



**tgtm HP 2018/19-4: Viertakt-Dieselmotor**

Der Lkw wird mit einem Viertakt-Dieselmotor angetrieben.

Daten

Anzahl Zylinder: 6

Verdichtungsverhältnis  $\epsilon$ : 19  $\left( \epsilon = \frac{V_1}{V_2} \right)$

- 1 Zeichnen Sie das idealisierte p,V- Diagramm ohne Ladungswechselschleife. 4,0
  - Kennzeichnen und nummerieren Sie die Eckpunkte.
  - Benennen Sie die Zustandsänderungen.
  - Beschreiben Sie die technischen Abläufe innerhalb eines Arbeitszyklus.
  - Kennzeichnen Sie die zu- und abgeführten Wärmen.
- 2 Nennen Sie zwei Unterschiede zwischen dem Diesel- und dem Ottoprozess. 2,0
- 3 Für einen Zylinder ergeben sich folgende Zustandsgrößen<sup>1</sup>: 4,0

Zustand	V [dm <sup>3</sup> ]	p [bar]	T [K]
1		1	293
2	0,108		951,4
3	0,324	61,70	
4			1364,1

Berechnen Sie die fehlenden Zustandsgrößen und stellen Sie Ihre Ergebnisse tabellarisch dar.

- 4 Berechnen Sie die angesaugte Luftmasse pro Zylinder in Gramm und bestimmen Sie den thermischen Wirkungsgrad des Motors in Prozent. 4,0
- 5 Bestimmen Sie die abgegebene Leistung des Motors bei einer Motordrehzahl von  $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ . 2,0

**tgtm HP 2009/10-1: Lastenlift L-TM-300**

- 6 Fertigung des Lastenlifts  
Beim Schweißen der Aluminiumteile des Lastenlifts wird zum Abschirmen der Schweißstelle vor schädlichem Luftzutritt das Schutzgas Argon verwendet.  
Bei einem Füllvorgang werden 16kg Argon von  $p_1 = 2 \text{ bar}$  auf  $p_2 = 200 \text{ bar}$  bei  $20^\circ\text{C}$  isotherm verdichtet.
  - 6.1 Berechnen Sie das Gasvolumen  $V_1$  vor dem Füllvorgang sowie das Gasvolumen  $V_2$  nach dem Füllvorgang ( $R_i = 208 \text{ J/kgK}$ ). 2,0
  - 6.2 Zeichnen Sie den Prozessverlauf in ein p-V-Diagramm ein und stellen Sie im Diagramm die Verdichtungsarbeit und den Wärmeumsatz dar. 2,0
  - 6.3 Berechnen Sie die zum Befüllen der Gasflasche notwendige Verdichtungsarbeit und die dabei umgesetzte Wärmemenge. 2,0

<sup>1</sup> Die Werte der Originalaufgabe wurden etwas geändert, damit die Lösungen unabhängig vom Rechenweg sind.



## Hinweise zu den Lösungen

### pV-Diagramm (Aufgaben 1)

- pV-Diagramme sind aussagekräftige Darstellungen von Kreisprozessen in Kolbenmotoren uä.
  - Sie wurde schon um 1770 von James Watt mit einem Plotter aufgezeichnet, dessen x-Achse sich mit dem Kolben bewegt (Volumen  $V = \text{Kolbenhub} \cdot \text{Kolbenfläche}$ ) und dessen y-Achse vom Druck  $p$  im Zylinder gegen eine Feder bewegt wird.
  - Mechanische Arbeit  $W = F \cdot s$  (Kraft  $\times$  Weg) kann man auch aus  $W = p \cdot V$  berechnen (Druck  $\times$  Volumen).
    - Im pV-Diagramm entspricht die mechanische Arbeit einer Zustandsänderung also der Fläche unter der Kurve der Zustandsänderung.
    - Je größer die Fläche ist, die im pV-Diagramm umfahren wird, desto mehr mechanische Arbeit wird umgesetzt!
      - Linksgängige Prozesse (im Uhrzeigersinn) geben mechanische Arbeit ab ( $W < 0$ ) → z.B. Motoren
      - Rechtsgängige Prozesse (gegen ...) nehmen mechanische Arbeit auf ( $W > 0$ ) → z.B. Wärmepumpen
  - Wo Wärme zu- oder abgeführt wird, kann man aus dem pV-Diagramm nicht herauslesen → das muss man lernen
  - Kreisprozesse bestehen meist aus 4 Zustandsänderungen (Linien im pV-Diagramm). Die Eckpunkte (Zustände) werden durchnummeriert, beginnend rechts unten.
  - Laut Lehrplan muss man die pV-Diagramme von Otto- und von Dieselmotoren auswendig kennen.
    - [https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/tgtm\\_TA\\_LPE22\\_Energietechnik.pdf](https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/tgtm_TA_LPE22_Energietechnik.pdf) Seite 9

### Vergleich Otto - Diesel (Aufgaben 2)

- Gelegentlich wird in Abi-Aufgaben nicht nur nach der Thermodynamik eines Verbrennungsmotors, sondern auch nach der technischen Umsetzung gefragt. Das ist ein weites Feld und ergab bisher wenig Punkte, deshalb würde ich das Thema nicht als Erstes lernen, schon gar nicht, wenn ich um 5 Punkte kämpfe.
- Wer die Zeit hat, bitte sehr:
  - [https://ulrich-rapp.de/stoff/fahrzeug/motor/Motor\\_Bauteile\\_Otto\\_AB.pdf](https://ulrich-rapp.de/stoff/fahrzeug/motor/Motor_Bauteile_Otto_AB.pdf)
  - [https://ulrich-rapp.de/stoff/fahrzeug/motor/Motor\\_Vergleich-Otto-Diesel-AB.pdf](https://ulrich-rapp.de/stoff/fahrzeug/motor/Motor_Vergleich-Otto-Diesel-AB.pdf)

### Zustandsgrößen berechnen (Aufgabe 3)

- „Zustände“ sind die Eckpunkte im pV-Diagramm, die Linien dazwischen sind „Zustandsänderungen“.
- Wenn man von einem Zustand einige „Zustandsgrößen“ (z.B. Druck  $p_1$ , Volumen  $V_1$  oder Temperatur  $T_1$  im Zustand 1) kennt, kann man über die Zustandsänderung dazwischen die Zustandsgrößen im nächsten Punkt (z.B.  $p_2$ ,  $V_2$  oder  $T_2$ ) ausrechnen.
- Die Formeln dazu bekommt man im Abi in einer zusätzlichen Formelsammlung geliefert:
  - [https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/abi/Formelsammlung\\_tgtm\\_2015.pdf](https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/abi/Formelsammlung_tgtm_2015.pdf) Seite 3
- Es ist also ganz einfach:
  - Aus dem pV-Diagramm ablesen, um welche Art der Zustandsänderungen es sich handelt (isobar = konstanter Druck, isochor = konstantes Volumen, isotherm = konstante Temperatur oder adiabat = konstante Wärmemenge →  $\Delta Q = 0$ )
  - Zur Zustandsänderung passende Formel aus der Formelsammlung auswählen
  - Werte aus Zustand  $n$  einsetzen
  - Werte aus Zustand  $n+1$  (oder  $n-1$ ) ausrechnen
- Ganz einfach – eigentlich. Aber ein bisschen Übung muss man schon haben ... und die Temperaturen in Kelvin einsetzen ...

### Zustandsgrößen berechnen (Aufgabe 4)

- Wenn Energietechnik dran kommt, dann muss praktisch immer eine Masse berechnet werden.
- Die Formel  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$  steht in der Formelsammlung, die Werte in der Aufgabe.
- Trotzdem ist die Fehlerquote immer über 50%, weil die Leute die Einheit „bar“ falsch umrechnen :-((
$$\text{bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{1 \text{ N}}{10 \text{ mm}^2} = \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ cm}^2}$$
 . „bar“ ist der Nachfolger der veralteten Einheit  $\text{atue} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ cm}^2}$
- Auch den thermischen Wirkungsgrad findet man in der Formelsammlung.

### Abgegebene Leistung berechnen (Aufgabe 5)

Beachten Sie die Lösung.

### Lastenlift (Aufgabe 6)

Die Aufgabe „Lastenlift“ ist nicht schwieriger als andere Energietechnik-Aufgaben, aber etwas ungewöhnlich. Deshalb würde ich sie erst vertiefen, wenn ich 5 Punkte sicher glaube und zweistellige Punktzahlen angreifen will.

### Sonstiges

- Die Lösungen zu den obigen Aufgaben finden Sie hier:
  - [https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/abi/tgtm\\_HP201819-4\\_Diesel.pdf](https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/abi/tgtm_HP201819-4_Diesel.pdf)
  - [https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/abi/tgtm\\_HP200910-1\\_Lastenlift\\_L-TM-300.pdf](https://ulrich-rapp.de/klassen/tg/abi/tgtm_HP200910-1_Lastenlift_L-TM-300.pdf)

Viel Spaß und viel Erfolg!  
Ulrich Rapp