

Elektrizitätslehre II



Widerholung:

Elektrischer Strom

Strom = geordnete Bewegung der Ladungen

Strom im Vakuum

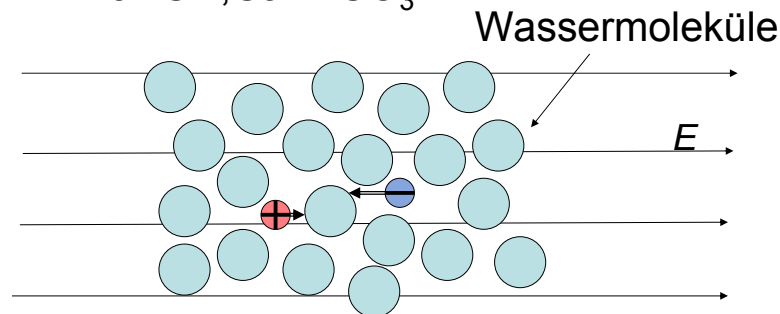
Strom im Gas

Strom in Flüssigkeit (Lösung)

Strom im Festkörper

Strom in Lösungen

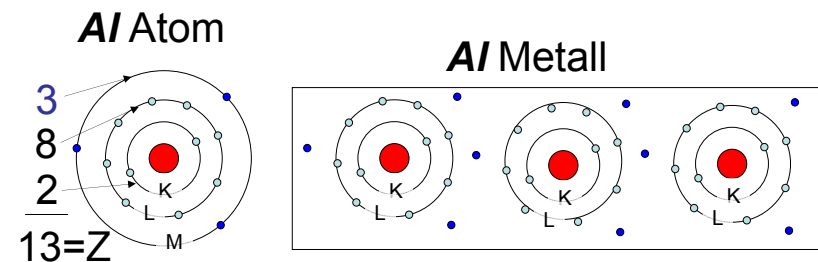
Elektrolyt: Ionen + und –
z.B. $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$; $\text{Ca}^{2+} \text{CO}_3^{2-}$



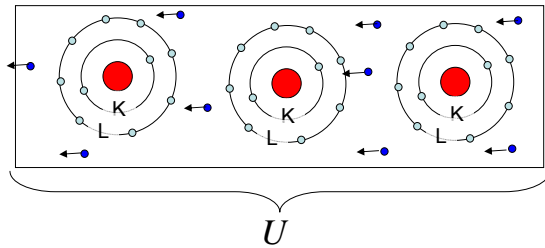
Elektrische Energie => Wärme
+chemische Energie

Strom in Metalle

Metall: Feste Atomkerne mit
geschlossenen Elektronenhüllen
Die Elektronen der äußere Hüllen
bewegen sich frei. (Sie sind
„kollektive“ Elektronen)



Strom in Metalle:
Wanderung der Elektronen.



Zusammenstoß mit der Atome =>
=> Wärme
Elektrische Energie => Wärmeenergie

Bemerkung: Wärmebewegung (km/s)
Strombewegung (mm/s)
(Driftgeschwindigkeit)

Analogie: Warenhaus

Elektrische Stromstärke

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Durch einen
Leiterquerschnitt
während Δt Zeit
durchgeflossene
Ladung

Einheit: Ampere (A)

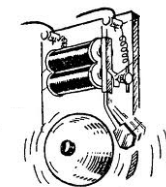
$1A = 1C/1s$

Konventionelle Stromrichtung: Bewegungs-
richtung der positive Ladungen.

Wirkungen des Stromes

Wärmewirkung
Chemische Wirkung
Magnetische Wirkung

(Biologische Wirkung)
(Lichtwirkung)



Bei Metallen gilt ein Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke:

$$I \sim U$$

d.h. U/I ist konstant. Diese Konstante wird als **Widerstand** bezeichnet:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{Einheit : Ohm } \Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

└ Ohmsches Gesetz

Bei Metallen gilt ein Zusammenhang zwischen der Spannung und Stromstärke:

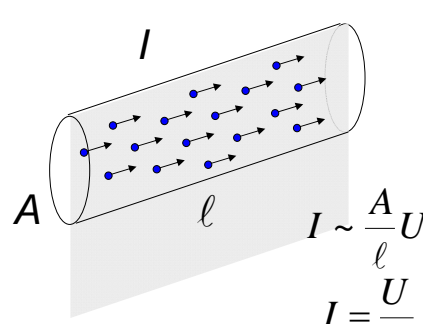
$$I \sim U$$

d.h. U/I ist konstant. Diese Konstante wird als **Widerstand** bezeichnet:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{Einheit : Ohm } \Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

└ Ohmsches Gesetz

Widerstand eines Leiters



$I \sim v \sim E = U/\ell$
 $I \sim Q \sim A$

$$\left. \begin{aligned} I &\sim \frac{A}{\ell} U \\ I &= \frac{U}{R} \end{aligned} \right\} R \sim \frac{\ell}{A} \Rightarrow R = \rho \frac{\ell}{A}$$

$R = \rho \frac{\ell}{A}$

Spezifischer Widerstand $\Omega\text{m}; \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

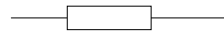
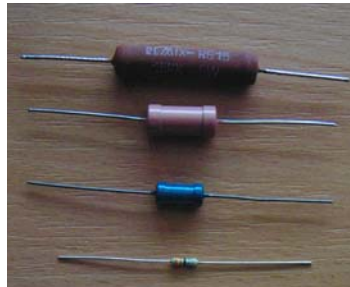
Einige spezifische Widerstandswerte:

Stoff	ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)	Stoff	ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
Silber	0,016	Kohlenstoff	≈ 35
Kupfer	0,017	Dest. Wasser	10^{10}
Gold	0,023	Transformatoröl	$10^{15}-10^{16}$
Aluminium	0,028	Porzellan	10^{18}
Eisen	0,1	Quarzglass	$5 \cdot 10^{22}$
Wolfram	0,05		
Konstantan	0,5		

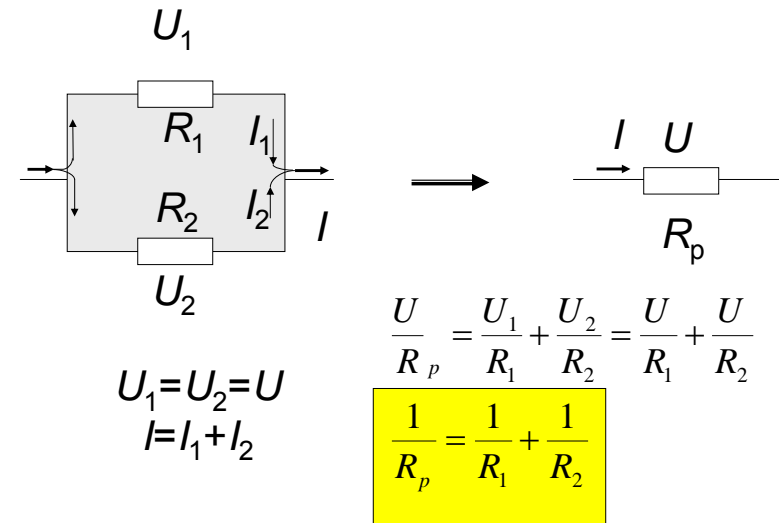
Spezifische Leitfähigkeit: $\sigma = \frac{1}{\rho}$

Widerstand als physikalische Größe und Schaltelement

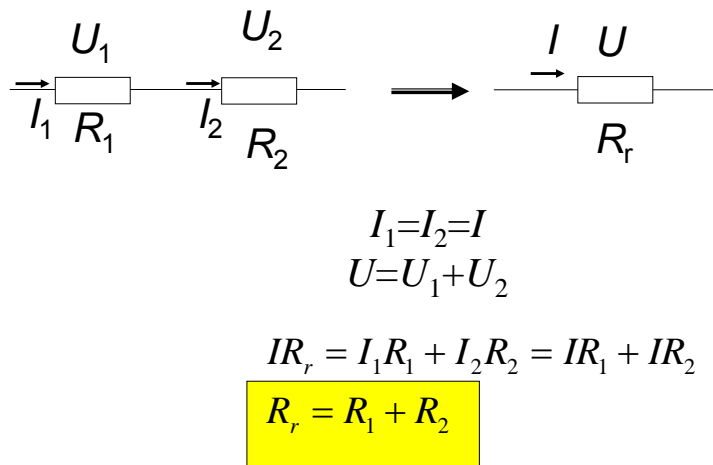
$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$



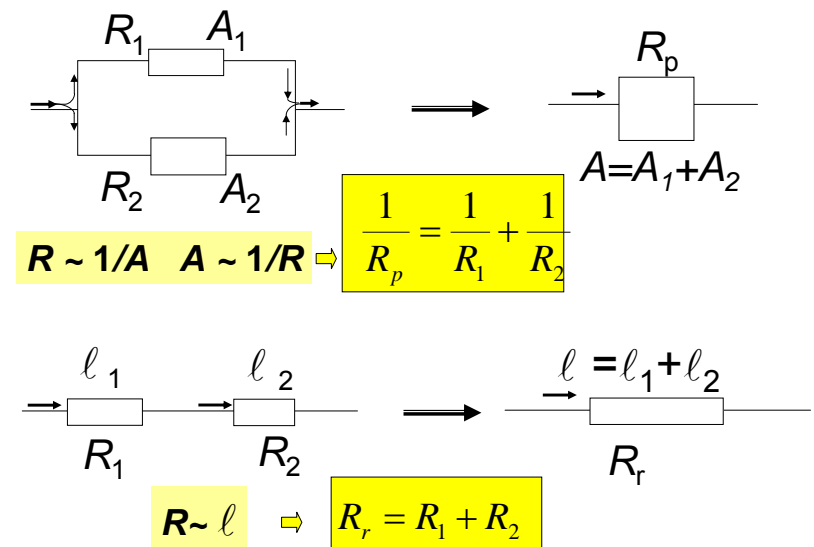
Parallelschaltung von Widerständen



Reihenschaltung von Widerständen



Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen



Elektrischer Stromkreis

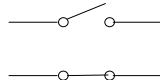
Elektrische Schaltelemente



Batterie



Widerstand



Schalter



Spannungsquelle

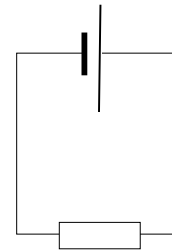


Lampe

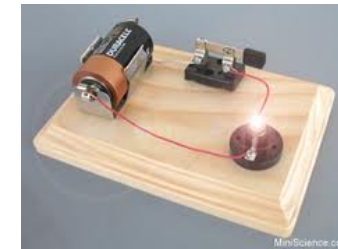
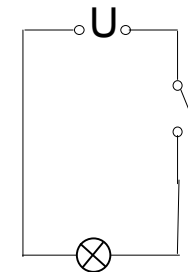


Kondensator

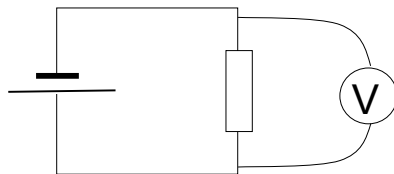
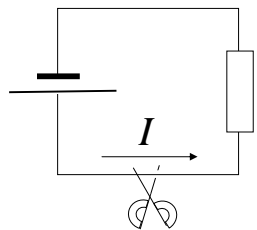
Einfachster Stromkreis



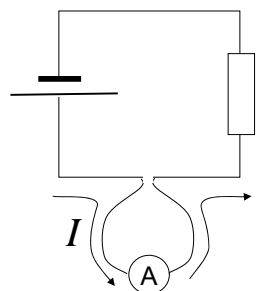
z.B.: Leselampe:



Strom- und Spannungsmessung



Spannungsmessgerät
in Parallelschaltung



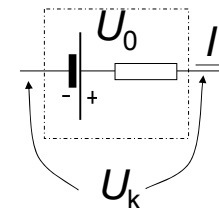
Strommessgerät in
Reihenschaltung

Ideale Spannungsquelle:

Spannung ist unabhängig der
Stromstärke



Reelle Spannungsquelle: Innerer Widerstand



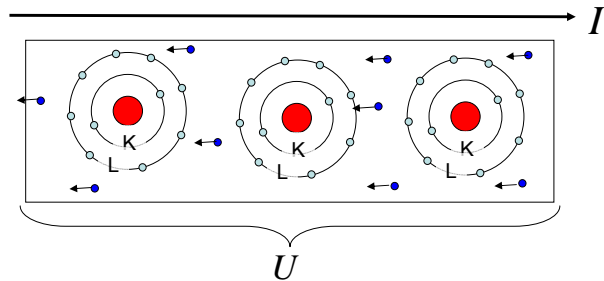
$$U_k = U_0 - IR_i$$

U_0 : Leerlaufspannung
Elektromotorische Kraft

U_k : Klemmenspannung der Spannungsquelle

$$U_0 \geq U_k \geq 0$$

Joulesche Wärme und Elektrische Leistung



Elektronenbewegung:

Beschleunigung, Zusammenstoß

Energieaufnahme

Energieabgabe

Um Q Ladung gegen U Spannung zu transportieren braucht man $W=QU$ Energie.

Wenn sich Q Ladung durch das elektrische Feld bewegt, gibt das Feld $W=UQ=UIt$ Energie ab.

Diese Energie wird in Wärme umgewandelt. (Joul'sche Wärme)

$$W=U I t$$

Die Elektrische Leistung:

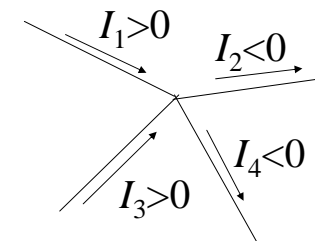
$$P = \frac{W}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

Einheit: Watt

$$1W=1V A$$

Kirchoffsche Gesetze

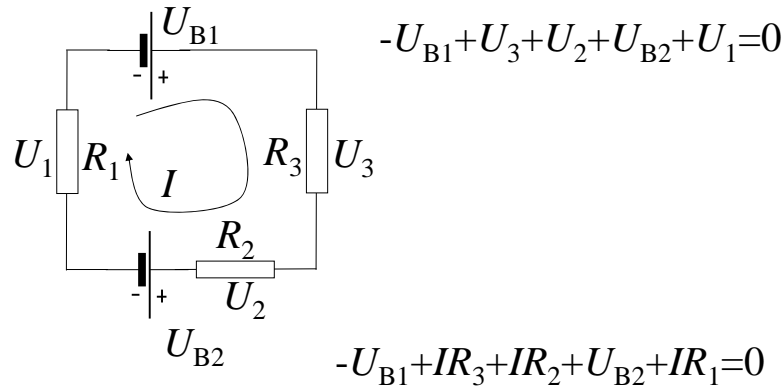
1. Kirchhoffsches Gesetz: Knotenregel



$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

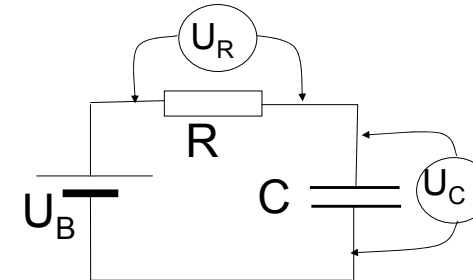
2. Kirchoffsches Gesetz: Maschenregel

Summe der Spannungen in einer Masche ist =0



RC Kreis

Kondensator in einem Stromkreis:

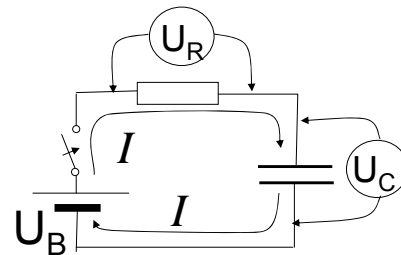


Im Gleichgewichtszustand: Kein Strom $I=0$
(Isolator zwischen den Platten!)

$$\Rightarrow U_R = IR = 0 \Rightarrow U_C = U_B - U_R = U_B$$

Aufladung des RC Kreises

Sei der Kondensator
ungeladen vor
dem Einschalten
des Schalters:
 $U_C = 0$



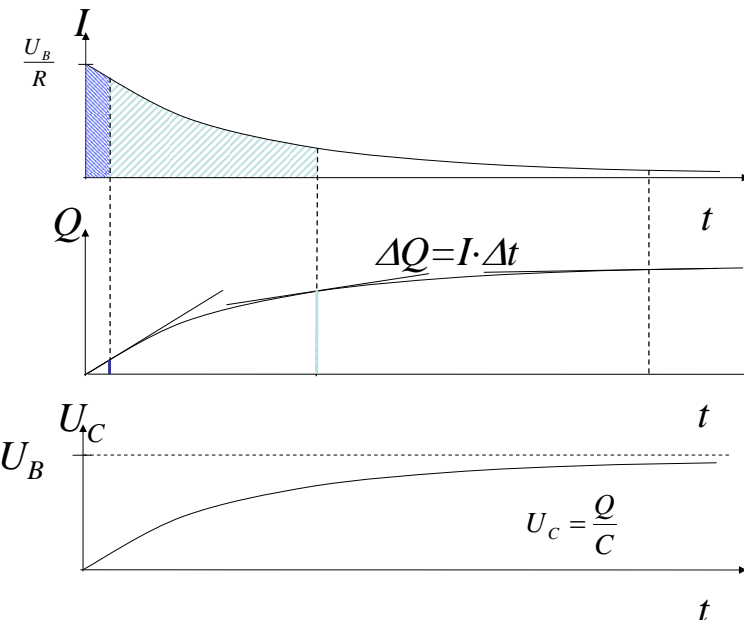
Es gilt zu jedem Zeitpunkt (t):

$$U_R(t) + U_C(t) - U_B = 0 \quad (\text{Maschenregel})$$

$$\Rightarrow U_B = U_R + U_C(t) = I(t) \cdot R + U_C(t)$$

Im Moment des Einschaltens:

$$U_B = I(0)R \Rightarrow I(0) = \frac{U_B}{R}$$



Die Stromstärke annähert Null asymptotisch.

$U_R = IR \Rightarrow U_R$ annähert Null asymptotisch.

U_C annähert U_B asymptotisch.

$$U_C = U_B \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = RC$$

$$U_R = U_B e^{-\frac{t}{\tau}}$$