

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, die Beispiele zuvor selbständig zu lösen, weil bei den Tests ähnliche Aufgaben gestellt werden!

Ausgearbeitete Beispiele können **am Beginn** der Übungseinheit 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. 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, alle Blätter zusammengeheftet.
- Rechengang nachvollziehbar und richtig.
- Ergebnis richtig (alle Teilaufgaben zu einer Nummer; bis auf allfällige Rundungsfehler).
- Sonderregelung für Berufstätige auf Anfrage: **Spätestens am Vortag** per e-Mail (gescannte handschriftliche Ausarbeitung im Anhang) an einen der Tutoren

Bernhard Ruch: e1125726@student.tuwien.ac.at

Florian Gams: gamsi@fstph.at

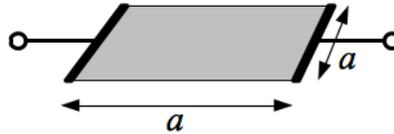
Für ein korrekt ausgearbeitetes Beispiel erhalten Sie 0.5 Bonuspunkte, jedoch **max. 2 Bonuspunkte** pro Übungseinheit. Insgesamt können **maximal 8 Bonuspunkte** erworben werden.

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

Beispiel A1:

- (a) Man berechne den Widerstand eines Quadrats (Seitenlänge a) einer dünnen Schicht (Dicke d , spez. Widerstand ρ), zwischen zwei gegenüberliegenden Seiten (Bild).

Welche Einheit hat dieser *Flächenwiderstand* einer Widerstandsschicht mit gegebener Dicke?



- (b) Welchen Widerstand hat folgende Kupferleitung bei einer Temperatur von $50\text{ }^\circ\text{C}$:

Länge $l = 15\text{ m}$

30 parallele Litzen mit je 0.25 mm Durchmesser

(Litzen sind einzelne dünne Drähte, aus denen ein dickeres, aber flexibles Kabel besteht).

Die Leitfähigkeit von Cu ist $5.96 \times 10^7\text{ S/m}$ bei $20\text{ }^\circ\text{C}$, der Temperaturkoeffizient des Widerstands ist 0.0039 K^{-1} .

Sie können annehmen, dass die Änderung ΔR des Widerstands zwischen 20 und $50\text{ }^\circ\text{C}$ wesentlich kleiner als R ist; Sie dürfen also Terme $(\Delta R/R)^2$ und höhere Ordnungen vernachlässigen.

- (c) Ein Verbraucher wird über ein Kabel mit Leitern wie in Teil (b) angeschlossen.

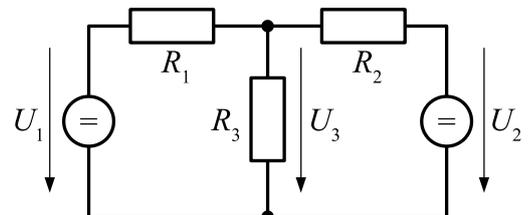
Wie viel Verlustleistung wird in der Leitung (Hin- und Rückleitung, je 15 m Länge, $50\text{ }^\circ\text{C}$) dissipiert, wenn sie vom Strom $I = 12.5\text{ A}$ durchflossen wird?

Beispiel A2:

Betrachten Sie die Schaltung im Bild rechts.

Gegeben sind U_1 , U_2 und die Widerstände R_1 , R_2 , R_3 .

- (a) Stellen Sie die Gleichungen für dieses Netzwerk mit Hilfe der Kirchhoff'schen Regeln auf.
- (b) Berechnen Sie U_3 mit Hilfe dieser Netzwerkgleichungen.

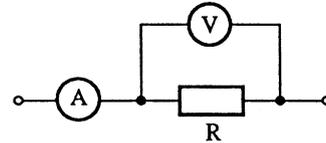
Beispiel A3:

Berechnen Sie für die Schaltung aus Beispiel A2 die Spannung U_3

- (a) mit Hilfe des Helmholtz'schen Überlagerungssatzes,
- (b) mit Hilfe des folgenden Tricks: Ersetzen Sie die beiden realen Spannungsquellen aus U_1 und R_1 sowie U_2 und R_2 durch die äquivalenten realen Stromquellen.

Beispiel A4:

- (a) Der Widerstand R soll mittels der folgenden Schaltung bestimmt werden. Das Amperemeter zeigt $200 \mu\text{A}$, das Voltmeter 12 V an; der Innenwiderstand des Voltmeters ist $R_{iV} = 10 \text{ M}\Omega$. Berechnen Sie R . Wie groß ist der relative Fehler, wenn der Strom durch das Voltmeter nicht berücksichtigt wird?



- (b) 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 beeinflusst allerdings der Spannungsabfall am Amperemeter das Messergebnis. Sie messen in dieser neuen Schaltung mit dem selben Widerstand wie in (a) bei einer Spannung von 6.1 V einen Strom von $100 \mu\text{A}$.

Berechnen Sie

- den Spannungsabfall am Amperemeter,
- den Innenwiderstand des Amperemeters, und
- wie groß wäre der relative Fehler, wenn Sie R berechnen, ohne den Spannungsabfall am Amperemeter zu berücksichtigen?

- (c) Gegeben sei ein Amperemeter mit Messbereich 1 mA und einem Spannungsabfall von 200 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!
 - Wie groß ist die Leistungsaufnahme des ursprünglichen Messinstruments und Ihrer Schaltung, jeweils bei Vollausschlag?

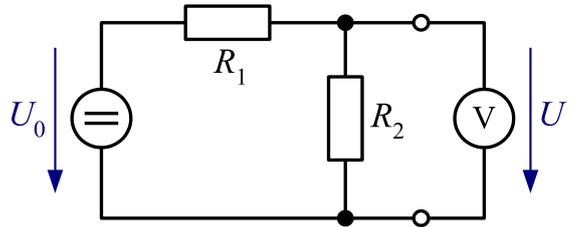
Beispiel A5:

- (a) Mit einem Voltmeter wird an den Anschlussklemmen (parallel zu R_2) eine Spannung von 50 V gemessen. Wie groß ist die Spannung U_0 , wenn Sie (1) zuerst näherungsweise annehmen, dass es ein ideales Voltmeter ist und (2) unter Berücksichtigung des Innenwiderstands des Voltmeters von $10\text{ M}\Omega$?

Gegeben:

$$R_1 = 22\text{ M}\Omega$$

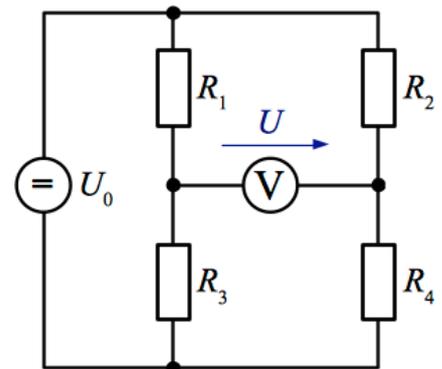
$$R_2 = 1\text{ M}\Omega$$



- (b) Berechnen Sie die Daten der Ersatzspannungsquelle für die Schaltung mit R_1 , R_2 und der tatsächlichen Eingangsspannung U_0 , die Sie in (a) berechnet haben. (Gesucht ist also die Ersatzspannungsquelle zwischen den Klemmen, an denen das Voltmeter angeschlossen wird) Berechnen Sie mit dieser Ersatzspannungsquelle die Änderung der Spannung an R_2 , wenn Sie das Voltmeter (Innenwiderstand $10\text{ M}\Omega$) anschließen. Sie sollten aus diesen Ergebnissen den Messwert aus (a) erhalten.

Beispiel A6:

- (a) Berechnen Sie für die Wheatstone'sche Brückenschaltung (Bild rechts) die Änderung ΔU der Brückenspannung bei kleinen Änderungen ΔR_1 des Widerstandes R_1 . Nehmen Sie ein ideales Voltmeter an.
- (b) Wie muss der Widerstand R_3 gewählt werden, damit ΔU möglichst groß wird?
- (b) Berechnen Sie ΔU wenn R_1 und R_3 ursprünglich gleich groß sind, und R_1 um $\Delta T = 10\text{ mK}$ erwärmt wird. $U_0 = 10\text{ V}$. Nehmen Sie dabei an, dass R_1 aus einem Reinmetall besteht, für das der Temperaturkoeffizient des spezifischen Widerstands $\alpha_R = 0.004\text{ K}^{-1}$ beträgt.



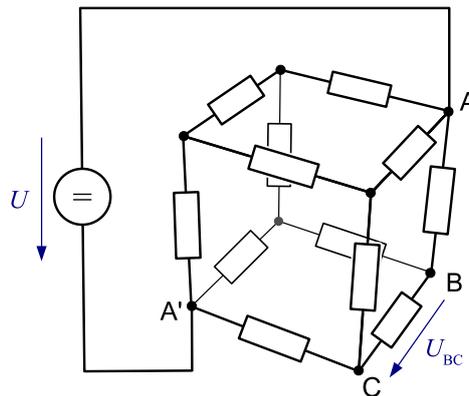
Beispiel A7:

(Kein Prototyp für Testbeispiele! Dieses Beispiel basiert auf klassischen Problemen aus der Theorie linearer Netzwerke, die für PhysikerInnen sehr instruktiv sind. Das Vergnügen, diese Rätsel zu lösen, will ich Ihnen nicht vorenthalten – M.S. ;-)

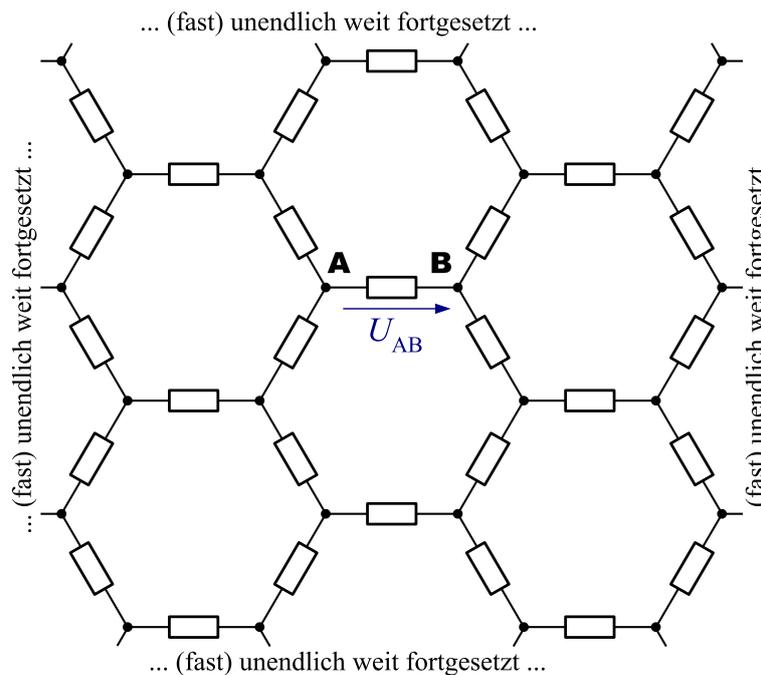
- (a) An den Kanten eines Würfels befinden sich 12 gleiche Widerstände R , mit denen die Eckpunkte verbunden sind.

Zwischen zwei Eckpunkten A und A' , die durch eine Raumdiagonale getrennt sind, wird eine Spannung U angelegt. Wie groß ist die Spannung U_{BC} zwischen den Punkten B and C ?

Hinweis: Betrachten Sie die Spannungen (Potentiale) an den Eckpunkten und verwenden Sie Symmetrieargumente. Umzeichnen auf ein ebenes Schaltbild, an dem die Symmetrie erkennbar ist, ist hilfreich.



- (b) Betrachten Sie ein Widerstandsnetzwerk aus gleich großen Widerständen R , die jeweils Waben bilden (Bild). Das Netzwerk sei riesig groß (fast unendlich) und an den (sehr weit entfernten) Rändern rundherum auf Spannung $U = 0$. Im Knoten A wird ein Strom I eingespeist (der Strom fließt zum Rand). Wie groß ist die Spannung zwischen A und B ?



- (c) Verwenden Sie das Ergebnis von (b) und den Überlagerungssatz, um den Widerstand zwischen den Punkten A und B zu berechnen (Hinweis: der Strom, der in A hineinfließt, muss bei B wieder herauskommen).