Zusammenfassung vom 11.05.2011

IV elektrischer Strom

elektrische Leistung: $P_{el} = U\,I = \int_V \vec{j}\cdot\vec{E}\,dV \qquad dP_{el} = \vec{j}\cdot\vec{E}\,dV$

Verlustleistung durch Widerstand: ➜ $P_{el} = R\,I^2 = \frac{U^2}{R} = \int_V \sigma \vec{E}^2\,dV$

Reihenschaltung: $R_{tot}^{Reihe} = \sum_{i=1}^{N} R_i$ **Parallelschaltung:** $\frac{1}{R_{tot}^{paralell}} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{R_i}$

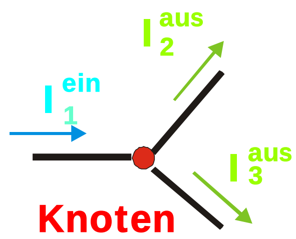
Kirchhoff'sche Regeln:

Knoten: *Stelle, an der mehrere Leitungen zusammenlaufen*

$I > 0$: Strom zum Knoten hin, $I < 0$: Strom vom Knoten weg

Knotenregel: $\sum_{\substack{i=1\\ \text{Knoten}}}^{N} I_i = 0$ *oder* $\sum_{\text{Knoten}} I_{ein} = \sum_{\text{Knoten}} I_{aus}$

⇔ *Ladungserhaltung*



Masche: *geschlossener Weg in einer elektr. Schaltung*

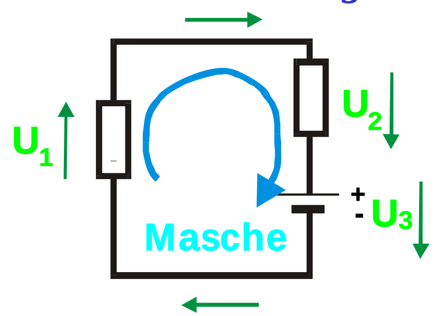
$U > 0$: Spannung in Maschenrichtung, $U < 0$: Spannung gegen Maschenrichtung

Maschenregel: $\sum_{\substack{i=1\\ \text{Masche}}}^{N} U_i = 0$ *oder* $\sum_{\text{Masche}} U_{Quelle} = \sum_{\text{Masche}} U_{Spann.abf.}$

⇔ *Energieerhaltung*

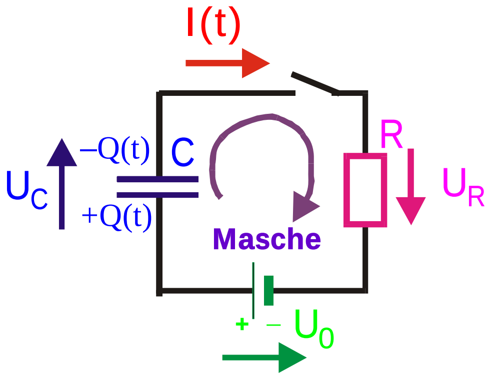
Spannungsabfall: Spannung in Stromrichtung,

Quelle: Spannung von "+" → "–"



IV elektrischer Strom

Laden eines Kondensators:



$t \le 0$: Schalter offen und Kondensator ungeladen, d.h. $Q(t) = 0$

$t = 0$: Schalter schließen, Strom beginnt zu fließen, $Q(t = 0) = 0$

$t > 0$: Betrachte Schaltung zu einem späteren Zeitpunkt, $Q(t) \neq 0$

$$U_C(t) + U_R(t) - U_0 = \frac{Q(t)}{C} + RI(t) - U_0 = 0$$

mit $I(t) = \dot{Q}(t)$ ➜ $\dot{Q}(t) + \frac{1}{RC}Q(t) - \frac{1}{R}U_0 = 0$ *inhomogene Differential-gleichung*

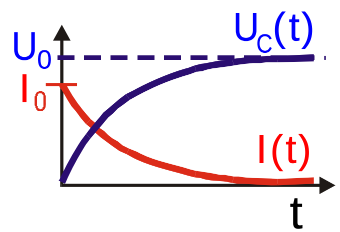
Ansatz: Lösung der homogenen Gleichung plus eine spezielle Lösung der inhomogenen Gleichung

➜ $Q(t) = Q_0\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \qquad Q_0 = C\,U_0$

$\boxed{\tau = RC}$ *Zeitkonstante*

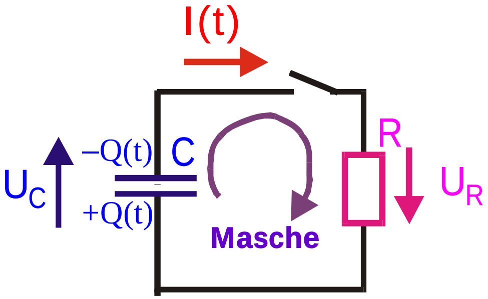
➜ $U_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = U_0\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$

➜ $I(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \qquad I_0 = \frac{U_0}{R}$



IV elektrischer Strom

Entladen eines Kondensators:



$t \le 0$: Schalter offen und Kondensator geladen, d.h. $Q(t) = Q_0$

$t = 0$: Schalter schließen, Strom beginnt zu fließen, $Q(t = 0) = Q_0$

$t > 0$: Betrachte Schaltung zu einem späteren Zeitpunkt, $Q(t) \neq 0$

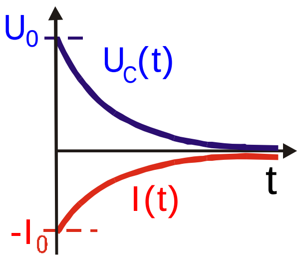
$$U_C(t) + U_R(t) = \frac{Q(t)}{C} + RI(t) = 0$$

mit $I(t) = \dot{Q}(t)$ ➜ $\dot{Q}(t) + \frac{1}{RC}Q(t) = 0$ *homogene Differentialgleichung*

➜ $Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ Q_0 *= Anfangsladung*

$\tau = RC$ *Zeitkonstante*

➜ $U_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ $U_0 = \frac{Q_0}{C}$



➜ $I(t) = -I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ $I_0 = \frac{Q_0}{RC}$

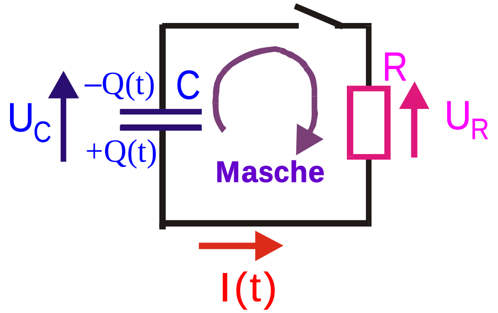
negatives Vorzeichen, d.h. die Stromrichtung war falsch gewählt!

IV elektrischer Strom

Achtung Vorsicht:

$$U_C(t) - U_R(t) = \frac{Q(t)}{C} - RI(t) = 0$$

wähle umgekehrte Stromrichtung!



➜ $$I(t) = -\dot{Q}(t)$$

da die Ladung bei der jetzt gewählten Stromrichtung abnimmt mit der Zeit

➜ $$\dot{Q}(t) + \frac{1}{RC} Q(t) = 0$$

wie früher!

Verständnisfragen:

Eine inzwischen verbotene herkömmliche 100 W Glühbirne hat eine Effizienz von ca. 10%, d.h. nur 10% der hineingesteckten Leistung wird in Licht umgewandelt. Wie sieht die gesamte Leistungsbilanz aus, d.h. in welche Anteile wird die hineingesteckte elektrische Leistung umgewandelt?

Die Formel für den Zusammenhang zwischen elektr. Widerstand und spezifischem Widerstand wurde nicht hergeleitet, sondern experimentell überprüft. Wie kann diese Formel mithilfe der Formeln für die Reihen- und Parallelschaltung bewiesen werden?

Die Spannung eines Kondensators sei durch Entladen bereits auf die Hälfte gesunken. Nun wird er nachgeladen. Verhält er sich während des Nachladens als Spannungsquelle oder als Spannungsabfall?