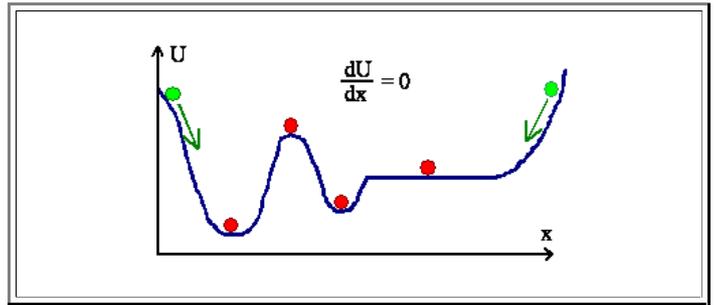


## 5.1.4 Merkpunkte zu Kapitel 5.1: Mechanisches, thermisches, chemisches und thermodynamisches Gleichgewicht

Ein Teilchen, oder auch ein ganzes System von Teilchen, befindet sich im **Gleichgewicht**, falls sich "nichts" mehr ändert.

- Bei einem klassischen "System" aus nur einem Teilchen ("Massenpunkt") herrscht Gleichgewicht, falls sich das Teilchen im Minimum der potentiellen Energie befindet und jede Bewegung durch Reibung beendet ist.
- "**Treibende Kraft**" in Richtung Gleichgewicht ist dabei die Minimierung der Energie.



Systeme **vieler** miteinander wechselwirkender mikroskopischer Teilchen müssen durch geeignete makroskopische (meßbare) Größen oder **Zustandsvariablen** beschrieben werden, die das System hinreichend charakterisieren.

- Im umfassenden **thermodynamischen Gleichgewicht** ändern sich diese **Zustandsvariablen** nicht mehr.
- Treibende Kraft in Richtung Gleichgewicht ist nicht nur die Minimierung der Energie, sondern auch die Maximierung von "Unordnung".

**Zustandsvariable** sind beispielsweise:

- Temperatur
- Druck
- Teilchenzahl

**Thermisches** Gleichgewicht bedingt dieselbe Temperatur **T**, **mechanisches** Gleichgewicht denselben Druck **p** überall im System.

**Chemisches** Gleichgewicht bedeutet, dass sich die Teilchenzahlen  $n_i$  nicht mehr ändern.

- Beispiele:
  - Zwei Gase mischen sich bis die (mittlere) Teilchenzahl überall dieselbe ist.
  - Salz löst sich in Wasser - bis "Sättigung", d.h. chemisches Gleichgewicht erreicht ist. Die Zahl der gelösten Ionen ändert sich nicht mehr.
- Ein "Teilchen" kann dabei vielerlei sein, z.B. ein Atom, Ion oder Molekül; aber auch ein Elektron, Photonen, Phonon, Defektelektron (= "Loch"), usw.

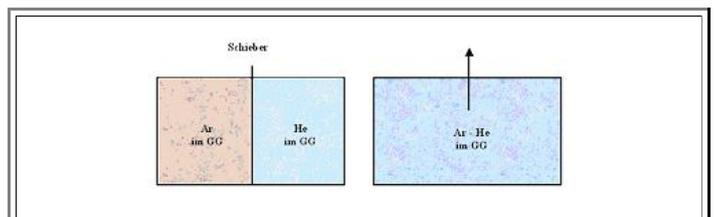
Der Begriff **chemisches** Gleichgewicht ist deshalb etwas mißdeutig; besser wäre "Teilchenzahlgleichgewicht".

Was wir brauchen ist ein **thermodynamisches Potential F = F(Zustandsvariablen)** in Analogie zum rein mechanischen Potential.

- Thermodynamisches Gleichgewicht liegt dann vor, falls **F** ein Minimum hat

**Mechanisches und thermisches und chemisches Gleichgewicht**

**= thermodynamisches Gleichgewicht**



**Gleichgewichtsbedingung für thermodynamisches Gleichgewicht:**

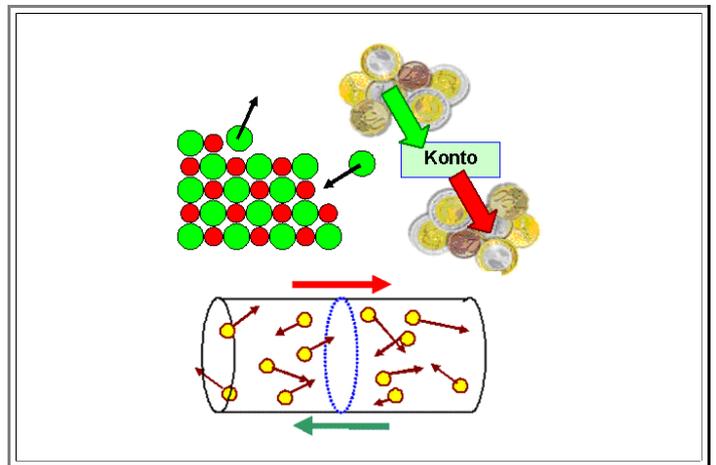
$$\Delta F = \frac{\partial F}{\partial n_1} \cdot \Delta n_1 + \frac{\partial F}{\partial n_2} \cdot \Delta n_2 + \frac{\partial F}{\partial n_3} \cdot \Delta n_3 + \dots = 0$$

Das Gleichgewicht in einem Systeme vieler Teilchen ist ein *dynamisches* Gleichgewicht.

Nur *makroskopisch* ändert sich nichts, *mikroskopisch* kann es trotzdem große Änderungen geben, die sich aber (im Mittel) exakt kompensieren.

Beispiele:

- Salzauflösung: Zahl der  $\text{Na}^+$  Ionen die in Lösung gehen = Zahl der  $\text{Na}^+$  Ionen, die sich am Kristall binden.
- Girokonto: Abhebungen = Einzahlungen.
- Strom: Elektronenfluß nach rechts = Elektronenfluß nach links.



## Fragebogen

Multiple Choice Fragen zu 5.1