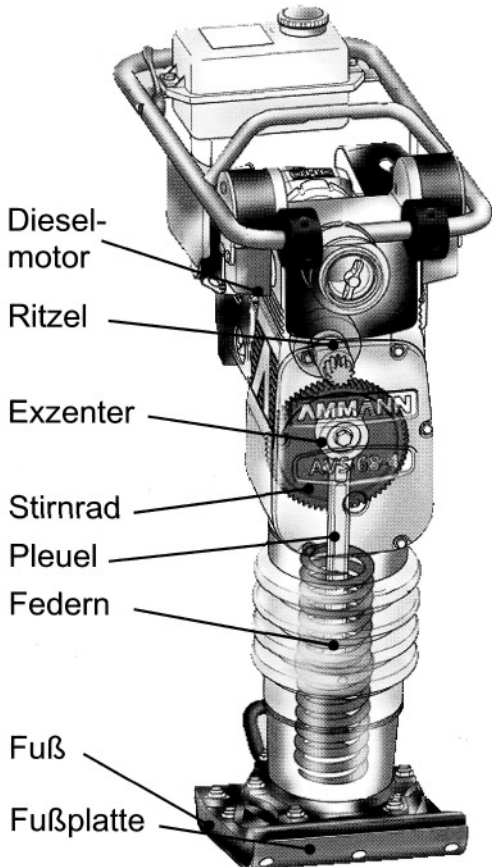


**Vibrationsstampfer**

Der Stampfer dient zum Verdichten von Böden. Als Antrieb dient ein 4-Takt-Dieselmotor mit einem Zylinder. Die Kraftübertragung vom Motor auf den Fuß erfolgt über Ritzel -> Stirnrad -> Exzenter -> Pleuel.

Durch das Pleuel werden die Federn gespannt und entspannt und der Fuß in vertikale Schwingungen versetzt.



Daten:

Motordrehzahl	$n_M = 3400 \text{ min}^{-1}$
minimales Volumen	$V_2 = 4,9 \text{ cm}^3$
Motorwirkungsgrad	$\eta_M = 0,3$
Wirkungsgrad des Zahntriebes	$\eta_Z = 0,9$
Reibungsverlust der Federn	$R_F = 30 \%$
Ritzel	$Z_1 = 11$
Stirnrad	$Z_2 = 44$
Schlagarbeit je Hub	$W_s = 105 \text{ J}$

Punkte

- 1 Bei jeder Abwärtsbewegung des Fußes wird die angegebene Schlagarbeit an den Untergrund abgegeben. 1,0
- 1.1 Bestimmen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Stampfers. 3,0
- 1.2 Zeichnen Sie das Energieflussdiagramm. 3,0
- 1.3 Berechnen Sie die in einer Stunde vom Stampfer an den Boden abgegebene Arbeit und die dazu nötige Leistung des Dieselmotors. 2,0
- 1.4 Wie viele Liter Diesel verbraucht der Motor dabei in einer Stunde? 2,0

- 2 Betrachtet wird ein Arbeitszyklus des Dieselmotors (ohne Ladungswechsel).  
Daten:
- |                            |         |                     |
|----------------------------|---------|---------------------|
| Druck der angesaugten Luft | $p_1 =$ | 0,9 bar             |
| Temperatur                 | $T_1 =$ | 305 K               |
| Volumen                    | $V_1 =$ | 103 cm <sup>3</sup> |
- 2.1 Bestimmen Sie die Temperatur  $T_2$  und den Druck  $p_2$  nach der Kompression. 3,0
- 2.2 Berechnen Sie die für die Kompression erforderliche spezifische Arbeit. 2,0
- 3 Am Ende des Verdichtungstaktes befinden sich 105 mg Luft im Zylinder. Durch die Verbrennung des eingespritzten Dieselmotors vergrößert sich das Volumen auf  $V_3 = 11 \text{ cm}^3$  und die Temperatur steigt von  $T_2 = 1030 \text{ K}$  auf  $T_3$ .
- 3.1 Wie viel Kraftstoff muss dafür in einer Stunde verbrannt werden? 5,0
- 3.2 Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem unter 1.4 berechneten und begründen Sie die unterschiedlichen Ergebnisse. 1,0
- 4 Zur Veranschaulichung wird der Vergleichsprozess des Dieselmotors in einem p-V-Diagramm dargestellt.
- 4.1 Skizzieren Sie dieses Diagramm und kennzeichnen Sie den Wärmeaustausch. 2,5
- 4.2 Begründen Sie mit Hilfe des p-V-Diagramms, warum Wärme-Kraft-Maschinen immer rechtsdrehende Prozesse zu Grunde liegen. 1,5
- 5 Die Fußplatte ist aus C105U (C105W1). Im Anlieferungszustand hat der Werkstoff eine Brinell-Härte von 210 HB.
- 5.1 Begründen Sie, warum der Werkstoff im Anlieferungszustand nicht für den Einsatz geeignet ist. 1,0
- 5.2 Wählen Sie ein geeignetes Wärmebehandlungsverfahren, durch das die für den Einsatz notwendigen Eigenschaften erreicht werden. Beschreiben Sie den Ablauf des Verfahrens und geben Sie die dabei notwendigen Temperaturen an. 3,0
- 5.3 Erklären Sie, warum das Brinell-Verfahren nach der Wärmebehandlung nicht mehr zur Härteprüfung geeignet ist und begründen Sie ein geeignetes Prüfverfahren. 2,0

---

$\Sigma = 30,0$

Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

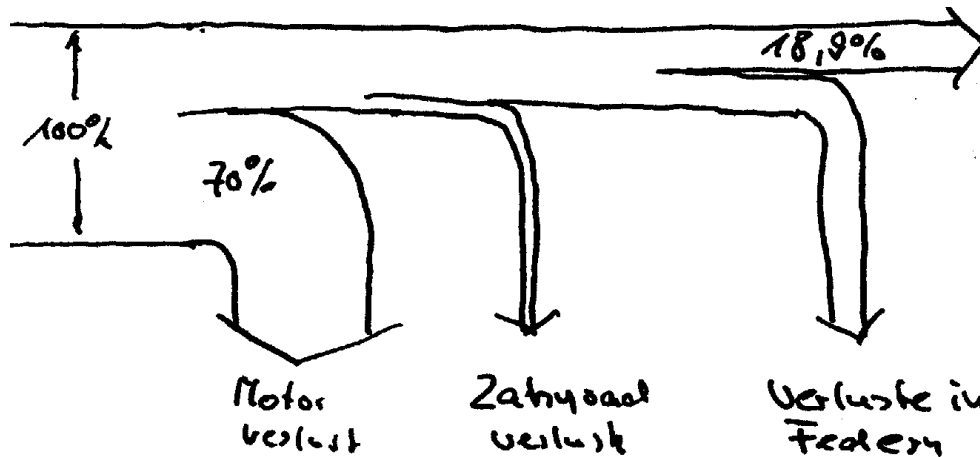
Punkte

1

1.1  $\eta_{ges} = \eta_H \cdot \eta_Z \cdot \eta_F = 0,3 \cdot 0,9 \cdot (1 - 30\%) = 0,189$

4,0

1.2



1.3

$$P_{Sab} = W_s \cdot \frac{n_M}{i} = W_s \cdot n_M \cdot \frac{z_1}{z_2} = 105 \text{ J} \cdot 3400 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{11}{44} = 89250 \frac{\text{J}}{\text{min}} = 1,488 \text{ kW}$$

$$W_{Sab} = P_{Sab} \cdot 1 \text{ h} = 1,488 \text{ kWh} = 5355 \text{ kJ} \quad (\text{je Stunde})$$

$$P_{Mab} = \frac{P_{Sab}}{\eta_Z \cdot \eta_F} = \frac{1,488 \text{ kW}}{0,9 \cdot (1 - 30\%)} = 2,361 \text{ kW}$$

1.4

$$P_{Mzu} = \frac{P_{Sab}}{\eta_{ges}} = \frac{1,488 \text{ kW}}{0,189} = 7,870 \text{ kW}$$

2,0

$$\dot{m}_{\text{Diesel}} = \frac{P_{Mzu}}{H_{UDiesel}} = \frac{7,870 \text{ kW}}{42 \text{ MJ/kg}} = 0,187 \frac{\text{g}}{\text{s}} = 674,6 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{\text{Diesel}} = \frac{\dot{m}_{\text{Diesel}}}{\rho_{\text{Diesel}}} = \frac{674,6 \text{ g/h}}{0,83 \text{ kg/l}} = 0,812 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

2 p-V-Diagramm siehe unten

2.1 Die Kompression von (1) nach (2) verläuft adiabatisch.

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

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} = 3005 \text{ K} \cdot \left( \frac{103 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} \right)^{1,4-1} = 1031 \text{ K}$$

$$\left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = 0,9 \text{ bar} \cdot \left( \frac{103 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} \right)^{1,4} = 64,0 \text{ bar}$$

2.2

$$w_{12} = \frac{W_{12}}{m} = - \frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[ \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} - 1 \right] = - \frac{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 305 \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot \left[ \left( \frac{103 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} \right)^{1,4-1} - 1 \right] = 521 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

3 Isobare Wärmezufuhr

$$3.1 \quad \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{V_3}{V_2} = 1030 \text{ K} \cdot \frac{11 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} = 2312 \text{ K}$$

$$Q_{32} = c_p \cdot m \cdot \Delta T = c_p \cdot m \cdot (T_3 - T_2) = 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,105 \text{ g} \cdot (2312 - 1030) \text{ K} = 135 \text{ J}$$

$$m_{\text{Diesel}} = \frac{Q}{H_u} = \frac{135 \text{ J}}{42 \text{ MJ/kg}} = \frac{135 \text{ J}}{42 \text{ J/mg}} = 3,22 \text{ mg} \quad (\text{je Einspritzung})$$

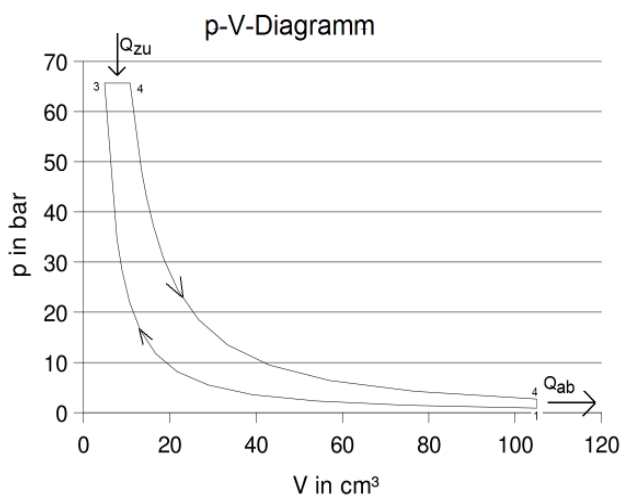
$$\dot{m}_{\text{Diesel}} = m_{\text{Diesel}} \cdot \frac{n_M}{2} = 3,22 \text{ mg} \cdot \frac{3400}{2 \cdot \text{min}} = 5,48 \frac{\text{g}}{\text{min}} = 328 \frac{\text{g}}{\text{h}} \quad (\rightarrow \dot{V} = 0,395 \frac{\text{l}}{\text{h}})$$

Der Teiler 2 unter  $n_M$  resultiert aus dem 4-Takt-Verfahren, das nur bei jeder 2. Umdrehung einspritzt. Die Zylinderzahl erscheint hier nicht, weil sie  $z=1$  beträgt.

3.2 Der theoretische Verbrauch aus Aufgabe 3.1 ist geringer als der praktische Verbrauch aus Aufgabe 1.4, da in der Theorie keine Verluste durch Reibung, Wärmefluss, Strömungswiderstände, unvollständige Verbrennung usw. auftreten.

4 Wärme-Kraft-Maschine (WKM)

4.1



4.2 Im p-V-Diagramm kann man Arbeit als Fläche unter den Zustandslinien ablesen. Verläuft ein Prozess (eine Linie) nach rechts, wird Arbeit abgegeben, verlaufen sie nach links, wird Arbeit aufgenommen. Bei rechtsdrehenden Prozessen wird mehr Arbeit abgegeben als aufgenommen, d.h. sie geben Arbeit ab wie es sich für eine WKM gehört. Darüber hinaus hängt der Zusammenhang zwischen "rechtsdrehend" und WKM von einigen Konventionen ab. Dazu gehören die Definition einer WKM und die übliche Darstellung eines p-V-Diagrammes. Würde man das Diagramm an der x- oder der y-Achse gespiegelt darstellen, würde sich der Drehsinn der Kurve nämlich ändern.

## 5 Fußplatte

- 5.1 Die Fußplatte muss sicherlich mehreren Anforderungen genügen, z.B. Verschleißfestigkeit, Festigkeit, Zähigkeit, Korrosionsbeständigkeit usw., die wiederum konstruktiv auf verschiedene Weisen erreicht werden können, z.B. Härten oder Beschichten für die Verschleißfestigkeit. Die Angaben im Umfeld der Frage deuten darauf hin, dass die Frage auf die Härte (Verschleißfestigkeit) oder vielleicht auch Vergüten (Verschleißfestigkeit und Zähigkeit) abzielt. Vergüten kann man ausschließen, da C105U laut Tabellenbuch zwar zum Härten, aber im Gegensatz zu den niedrig legierten Varianten wie 105V nicht zum Vergüten vorgesehen ist. Wenn man so weit gekommen ist, muss man nur noch begründen, warum eine Fußplatte hart sein muss.
- 5.2 Das geeignete Verfahren ist Härten mit dem folgenden Ablauf:  
Auf Härtetemperatur (770..790 °C) bringen  
Härtetemperatur halten  
Abschrecken mit Wasser  
Anlassen mit 100..300 °C  
Die Temperaturangaben stammen aus dem Tabellenbuch. Man kann die Härtetemperatur auch aus dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm schließen (ca. 50 °C über der GSK-Linie).
- 5.3 Laut Tabellenbuch erreicht man beim Härten von C105U je nach Anlasstemperatur eine Härte von 56 bis 63HRC. Die oberen Werte liegen nach der Umwertungstabelle außerhalb des Messbereiches der Härteprüfung nach Brinell, deren Prüfkörper (Hartmetall-Kugel) für hohe Härtewerte nicht geeignet ist.  
Für gehärteten Stahl geeignet sind HRC und HV.

---

$\Sigma = 30,0$