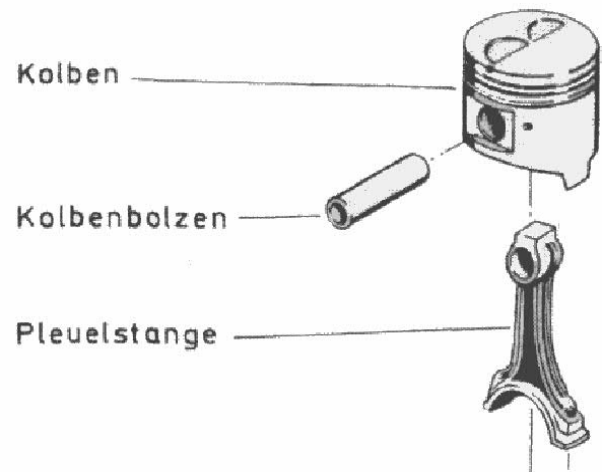




## tgt HP 2006/07-5: Dieselmotor

Der Kolbenbolzen für einen Dieselmotor wird aus C15E hergestellt.



Teilaufgaben:		Punkte
1	Skizzieren Sie das Gefüge des Kolbenbolzens bei Raumtemperatur und benennen Sie die Gefügebestandteile.	2,0
2	Die Oberfläche des Kolbenbolzens soll verschleißfest sein.	
2.1	Wählen Sie ein geeignetes Wärmebehandlungsverfahren. Begründen Sie Ihre Entscheidung.	2,0
2.2	Beschreiben Sie das Verfahren und geben Sie die erforderlichen Temperaturen an.	2,0
3	Die Laufschrift der Pleuellagerbuchse besteht aus einer Blei-Zinn-Legierung PbSn12. Diese beginnt bei 300°C zu erstarren. Die Erstarrung endet bei 183°C mit einem Haltepunkt.	
3.1	Zeichnen Sie das Pb-Sn-Zustandsschaubild. Beschriften Sie die Linien und die Phasenfelder.	3,0
3.2	Um welchen Legierungstyp handelt es sich und unter welchen Bedingungen entsteht er?	3,0
4	Ein Dieselprozess kann näherungsweise durch zwei Adiabaten, eine Isochore und eine Isobare dargestellt werden.	
4.1	Skizzieren Sie den Kreisprozess in einem p-V-Diagramm. Nummerieren Sie die Eckpunkte beginnend mit der Kompression.	2,0
4.2	Kennzeichnen Sie im Diagramm die zu- und abgeführte Wärme.	2,0
4.3	Schraffieren Sie die zu- und abgeführte Arbeit, sowie die Nutzarbeit.	2,0
5	Vom Dieselmotor sind folgende Daten bekannt	
	$p_1 = 0,9 \text{ bar}$ $T_3 = 2000 \text{ K}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{20}{1}$ $V_1 = 600 \text{ cm}^3$ $\kappa = 1,4$ $T_1 = 290 \text{ K}$	
5.1	Welche Masse hat die angesaugte Luft?	2,0
5.2	Berechnen Sie alle fehlenden Zustandsgrößen. Stellen Sie das Ergebnis in einer Tabelle dar.	5,0
5.3	Berechnen Sie die Nutzarbeit für eine Luftmasse von $m = 0,65 \text{ g}$ .	5,0
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.		$\Sigma = 30,0$



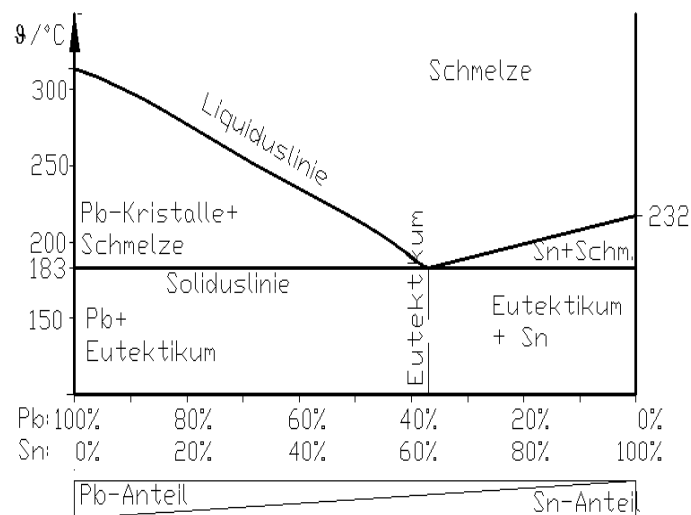
## Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

- |     |  | Punkte |
|-----|--|--------|
| 1   | C15E enthält 0,15% Kohlenstoff und besteht aus Ferrit und Perlit, Perlit wiederum aus Ferrit und Zementit.   | 2,0    |
| 2   |  |        |
| 2.1 | Gewählt wird Randschichthärten, weil dabei die Oberfläche hart und verschleißfest wird, während der Kern zäh bleibt.<br>Das spezielle Verfahren muss Einsatzhärten sein, weil das kohlenstoffarme C15 in der Randschicht mit Kohlenstoff angereichert werden muss, bevor es gehärtet werden kann.  | 2,0    |
| 2.2 | - Einsetzen bzw. Aufkohlen: Der Kolbenbolzen aus C15 wird in kohlenstoffhaltiger Umgebung bei 880..980°C geglüht, damit Kohlenstoff in die Randschicht diffundiert und dort der Stahl härtbar wird.<br>- Härtetemperatur 780..820°C<br>- Abschrecken, damit sich Martensit bildet<br>- Anlassen bei 150..200°C, damit sich die größten Verspannungen lösen können. | 2,0    |

3

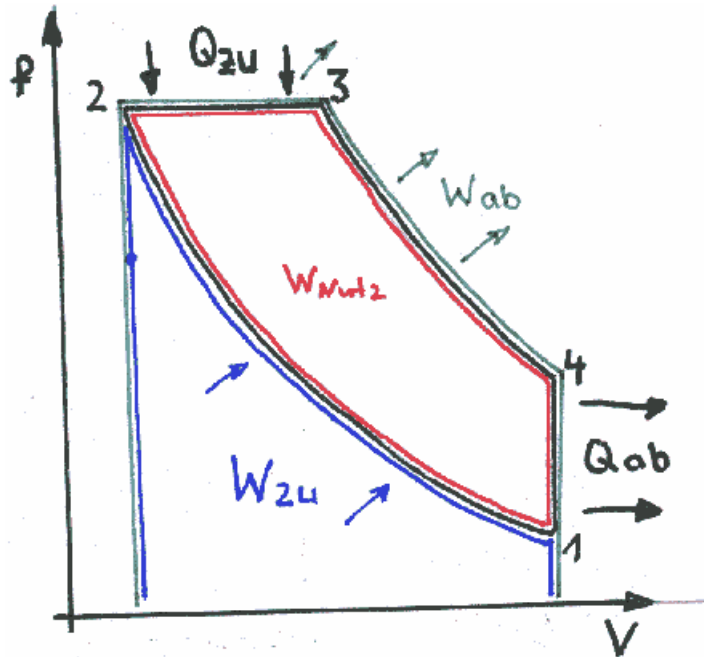
- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 3.1 |  | 3,0 |
|-----|--|-----|



- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 3.2 | Es handelt sich um den Legierungstyp Kristallgemisch. Er entsteht, wenn die Legierungselemente in festem Zustand vollkommen unlöslich sind, weil sich ihre Atome in Größe und Gittertyp unterscheiden und nicht in einem Gitter kristallisieren. | 3,0 |
|-----|--|-----|



4



2,0  
2,0  
2,0

5

5.1  $p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \rightarrow$

2,0

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_i \cdot T_1} = \frac{0,9 \text{ bar} \cdot 600 \text{ cm}^3}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 290 \text{ K}} = \frac{0,9 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 600 \cdot (0,01 \text{ m})^3}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 290 \text{ K}} = 0,649 \text{ g}$$

5.2

5,0

	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4
V [cm <sup>3</sup> ]	600	30	62,42	600
p [bar]	0,9	59,66	59,66	2,51
T [K]	290	961,2	2000	808,9

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1,005}{0,718} = 1,4$$

Punkt 2

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{20}{1} \rightarrow V_2 = \frac{V_1}{20} = \frac{600 \text{ cm}^3}{20} = 30 \text{ cm}^3$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left[ \frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = 290 \text{ K} \cdot 20^{1,4-1} = 961,2 \text{ K}$$

$$\left[ \frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[ \frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa} = 0,9 \text{ bar} \cdot 20^{1,4} = 59,66 \text{ bar}$$

Punkt 3



$$T_3 = 2000 \text{ K} \quad (\text{Text})$$

$$p_3 = p_2 = 59,66 \text{ bar} \quad (\text{isobar})$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow V_3 = V_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 30 \text{ cm}^3 \cdot \frac{2000 \text{ K}}{961,2 \text{ K}} = 62,42 \text{ cm}^3$$

## Punkt 4

$$V_4 = V_1 = 600 \text{ cm}^3 \quad (\text{isochor})$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left[ \frac{V_4}{V_3} \right]^{\kappa-1} \rightarrow T_4 = T_3 \cdot \left[ \frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa-1} = 2000 \text{ K} \cdot \left[ \frac{62,42 \text{ cm}^3}{600 \text{ cm}^3} \right]^{1,4-1} = 808,9 \text{ K}$$

$$\left[ \frac{p_3}{p_4} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[ \frac{V_4}{V_3} \right]^{\kappa-1} \rightarrow p_4 = p_3 \cdot \left[ \frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa} = 59,66 \text{ bar} \cdot \left[ \frac{62,42 \text{ cm}^3}{600 \text{ cm}^3} \right]^{1,4} = 2,51 \text{ bar}$$

oder

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_4}{T_4} \rightarrow p_4 = p_1 \cdot \frac{T_4}{T_1} = 0,9 \text{ bar} \cdot \frac{808,9 \text{ K}}{290 \text{ K}} = 2,51 \text{ bar}$$

## 5.3 Berechnung über die Arbeitsbilanz:

5,0

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot (T_2 - T_1) = -\frac{0,65 \text{ g} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{1-1,4} \cdot (961,2 - 290) \text{ K} = 313,0 \text{ J}$$

$$W_{23} = -p \cdot \Delta V = -p \cdot (V_3 - V_2) = -59,66 \text{ bar} \cdot (62,42 - 30) \text{ cm}^3 \\ = -59,66 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 32,42 \cdot (0,01 \text{ m})^3 = -193,4 \text{ J}$$

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot (T_4 - T_3) = -\frac{0,65 \text{ g} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{1-1,4} \cdot (808,9 - 2000) \text{ K} = -555,5 \text{ J}$$

$$W_{\text{Nutz}} = W_{12} + W_{23} + W_{34} = 313,0 \text{ J} - 193,4 \text{ J} - 555,5 \text{ J} = -435,9 \text{ J}$$

Berechnung über die Wärmebilanz:

$$Q_{\text{zu}} = Q_{23} = c_p \cdot m \cdot (T_3 - T_2) = 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,65 \text{ g} \cdot (2000 - 961,2) \text{ K} = 678,6 \text{ J}$$

$$Q_{\text{ab}} = Q_{41} = c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_4) = 0,718 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,65 \text{ g} \cdot (290 - 808,9) \text{ K} = -242,2 \text{ J}$$

$$W_{\text{Nutz}} + Q_{\text{zu}} + Q_{\text{ab}} = 0 \rightarrow W_{\text{Nutz}} = -Q_{\text{zu}} - Q_{\text{ab}} = -678,6 \text{ J} - (-242,2 \text{ J}) = -436,4 \text{ J}$$

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 30,0$