

Aufgaben zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik

1. Eine erhaltene, atmosphärische Dampfmaschine von Thomas Newcomen aus dem Jahr 1725 hat einen Zylinder von 56 cm Durchmesser. Der Kolbenhub beträgt 1.5 m. Der Zylinder wird mit Dampf von ungefähr Atmosphärendruck (fast kein Überdruck) gefüllt. Dann wird der Dampf kondensiert. Der Umgebungsdruck presst den Kolben in den Zylinder, wobei Arbeit verrichtet wird. Die Maschine konnte etwa 12 Hübe pro Minute ausführen.
 - a) Wie viel Arbeit wird von der Atmosphäre pro Hub verrichtet?
 - b) Wie gross ist die mechanische Leistung maximal?
 - c) Wie viel Wärme wird für die Produktion des Dampfes für einen Hub benötigt?
2. Im Fahrzeugausweis eines Autos wird oft der *Hubraum* angegeben. Man versteht darunter das Volumen, das die Kolben des Motors bei einem Arbeitstakt zusammengenommen überstreichen. Ein Auto weise z.B. einen Hubraum von 2.0 L auf und während des Arbeitstaktes herrsche im Zylinder ein mittlerer Druck von 15 bar.
 - a) Welche Bedeutung hat die Angabe des Hubraums?
 - b) Welche Arbeit verrichtet der 4-Takt-Motor des Autos bei einer Umdrehung?
 - c) Welche Leistung erbringt der Motor bei 3000 Umdrehungen pro Minute?
3. Der Temperaturunterschied zwischen den oberen (25 °C) und tieferen (4 °C) Schichten des Meerwassers soll zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet werden.
 - a) Wie gross ist der thermodynamische Wirkungsgrad?
 - b) Welche Wassermasse wird mindestens pro Sekunde benötigt, wenn eine elektrische Leistung von 1.0 GW erreicht werden soll?
4. Ein Kombinations-Wärmeleistungswerk (Gasturbine/Dampfturbine) hat eine Nutzleistung von 240 MW und den Wirkungsgrad von 60 %. Der Gasstrom ist nach der Brennkammer (vor der Turbine) 1400 °C heiss.
 - a) Wie gross ist die Abwärme in Watt?
 - b) Wie stark würde damit ein Flüsschen aufgeheizt, das 100 m³/s Wasser führt?
 - c) Wie hoch ist die Temperatur des kalten Pols der Maschine, wenn man annimmt, der Wirkungsgrad sei maximal? Welche Aussage kann man andernfalls machen?
5. Chinaschilf liefert bis zu 20 Tonnen trockene Biomasse pro Jahr und Hektare, ein vergleichsweise grosser Ertrag. Der Schilf hat Heizwert $H_u \approx 17 \text{ MJ/kg}$. Wie gross ist der Wirkungsgrad der Umsetzung von Sonnenenergie in "Schilfenergie"? Vom 1. Mai bis 30. September werden im Schweizer Mittel 2.8 GJ/m² eingestrahlt.
6. Ein Schiffsdieselmotor erbringe eine Leistung von 4.88 MW. Der spezifische Verbrauch ist mit 174 g/kWh angegeben, wenn Schweröl (Heizwert 43.0 MJ/kg) verwendet wird. Die Abgastemperatur nach dem Turbolader beträgt 273 °C.
 - a) Berechnen Sie den Wirkungsgrad aus dem spezifischen Verbrauch.
 - b) Schätzen Sie die Verbrennungstemperatur.
 - c) Berechnen Sie den Ölverbrauch für eine Betriebswoche.

Lösungen

- 1a) 37 kJ b) 7.5 kW c) 0.50 MJ 2a) - b) 1.5 kJ c) 75 kW 3a) 7.0 % b) $1.6 \cdot 10^5 \text{ kg/s}$
4a) 160 MW b) 0.38 °C c) $T_k \leq 669 \text{ K} \rightarrow 396 \text{ °C}$ 5) 1.2 % 6a) 48.1 % b) 779 °C c) 131 t