

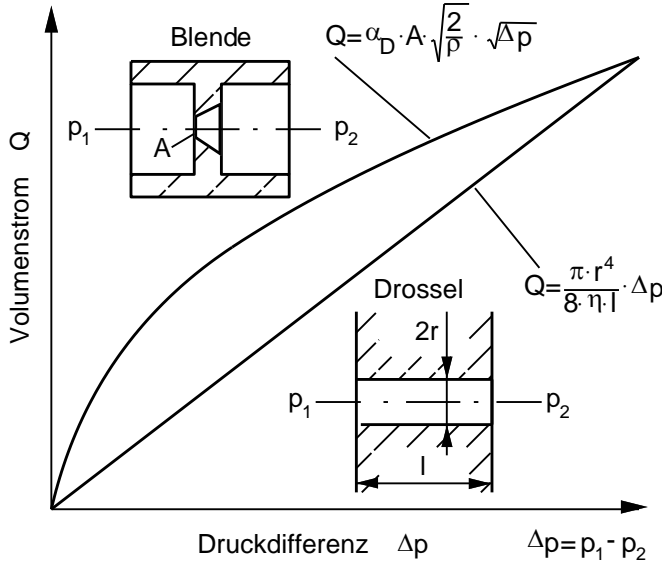
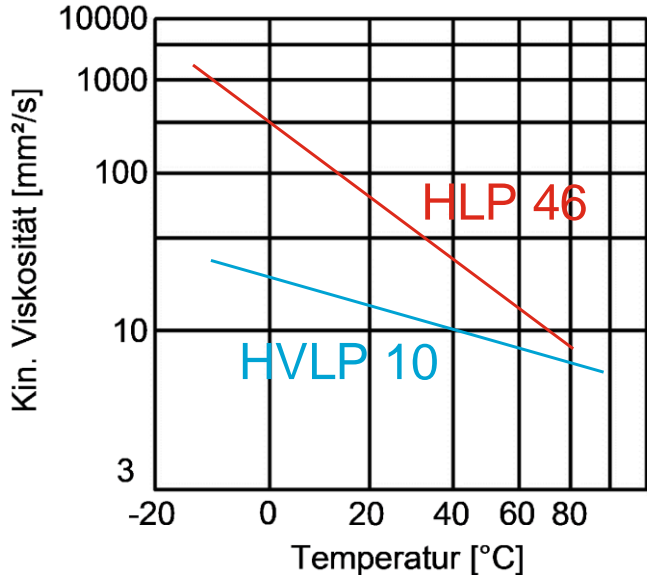
1. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 15

Excercise – Solution

Total points : 15

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
1.1	+ hohe Leistungsdichte / <i>high power density</i>	0,5
	+ 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>	0,5
	- 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>	
1.2	1. Volumenschluss; Druckübertragung; Leistungsübertragung / <i>volume connection; power transfer</i>	0,5
	2. Schmierung; Kühlung; Partikelabtransport; Korrosionsschutz / <i>lubrication; cooling; particle removal; corrosion protection</i>	1
1.3	1. Allgemeine Flüssigkeiten / <i>general liquids</i>	0,5
	2. Schwerentflammbare Flüssigkeiten / <i>Fire-retardant fluids</i>	0,5
	3. Umweltverträgliche Flüssigkeiten / <i>Environmentally compatible fluids</i>	0,5
	4. Spezielle Flüssigkeiten / <i>Special liquids</i>	
1.4	1. Links: Blende / <i>Left: Orifice</i>	0,5
	2. Rechts: Drossel / <i>Right: Throttle</i>	

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
<p>1.5</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 je 0,5 Pkt. / <i>correct course + indication each 0.5 Pts.</i></p>	<p>1</p> <p>1</p>
<p>1.6</p> <p>Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenbauweise / <i>Axial piston pump in swashplate design</i></p> <p>Verstellbar / <i>adjustable displacement volume</i></p>	<p>0,5</p> <p>0,5</p>
<p>1.7</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Steuerspiegel / Umsteuerplatte / <i>Valve plate / comutation plate</i> 2. Kolben / <i>Piston</i> 3. Schwenkwiege / Schwenkjoch / Schrägscheibe / <i>Swash plate</i> 4. Kolbengleitschuh / <i>Piston shoe</i> 5. Kolbentrommel / Zylinder / <i>Cylinder barrel</i> 	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>
<p>1.8</p>  <p>Stützpunkt und Verlauf (sinkt mit steigender Temperatur) je 0,5 Pkt. / <i>support point and course (sinking with rising temperature) each 0.5 Pts.</i></p> <p>HVLP Verlauf flacher als HLP / <i>HVLP course flatter than HLP</i></p>	<p>1</p> <p>0,5</p>

	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
1.9	$Q_p = Q_S + Q_M \Rightarrow \dot{Q}_p = \dot{Q}_S + \dot{Q}_M$ $\dot{Q}_p = 0$ $L_H = \frac{\Delta p}{\dot{Q}_M} \Leftrightarrow \dot{Q}_M = \frac{p_1 - p_{ND}}{L_H}$ $C_H = \frac{Q_S}{\dot{p}_1} \Leftrightarrow Q_S = \dot{p}_1 \cdot C_H$ $\dot{Q}_S = \ddot{p}_1 \cdot C_H$ $0 = \ddot{p}_1 \cdot C_H + \frac{p_1 - p_{ND}}{L_H}$ $\Leftrightarrow \frac{1}{C_H L_H} \cdot p_{ND} = \ddot{p}_1 + \frac{1}{C_H L_H} \cdot p_1$	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1</p>
1.10	$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C_H L_H}}$	0,5

2. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 10

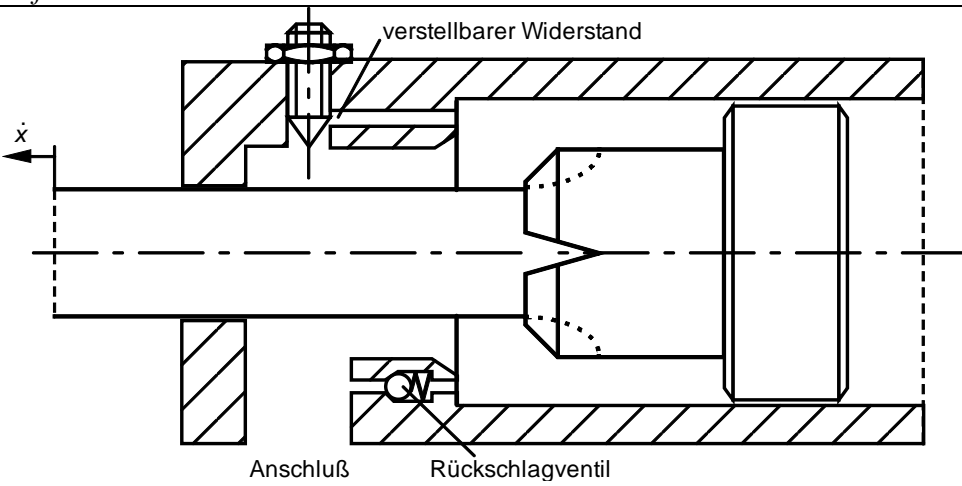
Excercise – Solution

Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
2.1	0,5 Punkte pro Nennung (insgesamt max. 1,5 Punkte) Schaltmagnet, Proportionalmagnet, Tauchspule, Linearmotor, Torquemotor, piezoelektrischer Wandler <i>Switching solenoid, Proportional solenoid, Voice coil, Linear motor, Torque motor, Piezo-electric converter</i>	1,5
2.2	5/3-Wege Schaltventil mit Federzentrierung (0,5 Punkte) <i>Spring centered 5/2-way switching valve</i> und hydraulischer Betätigung (0,5 Punkte) <i>with fluid actuation</i>	1,0
2.3	- Kegelsitz / <i>Poppet valve</i> (0,5 Punkte) - Kugelsitz / <i>Ball valve</i> (0,5 Punkte) - Tellersitz / <i>Disc valve</i> (0,5 Punkte)	1,5
2.4	Eine hermetische Abichtung kann realisiert werden. (0,5 Punkte) <i>A leakproof blocking of the flow is possible.</i>	0,5
2.5	$Q = v_2 \cdot A_2 = \alpha_D \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p}$ (0,5 Punkte) $v_2 = \frac{Q}{A_2} = \alpha_D \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{2}{870 \frac{kg}{m^3}} \cdot 250 \text{ bar}}$ (0,5 Punkte) $v_2 \approx 144 \frac{m}{s}$ (0,5 Punkte)	1,5
2.6	$v_1 = \frac{Q}{A_1} = 4 \cdot \frac{Q}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 100 \frac{l}{min}}{\pi \cdot (16 \text{ mm})^2} = 8,29 \frac{m}{s}$ (0,5 Punkte) $F_{Str} = \rho \cdot Q \cdot (v_{2ax} - v_{1ax})$ (0,5 Punkte) $F_{Str} = \rho \cdot Q \cdot (v_2 \cdot \cos \varepsilon - v_1)$ (0,5 Punkte) $F_{Str} = 870 \frac{kg}{m^3} \cdot 100 \frac{l}{min} \cdot \left(90 \frac{m}{s} \cdot \cos 30^\circ - 8,29 \frac{m}{s} \right)$ $F_{Str} \approx 101 \text{ N}$ (0,5 Punkte)	2,0
2.7	Kräftebilanz mit F_{Str} : / <i>Balance of forces with F_{Str}:</i> $p_1 \cdot A_K - F_{Str} - p_x \cdot A_K = 0$ (0,5 Punkte) Kräftebilanz ohne F_{Str} : / <i>Balance of forces without F_{Str}:</i> $p'_1 \cdot A_K - p_x \cdot A_K = 0$ (0,5 Punkte) $\Rightarrow p'_1 = p_1 - \frac{F_{Str}}{A_K} = p_1 - 4 \cdot \frac{F_{Str}}{\pi \cdot d_K^2}$ (0,5 Punkte) $\Rightarrow p'_1 = 250 \text{ bar} - 4 \cdot \frac{338 \text{ N}}{\pi \cdot (16 \text{ mm})^2}$ $\Rightarrow p'_1 \approx 233 \text{ bar}$ (0,5 Punkte)	2,0

Gesamtpunktzahl: 10

Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution		Punkte Points
3.1	(Einhubige) Radialkolbenpumpen / <i>(single stroke) radial piston machine</i> (Einhubige) Flügelzellenpumpen / <i>(single stroke) vane pump</i> Axialkolbenmaschinen / <i>Axial piston machine</i>	0,5 0,5 0,5
3.2	- kinematische Pulsation → Durch die endliche Anzahl der Verdrängerräume kommt es zu Pulsationen <i>kinematic flow ripple → Due to the finite number of displacement chambers</i> - kompressionsbedingte Pulsation → Wenn der Verdrängerraum vor dem Einsteuern in den Hochdruck nicht vorkomprimiert wird, strömt Öl zurück in die Verdrängerräume. <i>condition-conditioned ripple → occurs whenever the pressure in the displacement chamber is not equal to the system pressure, thus forcing oil to flow back into the chamber</i>	1 1
3.3	 <p>(verstellbarer) Widerstand <i>adjustable orifice</i> Rückschlagventil <i>check valve</i> Absatz an Kolbestange und Gegenstück im Gehäuse <i>flange on piston rod and counterpart in housing</i> Kerben im Absatz <i>longitudinal slot in flange</i> ODER/OR Kunststoffanschlag/Feder <i>plastic block/spring</i> (1 Punkt)</p>	0,5 0,5 0,5 0,5
3.4	Kreiselpumpe <i>centrifugal pump</i>	0,5

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution		Punkte Points
3.5	$V_K = \frac{Q_{th}}{n}$ $V_K = \frac{84,84 \text{ l/min}}{2000 \text{ U/min}}$ $V_K = 42,42 \frac{\text{cm}^3}{\text{U}}$	0,5 0,5
3.6	$dx = \frac{dV}{A} = \frac{V_{UT} dp}{A E'_{Fl}}$ $dc = \frac{dF}{dx} = \frac{dp A^2 E'_{Fl}}{V_{UT} dp}$ <p>Es wird eine lineare Druckerhöhung angenommen.</p> <p><i>Under the assumption of a linear increase in pressure.</i></p> $W_K = \frac{cdx^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{A^2 E'_{Fl}}{V_{UT}} \frac{V_{UT}^2 dp^2}{A^2 E'^2_{Fl}} = \frac{\Delta p^2 V_{UT}}{2 E'_{Fl}}$ $W_A = \left(V_K - \frac{V_{UT} \Delta p}{E'_{Fl}} \right) \Delta p$ $\frac{W_K}{W_A} = \frac{\Delta p^2 V_{UT}}{2 E'_{Fl} \Delta p \left(V_K - \frac{V_{UT} \Delta p}{E'_{Fl}} \right)} = \frac{\Delta p}{2 E'_{Fl} \left(\frac{V_K}{V_{UT}} - \frac{\Delta p}{E'_{Fl}} \right)}$ $\frac{W_K}{W_A} = \frac{50 \text{ bar}}{2 \cdot 16.000 \text{ bar} \left(\frac{12,12 \text{ cm}^3}{13 \text{ cm}^3} - \frac{50 \text{ bar}}{16.000 \text{ bar}} \right)}$ $\frac{W_K}{W_A} = 0,1682 \%$ <p>Da Anzahl der Kolben in Aufgabenstellung fehlt, gibt es 0,5 zusätzlich für einen richtigen Lösungsansatz. <i>Since the number of pistons wasn't given, an additional 0.5 are awarded for a correct approach.</i></p>	0,5 0,5 0,5 0,5

Gesamtpunktzahl: 10

Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>										
4.1	Leistungsregelung (Volumenstrom so vom Druck abhängig, dass die Leistung konstant bleibt) <i>Power control (Volume flow depends on pressure in a way that power stays constant)</i>	1										
4.2	Nur ein geringer Volumenstrom wird durch die Blende gelassen / <i>Only small volume flow gets through orrifice</i> Blende für begrenzte Schwenkwinkelgeschwindigkeit und somit Schwingungen benötigt / <i>orifice limits the swash plate angle velocity and thus oscillations</i>	0,5 0,5										
4.3	<table><tr><td rowspan="4">Speisung</td><td rowspan="4">Aufgeprägter Volumenstrom</td><td colspan="2">Steuerung</td></tr><tr><td>Widerstandssteuerung</td><td>Verdrängersteuerung</td></tr><tr><td>I <p>x, \dot{x}, F $\uparrow Q_p = \text{const.}$ p_{\max}</p></td><td>III <p>x, \dot{x}, F $u(M)$</p></td></tr><tr><td>II <p>x, \dot{x}, F $\uparrow Q_L$ $p_0 = \text{const.}$</p></td><td>IV <p>$\phi, \dot{\phi}, M$ $p_0 = \text{const.}$ u</p></td></tr></table>	Speisung	Aufgeprägter Volumenstrom	Steuerung		Widerstandssteuerung	Verdrängersteuerung	I <p>x, \dot{x}, F $\uparrow Q_p = \text{const.}$ p_{\max}</p>	III <p>x, \dot{x}, F $u(M)$</p>	II <p>x, \dot{x}, F $\uparrow Q_L$ $p_0 = \text{const.}$</p>	IV <p>$\phi, \dot{\phi}, M$ $p_0 = \text{const.}$ u</p>	0,5 für 2 Richtige <i>0.5 for each two correct solutions</i>
Speisung	Aufgeprägter Volumenstrom			Steuerung								
				Widerstandssteuerung	Verdrängersteuerung							
				I <p>x, \dot{x}, F $\uparrow Q_p = \text{const.}$ p_{\max}</p>	III <p>x, \dot{x}, F $u(M)$</p>							
		II <p>x, \dot{x}, F $\uparrow Q_L$ $p_0 = \text{const.}$</p>	IV <p>$\phi, \dot{\phi}, M$ $p_0 = \text{const.}$ u</p>									

	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Supply</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"> Control </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;">Resistive control</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;">Positive displacement control</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>I</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>III</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>II</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>IV</p> </div> </div> </div> </div>	
4.4	<p>Zylinder unabhängig / <i>cylinders independent</i> – 0,5 Proportionalventil Zylinder / <i>proportional valve cylinder</i> – 0,5 Motor unabhängig / <i>motor independent</i> – 0,5 Richtige Ansteuerung / <i>correct control</i> – 0,5 DBV sinnvoll / <i>PRV sensible</i> – 0,5 Filter / <i>filter</i> – 0,5 Cooler / <i>cooler</i> – 0,5 Nebenkreis / <i>secondary circuit</i> – 0,5</p>	4

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
4.5	$\Delta p = \frac{2 \pi M_{Anfahrr}}{V_{Motor} \eta_{hm,Motor}} = 349,066 \text{ bar}$ $p_{HD} = p_{DBV} + \Delta p = 354,066 \text{ bar}$ $Q_{Pumpe} = Z_{Räder} k_{Leckage} p_{HD} = 70,813 \text{ l/min}$ $\alpha = \frac{Q_{Pumpe}}{V_{Pumpe} \eta_{vol,Pumpe} n_{Pumpe}} = 0,09939 = 10\%$ $P = \frac{\Delta p Q_{Pumpe}}{\eta_{hm,Pumpe} \eta_{vol,Pumpe}} = 45648 \text{ W} = 45,65 \text{ kW}$	0,5 0,5 0,5
4.6	$\Delta p_{max} = p_{DBV,HD} - p_{DBV,ND} = 395 \text{ bar}$ $M_{Brems} = \frac{\Delta p_{max} V_{Motor}}{2 \pi \eta_{hm,Motor}} = 3492,57 \text{ Nm}$	0,5 0,5

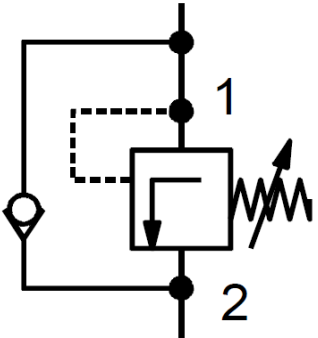
5. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 15

Excercise – Solution

Total points : 15

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>				Punkte <i>Points</i>
5.1		Sitzventile	Schieberventile	2
	Vorteile	hohe Funktionssicherheit	geringe Betätigungskräfte durch Druckentlastung des Schiebers (flächengleiche Schieberkammern)	
		unempfindlich gegen Verschmutzung	einfache Realisierung von komplizierten Schaltbildern, da der Schieber gleichzeitig mehrere Anschlüsse schalten kann	
		leckagefreie Abdichtung der Anschlüsse		
	Nachteile	eine Druckentlastung des Dichtelements ist aufwendig	hohe Fertigungstoleranzen zwischen Schieber und Buchse sind erforderlich, um die Leckage möglichst klein zu halten	
		Betätigung zumeist gegen Druckkräfte, so dass relativ große Kräfte erforderlich sind	eine gewisse Leckage ist unvermeidbar	
		mehr als zwei Schaltstellungen erfordern aufwändigere Konstruktionen		

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>				Punkte <i>Points</i>
		Seat valves	Spool valves	
	Advantages	<i>high functional safety</i>	<i>small actuation forces with pressure relief of the valve (valve chambers with the same surface)</i>	
		<i>immune against contamination</i>	<i>easy implementation of complex circuit schemes, because the spool can actuate multiple connections at the same time</i>	
		<i>leakage-free sealing of the connections</i>		
	Disadvantages	<i>a pressure relief of the sealing element is costly</i>	<i>high production tolerance between spool and bushing is necessary to keep the leakage preferably small</i>	
		<i>actuation mostly against pressure forces so that relatively high forces are required</i>	<i>a certain leakage is inevitable</i>	
		<i>more than two switching positions require costlier designs</i>		
5.2	 <p>Funktion: Bei Erreichen eines eingestellten Druckniveaus an (1) öffnet das Ventil und gibt den Weg zu weiteren Verbrauchern an (2) frei. Durch das Rückschlagventil ist die Durchströmung von (1) nach (2) immer möglich.</p> <p><i>Function: When achieving a set pressure level at (1) the valve opens and connects to additional consumers connected to (2). The check valve enables always flow from (2) to (1).</i></p>			2

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
5.3	Zuluftdrosselung und Abluftdrosselung <i>Exhaust air throtteling and supply air throtteling, meter-in flow control and meter-out flow control</i>	1
5.4	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Arbeitsgeschwindigkeiten bei kleinen und mittleren Massen • Günstiges Leistungsgewicht • Geringe Abmessungen • Hohe Überlastsicherheit bei unbegrenzter Einschaltdauer • Keine Eigenerwärmung der Antriebe • Vergleichsweise einfache Steuerung von stationären Kräften und Geschwindigkeiten • Gewährleistung des Explosionsschutzes bei rein pneumatisch ausgeführten Antriebssteuerungen • Geringe Empfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse wie Nässe, Staub und Wärme • <i>high work speeds with the movement of small and average masses,</i> • <i>favorable power weight and small measurements,</i> • <i>high overload safety with unlimited power-on time,</i> • <i>no self-heating of the drives,</i> • <i>comparably simple control of stationary forces and speeds,</i> • <i>ensuring protection against explosions with purely pneumatically designed drive controls and</i> • <i>low sensitivity towards environmental influences like wetness, dust and heat.</i> 	2

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
<p>5.5 Summe aller Kräfte: $\sum F = 0$</p> $m_{\text{Büchse}} \cdot g \cdot \sin \alpha + (F_{R,\text{konst}} + k_{\text{Reib}} \cdot v_{\text{Büchse}}) = (p_U - p_{\text{vak}}) \frac{\pi}{4} d_{\text{Rohr}}^2$ $p_{\text{vak}} = p_U - \frac{4}{\pi d_{\text{Rohr}}^2} (m_{\text{Büchse}} \cdot g \cdot \sin \alpha + (F_{R,\text{konst}} + k_{\text{Reib}} \cdot v_{\text{Büchse}}))$ $p_{\text{vak}} = 0,93 \text{ bar}$ <p>Sum of forces: $\sum F = 0$</p> $m_{\text{capsule}} \cdot g \cdot \sin \alpha + (F_{f,\text{const}} + k_{\text{friction}} \cdot v_{\text{capsule}})$ $= (p_U - p_{\text{vak}}) \frac{\pi}{4} d_{\text{tube}}^2$ $p_{\text{vak}} = p_U - \frac{4}{\pi d_{\text{Rohr}}^2} (m_{\text{capsule}} \cdot g \cdot \sin \alpha + (F_{f,\text{const}} + k_{\text{friction}} \cdot v_{\text{capsule}}))$ $p_{\text{vak}} = 0.93 \text{ bar}$	2
<p>5.6 Vorgang läuft langsam ab \rightarrow isotherm</p> <p>Ideale Gasgleichung zur Bestimmung der abgesaugten Luftmasse:</p> $\Delta m = \frac{\Delta p \cdot V}{RT_0} = \frac{(p_U - p_{\text{vak}}) \cdot \frac{\pi}{4} d_{\text{Rohr}}^2 l_{\text{Rohr}}}{RT_0} = 133,96 \text{ g}$ <p>Normvolumenstrom in Massenstrom umrechnen:</p> $\dot{m}_{\text{vak}} = \frac{Q_{0,\text{vak}}}{\rho_0} = 1,974 \text{ g/s}$ <p>Dauer zum Evakuieren:</p> $\Delta t = \frac{\Delta m}{\dot{m}_{\text{vak}}} = 67,86 \text{ s}$ <p>Slow changing process \rightarrow isothermal</p> <p>Ideal gas equation to determine the mass of sucked in air:</p> $\Delta m = \frac{\Delta p \cdot V}{RT_0} = \frac{(p_U - p_{\text{vak}}) \cdot \frac{\pi}{4} d_{\text{Rohr}}^2 l_{\text{Rohr}}}{RT_0} = 133.96 \text{ g}$ <p>Convert standard volume flow to mass flow rate:</p> $\dot{m}_{\text{vak}} = \frac{Q_{0,\text{vak}}}{\rho_0} = 1.974 \text{ g/s}$ <p>Duration of evacuation:</p> $\Delta t = \frac{\Delta m}{\dot{m}_{\text{vak}}} = 67.86 \text{ s}$	2

Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
<p>5.7 Strömungszustand: $\frac{p_{vak}}{p_U} = 0,8 > b \rightarrow$ unterkritisch Ausflussfunktion mit $\kappa = 1,4$:</p> $\Psi = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_{vak}}{p_U} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_{vak}}{p_U} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 0,3964$ <p>Blendengleichung: $\dot{m}_{Loch} = \alpha_D \Psi A_{Loch} p_U \sqrt{\frac{2}{RT_0}} = 0,0985 \text{ g/s}$</p> <p>Flow condition: $\frac{p_{vak}}{p_U} = 0,8 > b \rightarrow$ subsonic Dischargefunction with $\kappa = 1.4$:</p> $\Psi = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_{vak}}{p_U} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_{vak}}{p_U} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 0.3964$ <p>Orifice: $\dot{m}_{hole} = \alpha_D \Psi A_{hole} p_U \sqrt{\frac{2}{RT_0}} = 0.0985 \text{ g/s}$</p>	2
<p>5.8 Massenstrom aus der Bewegung nach idealer Gasgleichung:</p> $\dot{m}_{Beweg.} = \frac{p_{vak} \cdot Q}{RT_0} = \frac{p_{vak} \cdot \frac{\pi}{4} d_{Rohr}^2 v_{Büchse}}{RT_0} = 21,43 \text{ g/s}$ <p>Gesamtmassenstrom: $\dot{m}_{ges} = \dot{m}_{Beweg.} + \dot{m}_{Loch} = 22,43 \text{ g}$</p> <p>Umrechnung in Normvolumenstrom: $Q_{0,transport} = \frac{\dot{m}_{ges}}{\rho_0} = 1136,3 \text{ Nl/min}$</p> <p>Massflow rate of movement: $\dot{m}_{move} = \frac{p_{vac} \cdot Q}{RT_0} = \frac{p_{vac} \cdot \frac{\pi}{4} d_{Rohr}^2 v_{capsule}}{RT_0} = 21,43 \text{ g/s}$</p> <p>Overall mass flow rate: $\dot{m}_{sum} = \dot{m}_{move} + \dot{m}_{hole} = 22.43 \text{ g}$</p> <p>Convert mass flow rate to standard volume flow rate: $Q_{0,transport} = \frac{\dot{m}_{sum}}{\rho_0} = 1136.3 \text{ Nl/min}$</p>	2

6. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 10

Excercise – Solution

Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>						
6.1	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Verdichterbauart <i>Compressor design</i> </div> <div style="text-align: center;"> Beispiel <i>Example</i> </div> </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">1.</td><td style="text-align: center;"> Kolbenverdichter <i>Piston compressor</i> </td><td style="text-align: center;"> Membranverdichter <i>Diaphragm compressor</i> </td></tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">2.</td><td style="text-align: center;"> Rotationsverdichter <i>Rotating compressor</i> </td><td style="text-align: center;"> Lamellenverdichter <i>Vane compressor</i> </td></tr> </table>	1.	Kolbenverdichter <i>Piston compressor</i>	Membranverdichter <i>Diaphragm compressor</i>	2.	Rotationsverdichter <i>Rotating compressor</i>	Lamellenverdichter <i>Vane compressor</i>	2
1.	Kolbenverdichter <i>Piston compressor</i>	Membranverdichter <i>Diaphragm compressor</i>						
2.	Rotationsverdichter <i>Rotating compressor</i>	Lamellenverdichter <i>Vane compressor</i>						
6.2	Berechnung über Leistungsvergleich: <i>Calculation by performance equation:</i> $P_T \cdot \eta_{\text{Verdichter}} = \dot{m} \cdot w_{12} = \dot{m} \cdot n \cdot \frac{p_1 \cdot v_1}{n-1} \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$ $\dot{m} = \frac{P_N \cdot \eta_{\text{Verdichter}} \cdot (n-1) \cdot \rho_1}{n \cdot p_1 \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)} = \frac{1,1 \text{ kW} \cdot 0,25 \cdot 0,15 \cdot 1,1845 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1,15 \cdot 1 \text{ bar} \cdot \left(\left(\frac{9 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} \right)^{\frac{0,15}{1,15}} - 1 \right)}$ $= \underline{\underline{1,28 \frac{\text{g}}{\text{s}}}}$	1						

	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
6.3	<p>Befüllungsdauer: <i>duration of inflation:</i></p> <p>Polytrope Zustandsänderung: <i>Polytrope state:</i></p> $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^n \Leftrightarrow v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{\rho_1} \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}$ <p>Ermittlung der geförderten Masse: <i>Calculation of the delivered mass:</i></p> $\rho_2 = \frac{1}{v_2} = \rho_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}}$ $\Delta m = V(\rho_2 - \rho_1) = V\rho_1 \left(\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) = 35l \cdot 1,18 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(3,2^{\frac{1}{1,15}} - 1 \right)$ $= 72,26g$ <p>Benötigte Zeit: <i>Needed time:</i></p> $t = \frac{\Delta m}{\dot{m}} = \frac{\Delta m \cdot R_0 \cdot T_0}{Q \cdot p_0} = \frac{72,26g \cdot 288 \frac{Nm}{kg \cdot K} \cdot 293,15K}{180 \frac{Nl}{min} \cdot 1bar} = \underline{\underline{20,34s}}$ <p>Benötigte technische Leistung zur Verdichtung (stationäre Strömung): <i>Needed technical performance for the compression(stationary flow):</i></p> $P_{Verdichter} = w_{Verdichter} \cdot \dot{m} = \dot{m} \cdot \frac{n \cdot p_1 \cdot v_1}{n - 1} \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$ <p>mit/with: $p_1 = p_0 = 1bar$; $v_1 = \frac{1}{\rho_0}$</p> $P_{Verdichter} = 3,55 \frac{g}{s} \cdot \frac{1,15 \cdot 1bar}{0,15 \cdot 1,18 \frac{kg}{m^3}} \cdot \left(3,2^{\frac{0,15}{1,15}} - 1 \right) = \underline{\underline{377,9W}}$	3,5

	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
6.4	<p>Zwei Vorgänge: <i>Two states:</i></p> <p>1→2: Polytrope Zustandsänderung während der Kompression <i>Polytropic state during compression</i></p> $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{n}{n-1}}$ <p>2→3: Isochore Zustandsänderung während der Abkühlung <i>Isochore state during cooling</i></p> $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$ <p>mit/with: $p_1 = p_0 = 1\text{bar}$; $T_1 = T_3 = T_0 = 293,15\text{K}$</p> <p>Gleichsetzen der beiden Gleichungen <i>Equalisation of the equations</i></p> $T_2 = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot T_1$ $p_2 = \frac{p_3}{T_3} \cdot T_2 = \frac{p_3}{T_3} \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot T_1$ $p_2 \cdot p_2^{-\frac{n-1}{n}} = p_2^{(1-\frac{n-1}{n})} = \frac{T_1}{T_3} \cdot \frac{p_3}{p_1^{\frac{n-1}{n}}} = \frac{p_3}{p_1^{\frac{n-1}{n}}}$ $p_2^{\frac{1}{n}} = \frac{p_3}{p_1^{\frac{n-1}{n}}}$ $p_2 = \frac{p_3^n}{p_1^{n-1}} = \frac{(3,2\text{bar})^{1,15}}{(1\text{bar})^{0,15}} = \underline{\underline{3,81\text{bar}}}$	2,5
6.5	<p>Maßnahme: Mehrstufige Verdichtung Element: Kühler, (zweiter Verdichter)</p> <p><i>Measure: Two/multiple stage compression</i> <i>Component: Cooler, (second stage compressor)</i></p>	1