

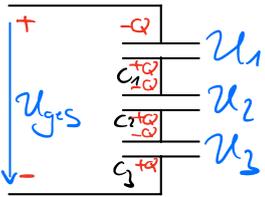
Kapazität (recap)

$Q = C \cdot U$ "Maß für die Fähigkeit Ladungen aufzunehmen"

$C = \frac{Q}{U}$ $[C] = \frac{As}{V}$ $Q = \oint_A \vec{D} \cdot d\vec{A} = \epsilon_0 \epsilon_r \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A}$

$U = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$

Kondensatornetzwerke



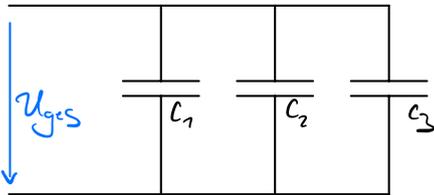
$U_1 = U_{ges} \cdot \frac{1/C_1}{1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3}$

$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

(Ladung an jedem Kondensator gleich)

$U = Q/C$ (fließt von einem in anderen)

$\frac{Q}{C_{ges}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$
 $U_{ges} = U_1 + U_2$



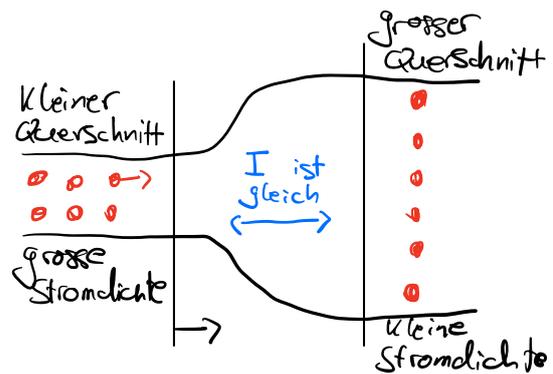
$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3$ (Spannung an jedem Kondens. gleich)

Das stationäre elektrische Strömungsfeld

Stromstärke $I = \frac{dQ}{dt}$ $\frac{[As]}{[s]} = [A]$

Stromdichte $J = \frac{dI}{dA}$ $\frac{A}{m^2}$

$I = \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A} \approx j \cdot A$ (gleichstrom)



$\vec{j} = \rho \cdot \vec{v}_e$
 \uparrow raumladungsdichte

$\vec{v}_e = -\mu_e \vec{E}$
 \uparrow Elektronen Driftgeschw.

$\rho = -n \cdot e$
 \uparrow Ladungsträgerdichte

$\vec{j} = (-ne) \vec{v}_e$
 $= ne \mu_e \vec{E}$

$\vec{j} = \kappa \vec{E}$ ohmsches Gesetz (differenzielle Form)

\hookrightarrow spezifische Leitfähigkeit

"Verhältnis von Stromdichte zu E-feld"

Im Gegensatz zur Elektrostatik ist das E-Feld im Leiter nicht verschwindend & treibt Ladungsträger fluss.

Spezifischer Widerstand $\rho_R = \frac{1}{\kappa} \frac{[V/m]}{[A]} = [\Omega m]$

Temperaturabhängigkeit

$$\Delta T = T - 20^\circ C$$

$$\rho_R(\Delta T) = \rho_{R,20^\circ C} (1 + \alpha \Delta T + \beta (\Delta T)^2)$$

- Üblicherweise nimmt der Widerstand mit erhöhter Temperatur zu.
↳ "mehr Kollisionen der Elektronen"

Das Ohm'sche Gesetz

(integrated Form)

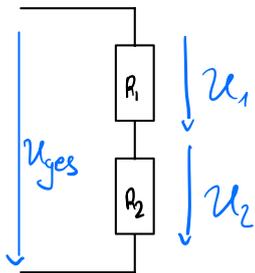
$$U = R I$$

↳ "Druck"
↳ "Widerstand"
↳ "flussrate"

R gibt an wie frei sich Ladungsträger bewegen können. Ein erhöhter Widerstand führt zu reduziertem Strom.

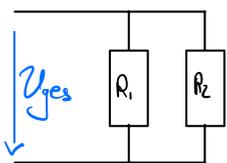
$$[\Omega] = \frac{V}{A}$$

Widerstandsnetzwerke



Spannung wird addiert & Strom ist gleich

$$\frac{V_1 + V_2}{A} = R_1 + R_2 = R_{ges}$$



Leitwert $G = \frac{1}{R}$ addiert sich

$$G_{ges} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Energie & Leistung

$$\Delta W_e = (\varphi_{e1} - \varphi_{e2}) \Delta Q = U \cdot \Delta Q = U \cdot I \cdot \Delta t$$

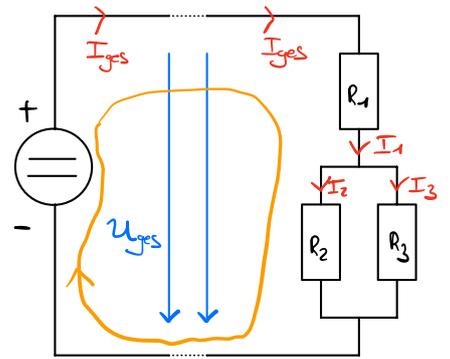
Leistung $P = \frac{\Delta W_e}{\Delta t} = U \cdot I$

Kirchhoffsche Regeln

Knotenregel

- $0 = \sum_{\text{Knoten}} I_i$ Strom rein wie raus fließen"
- "In einem Knoten muss gleich viel Strom rein wie raus fließen"
 - rein + raus -

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

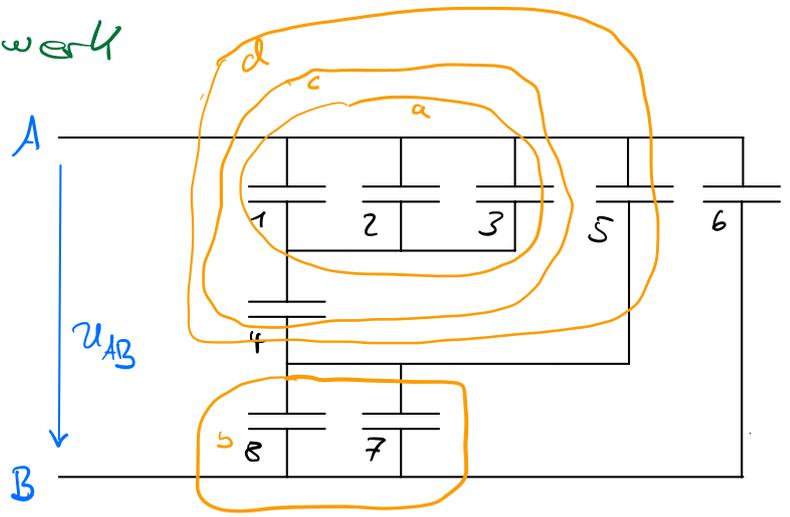
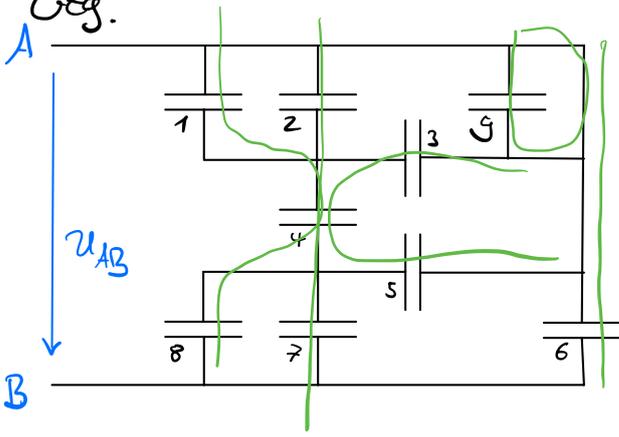


Maschenregel

- $0 = \sum_{\text{Masche}} U_i$
- "Entlang einer Masche addieren sich alle Spannungen zu null"
 - gleiche richtung wie masche + , - sonst
- $$-U_{ges} + U_1 + U_2 = 0$$

Beispiel: Kondensatornetzwerk

Geg.



$$C = C_i \quad i \in [1, 8]$$

$$C_a = C_1 + C_2 + C_3 = 3C$$

$$C_b = C_8 + C_7 = 2C$$

$$C_c = \frac{3C \cdot C}{3C + C} = \frac{3}{4}C \quad \text{! Nur für 2 Elemente}$$

$$C_d = \frac{3}{4}C + C = \frac{7}{4}C$$

$$C_e = \frac{\frac{7}{4}C \cdot 2C}{\frac{7}{4}C + 2C} = \frac{14C}{7+8} = \frac{14}{15}C$$

$$C_{AB} = \frac{14}{15}C + C = \frac{29}{15}C$$

Welche Spannung liegt an C_4 an?

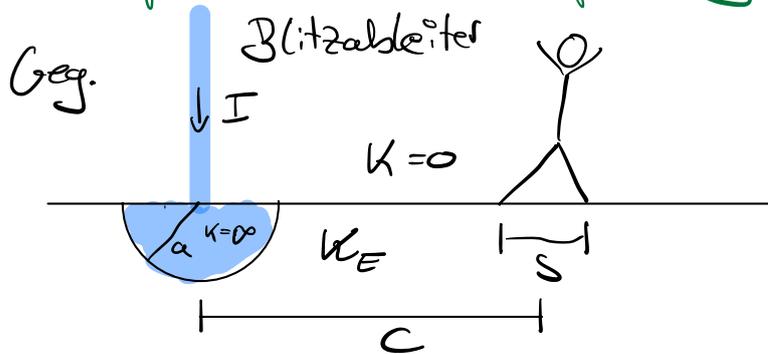
Spannungsteiler

$$U_d = U_{AB} \frac{\frac{1}{C_d}}{\frac{1}{C_d} + \frac{1}{C_b}} = \frac{\frac{4}{7C}}{\frac{4}{7C} + \frac{1}{2C}} U_{AB} \stackrel{\cdot 14C}{=} \frac{8}{8+7} U_{AB} = \frac{8}{15} U_{AB}$$

nicht C_c , berücksichtigt nicht alle Ladungen!

$$U_4 = U_d \frac{\frac{1}{C_4}}{\frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_a}} = U_{AB} \frac{8}{15} \frac{\frac{1}{C}}{\frac{1}{C} + \frac{1}{3C}} \stackrel{\cdot 3C}{=} U_{AB} \frac{8^2}{15^2} \frac{3^1}{4} = U_{AB} \frac{2}{5}$$

Beispiel: Schriftspannung



$$I = 1 \text{ kA}$$

$$c = 10 \text{ m}$$

$$s = 0.75 \text{ m}$$

$$k_E = 10^{-4} / \text{cm}$$

Ges. Spannung zwischen den Beinen.

Lsg. Symmetrie
 $\vec{j}(r) = \vec{e}_r \cdot j(r)$ (Ansatz für Stromdichte im Erdreich)

$$j(r) = \frac{I}{2\pi r^2} = k_E E(r) \quad (\text{differentielles Ohmsches Ges.})$$

$$U = \int_{c-s/2}^{c+s/2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= \int_{c-s/2}^{c+s/2} \vec{e}_r \frac{I}{2\pi k_E r^2} \cdot \vec{e}_r$$

$$= \frac{I}{2\pi k_E} \left(\frac{-1}{c+s/2} - \frac{-1}{c-s/2} \right)$$

$$= \frac{I}{2\pi k_E} \frac{s}{c^2 - s^2/4}$$

Einsetzen 10^3 A 0.75 m

$$= \frac{10^3 \text{ A}}{2\pi \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{cm}}} \frac{0.75 \text{ m}}{100 \text{ m}^2 - 9 \text{ m}^2 / 64} \approx 12 \text{ kV}$$

↳ mit geschlossenen Beinen hüpfen

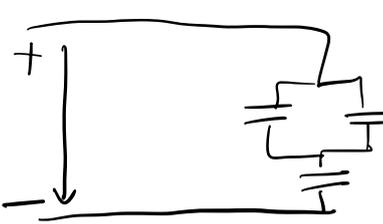
Tipps:

- // 1) An der Prüfung kommt Immer eine Kondensator Berechnungsaufgabe!
eig nur 3 Typen
- | | | | |
|---|---------|---|-------------------|
| { | Platten | → | Kartesisch Koord |
| | Röhren | → | Zylindrisch Koord |
| | Kugel | → | Kugel Koord |

↳ siehe letzte Woche **Symmetrie nutzen!**

(Gegeben → Gesucht → Lsg)
↳ skizze

- 1a) Ursache → D-Feld → wie viel Ladung eingeschlossen?
- 1b) Spannung = Potentialdifferenz
- 1c) einsetzen in Definition von C
- 1d) Differentielles Ohmsches Gesetz, nicht neu rechnen

- 2)  ^① In Standardform überführen (mit Maschen prüfen)
- ^② Dann Schritt für Schritt auflösen (Parallel / Seriell)

- 3) Elektronen Driftgeschwindigkeit
≠
propagationsgeschwindigkeit des E-feldes