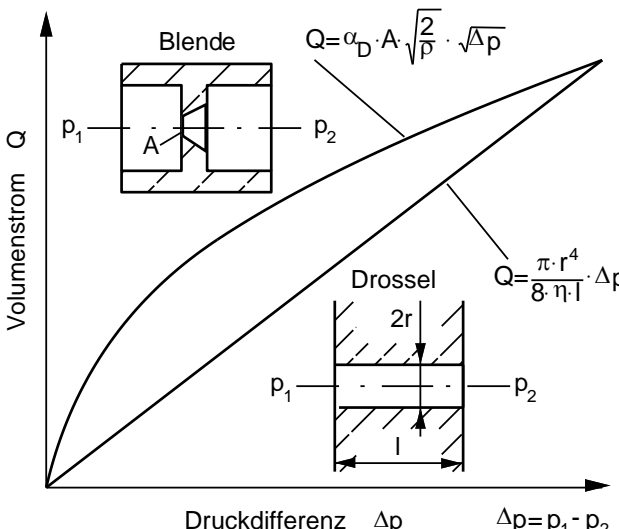


1. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 15

Excercise – Solution

Total points : 15

Teilaufgabe und Antwort	Punkte
Subtask and solution	Points
<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> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>A: Blende / <i>Orifice</i> B: Drossel / <i>Throttle</i> (0.5 je Pkt / 0.5 Pts. each)</p>  <p>Korrekte Formel mit Kennzeichnung und korrekter Verlauf 0,5 Pkt. / <i>correct formular and correct course indication each</i></p>	<p>2</p>
<p>1.3.</p> <p>Blende / <i>Orifice</i></p> <p>Temperaturunabhängig / <i>Temperature independent</i></p>	<p>1,0</p>

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
1.4.	$p_{Kolben} = \frac{F}{\frac{d_k^2}{4}\pi} = \frac{10kN}{\frac{30^2mm^2}{4}\pi} = 141.47 bar$ $Q = \dot{x}A = 1.5 \frac{m}{s} \frac{30^2mm^2}{4}\pi = 63.61 l/min$ $Q = K\sqrt{\Delta p} \Leftrightarrow p_{Versorgung} = p_{Kolben} + (Q/K)^2$ $p_{Versorgung} = 141.47 bar + \left(63.61 \frac{l}{min} / 50 \frac{l}{min} \sqrt{bar}\right)^2 = 142.91$	0,5 0,5 0,5
1.5.	Kinematisch bedingte Pulsation / <i>Kinematically induced pulsation</i> Kompressionsbedingte Pulsation / <i>Compression induced pulsation</i>	0,5 0,5
1.6.	Kreiselpumpe / Centrifugal pump	0,5
1.7.	Primär/primary: Übertragung von Leistung vom Druckerzeuger auf die Verbraucher <i>Transfer of power from the pressure generator to the actuators</i> Sekundär: Schmierung / <i>Lubrication</i> Wärmetransport / <i>heat transfer</i> Chemischer Korrosionsschutz / <i>Chemical protection against corrosion</i> (0.5 je Pkt / 0.5 Pts. each)	0,5 0,5
1.8.	<p>Stützpunkt @ 40°C und Verlauf (sinkt linear mit steigender Temperatur) 0,5 Pkt. / support point @ 40°C and course (linear decrease with rising temperature) 0.5 Pts. HLP + Vi-Verbesserer Verlauf flacher als HLP (linear) / <i>HLP+VI-Improver course flatter than HLP (linear)</i></p>	0,5 0,5 0,5

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
1.9.	$F_G = A_3 p_2$ $p_T A_1 + p_V \left(A_2 - \frac{\pi}{4} d_s^2 \right) - p_V \left(A_1 - \frac{\pi}{4} d_s^2 \right) - p_2 A_2 = 0$ $p_V = \frac{70000 \text{ mm}^2 \cdot 300000 \text{ N}}{40000 \text{ mm}^2 \cdot (70000 \text{ mm}^2 - 2000 \text{ mm}^2)} = 77,2 \text{ bar}$	0,5 0,5 0,5
1.10.	Punkte werden nur mit korrekten Indizes gegeben / <i>Points are only awarded with correct use of indices</i> $\dot{p}_1 = \frac{Q_R - Q_M}{C_H} \quad (1)$ $L_H = \frac{\Delta p}{\dot{Q}_M} \Leftrightarrow \dot{Q}_M = \frac{p_1 - p_U}{L_H} \quad (2)$ $R_H = \frac{\Delta p}{Q_R} \Leftrightarrow Q_R = \frac{p_0 - p_1}{R_H}$ $\dot{Q}_R = -\frac{\dot{p}_1}{R_H} \quad (3)$ $\ddot{p}_1 = \frac{\dot{Q}_R - \dot{Q}_M}{C_H} \quad (4)$ $(2) \& (3) \text{ in } (4)$ $\ddot{p}_1 + \frac{\dot{p}_1}{R_H C_H} + \frac{p_1}{L_H C_H} = 0$	0,5 0,5 0,5 0,5 1

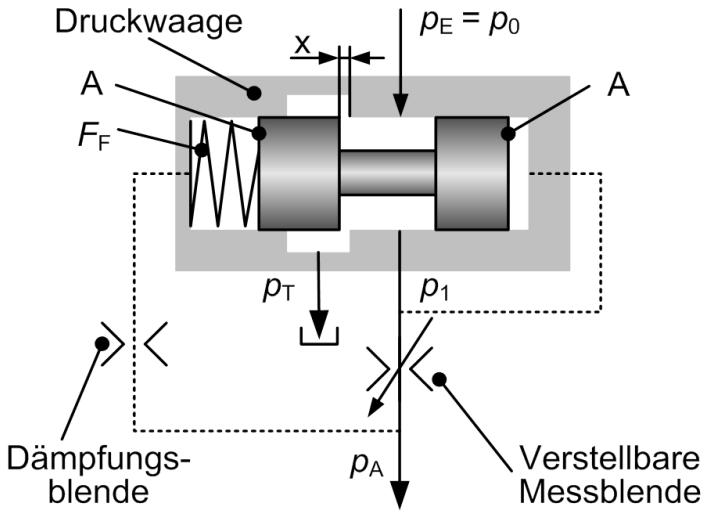
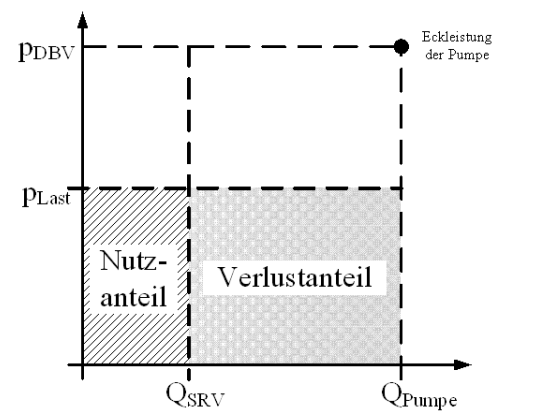
2. Aufgabe - Musterlösung

Gesamtpunktzahl: 10

Excercise – Solution

Total points : 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
2.1	<p>0,5 Punkte pro Nennung (insgesamt max. 2 Punkte)</p> <p>A: Druckminderventil, B: 2-Wege-SRV mit vorgeschalteter Druckwaage, C: DBV, Drosselrückschlagventil (einstellbar)</p> <p><i>A: Pressure reducing valve, B: 2-way flow control valve pressure compensator upstream, C: Pressure relief valve, D: Flow control valve (adjustable)</i></p>	2,0
2.2	<p>5/3-Wege Proportionalventil (0,5 Punkte)</p> <p><i>5/3-way proportional valve</i></p> <p>Mit Federzentrierung und Spulenbetätigung (0,5 Punkte)</p> <p><i>Spring centered with solenoid actuation</i></p>	1,0
2.3	<p>$M = \frac{\Delta p \cdot V}{2 \cdot \pi}$ (0,5 Punkte)</p> <p>$\Delta p = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi}{V} = \frac{50 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot \pi}{100 \text{ cm}^3} = 31,42 \text{ bar}$ (0,5 Punkte)</p>	1,0
2.4	<p>$Q = \alpha_D \cdot \pi \cdot d \cdot x \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$ (0,5 Punkte)</p> <p>$Q = V \cdot n$ (0,5 Punkte)</p> <p>$\Delta p = \frac{p_{DBV} - 20 \text{ bar}}{2} = 5,71 \text{ bar}$ (0,5 Punkte)</p> <p>$x = \frac{V \cdot n \cdot \sqrt{\rho}}{\alpha_D \cdot \pi \cdot d \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p}}$</p> <p>$x = \frac{100 \text{ cm}^3 \cdot 60 \frac{\text{U}}{\text{min}} \cdot \sqrt{850 \text{ kg/m}^3}}{0,6 \cdot \pi \cdot 5 \text{ mm} \cdot \sqrt{2 \cdot 5,71 \text{ bar}}} = 0,29 \text{ mm}$ (0,5 Punkte)</p>	2,0
2.5	<p>$F = \frac{\rho \cdot Q^2}{\pi \cdot d \cdot x} \cdot \frac{\cos(\varepsilon_1)}{\sin(\varepsilon_1)}$ (0,5 Punkte)</p> <p>$F = \frac{850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (10 \frac{\text{l}}{\text{min}})^2}{\pi \cdot 5 \text{ mm} \cdot 0,29 \text{ mm}} \cdot \frac{\cos(60^\circ)}{\sin(60^\circ)} = 3,00 \text{ N}$ (0,5 Punkte)</p>	1,0

	Teilaufgabe und Antwort Subtask and solution	Punkte Points
2.6	 <p>Feder, Steuerleitung, Dämpfungsblende, Messblende (verstellbar) (0,5 Punkte jeweils)</p>	2,0
2.7	 <p>Nutzanteil, Verlustanteil (0,5 Punkte jeweils)</p>	1,0


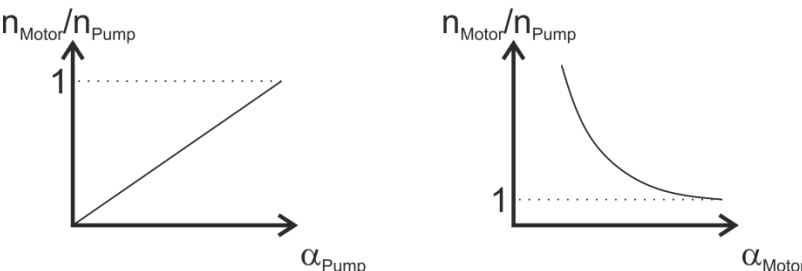
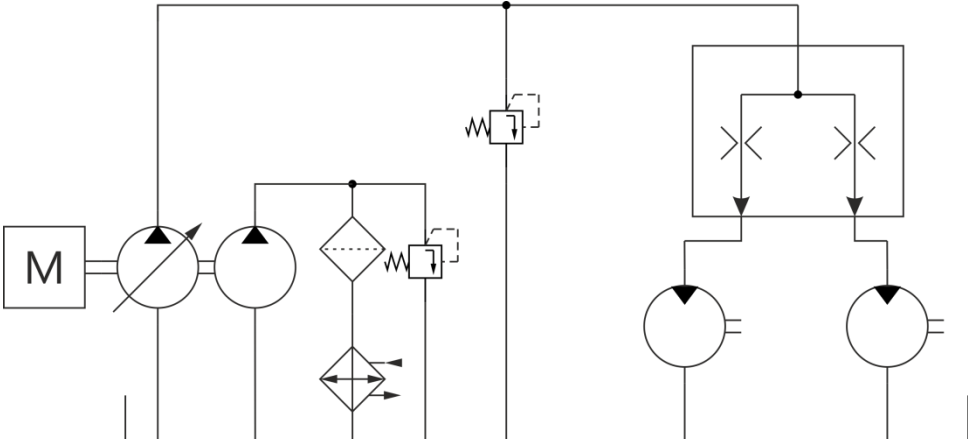
Musterlösung zur Aufgabe: 3

Gesamtpunktzahl: 10

Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>		Punkte <i>Points</i>
3.1	Schrägscheibenbauart, Schrägachsenbauart (je 0,5 Punkte) <i>Swash plate design, bend achsis design (0.5 points each)</i>	1
3.2	Verstellbare Axialkolbenmaschine in Schrägscheibenbauweise <i>Adjustable axial piston machine in swash plate design</i>	0,5
3.3	1. Steuerspiegel; <i>valve plate</i> (0,5 Punkte) 2. Kolben; <i>piston</i> (0,5 Punkte) 3. Schrägscheibe; <i>swash plate</i> (0,5 Punkte) 4. Gleitschuh; <i>slipper</i> (0,5 Punkte) 5. Kolbentrommel; <i>cylinder block</i> (0,5 Punkte)	2,5
3.4	$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot 2 \cdot e \cdot z$ (0,5 Punkte) V: Fördervolumen [cm ³] d _K : Kolbendurchmesser [cm] e: Exzentrizität [cm] z: Kolbenanzahl [-] (für alles 0,5 Punkte)	1
3.5	Die kompressionsbedingte Pulsation ist üblicherweise eine Zehnerpotenz größer als die kinematische Pulsation. <i>The compression conditioned ripple is typically one order of magnitude larger than the kinematic ripple.</i>	0,5
3.6	Da das Totvolumen durch die kleine Schraube verringert wird, muss weniger Fluid beim Einsteuern in den Hochdruck komprimiert werden. Daher ist die Rückströmung geringer und somit auch die kompressionsbedingte Pulsation. <i>Since the dead space is reduced by the small screw, there is less fluid to be compressed when the piston connects to high pressure. Therefore the flow back is reduced and consequently the compression conditioned pulsation as well.</i>	0,5

	Teilaufgabe und Antwort <i>Subtask and solution</i>	Punkte <i>Points</i>
3.7	$F = pA$ $\frac{dV}{V_{UT}} = \frac{Adx}{V_{UT}} = \frac{dp}{E'_{Fl}}$ $\Leftrightarrow dx = \frac{V_{UT}}{AE'_{Fl}} dp \quad (0,5 \text{ Punkte})$ $W_K = \frac{V_{UT}}{E'_{Fl}} \int p dp = \frac{1}{2} \frac{V_{UT}}{E'_{Fl}} p^2 \quad (0,5 \text{ Punkte})$ $V_{UT} = V_K + V_{tot} - V_{Schraube} = 9.11 \text{ cm}^3 \quad (0,5 \text{ Punkte})$ $W_A = \frac{1}{2} \frac{V_{UT}}{E'_{Fl}} p^2 = \frac{1}{2} \frac{9.11 \text{ cm}^3}{16.000 \text{ bar}} 400 \text{ bar} = 4.556 \text{ Nm} \quad (0,5 \text{ Punkte})$	2
3.8	<p>Das Verhältnis Kompressionsarbeit zu Nutzarbeit wird ohne Schrauben größer (0,5 Punkte), da das Verhältnis von Fördervolumen zum Volumen im unteren Totpunkt kleiner wird. Dadurch wird der Divisor zur Berechnung des gesuchten Verhältnisses kleiner und somit das Verhältnis größer. (0,5 Punkte) <i>The relation of compression work and usable work increases without the screws (0,5 Points), since the relation of delivery volume to the total volume decreases. Because of that the divisor of the relation decreases, therefore increasing the relation overall. (0,5 Points)</i></p>	1
3.9	$L_H = \frac{I_M}{(z \cdot V_K / 2\pi)^2} \quad (0,5 \text{ Punkte})$ $L_H = \frac{35,81 \text{ kgm}^2}{(9 \cdot 8 \text{ cm}^3 / 2\pi)^2} = 42 \frac{\text{bar}}{\frac{\text{l}}{\text{min}} \cdot \text{s}} \quad (0,5 \text{ Punkte})$	1

Musterlösung zur Aufgabe: 4 Gesamtpunktzahl: 10

Unter- punkt	Kürzel Aufgabensteller: Di	Punkte
4.1	Das rechte System schaltet bei Erreichen eines maximalen Drucks in drucklosen Umlauf / <i>The right system switches into unloaded pump operation, when a certain pressure is reached</i> <i>Pressure control, power control, flow control</i>	0,5
4.2	 	0,5 pro komplett richtige m Diagram / per complete diagram
4.3	0,5 jeweils für / <i>each for</i> : -Konstant-motor (2 mal) / <i>Fixed displacement motor (2 times)</i> -Stromregelventile vorhanden / <i>flow control valves present</i> -Stromregelventil/Stromteiler komplett korrekt / <i>flow control valves/flow divider valve correct</i> -Verstellpumpe mit Verbrennungsmotor / <i>variable displacement pump with combustion engine</i> -Offener Kreis / <i>open loop</i> -DBVs wo nötig / <i>PRVs where necessary</i> -Filter und Kühler sinnvoll / <i>Filter and cooler</i>	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5
		

	Summe:	
Unter- punkt		Punkte
4.4	$A_{Kolben} = \frac{\pi}{4} D^2$ $p_{Pumpe} = (F_{Prozess} + F_{Friction}) / A_{Kolben}$ $P_{Benutzer} = p_{Pumpe} v_{pumpen} V_{Hub,Pumpe} / (\eta_{hm,Pumpe}) = 157 \text{ W}$	0,5 0,5 0,5
4.5	$Q_{gepumpt} = v_{pumpen} V_{Hub,Pumpe} \eta_{vol,Pumpe}$ $v_{Zylinder} = (Q_{gepumpt} - Q_{Leckage}) / A_{Kolben} = 0,94167 \text{ mm/s}$	0,5 0,5+0,5
4.6	$Z = ((V_{Schlauch} + V_{Zylinder,Start}) p_{Pumpe}) / (E_{System} V_{Hub,Pumpe})$ $= 13,26 \text{ Hübe}$	0,5 0,5
4.7	<p>Im Falle der Beschädigung einer Leitung kann der Zylinder auch bei Last nicht plötzlich einfahren. Nur wenn die andere Leitung druckbeaufschlagt ist, ist eine Bewegung möglich (Senkbrems- oder Lasthalteventil) / <i>In case of damage at a hose the cylinder does not extend or retract suddenly, when loaded. Only when pressurizing the other pipe, a valve can open, enabling a motion (brake valve)</i></p>	1,0
	Summe:	10

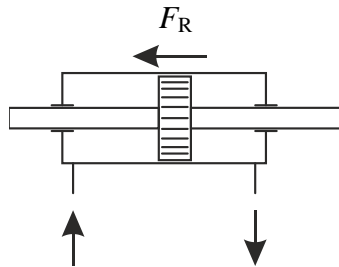
Musterlösung zur Aufgabe: 5

Gesamtpunktzahl: 15

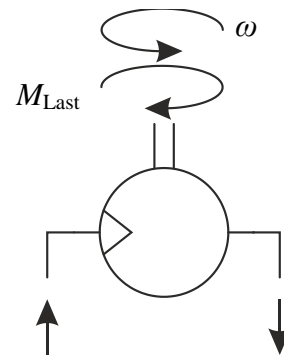
Unter- punkt	St			Pun- kte
5.1		Vorteil <i>Advantage</i>	Nachteil <i>Disadvantage</i>	2
	Schieberventil <i>Spool valve</i>	geringe Betätigungskräfte <i>small actuation forces</i> einfache Realisierung komplizierter Schaltbilder <i>easy implementation of complex circuit schemes</i>	hohe Fertigungstoleranzen erforderlich <i>tight clearances necessary</i> Leckage unvermeidbar <i>certain leakage inevitable</i>	
	Sitzventil <i>Seat valve</i>	hohe Funktionssicherheit <i>high functional reliability</i> unempfindlich gegen Verschmutzung <i>immune against contamination</i> leckagefreie Abdichtung <i>leakage-free sealing</i>	Aufwendige Druckentlastung des Dichtelements <i>pressure relief of sealing is costly</i> große Betätigungskräfte <i>high actuation forces</i> aufwendige Konstruktion für mehr als zwei Schaltstellungen <i>more than two switching positions require costly design</i>	

5.2

2



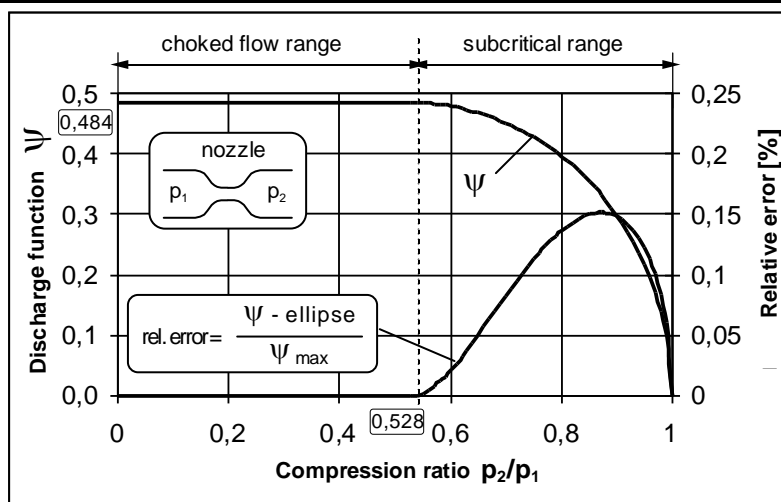
$$\begin{aligned} p_A &> p_B \\ \dot{m}_{\text{ein}} &> \dot{m}_{\text{aus}} \\ Q_{\text{ein}} &= Q_{\text{aus}} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} p_A &> p_B \\ \dot{m}_{\text{ein}} &= \dot{m}_{\text{aus}} \\ Q_{\text{ein}} &< Q_{\text{aus}} \end{aligned}$$

5.3

1,5



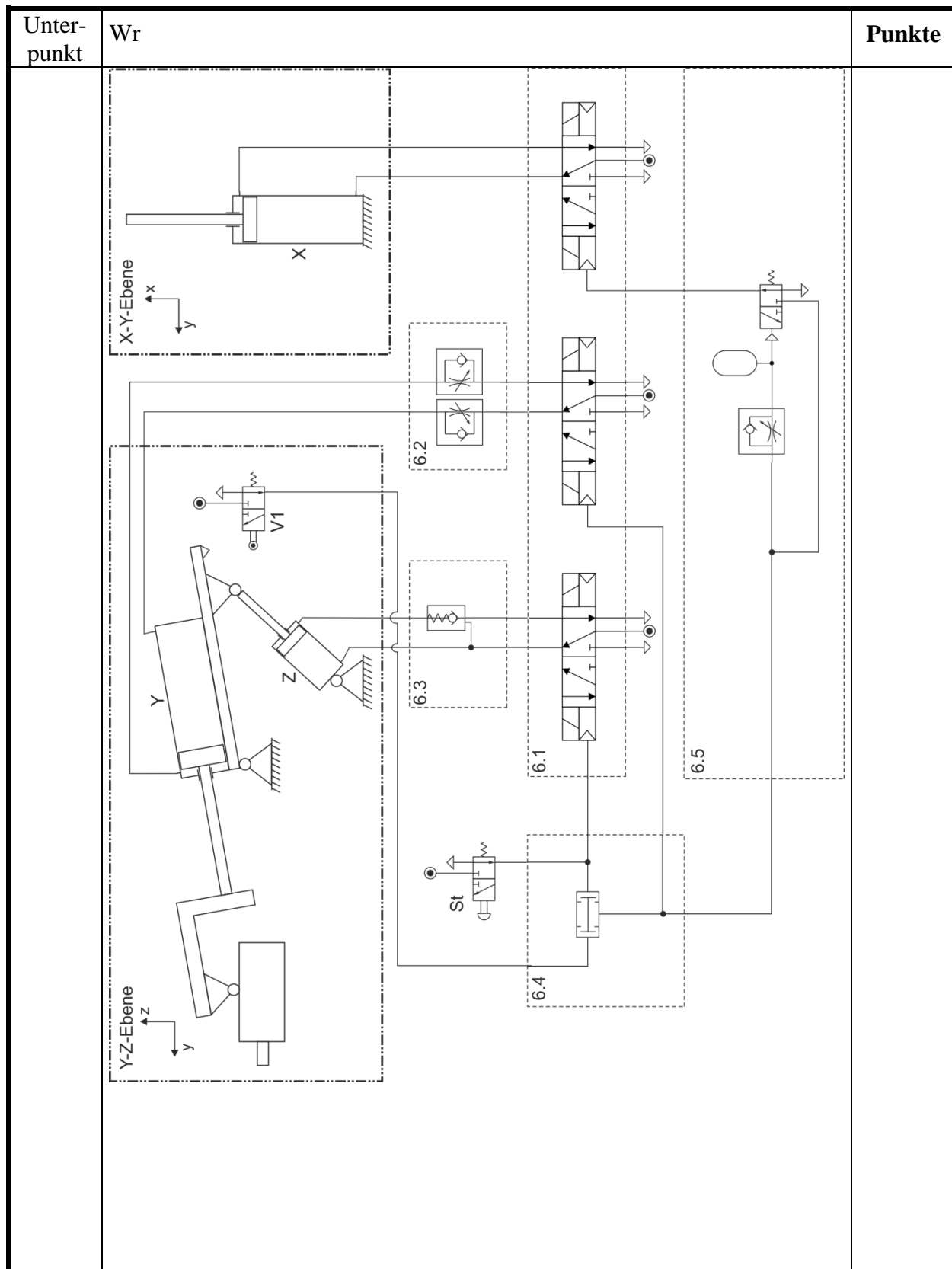
5.4	<div data-bbox="395 253 826 748" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="309 801 1160 887"> Bezeichnung: (manuell einstellbares) Drosselrückschlagventil <i>Denomination: (Manually adjustable) one-way flow control valve</i> </p> <p data-bbox="309 947 421 981">Symbol:</p> <div data-bbox="686 1001 925 1124" data-label="Diagram"> </div>	1
5.5	<p data-bbox="309 1173 1329 1254"> Besserer Wirkungsgrad, da die Verdichtung näher am idealen, isothermen Prozess verläuft <i>Higher efficiency, because compression is closer to ideal, isothermal process</i> </p>	1

5.6	$Q(200 \text{ bar}) = \frac{V_{\text{bottle}}}{t_{\text{max}}} = 6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ $Q_N = Q(200 \text{ bar}) \cdot \frac{p}{p_N} = 1200 \frac{\text{Nl}}{\text{min}}$	2
5.7	<p>polytrope Zustandsänderung <i>polytropic change of change</i></p> $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{n}{n-1}}$ $\Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$ $T_2 = 293,15 \text{ K} \cdot \left(\frac{20 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} \right)^{\frac{1,2-1}{1,2}} = 482,98 \text{ K} \cong 209,8 \text{ °C}$	1
5.8	<p>polytrope Zustandsänderung <i>polytropic change of change</i></p> $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}}$ $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{493,15 \text{ K}}{293,15 \text{ K}} \right)^{\frac{1,2}{0,2}}$ $\frac{p_2}{p_1} = 22,66$ <p>notwendige Zahl an Stufen: <i>number of stages:</i></p> $p_{\text{max}} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{z_{\text{stage}}}$ $z_{\text{stage}} = \log \left(\frac{p_2}{p_1} \right) p_{\text{max}} = 1,698$ <p>zwei Stufen notwendig <i>two stages necessary</i></p>	1

5.9	$\dot{Q}_{ab} = \dot{m} \cdot (h(T_{max}) - h(T_0))$ $\dot{Q}_{ab} = Q_N \cdot \rho_N \cdot c_{p,L}(T_{max} - T_0)$ $= Q_N \cdot \frac{p_N}{R_{Luft} \cdot T_N} c_{p,Luft}(T_{max} - T_0)$ $= \frac{1200 \frac{Nl}{min}}{60000} \cdot \frac{10^5 Pa}{287 \frac{J}{kgK} \cdot 293,15 K} \cdot 1000 \frac{J}{kgK} \cdot 200 K = 4754 W$ $Q_{ab} \left(250 \frac{Nl}{min} \right) = 990 W$	2
5.10	$P_t = \dot{m} \cdot w_{12}$ $P_t = \dot{m} \cdot \frac{nR}{n-1} (T_2 - T_1)$ $= \frac{1200 \frac{Nl}{min}}{60000} \cdot \frac{10^5 Pa}{287 \frac{J}{kgK} \cdot 293,15 K} \cdot \frac{1,2 \cdot 287 \frac{J}{kgK}}{1,2 - 1} \cdot (200 K) = 8167 W$ $P_t \left(250 \frac{Nl}{min} \right) = 1706 W$	2
Summe/Sum:		15

Musterlösung zur Aufgabe: 6

Gesamtpunktzahl: 10



6.1	Ventilsymbol korrekt / <i>Valve symbol correct</i> Ansteuerung korrekt / <i>Valve position correct</i>	0,5 0,5
6.2	Drosselrückschlagventilsymbol / <i>One-way flow control valve symbol</i> Einbau beidseitig / <i>Installation both ways</i> Richtige Durchflussrichtung / <i>Correct flow direction</i> Schaltung: Abluftdrosselung / <i>Circuit: Exhaust Air Throttling</i>	0,5 0,5 0,5 0,5
6.3	Entsperrbares Rückschlagventil / <i>Piloted non-return valve</i> Einbau an Stangenseite / <i>Installation rod-sided</i>	1 0,5
6.4	Ansteuerung Z Zylinder nach man Betätigung vorhanden / <i>Control of actuator Z after actuation of St</i> Ansteuerung Y Zylinder nach Tastrolle vorhanden / <i>Control of actuator Y after actuation of lever-roll</i> Verknüpfung durch UND-Ventil oder 3/2-Wegeventil / <i>Linkage via AND-valve or 3/2 ways valve</i>	0,5 0,5 1
6.5	Zeitglied korrekt eingezeichnet / <i>Pneumatic delay element correct</i> Richtige Ventilseite ausgewählt / <i>Correct valve connection</i> Anschluss an UND-Ventil / <i>Connection via AND-valve</i>	1 0,5 0,5
6.6	Überkritischer Massenstrom: <i>Choked flow:</i> $\dot{m}^* = C \cdot \rho_0 \cdot p_K \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_K}} = C \cdot \frac{p_0}{R \cdot T_0} \cdot p_K \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_K}} (0,5)$ $\dot{m}^* = \rho_K \cdot Q_K = \frac{p_K}{R \cdot T_K} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot v (0,5)$ $\Rightarrow C \cdot \frac{p_0}{R \cdot T_0} \cdot p_K = \frac{p_K}{R \cdot T_K} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot v$ $C = \frac{1}{p_0} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 \cdot v = 48,255 \frac{Nl}{min \cdot bar}$ (0,5 Zahlenwert und Einheit / <i>Value and Unit correct</i>)	1,5
	Summe/Sum:	10