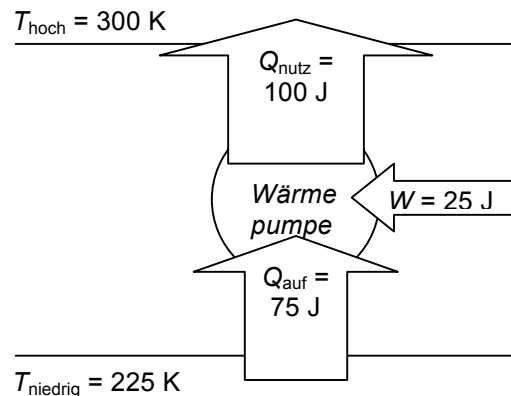
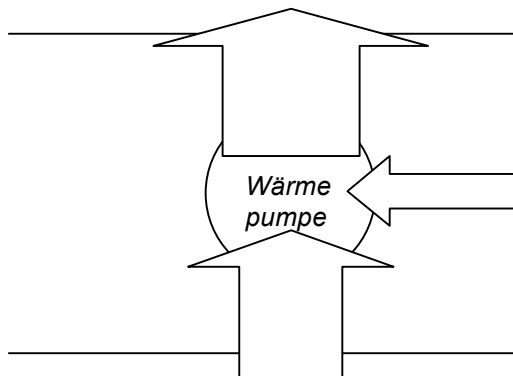


*Arbeit befördert Wärme von «kalt» zu «warm»*

1. Studieren Sie das nebenstehende Energieflussdiagramm für eine Wärmepumpe. Berechnen Sie die Leistungszahl  $\varepsilon$  aus
  - a)  $Q_{\text{nutz}}$  und  $W$
  - b)  $Q_{\text{nutz}}$  und  $Q_{\text{auf}}$
  - c)  $T_{\text{hoch}}$  und  $T_{\text{niedrig}}$



2. Hier sehen Sie ein leeres Energieflussdiagramm für eine Wärmepumpe:

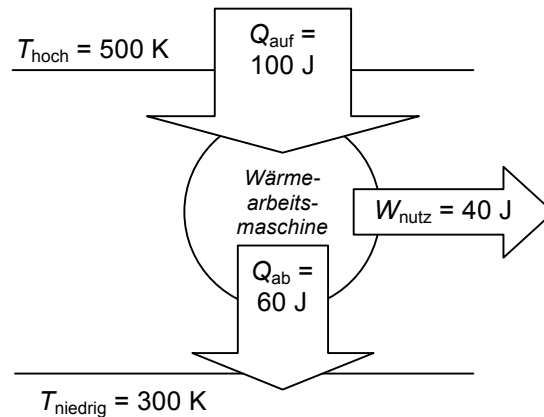


- a) Schreiben Sie die folgenden Werte an den richtigen Stellen hinein:  
 $Q_{\text{nutz}} = 150 \text{ J}$ ,  $W = 50 \text{ J}$ ,  $T_{\text{hoch}} = 300 \text{ K}$ .
- b) Berechnen Sie  $Q_{\text{auf}}$  und schreiben Sie diesen Wert ebenfalls ins Diagramm hinein.
- c) Berechnen Sie  $\varepsilon$ .
- d) Berechnen Sie  $T_{\text{niedrig}}$  und schreiben Sie diesen Wert ins Diagramm hinein.

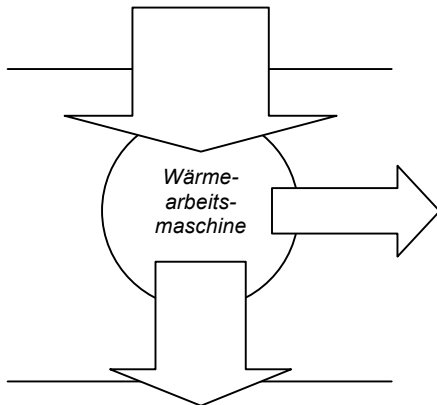
3. Eine Wärmepumpe arbeitet bei einer Aussentemperatur von  $-10^\circ\text{C}$ . Im Haus möchte man gerne  $+20^\circ\text{C}$  haben. Dazu muss die Wärmepumpe pro Stunde die Wärme  $Q_{\text{nutz}} = 6.00 \text{ MJ}$  abgeben.
  - a) Wie gross ist die (theoretische) Leistungszahl  $\varepsilon$ ?
  - b) Wie viel Arbeit  $W$  verrichtet die Wärmepumpe pro Stunde?
  - c) Wie gross ist die Wärme  $Q_{\text{auf}}$ , die pro Stunde von aussen aufgenommen wird?
  - d) Wie gross ist die Leistung der Wärmepumpe?
4. Ein (idealer) Kühlschrank ist auf die Innentemperatur  $2.0^\circ\text{C}$  eingestellt und steht in einer Küche mit  $20^\circ\text{C}$  Raumtemperatur. Man stellt  $5.00 \text{ kg}$  Wasser von  $60.0^\circ\text{C}$  hinein.
  - a) Wie gross ist die Leistungszahl des Kühlschranks?
  - b) Wie viel Wärme muss das Wasser abgeben, damit es sich auf  $2.0^\circ\text{C}$  abkühlt?
  - c) Wie viel Arbeit muss der Kühlschrank verrichten, um dem Wasser die benötigte Wärme zu entziehen?
  - d) Wie viel Wärme wird dabei vom Kühlschrank an die Küche abgegeben?
  - e) Was hätte man besser machen sollen? Wie viel Arbeit hätte der Kühlschrank in diesem (besseren) Fall verrichtet?
5. Wann ist die Leistungszahl einer Wärmepumpe besonders gross? Bei einem grossen oder einem kleinen Temperaturunterschied zwischen  $T_{\text{hoch}}$  und  $T_{\text{niedrig}}$ ? Begründen Sie Ihre Antwort.

## Wärme fliesst von «warm» zu «kalt» und verrichtet dabei Arbeit

6. Studieren Sie das nebenstehende Energieflussdiagramm für eine Wärmearbeitsmaschine. Berechnen Sie den carnotschen Wirkungsgrad  $\eta_{\text{Carnot}}$  aus
- $W_{\text{nutz}}$  und  $Q_{\text{auf}}$
  - $Q_{\text{auf}}$  und  $Q_{\text{ab}}$
  - $T_{\text{hoch}}$  und  $T_{\text{niedrig}}$



7. Hier sehen Sie ein leeres Energieflussdiagramm für eine Wärmearbeitsmaschine:



- Schreiben Sie die folgenden Werte an den richtigen Stellen hinein:  $Q_{\text{auf}} = 200 \text{ J}$ ,  $W_{\text{nutz}} = 50 \text{ J}$ ,  $T_{\text{hoch}} = 400 \text{ K}$ .
- Berechnen Sie  $Q_{\text{ab}}$  und schreiben Sie diesen Wert ebenfalls ins Diagramm hinein.
- Berechnen Sie  $\eta_{\text{Carnot}}$ .
- Berechnen Sie  $T_{\text{niedrig}}$  und schreiben Sie diesen Wert ins Diagramm hinein.

8. Ein ideales Wärmekraftwerk wird mit  $\vartheta_{\text{hoch}} = 500 \text{ °C}$  und  $\vartheta_{\text{niedrig}} = 20.0 \text{ °C}$  betrieben. Es wird  $Q_{\text{auf}} = 2.60 \text{ MJ}$  zugeführt.
- Wie gross ist der carnotsche Wirkungsgrad?
  - Wie gross ist  $W_{\text{nutz}}$ ?
  - Wie gross ist  $Q_{\text{ab}}$ ?
9. Ein Wärmekraftwerk mit der Kesseltemperatur  $\vartheta_{\text{hoch}} = 200 \text{ °C}$  hat einen carnotschen Wirkungsgrad von 30.0 % und erzeugt pro Sekunde  $W_{\text{nutz}} = 1.00 \text{ GJ}$  elektrische Energie.
- Wieviel Abwärme ( $Q_{\text{ab}}$ ) wird pro Sekunde an die Umwelt abgegeben?
  - Welche Temperatur  $\vartheta_{\text{niedrig}}$  hat das Kühlwasser?
  - Wie könnte man den Wirkungsgrad auf 60 % erhöhen? (Zwei Möglichkeiten)

### Lösungen:

- |                       |           |  |             |
|-----------------------|-----------|--|-------------|
| 1. a), b) und c) 4.0  |           |  |             |
| 2. b) 100 J           | c) 3.0    | d) 200 K   |             |
| 3. a) 9.77            | b) 614 kJ | c) 5.39 MJ   | d) 170 W    |
| 4. a) 16              | b) 1.2 MJ | c) 81 kJ   | d) 1'294 kJ |
| 6. a), b) und c) 40 % |           |  | e) 25 kJ    |
| 7. b) 150 J           | c) 25 %   | d) 300 K   |             |
| 8. a) 62 %            | b) 1.6 MJ | c) 986 kJ  |             |
| 9. a) 2.33 GJ         | b) 58 °C  | c) $\vartheta_{\text{niedrig}} = -84 \text{ °C}$ oder $\vartheta_{\text{hoch}} = 555 \text{ °C}$ |             |