

## Übungen zum elektrischen Strom

### Serie 3: Elektrischer Widerstand und Ohm'sches Gesetz

#### 1. Erste Rechnungen mit Ohm'schen und nicht-Ohm'schen Leitern

**Beispielaufgabe:** Durch einen Kohleschichtwiderstand fliesst bei 1.60 V angeschlossener Spannung ein Strom der Stärke 4.1 mA.

Wie müssten die ersten drei Ringe des Farbcodes auf dem Kohleschichtwiderstand aussehen und welche Spannung müsste angelegt werden, damit die Stromstärke auf 6.2 mA ansteigen würde?

**Lösung:** Für den Wert des Kohleschichtwiderstandes ergibt sich:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1.60 \text{ V}}{0.0041 \text{ A}} = 390.2 \Omega$$

Bei einem 390 Ω-Widerstand sind die ersten drei Ringe des Farbcodes gemäss Anhang A **orange-weiss-braun**.

Mit dem Widerstandswert folgt für die Spannung bei 6.2 mA:

$$U = R \cdot I = 390.2 \Omega \cdot 0.0062 \text{ A} = \underline{\underline{2.4 \text{ V}}}$$

Da 6.2 mA etwa das 1.5-fache von 4.1 mA ist, muss sich für die Spannung auch etwa das 1.5-fache ergeben, was für 1.60 V und 2.4 V ja auch zutrifft. Wir sehen hier direkt die Proportionalität zwischen Spannung und Stromstärke bei einem Ohm'schen Leiter.

- Welche Spannung herrscht über einem Kohleschichtwiderstand mit Farbcode grün-blau-orange-gold, wenn durch ihn ein Strom der Stärke 1.39 mA fliesst?
- Ein Kohleschichtwiderstand soll so in eine Schaltung eingebaut werden, dass über ihm eine Spannung von 7.3 V herrscht, wenn ein Strom der Stärke 3.3 mA fliesst. Nach welchem Farbcode muss man im Widerstandsvorrat suchen?
- Ein Kohleschichtwiderstand werde bei einer angelegten Spannung von 7.5 V von einem Strom der Stärke 2.8 mA durchflossen. Welche Stromstärke misst man bei 13.5 V?
- Ein Glühlämpchen trägt die Aufschrift 3.5V/0.20A. Angegeben wird hier erstens die maximale Spannung, die angelegt werden kann, ohne dass das Lämpchen kaputt geht, und zweitens die Stromstärke, die bei dieser Spannung fliesst.  
Welchen elektrischen Widerstand hat das Lämpchen bei Maximalbetrieb?
- Das Lämpchen unter (d) ist nicht-Ohm'sch. Trotzdem hast du einen Widerstandswert berechnet. Weshalb geht das resp. was besagt der erhaltene Wert ganz genau?
- Über einem gespannten Draht wird eine Spannung von 25 V eingeschaltet. Nach kurzer Betriebszeit kann man beobachten, dass die Stromstärke von anfänglichen 7.5 A auf einen tieferen Wert von etwa 4.0 A absackt? Was heisst das für den Widerstand des Drahtes und wie erklärst du diesen Befund?
- Schliesse ich verschieden farbige Leuchtdioden (LEDs) an eine Spannung von 2.00 V an, so messe ich die folgenden Stromstärken:

LED	rot	gelb	grün
Stromstärke $I$ (mA)	20.3	10.48	9.50

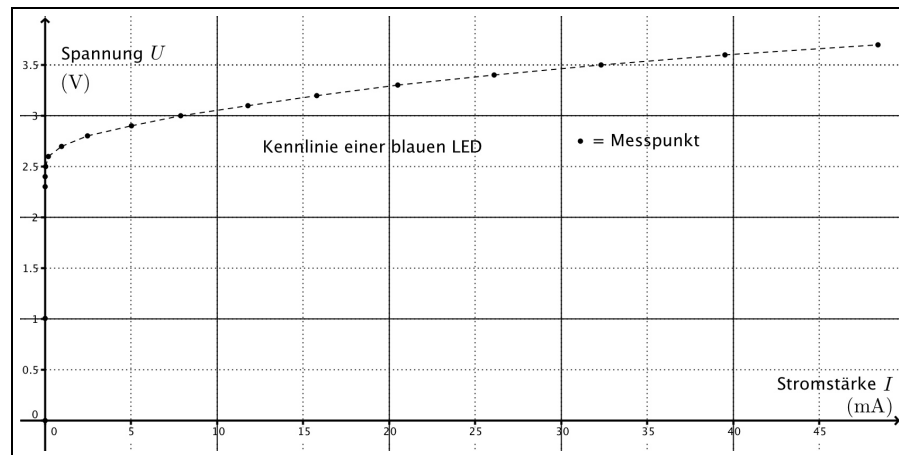
Welche Widerstandswerte weisen diese LEDs bei 2.00 V Spannung auf? Resultate in Ω!

## 2. Elektrische Widerstände verschiedener Objekte

- Kohleschichtwiderstand mit einem Wert von  $1.5\text{ k}\Omega$
- Radiergummi
- 1 m Metallkabel mit einer Dicke von 1 mm
- 1 m Metallkabel mit einer Dicke von 0.5 mm

Welcher Gegenstand besitzt den grössten elektrischen Widerstand? Welcher den zweitgrössten? Etc.  $\Rightarrow$  Erstelle eine Rangliste mit Begründung.

## 3. Das Leitungsverhalten einer blauen Leuchtdiode (LED)



(a) Weshalb ist die LED kein Ohm'scher Leiter?

Formuliere eine fachlich präzise Begründung aufgrund des  $I$ - $U$ -Diagramms.

(b) Wie entwickelt sich der Widerstand der LED bei zunehmender Spannung?

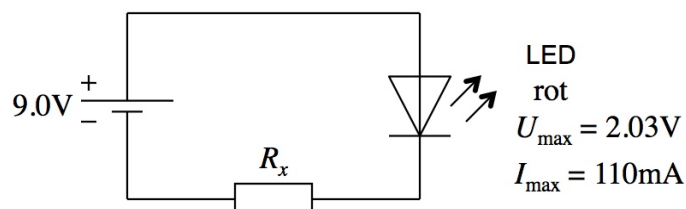
Begründe deine Antwort mit mehreren Widerstandsberechnungen, für welche du die ungefähren Daten aus dem Diagramm abliest.

## 4. Aufgaben zur Serieschaltung von Widerständen

Betrachte hierzu nochmals das in Abschnitt 3.5 im Skript gezeigte Beispiel.

(a) Eine rote LED sollte nicht über einer maximalen Spannung von  $2.03\text{ V}$  betrieben werden. Bei dieser Spannung wird sie von  $110\text{ mA}$  Strom durchflossen. Bestimme den Vorwiderstand  $R_x$ , den man der LED mindestens mit in den Stromkreis geben sollte, wenn sie an einer  $9.0\text{ V}$ -Batterie betrieben wird.

**Tipp:** Bestimme als Erstes den Widerstand der Diode bei Maximalbetrieb.



(b) Bei drei Kohleschichtwiderständen, die seriell an  $3.0\text{ V}$  Spannung angeschlossen sind, misst man eine Stromstärke von  $5.56\text{ mA}$ . Welche Werte besitzen die drei Widerstände, wenn die drei Teilspannungen über ihnen im Verhältnis  $5 : 4 : 9$  stehen?

## 5. Fritz und seine drei Widerstände

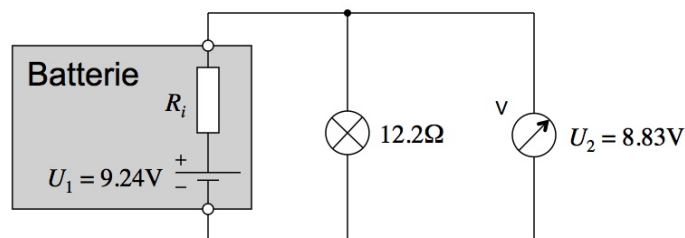
- (a) Fritz hat drei Kohleschichtwiderstände gefunden. Farbcodes: gelb-violett-braun-gold, braun-rot-schwarz-gold und blau-grau-gelb-gold.  
Welche Stromstärke würde sich in jedem der drei Widerstände ergeben, wenn Fritz ihn einzeln an eine 3.0 V-Batterie anschliessen würde?
- (b) Mit welchem Widerstand sollte Fritz das besser nicht versuchen?  
**Hinweis:** In Kohleschichtwiderständen sollten nur geringe Energiemengen umgesetzt werden, sonst werden sie beschädigt. Der Maximalbetrag liegt typischerweise bei 0.25 J pro Sekunde (sogenannte  $\frac{1}{4}$ -Watt-Widerstände).
- (c) Was passiert mit einem Kohleschichtwiderstand, wenn zu viel Strom fliesst?
- (d) Welche Stromstärke fliesst, wenn Fritz die drei Widerstände in Serie an die Batterie anschliesst?

## 6. Der Innenwiderstand einer Batterie

Batterien liefern elektrische Energie aufgrund von **Redoxprozessen** (vgl. Chemie). Diese können allerdings nicht beliebig schnell ablaufen, weshalb Batterien selber dem Strom bereits einen gewissen **Innenwiderstand**  $R_i$  entgegensetzen. Dies führt dazu, dass man an der Batterie bei Betrieb eine etwas geringere Spannung abgreift als sonst.

Konkret messen wir an einer 9 V-Batterie z.B. eine Klemmenspannung von  $U_1 = 9.24 \text{ V}$  (kein Betrieb). Danach schliessen wir ein Lämpchen an, dessen Widerstand  $R = 12.2 \Omega$  beträgt. Messen wir nun die Spannung zwischen den Batteriepolen, so finden wir:  $U_2 = 8.83 \text{ V}$ . Bestimme aus dieser Angabe den Innenwiderstand dieser Batterie.

**Hinweis:** Durch das als ideal angenommene Voltmeter fliesst kein Strom!



## 7. Der Widerstand des menschlichen Körpers

Der Widerstand unseres Körpers hängt von mehreren Faktoren ab, z.B. von der Lage der "Anschlüsse" ( $\rightarrow$  kurzer oder langer Weg durch den Körper?) oder von der Stärke der angelegten Spannung (menschlicher Körper = nicht-Ohm'scher Leiter). Zwei Beispiele:

- (a) Zwischen Hand und Fuss beträgt der Widerstand bei Spannungen zwischen 0 V und Steckdosenspannung etwa  $3.0 \text{ k}\Omega$ .  
Ab welcher Spannung sollte man demzufolge aufpassen, wenn ein permanent fließender Strom durch den Körper nicht grösser als  $10 \text{ mA}$  sein sollte?
- (b) Beim **Defibrillator** – der elektrischen Anregung des Herzmuskels bei Herzstillstand – wird für sehr kurze Zeit (20 Millisekunden) eine Spannung von  $750 \text{ V}$  angelegt und es fließen etwa  $15 \text{ A}$  Strom durch den Körper.  
Wie gross ist der Körperwiderstand in dieser Anwendung ungefähr?