

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 (pünktlich!) 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.
- Wenn mehr als ein Blatt abgegeben wird, bitte zusammenheften! Für verloren gegangene fliegende Zettel gibt es keine Punkte.
- Rechengang nachvollziehbar und richtig.
- Ergebnis richtig (alle Teilaufgaben zu einer Nummer; bis auf allfällige Rundungsfehler).
- Sonderregelung bei Krankheit oder anderen unvermeidbarer Verhinderung: **Spätestens am Vortag** per e-Mail (gescannte handschriftliche Ausarbeitung im Anhang, vorzugsweise PDF; eventuell JPEG oder PNG) an einen der Tutoren

Peter Drmota peter.drmota@tuwien.ac.at

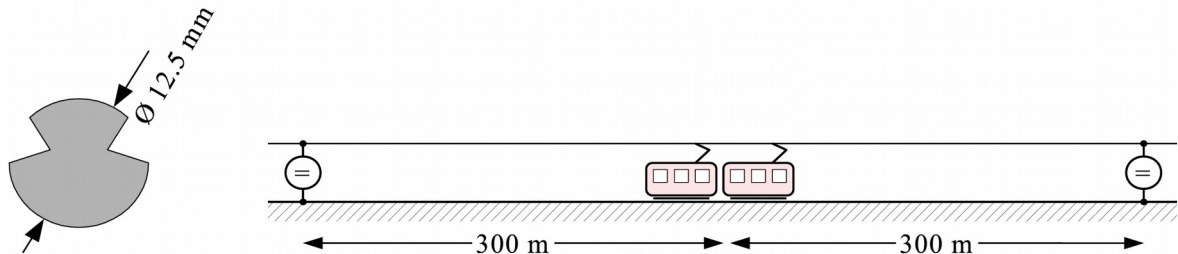
Alexander Vock alexander.vock@tuwien.ac.at

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

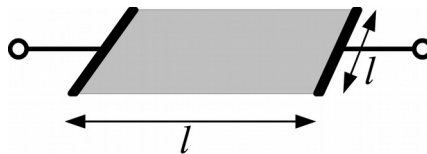
Verspätet abgegebene Beispiele oder solche, die den angegebenen Kriterien nicht entsprechen, können nicht berücksichtigt werden!

Beispiel A1:

- (a) Der Fahrdraht der Wiener Straßenbahn („Oberleitung“) hat einen kreisförmigen Querschnitt mit 12.5 mm Durchmesser, wobei allerdings 18.5% der Querschnittsfläche fehlen (zwei Rillen für die Befestigung, siehe Bild). Die Leitfähigkeit ist 5.9×10^7 S/m (nahezu reines Cu).
- Welchen Widerstand hat ein Stück des Fahrdrahts mit der Länge $l = 300$ m?

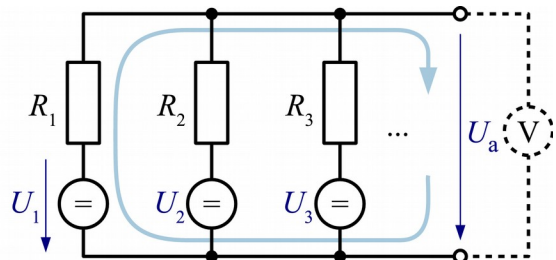


- (b) Die Wiener Straßenbahn wird mit einer Gleichspannung von 600 V (Nennspannung) betrieben; die Stromaufnahme einer Straßenbahn beim Anfahren ist maximal 800 A. Nehmen Sie an, dass zwei Straßenbahnen unmittelbar hintereinander stehen und mit maximaler Stromaufnahme anfahren, wobei die Einspeisepunkte für die Spannung 300 m vor und hinter den Straßenbahnen liegen (den Abstand zwischen den Straßenbahnen können Sie vernachlässigen).
- Wie groß ist der Spannungsabfall im Fahrdraht zwischen den Einspeisepunkten und der Straßenbahn? Wie viel Leistung wird im Fahrdraht insgesamt dissipiert?
- (c) Berechnen Sie den Widerstand eines Quadrats (Seitenlänge l) einer dünnen Schicht (Dicke d , spez. Widerstand ρ), zwischen zwei gegenüberliegenden Seiten (Bild).
Welche Einheit hat dieser *Flächenwiderstand* einer Widerstandsschicht mit gegebener Dicke?

Beispiel A2:

Betrachten Sie die Schaltung im Bild rechts.
Gegeben sind U_1, U_2, \dots und die Widerstände R_1, R_2, \dots (beliebig viele).

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



Hinweis: legen Sie die Maschen so, dass in jeder Masche eine Spannungsquelle U_i mit dazugehörigem Serienwiderstand R_i ($i = 1, 2, \dots$) und die Spannung U_a liegt. Wenn Sie wollen, können Sie sich ein ideales Voltmeter dazudenken, um den Kreis zu schließen (Bild).

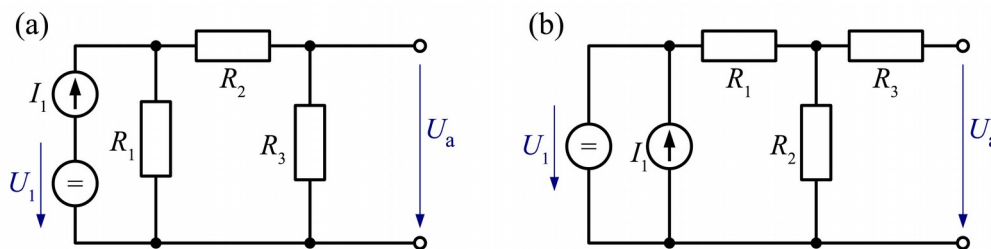
Beispiel A3:

Berechnen Sie für die Schaltung aus Beispiel A2 die Spannung U_a

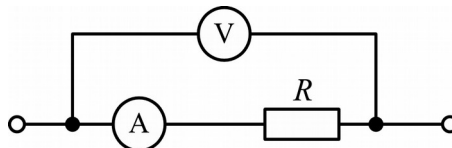
- mit Hilfe des Helmholtz'schen Überlagerungssatzes,
- mit Hilfe des folgenden Tricks: Ersetzen Sie die realen Spannungsquellen aus U_i und R_i jeweils durch die äquivalenten realen Stromquellen.

Beispiel A4:

Berechnen Sie die Ausgangsspannung U_a für die beiden Schaltungen im Bild. Mit etwas Nachdenken und den Methoden aus Beispiel A3 ist fast keine Rechenarbeit nötig!

Beispiel A5:

- Der Widerstand R soll mittels der folgenden Schaltung bestimmt werden (reale Messgeräte!). Das Amperemeter zeigt $20 \mu\text{A}$, das Voltmeter 14.2 V an; der Innenwiderstand des Amperemeters ist $R_{iA} = 10 \text{ k}\Omega$.
 - 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 Spannungsabfall am Amperemeter keinen Einfluss auf das Messergebnis hat (zuerst zeichnen, dann im Skriptum nachschauen!). Nun beeinflusst allerdings der Strom durch das Voltmeter das Messergebnis. Sie messen in dieser neuen Schaltung mit dem selben Widerstand wie in (a) bei einer Spannung von 6.542 V einen Strom von $10.0 \mu\text{A}$.

Berechnen Sie

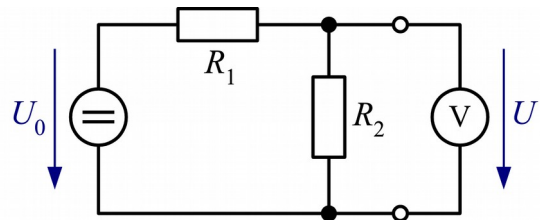
- den Strom durch das Voltmeter,
 - den Innenwiderstand des Voltmeters, und
 - wie groß wäre der relative Fehler, wenn Sie R berechnen, ohne den Innenwiderstand des Voltmeters zu berücksichtigen?
- Gegeben sei ein Amperemeter mit Messbereich 10 mA und einem Spannungsabfall von 100 mV bei Vollausschlag (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!)
 - Wie groß ist die Leistungsaufnahme des ursprünglichen Messinstruments und Ihrer Schaltung, jeweils bei Vollausschlag?

Beispiel A6:

- (a) Ein Hochspannungstastkopf (Schaltung im Bild) soll so dimensioniert werden, dass das daran angeschlossene reale Voltmeter $1/1000$ der Eingangsspannung U_0 zeigt (also Teilungsverhältnis $U/U_0 = 1:1000$). Das Voltmeter hat einen Innenwiderstand von $10\text{ M}\Omega$. Der Widerstand R_1 ist mit $1\text{ G}\Omega$ gegeben.

- Wie groß muss R_2 sein?

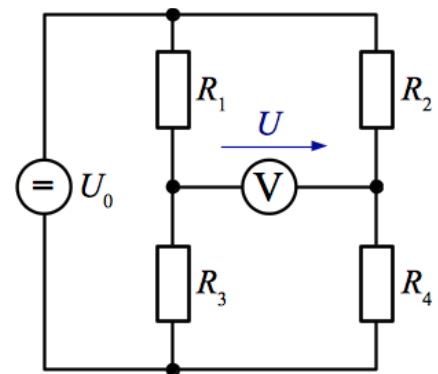
- (b) Sie verwenden irrtümlicherweise ein Voltmeter mit einem Innenwiderstand von $100\text{ M}\Omega$.
- Was zeigt dieses („falsche“) Voltmeter bei einer Eingangsspannung von $U_0 = 10000\text{ V}$?



- (c) - Berechnen Sie die Daten der Ersatzspannungsquelle für die Schaltung mit R_1 , R_2 und der Eingangsspannung $U_0 = 10000\text{ V}$. Gesucht ist also die Ersatzspannungsquelle zwischen den Klemmen ohne Voltmeter.
- Berechnen Sie mit dieser Ersatzspannungsquelle die Änderung der Spannung an den Anschlussklemmen, wenn Sie das „richtige“ Voltmeter (Innenwiderstand $10\text{ M}\Omega$) anschließen.
(Sie sollten daraus das richtige Teilungsverhältnis des Hochspannungstastkopf erhalten.)

Beispiel A7:

- (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) Nehmen Sie an dass R_1 aus ein Thermistor (NTC) ist, der einen Temperaturkoeffizient des Widerstands von $\alpha_R = -0.045\text{ K}^{-1}$ hat.
Berechnen Sie ΔU , wenn R_1 und R_3 ursprünglich gleich groß sind, und R_1 um $\Delta T = 10\text{ mK}$ erwärmt wird. $U_0 = 10\text{ V}$.

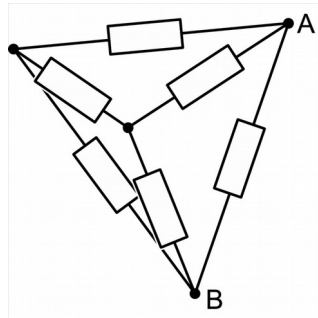


Beispiel A8:

- (a) An den Kanten eines Tetraeders befinden sich 6 gleiche Widerstände R , mit denen die Eckpunkte verbunden sind.

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

Hinweis: Umzeichnen auf ein ebenes Schaltbild, an dem die Symmetrie erkennbar ist, ist hilfreich.



(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 dreidimensionales Widerstandsnetzwerk aus gleich großen Widerständen R , die jeweils benachbarte Punkte eines kubischen Gitters verbinden (Bild). Das Netzwerk sei in alle Richtungen 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** In 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** zugeführt und im Punkt **B** wieder entnommen wird.

