

Aufgaben 11

Thermodynamik

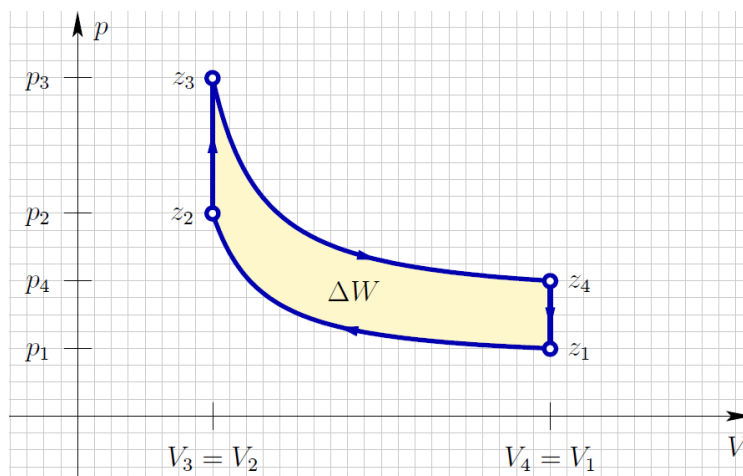
2. Hauptsatz, Wärme-Kraft-Maschine, Wärme-/Kältemaschine

Lernziele

- den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kennen, verstehen und anwenden können.
- wissen, was eine Wärme-Kraft-Maschine ist, und verstehen, wie sie grundsätzlich funktioniert.
- den Wirkungsgrad einer Wärme-Kraft-Maschine kennen, verstehen und bestimmen können.
- wissen, was eine Wärme- und eine Kältemaschine ist, und verstehen, wie sie grundsätzlich funktioniert.
- die Leistungszahl einer Wärmemaschine und einer Kältemaschine kennen, verstehen und bestimmen können.
- wissen und verstehen, was ein Kreisprozess ist.
- einen Kreisprozess eines idealen Gases, der aus isochoren, isobaren, isothermen und adiabatischen Teilprozessen besteht, mit Hilfe der allgemeinen Zustandsgleichung für das ideale Gas und des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik qualitativ und quantitativ analysieren können.
- wissen, wie ein Otto-Motor grundsätzlich funktioniert.
- den Otto-Kreisprozess und dessen Teilprozesse qualitativ und quantitativ analysieren können.
- wissen, wie ein Diesel-Motor grundsätzlich funktioniert.
- den Diesel-Kreisprozess und dessen Teilprozesse qualitativ und quantitativ analysieren können.

Aufgaben

- 11.1 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
16.12, 16.13 (Seite 287)
- 11.2 Ein Gastgeber hat gerade noch eine halbe Stunde Zeit, bis seine Gäste zur Grillparty eintreffen. Entsetzt stellt er fest, dass er keine Eiswürfel für die Getränke hat. Also giesst er schnell 1.00 l Leitungswasser mit 10.0 °C in eine Eisschale und stellt es in das Gefrierfach des Kühlschranks.
- Der Kühlschrank hat laut Herstellerangabe eine Leistungszahl von 5.5 und eine elektrische Leistung von 550 W. Es wird angenommen, dass 10% dieser Leistung zum Kühlen des Wassers in der Eisschale im Gefrierfach genutzt wird.
- Bestimmen Sie, ob die Eiswürfel fertig sind, wenn die Gäste eintreffen.
- 11.3 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
16.14 (Seite 287)
- 11.4 Die Funktionsweise eines **Otto-Motors** wird in grober Näherung durch ein ideales Gas im Zylinder mit Kolben beschrieben. Das ideale Gas durchläuft einen Otto-Prozess (Adiabate, Isochore, Adiabate, Isochore). Das p-V-Diagramm eines Otto-Prozesses ist in der folgenden Skizze dargestellt:



- Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca die Abbildung 16.2 (Seite 615) zur Funktionsweise des Viertakt-Otto-Motors.
- Bestimmen Sie, welche Kolbenbewegungen des realen Viertakt-Otto-Motors durch welche Teilprozesse des Otto-Prozesses beschrieben werden.
- Begründen Sie, warum der Otto-Prozess die Funktionsweise eines Otto-Motors nur in grober Näherung beschreiben kann. Geben Sie an, welche wichtigen Aspekte des realen Otto-Motors dabei nicht berücksichtigt werden.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Adiabatengleichungen die Temperaturen T_2 und T_3 jeweils in Abhängigkeit der Frischlufttemperatur T_1 bzw. Abgastemperatur T_4 , des Adiabatenkoeffizienten κ und des Verdichtungsverhältnisses x_V .

Hinweis:

- Das Verdichtungsverhältnis x_V ist wie folgt definiert:

$$x_V := \frac{V_2}{V_1}$$

- Bestimmen Sie für jeden der vier Teilprozesse die Grössen ΔQ_{ij} , ΔW_{ij} und ΔU_{ij} in Abhängigkeit der Stoffmenge n , der molaren Wärmekapazitäten C_V bzw. C_p und der Temperaturdifferenzen ΔT_{ij} . Geben Sie auch an, welche dieser Energien positiv und welche negativ sind.

Hinweis:

- Überlegen Sie sich zuerst die Vorzeichen (< 0 , $= 0$, > 0) der Grössen ΔQ_{ij} , ΔW_{ij} und ΔU_{ij} .

Verwenden Sie dazu lediglich den ersten Hauptsatz sowie die allgemeine Zustandsgleichung für ideale Gase.

- Zeigen Sie, dass für den Wirkungsgrad des Otto-Prozesses gilt:

$$\eta = 1 - x_V^{\kappa-1}$$

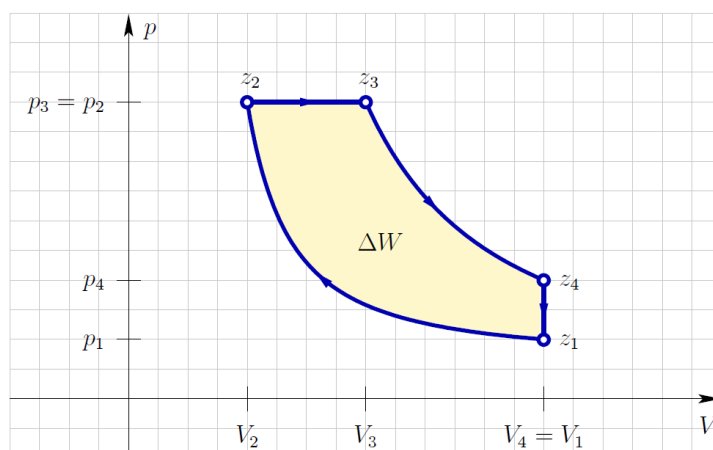
Hinweise:

- Drücken Sie den Wirkungsgrad durch die Grössen Q_w und Q_k aus.

- Überlegen Sie sich, welches ΔQ_{ij} dem Q_w und welches ΔQ_{ij} dem Q_k entspricht.

- Bestimmen Sie, wie gross das Verdichtungsverhältnis eines Otto-Prozesses für Luft im Zylinder mit Kolben mindestens sein müsste, damit die Maschine einen Wirkungsgrad von 50% erreichen kann.

- 11.5 Die Funktionsweise eines **Diesel-Motors** wird in grober Näherung durch ein ideales Gas im Zylinder mit Kolben beschrieben. Das ideale Gas durchläuft einen Diesel-Prozess (Adiabate, Isobare, Adiabate, Isochore). Das p-V-Diagramm eines Diesel-Prozesses ist in der folgenden Skizze dargestellt:



- Bestimmen Sie, welche Kolbenbewegungen des realen Viertakt-Diesel-Motors durch welche Teilprozesse des Diesel-Prozesses beschrieben werden.
- Begründen Sie, warum der Diesel-Prozess die Funktionsweise eines Diesel-Motors nur in grober Näherung beschreiben kann. Geben Sie an, welche wichtigen Aspekte des realen Diesel-Motors dabei nicht berücksichtigt werden.

- c) Bestimmen Sie die Temperaturen T_2 , T_3 und T_4 jeweils in Abhängigkeit der Temperatur T_1 , des Adiabatenkoeffizienten κ sowie der Verhältnisse der Volumina V_1 , V_2 und V_3 .
- d) Bestimmen Sie für jeden der vier Teilprozesse die Grössen ΔQ_{ij} , ΔW_{ij} und ΔU_{ij} in Abhängigkeit der Stoffmenge n , der molaren Wärmekapazitäten C_V bzw. C_p und der Temperaturdifferenzen ΔT_{ij} . Geben Sie auch an, welche dieser Energien positiv und welche negativ sind.

Hinweis:

- Überlegen Sie sich zuerst die Vorzeichen (< 0 , $= 0$, > 0) der Grössen ΔQ_{ij} , ΔW_{ij} und ΔU_{ij} .
- Verwenden Sie dazu lediglich den ersten Hauptsatz sowie die allgemeine Zustandsgleichung für ideale Gase

- e) Zeigen Sie, dass für den Wirkungsgrad des Diesel-Prozesses gilt:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\kappa} \frac{\left(\frac{V_3}{V_1}\right)^\kappa - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\kappa}{\frac{V_3}{V_1} - \frac{V_2}{V_1}}$$

Hinweise:

- Drücken Sie den Wirkungsgrad durch die Grössen Q_w und Q_k aus.
 - Überlegen Sie sich, welches ΔQ_{ij} dem Q_w und welches ΔQ_{ij} dem Q_k entspricht.
- f) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad des Diesel-Prozesses für Luft im Zylinder mit Kolben bei $V_1 = 2.0 \text{ l}$, $V_2 = 0.50 \text{ l}$ und $V_3 = 1.0 \text{ l}$.

11.6 Führen Sie in Moodle den [Test 11.1](#) durch.

Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil IV Thermodynamik

16 Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik

- 16.1 Wärmekraftmaschinen und der Zweite Hauptsatz (Seiten 614 bis 619)
- 16.2 Kältemaschinen und der Zweite Hauptsatz (Seiten 619 bis 621)