

Die folgenden **Rechenbeispiele** zu *Grundlagen der Elektronik* werden in der angegebenen Übungseinheit vom Vortragenden vorgerechnet und erläutert. Die ausgearbeiteten Beispiele werden nicht auf TISS veröffentlicht, Ihre Anwesenheit ist erforderlich!

Es wird dringend empfohlen, möglichst viele Beispiele zuvor selbständig zu lösen, weil bei den Tests ähnliche Aufgaben gestellt werden!

Ausgearbeitete Beispiele sollen **am Beginn** der Übungseinheit (pünktlich!) im Hörsaal in Papierform abgegeben werden, um Bonuspunkte für die Beispiele angerechnet zu bekommen.

Voraussetzungen für die Bewertung:

- Form: Eigenhändige Handschrift als Original, klar und gut leserlich. (Am Tablet schreiben und ausdrucken gilt nicht.) Tipp: Behalten Sie sich eine Kopie oder gescannte Version, damit Sie Ihre Ergebnisse mit den in der Übung präsentierten Rechnungen vergleichen können.
 - Wir behalten uns die Möglichkeit vor, die Handschrift mit der in den Tests zu vergleichen.
 - Name und Matrikelnummer auf der ersten Seite.
 - Wenn mehr als ein Blatt abgegeben wird, bitte zusammenheften oder -kleben! Für verloren gegangene fliegende Zettel gibt es keine Punkte. Bitte keine Plastikhüllen!
 - Rechengang nachvollziehbar und richtig.
 - Ergebnis richtig (alle Teilaufgaben zu einer Nummer; bis auf allfällige Rundungsfehler).

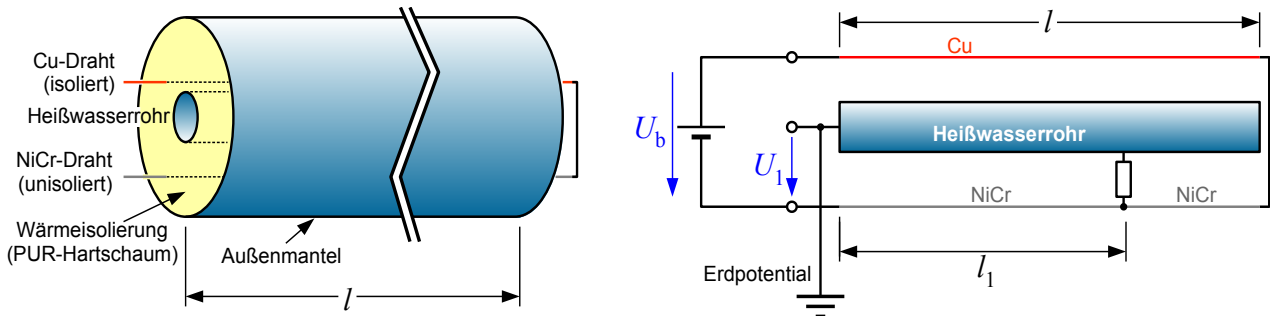
Für ein korrekt ausgearbeitetes Beispiel erhalten Sie 0.5 Bonuspunkte, jedoch **max. 2 Bonuspunkte** pro Übungseinheit. Insgesamt können daher **maximal 8 Bonuspunkte** erworben werden.

Verspätet abgegebene Beispiele oder solche, die den angegebenen Kriterien nicht entsprechen, können nicht berücksichtigt werden!

Beispiel A1:

Zur Überwachung der Wärmeisolation von Fernwärmeleitungen liegen in der Wärmeisolation zwischen dem Innenrohr mit Heißwasser (Stahl, elektrisch gut leitfähig und auf Erdpotential) und dem Außenmantel zwei Drähte. Der eine Draht besteht aus Kupfer (Durchmesser 1 mm; spezifischer Widerstand bei Betriebstemperatur $2.0 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$) und ist sehr gut isoliert; der zweite Draht aus einer Nickel-Chrom-Legierung (Durchmesser 0.8 mm; spezifischer Widerstand $2.85 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$). Dieser Draht ist gegenüber der Umgebung (Wärmeisolation, PUR-Hartschaum) nicht isoliert, die Wärmeisolation ist bei einer intakten Fernwärmeleitung jedoch ein sehr guter elektrischer Isolator. Am rechten Ende der Fernwärmeleitung sind die beiden Drähte miteinander verbunden, siehe Bild. (Die Widerstände dieser Verbindung und der Anschlüsse links können vernachlässigt werden.)

- Berechnen Sie die Widerstände der beiden Drähte, wenn die Fernwärmeleitung eine Länge von $l = 1 \text{ km}$ hat.
- Sie legen zwischen den linken Enden der beiden Drähte eine Spannung von $U_b = 10 \text{ V}$ an. Berechnen Sie die Stromstärke. Wie viel Leistung wird dissipiert?
- Es tritt nun ein Leck auf, wodurch die Wärmeisolation an einer Stelle der Fernwärmeleitung nass und elektrisch leitfähig wird. An dieser Stelle ist Widerstand zwischen dem NiCr-Draht und dem geerdeten Rohr der Fernwärmeleitung im Bereich von $100 \text{ k}\Omega$ (rechtes Bild). Wenn Sie (wie zuvor) eine Spannung von $U_b = 10 \text{ V}$ zwischen den Enden der Drähte anlegen, messen Sie zwischen dem Stahlrohr und dem NiCr-Draht eine Spannung von $U_1 = 8.0 \text{ V}$. (Die Spannungsquelle für 10 V ist erdfrei, d.h., sie hat selbst keine Verbindung zum Erdpotential.) In welcher Entfernung l_1 vom linken Ende befindet sich das Leck?



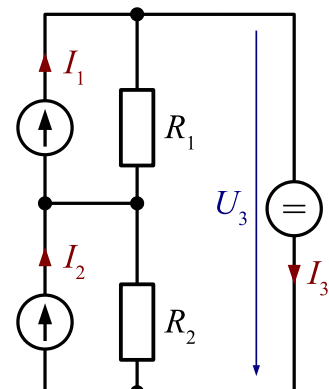
(Für Experten der Fernwärmetechnik: Es gibt noch ein zweites Verfahren zur Lokalisierung von Lecks; dafür werden zwei Cu-Drähte und Laufzeitmessungen bei der Reflexion sehr kurzer Impulse eingesetzt. Dieses Verfahren benötigt eine wesentlich komplexere Elektronik, funktioniert aber auch bei Kunststoffrohren und bei mehreren Lecks.)

Beispiel A2:

Betrachten Sie die Schaltung im Bild rechts.

Gegeben sind I_1 , I_2 , U_3 und die Widerstände R_1 , R_2 .

- Stellen Sie die Netzwerkgleichungen auf (Kirchhoff & Ohm), die Sie zur Berechnung von I_3 lösen müssen.
- Berechnen Sie I_3 mit Hilfe dieser Netzwerkgleichungen.



Beispiel A3:

Berechnen Sie für die Schaltung aus Beispiel A2 den Strom I_3

- mit Hilfe des Helmholtz'schen Überlagerungssatzes,
- mit Hilfe des folgenden Tricks: Ersetzen Sie die beiden Parallelschaltungen I_1, R_1 und I_2, R_2 jeweils durch die äquivalenten Ersatzspannungsquellen.

Beispiel A4:

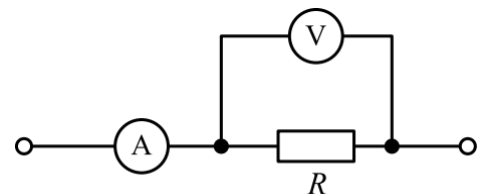
Sie wollen ein kleines, batteriebetriebenes Radio mit einem USB-Steckernetzteil (Ausgangsspannung 5 V DC, Innenwiderstand vernachlässigbar klein) betreiben; das Radio braucht jedoch 3 V Versorgungsspannung (maximal zulässig: 3.3 V). Daher verwenden Sie einen Spannungsteiler.

- Bestimmen Sie die nötigen Widerstandswerte, wenn der unbelastete Spannungsteiler 3.3 V liefern soll und der Strom durch den Spannungsteiler dann 0.6 A betragen soll.
- Bestimmen Sie die Daten der Ersatzspannungsquelle, die den Ausgang des Spannungsteilers beschreibt.
- Um wieviel sinkt diese Ausgangsspannung, wenn Sie das Radio anschließen und dieses eine Stromaufnahme von 400 mA hat? Mit welchem Strom wird dann das 5 V-Netzteil belastet?
- Wie groß ist die Verlustleistung in den beiden Widerständen bei Leerlauf (ohne Radio) und bei Belastung des Spannungsteilers mit 400 mA? Vergleichen Sie diese Werte mit der Leistungsaufnahme des Radios im Fall (c). Was wäre das Problem, wenn Sie einen Spannungsteiler mit viel kleinerer Verlustleistung verwenden? (Bedenken Sie dabei, dass die Stromaufnahme des Radios stark von der Lautstärke abhängt.)

(Sie werden in den Kapiteln über Z-Dioden und Transistoren sehen, dass es auch Schaltungen zur Spannungsreduktion mit weniger Verlustleistung und trotzdem kleinem Innenwiderstand gibt.)

Beispiel A5:

- Der Widerstand R soll mittels der Schaltung im Bild bestimmt werden (reale Messgeräte!). Das Amperemeter zeigt $20.0 \mu\text{A}$, das Voltmeter 6.95 V an; der Innenwiderstand des Voltmeters ist $R_{IV} = 10 \text{ M}\Omega$.



- Berechnen Sie R .
- Wie groß ist der relative Fehler, wenn der Spannungsabfall am Amperemeter nicht berücksichtigt wird?

- Ändern Sie die Schaltung von (a) so ab, dass der Strom durch das Voltmeter keinen Einfluss auf das Messergebnis hat (zuerst zeichnen, dann im Skriptum nachschauen!). Nun hängt das Messergebnis allerdings vom Innenwiderstand des Amperemeters ab. Sie erhalten mit dieser neuen Schaltung und dem selben Widerstand R wie in (a) die Messwerte 5.55 V und $15 \mu\text{A}$ [die Versorgungsspannung ist diesmal eine andere als in (a)].

Berechnen Sie

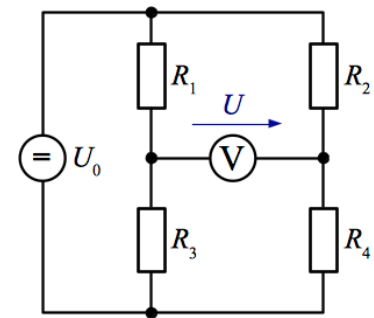
- den Innenwiderstand des Amperemeters, und
- wie groß wäre der relative Fehler, wenn Sie R aus den Messwerten von (b) berechnen, ohne den Innenwiderstand des Voltmeters zu berücksichtigen?

- Gegeben sei ein Amperemeter mit Messbereich $100 \mu\text{A}$ und einem Spannungsabfall von 100 mV bei Vollausschlag (d.h. am oberen Bereichsende). Sie möchten es für einen Messbereich von 100 mA verwenden.

- Welche Schaltung werden Sie verwenden? Schaltbild und Bauteilwert(e) angeben! (zuerst zeichnen und rechnen, erst danach im Skriptum nachschauen!)

Beispiel A6:

- (a) Berechnen Sie für die Schaltung im Bild die Änderung dU der Brückenspannung bei kleinen Änderungen dR_1 des Widerstandes R_1 . Nehmen Sie ein ideales Voltmeter an.
- (b) Nehmen Sie an dass R_1 ein Thermistor (NTC) ist, der einen Temperaturkoeffizient des Widerstands von $\alpha_R = -0.045 \text{ K}^{-1}$ hat. Berechnen Sie die Änderung ΔU , wenn R_1 und R_3 ursprünglich gleich groß sind, und R_1 um $\Delta T = 10^{-3} \text{ K}$ erwärmt wird. $U_0 = 10 \text{ V}$.

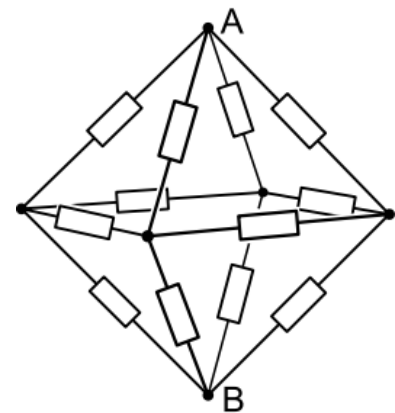
Beispiel A7:

- (a) An den Kanten eines Oktaeders befinden sich 12 gleiche Widerstände R , mit denen die Eckpunkte verbunden sind.

Berechnen Sie den Widerstand, den Sie zwischen zwei gegenüberliegenden Eckpunkten **A** und **B** messen würden!

Zeichnen Sie die Schaltung auch auf ein ebenes Schaltbild um.

Hinweis: Nutzen Sie die Symmetrie aus! Sie können die Schaltung auch als vier Spannungsteiler sehen, die (ähnlich einer Brückenschaltung) in „Querrichtung“ über Widerstände verbunden sind. Wie groß wären die Brückenspannungen?



(Teil (b) ist kein Prototyp für Testbeispiele! Dieses Beispiel ist ein klassisches Problem aus der Theorie linearer Netzwerke, das für PhysikerInnen sehr instruktiv ist. Das Vergnügen, dieses Rätsel zu lösen, will ich Ihnen nicht vorenthalten – M.S. ☺)

- (b) Betrachten Sie ein Widerstandsnetzwerk aus gleich großen Widerständen R , die jeweils benachbarte Punkte eines Dreiecksgitters verbinden (Bild auf der nächsten Seite). Das Netzwerk sei in alle Richtungen (nahezu) unendlich groß.

Berechnen Sie den Widerstand zwischen zwei benachbarten Gitterpunkten **A** und **B**.

Sie können folgende Methode verwenden:

- (1) Nehmen Sie an, dass im Punkt **A** ein Strom I eingespeist wird und ins Unendliche (das auf fixer Spannung gehalten wird) abfließt. Berechnen Sie dafür den Spannungsabfall U_{AB} am Widerstand zwischen **A** und **B** (Symmetrie berücksichtigen!)
- (2) Nehmen Sie an, dass im Punkt **B** ein Strom gleicher Größe entnommen wird. Berechnen Sie den dadurch verursachten Spannungsabfall U_{AB} .
- (3) Verwenden Sie den Überlagerungssatz, um den Spannungsabfall U_{AB} zu bestimmen, wenn der Strom I im Punkt **A** eingespeist und im Punkt **B** wieder entnommen wird.

