



Serie 180, Musterlösung

Brückenkurs Physik

Update: 18. Juni 2019

1. Coulombgesetz

HGEZP2

Berechnen Sie die Kräfte

(a) $Q_1 = 25 \mu\text{C}$ und $Q_2 = 30 \mu\text{C}$, $d = 35 \text{ cm}$.

(b) Protonen $Q_1 = Q_2 = e^+$ und $d = 5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$.

Lösung:

(a) Kraft:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \cdot k = 55.0408 \text{ N}$$

(b) Kraft:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \cdot k = 9.23 \text{ N}$$

2. Coulombgesetz

GGEFP3

Zwei geladene Rauchteilchen üben eine Kraft $F = 4.2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ aufeinander auf (Abstand d_1). Wie gross ist die Kraft, wenn sie näher beieinander sind, so dass $d_2 = d_1/8$.

Lösung:

Die Kraft ist $8^2 = 64$ Mal grösser.

3. Perlen auf dem Draht

YH4U1U

Drei Perlen sind auf einen Faden aufgezogen und tragen die Ladungen

$$Q_1 = -8.0 \mu\text{C}, Q_2 = 3.0 \mu\text{C} \text{ und } Q_3 = -4.0 \mu\text{C},$$

Ihre Abstände vom Ursprung sind

$$d_1 = 0.0\text{m}, d_2 = 0.3\text{m} \text{ und } d_3 = 0.5\text{m},$$

Berechnen Sie die resultierende Kraft auf das Teilchen 3. In welche Richtung wird es geschoben, wenn wir es loslassen?

Lösung:

Rechnung zuerst ohne Vorzeichen. Die Kraft von Teilchen 1 auf 3:

$$F_{13} = \frac{Q_1 \cdot Q_3}{r^2} \cdot k = 1.2 \text{ N}$$

mit $k = 8.0 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ und $r = 0.5 \text{ m}$ und

$$F_{23} = \frac{Q_2 \cdot Q_3}{r^2} \cdot k = 2.7 \text{ N}$$

mit $r = 0.5 \text{ m}$.

Vorzeichen:

$$F_{\text{tot}} = -F_{23} + F_{31} = -1.5 \text{ N}$$

4. Ohm'sches Gesetz

HGEZP2

Es gilt $U = R \cdot I$. Wir können dies folgendermassen verwenden

- Spannungsabfall in einem Stromkreis $U = R \cdot I$
- U gegeben: Strombegrenzung: $I = U/R$
- U und I gemessen. Bestimmung des Widerstands: $R = U/I$

Berechnen Sie die fehlende Grösse und benennen Sie die Anwendung:

- $U = 2 \text{ kV}$, $R = 2.4 \text{ k}\Omega$ (Mensch).
- $U = 380 \text{ kV}$, $I = 1.08571 \cdot 10^6 \text{ A}$. (Hochspannungsleitung).
- $U = 230 \text{ V}$, $R = 100 \Omega$. (Mixer).

Lösung:

- Wir berechnen den Strom

$$U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} = 0.833 \text{ A} .$$

Strombegrenzung: Durch den hohen Innenwiderstand des menschlichen Körpers wird der Strom — erzeugt durch Spannung eines Viehzauns — begrenzt.

- Wir berechnen den Widerstand

$$U = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U}{I} = 0.35 \Omega .$$

Bestimmung des Widerstands einer Hochspannungsleitung.

- Wir berechnen den den Strom

$$U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} = 2.3 \text{ A} .$$

Bestimmung des Widerstands einer Hochspannungsleitung. Strombegrenzung: Der Innenwiderstand des Mixes begrenzt den Strom (und die Leistung) des Mixes.

5. Ohm'sches Gesetz**8GFAP5**

Berechnen Sie die Leistung, die an den entsprechenden Widerständen abgegeben wird.

Lösung:

(a) Leistung

$$P = U \cdot I = 1667 \text{ W}$$

Die Spannung ist gepulst [$\Delta t < 1 \text{ s}$] und deshalb enthält ein Stromschlag weniger als 1667 J an Energie.

(b) Leistung

$$P = U \cdot I = 4.1257 \cdot 10^{11} \text{ W}$$

Der Widerstand Leitung ist relativ klein, also wird bei Hochspannung eine grosse Energiemenge (pro Sekunde) übertragen.

(c) Leistung

$$P = U \cdot I = 529 \text{ W}$$

6. Widerstand und Leistung**LPEC4J**

Berechnen Sie Leistung bzw. den Widerstand für die angegebenen elektrischen Geräte und Schaltungen.

(a) Mixer 500 W, 230 V

(b) Staubsauger 200 W, 230 V

(c) Hochspannungskabel, Länge 10 km (1 Ader), Querschnitt $4 \cdot 240 \text{ mm}^2$, Kupfer $\rho_{20} = 0.017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, $V = 380 \text{ kV}$, $I = 5.8 \text{ kA}$.(d) Freileitung, Länge 10 km (1 Ader), Querschnitt $2 \cdot 240 \text{ mm}^2$, Aluminium $\rho_{20} = 0.03 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, $V = 220 \text{ kV}$, $I = 1 \text{ kA}$.**Lösung:**

Wir benutzen folgende Definitionen

$$\begin{aligned} U &= R \cdot I \\ P &= U \cdot I \end{aligned}$$

und die daraus abgeleiteten Relationen

$$\begin{aligned} P &= U \cdot I = R \cdot I^2 \\ \Rightarrow R &= \frac{P}{I^2} \end{aligned}$$

(a) Wir berechnen den Strom: $I = P/U = 500/230 \cdot \frac{\text{W}}{\text{V}} = 2.17 \text{ A}$ und damit den Widerstand $R = \frac{P}{I^2} = 105.8 \Omega$.(b) Wir berechnen den Strom: $I = P/U = 200/230 \cdot \frac{\text{W}}{\text{V}} = 0.87 \text{ A}$ und damit den Widerstand $R = \frac{P}{I^2} = 264.5 \Omega$. Wir sehen also aus den ersten beiden Teilaufgaben, dass bei einer festen Spannung ein grosser Innenwiderstand die Leistung des Gerätes begrenzen kann.

- (c) Dem Endverbraucher steht eine reduzierte Leistung zu Verfügung. Die Reduktion entsteht durch den Spannungsabfall U_V über die Leitung hinweg:

$$U_{\text{out}} = U_0 - U_V .$$

Deshalb kann auch die Leistung des Kabels aufgespalten werden in Nutz- und Verlustleistung:

$$P_{\text{Nutz}} = I \cdot (U_0 - U_V) = I \cdot U_0 - \underbrace{I \cdot U_V}_{=P_{\text{Verlust}}} .$$

Wir berechnen den Widerstand des Kabels:

$$R = \rho_{20} \cdot \frac{l}{A} = 0.017 \cdot \frac{10 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2 \text{ m}}{4 \cdot 240 \text{ m} \cdot \text{mm}^2} = 177 \text{ m}\Omega$$

Dies führt zu einer Verlustleistung von

$$P_{\text{Verlust}} = I \cdot U_V = I \cdot R \cdot I = R \cdot I^2 = 5.96 \text{ MW}$$

Die Leistung der Leitung ist also

$$P_{\text{out}} = 2.204 \text{ GW} - 5.96 \text{ MW} = 2.20 \text{ GW}$$

- (d) Wir berechnen den Widerstand des Kabels:

$$R = \rho_{20} \cdot \frac{l}{A} = 0.3 \cdot \frac{10 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2 \text{ m}}{2 \cdot 240 \text{ m} \cdot \text{mm}^2} = 625 \text{ m}\Omega$$

Dies führt zu einer Verlustleistung von

$$P_{\text{Verlust}} = I \cdot U_V = I \cdot R \cdot I = R \cdot I^2 = 625 \text{ 000 W}$$

Die Leistung der Leitung ist also

$$P_{\text{out}} = 220 \text{ MW} - 625 \text{ kW} = 2.19 \text{ MW}$$

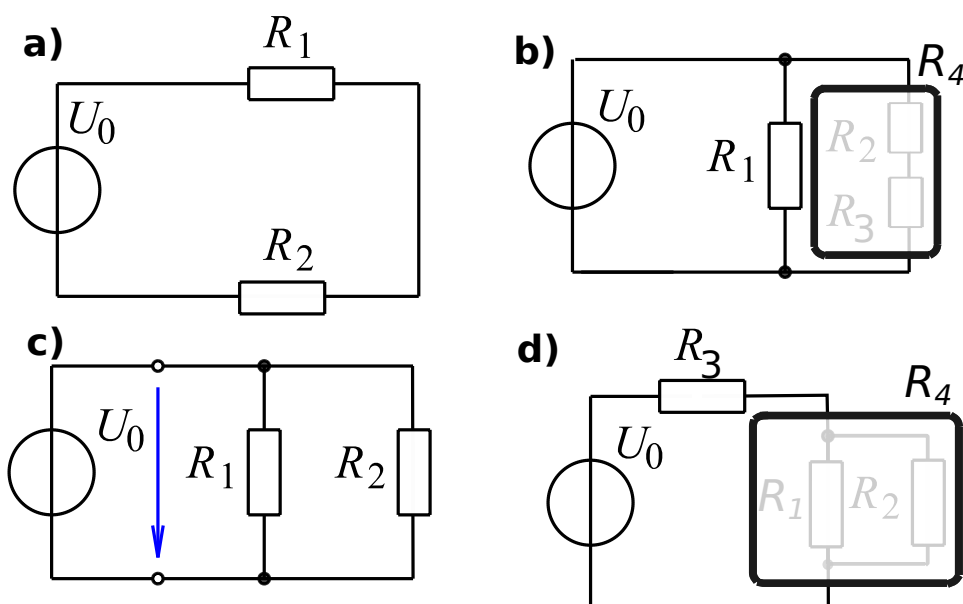
7. Serien/Parallel Schaltung

UAEVXF

Welche Schaltung hat den kleinsten Gesamtwiderstand? Raten Sie und rechnen Sie anschliessend den Widerstand der gezeichneten Schaltungen aus. Welche Schaltung hat die grösste Leistung (bei gleichbleibender angelegter Spannung)?

$$R_1 = 0.110 \text{ } \Omega, \quad R_2 = 0.210 \text{ } \Omega, \quad R_3 = 0.070 \text{ } \Omega$$

Lösung:



- (a) Es handelt sich um eine Serien-Schaltung und der Widerstand ist

$$R = R_1 + R_2 = 0.32 \Omega$$

- (b) Wie eingezeichnet ersetzen wir Teile der Schaltung mit einem effektiven Widerstand R_4 . Diesen Widerstand berechnen wir zuerst.

$$R_4 = R_2 + R_3 = 0.28 \Omega$$

Was bleibt ist eine Parallel-Schaltung der Widerstände R_1 und R_4 :

$$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_4} = 0.079 \Omega$$

- (c) Es handelt sich um eine Parallel-Schaltung unter der Widerstand ist

$$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2} = 0.0721875 \Omega$$

- (d) Wie eingezeichnet ersetzen wir Teile der Schaltung mit einem effektiven Widerstand R_4 . Diesen Widerstand berechnen wir zuerst.

$$R_4 = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2} = 0.072 \Omega$$

Was bleibt ist eine Serien-Schaltung der Widerstände R_3 und R_4 :

$$R = R_3 + R_4 = 0.142188 \Omega$$

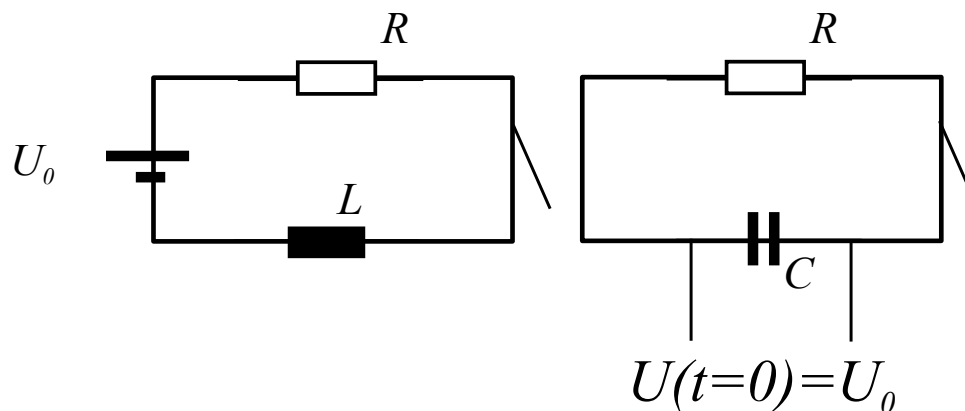
Die Schaltung c) hat den kleinsten Widerstand (0.0721875Ω) und Schaltung a) den grössten (0.32Ω),

8. RC und RL Kreise

BU6HBA

Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter geschlossen. Bestimmen Sie den zeitabhängigen Strom $i(t)$ in den folgenden Schaltungen.

- (a) $R = 0.01 \text{ m}\Omega$, $L = 2 \mu \text{ H}$, $U_0 = 1 \text{ V}$.
 (b) $R = 0.02 \text{ m}\Omega$, $C = 8 \text{ m Fa}$, $U_0 = 5 \text{ V}$. Spannungsquelle wird getrennt (lange) bevor Schalter geschlossen wird.

**Lösung:**

a) Wir berechnen den Schlussstrom

$$I_0 = U_0/R = 10 \text{ A}$$

Die Zeitkonstante ist

$$\tau = L/R = 0.00002 \text{ s}$$

Also ist der Strom

$$i(t) = 10 \text{ A} \cdot \left[1 - e^{-\frac{t}{0.00002 \text{ s}}} \right]$$

b) Wir berechnen den Anfangsstrom

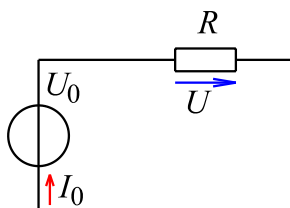
$$I_0 = U_0/R = 250000 \text{ A}$$

Die Zeitkonstante ist

$$\tau = C \cdot R = 0.16 \mu\text{s}$$

Also ist der Strom

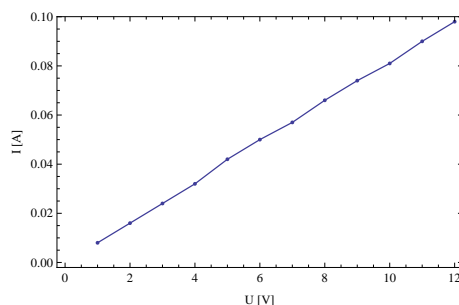
$$i(t) = 250000 \text{ A} \cdot e^{-\frac{t}{0.16 \mu\text{s}}}$$

9. Ohm'scher Widerstand (Lab.)**HY56LS**

- (a) Wählen Sie einen Widerstand zwischen 100 und 1 k Ω . Messen Sie den Strom I durch den Widerstand in Funktion der gemessenen Spannung U_0 und stellen Sie das Ergebnis grafisch dar. (Strom-Spannungs-Kennlinie, $I = f(V)$). Variieren Sie Spannungen im Intervall $U = [0 \text{ V}; 12 \text{ V}]$ in ca. 10-12 Zwischenschritten.
- (b) Berechnen Sie den elektrischen Widerstand R in Funktion der Spannung U_0 . Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar ($R = f(V)$).
- (c) Wie kann man den elektrischen Widerstand grafisch aus der Strom-Spannungs-Kennlinie ablesen?

Lösung:

Hier wird die Lösung für einen Widerstand von 123 Ω angegeben:



U [V]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
R [Ω]	125.	125.	125.	125.	119.	120.	122.8	121.2	121.6	123.5	122.2	122.4

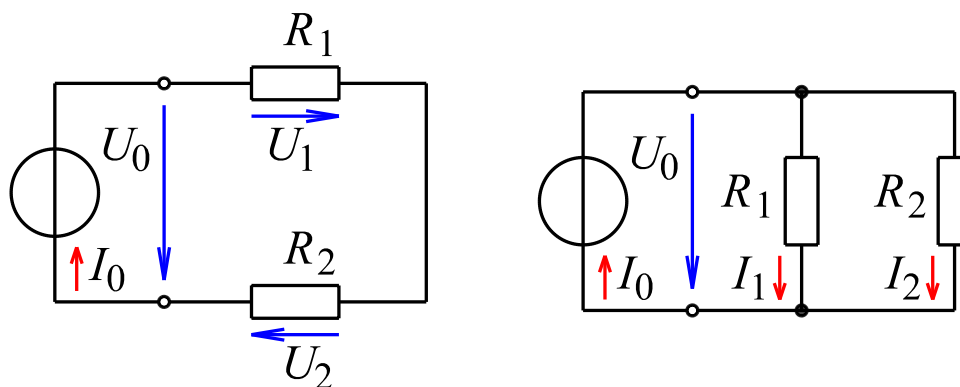
- (a) Es ist wichtig, den Spannungsmesser parallel zwischen die Pole der Spannungsquelle zu schalten und den Strommesser seriell an einen Pol der Spannungsquelle.
- (b) Der Widerstand ist $R = U/I$. Messungen oben.
- (c) Der Widerstand ist die Steigung des Graphen:

$$R = \frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{12 - 1}{0.098 - 0.008} \frac{\text{V}}{\text{A}} = 122.2 \Omega$$

10. Serie-Parallel-Schaltung (Lab.)**64VHBT**

Wählen Sie zwei verschiedene Widerstand zwischen 100 und 1k Ω .

- (a) Berechnen Sie den Gesamtwiderstand der Serien und der Parallel-Schaltung.
- (b) Messen Sie den Gesamtwiderstand der Serien und der Parallel-Schaltung.
- (c) Wie gross (in %) ist die Abweichung der gemessenen Werte von der Rechnung.

**Lösung:**

Wir wählen zwei Widerstände $R_1 = 320 \Omega$ und $R_2 = 700 \Omega$.

- (a) Der Widerstand der Serien-Schaltung ist:

$$R_s = R_1 + R_2 = 1020 \Omega$$

Der Widerstand der Parallel-Schaltung ist:

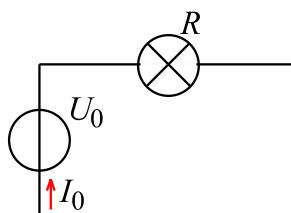
$$R_p = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2} = 219.61 \Omega$$

- (b) Messung: $R'_s = 1000 \Omega$, $R'_p = 222 \Omega$,

- (c) Die Abweichung sind

$$\Delta R_s = \frac{R_s - R'_s}{R_s} = 2.96 \%$$

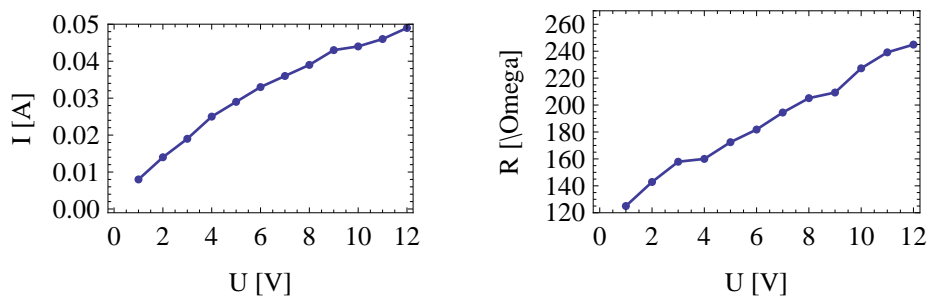
$$\Delta R_p = \frac{R_p - R'_p}{R_p} = -0.08 \%$$

11. Glühlampe (Lab.)**GRFK2U**

- (a) Messen Sie den Strom I_0 durch eine Glühlampe in Funktion der angelegten Spannung U_0 und stellen Sie das Ergebnis grafisch dar. (Strom-Spannungskennlinie, $I = f(V)$). Variieren Sie Spannungen im Intervall $U_0 = [0 \text{ V}; 12 \text{ V}]$ in ca. 10-12 Zwischenschritten.

- (b) Berechnen Sie den elektrischen Widerstand R der Glühlampe in Funktion der Lampenspannung U_0 . Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar ($R = f(V)$).

- (c) Wie kann man den elektrischen Widerstand grafisch aus der Strom-Spannungs-Kennlinie ablesen?
- (d) Diskutieren Sie: Weshalb ist die Strom-Spannungs-Kennlinie nicht linear?

Lösung:

- (a) Beispiel-Messung oben.
- (b) Der Widerstand ist für jeden Punkt: $R = U/I$. Der Widerstand nimmt mit dem Strom zu.
- (c) Der Widerstand muss für jede Spannung einzeln bestimmt werden. Wir können sagen, dass der Widerstand die Steigung Strom-Spannungs-Kennlinie bei einer gegebenen Spannung ist.
- (d) Strom-Spannungs-Kennlinie ist nicht linear, da der Widerstand mit der Temperatur zunimmt. Die Temperatur regt die Vibrationen der Atomrümpfe an und deshalb erhöht sich die Unordnung im Kristall. Die Wahrscheinlichkeit dass ein Elektron mit einem Atomrumpf zusammenstösst wird deshalb höher und damit auch der elektrische Widerstand.