
Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik II

V. Austrup, F. Ellinghaus, G. Jäkel, N. Lehmann, F. Schröder

Sommersemester 2018

Universität Wuppertal

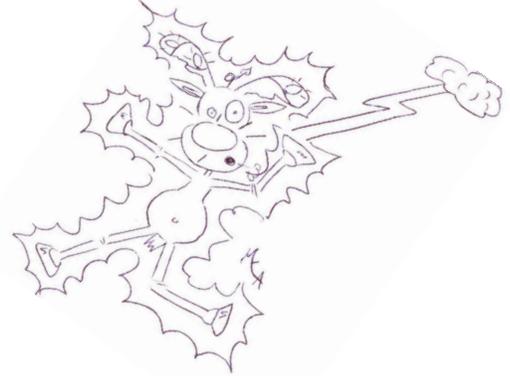
BLATT VII

ABGABE BIS DONNERSTAG, DEN 14. JUNI 2018 UM 10:00
(IN DIE JEWEILIGEN POSTFÄCHER IHRES ÜBUNGSGRUPPENLEITERS AUF D09)

1. Rudolph und das Weichei

(1+1+1+2+2+1 = 8 Punkte)

Ein Rentier namens Rudolph steht in der Nähe eines Blitzeinschlages. Rudolph hat einen Beinabstand von $l = 1,25\text{ m}$ und einen Innenwiderstand von $10\text{ k}\Omega$. Der Boden auf dem Rudolph steht hat eine spezifische Widerstand von $100\ \Omega\text{m}$, der einschlagende Blitz eine Stromstärke von $20\,000\text{ A}$ und schlägt in der Entfernung R ein. Rudolph steht dem Einschlagsort genau zugerichtet. Rudolph überlebt Stromschläge einer Stärke von bis zu 100 mA . In welcher Entfernung R darf der Blitz gerade noch einschlagen, damit Rudolph überlebt?

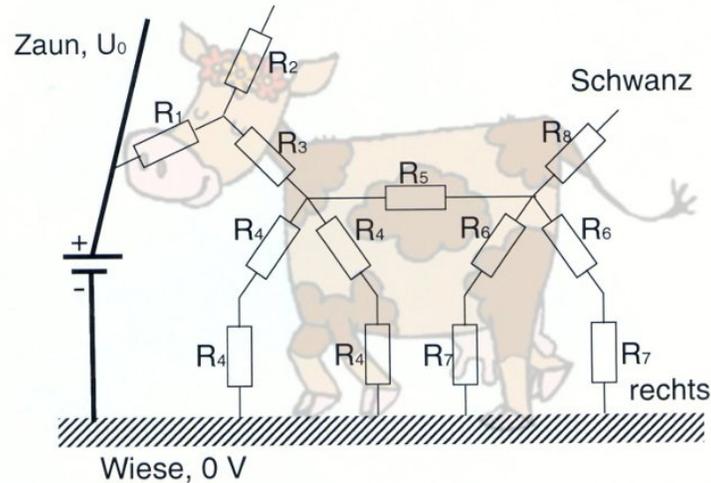


- Berechnen Sie zunächst die Schrittspannung die Rudolph gerade noch überlebt.
- Berechnen Sie die Stromdichte des Blitzes im Boden. Nehmen Sie hierzu an, der Strom des Blitzes würde sich Halbkugel-förmig im Boden ausbreiten. Es gilt die Kontinuitätsgleichung!
- Berechnen Sie die Feldstärke $|\vec{E}|$ als Funktion des Abstandes zum Blitz. Sie kennen die ohmschen Eigenschaften des Bodens!
- Berechnen Sie nun die Potentialdifferenz über Rudolphs Beinabstand an der Schnitt/Oberfläche der leitenden Halbkugel abhängig vom Abstand R .
- Berechnen Sie die Entfernung in der Rudolph gerade noch überlebt.
- Rechnen Sie nun die Aufgabe auch für einen studentischen Weihnachtsmann, der eine Schrittweite von $l = 0,6\text{ m}$ und einen Innenwiderstand von $1\text{ k}\Omega$ besitzt. Der Weihnachtsmann ist ein Weichei und überlebt daher nur eine Stromstärke von 50 mA .

2. Kuh am Weidezaun

(2+1+1+1 = 5 Punkte)

Eine Kuh berührt mit der Schnauze einen elektrischen Weidezaun ($U = 1,25 \text{ kV}$). Die Erde, auf der die Kuh steht, sei ein idealer Leiter. Das Ersatzschaltbild der Kuh ist in der Abbildung angegeben. Die Widerstände sind $R_1 = R_3 = R_4 = R_7 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_6 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_8 = 10 \text{ k}\Omega$.



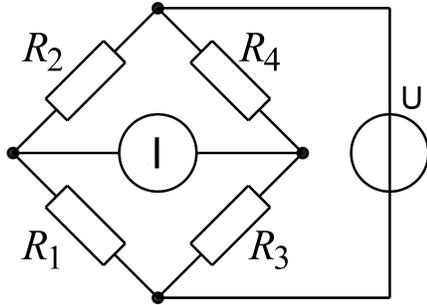
- Welcher Strom fließt im Hinterbein der Kuh?
- Berechnen Sie die Spannung zwischen dem Kuhschwanz und dem Erdboden im Moment des elektrischen Schlages.
- Wie groß ist der Gesamtwiderstand der auf der Erde stehenden Kuh zwischen Schnauze und Schwanzspitze?
- Zwischen welchen Körperteilen findet man den größten Gesamtwiderstand?

3. Heissleiter

(1+2+1= 4 Punkte)

Ein Heissleiter (NTC Widerstand) hat folgende Temperaturabhängigkeit: $R(T) = R_0 \cdot e^{\frac{B}{T}}$ mit $R_0 = 2.0458 \Omega$ und $B = 2000 \text{ K}$.

- Welcher Strom fließt bei 50° C bzw. bei 100° C durch den Widerstand, wenn man eine Spannung von 10 V anlegt?
- Der NTC Widerstand sei jetzt Teil (R_2) einer Wheatstone-Brückenschaltung. Die übrigen Widerstände, die als temperaturunabhängig gelten können sind alle gleich und so gewählt, dass bei 50° C kein Strom durch das Messgerät (I) fließt. Es wird ebenfalls eine Spannung von 10 V an die Schaltung gelegt. Welcher Strom fließt jetzt bei 0° C bzw. 100° C über den Innenwiderstand (R_I) des Messgeräts.



Hinweis: Man kann zeigen, dass für den Strom durch das Messgerät gilt:

$$I = U \frac{R_3 \cdot R_2 - R_1 \cdot R_4}{N} \quad \text{mit}$$

$$N = R_1 R_3 R_I + R_1 R_3 R_2 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_I R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_3 R_I R_2 + R_3 R_2 R_4 + R_I R_2 R_4 .$$

Der Innenwiderstand des Strommessgerätes sei klein.

- (c) Wie groß ist die relative Stromänderung bei einer Temperaturänderung von 55°C auf 60°C in den Fällen a) und b)?

4. Erhitzter Draht

(3 Punkte)

Im Labor befinde sich ein großer Vakuumbehälter, in dem ein Strom I durch einen langen Kupferdraht mit einer Querschnittsfläche von $A = 1\text{ mm}^2$ fließt. Bei welchem Strom erwärmt sich der Draht um $\Delta T = 10\text{ K}$, bei welchem Strom bis zur Rotglut ($T \approx 500^\circ\text{C}$)?

Die Drahtoberfläche sei genügend stark oxidiert, so dass die Wärmestrahlung pro Fläche durch das Stefan-Boltzmann-Gesetz $P = \sigma \cdot (T^4 - T_0^4)$ beschrieben werden kann (mit $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{K}^4 \text{m}^2}$). Der spezifische Widerstand von Kupfer bei Labor-temperatur ($T_0 = 20^\circ\text{C}$) ist $\rho_0 \equiv \rho_{\text{Cu}}(T_0) = 1.7 \times 10^{-2} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ und der Widerstandskoeffizient der Temperatur $\alpha_{\text{Cu}} = 3.9 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$.

Hinweis: Der Widerstand R eines Drahtes mit Radius r , Querschnitt $A = \pi r^2$ und Länge l ist:

$$R(T) = \rho_{\text{Cu}}(T) \cdot \frac{l}{A} = \rho_0 (1 + \alpha_{\text{Cu}}(T - T_0)) \cdot \frac{l}{A}.$$