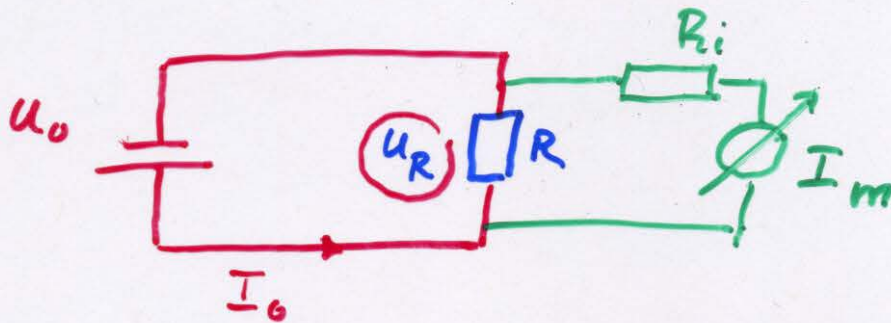


- Spannungsmessung

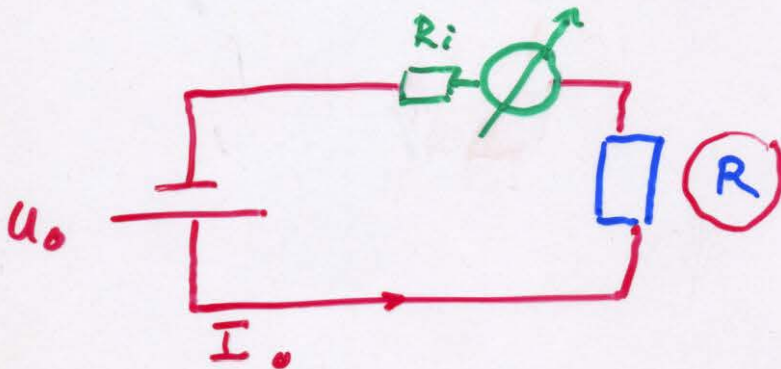


$$I_0 = I_m + I_R$$

$$U_R = I_R \cdot R$$

$$= I_m \cdot R_i$$

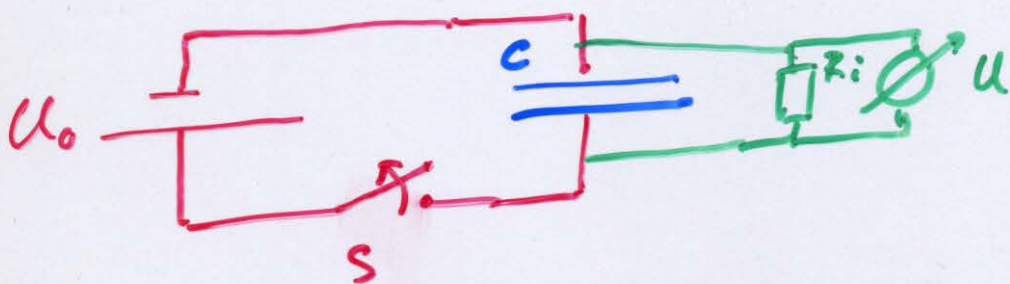
- Widerstandsmessung



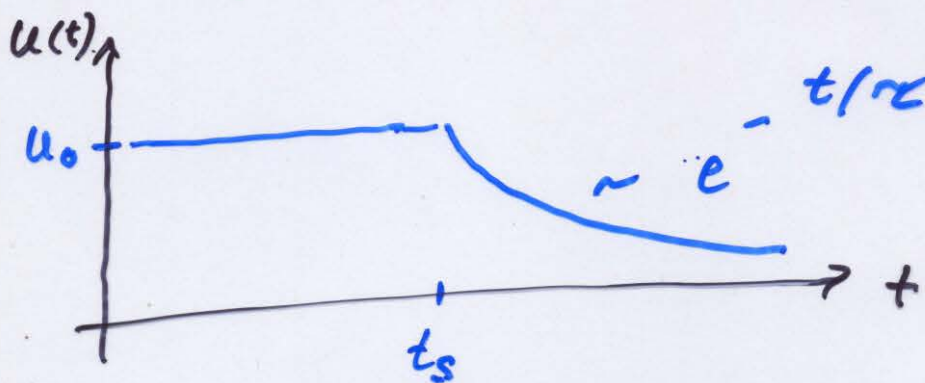
$$R + R_i = \frac{U_0}{I_0}$$

$$R = \frac{U_0}{I_0} - R_i$$

• Kapazität



Messung der Zeitkonstanten der Entladung des Kondensators



$$\tau = RC \quad \Rightarrow \quad C = \frac{\tau}{R}$$



### 3.3. Stromquellen

Trennung von pos. und neg. Ladungen  
→ Strom

- Batterien, Akkus      Elektrochemische Stromerzeugung
- Generatoren      Magnetodynamische  $\mathcal{E}$ -E.
- Thermoelektrizität      Berührungsspannung
- Solargeneratoren      Photoeffekt



$$E_{\gamma} = h\nu$$

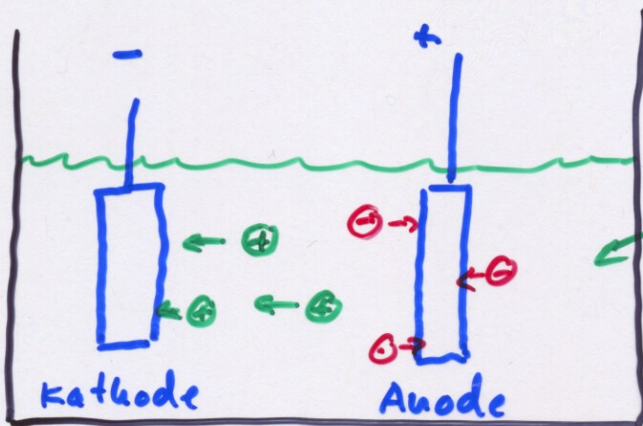
$$= E_{e^-} - W$$

Netzgeräte

Strom- und Spannungswandler



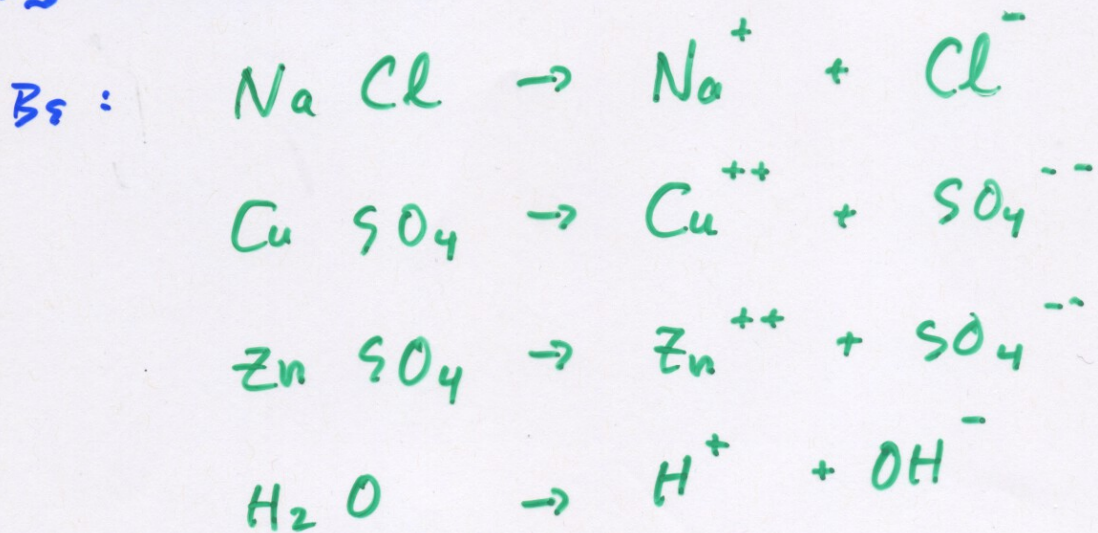
### 3.3.1 Elektrochemische Prozesse



Elektrolyt:  
Stoff, der in wässriger  
Lösung in Ionen  
dissoziiert wird

Jon:  $\pm 0 \gg$  "Wandernde" (Gr.)  
Gelades Atom oder Molekül

A] Dissoziation





### B] Ionenwanderung

Elektrisches Feld in Elektrolyt:

$$v^+ = b^+ \cdot E$$

$$v^- = b^- \cdot E$$

$b$  Beweglichkeit

$$[b] = \frac{\text{m/s}}{\text{V/m}} = \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$$

Bs: •  $\text{H}^+$  :  $b^+ = 31,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$

dh.  $v_{\text{H}^+} = 31,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
im Feld  $1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

•  $\text{OH}^-$  :  $b^- = 17,4 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$

•  $\text{Na}^+$  :  $b^+ = 4,3 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$

• typisch :  $b = \mathcal{O} (5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}})$

Strom im Feld  $E$ :

$$j = z \cdot e \cdot v \cdot n \quad \text{Stromdichte}$$

$z \cdot e$  Ladung eines Ions

$n$  Zahl der Ionen  $(\text{m}^{-3})$



### B] Ionenwanderung

Elektrisches Feld in Elektrolyt:

$$v^+ = b^+ \cdot E$$

$$v^- = b^- \cdot E$$

b Beweglichkeit

$$[b] = \frac{\text{m/s}}{\text{V/m}} = \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$$

Bs: •  $\text{H}^+$  :  $b^+ = 31,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$

dh.  $v_{\text{H}^+} = 31,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
im Feld  $1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

•  $\text{OH}^-$  :  $b^- = 17,4 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$

•  $\text{Na}^+$  :  $b^+ = 4,3 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$

• typisch :  $b = \text{O} (5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}})$

Strom im Feld E:

$$j = z \cdot e \cdot v \cdot n \quad \text{Stromdichte}$$

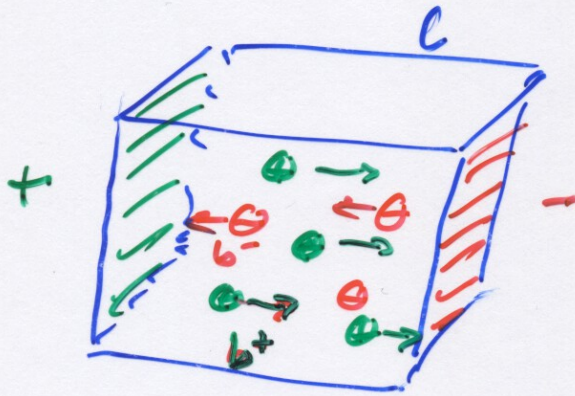
$z \cdot e$  Ladung eines Ions

$n$  Zahl der Ionen ( $\text{m}^{-3}$ )



Insgesamt:  $j = j^+ + j^-$

Strom:  $I = A \cdot e \left( z^+ b^+ n^+ + z^- \cdot b^- n^- \right) \cdot \frac{U}{l}$



$\sim U$

$$I = U / R$$

Vergleich Ionenleiter, Elektronenleiter

Spez. Widerstand:

$$\rho_{\text{Ionen}} \sim 10^2 \Omega \text{m}$$

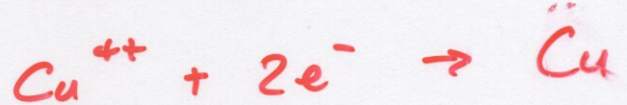
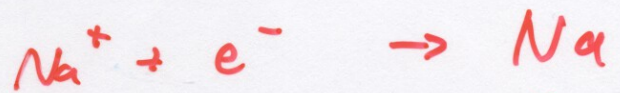
$$\rho_{e^-} \sim 10^{-4} \Omega \text{m}$$



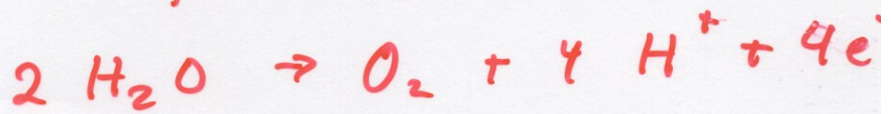
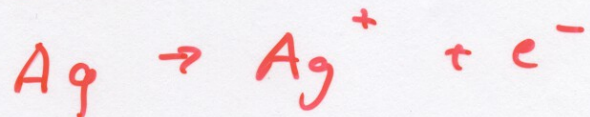
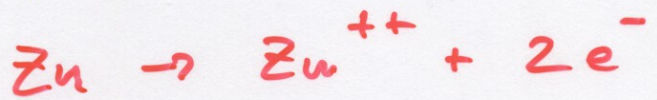
## C] Elektrolyse

- Abscheidung von Ionen
  - Auslösung " }
- an Elektroden

Kathode = Reduktion:



Anode = Oxidation:



Transportierte Ladung:

$$Q (\text{in Mol}) = n \cdot N_A \cdot z \cdot e$$

$$= n \cdot z \cdot F$$

$$1 \text{ Mol} \hat{=} 6 \cdot 10^{23} \text{ Atome oder Moleküle}$$

↑  
 $N_A$



$n$  : Zahl der Mole

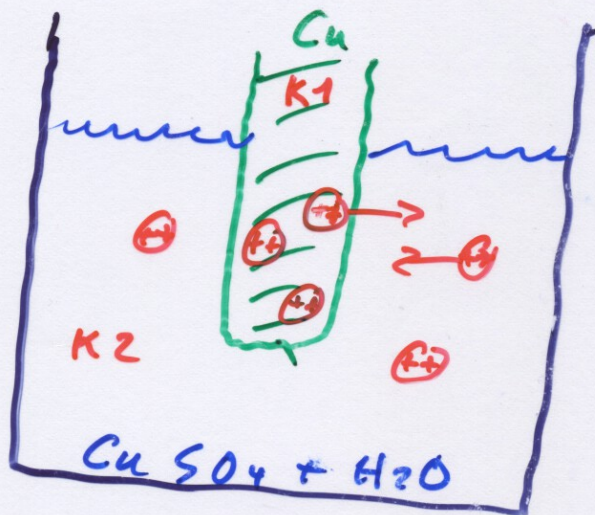
$N_A$  : Loschmidt zahl  $6 \cdot 10^{23} / \text{Mol}$

$F$  :  $N_A \cdot e = 96485 \text{ C} / \text{Mol}$

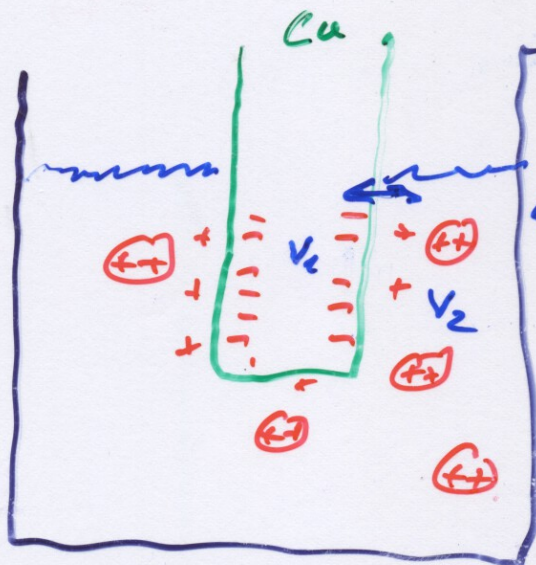


# D) Galvanik

Stoff austausch zw. Elektrode und Elektrolyt.



$\text{Cu}^{++}$   $\equiv$   $\text{Cu}^{++}$   
 K1, K2:  
 Konzentration



Gleichgewicht

$$\Delta U = V_1 - V_2$$

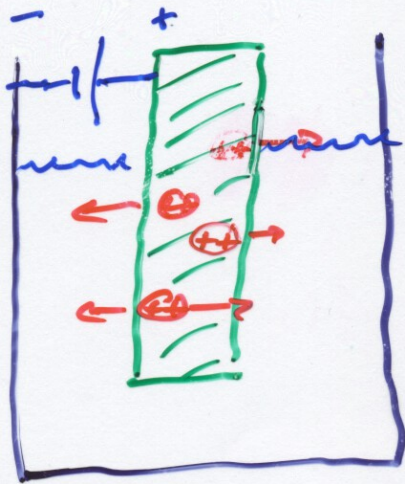
$$\frac{K_2}{K_1} = e^{-\frac{\Delta U \cdot e}{k \cdot T}}$$

mit  $k = 1,4 \cdot 10^{-25} \frac{\text{J}}{\text{K}}$

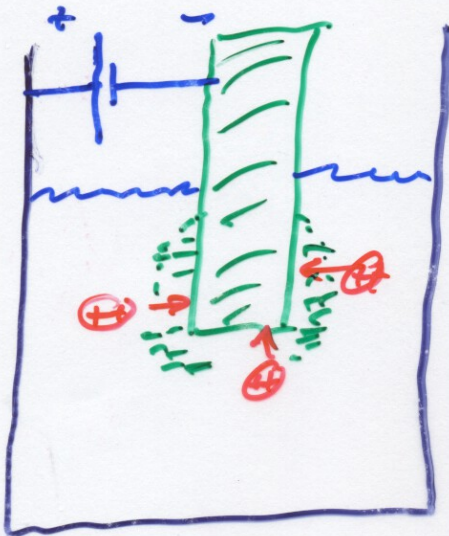
Im Gleichgewichtszustand fließt kein Strom



2 Fälle :

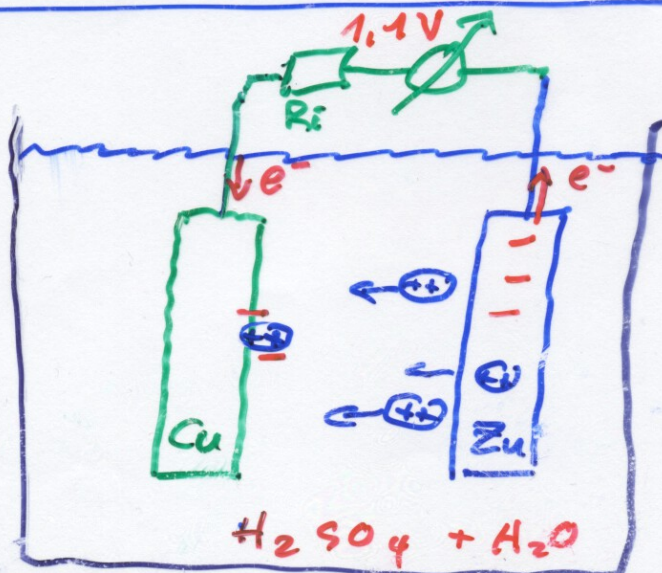


Elektrode positiv  
geladen:  $\text{Cu}^{++}$   
tritt verstärkt in  
Elektrolyt  
 $\Rightarrow$  Auflösung



Elektrode negativ:  
Anlagerung

### 3.3.2 Galvanische Elemente



Abbau von  $\text{Zn}^{++}$   
Anlagerung an  
Cu - Elektrode

Grund:  $\text{Cu}^{++}$   
stärker gebunden  
in Cu als  $\text{Z}^{++}$   
in Zn



Vergleich der „Bindungsenergien“:

Volta'sche Spannungsreihe

	$\Delta V$ [V]
Li	-3,02
Na	-2,71
Zn	-0,76
Pt	0
Pb	-0,13
Cu	+0,34
Ag	+0,80
Au	+1,5

A. Volta (1745 - 1827)

Studien zur  
Stromerzeugung

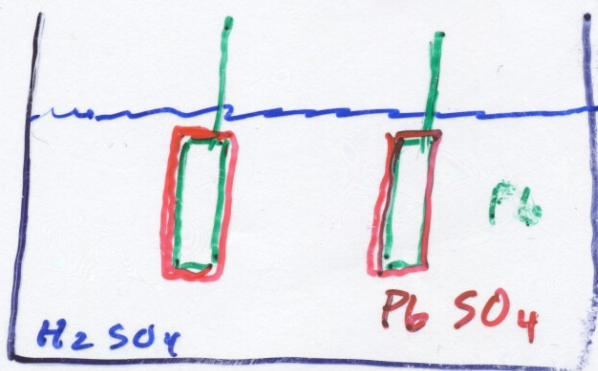
L. Galvani (1737 - 1798)

„

### 3.3.3 Akkumulatoren

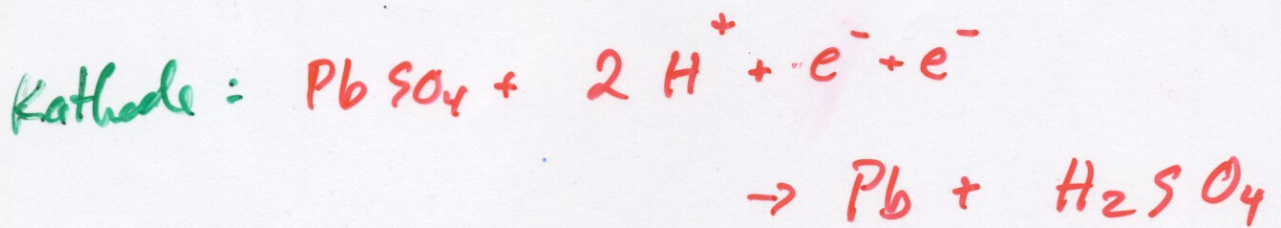
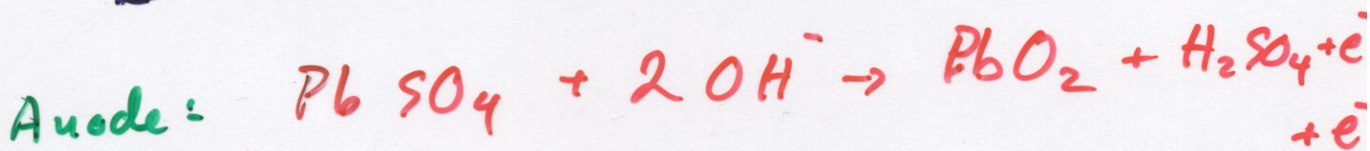
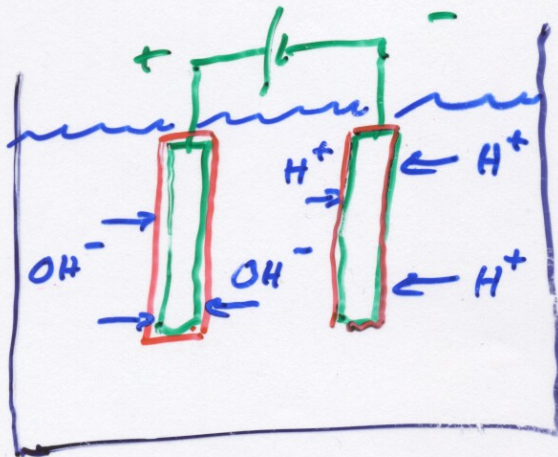
---

a)

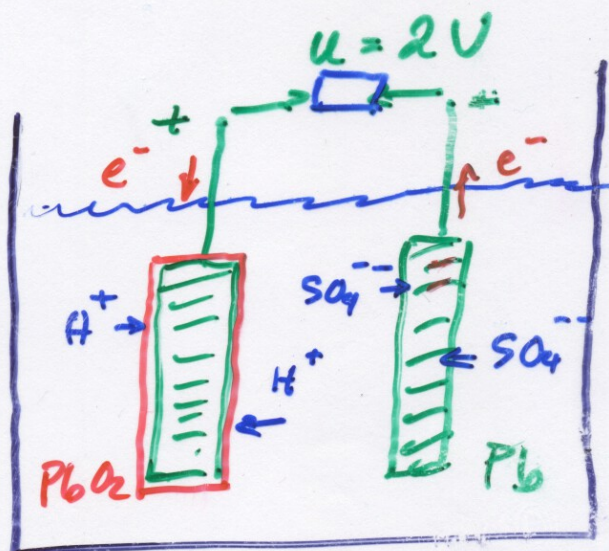




b) "Aufladen" mit externer Spannungsquelle



c) Nach Aufladung:



Entladung

