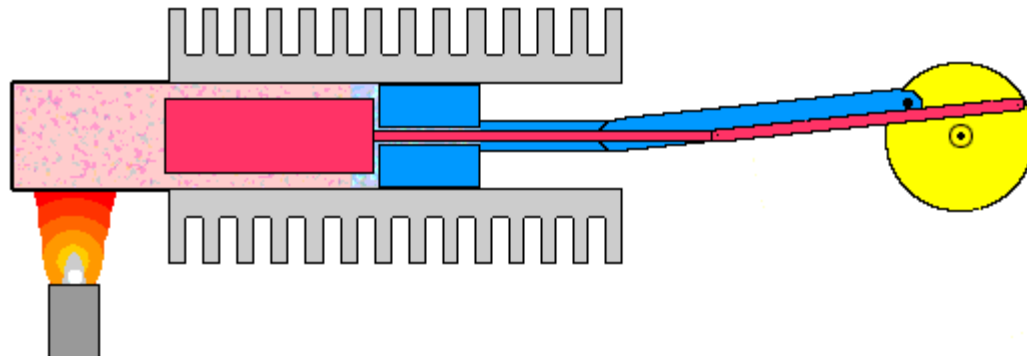
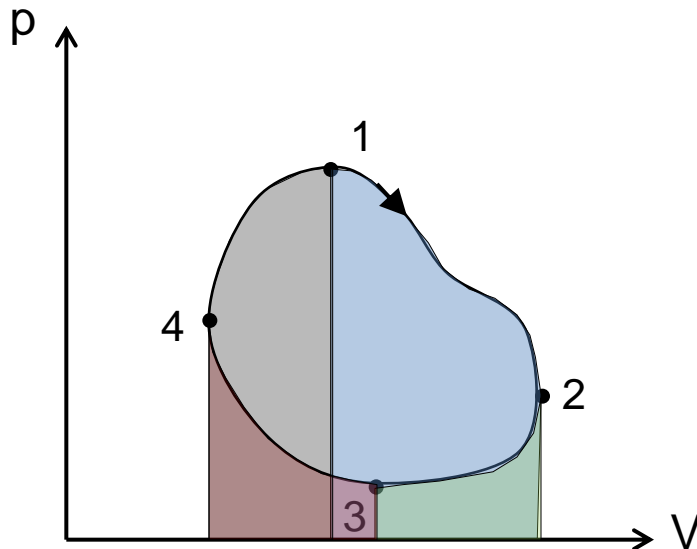


Thermische Kreisprozesse



Anwendungen von Zustandsänderungen

Durchläuft ein Gas eine Folge von Zuständen, wobei der Endzustand mit dem Anfangszustand übereinstimmen, so spricht man von einem thermischen **Kreisprozess**.



Zustandsänderungen:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \dots$

geschlossener Kurvenzug

Alle Teilprozesse sind durch einen Wärmeaustausch und dem Verrichten von Volumenarbeit gekennzeichnet.

$1 \rightarrow 2:$	Expansion:	$W_{1.2.} < 0$
$2 \rightarrow 3:$	Kompression:	$W_{2.3.} > 0$
$3 \rightarrow 4:$	Kompression:	$W_{3.4.} > 0$
$4 \rightarrow 1:$	Expansion:	$W_{4.1.} < 0$

$$W_{\text{ges}} < 0$$

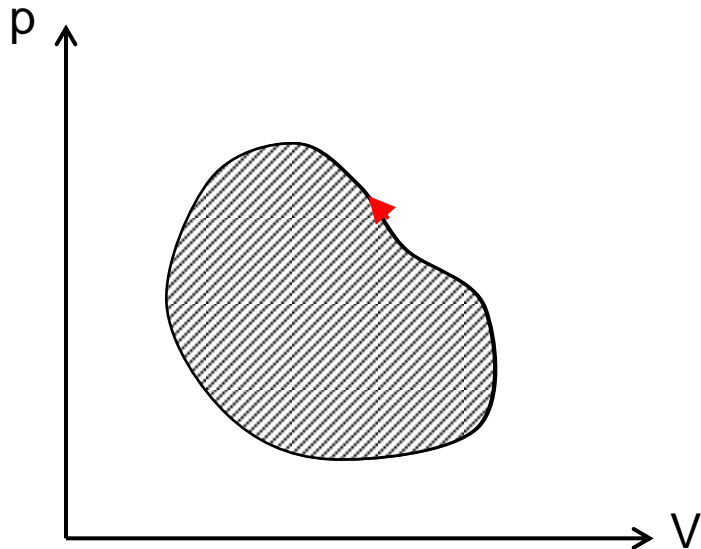
- (1) Anfangs- und Endzustand des Kreisprozesses sind thermisch gleich.
(2) Die innere Energie des Systems hat sich nicht geändert.

1. Hauptsatz:

$$\Delta U = 0$$

$$Q = -W$$

- *Die dem System zugeführte Wärme (+Q) ist gleich der vom System verrichteten Arbeit (-W).*



Die Summe aller bei einem Kreisprozess verrichteten Arbeiten ist gleich der **Nutzarbeit**

Sie entspricht der eingeschlossenen Fläche im pV-Diagramm

umgekehrte Richtung ?

$$W > 0$$

$$Q < 0$$

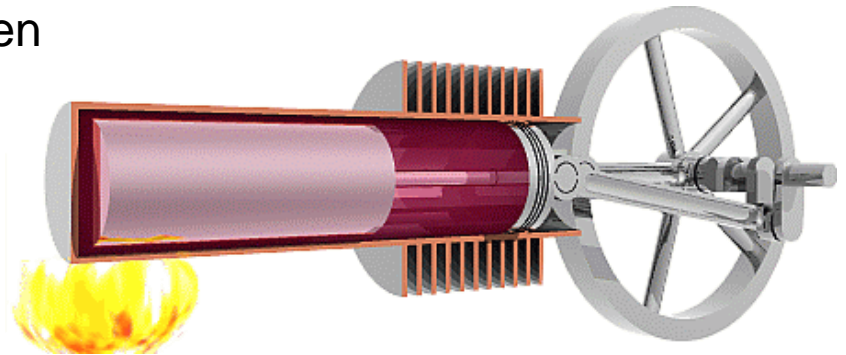
→ **Heizung**

► Kreisprozesse finden in **Wärmeenergiemaschinen** praktische Anwendung.

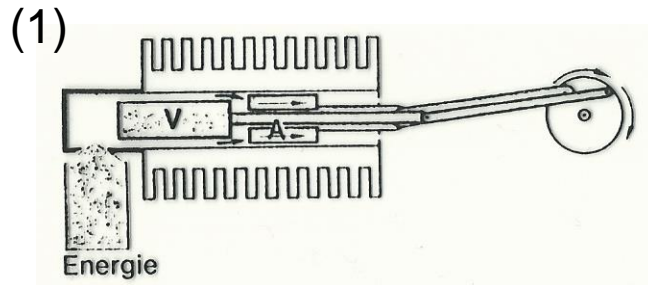
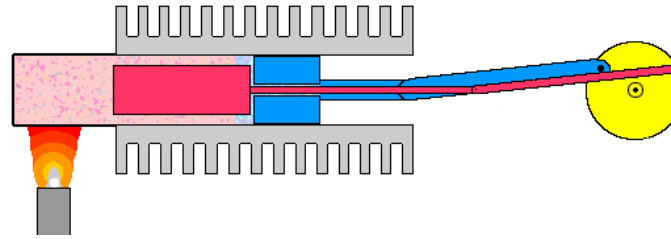
- | | | | |
|------------------------|---|--|--------------------------|
| - Dampfmaschine | } | Arbeitsstoff ist Luft
oder Wasserdampf | Wärmezufuhr
von außen |
| - <u>Heißluftmotor</u> | | | |
| - Otto – Motor | } | Wärmeerzeugung durch Verbrennung
innerhalb der Maschine | |
| - Diesel – Motor | | | |
| - Gasturbine | | | |

Der Stirling-Motor

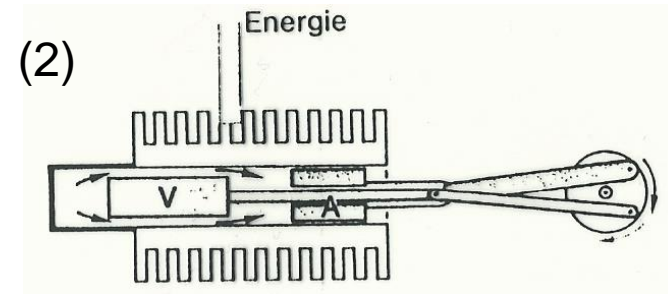
- 1816 von dem 26-jährigen schottischen Geistlichen **Robert Stirling** konstruiert
- nach der Dampfmaschine die zweitälteste Wärmekraftmaschine
- Alternative zu den damals aufkommenden Hochdruckdampfmaschinen
- als Arbeitsstoff diente Luft
 - **Heißluftmotor**
- breite Anwendung als Antriebsmotoren in Schiffen



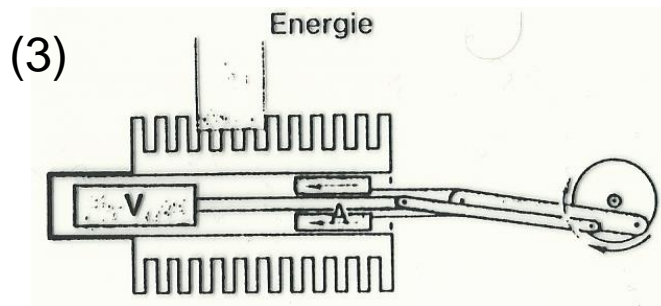
Funktionsweise:



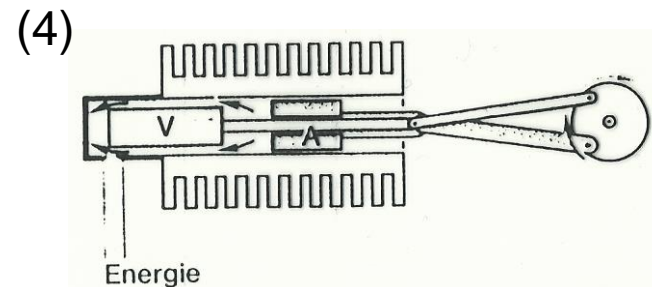
- zugeführte Wärme führt zur Ausdehnung der Luft und schiebt den Arbeitskolben nach rechts und treibt das Schwungrad an



- Energie des Schwungrad schiebt den Verdrängerkolben nach links
- Luft strömt nach recht am Verdrängerkolben vorbei

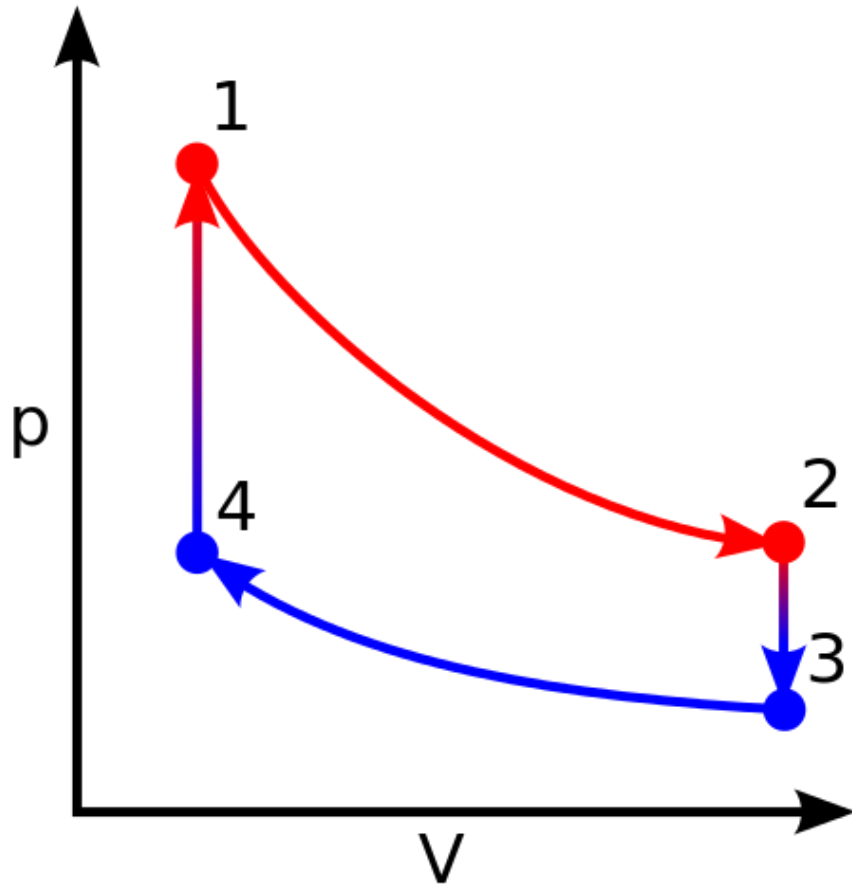


- Abgabe von Wärme an die Umgebung
- Arbeitskolben bewegt sich nach links und verdichtet die Luft



- Verdrängerkolben bewegt sich nach rechts und schiebt die Luft zurück in den heißen Zylinderteil

Stirlingscher Kreisprozess: (idealisiert)



1 → 2:

- isotherme Expansion durch Wärmezufuhr

$$\Delta U=0 \rightarrow Q = -W$$

→ *Arbeitsstackt*

2 → 3:

- Isochore Druckabnahme mit Abkühlung

$$W=0 \rightarrow -\Delta U = -Q$$

3 → 4:

- isotherme Kompression mit Wärmeabgabe

$$\Delta U=0 \rightarrow -W = Q$$

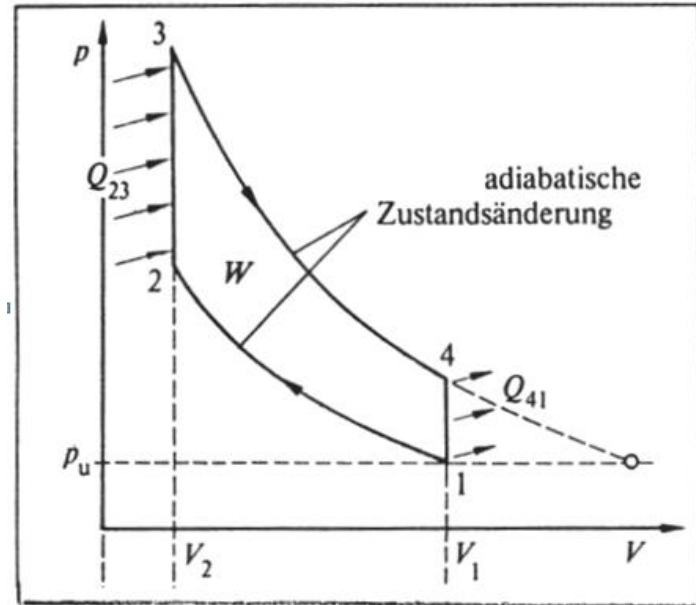
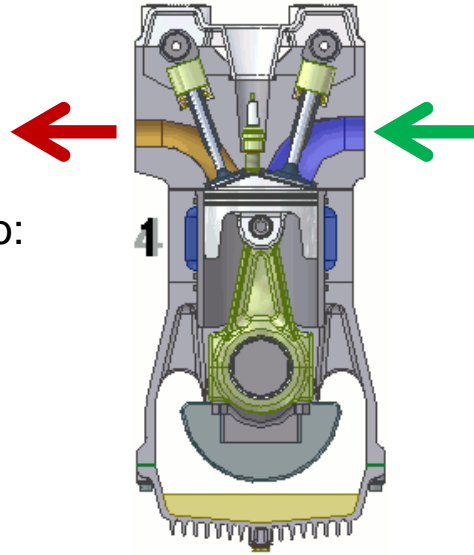
4 → 1:

- Isochorer Druckanstieg mit Erwärmung

$$W=0 \rightarrow Q=\Delta U$$

Der 4-Takt Otto-Motor

Nicolaus August Otto:
1877 Patent



Der Diesel-Motor

1893 von Rudolf Diesel
erfundenes Verfahren

