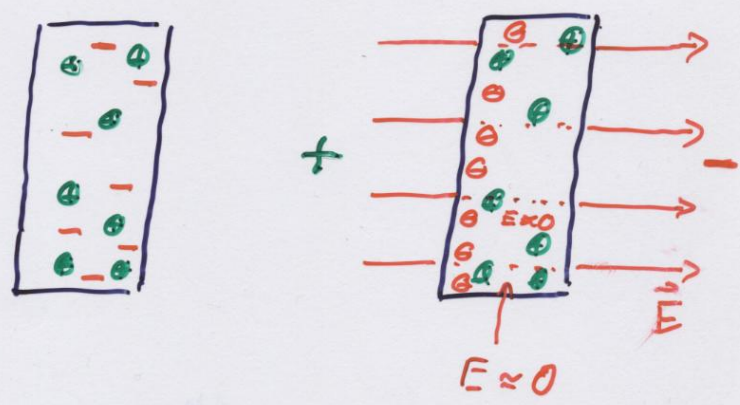


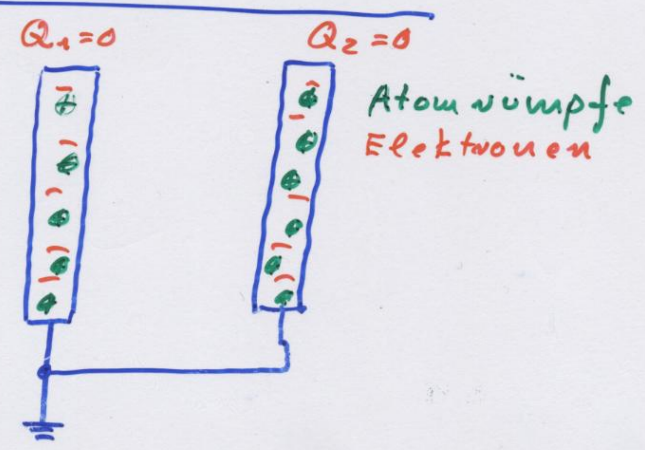
2.2. Leiter und Isolatoren in Elektrischem Feld

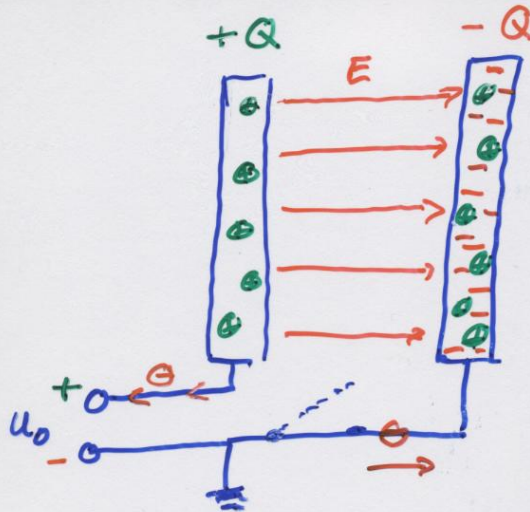
Leiter in Feld: Ladungen werden bewegt, bis Kräfte im Gleichgewicht

z.B. Metall:



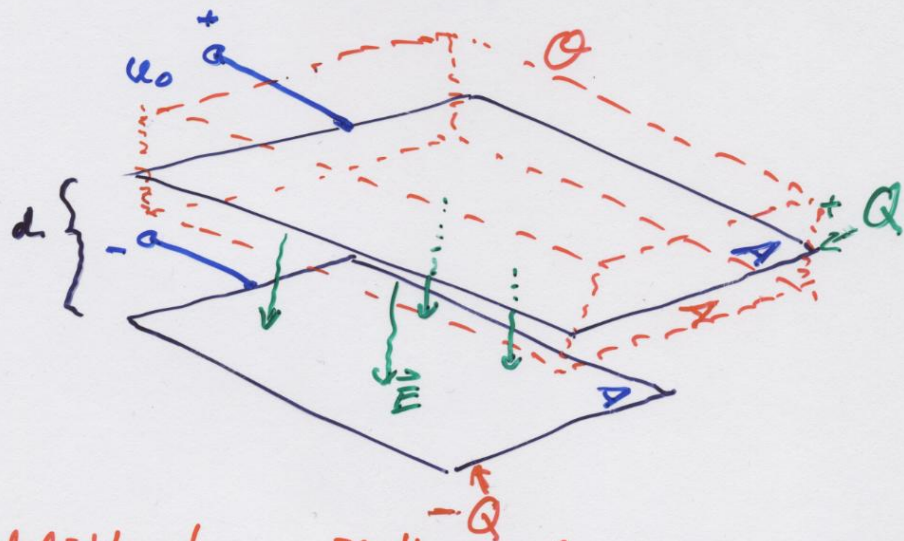
2.2.1 Kondensatoren





Kondensator : speichert Ladungen

Spezialfall Plattenkondensator



Q umschließt obere Platte A

a) El. Feld

$$\text{F. luf} = \Phi = \int_Q \vec{E} d\vec{A} = \int_A \vec{E} d\vec{A} + \int_{A_{\text{rest}}} \vec{E} d\vec{A}$$

$\parallel$
 Q

$$= \int_A E \, dA$$

$$= E \cdot A$$

$$= \frac{Q}{\epsilon_1}$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q}{A \cdot \epsilon_0}$$

b) Spannung

$$U_0 = \Delta V = \int_{\vec{n}_1}^{\vec{n}_2} \vec{E} \, d\vec{s}$$

$$= E \cdot d$$

$$= \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot A} d$$

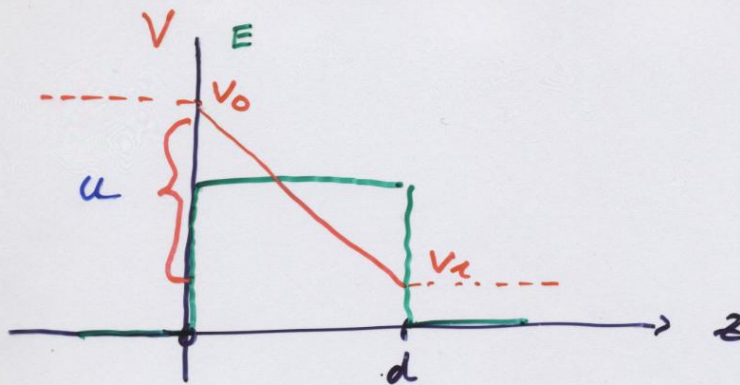
$$\Rightarrow Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} \cdot U_0 \quad (\text{Plattenkond.})$$

$$Q = C \cdot U$$

↑

Kapazität

Allgemein



$$\text{Bsp: } A = 100 \text{ cm}^2, d = 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow C = 88,5 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{V}}$$

$\equiv \text{F Farad}$

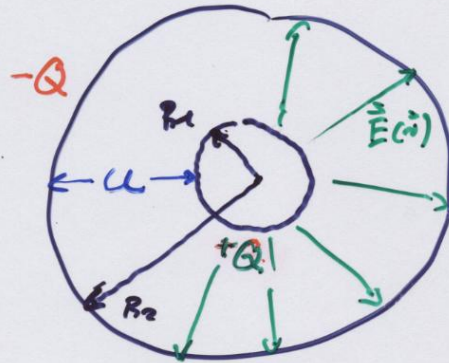
Typische Größen:

$$10^{-6} \text{ F} \equiv 1 \mu \text{ F} : \text{Netzteile}$$

$$10^{-9} \text{ F} \equiv 1 \text{ nF} : \text{Verstärker (Musik)}$$

$$10^{-12} \text{ F} \equiv 1 \text{ pF} : \text{Hochfrequenzschaltungen}$$

Spezialfall Kugelkondensator



a) Feld:

Außen: $E = 0$, da

$$\int_{\sigma} \vec{E} d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} = 0$$

$$(Q = 0)$$

z) Spannung

$$\text{Spannung: } U = V_1 - V_2$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$= \frac{Q}{C}$$

c) Kapazität:

Für $R_2 \rightarrow \infty$

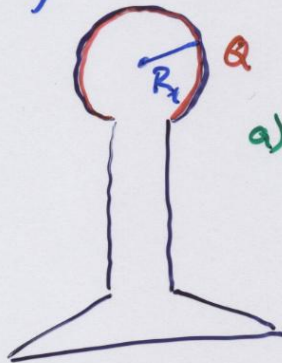
$$C = 4\pi\epsilon_0 \cdot R_1$$

Beispiel : $C_{\text{Stecknadelkopf}} = 0,1 \text{ pF}$

$C_{\text{Fußball}} = 16 \text{ pF}$

$C_{\text{Erde}} = 700 \mu\text{F}$

Anwendung : unser HV Generator:

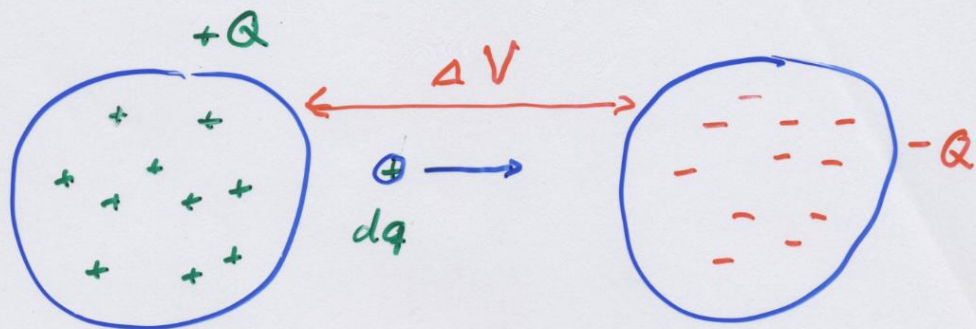


a) $C = 4\pi\epsilon_0 R_1$
 $= 4\pi\epsilon_0 \cdot 0,4 \text{ m}$
 $= 44 \text{ pF}$

b) $U = 10^6 \text{ V} = 1 \text{ MV}$

$\Rightarrow Q = U \cdot C$
 $= 44 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{V}} \cdot 10^6 \text{ V}$
 $= 44 \mu\text{C}$
 $\approx 2,5 \cdot 10^{14} e^-$

2.2.2 Energie des Kondensators



$$dW = \Delta V \cdot dq = \frac{Q}{C} \cdot dq$$

$$\Rightarrow W = \frac{1}{C} \int_{Q_0}^{Q_0+Q} q \, dq$$

$$= \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C u^2$$

Gespeicherte Energie

Bsp: Plattenkondensator:

$$W = \frac{1}{2} C u^2$$

$$= \frac{1}{2} \epsilon_0 A d \cdot \frac{u^2}{d^2}$$

$$= \frac{1}{2} \epsilon_0 V \cdot E^2$$

Energie im elektr. Feld E

Demo :

a) $C = 100 \text{ nF}$

(!)

$$U = 16 \text{ V}$$

$$\Rightarrow W = \frac{1}{2} 10^{-7} \text{ F} \cdot (16 \text{ V})^2$$
$$= 12 \text{ W s}$$

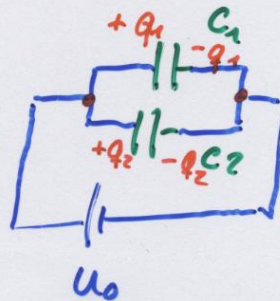
b) $C = 4 \mu\text{F}$

$$U = 3,3 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow W = 4 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot (3,3 \cdot 10^3 \text{ V})^2$$
$$\approx 20 \text{ W s}$$

Schaltungen von Kondensatoren

a) Parallelschaltung :

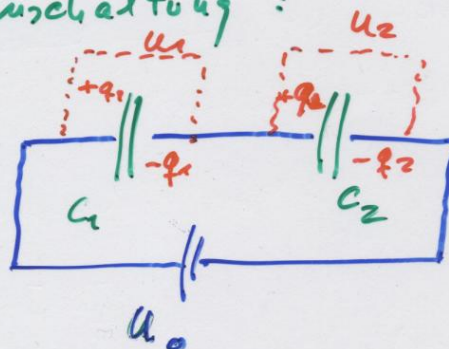


Mit $Q = Q_1 + Q_2$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q_1 + Q_2}{U}$$

$$= C_1 + C_2 \quad \checkmark$$

b) Serienschaltung:



Mit $U = U_1 + U_2$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{U_1 + U_2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{U_1}{Q} + \frac{U_2}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$