

Merkmale von Kreisprozessen:

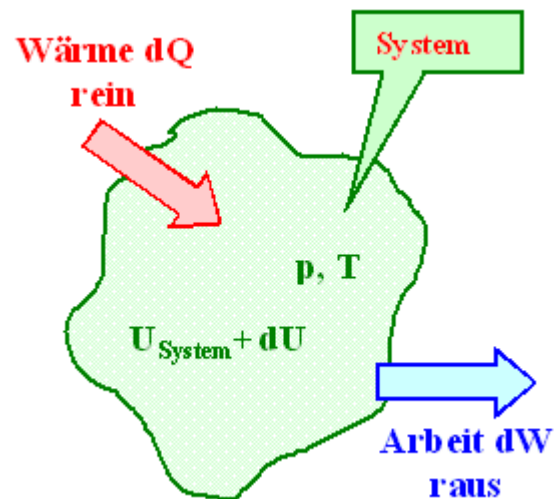
- (1) Periodischen Durchlauf von sich wiederholenden Zustandsänderungen
- (2) Infolge der Zustandsänderung eines Arbeitsstoffes wird mechanische Arbeit verrichtet.
- (3) Die verrichtete mechanische Arbeit ergibt sich aus der zugeführten Wärme.

Nach dem ersten Hauptsatz der Wärmelehre ergibt sich:

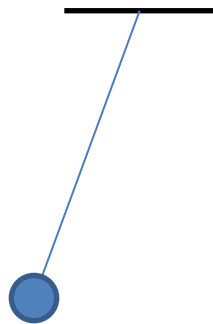
$$\Delta U = 0 \qquad \sum Q = \sum W \qquad W < 0$$

- Unvollständige Aussage, da keine Aussage über die Richtung des Energietransportes erfolgt.

Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik



Umkehrbarkeit von Vorgängen:



*ein schwingendes
Pendel ist (fast) ein
reversibler Vorgang*

$E_{\text{pot}} \longleftrightarrow E_{\text{kin}}$



$E_{\text{pot}} \longrightarrow E_{\text{kin}}$

Verformung
→ Wärme



Ein Prozess heißt **reversibel** (umkehrbar), wenn er ohne äußeren Einfluss (Energiezufuhr) wieder in seinen Anfangszustand versetzt werden kann.

Ein Prozess heißt **irreversibel** (nicht umkehrbar), wenn er nicht ohne äußeren Einfluss in umgekehrter Richtung abläuft.

Die Umkehrung eines irreversiblen Prozesses ist nur durch Aufwendung zusätzlicher Energie möglich.

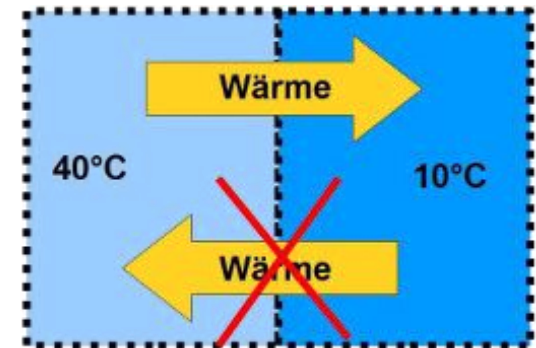
► Alle in der Natur ablaufenden Prozesse sind irreversibel !

Der **zweite Hauptsatz** der Thermodynamik beschreibt die **IRREVEVERSIBILITÄT** von (thermischen) Vorgängen.

Er ist ein Erfahrungssatz und trifft eine Aussage zur Richtung Energieaustauschs.

Robert Clausius (1850) → Entdecker des 2.HS

„Wärme geht niemals von selbst von einem kalten zu einem warmen Körper über und in einem gleichmäßig temperierten Körper stellt sich niemals von selbst ein Temperaturunterschied ein“.



William Thomson (1851) → Lord Kelvin

Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine (Kreisprozess), die Wärme aus einer Wärmequelle aufnimmt und vollständig in mechanische Arbeit umwandelt.

Eine periodisch arbeitende Maschine, die die aus der Umgebung aufgenommene Wärme vollständig in mechanische Arbeit umwandelt, wäre ein **Perpetuum mobile 2. Art.**

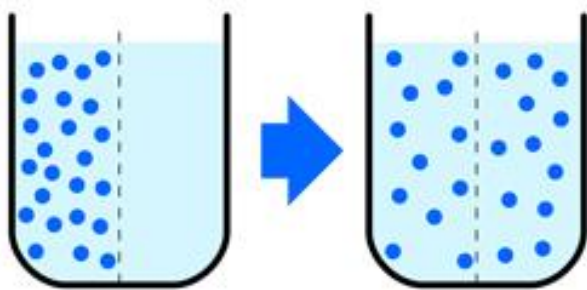
→ *kein Widerspruch zum 1. Hauptsatz der Thermodynamik !*

Max Planck

“Es gibt keine Perpetuum mobile 2.Art“

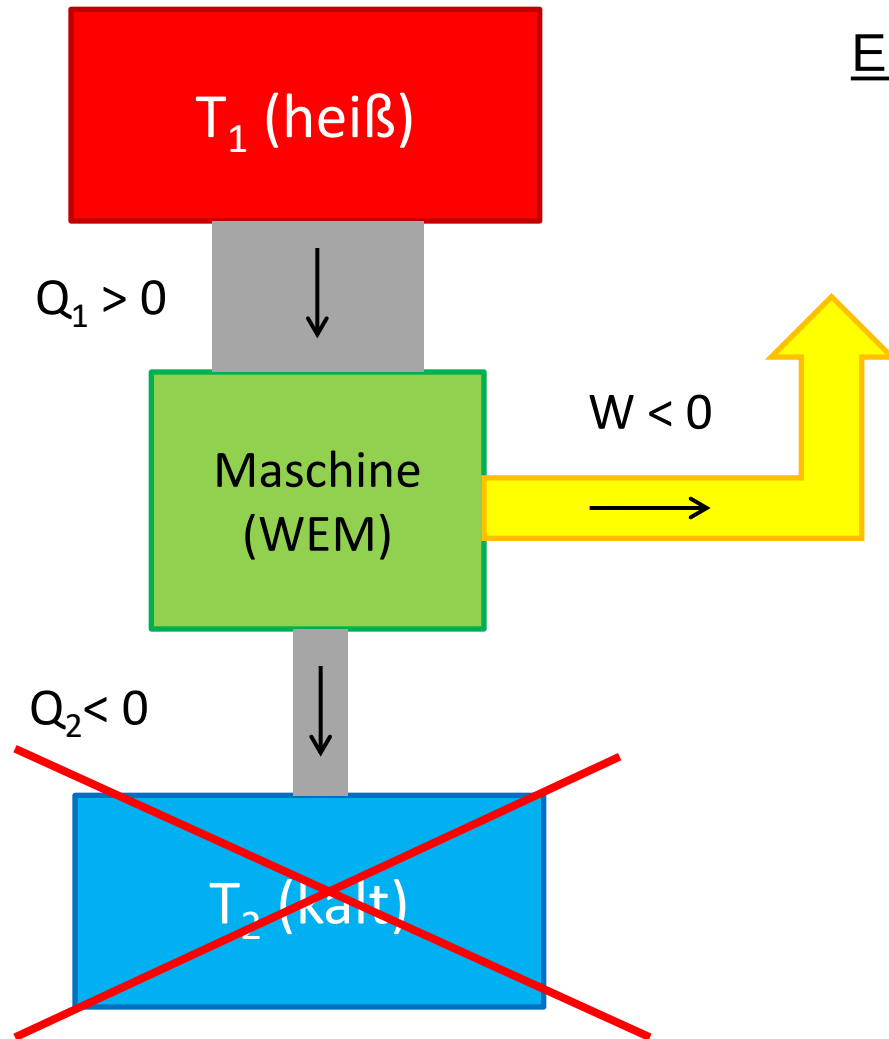
Ludwig Boltzmann (1866)

Die Natur stirbt aus einem unwahrscheinlicheren Zustand dem wahrscheinlicheren Zustand zu.



► *Der Zustand der (molekularen) Unordnung, der Gleichverteilung, ist am Wahrscheinlichsten.*





Energiefluss:

$$Q_1 \longrightarrow W + Q_2$$

zugeführte Wärme Arbeit abgegebene Wärme

*Alles was entsteht,
ist wert,
das es zugrunde geht.*

- Goethe -



$Q_2=0$
nicht möglich !

Die zugeführte Wärme (Q_1) kann nie vollständig in mechanische Arbeit (W) umgewandelt werden.

Q_2 geht als **Abwärme** (ungenutzt) verloren.

