

Letzte Stunde

- Carnot-Wärmekraftmaschine
 - Kreisprozess, reversibel arbeitend zwischen zwei Wärmereservoirien
 - Isotherme Aufnahme von Wärme mit Temperatur T_1
 - Adiabatische Expansion
 - Isotherme Abgabe von Wärme bei der Temperatur $T_2 < T_1$
 - Adiabatische Kompression
- Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine
 - Wirkungsgrad $\eta = |W|/Q$
 - verrichtete Arbeit W / aufgenommene Wärme Q
 - Maximal möglicher Wirkungsgrad (erreicht im Carnot-Prozess)
 $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ ($T_2 < T_1$) T in Kelvin!

Heute

- zu 14.: Wärmekraftmaschinen, Kältemaschine/Wärmepumpe, 2. Hauptsatz

<http://www.ep1.rub.de/lehre/veranstaltungen/ws0910/physikcbg/>

- **Gewinner Evaluation**
- **Veranstaltungen für Nicht-Physikerinnen und Nicht-Physiker**

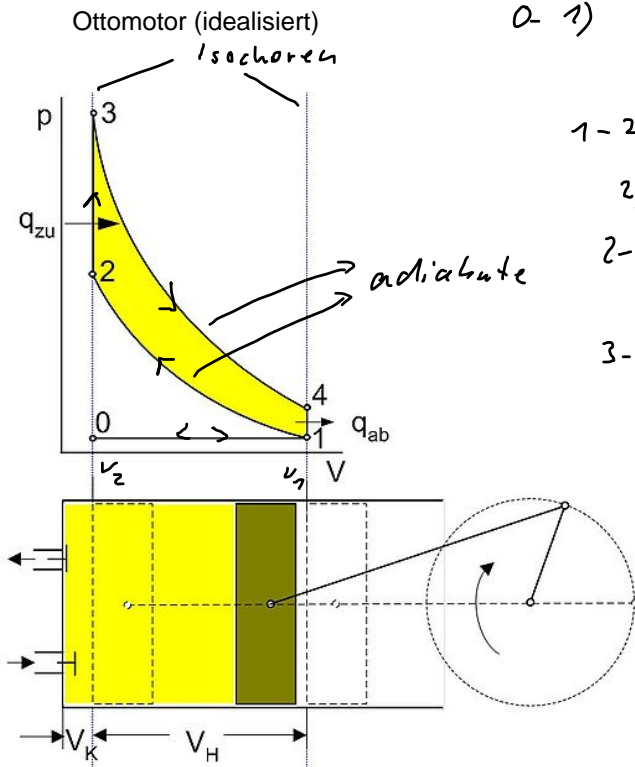
1. ws0994420

2. ws092468

3. ws0970315

Hinweis an die Gewinner: Da die Evaluation anonym ist, gibt es keine Möglichkeit, die Namen zu ermitteln. Bitte melden Sie sich bei **Dr. Ivonne Möller** (NB 02/172).

14.3. Ottomotor und Dieselmotor



1) Benzin / Luft gemisch einspritzen

1-2) adiabatische Kompression

2) Zündung

2-3) Aufheizung durch Verbrennung q_{zu}

3-4) Arbeit wird frei (W_{ab}) adiabatische Expansion

4-1) Abkühlung, Abgabe der Wärme q_{ab}

Wirkungsgrad

$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{1}{r^{\chi-1}}$$

$$r = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{typisch } r = \frac{9}{7} \quad \chi \approx 1,3$$

$$\eta_{Otto, ideal} = 0,5 \quad \text{real } \approx 0,25$$

Otto - Motor

Kraftstoff ; 100% \rightarrow 24% Netzarbeit

\rightarrow 76% Verluste

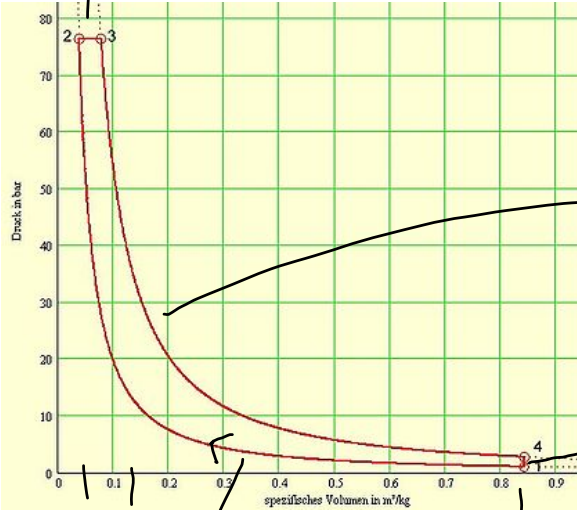
7% Motorreibung

33% Wärme fluss durch die Zylinderwände

36% Abgase

Isobare Wärmezufuhr (Verbrennung, Arbeit)

Dieselmotor (idealisiert)



adiabatische Expansion (Arbeit)

isochore Wärmeabfuhr

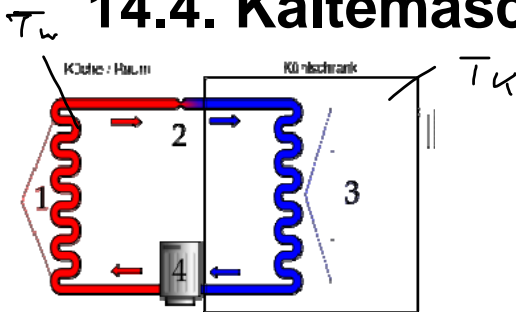
adiabatische Kompression

$$\eta_{\text{Diesel}} = 1 - \frac{1}{\kappa \cdot r^{\kappa-1}} \cdot \frac{s^{\kappa-1}}{s-1} \approx 0,66$$

real bis zu 0,45

$$r = \frac{v_1}{v_2} \quad s = \frac{v_3}{v_2} \quad \text{Verdichtung} \approx 20:1$$

14.4. Kältemaschinen und Wärmepumpen



Effizienz wird durch Leistungszahl ϵ beschrieben

$$\epsilon = \frac{|Q_K|}{W}$$

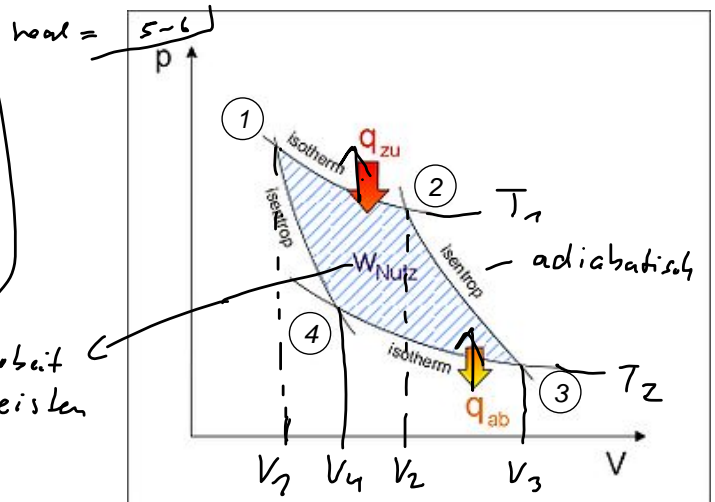
Carnot-Prozess

$$\epsilon_{\text{KM}} = \frac{T_K}{T_W - T_K}$$

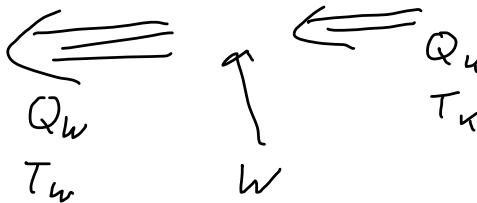
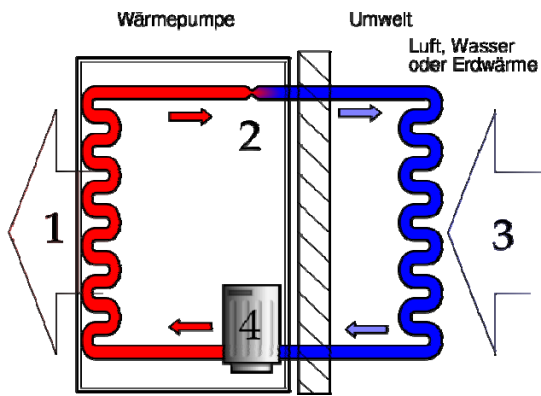
idealer Kühlschrank:

$$\epsilon = \frac{280\text{K}}{(303\text{K} - 280\text{K})} = 13,2$$

1/12 der „gepumpten“ Energie muss als mechanische Arbeit eingesetzt werden



Carnot'scher Kreisprozess



Effizienz

Leistungszahl

Carnot-Prozess

$$\epsilon_{wp} = \frac{|Q_w|}{W} = \frac{T_w}{T_w - T_k}$$

Bsp.: $T_w = 40^\circ\text{C}$

$T_k = 10^\circ\text{C}$

in Kelvin

$\epsilon_{wp} = 10$

real $\epsilon_{wp} \approx 4$

d.h. Wärmemenge 4x so groß wie die geleistete Arbeit

14.5. Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik

Idealfall: Carnot-Maschine reversibel

irreversibel

- Wärmemenge geht nicht vollständig ins Reservoir mit höherer Temperatur zurück.

Bsp: Vorzugsrichtung

Kontakt zwischen warmen und kalten Körpern

(Wärmeausgleich)

Zweiter Hauptsatz

Unterschiedliche Formulierungen:

- Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die nichts anderes bewirkt als die Abkühlung eines einzigen Wärmebades und die Erzeugung von Arbeitsleistung.
- Ein höherer Wirkungsgrad als der des (reversiblen) Carnot-Prozesses ist nicht erreichbar.
- Es gibt kein Perpetuum mobile zweiter Art.

- Bei der **atmosphärischen Uhr** (auch **Atmos-Uhr**) wird die Energie zum Aufziehen aus Ausdehnung und Zusammenziehen einer mit Gas gefüllten Druckdose bei Änderung der Umgebungstemperatur bezogen. Es genügen etwa 2 °C Temperaturunterschied, damit die Uhr wieder für ca. 48 Stunden aufgezogen ist.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Atmos-Uhr>

Zusammenfassung

- Vergleichsprozesse für technische Wärmekraftmaschinen (Otto- und Dieselmotor)
- Umgekehrter Umlaufsinn bei Wärmekraftmaschinen ergibt Kältemaschinen bzw. Wärmepumpen (Charakterisierung durch Leistungszahl)
- Unterschiedliche Formulierungen des *zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik*:
 - Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die nichts anderes bewirkt als die Abkühlung eines einzigen Wärmebades und die Erzeugung von Arbeitsleistung.
 - Ein höherer Wirkungsgrad als der des (reversiblen) Carnot-Prozesses ist nicht erreichbar.
 - Es gibt kein Perpetuum mobile zweiter Art.