

- 1) a) Die Kraftwirkung auf eine Ladung im elektrischen Feld ist  $F_{el} = E \cdot q$ .

Die Kraft auf das Elektron im Feld des Kondensators beträgt damit

$$F_{el} = E \cdot e = \frac{U}{d} \cdot e = \frac{200\text{V}}{0,03\text{m}} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C} \approx 1,07 \cdot 10^{-15}\text{N}$$

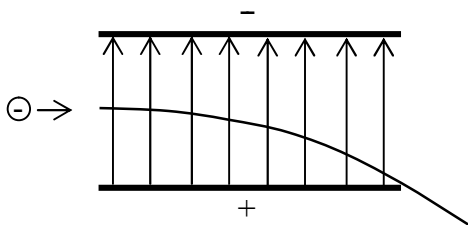
- b) Auf das Elektron wirkt die elektrische Feldkraft aus Teil a) in Richtung der positiven Platte, also nach unten. Das Elektron bewegt sich in x-Richtung gleichförmig mit der Geschwindigkeit  $v_x$ , in y-Richtung durch die konstante Kraft  $F_{el}$  gleichmäßig beschleunigt, also auf einer parabelförmigen Bahn. Zu untersuchen ist, ob die Bahnkurve des Elektrons auf der positiven Platte endet, oder ob das Elektron das Feld des Plattenkondensators wieder verlässt und sich geradlinig in die momentane Richtung weiterbewegt. Zeit, die das Elektron im Feld des Kondensators verbringt:

$$t = \frac{s_x}{v_x} = \frac{0,3\text{m}}{6 \cdot 10^7 \text{ms}^{-1}} = 5,0 \cdot 10^{-9}\text{s}$$

Dabei in y-Richtung zurückgelegte Strecke:

$$s_y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{el}}{m_e} \cdot t^2 = \frac{1,07 \cdot 10^{-15}\text{N}}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}\text{kg}} \cdot (5,0 \cdot 10^{-9}\text{s})^2 \approx 0,0147\text{m}$$

In der Zeit, in der sich das Elektron im Kondensatorfeld befindet, legt es weniger als 1,5cm in y-Richtung zurück, d.h. es kommt nicht mehr auf der positiven Platte auf, sondern verlässt das Feld gerade noch.



- 2) a) Im homogenen Feld eines Kondensators gilt:  $U = E \cdot d$   
Die Spannung zwischen Erdboden und Wolke beträgt damit  
 $U = E \cdot d = 2 \cdot 10^5 \text{Vm}^{-1} \cdot 420\text{m} = 8,4 \cdot 10^7 \text{V}$

- b) Ladungsmenge und Energieinhalt des Feldes lassen sich nach den gegebenen Formeln bestimmen:

$$Q = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{AsV}^{-1}\text{m}^{-1} \cdot \frac{10^6 \text{m}^2}{420\text{m}} \cdot 8,4 \cdot 10^7 \text{V} \approx 1,77\text{C}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot 1,77\text{C} \cdot 8,4 \cdot 10^7 \text{V} \approx 7,43 \cdot 10^7 \text{J}$$

- c) Der Wert der Feldenergie lässt sich bestimmen, indem die Gesamtenergie in kWh ermittelt und mit dem „Strompreis“ multipliziert wird.

$$K = \frac{7,43 \cdot 10^7 \text{J}}{3,6 \cdot 10^6 \text{J} \cdot \text{kWh}^{-1}} \cdot 0,28\text{€} \cdot \text{kWh}^{-1} \approx 5,78\text{€}$$

Die in dem elektrischen Feld zwischen Wolke und Erdboden gespeicherte Energie hat nur einen Wert von 5,78 Euro.

3) a) Der Abstand zwischen  $P_1$  und  $P_2$  beträgt 5cm. Damit beträgt die Spannung zwischen den Punkten  $P_1$  und  $P_2$ :  $U_{P_1 P_2} = 6000V \cdot \frac{5\text{cm}}{8\text{cm}} = 3750V$

Die Überführungsarbeit im elektrischen Feld ist  $W_{\text{el}} = q \cdot U$ . Damit gilt hier:

$$W_{\text{el}} = e \cdot U = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 3750\text{V} \approx 6,01 \cdot 10^{-16}\text{J}$$

Die verrichtete Arbeit wird in kinetische Energie des Elektrons umgesetzt:

$$W_{\text{el}} = W_{\text{kin}}$$

$$e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 3750\text{V}}{9,11 \cdot 10^{-31}\text{kg}}} \approx 3,63 \cdot 10^7\text{ms}^{-1}$$

D.h. mit dieser Geschwindigkeit kommt das Elektron im Punkt  $P_1$  an.

b) Das Elektron besitzt im Punkt  $P_1$  die Energie  $W_{\text{el}} = 6,01 \cdot 10^{-16}\text{J}$ , die durch die Beschleunigung durch eine Spannung von 3750V erzeugt wurde. Dieselbe Energie muss dem Elektron nun wieder entzogen werden. Dazu benötigt man wieder eine (Brems-)Spannung von 3750V, allerdings über eine Bremsstrecke von 2cm. Damit muss das Feld nun eine Feldstärke von mindestens  $1875\text{Vcm}^{-1}$  haben, was einer Spannung von mindestens 15000V ( $d=8\text{cm}$ ) zwischen den Platten A und B entspricht.