

Thermodynamik

Der Zusammenhang zwischen Wärme, Arbeit und innerer Energie eines Systems wird durch den 1. Hauptsatz der Thermodynamik beschrieben:

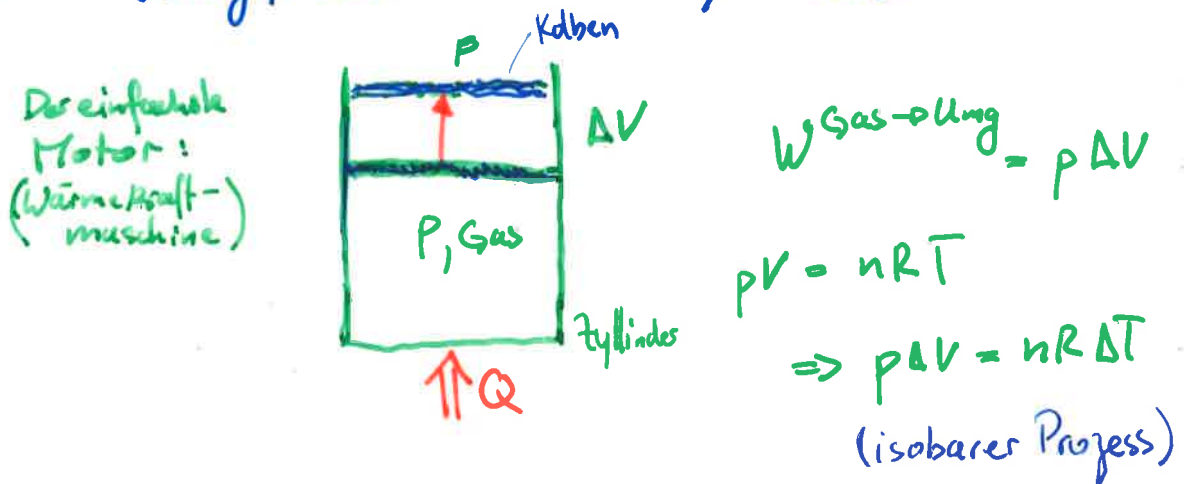
$$\Delta U = Q + W + \dots$$

- U : Innere Energie (Bsp. $U = \bar{E}_{kin} = \frac{3}{2} N k_B T$)
- Q : dem System zugeführte od. abgeführte Wärme (+/-)
(Bsp.: $Q = C m \Delta T$, Q_{fm} , $-L_{vm}$, $J \Delta T$, $H_u \cdot m$, ...)
(Fot 193)
- W : am System verrichtete (+) oder vom System verrichtete (-) Arbeit
(Bsp. $W = \pm p \Delta V$)
- ... : chemische Energie, Kernenergie, ...

Der 1. H.S. ist ein Spezialfall des Energieerhaltungssatzes:

$$E_{tot} = E_{pot} + E_{kin} + U + \dots = \text{konst.}$$

Arbeit kann also in Wärme und innere Energie umgewandelt werden, und umgekehrt (Prinzip von Motoren + Kühlsystemen).



2. Hauptsatz : • Keine zyklisch arbeitende Wärmekraftmaschine hat einen höheren Wirkungsgrad als Carnot.

• Oder: Wärme fließt spontan (d.h. ohne Zwang) nur von heissen nach kalten Stellen.

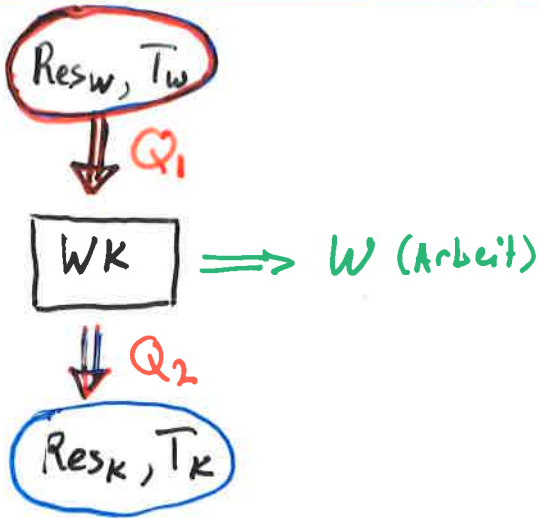
Motore, Kühlsysteme, Wärmepumpen (Wirkungsgrad + Leistungszahl)

Motore: Stirling Motor, Dampfmaschine, Ottomotor

KS: Klimaanlage, Kühlschrank, ...

WP: Geothermie; Erdsonden, See sonnen (EPFL), ... → Heizung

Motor / Wärmekraftmaschine (WK; abstrakt)



$$\Delta U = Q_1 - Q_2 - W = 0$$

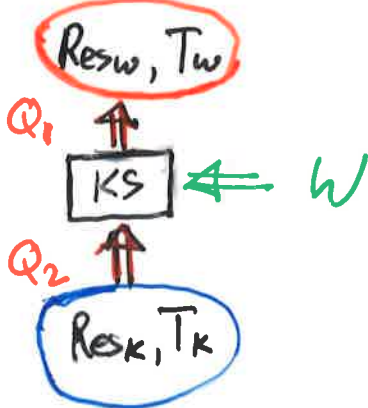
Wirkungsgrad:

$$\eta_{WK} = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \leq \eta_{Carnot} = \frac{T_w - T_k}{T_w}$$

"thermodyn.
Wirkungsgrad"

T : absolute Temp.

Kühlsystem (KS)

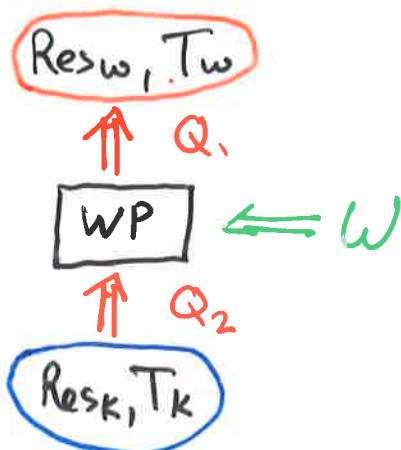


$$\Delta U = -Q_1 + Q_2 + W = 0$$

Leistungszahl / Arbeitszahl:

$$\epsilon_{KS} = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \leq \epsilon_{Carnot}^{KS} = \frac{T_k}{T_w - T_k}$$

Wärmepumpe (WP)



$$\Delta U = -Q_1 + Q_2 + W = 0$$

Leistungszahl / Az:

$$\epsilon_{WP} = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} \leq \epsilon_{Carnot}^{WP} = \frac{T_w}{T_w - T_k}$$

N. Carnot (1796-1832; F) → 2. H.S.

Adiabatische Kompression / Expansion

Für isobare, isotherme und isochore Vorgänge kann die ideale Gasgleichung zur Berechnung der Zustandsänderung verwendet werden. In diesen Prozessen fließt immer Wärme ($Q \neq 0$).

In einem adiabatischen Prozess fließt keine Wärme ($Q = 0$).

Dies ist bei vielen schnellen Kompressionen / Expansionen von Gas der Fall.

Bei adiabatischen Prozessen gilt:

$$p V^{\kappa} = \text{konst.}$$

κ : Adiabatenexponent

→ Materialkonstante (Fot. 191).

(Gesetz von Poisson)

$$\text{Ideale Gas Gl.} \Rightarrow T V^{\kappa-1} = \text{kst.}$$

$$T^{\kappa} p^{1-\kappa} = \text{kst.}$$

(gilt, wenn $Q=0$ und $n=\text{konst.}$)