

## 5.2.2 Merkpunkte zu Kapitel 5.2: Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik

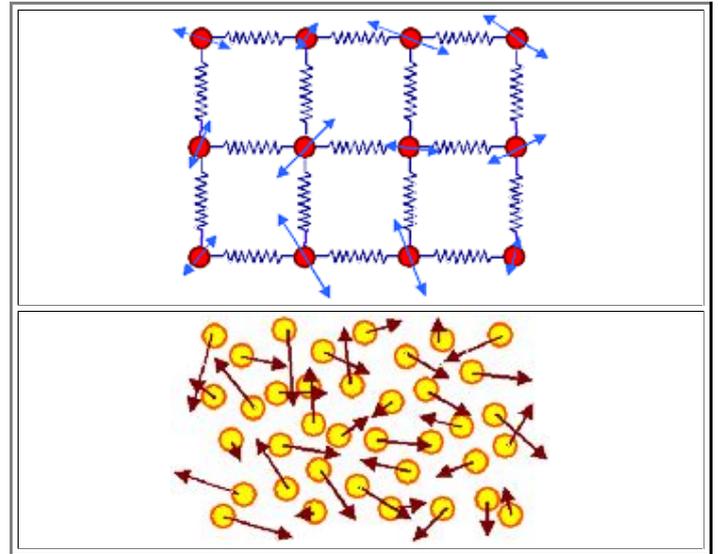
Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik ist der **Energieerhaltungssatz** inklusive der Wärme  $Q$  als Energieform.

- In differentieller Form besagt er, dass die Änderung der inneren Energie  $U$  des betrachteten Systems gleich ist der (differentiellen) zugeführten Wärme  $Q$  abzüglich der nach außen geleisteten (differentiellen) Arbeit  $W$ .

$$dU = dQ - dW$$

Atomistisch betrachtet bestehen alle Systeme aus Teilchen; thermodynamische Parameter oder **Zustandsvariable** wie **Druck** und **Temperatur** entstehen aus statistischen Betrachtungen von Teilcheneigenschaften.

- Die innere Energie ist nichts weiter als die in den energetischen **Freiheitsgraden**  $f$  residierende kinetische und potentielle Energie.
- Freiheitsgrade für kinetische Energie sind z.B. die Translation, Vibrationen, Rotationen.



Die Fundamentalfornel, die die Temperatur  $T$  auf ein Maß für die innere Energie  $U$  zurückführt lautet:

$$U = \frac{1}{2} \cdot f \cdot kT$$

Führt man bei **konstantem** Druck nur Wärme  $dQ$  zu, wird trotzdem Arbeit durch die Volumenausdehnung  $dV$  geleistet.

$$dW = p \cdot dV$$

Da bei Festkörpern i.d.R. die Bedingung konstanter Druck vorliegt, und die Effekte der Wärmeausdehnung meist nicht interessieren, führt man als Maß für die innere Energie eine neue Größe ein, die **Enthalpie**  $H$ .

- Damit gilt sehr einfach  $dH = dQ$ .

$$H := U + p \cdot V$$

Eine erste sehr weitreichende Konsequenz ergibt sich für die spezifischen Wärmen  $c$  aller Materialien.

- Insbesondere für Festkörper / Kristalle muß gelten, dass sie alle **dieselbe konstante** molare spezifische Wärme  $R$  (= Gaskonstante) haben **müssen**.
- Experimentell ist das nur für "hohe" Temperaturen erfüllt. Dieses, in der klassischen Physik unlösbare Dilemma, wird erst durch die Quantentheorie beseitigt.

$$c_v = \frac{1}{M} \cdot \frac{dU}{dT}$$

$$c_p = \frac{1}{M} \cdot \frac{dH}{dT}$$

$$c_{\text{Krist, mol}} = c_{p, \text{ mol}} = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot R = 3R$$

Der 1. Hauptsatz verlangt nur die Erhaltung der Energie, d.h. verbietet ein **Perpetuum mobile 1. Art**.

- Er verbietet aber z.B. nicht, dass Arbeit nach außen geleistet wird, indem sich das System abkühlt ( $-\mathbf{dQ}$ ); d.h. erlaubt ein *Perpetuum mobile 2. Art*.
- Das ist nicht in Einklang mit dem Experiment - wir brauchen einen **2.** Hauptsatz, der ein *Perpetuum mobile 2. Art* ausschließt.

## Fragebogen

Multiple Choice Fragen zu 5.1