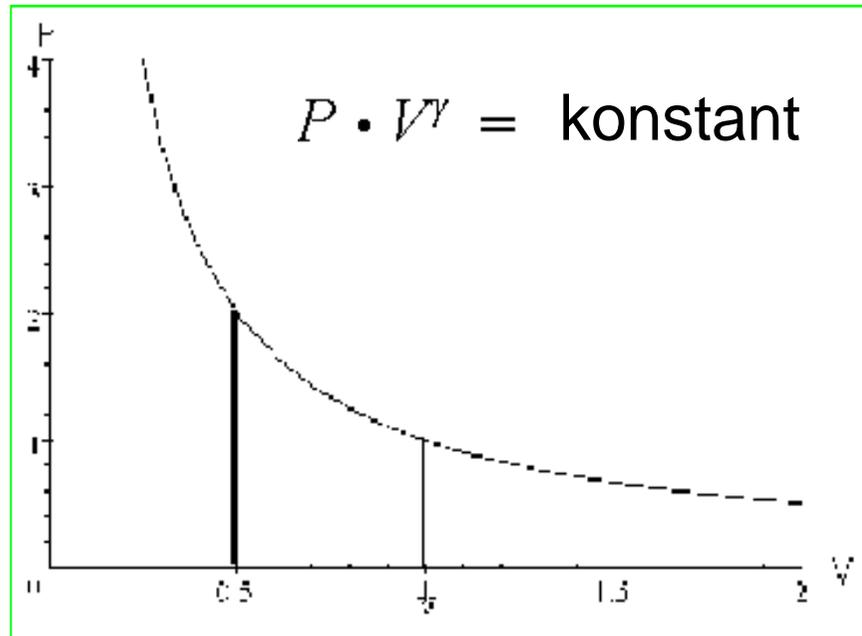


Vom Gas geleistete Arbeit (**Expansion**)

Vom Gas hineingesteckte Arbeit (**Kompression**)

Beispiel: Adiabaten: $dQ=0$



$$P \cdot V^\gamma = P_1 \cdot V_1^\gamma \Rightarrow P = \frac{P_1 \cdot V_1^\gamma}{V^\gamma}$$

geleistete Arbeit:

$$dW = P \cdot dV$$

$$W = P_1 \cdot V_1^\gamma \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\gamma} = P_1 \cdot V_1^\gamma \left[\frac{1}{1-\gamma} V^{-\gamma+1} \right]_{V_1}^{V_2} = P_1 \cdot V_1^\gamma \frac{1}{1-\gamma} \left[\frac{1}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}} \right]$$

$$W = \frac{P_1 \cdot V_1}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

$$\gamma - 1 > 0; \frac{V_1}{V_2} < 1; \Rightarrow W > 0$$

Umgekehrter Weg:

$$W = -\frac{P_1 \cdot V_1}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

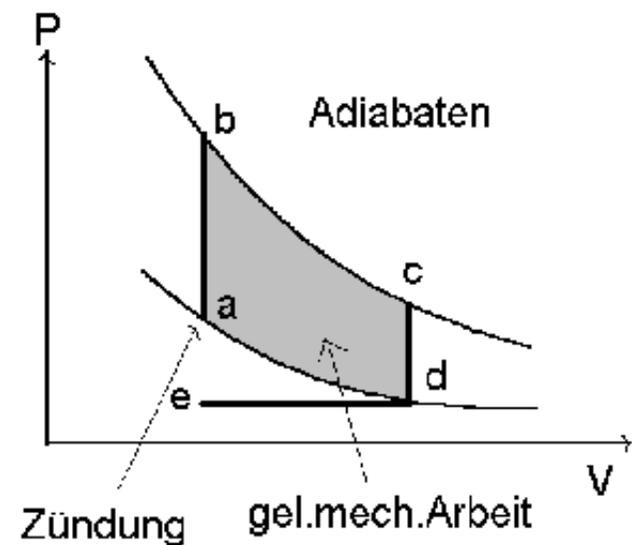
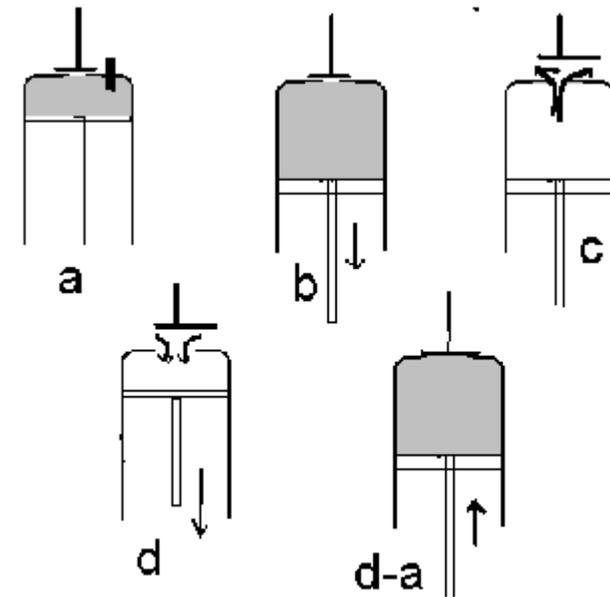
5.7. Wärmekraftmaschinen

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{\Delta W}{\Delta Q}$

Wie groß ist der Bruchteil der aufgenommenen Wärmeenergie, der in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann?
z.B: Otto-Motor

- a) Zündung,
- b) Druckanstieg, adiabatische Expansion
- c) Ventil auf,
- c-d) Verbranntes Gas verlässt Zylinder
- d) Ansaugen von Benzinluftgemisch,
- d-a) Ventil zu, adiabatische Kompression

Wärmeenergie \leftrightarrow mechanische Arbeit

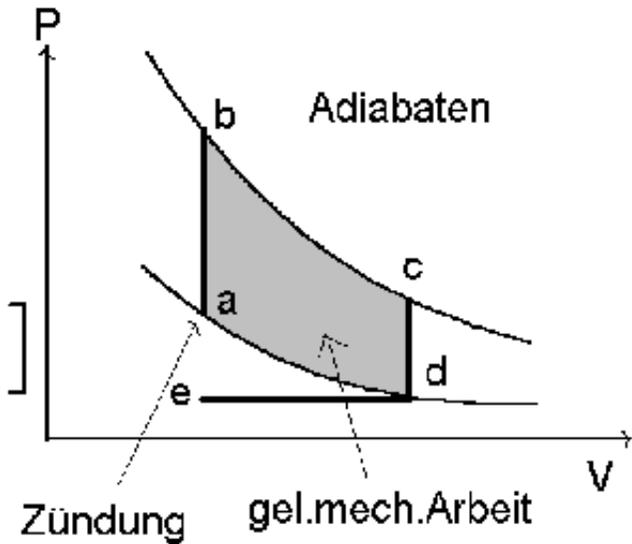


Zwischenschritte ohne Relevanz
für den Kreisprozess: d→e, e→d

Geleistete Mechanische Arbeit:

$$\Delta W = \frac{P_b \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right] - \frac{P_a \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$$

$$\Delta W = \frac{(P_b - P_a) \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$$



mit $P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T \Rightarrow P_a \cdot V_1 = \nu \cdot R \cdot T_a : \Delta T = T_b - T_a$

$$P_b \cdot V_1 = \nu \cdot R \cdot T_b \Rightarrow \Delta W = \frac{\nu \cdot R}{\gamma - 1} \cdot \Delta T \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$$

$$\frac{\nu \cdot R}{\gamma - 1} = \frac{\nu \cdot R}{\frac{c_P}{c_V} - 1} = \frac{\nu \cdot R \cdot c_V}{c_P - c_V} = \nu \cdot c_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \Rightarrow$$

$$\Delta W = \Delta Q \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right] = \Delta Q \cdot \eta$$

z.B.: Kompressionsverhältnis 8:1,

Theoretisch!!

$\gamma = 1.4$ (Zweiatomiges Molekül)

In der Praxis ~30%

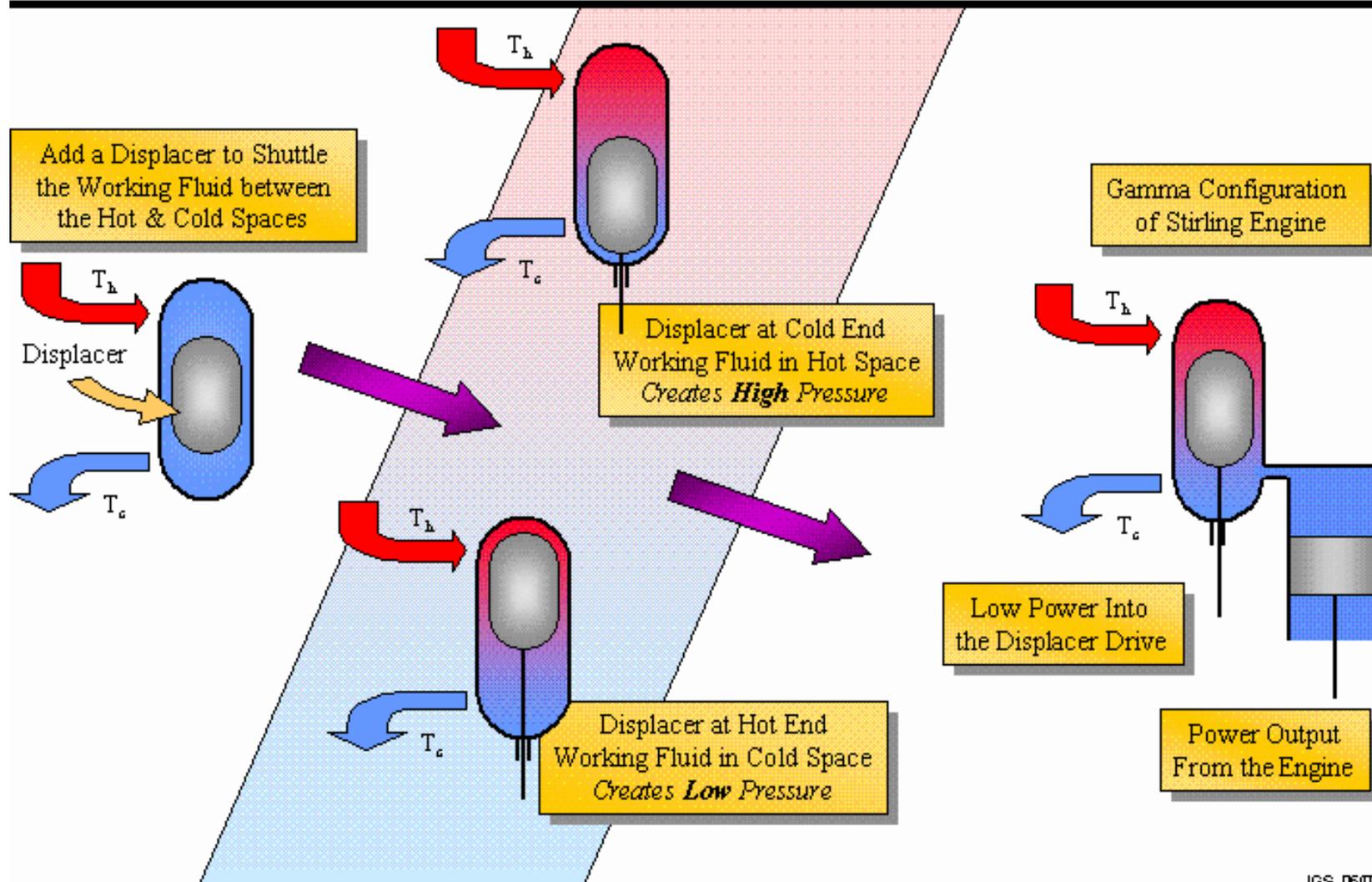
$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{8} \right)^{0.4} = .56 \Rightarrow 56\%$$

Der Heißluftmotor Stirlingscher Kreisprozess



Operation of a Free-Piston Stirling Converter

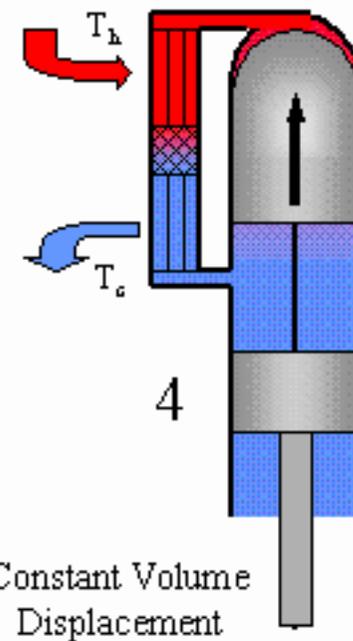
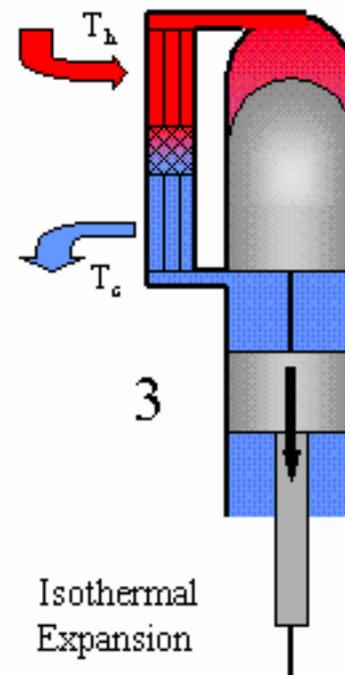
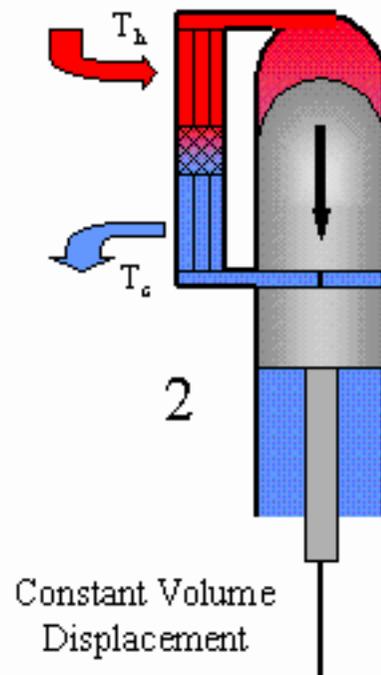
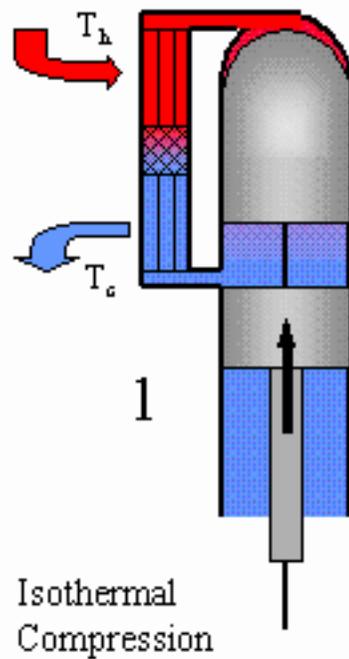
Glenn
Research
Center



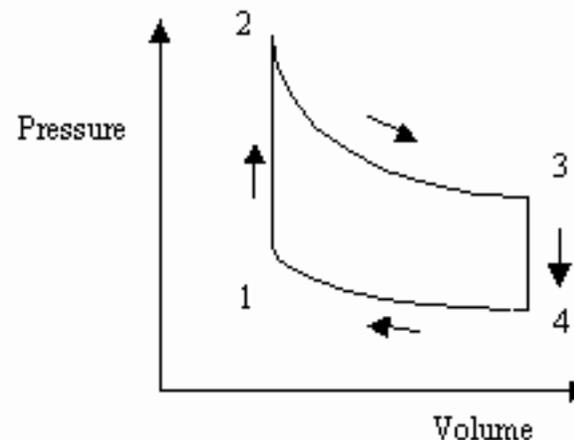


Operation of a Free-Piston Stirling Converter

Glenn
Research
Center



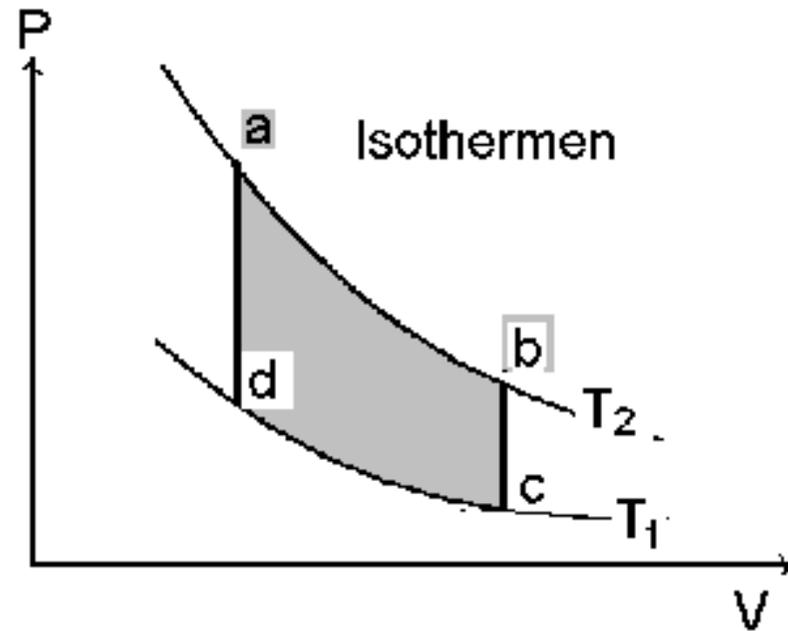
Beta Configuration - with the addition of heat exchangers
Heater/Regenerator/Cooler



The regenerator stores heat as the working fluid flows from the hot (expansion) space to the cool (compression) space, and returns the heat to the fluid when the flow is reversed

Zustandsablauf beim Versuch:

a) Gas wird erwärmt
a-b) Gas expandiert, Arbeitskolben nach unten



b-c) Aufwärtsbewegung des Verdrängerkolbens Gas kühlt ab, wird durch Kupferwolle gedrückt

c-d) Komprimiert : Wärmeabgabe an das Kühlwasser

d-a) Abwärtsbewegung Verdrängerkolben $T_1 \rightarrow T_2$ auch aus der Kupferwolle

