

Übung:

→ *Vergleich der Volumenarbeit bei verschiedenen Zustandsänderungen*

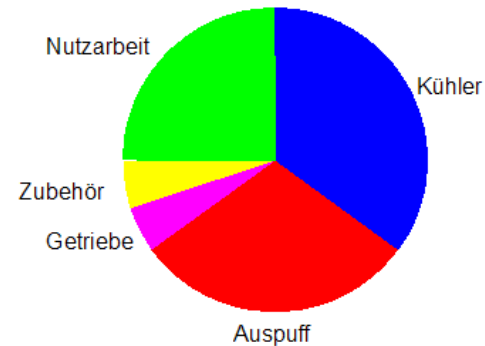
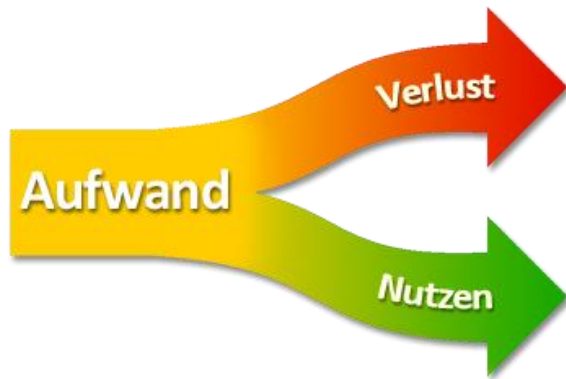
Ein (ideales) Gas besitzt in einem geschlossenen Zylinder das Volumen V_1 und den Druck p_1 .

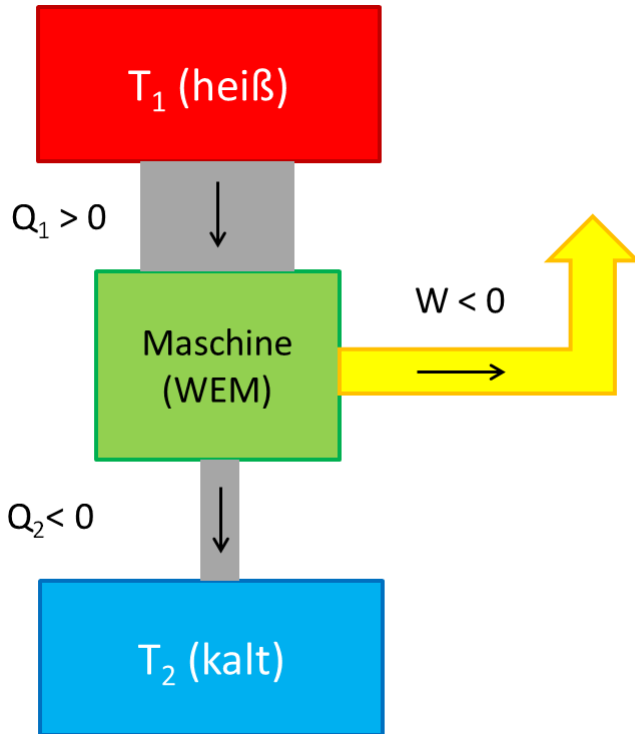
Dieses Gas wird auf verschiedene Weise auf das Volumen V_2 komprimiert.

- (1) Beschreiben Sie die Änderung der Zustandsgrößen, wenn die Zustandsänderung:
 - isobar
 - isotherm
 - adiabatisch erfolgt.
- (2) Veranschaulichen Sie die Zustandsänderungen in einem gemeinsamen p-V-Diagramm und vergleichen Sie die dabei verrichteten Volumenarbeiten.
- (3) Berechnen Sie für Luft mit $p_1=1\text{bar}$ und $V_1=0,5\text{l}$ die Volumenarbeiten, wenn die Kompression auf $\frac{1}{4}$ des Anfangsvolumens erfolgt.

* adiabatische ZÄ:
$$W = -\frac{1}{\kappa-1} \cdot (p_1 V_1 - p_2 V_2) \quad p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\kappa$$

Der thermische Wirkungsgrad





Jeder thermische Kreisprozess ist durch Wärmeaufnahme Q_1 und Wärmeabgabe Q_2 verbunden.
 → 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Die abgegebene Wärme Q_2 bleibt für den Arbeitsprozess ungenutzt.
 → Energieentwertung

Der Wirkungsgrad einer Wärmeenergiemaschine kann niemals 100% erreichen.

Definition des Wirkungsgrades:



$$\eta < 1$$

$$\eta = \frac{E_{ab}}{E_{zu}} \xrightarrow{\text{WEM}} \eta = \frac{W}{Q_{zu}} \longrightarrow \eta = \frac{Q_{zu} - Q_{ab}}{Q_{zu}}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ab}}{Q_{zu}}$$

Der Carnot-Prozess:

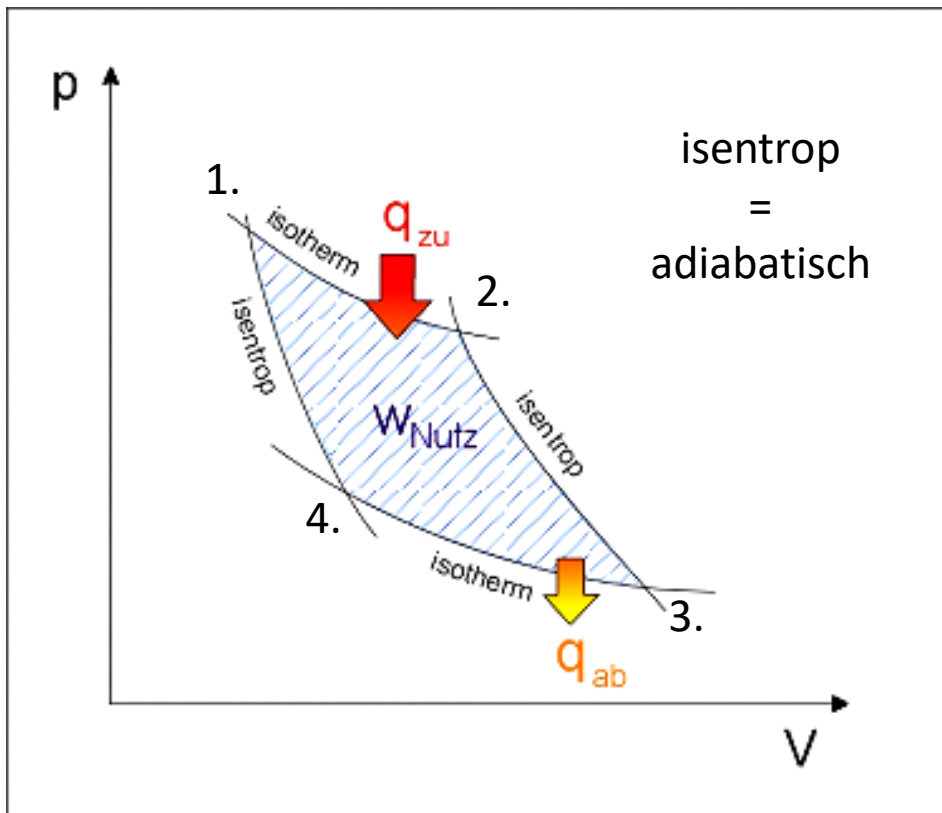
- theoretischer Kreisprozess mit maximalem Wirkungsgrad



Nicolas Léonard Sadi Carnot
(1776 – 1800)

frz. Physiker und
Ingenieur

theoretischen Betrachtung
der Dampfmaschine



1. Isotherme Expansion durch Wärmezufuhr
 $Q_{zu} > 0$; $W < 0$; $\Delta U = 0$
2. Adiabatische Expansion mit Temperaturabnahme
 $Q = 0$; $W < 0$; $\Delta U < 0$
3. Isotherme Kompression mit Wärmeabgabe
 $Q_{ab} < 0$; $W > 0$; $\Delta U = 0$
4. Adiabatische Kompression mit Temperaturzunahme
 $Q = 0$; $W > 0$; $\Delta U > 0$

Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses:

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ab}}{Q_{zu}}$$

Carnot-Prozess

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$T_1 > T_2$$



Der maximal erreichbare Wirkungsgrad einer Wärmeenergiemaschine wird durch die obere (T_1) und untere Arbeitstemperatur (T_2) bestimmt.

Er ist um so größer, je größer der Temperaturunterschied ΔT ist.

Grenzen:

T_1 sehr hoch

Materialbeständigkeit

$T_2 \rightarrow 0$

i.a. Umgebungstemperatur

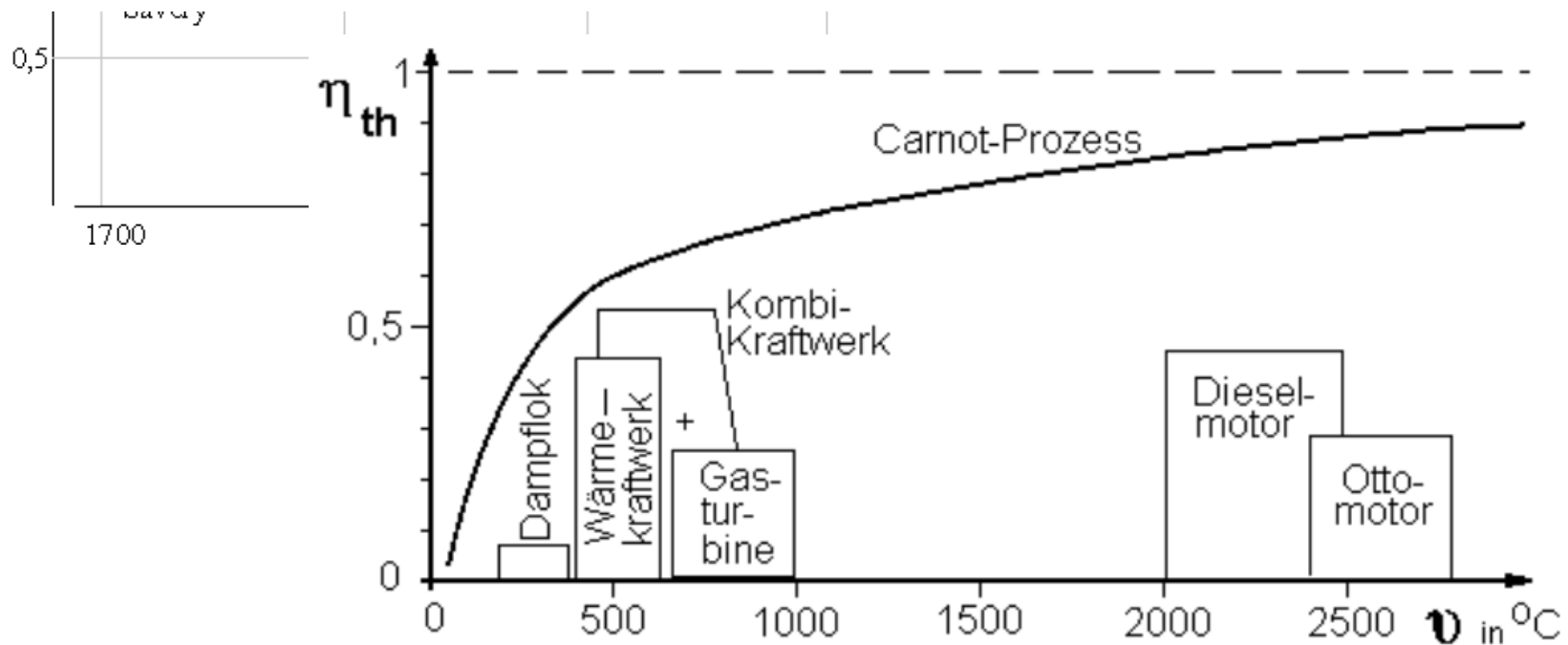
Für reale Wärmeenergiemaschine gilt:

$$\eta < 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

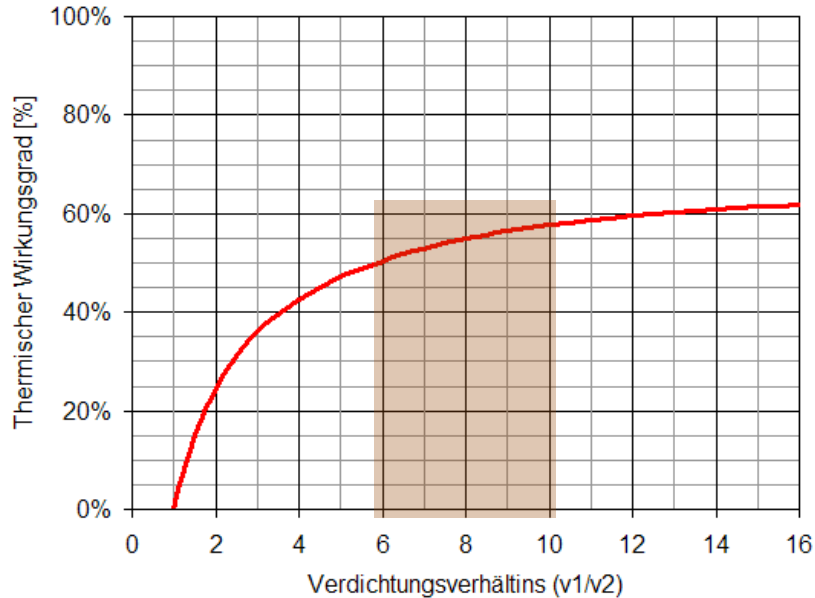
Wirkungsgrad von Wärmeenergiemaschinen

↑ Wirkungsgrad in %

Art der Wärmekraftmaschine	Wirkungsgrad
Dampfmaschine	3 - 10%
Ottomotor	bis 35%
Dieselmotor	bis 40%
Gasturbine	bis 40%
Dampfturbine	bis 45%



Otto-Motor

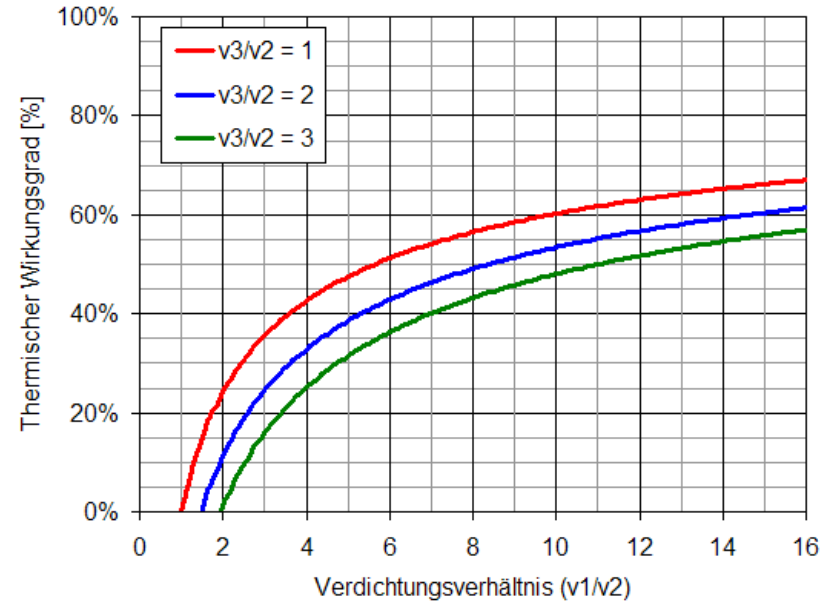


Der Wirkungsgrad des Ottomotors nimmt mit steigendem Verdichtungsverhältnis zu.

Die Grenze des Verdichtungsverhältnisses liegt bei 6 bis 10.

→ Selbstzündung

Diesel-Motor



Außer dem Verdichtungsverhältnis ist der Wirkungsgrad auch vom Diesel-Luft-Verhältnis (V_3/V_2) abhängig.

Das Verdichtungsverhältnis von Dieselmotoren liegt bei 18.