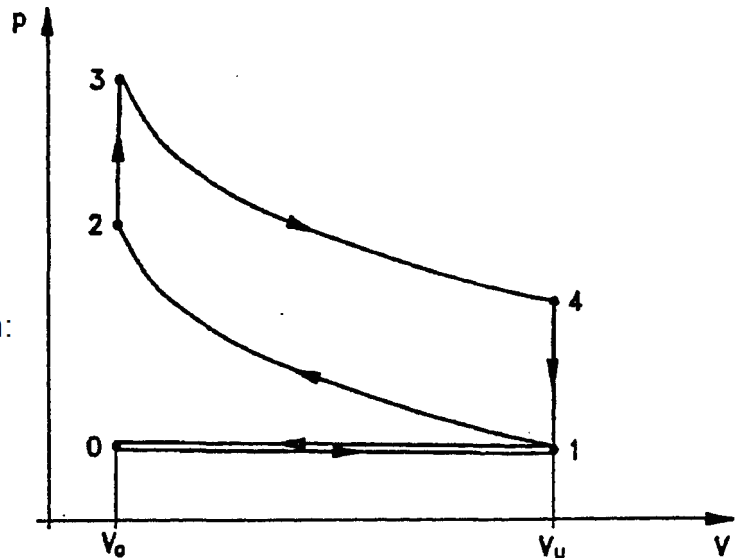




tgt HP 2002/03-4: Ottomotor

Ein Ottomotor saugt ein Benzin-Luft-Gemisch ($\chi = 1,4$) mit einem Druck von $p_1 = 0,9$ bar, $V_1 = 500$ cm³ und $\vartheta = 50^\circ\text{C}$ an. Dieses Gemisch wird auf $V_2 = 50$ cm³ verdichtet. Das Vergleichsdiagramm besteht ab Zustand 1 aus zwei Adiabaten und zwei Isochoren.

Vergleichsdiagramm:



Teilaufgaben:		Punkte
1	Welche Masse m hat das Gemisch ($R_i = 0,287$ kJ/kg \cdot K) ?	2,5
2	Berechnen Sie p_2 und T_2 .	3,0
3	Durch die Zündung und anschließende Verbrennung steigt die Temperatur von $T_2 = 811$ K auf $T_3 = 1973$ K. Die Masse des Gemischs beträgt $m = 0,48$ g	
3.1	Berechnen Sie die Drücke p_3 und p_4 , sowie die Temperatur T_4 .	4,5
3.2	Berechnen Sie die aufzuwendende Kompressionsarbeit und die Expansionsarbeit .	4,0
3.3	Bestimmen Sie die Nutzarbeit .	2,0
4	Beschreiben Sie den Vorgang zwischen den Punkten 0 und 1 im Vergleichsdiagramm .	2,0
5	Der Motor treibt eine Wasserpumpe an, die einen Hochbehälter füllt. Abgegebene Motorleistung: $P_M = 8$ kW Förderhöhe: $h = 15$ m Pumpenwirkungsgrad: $\eta_P = 0,7$ Wirkungsgrad der Leitungen: $\eta_L = 0,9$	
5.1	Berechnen Sie das maximal mögliche Fördervolumen pro Minute .	4,0
5.2	Der Behälter fasst ein Volumen von $V_H = 10$ m ³ . Berechnen Sie die Füllzeit.	1,0
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.		$\Sigma = 22,5$



Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

1 $p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \rightarrow$

Punkte
2,0

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_i \cdot \vartheta} = \frac{0,9 \text{ bar} \cdot 500 \text{ cm}^3}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot (273 + 50) \text{ K}} = \frac{0,9 \frac{10 \text{ N}}{\text{cm}^2} \cdot 500 \text{ cm}^3}{287 \text{ N m} \cdot 323} \cdot \text{kg} = \underline{0,485 \text{ g} = m}$$

2 für einen adiabaten Prozess gilt:

3,0

$$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow$$

$$p_2 = p_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa} = 0,9 \text{ bar} \cdot \left[\frac{500 \text{ cm}^3}{50 \text{ cm}^3} \right]^{1,4} = \underline{22,6 \text{ bar} = p_2}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = (273 + 50) \text{ K} \cdot \left[\frac{500 \text{ cm}^3}{50 \text{ cm}^3} \right]^{1,4-1} = \underline{811,3 \text{ K} = 538,2^\circ \text{ C} = T_2}$$

Hinweis: V_1 entspricht nicht dem Hubraum, sondern Hubraum plus Verdichtungsraum.

3

3.1 Wenn man die Teilaufgaben unabhängig lösen möchte, muss man p_3 mit dem idealen Gasgesetz berechnen:

4,5

$$p_3 \cdot V_3 = m \cdot R_i \cdot T_3 \rightarrow$$

$$p_3 = \frac{m \cdot R_i \cdot T_3}{V_3} = \frac{0,48 \text{ g} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 1973 \text{ K}}{50 \text{ cm}^3} = 5,436 \frac{\text{Nm}}{\text{cm}^3} = 543,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = \underline{54,4 \text{ bar} = p_3}$$

Einfacher kann man p_3 mit dem Zwischenergebnis aus Aufgabe 2 und dem isochoren Prozess berechnen:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} \rightarrow p_3 = \frac{p_2 \cdot T_3}{T_2} = 22,6 \text{ bar} \cdot \frac{1973 \text{ K}}{811,3 \text{ K}} = \underline{55,0 \text{ bar} = p_3}$$

Hinweis: Die Ergebnisse unterscheiden sich etwas, weil die Zwischenergebnisse nicht ganz genau vorgegeben wurden. Beide Lösungen sind aber gleichwertig.

p_4 und T_4 berechnet man wieder mit der adiabaten Zustandsänderung

$$p_4 = p_3 \cdot \left(\frac{V_3 = V_2}{V_4 = V_1} \right)^{\kappa} = 54,4 (55,0) \text{ bar} \cdot \left(\frac{50 \text{ cm}^3}{500 \text{ cm}^3} \right)^{1,4} = \underline{2,2 \text{ bar} = p_4}$$

$$T_4 = T_3 \cdot \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\kappa-1} = 1973 \text{ K} \cdot \left(\frac{50 \text{ cm}^3}{500 \text{ cm}^3} \right)^{1,4-1} = \underline{785,5 \text{ K} = 512,3^\circ \text{ C} = T_4}$$



3.2 Kompressionsarbeit W_{12} :

4,0

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot [T_2 - T_1] = -\frac{0,48 \text{ g} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{1-1,4} \cdot [811 \text{ K} - (273+50) \text{ K}] = \underline{+168,1 \text{ J} = W_{12}}$$

Expansionsarbeit W_{34} :

$$W_{34} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot [T_3 - T_4] = -\frac{0,48 \text{ g} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{1-1,4} \cdot [785,5 \text{ K} - 1973 \text{ K}] = \underline{-409,0 \text{ J} = W_{34}}$$

Der Weg über die Temperaturdifferenzen ist der jeweils Schnellste, aber es geht auch mit den Verhältnissen der Volumina oder der Drücke.

3.3 $W_{\text{Nutz}} = W_{12} + W_{34} = 168,1 \text{ J} - 409,0 \text{ J} = \underline{-240,9 \text{ J} = W_{\text{Nutz}}}$ 2,0

4 Zwischen den Punkten 0 und 1 im Vergleichsdiagramm findet der Gaswechsel statt. 2,0
 Von 1 bis 0 wird das Abgas bei geöffnetem Auslassventil und geringem Überdruck hinaus geschoben. Von 0 bis 1 wird Frischgas bei geöffnetem Einlassventil und geringem Unterdruck angesogen.

5

5.1 Die Formel kann man aus der Grundgleichung für die Leistung herleiten: 4,0

$$P_{\text{Pumpe}} = P_M \cdot \eta_P \cdot \eta_L = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$\text{mit } F = m_{H_2O} \cdot g = V_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot g$$

Die Kraft F ist hier die Gewichtskraft des Wassers in den Leitungen.

Mit der Förderhöhe h für den Weg s und $N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ ergibt sich das mögliche

Fördervolumen als Volumenstrom \dot{V} .

$$P_M \cdot \eta_P \cdot \eta_L = \frac{V_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot g \cdot h}{t} \rightarrow$$

$$\dot{V} = \frac{V_{H_2O}}{t} = \frac{P_M \cdot \eta_P \cdot \eta_L}{\rho_{H_2O} \cdot g \cdot h} = \frac{8000 \text{ W} \cdot 0,7 \cdot 0,9}{1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m}} = 33,6 \frac{\frac{\text{Nm}}{\text{s}}}{\frac{\text{N}}{\text{dm}^3} \cdot \text{m}} = 33,6 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{V} = 33,6 \cdot 60 \frac{\text{dm}^3}{60 \text{ s}} = 2016 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \approx 2 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = \dot{V}$$

5.2 $\dot{V} = \frac{V_H}{t} \rightarrow t = \frac{V_H}{\dot{V}} = \frac{10 \text{ m}^3}{2 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}} = 5 \text{ min} = t$ 1,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$



Anlage 4: Kreditangebot der Hausbank:

....können wir Ihnen folgendes Kreditangebot unterbreiten:

Darlehensarten:

Abzahlungsdarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest jährliche Tilgung am Jahresende
Annuitätendarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest, Tilgung im 1.Jahr 97.444,97 €.

Zu Aufgabe 4.5.1:

Abzahlungsdarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			

Annuitätendarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			



Lösungen

CNC (20 P): Einstellwerte aus vorgegebenen Schnittdaten, Werkzeugauswahl, Arbeitsplan für Sonderfall, Teilkreiszyklus, Unterprogramm für Kontur

1 Einstelldaten

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{70 \text{ m/min}}{\pi \cdot 80 \text{ mm}} = 278 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 12 \text{ Zahn} \cdot 278 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 334 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

2 Gewinde

2.1 Werkzeuge (→ [EuroTabM] „Gewinde“)

T05: d = 14 mm (= BohrerØ für Gewindekernloch M16)

T07: f = 2 mm (= Steigung eines Gewindes M16)

2.2 Arbeitsplan

Normalfall	Sonderfall HM-Spiralbohrer und 90°-Senker (ist gegeben)
1) Zentrieren + Ansenken mit T08 Senker 2) Vorbohren Ø14 mit T05 Spiralbohrer 3) Gewindebohren M16 mit T07	1) Vorbohren Ø14 mit T05 2) Zentrieren mit T08 3) Gewindebohren M16 mit T07

Hinweis 1: Hartmetall-Spiralbohrer vertragen sich nicht mit 90°-Senkungen, deshalb wird bei dieser Kombination ohne Zentrieren vorgebohrt und danach gesenkt.

Ein Korrektor sollte m.E. die Bedeutung solchen fachspezifischen Spezialwissens für die Allgemeine Hochschulreife in die Bewertung einfließen lassen.

2.3 Gewindebohrung

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T08 S509 F71 M3 ; 90°-Kegelsenker
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 ;
 ; Z2 ;
 N.. G81 ZA-10 V2 ; Bohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T07 S219 F2 M3 ; Gewindebohrer
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 ;
 ; Z2 ;
 N.. G84 ZA-20 V2 ; Gewindebohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 M15 ; Heimflug

Bemerkungen:

Im Teilkreiszyklus G77 entfällt eine der Adressen AN205, AP115, AI45 oder O3. Statt des Teilkreiszyklus G77 kann man die Zyklen auch einzeln aufrufen:

Polare Zyklusaufrufe:

N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP205
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP160
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP115

Kartesische Zyklusaufrufe (Koordinaten müssen berechnet werden):

N.. G79 X50,153 Y77,756 Z0
 N.. G79 X48,317 Y118,811 Z0
 N.. G79 X76,756 Y149,847 Z0



- 3 Grundsätzlich sind für die Rechtecktasche 40x60 mit den Ecken R8 die Bohrnutenfräser Ø6 und der Schafffräser Ø12 geeignet. Die Bohrnutenfräser haben den Vorteil, dass sie senkrecht eintauchen können, aber das ist in der Rechtecktasche nicht zwingend erforderlich.

Das Werkzeug T04 aus HM erlaubt wegen der 2,7fach möglichen Vorschubgeschwindigkeit v_f etwas schnelleres Arbeiten als T02 Schafffräser mit dem doppelten Durchmesser, die kleinere Schnitttiefe spielt hier keine Rolle. Für T03 und insbesondere T02 sprechen der geringere Preis der Werkzeuge.

Hinweis 2: Bei solchen Fragen kommt es nicht darauf an, die einzig richtige Antwort zu geben, sondern eine vernünftige Begründung für seine Wahl zu finden, die mit der Aufgabe zusammenhängt. Welches die wirklich beste Wahl ist, stellt sich auch in der Praxis oft erst dann heraus, wenn die realen Probleme auftreten ...

4 Außenkontur

4.1 $P3_x = 100 + R70 \cdot \cos 46,40^\circ = 148,273 \text{ mm}$
 $P3_y = 100 + R70 \cdot \sin 46,40^\circ = 150,692 \text{ mm}$

4.2

Hauptprogramm

N.. G00 X-10 Y-45 ; Verlängerung P1-P2
 N.. G00 Z1 ;
 N.. G22 L100 H2 ; ruft 2x das Unterprogramm L100 auf

Unterprogramm L100 (hier in absoluten Werten, ist auch inkremental möglich)

N.. G41 ; Bahnkorrektur links
 N.. G00 ZI-13 ; In 2 Schnitten von ZA1 auf ZA-25
 N.. G01 X30 Y40 ; P1
 N.. G01 Y100 ; P2
 N.. G02 X148,273 Y150,692 R70 ; P3
 N.. G01 X170 Y130 ; P4
 N.. G01 Y40 ; P5
 N.. G01 X-2 ; P6 und weiter
 N.. G01 X-10 Y45 ; Startpunkt
 N.. G40
 N.. M17 ; Unterprogramm Ende