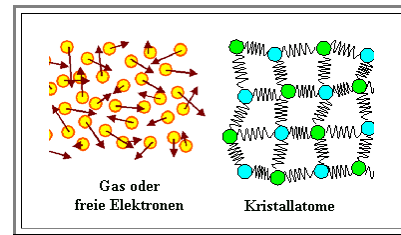


5.1.3 Merkpunkte zu Kapitel 5.1 "System, Temperatur, Energie und Entropie"

Ein thermodynamisches System besteht aus einer großen Zahl von Teilchen, die miteinander in Wechselbeziehung in Form von Energieaustausch stehen.

- Es gibt eine definierte Zahl an Möglichkeiten (= **Freiheitsgrade f**) in den Teilchen, Energie zu "haben" (Bewegung, Rotation, Potential, ...)
- Im Gleichgewicht gilt dann für **klassische** Teilchen der **Gleichverteilungssatz** (= Definition der **Temperatur**).



$$U_{\text{therm}} = \frac{1}{2} f k_B T$$

$$\approx k_B T$$

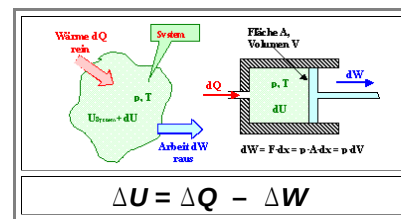
Für $T \rightarrow 0 \text{ K}$ folgt $U_{\text{therm}} = 0 \text{ eV}$; d. h. alle Teilchen im selbem Zustand $\Rightarrow$

- Trotzdem ist im Gleichgewicht die Besetzung der vorhandenen Energie-Zustände immer dieselbe.

Der Gleichverteilungssatz gilt *nicht* für Fermionen!

Es gilt **immer** der Energieerhaltungssatz = **1. Hauptsatz der Thermodynamik**.

- Der Gleichverteilungssatz folgt **nicht** aus dem **1. Hauptsatz**.
- Der **1. Hauptsatz** regelt nicht, was mikroskopisch vorliegt, d.h. welche **innere Energien U** die Teilchen im Mittel haben = welche Energieniveaus durch wieviel Teilchen besetzt sind.
- Es wird ein **2. Prinzip** benötigt.



Die **Entropie S** ist ein quantitatives Maß für **Unordnung**.

- Die Zahl **p_i** beschreibt die Zahl der mikroskopisch möglichen Anordnungen der Teilchen zum selben Makrozustand **i** .

$$S_i = k_B \cdot \ln p_i$$

2. Hauptsatz:

Im thermodynamischen Gleichgewicht hat ein System eine möglichst große Entropie **und** Die Entropie eines abgeschlossenen Systems wird nie von alleine kleiner

- Beispiel:** Leerstellen machen Unordnung. Die zugehörige Entropie kann man (mühsam) ausrechnen.

Entropie von n Leerstellen und $N - n$ Atomen

$$S_n = k_B \cdot \ln \left(\frac{N!}{n! \cdot (N - n)!} \right)$$

$$= k_B \cdot \left(\ln N! - \ln n! - \ln (N - n)! \right)$$