

## Verbrennungsmotoren

Teilaufgaben:	Punkte
1 Der Otto-Prozess eines Viertaktmotors kann näherungsweise durch 2 Adiabaten und zwei Isochoren dargestellt werden, der Diesel-Prozess durch zwei Adiabaten, eine Isochore und eine Isobare.	
1.1 Skizzieren Sie die beiden Kreisprozesse in je einem p-V-Diagramm. Beschriften Sie die Linien, und nummerieren Sie die Eckpunkte beginnend mit dem Kompressionsvorgang.	4,0
1.2 Kennzeichnen Sie in diesen Diagrammen wo Wärme bzw. mechanische Arbeit zu oder abgeführt wird. Kennzeichnen Sie die Nutzarbeit.	2,0
2 Ein Ottomotor hat folgenden Energieverluste: Abgase 34%; Kühlwasser 33%; Abstrahlung des Motors 7%. Erstellen Sie das zugehörige Energiefluss-Schaubild. Beschriften Sie dieses, und geben Sie den Gesamtwirkungsgrad an.	3,0
3 Von einem Dieselprozess sind die folgenden Daten bekannt: $p_1 = 1 \text{ bar}$ ; $V_1 = 500 \text{ cm}^3$ ; $T_1 = 300 \text{ K}$ ; $V_1/V_2 = 18:1$ ; $T_3 = 1980 \text{ K}$	
3.1 Berechnen Sie die Masse der angesaugten Luft.	2,0
3.2 Berechnen Sie die fehlenden Zustandsgrößen p, V und T in den Punkten 2, 3 und 4. Stellen Sie alle Zustandsgrößen dieses Kreisprozesses in einer Tabelle dar ( $\kappa = 1,4$ ).	6,0
3.3 Ermitteln Sie die zu- und abgeführte Wärmemenge, sowie die Nutzarbeit für eine Luftmasse $m = 0,58 \text{ g}$ .	3,5
3.4 Wie groß ist der thermische Wirkungsgrad ?	2,0
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.	$\Sigma = 22,5$

Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

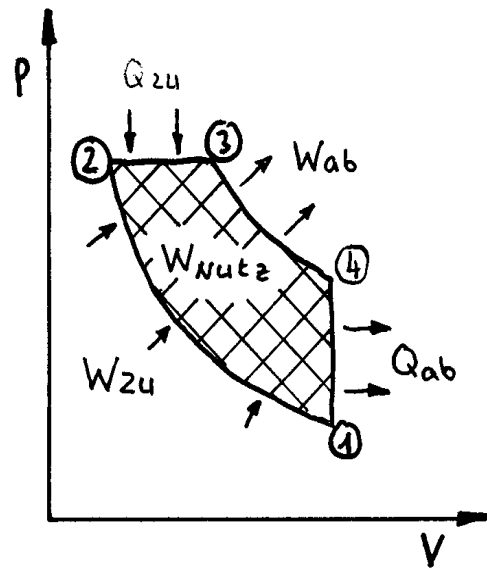
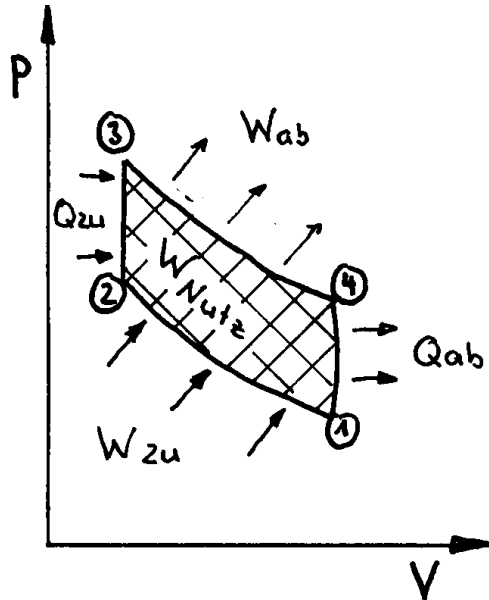
Punkte

1 Otto-Prozess

Diesel-Prozess

4,0

2,0



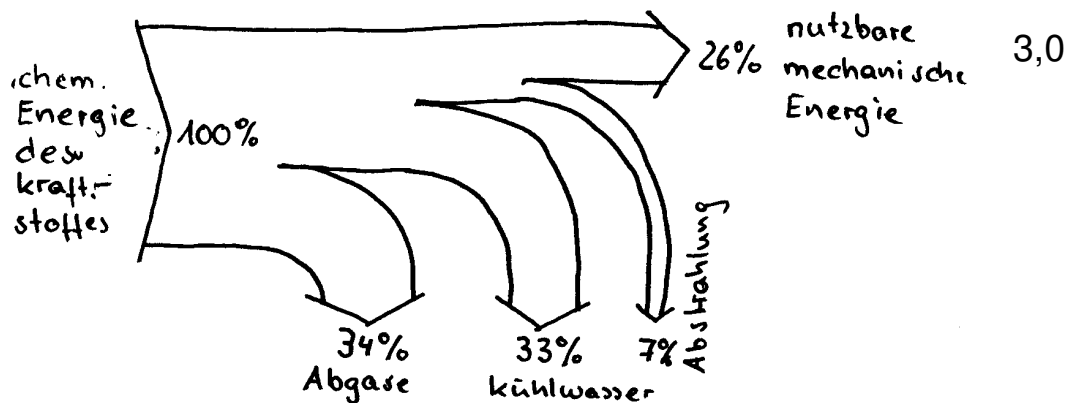
Linie

- 1-2: adiabate Verdichtung
- 2-3: isochore Verbrennung
- 3-4: adiabate Entspannung
- 4-1: isochorer Gaswechsel

Linie

- 1-2: adiabate Verdichtung
- 2-3: isobare Verbrennung
- 3-4: adiabate Entspannung
- 4-1: isochorer Gaswechsel

2 Hinweis: Sehr häufig sind in technischen Systemen die Verluste sozusagen in Reihe geschaltet (z.B. Verluste im Dampferzeuger, in den



Dampfleitungen, in der Turbine, im Generator usw..) und beziehen sich jeweils auf den Eingang eines Teilsystems (z.B. Eingang Turbine = Ausgang Dampfleitungen). In solchen Fällen wird der Gesamtwirkungsgrad als Produkt der Einzelwirkungsgrade berechnet.

In der vorliegenden Aufgabe beziehen sich die Verluste aber auf ein- und dasselbe System Ottomotor, deshalb rechnet man wie folgt:

$$\eta_{ges} = 100\% - 34\% - 33\% - 7\% = 26\% = 0,26 = \eta_{ges}$$

3

3.1  $p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T_1 \rightarrow m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_i \cdot T_1} = \frac{1 \text{ bar} \cdot 500 \text{ cm}^3}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 300 \text{ K}}$  2,0

$$m = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{0,287 \frac{\text{J}}{\text{g}} \cdot 300} = \frac{10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{0,287 \text{ Nm} \cdot 300} \text{ g} = 0,58 \text{ g}$$

3.2 6,0

	<b>p in bar</b>	<b>V in cm<sup>3</sup></b>	<b>T in K</b>
Punkt 1	1 bar	500 cm <sup>3</sup>	300 K
Punkt 2	57,2 bar	27,8 cm <sup>3</sup>	953,3 K
Punkt 3	57,2 bar	57,7 cm <sup>3</sup>	1980 K
Punkt 4	2,78 bar	500 cm <sup>3</sup>	834,7 K

$V_2 \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{18}{1} \rightarrow V_2 = \frac{V_1}{18} = \frac{500 \text{ cm}^3}{18} = 27,8 \text{ cm}^3$

$T_2 \quad \frac{T_1}{T_2} = \left[ \frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = 300 \text{ K} \cdot 18^{1,4-1} = 953,3 \text{ K}$

$p_2 \quad \left[ \frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[ \frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa} = 1 \text{ bar} \cdot 18^{1,4} = 57,2 \text{ bar}$

$V_3 \quad \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow V_3 = V_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 27,8 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1980 \text{ K}}{953,3 \text{ K}} = 57,7 \text{ cm}^3$

$T_3 \quad T_3 = 1980 \text{ K}$

$p_3 \quad p_3 = p_2 = 57,2 \text{ bar}$

$V_4 \quad V_4 = V_1 = 500 \text{ cm}^3$

$T_4 \quad \frac{T_3}{T_4} = \left[ \frac{V_4}{V_3} \right]^{\kappa-1} \rightarrow T_4 = T_3 \cdot \left[ \frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa-1} = 1980 \text{ K} \cdot \left[ \frac{57,7}{500} \right]^{1,4-1} = 834,7 \text{ K}$

$p_4 \quad \left[ \frac{p_3}{p_4} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[ \frac{V_4}{V_3} \right]^{\kappa-1} \rightarrow p_4 = p_3 \cdot \left[ \frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa} = 57,2 \text{ bar} \cdot \left[ \frac{57,7}{500} \right]^{1,4} = 2,78 \text{ bar}$

3.3

3,5

$$Q_{zu} \quad Q_{23} = c_p \cdot m \cdot (T_3 - T_2) = 1,01 \frac{kJ}{kgK} \cdot 0,58 g \cdot (1980 - 953,3) K = 601,4 J$$

$$Q_{ab} \quad Q_{41} = c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_4) = 0,72 \frac{kJ}{kgK} \cdot 0,58 g \cdot (300 - 834,7) K = -223,3 J$$

 $W_{Nutz}$ 

$$\Sigma Q + \Sigma W = 0 = Q_{23} + Q_{41} + W_{12} + W_{23} + W_{34} \rightarrow$$

$$W_{Nutz} = W_{12} + W_{23} + W_{34} = -Q_{23} - Q_{41} = -601,4 J - (-223,3 J) = -378,1 J$$

Das negative Vorzeichen zeigt, dass die Arbeit abgegeben wird.

3.4

2,0

$$\eta_{therm} = \frac{W_{Nutz}}{Q_{zu}} = \frac{378,1 J}{601,4 J} = 0,629 = 62,9 \%$$

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$