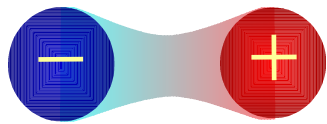


# 1.4.6. Elektrolytische Leitung von Strom

Elektrolyt: Flüssigkeit mit frei beweglichen **Ionen** (geladene Moleküle)  
z.B. Salzlösungen, Säuren, Laugen

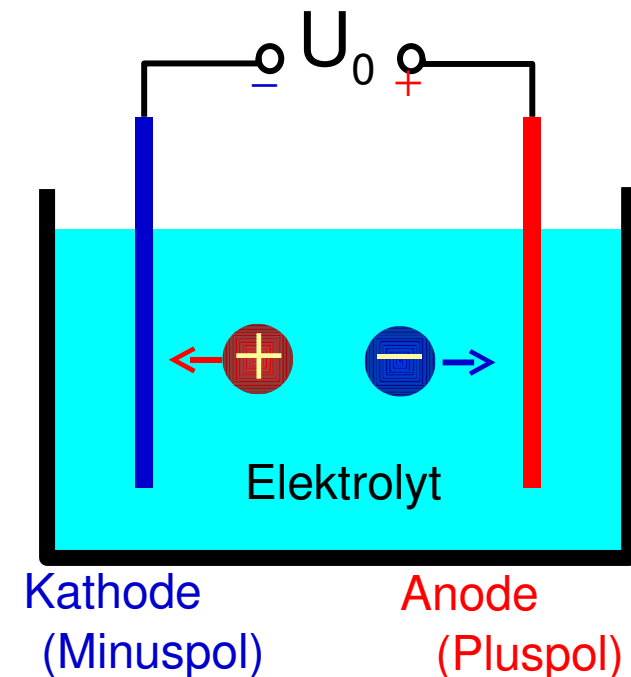
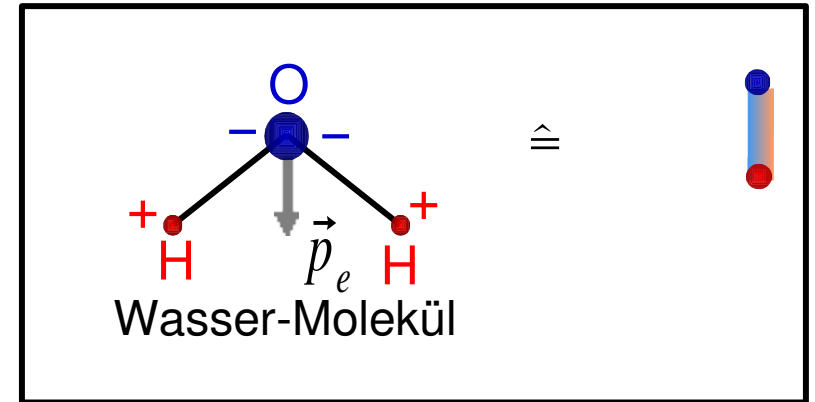
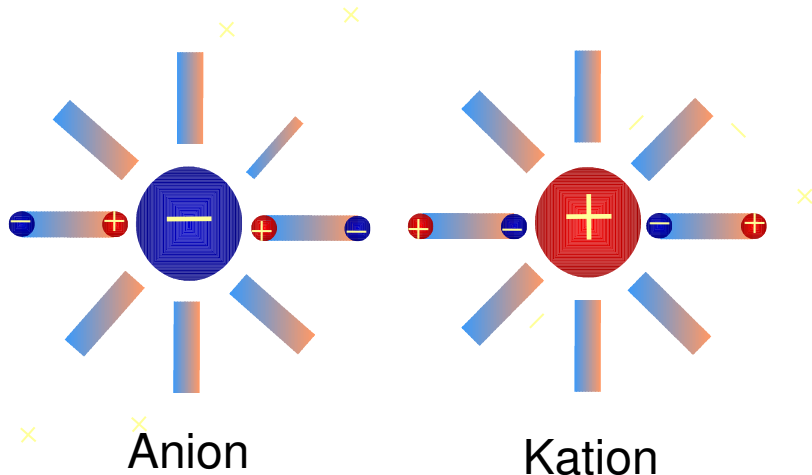
## Bildung eines Elektrolyts:

Molekül mit Ionenbindung



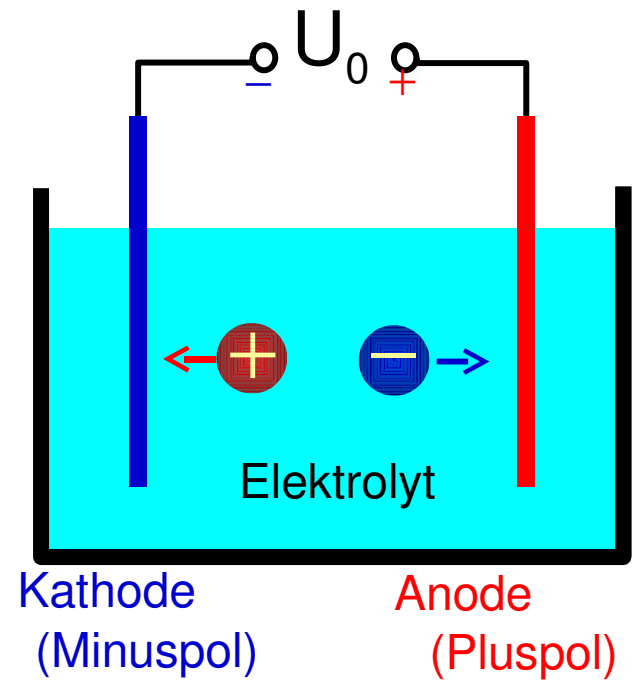
Dissoziation

(Aufspaltung in Wasser da energetisch günstiger)



Neutralisierung der Ionen an Elektroden  $\Rightarrow$

- Ablagerungen auf Elektroden
- Aufsteigen von Gasbläschen an Elektroden
- Auflösen von Elektroden



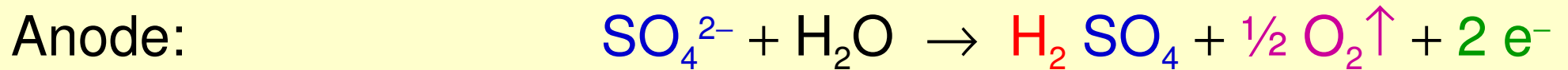
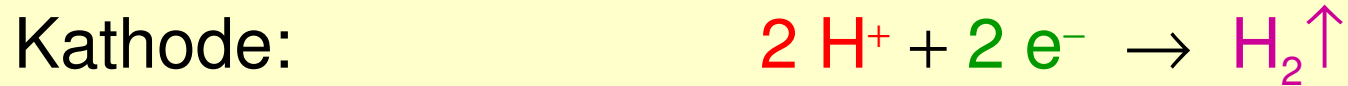
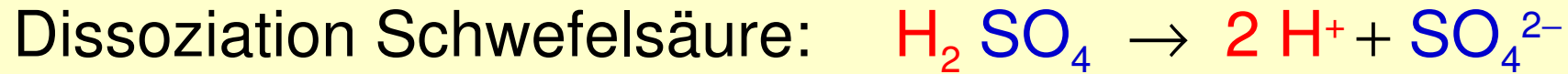
## Spezialfall: Dissoziation von Wasser



$\Rightarrow$  (geringe) Leitfähigkeit von Wasser

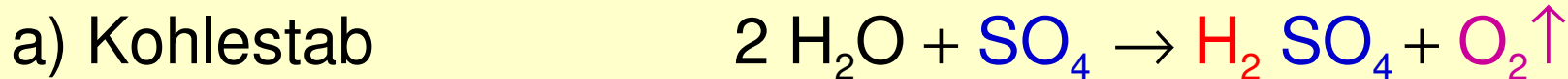
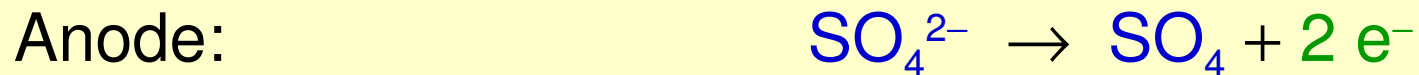
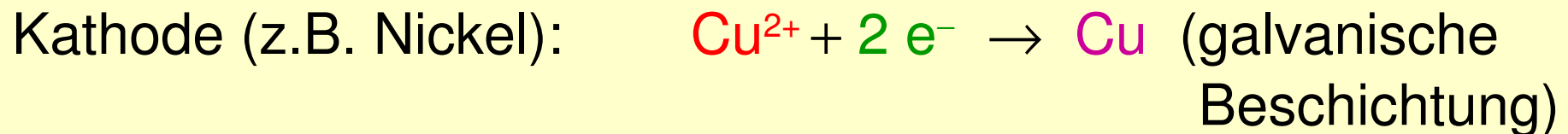
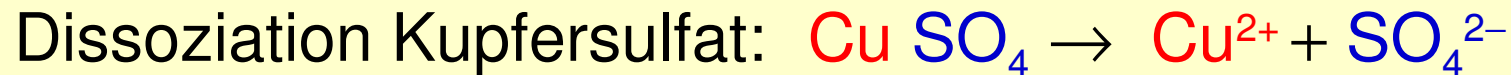
Erhöhung der Leitfähigkeit durch Zugabe von Salz etc.

## Knallgaserzeugung mit verdünnter Schwefelsäure:



$\Rightarrow$  2 H<sub>2</sub>-Moleküle pro O<sub>2</sub>-Molekül  $\Rightarrow$  Knallgas

## Kupferbeschichtung ( Rostschutz ):

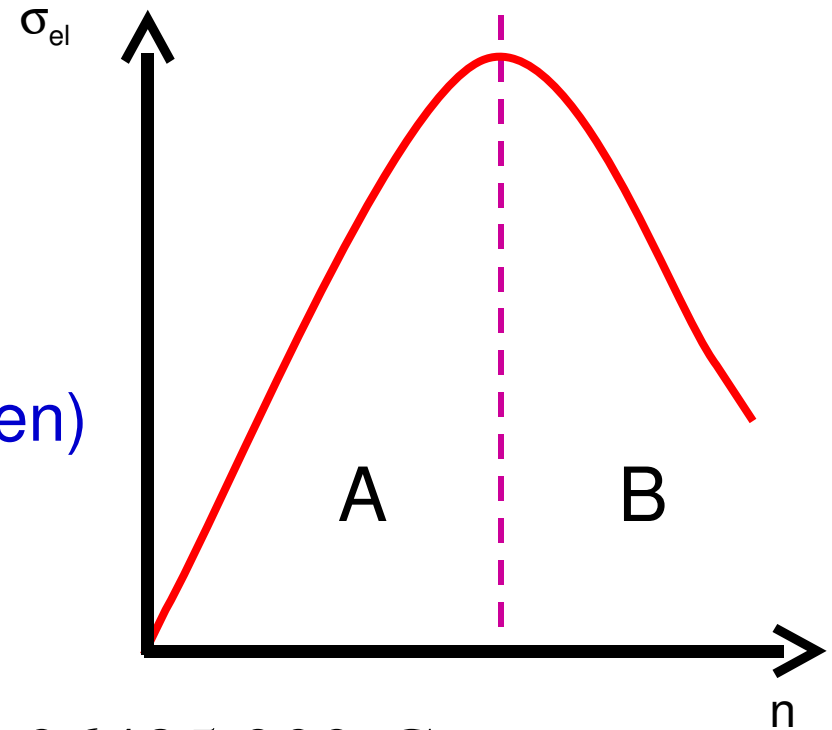


# Leitfähigkeit und Ionenkonzentration:

A: Ladungsträgerdichte steigt

B: Beweglichkeit nimmt ab

(Anziehung von Kationen und Anionen)



Def.: Faraday-Konstante

$$F = N_A \cdot e = 96485,309 \text{ C}$$

Folgerung: 1 Mol eines Ions mit Ladg.  $Z \cdot e$  transportiert die Ladg.  $Z \cdot F$

Bestimmung der Faradaykonstante mit Elektrolyse von Wasser:

Messe  $I$  und  $t$   $\Rightarrow$  Transportierte Ladung  $Q = Z \nu N_A e = Z F \nu$

Messe Teilchenzahl aus abgeschiedener  $H_2$ -Menge ( $p, V, T \Rightarrow \nu$ )

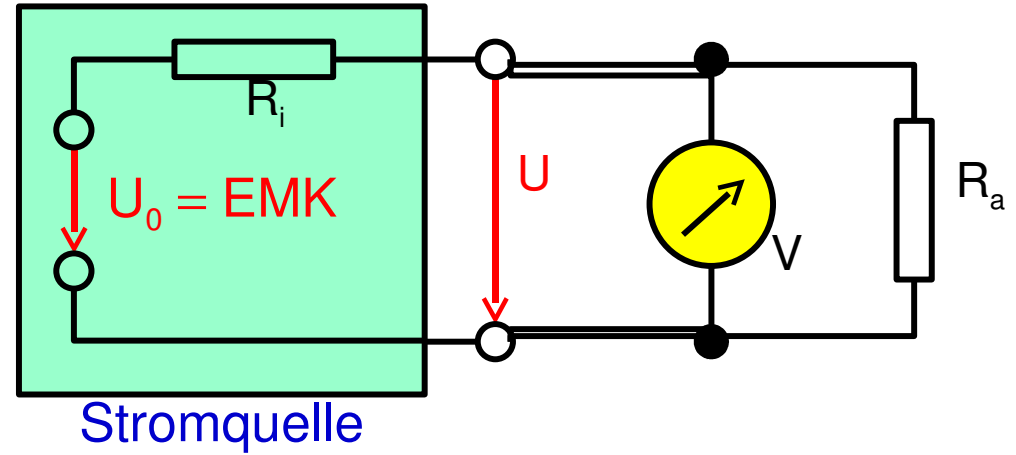
# 1.4.7. Stromquellen

$$U = U_0 - R_i \cdot I$$

$$= U_0 \left( 1 - \frac{R_i}{(R_a + R_i)} \right)$$

$$= U_0 \cdot \frac{R_a}{R_i + R_a}$$

EMK = ElektroMotorische Kraft



Messung von  $U(R_a) \Rightarrow R_i$  und EMK

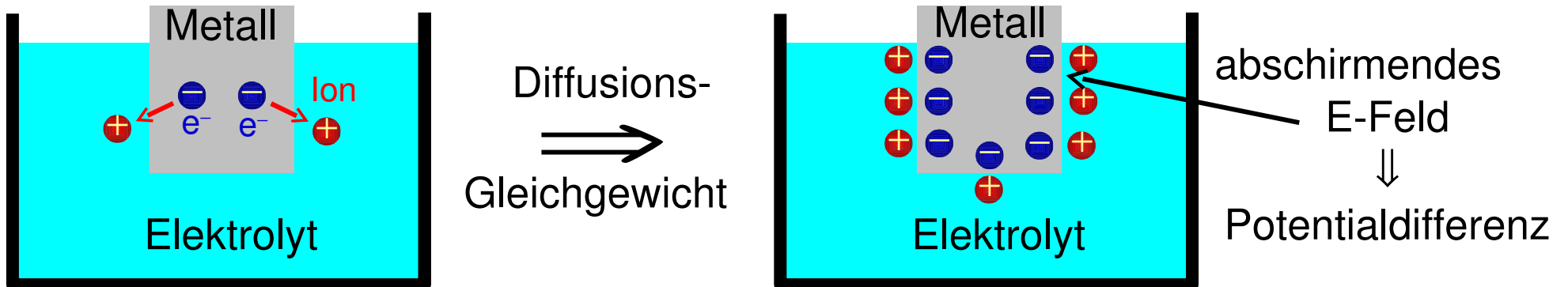
## Beispiele für Stromquellen:

b) Elektrodynamische Generatoren:

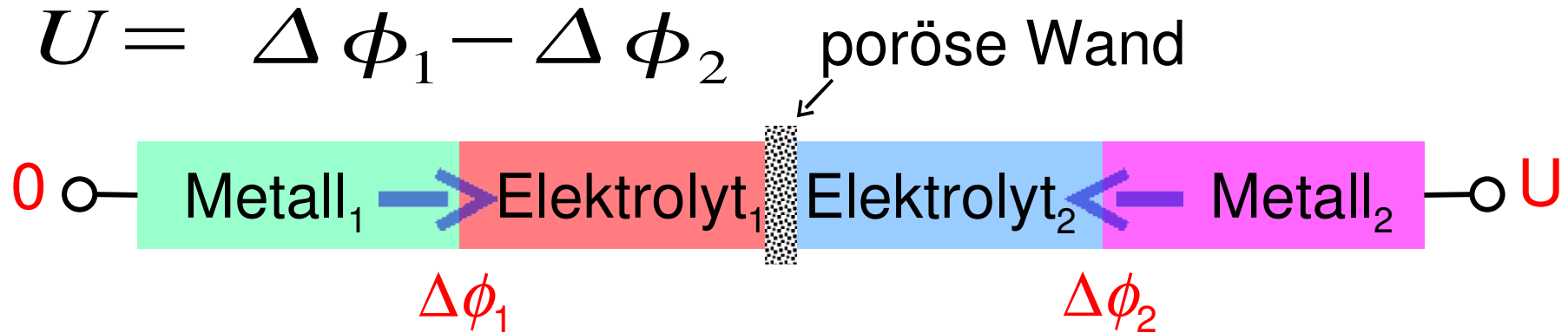
$$\frac{d\vec{B}}{dt} \Rightarrow \text{Strom}$$

c) Solarzellen (  $\rightarrow$  Halbleiterphysik )

d) Galvanische Elemente: Lösung von Metall in Elektrolyt



# Galvanisches Element (Prinzip):



Referenzelektrode: H<sub>2</sub>-umspülte Platinelektrode in 1-normaler Säure

1 Mol H<sup>+</sup>/ℓ

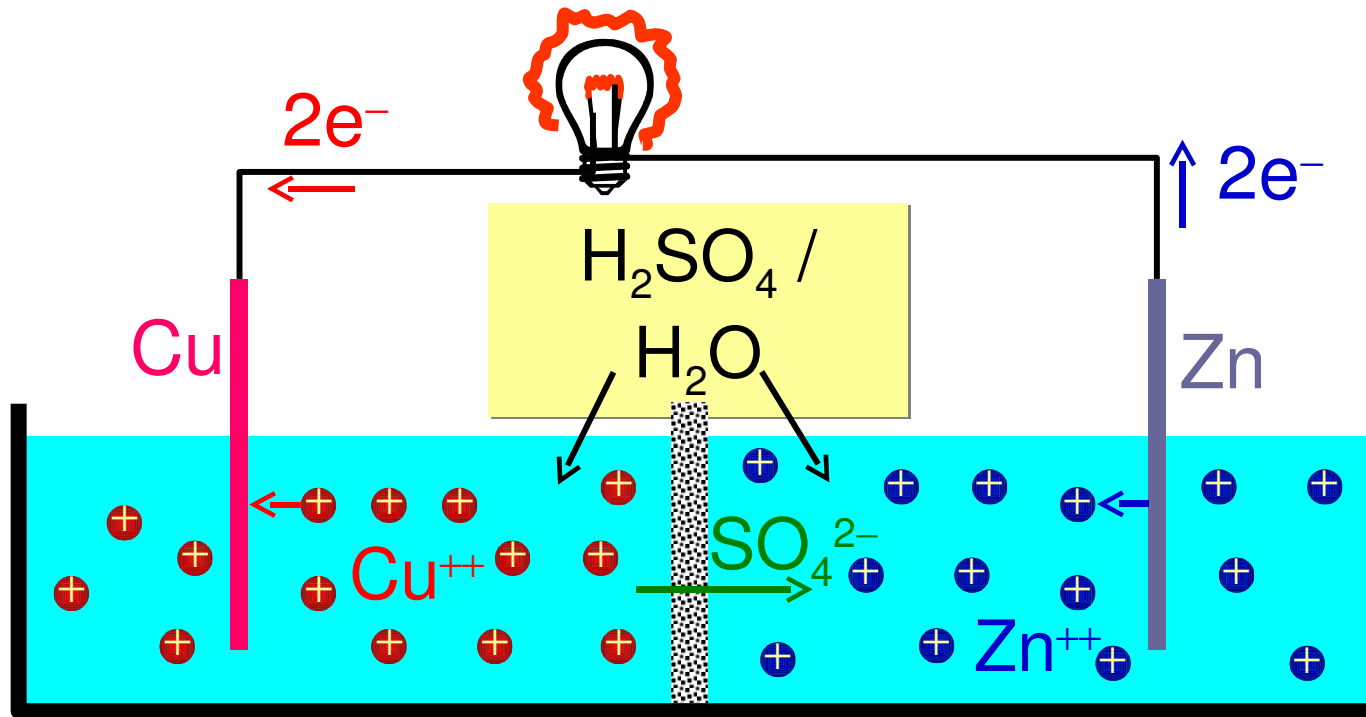
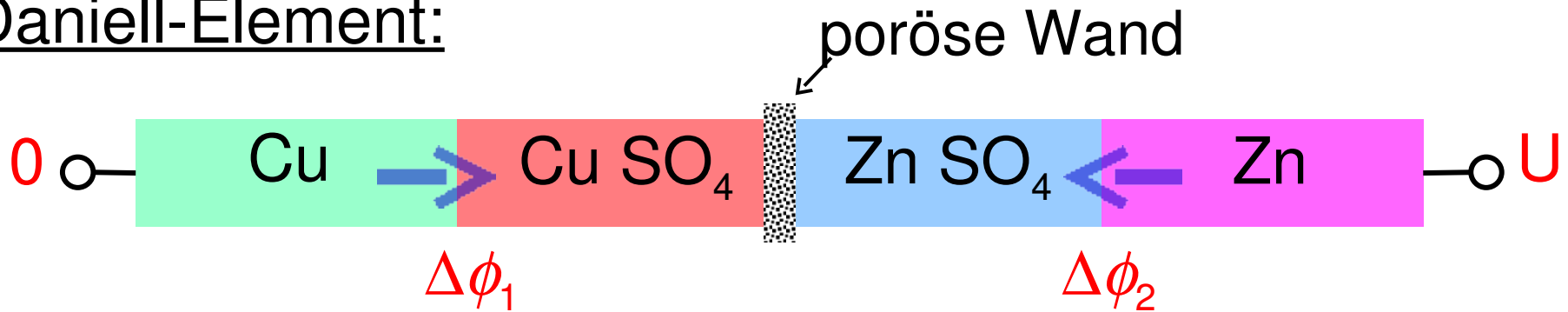
Spannungsreihe: Galvanische Spannung gegenüber Referenzelektrode  
(Metalle in 1-normalem Elektrolyt mit gleichem Metallion)

1 Mol Metallionen/ℓ

Edle Metalle:  $U > 0$  (Cu, Ag, Au,...) geben schwer Elektronen ab

Unedle Metalle:  $U < 0$  (Fe,...) geben leicht e<sup>-</sup> ab ⇔ oxidationsfreudig

# Daniell-Element:

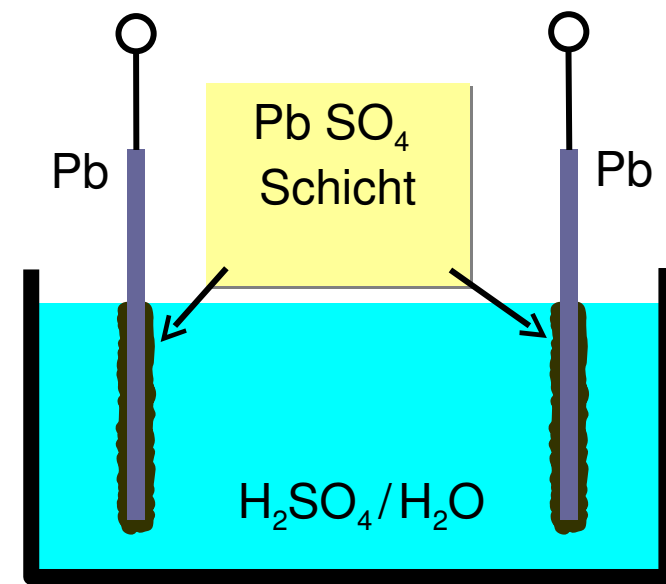


$$\Delta\phi = \Delta E = E(\text{Cu-Abscheidung}) - E(\text{Zn-Auflösung})$$

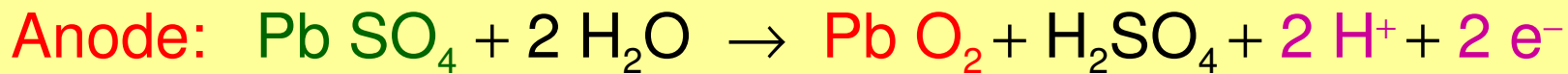
Bemerkung: Cu SO<sub>4</sub> als gemeinsames Elektrolyt möglich, aber Zn-Elektrode würde sich mit Kupfer überziehen!

a) Akkumulatoren:  
Wiederaufladbare Stromquellen

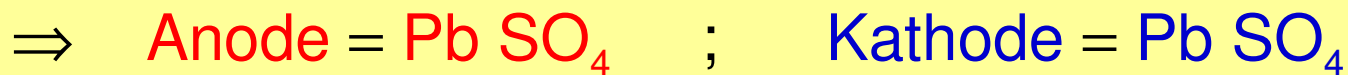
Beispiel: Bleiakku



Aufladen:



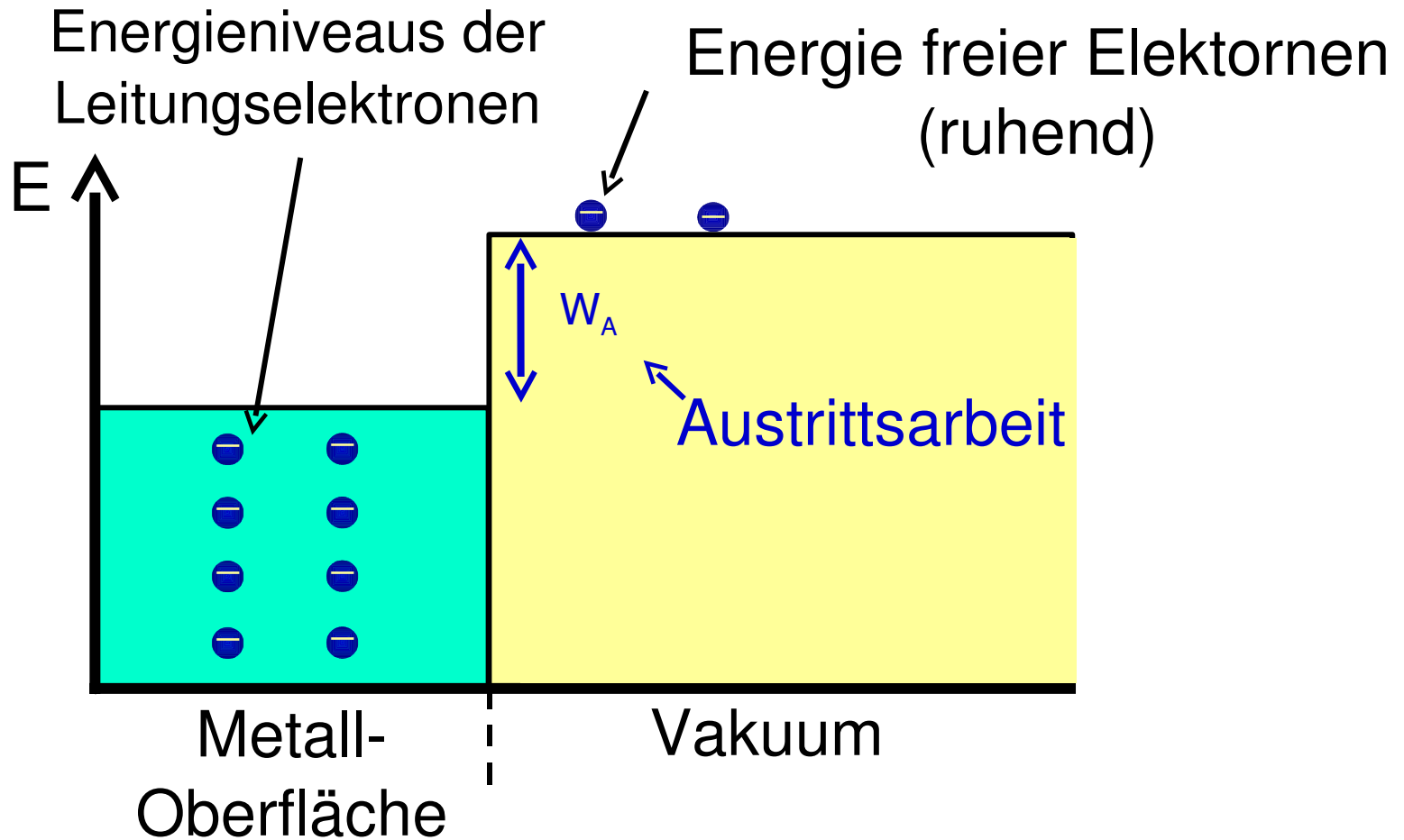
Entladen:



Analog: Trockenbatterie (Leclanché-Element)



# a) Thermoelektrizität



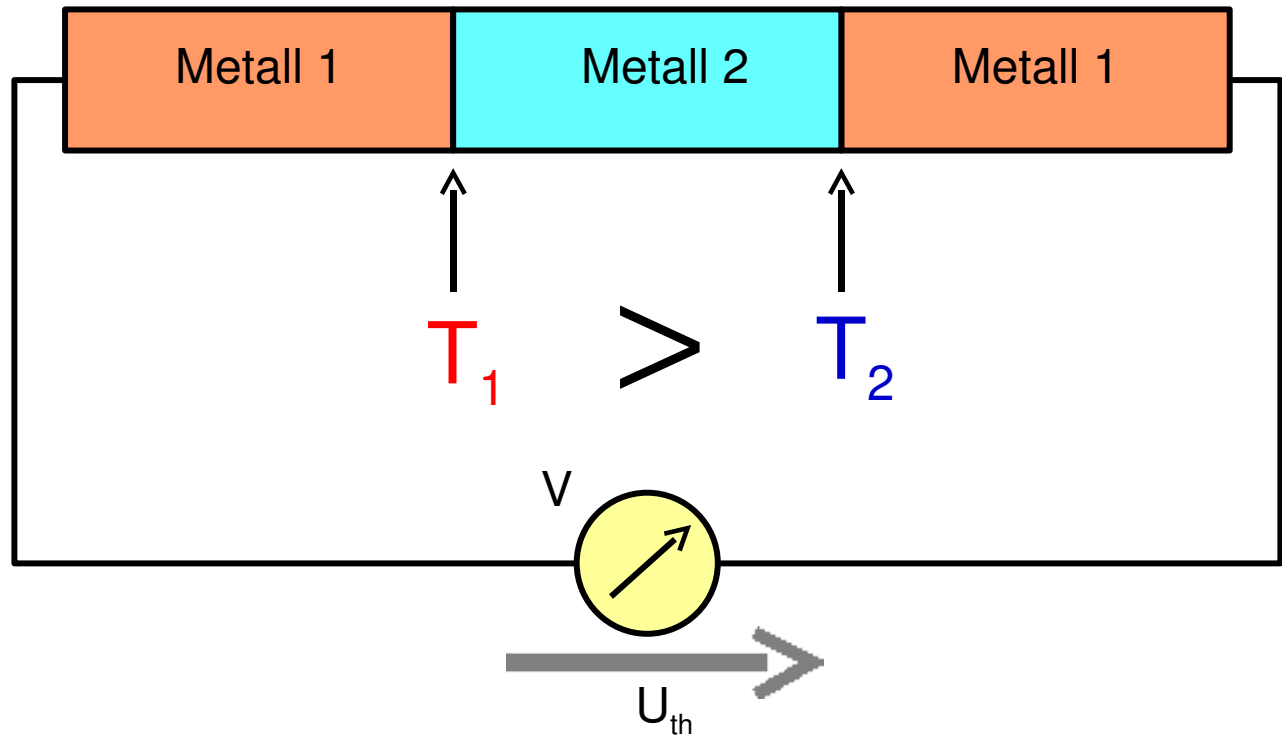
Def.: **Kontaktpotential**  $U_{12} \cong \Delta W_A$  zwischen zwei sich berührenden Metallen 1, 2

stark Temperatur-abhängig

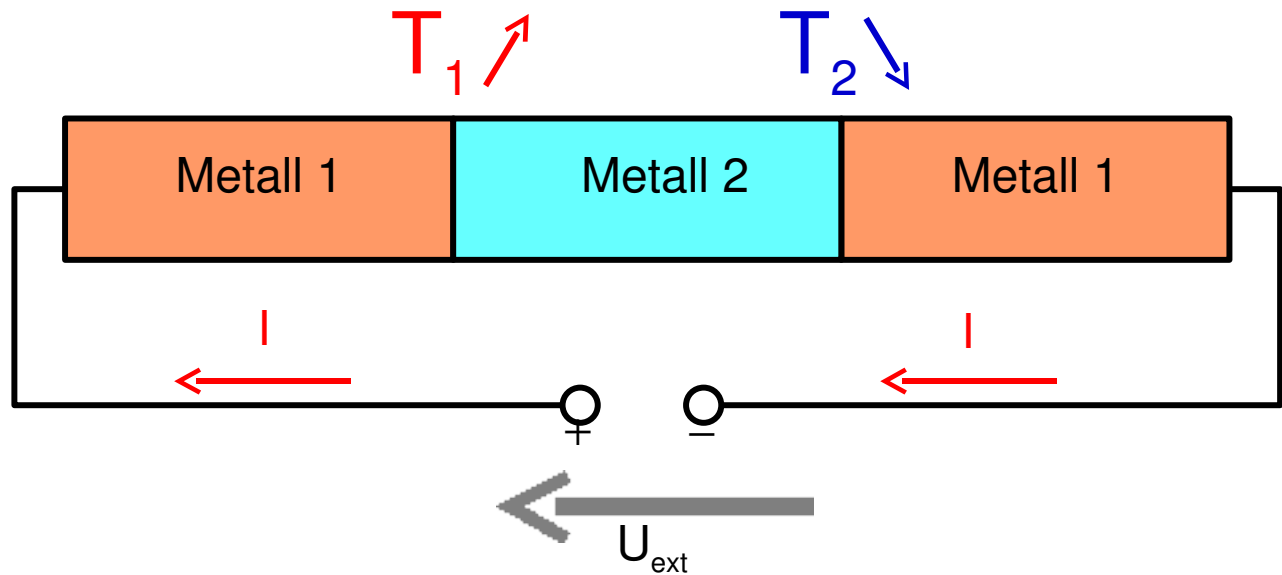
## Thermoelement:

Thermospannung

$$U_{th} = a \cdot \Delta T = a \cdot (T_2 - T_1)$$



## Peltier-Effekt:



# 1.5. Magnetismus

## 1.5.1. Permanentmagnete

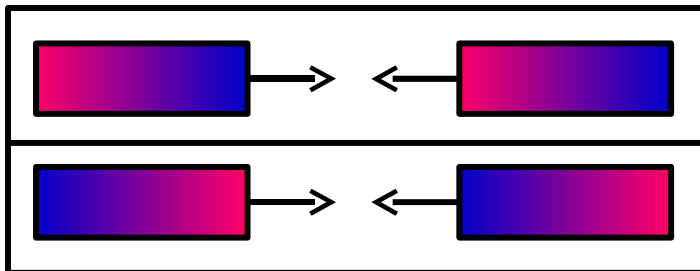
Altertum: Fund magnetischer Steine bei Magnesia (Kleinasien)

Heute: **Magnetfelder**  $\leftrightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{elektrische Ströme} \\ \text{magnetische Materialien} \leftrightarrow \text{mikroskopische Kreisströme} \\ \text{und Spins} \end{array} \right.$

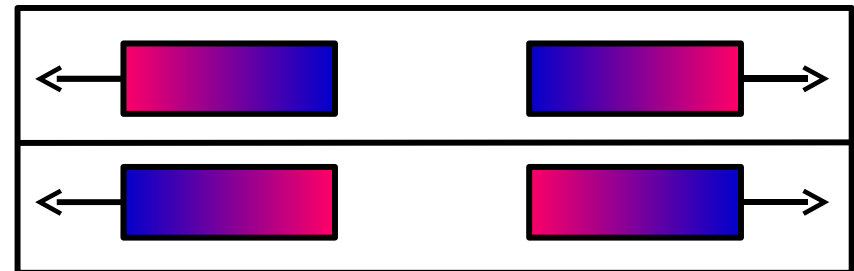
Empirische Befunde:

a) Es gibt zwei **magnetische Pole**: **N (Nord)**

**S (Süd)**

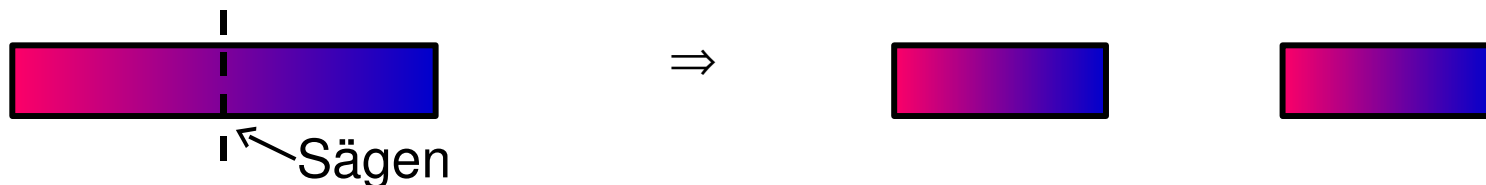


Anziehung



Abstoßung

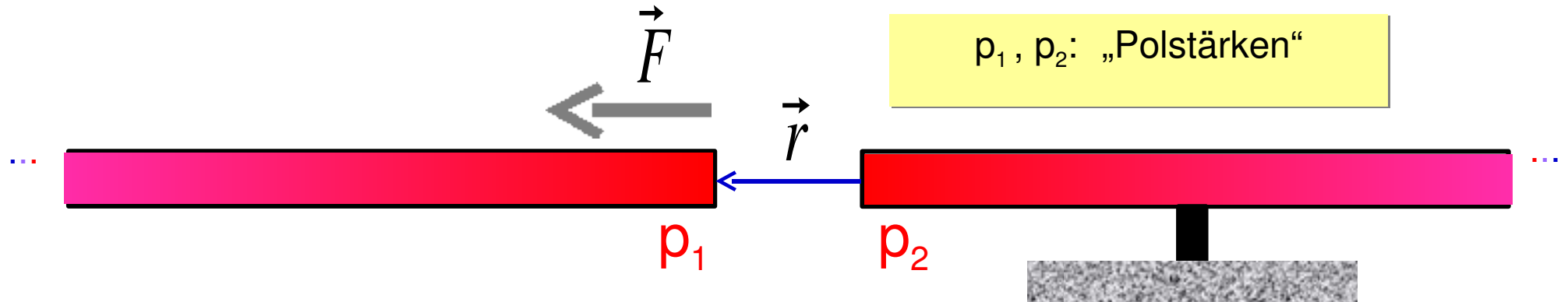
a) Es wurden bisher **keine magnetischen Monopole** beobachtet



$\Leftrightarrow$  Magnetfeldlinien sind stets **geschlossen**, d.h. sie enden nie

# Empirisches magnetisches Kraftgesetz:

sehr lange Magnetstäbe  $\rightarrow$  quasi isolierte Magnetpole



Analogie zum Coulomb-Gesetz:  $\vec{F} = f \cdot \frac{p_1 p_2}{r^2} \cdot \vec{e}_r$

Definition:  $f = \frac{1}{4 \pi \mu_0}$ ,  $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

Folge: Quantifizierung der Polstärke

analog zur elektrischen Ladung

$$[p] = Vs$$

$$[Q] = As$$

Feldkonzept (im Vakuum):  $p_2 \rightarrow 0$  ist **Probepol** im **Magnetfeld** von  $p_1$

Definition: **Magnetische Erregung**

$$\vec{H}(\vec{r}) = \lim_{p_2 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}(\vec{r})}{p_2} \quad [H] = Am^{-1}$$

Definition: **Magnetische Feldstärke**

$$\vec{B}(\vec{r}) = \mu_0 \cdot \vec{H}(\vec{r}) \quad [B] = Vsm^{-2}$$

Einheiten der magnetischen Feldstärke:

**SI:**  $1T = 1\text{Tesla} = 1Vsm^{-2}$

**cgs-System:**  $1G = 1\text{Gauss} = 10^{-4}T$

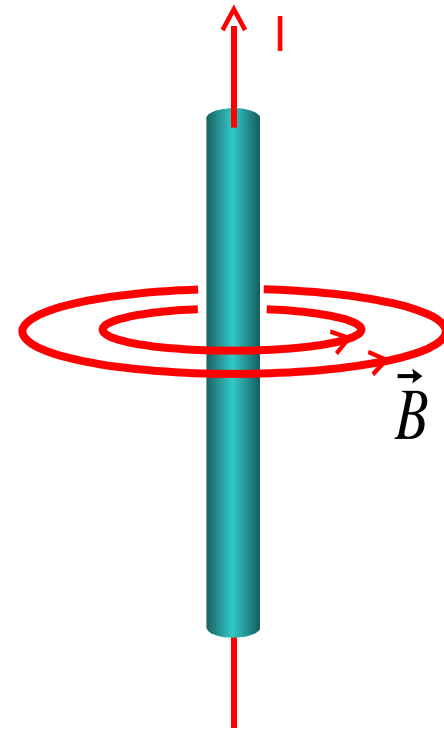
Beispiele:

- Erdmagnetfeld (Oberfläche)  $\approx 20\mu T$
- NMR-Tomograph:  $\approx 1T$
- Supraleitende Magnete (Beschleuniger):  $\approx 10T$
- Neutronensterne (Oberfläche):  $\approx 10^8T$

# 1.5.2. Magnetfelder stationärer Ströme

## Beobachtung:

- Stationäre Ströme erzeugen **Wirbelfelder**
- Feldrichtung wechselt mit Stromrichtung
- $B \propto r^{-1}$  ,  $B \propto I$   $\Rightarrow \vec{B}(r) \cdot (2 \pi r) = \text{const.} \cdot I$



Quantitativ beschreibbar durch:

Amperesches Gesetz

$$\oint_C \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I$$

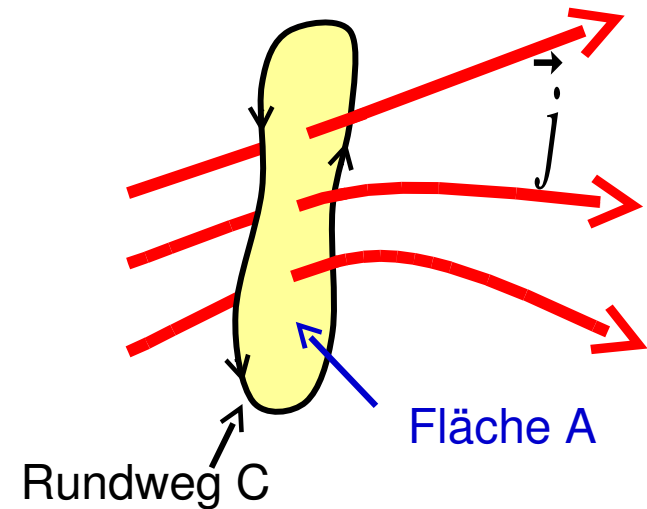
mit

$$I = \int_A \vec{j} d\vec{A}$$

Stokesscher Satz  $\Rightarrow \text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$

nicht konservativ!

Das Magnetfeld hat kein skalares Potential!



Beobachtung: es gibt keine magnetischen Monopole

⇔ das Magnetfeld ist quellenfrei

⇔ magnetische Feldlinien sind geschlossen

⇔  $\operatorname{div} \vec{B} = 0$