

3. Übung zur Physik B2 für Nebenfächler SS 2018

Ausgabe: 26.04.2018

Abgabe: bis 02.05.2018 14:00 Uhr

Briefkästen: 247-249

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Powerbank und Handyakku

Eine neue Powerbank hat nach Beschreibung des Herstellers 10000mAh elektrische Ladung gespeichert und ist beim Eintreffen voll geladen.

- a) Wie lange benötigt die Powerbank um ein vollkommen leeren Handyakku mit einer Kapazität von $Q = 2000\text{mAh}$ aufzuladen? Beim Laden fließt im Mittel ein Strom von $I = 0,95\text{A}$.
- b) Wie oft kann man das Handy mit der Powerbank vollständig aufladen?
- c) Nun sei die Powerbank vollständig entladen und wird über 2 Stunden mit $2,0\text{A}$ geladen. Wieviel Ladung ist nun wieder in der Powerbank und wieviel Prozent der Maximalkapazität entspricht dies?

Lösung:

- a) Mit $Q = 2000\text{mA h}$ und $I = 0,95\text{A}$ ergibt sich

$$Q = I \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{Q}{I} \Rightarrow t = \frac{2,0\text{A h}}{0,95\text{A}} = 2,1\text{h}$$

- b) Es gilt

$$n = \frac{10\,000\text{mA h}}{2000\text{mA h}} = 5$$

- c) Mit $I = 2,0\text{A}$ und $t = 2\text{h}$ ergibt sich

$$Q = I \cdot t \Rightarrow Q = 2,0\text{A} \cdot 2\text{h} = 4000\text{mA h}$$

Für die prozentuale Ladung gilt

$$p = \frac{P}{G} \Rightarrow p = \frac{4000\text{mA h}}{10\,000\text{mA h}} = 40\%$$

Aufgabe 2: Schöne Haare

Ein Föhn hat laut Typschild eine Leistung von 1000W bei einer Spannung von 230V . Der Föhn wird mit Gleichstrom betrieben.

- a) Welcher Strom fließt im Betrieb?
- b) Wie groß ist sein Widerstand?
- c) Sie betreiben den Föhn in den USA. Die Netzspannung beträgt nur 110V . Welche Leistung hat der Föhn dann?
- d) Welche qualitativen Auswirkungen hatte die Erhöhung der Netzspannung von 220V auf 230V in Deutschland 1987 für Geräte und die Stromrechnung?

- e) In einer Schulklasse (in Deutschland, also 230V) möchten sich nach dem Schwimmunterricht viele Kinder gleichzeitig die Haare föhnen. An die mit 16A abgesicherte Steckdose im Klassenraum schließen sie deshalb zunächst eine Mehrfachsteckdose und dann die Föhne an (alle mit 1000W bei 230V). Warum kann das Probleme geben und wie viele Föhne kann man so maximal betreiben?

Lösung:

- a) Strom des Föhns:

$$P = U \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U} = 4,35 \text{ A}$$

- b) Widerstand des Föhns(gesamter Föhn als ohmscher Widerstand genähert):

$$U = R \cdot I \Leftrightarrow R = \frac{U}{I} = 52,9 \Omega$$

- c) Föhn in den USA betreiben: $U = 110\text{V}$ statt $U = 230\text{V}$

$$P = \frac{U^2}{R} \approx 229 \text{ W}$$

- d) a) Für die Geräte praktisch keine Auswirkung wegen des hohen Toleranzbereichs für die Eingangsspannung von $\pm 10\%$
 b) Stromrechnung fällt höher aus, da sowohl der Strombedarf (im Sinne von I) $I = \frac{U}{R}$ als auch die Leistung $P = \frac{U^2}{R}$ der Geräte steigen. Wenn der Stromanbieter diese Leistungssteigerung (mehr Arbeit pro geflossenem Strom) noch berücksichtigt, man zahlt kWh, dann fällt die Steigerung der Stromrechnung noch größer aus.
 c) Steckdosenleiste: Parallelschaltung

$$I_{\text{ges}} = \sum_j I_j$$

Für $I_{\text{ges}} = 16 \text{ A}$ können $I_{\text{ges}}/I = 3.7$ Föhne angeschlossen werden. Werden mehr als 3 Föhne an eine Steckdose angeschlossen droht eine Überlastung der Zuleitung der Steckdose, im schlimmsten Fall ein Kabelbrand. Allerdings sollte bei vorschriftsgemäßer Elektrik sofort die Sicherung rausfliegen und das vorgenannte Worst-Case-Szenario verhindern.

Aufgabe 3: Spezifische Widerstände

Sie möchten eine Schaltung bauen und benötigen noch ein Kabel mit einer Länge von $l = 25 \text{ cm}$. Beim Bestellen haben Sie die Wahl aus einem Kupferleiter, einem aus Aluminium und einem aus Nickel. Die Kabel haben einen Durchmesser von $d = 0,5 \text{ cm}$. Alle Leiter haben eine runde Querschnittsfläche.

- a) Berechnen Sie die elektrischen Widerstände der Leiter.
 Tipp: $\rho_{\text{Ni}} = 0,0963 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$, $\rho_{\text{Cu}} = 0,0171 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$, $\rho_{\text{Alu}} = 0,0265 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$
 b) Für welches Material entscheiden Sie sich? Warum?
 c) Sie bestellen das von Ihnen ausgewählte Kabel und messen es durch. Es fällt Ihnen auf, dass der Widerstand $R = 1,6 \text{ m}\Omega$ beträgt. Handelt es sich wirklich um Ihr Material? Wenn nicht: Aus welchem Material besteht der Leiter?
 Tipp: Suchen Sie in geeigneter Literatur.

- d) Wie viel müssen Sie das Kabel kürzen, damit es den selben elektrischen Widerstand besitzt wie das eigentlich bestellte?

Lösung:

- a) Es gilt

$$R = \frac{\rho l}{A}.$$

Einsetzen der Werte ergibt:

$$R_{\text{Cu}} = \frac{0,0171 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0,25 \text{ m}}{\pi \cdot \frac{(5\text{mm})^2}{4}} = 2,18 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$R_{\text{Alu}} = \frac{0,0265 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0,25 \text{ m}}{\pi \cdot \frac{(5\text{mm})^2}{4}} = 3,37 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$R_{\text{Ni}} = \frac{0,0963 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0,25 \text{ m}}{\pi \cdot \frac{(5\text{mm})^2}{4}} = 12,26 \cdot 10^{-4} \Omega$$

- b) Wir entscheiden uns für den Kupferleiter, da der elektrische Widerstand am geringsten ist.
c) Umstellen ergibt

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} = \frac{0,0016 \Omega \cdot \pi \frac{(5\text{mm})^2}{4}}{0,25 \text{ m}} = 0,126 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}.$$

Es handelt sich wohl um Eisen. (Lit: $\rho_{\text{Fe}} = 0,1$ bis $0,15 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$).

- d) Umstellen:

$$l = \frac{R_{\text{Cu}} \cdot A}{\rho} = \frac{0,000218 \Omega \cdot \pi \frac{(5\text{mm})^2}{4}}{0,126 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}} = 3,4 \text{ cm}.$$

Das Kabel müsste also um $25 \text{ cm} - 3,4 \text{ cm} = 21,6 \text{ cm}$ gekürzt werden.

Aufgabe 4: Energie eines Kondensators

- a) Berechnen Sie die gespeicherte Energie eines Kondensators als Funktion von Kapazität und Spannung.
b) In der Vorlesung haben Sie die folgende Abbildung gesehen.
Wie groß ist die maximale und die minimale Energie, die LEI-KO's haben können?
c) Zeichnen Sie eine beliebige Linie konstanter Energie in die Grafik ein.

Lösung:

- a) Um im Kondensator ein elektrisches Feld aufzubauen, muss man einer Kondensatorplatte Ladungen e entnehmen und auf die andere Platte verschieben. Für die Verschiebungsarbeit einer Ladung e_n zwischen zwei Kondensatorplatten gilt

$$W = e_n \cdot U.$$

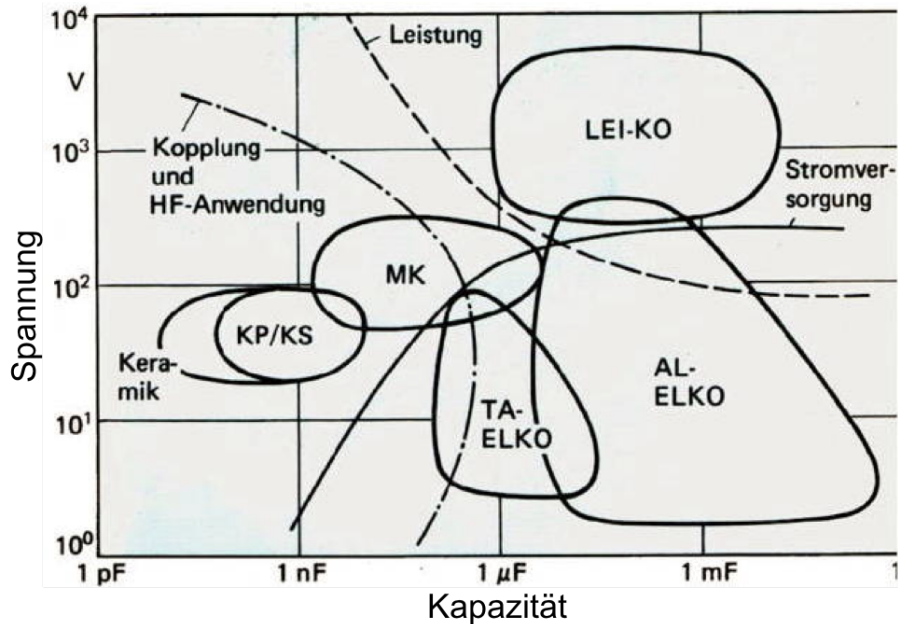


Abbildung 1

Am Anfang ist der Kondensator noch ungeladen und die Spannung beträgt somit $U = 0$. Somit ist auch $W = 0$. Erst wenn die letzte Ladung auf die andere Kondensatorplatte verschoben wird, wird sich die komplette Spannung aufbauen. Es muss also mit dem Mittelwert gerechnet werden, da $U \propto Q$. Der Mittelwert ist also

$$W = \frac{1}{2} \cdot e_n \cdot U.$$

Aufsummiert ergibt sich die Gesamtenergie

$$\begin{aligned} E &= \sum_{n=1}^N W_n = \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} \cdot e_n \cdot U \\ &= \frac{1}{2} U \sum_{n=1}^N e_n = \frac{1}{2} U \cdot Q. \end{aligned}$$

Mit $Q = C \cdot U$ gilt

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2.$$

- b) Aus der Graphik abgelesen: $U_{\min} = 300 \text{ V}$, $C_{\min} = 10^{-6} \text{ F}$, $U_{\max} = 6000 \text{ V}$ und $C_{\max} = 20 \text{ mF}$.

Es ergibt sich ungefähr

$$E_{\min} = 45 \text{ mJ},$$

$$E_{\max} = 360 \text{ kJ}.$$

- c) Stellt man

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

nach der Spannung um, so erhält man

$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{C}}.$$

Somit ist $U \propto C^{-0.5}$. Da es sich um einen doppelt-logarithmischen Plot handelt sieht das Ergebnis aus wie in der letzten Abbildung. Es ergeben sich dann Geraden bei konstanter Energie von

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9} \text{F} \cdot (10000 \text{V})^2 = 50 \text{mJ}$$

und

$$E_2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{F} \cdot (1000 \text{V})^2 = 1 \text{J}.$$

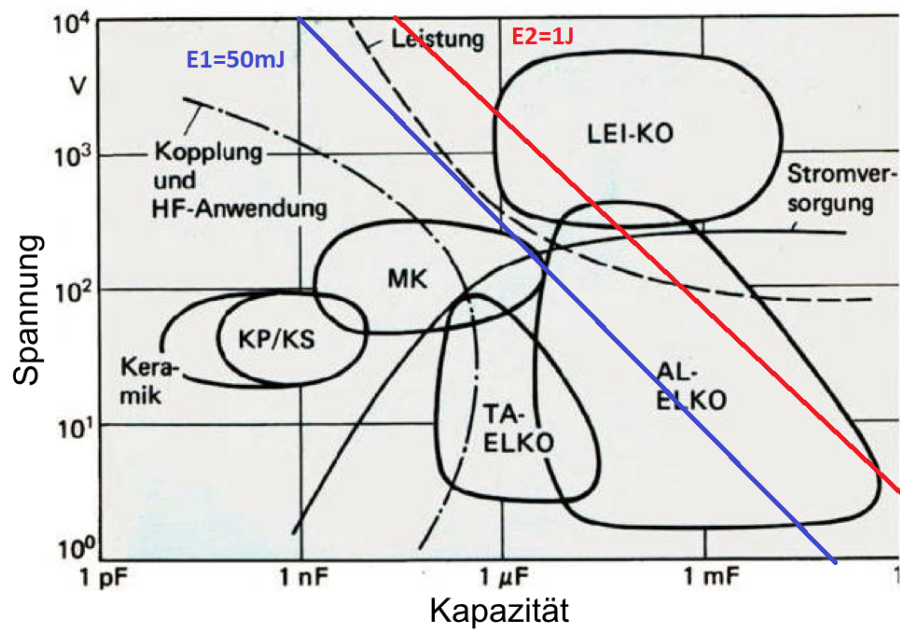


Abbildung 2