

In einem Druckbehälter von 50 Liter Fassungsvermögen befindet sich Wasserstoff unter einem Druck von 50 MPa bei einer Temperatur von $\delta = 22^\circ\text{C}$.

Mit dem Gas wird bei $\delta = \text{konstant}$ ein Ballon gefüllt, bis sich zwischen Ballon und Behälter ein konstanter Druck von $1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ einstellt.



- a) Berechnen Sie die Stoffmenge und die Masse des eingeschlossenen Wasserstoffs im Behälter.
- b) Welches Volumen nimmt der Ballon ein?
- c) Bestimmen Sie die verrichtete Volumenarbeit.
- d) Findet bei diesem Prozess auch ein Wärmeaustausch statt?
Wie groß ist diese Wärme?

Energiebilanz thermischer Prozesse

1. Hauptsatz der Thermodynamik

Historischer Rückblick:



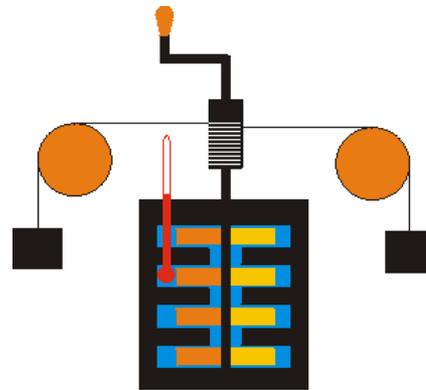
Robert Mayer
1814 - 1878
(Heilbronner Arzt)

Zusammenhang
von Wärme und
Arbeit beim Fall
und Aufprall von
Körpern ...

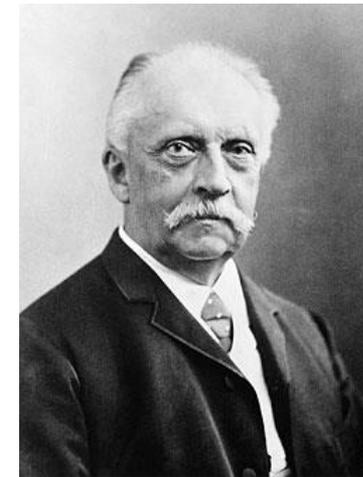
Wärme als eine
Energieform ...



James Prescott Joule
1818 - 1889
(engl. Physiker)



Mechanisches
Wärmeäquivalent



Hermann von Helmholtz
1821 - 1894
(deutscher Physiker)

Verallgemeinerung
der energetischen
Zusammenhänge in
allen naturwissen-
schaftlichen Bereichen

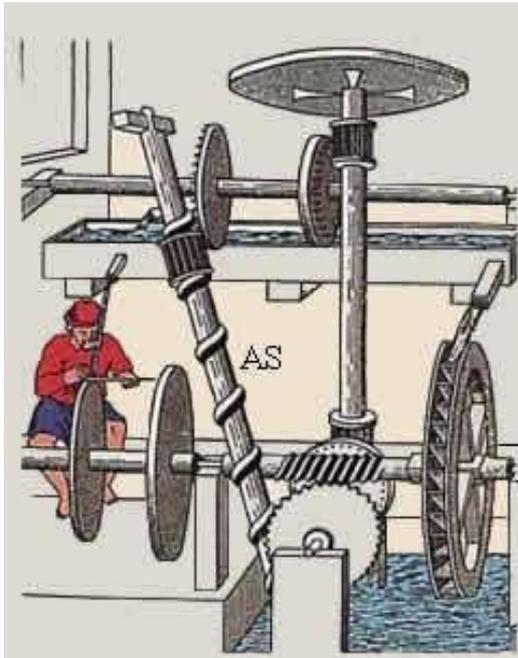
**Prinzip der Erhaltung
der Energie**

Der Energieerhaltungssatz:

→ wie wir ihn kennen ...

„Bei keinem Vorgang kann Energie neu entstehen oder verschwinden. Während eines Vorganges kann Energie nur von einem Körper zu einem anderen übergehen und sich dabei eine Energieform in eine andere umwandeln.“

„In einem abgeschlossenen System, in dem beliebige Prozesse ablaufen, bleibt die vorhandene Gesamtenergie unverändert. Energie kann weder verloren gehen noch aus dem Nichts entstehen.“



Es gibt keine Maschine, die ständig arbeiten kann ohne ihren eigenen Energiehaushalt zu ändern.

▶ **Perpetuum mobile** (1.Art)

▶ **Der Satz der Erhaltung der Energie gilt auch in der Thermodynamik !**

Energiegehalt eines Gases:

Die Energie einer geschlossenen Gasmenge wird durch die Energie aller darin befindlichen Teilchen bestimmt.

- (ungeordnete) Bewegung der Teilchen → kinetische Energie
- Lage (Höhe) im Kraftfeld der Erde → potenzielle Energie
- Bindungen zwischen den Atomen und Molekülen → chemische Energie
- ... und weitere Energieformen ...

Die Gesamtheit aller Energieformen einer geschlossenen Systems bezeichnet man als **innere Energie.**

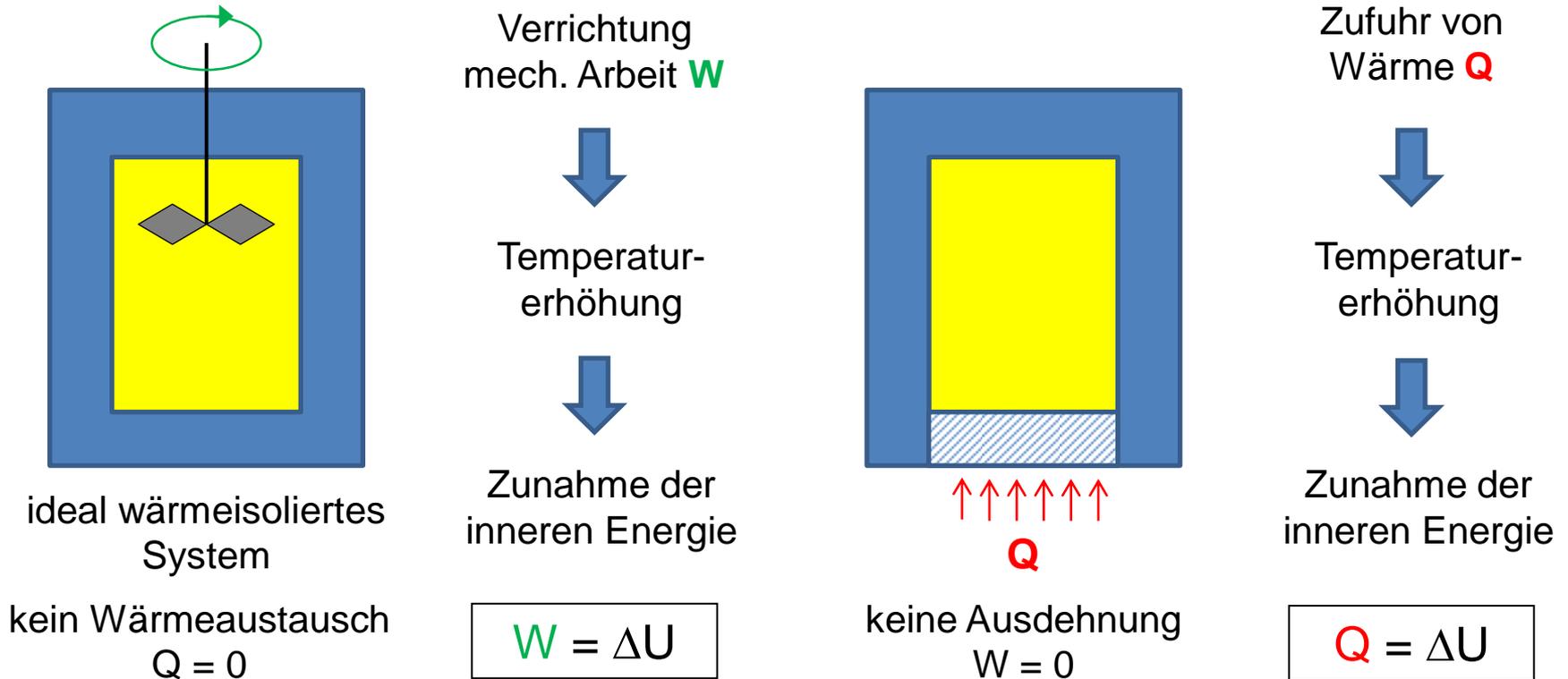
Formelzeichen: U Einheit: $[U] = 1\text{J} = 1\text{Nm} = 0,239\text{cal}$

Die innere Energie ist eine Zustandsgröße.

Die Änderung der innere Energie wird mit ΔU beschrieben.

Bei thermischen Prozessen wird diese im wesentlichen durch die Änderung der Bewegungsenergie der Teilchen und damit durch die Temperaturänderung bestimmt.

Änderung der inneren Energie eines Systems ...



Es gilt:

$$\Delta U = W + Q$$

1. Hauptsatz der Thermodynamik

Die Änderung der inneren Energie ΔU ist gleich der Summe der über die Systemgrenzen hinaus verrichteten Arbeit W und der übertragenen Wärme Q .

Anwendungen des 1. Hauptsatzes auf Zustandsänderungen

$$\Delta U = W + Q$$



isotherme ZÄ

$$\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$$

$$0 = W + Q$$

$$W = -Q$$

Die am System verrichtete Arbeit wird als Wärme vom System wieder abgegeben.

$$Q = -W$$

Die Zufuhr von Wärme führt (nur) zum Verrichten von Arbeit vom System

isobare ZÄ

$$Q \neq 0 ; W \neq 0$$

$$\Delta U = W + Q$$

$$Q = \Delta U - (-p \cdot \Delta V)$$

Wärmezufuhr erhöht die innere Energie ($T \uparrow$) und verrichtet Volumenarbeit vom System

$$W = \Delta U - Q$$

Die am System verrichtete Arbeit erhöht die innere Energie ($T \uparrow$) und führt zur Wärmeabgabe

isochore ZÄ

$$W = 0$$

$$\Delta U = Q$$

Jede Änderung der inneren Energie ($T \uparrow \downarrow$) ist mit einem Wärmeaustausch ($\pm Q$) verbunden

$$Q = \Delta U$$

Jeder Wärmeaustausch führt zu einer Änderung der inneren Energie