleichgewicht: <i>Spring force, spool deflection and equilibrium of forces:</i></p> $x_{pre} = \frac{(p_1 - p_A) \cdot A + F_{fl}}{c_s} + x - x_{max}$ $\Leftrightarrow x_{pre} = \frac{14,06 \text{ bar} \cdot 12,6 \text{ mm}^2 + 8,45 \text{ N}}{2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} + 0,91 \text{ mm} - 2 \text{ mm}$ $= 9,37 \text{ mm}$ <p>Richtung der Strömungskraft auf den Ventilschieber: <i>Direction of the flow force on the vavle spool:</i></p> 	<p>0,5</p> <p>0,5</p>
2.10	<p>Energieverluste an der Druckwaage: <i>Energy loss at the pressure compensator:</i></p> $P_{hyd,PC} = \Delta p_{PC} \cdot Q$ $\Leftrightarrow P_{hyd,PC} = 5,94 \text{ bar} \cdot 15 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 148,5 \text{ W}$ <p>Energieverluste an der Messblende: <i>Energy loss at the measuring orifice:</i></p> $P_{hyd,MO} = \Delta p_{MO} \cdot Q$ $\Leftrightarrow P_{hyd,MO} = 14,06 \text{ bar} \cdot 15 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 351,5 \text{ W}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p>

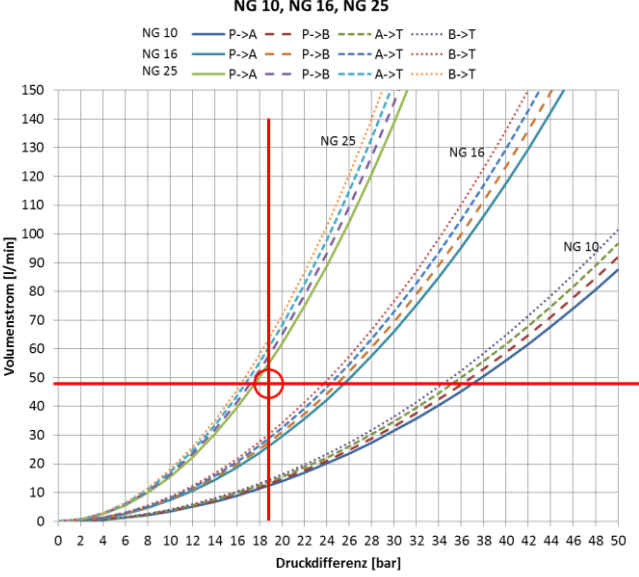
[illegible]

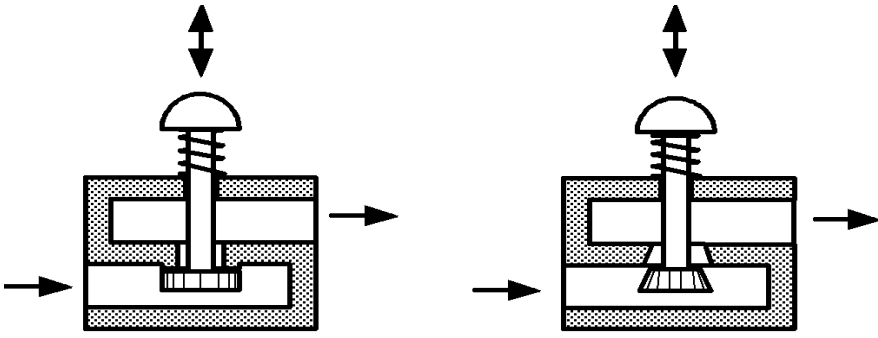
Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution		Punkte Points
3.6		Jeweils 0,5 / 0,5 each
3.7	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>Stator</p>  <p>Rotor</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <p>ND: Niederdruck; <i>low pressure</i> HD: Hochdruck; <i>high pressure</i></p> </div> </div> <p>Punkte für; <i>point for</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gehäuseform; <i>correct form</i> (0,5) • 4 Druckanschlüsse; <i>4 ports</i> (0,5) • Richtige Anschlussbenennung; <i>correct port labels</i> (0,5) • Bewegliche Flügel; <i>movable vanes</i> (0,5) • Rotor und Stator benennen; <i>naming of rotor and stator</i> (0,5) 	2,5

Musterlösung zur Aufgabe: 4 Gesamtpunktzahl: 10

Unterpunkt	Kürzel Aufgabensteller: Di	Punkte																										
4.1	$v_2/v_1 = -2$ $v_3/v_1 = 2$	0,5 0,5																										
4.2	<table><tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="2">Steuerung</th></tr><tr><th>Widerstandssteuerung</th><th>Verdrängersteuerung</th></tr><tr><td rowspan="2">Speisung</td><td>Aufgeprägter Volumenstrom</td><td><div>I</div></td><td><div>III</div></td></tr><tr><td>Aufgeprägter Druck</td><td><div>II</div></td><td><div>IV</div></td></tr><tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="2">Control</th></tr><tr><th>Resistive control</th><th>Positive displacement control</th></tr><tr><td rowspan="2">Supply</td><td>Volume flow supply</td><td><div>I</div></td><td><div>III</div></td></tr><tr><td>Pressure supply</td><td><div>II</div></td><td><div>IV</div></td></tr></table>			Steuerung		Widerstandssteuerung	Verdrängersteuerung	Speisung	Aufgeprägter Volumenstrom	<div>I</div> 	<div>III</div> 	Aufgeprägter Druck	<div>II</div> 	<div>IV</div> 			Control		Resistive control	Positive displacement control	Supply	Volume flow supply	<div>I</div> 	<div>III</div> 	Pressure supply	<div>II</div> 	<div>IV</div> 	0,5 für Steuerung /for control 0,5 für Speisung /for supply
				Steuerung																								
		Widerstandssteuerung	Verdrängersteuerung																									
Speisung	Aufgeprägter Volumenstrom	<div>I</div> 	<div>III</div> 																									
	Aufgeprägter Druck	<div>II</div> 	<div>IV</div> 																									
		Control																										
		Resistive control	Positive displacement control																									
Supply	Volume flow supply	<div>I</div> 	<div>III</div> 																									
	Pressure supply	<div>II</div> 	<div>IV</div> 																									

Unterpunkt		Punkte
4.3	<p>0,5 jeweils für / <i>each for</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vorsteuerventil: proportional und richtig angeschlossen / <i>pilot valve: proportional and correctly connected</i> -Druckminderventil oder funktionierendes äquivalent / <i>pressure reducing valve or something equivalent working</i> -Speicher und korrekte Verbindung mit dem Zylinder / <i>accumulator with correct connection to the cylinder</i> -Druckabschaltung mit Ventil und Rückschlagventil oder funktionierende Alternative / <i>Freewheeling function with switch off valve and check valve or woring alternative</i> -Nebenkreis sinnvoll und an Hauptpumpe / <i>sensible secondary circuit at main pump</i> -Filter und Kühler sinnvoll / <i>Filter and cooler</i> 	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>

4.4	$Q_{Zylinder} = Av \quad (=48 \text{ l/min})$ $\Delta p_{Steuerkante} = \frac{(p_{HD} - p_{ND}) - F/A}{2} \quad (= 18,75 \text{ bar})$  <p style="text-align: right;">=> NG 25</p>	0,5 0,5 0,5
4.5	$\alpha_{Motor} = \frac{2\pi M_{Einzelrad}}{V_{Motor} \eta_{hm, Motor} (p_{HD} - p_{ND})} (= 0,82673)$ $Q_{Motor} = (n_{Pumpe} V_{Pumpe} \eta_{vol, Pumpe} - Q_{Zylinder}) / 4 (= 89,25 \frac{l}{min})$ $\eta_{vol, Motor} = 1 - \frac{Q_{Leckage}}{Q_{Motor}} (= 0,89916)$ $n_{Motor} = \frac{Q_{Motor} \eta_{vol, Motor}}{V_{Motor} \alpha_{Motor}} = 2426,71 \text{ U/min}$	0,5 0,5 0,5 0,5+0,5
4.6	<p>Das ungewollte Einfahren des Zylinder wird bei einem hohen Druckgefälle gestoppt / <i>The unintended retraction of the cylinder is stopped for high pressure differences across the valve</i></p> <p>Beim Reißen eines Schlauchs entweicht das Öl schlagartig, was zu einem plötzlichen Druckabfall führt. In diesem Moment schließt das Ventil / <i>During a hose failure the pressure decreases rapidly. The the valve closes</i></p>	0,5 0,5

Unterpunkt	Me	Punkte																		
5.1	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Flachsitz (0,5)</p> <p><i>Flat seat</i></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Kegelsitz (0,5)</p> <p><i>Cone seat</i></p> </div> </div>	1																		
5.2	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top; width: 20%;">Statischer Druck:</td> <td style="vertical-align: top; width: 60%;">Druck, der senkrecht zur Strömungsrichtung wirkt</td> <td style="vertical-align: top; width: 20%; text-align: right;">(0,5)</td> </tr> <tr> <td><i>static pressure:</i></td> <td><i>pressure acting orthogonal to the flow direction</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Dynamischer Druck:</td> <td style="vertical-align: top;">Sich ergebender Druckanstieg, wenn kinetische Energie eines gleichförmig strömenden Gases vollständig und verlustfrei (isentrop) in Druck umgewandelt wird ($\frac{1}{2}\rho v^2$)</td> <td style="vertical-align: top; text-align: right;">(0,5)</td> </tr> <tr> <td><i>dynamic pressure:</i></td> <td><i>Resulting rise of pressure due to the transformation of the kinetic energy of a homogenously flowing gas into pressure according to $p = \frac{1}{2} \rho v^2$ (without loss; isentropic)</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Gesamtdruck:</td> <td style="vertical-align: top;">Summe aus statischem und dynamischem Druck</td> <td style="vertical-align: top; text-align: right;">(0,5)</td> </tr> <tr> <td><i>total pressure:</i></td> <td><i>sum of static and dynamic pressure</i></td> <td></td> </tr> </table>	Statischer Druck:	Druck, der senkrecht zur Strömungsrichtung wirkt	(0,5)	<i>static pressure:</i>	<i>pressure acting orthogonal to the flow direction</i>		Dynamischer Druck:	Sich ergebender Druckanstieg, wenn kinetische Energie eines gleichförmig strömenden Gases vollständig und verlustfrei (isentrop) in Druck umgewandelt wird ($\frac{1}{2}\rho v^2$)	(0,5)	<i>dynamic pressure:</i>	<i>Resulting rise of pressure due to the transformation of the kinetic energy of a homogenously flowing gas into pressure according to $p = \frac{1}{2} \rho v^2$ (without loss; isentropic)</i>		Gesamtdruck:	Summe aus statischem und dynamischem Druck	(0,5)	<i>total pressure:</i>	<i>sum of static and dynamic pressure</i>		1,5
Statischer Druck:	Druck, der senkrecht zur Strömungsrichtung wirkt	(0,5)																		
<i>static pressure:</i>	<i>pressure acting orthogonal to the flow direction</i>																			
Dynamischer Druck:	Sich ergebender Druckanstieg, wenn kinetische Energie eines gleichförmig strömenden Gases vollständig und verlustfrei (isentrop) in Druck umgewandelt wird ($\frac{1}{2}\rho v^2$)	(0,5)																		
<i>dynamic pressure:</i>	<i>Resulting rise of pressure due to the transformation of the kinetic energy of a homogenously flowing gas into pressure according to $p = \frac{1}{2} \rho v^2$ (without loss; isentropic)</i>																			
Gesamtdruck:	Summe aus statischem und dynamischem Druck	(0,5)																		
<i>total pressure:</i>	<i>sum of static and dynamic pressure</i>																			

5.3	<table> <tr> <th data-bbox="312 297 651 409">Eigenschaft <i>Property</i></th><th data-bbox="651 297 989 409">Vorteil <i>Advantage</i></th><th data-bbox="989 297 1329 409">Nachteil <i>Disadvantage</i></th></tr> <tr> <td data-bbox="312 409 651 595">Hohe Kompressibilität <i>high compressibility</i></td><td data-bbox="651 409 989 595">Energiespeicherung <i>energy storage</i></td><td data-bbox="989 409 1329 595">geringe Steifigkeit bei der Steuerung <i>low static and dynamic stiffness in open loop control</i></td></tr> <tr> <td data-bbox="312 595 651 882">Geringe Viskosität <i>Low Viscosity</i></td><td data-bbox="651 595 989 882">Geringe Strömungsverluste <i>Low flow losses in tubing</i> hohe Arbeits-geschwindigkeit <i>high working speed</i></td><td data-bbox="989 595 1329 882">Große Leckage <i>high leakage loss</i> schlechte Dämpfung <i>poor damping</i></td></tr> <tr> <td data-bbox="312 882 651 1196">Geringer Arbeitsdruck <i>low working pressure</i></td><td data-bbox="651 882 989 1196">Druckfestigkeit der Bauteile unproblematisch <i>pressure strength of components without problems</i> Verwendung von Schläuchen möglich <i>use of tubing lines possible</i></td><td data-bbox="989 882 1329 1196">Geringere Kräfte und Momente als in der Hydraulik <i>lower force and torque compared to hydraulics</i></td></tr> </table>	Eigenschaft <i>Property</i>	Vorteil <i>Advantage</i>	Nachteil <i>Disadvantage</i>	Hohe Kompressibilität <i>high compressibility</i>	Energiespeicherung <i>energy storage</i>	geringe Steifigkeit bei der Steuerung <i>low static and dynamic stiffness in open loop control</i>	Geringe Viskosität <i>Low Viscosity</i>	Geringe Strömungsverluste <i>Low flow losses in tubing</i> hohe Arbeits-geschwindigkeit <i>high working speed</i>	Große Leckage <i>high leakage loss</i> schlechte Dämpfung <i>poor damping</i>	Geringer Arbeitsdruck <i>low working pressure</i>	Druckfestigkeit der Bauteile unproblematisch <i>pressure strength of components without problems</i> Verwendung von Schläuchen möglich <i>use of tubing lines possible</i>	Geringere Kräfte und Momente als in der Hydraulik <i>lower force and torque compared to hydraulics</i>	3
Eigenschaft <i>Property</i>	Vorteil <i>Advantage</i>	Nachteil <i>Disadvantage</i>												
Hohe Kompressibilität <i>high compressibility</i>	Energiespeicherung <i>energy storage</i>	geringe Steifigkeit bei der Steuerung <i>low static and dynamic stiffness in open loop control</i>												
Geringe Viskosität <i>Low Viscosity</i>	Geringe Strömungsverluste <i>Low flow losses in tubing</i> hohe Arbeits-geschwindigkeit <i>high working speed</i>	Große Leckage <i>high leakage loss</i> schlechte Dämpfung <i>poor damping</i>												
Geringer Arbeitsdruck <i>low working pressure</i>	Druckfestigkeit der Bauteile unproblematisch <i>pressure strength of components without problems</i> Verwendung von Schläuchen möglich <i>use of tubing lines possible</i>	Geringere Kräfte und Momente als in der Hydraulik <i>lower force and torque compared to hydraulics</i>												
	<table> <tr> <td data-bbox="312 1216 651 1496">Wartung des Druckmediums <i>maintenance of pressure medium</i></td><td data-bbox="651 1216 989 1496">keine Alterung <i>no aging</i> keine Umweltbelastung durch Leckagen <i>no environmental stress by leakage</i></td><td data-bbox="989 1216 1329 1496">Filtern, Nebelschmierung, Geräuschdämpfung oder Trocknung erforderlich <i>Filtering, mist lubrication, silencer or drying necessary</i></td></tr> <tr> <td data-bbox="312 1496 651 1933">Systemaufbau</td><td data-bbox="651 1496 989 1933">einfache Erzeugung von Kräften keine Rückleitung Überlastsicherheit Explosionsschutz <i>easy generation of force</i> <i>no return line</i> <i>overload protection</i> <i>explosion protection</i></td><td data-bbox="989 1496 1329 1933"></td></tr> </table>	Wartung des Druckmediums <i>maintenance of pressure medium</i>	keine Alterung <i>no aging</i> keine Umweltbelastung durch Leckagen <i>no environmental stress by leakage</i>	Filtern, Nebelschmierung, Geräuschdämpfung oder Trocknung erforderlich <i>Filtering, mist lubrication, silencer or drying necessary</i>	Systemaufbau	einfache Erzeugung von Kräften keine Rückleitung Überlastsicherheit Explosionsschutz <i>easy generation of force</i> <i>no return line</i> <i>overload protection</i> <i>explosion protection</i>		1,5						
Wartung des Druckmediums <i>maintenance of pressure medium</i>	keine Alterung <i>no aging</i> keine Umweltbelastung durch Leckagen <i>no environmental stress by leakage</i>	Filtern, Nebelschmierung, Geräuschdämpfung oder Trocknung erforderlich <i>Filtering, mist lubrication, silencer or drying necessary</i>												
Systemaufbau	einfache Erzeugung von Kräften keine Rückleitung Überlastsicherheit Explosionsschutz <i>easy generation of force</i> <i>no return line</i> <i>overload protection</i> <i>explosion protection</i>													

5.4	3/3-Wege-Proportionalventil (mit mechanischer Verstellung) <i>3/3-way-proportionalvalve (with mechanical actuation)</i>	1
5.5	$F = p \cdot A \Rightarrow p = \frac{F}{A}$ $p = m_{Load} \cdot g \cdot \frac{4}{D^2 \pi}$ $p = 12,2 \text{ bar}$ <p>mit Berücksichtigung von p_u: $p = 13,2 \text{ bar}$</p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p>
5.6	<p>langsam \rightarrow isotherme Zustandsänderung <i>slow \rightarrow isothermal change of change</i></p> $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ $\Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)$ $p_2 = (m_{Load} + 400 \text{ kg}) \cdot g \cdot \frac{4}{D^2 \pi} = 14,15 \text{ bar}$ $V_1 = A \cdot x_{max}$ $V_2 = A \cdot (x_{max} - \Delta x)$ $x_{max} - \Delta x = x_{max} \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)$ $\Delta x = 16,53 \text{ mm}$ <p>mit Berücksichtigung p_u: 15,45 mm</p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>
5.7	$\frac{\Delta V_0}{\Delta V_{cyl}} = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)$ $\Delta V_0 = \left(\frac{14,15 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}\right) \cdot 0,1653 \text{ dm} \cdot (1,6 \text{ dm})^2 \cdot \frac{\pi}{4}$ $\Delta V_0 = 4,7 \text{ Nl}$ <p>mit $p_2 = 20 \text{ bar}$ und $\Delta x = 20 \text{ mm}$:</p> $\Delta V_0 = 8,04 \text{ Nl}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p>

5.8	$W_{zu} = m_{zu} \cdot w_{t,12}$ $W_{zu} = \Delta V_0 \cdot \rho_0 \cdot \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_0 v_0 \left(\left(\frac{p_{comp}}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right)$ $= \Delta V_0 \cdot \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_0 \left(\left(\frac{p_{comp}}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right)$ $= 2226,6 J$ <p>mit $\Delta V_0 = 6 \text{ Nl}$:</p> $2842,4 J$	0,5 0,5 0,5
5.9	$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ $\dot{m}_{cyl} = Q \cdot \rho_{cyl}$ $\dot{m}_{V2} = C \cdot p_{cyl} \cdot \rho_0 \sqrt{\frac{T_0}{T_{cyl}}}$ $\dot{m}_{cyl} = \dot{m}_{V2}$ $\Rightarrow C = \frac{Q \cdot \rho_{cyl}}{\rho_0 \cdot p_{cyl}}$ $\frac{\rho_{cyl}}{\rho_0} = \frac{p_{cyl}}{p_0}$ $C = \frac{Q}{p_0} = \frac{\Delta V}{\Delta t \cdot p_0}$ $= 48,25 \frac{\text{Nl}}{\text{minbar}}$	0,5 0,5 0,5
	Summe/Sum:	15

Unterpunkt	W _r	Punkte Points
6.1	$\sum F = m \cdot a_{max}$ $m_{glas} \cdot (g + a_{max}) + p_s \cdot A = p_u \cdot A \quad (1)$ $p_s = p_u - \frac{4 \cdot m_{glas} \cdot (g + a_{max})}{\pi \cdot d^2} \quad (0,5)$ $p_s = 0,8434 \text{ bar} \quad (0,5)$	2
6.2-6-4	<p>Bauteil richtig benannt / <i>Component correctly named</i> (0,5)</p>	3
6.5	$\sum F = 0$ $p_a \cdot A = F_{vor/pre} + c \cdot s + p_u \cdot A \quad (0,5)$ $p_a = \frac{4}{\pi \cdot d^2} (F_{vor/pre} + c \cdot s) + p_u = 2,783 \text{ bar} \quad (0,5)$	1
6.6	<p>Druckverhältnis</p> $b = \frac{p_a}{p_e} = \frac{2,783}{7} = 0,398 \quad (0,5)$ <p>(Alternativ: $b = \frac{p_a}{p_e} = \frac{3}{7} = 0,429$)</p> <p>Strömungszustand / <i>flow state</i> = Überkritisch / <i>Supercritical</i> (0,5)</p>	1

6.7	<p>Volumenstrombilanz / <i>Volume flow balance</i></p> $\dot{m}^* = \frac{V}{t} \cdot (\rho_a - \rho_0) \quad (1)$ <p>Technischer Normzustand Dichte / <i>Technical standard reference density</i></p> $\rho_0 = 1,1845 \text{ kg/m}^3$ <p>Isotherme Zustandsänderung / <i>Isothermal change of state</i></p> $\rho_a = \rho_e \cdot \frac{p_a}{p_e}$ <p>Ideale Gasgleichung / <i>Ideal gas law</i></p> $\rho_e = \frac{p_e}{R \cdot T_e}$ $\Rightarrow \rho_a = \frac{p_a}{R \cdot T_e} \quad (0,5)$ <p>Überkrit. Massenstrom / <i>Supercritical mass flow</i></p> $\dot{m}^* = \alpha_D \cdot \psi_{max} \cdot A \cdot p_e \cdot \sqrt{\frac{2}{R \cdot T_e}} \quad (0,5)$ <p>Benötigter Drosselquerschnitt / <i>Necessary throttle diameter</i></p> $A = \frac{V}{t} \cdot \left(\frac{p_a}{R \cdot T_e} - \rho_0 \right) \cdot \frac{1}{\alpha_D \cdot \psi_{max} \cdot p_e} \cdot \sqrt{\frac{T_e \cdot R}{2}} \quad (0,5)$ $A = 0,0689 \text{ mm}^2 \quad (0,5)$ <p>(Alternativ: $A = 0,0773 \text{ mm}^2$ bei $p_a = 3 \text{ bar}$)</p>	3
	Summe/Sum:	10