

Aufgaben zum Wirkungsgrad

Fragen zum Verständnis

Der Wirkungsgrad, allgemein mit dem Symbol „ η “ (griechisch „eta“) abgekürzt, beschreibt die Effizienz eines Energieumwandlungsprozesses und ist definiert als Quotient aus Nutzenergie und Energieaufwand, also:

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{Nutzen}}}{\Delta E_{\text{Aufwand}}}$$

- Welches physikalische Gesetz bestimmt den Maximalwert des Wirkungsgrads?
- Wie groß (in Prozent) kann der Wirkungsgrad daher maximal sein?
- Wie lautet die Formel für den Wirkungsgrad, wenn man ihn über die Leistung ausdrückt?
- Wie berechnet man den Gesamtwirkungsgrad, wenn mehrere Energiewandler hintereinandergeschaltet sind?

Rechenaufgaben

Aufgabe 1: Carnot'scher Wirkungsgrad

Der Carnot-Prozess stellt den idealen thermodynamischen Kreisprozess mit dem maximalen Wirkungsgrad dar. Der Prozess leistet mechanische Arbeit (W), wenn einem heißen Reservoir (Temperatur T_2) Wärme (Q_2) entzogen und einem kälteren Reservoir (Temperatur T_1) Wärme (Q_1) zugeführt wird (Wärmekraftmaschine). Umgekehrt kann unter Zufuhr von mechanischer Arbeit einem kälteren Reservoir Wärme entzogen und einem heißeren Reservoir Wärme zugeführt werden (Wärmepumpe bzw. Kältemaschine als Kraftwärmemaschine).

- Skizziere die Flussrichtungen der mechanischen Arbeit (W) und der Wärmen (Q_1 , Q_2) für die zwei prinzipiellen Maschinenarten: Wärmekraft- und Kraftwärmemaschine!
- Berechne den Wirkungsgrad einer idealen Wärmekraftmaschine, wenn folgende Größen gegeben sind: T_1 (Tiefpunkt) = 600 °C, T_2 (Hochpunkt) = 2.000 °C.
- Berechne den Wirkungsgrad einer idealen Wärmepumpe, wenn folgende Größen gegeben sind: T_1 (Außentemperatur) = 10 °C, T_2 (Vorlauftemperatur) = 40 °C.
- Berechne den Wirkungsgrad eines Kältschranks, wenn folgende Größen gegeben sind: T_1 (Tiefkühlfach) = -23 °C, T_2 (Umgebungsluft) = 25 °C.
- Was stellst du fest? Stehen deine Ergebnisse aus Punkt c und d im Widerspruch zum Energieerhaltungssatz, wonach der Wirkungsgrad maximal 100 % sein kann? Begründe deine Antwort!
- Warum ist der Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine in der Praxis geringer als der errechnete Wert?

Aufgabe 2: Wirkungsgrad einer Solarzelle

Die Sonne strahlt mit einer Leistung von ca. 700 W/m² auf die Erdoberfläche. Auf einem Hausdach ist eine Photovoltaikanlage von 5 m² installiert. Sie besteht aus einer Vielzahl von Solarzellen, von denen jede 0,01 m² groß ist und eine elektrische Leistung von 800 mW hat.

Berechne den Wirkungsgrad der gesamten Anlage!

Aufgabe 3: Wirkungsgrad eines Erdgaskochers

Mit einem Erdgaskocher sollen beim Camping 0,5 Liter Quellwasser ($T_1 = 10\text{ °C}$) zum Kochen ($T_2 = 100\text{ °C}$) gebracht werden.

- a) Wie viele Liter des Gases müssen verbrannt werden, wenn der Wirkungsgrad des Gaskochers 52 % beträgt?

Für die Berechnung sind folgende Werte anzunehmen:

Heizwert von Erdgas: $H_{\text{gas}} = 10,4\text{ kWh/m}^3$;

spezifische Wärmekapazität von Wasser $c_w = 4,18\text{ J}/(\text{°C} \cdot \text{g})$

- b) Der Wirkungsgrad ist 52 %. Wohin gehen die fehlenden 48 %?