

# 1 Einleitung und Überblick

Im Rahmen dieses Versuchs sollen Sie folgendes kennenlernen:

- die elektrotechnischen Kenntnisse zu
- den grundlegenden Umgang mit elektrischen Messgeräten (Amperemeter und Voltmeter) und
- Widerstandsnetzwerke analysieren können.

Die Versuchseinleitung ist wie folgt gegliedert:

- Kurzeinführung in die elektrotechnischen Grundbegriffe zur Behandlung von Gleichstromnetzwerken,
- Versuchsvorbereitung (Abgabe zu Beginn des Praktikumversuchs bzw. zur Vorbereitung auf die Loncapa-Aufgaben),
- Versuchsanleitung,
- Hinweise zum Versuchsprotokoll.

## 2 Elektrische Spannung und elektrischer Strom

Bevor die Messung dieser elektrischen Größen behandelt wird, soll zunächst deren Definition erklärt werden.

### 2.1 Elektrische Spannung, elektrischer Strom und elektrischer Widerstand

Die Begriffe „elektrische Spannung“ und „elektrischer Strom“ sind Gegenstand der Hardwaregrundlagen-Vorlesung und werden hier nicht nochmal erklärt.

In elektrischen Netzwerken bewirkt eine Ladungstrennung in einer Spannungsquelle, dass zwischen den beiden Anschlussklemmen der Spannungsquelle eine Spannung anliegt. Diese Spannung wird als Quellspannung bezeichnet. Die Quellspannung wird positiv gezählt vom Plus-Pol (Protonen-Überschuss) zum Minus-Pol (Elektronen-Überschuss). Man spricht von der technischen Stromrichtung. Die Ladungstrennung kann u.a. durch chemische Prozesse (z.B. Batterie) oder durch die sogenannte elektromagnetische Induktion entstehen.

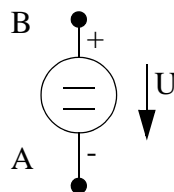


Abbildung 1: Symbol einer Gleichspannungsquelle

Sind die beiden Anschlussklemmen der Spannungsquelle über eine leitfähige Verbindung miteinander verbunden, bewegen sich über diese Verbindung elektrische Ladungsträger - es fließt ein sogenannter elektrischer Strom  $I$ , der der Menge der verschobenen Ladung pro Zeit entspricht. Ist die verschobene Ladung pro Zeit konstant, so spricht man von einem Gleichstrom:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Der elektrische Strom  $I$  wird in Ampere (A) gemessen.

Je größer die elektrische Quellspannung  $U$  ist, desto größer ist der Strom  $I$  durch die leitfähige Verbindung. Der Proportionalitätsfaktor  $R$  wird als elektrischer Widerstand bezeichnet:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

Diese Beziehung wird auch als ohmsches Gesetz bezeichnet. Die Einheit des elektrischen Widerstands  $R$  wird in Ohm ( $\Omega$ ) angegeben:  $1\Omega = 1V/1A$

Je geringer der elektrische Widerstand  $R$  zwischen den Quellspannungen ist, desto größer ist der elektrische Strom.

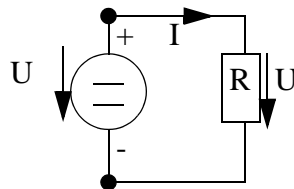


Abbildung 2: Anschluss eines Widerstandes an eine Spannungsquelle

Der Kehrwert des elektrischen Widerstand  $R$  wird oft auch als elektrischer Leitwert  $G$  bezeichnet und in Siemens (S) gemessen:

$$G = \frac{1}{R} \quad 1S = \frac{1}{1\Omega} = \frac{1A}{1V}$$

Werden elektrische Widerstände in Serie geschaltet (auch als Reihenschaltung bezeichnet) ergibt sich der resultierende Gesamtwiderstand durch die Summe der Einzelwiderstände:

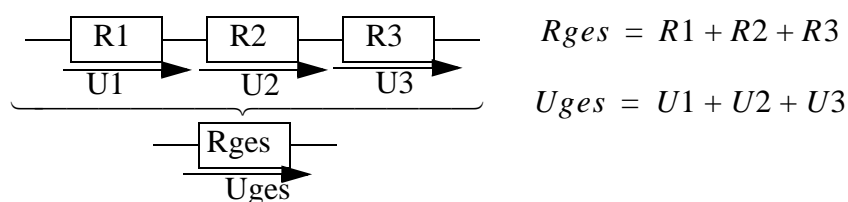


Abbildung 3: Berechnung des Gesamtwiderstands von 3 in Reihe geschalteter Einzelwiderstände

Der Strom, der durch Anlegen einer Quellspannung über diese Reihenschaltung von Widerständen fließt, lässt sich nach dem ohmschen Gesetz berechnen:  $I = \frac{U}{R_{ges}}$

Der Stromfluss durch sämtliche der in Reihe geschalteten Widerstände ist gleich. Den Spannungsabfall über jedem einzelnen Widerstand kann man wiederum über das Ohmsche Gesetz berechnen:  $U_i = R_i \cdot I$

Mit dem ohmschen Gesetz kann man nun auch die Gesamt-Spannung berechnen:

$$U_{ges} = R_{ges} \cdot I = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = U_1 + U_2 + U_3$$

Werden elektrische Widerstände parallel geschaltet ergibt sich der resultierende Leitwert durch die Summe der Leitwerte:

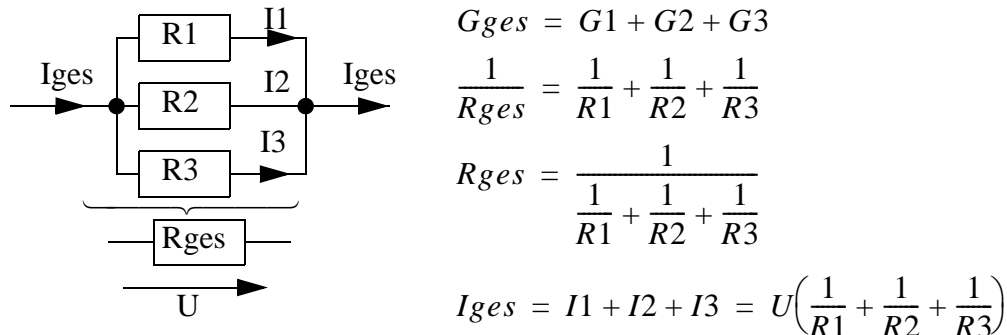


Abbildung 4: Berechnung des Gesamtwidestands/Gesamtleitwerts von 3 parallel geschalteten Einzelwiderständen

Die Spannung ist bei dieser Anordnung über jedem Widerstand gleich und der Stromfluss teilt sich auf die verschiedenen Zweige auf:  $I_{ges} = I_1 + I_2 + I_3$ .

## 2.2 Messen der elektrischen Gleichspannung und des elektrischen Stroms

Beim Messen von elektrischen Kenngrößen werden elektrische Messgeräte verwendet. Eine wichtige Forderung beim Messen der elektrischen Kenngrößen ist, dass die Zuschaltung der Messgeräte die zu messenden Kenngrößen so gering wie möglich beeinflusst. In der Realität ist es jedoch so, dass jede elektrische Messung durch den Messvorgang beeinflusst wird - je nach Güte der Messwerkzeuge jedoch nur sehr gering.

Für das Messen der elektrischen Spannung wird ein sogenanntes Voltmeter verwendet. Dieses wird parallel zu den beiden Punkten der Schaltung geschaltet zwischen denen die Spannung gemessen werden soll.

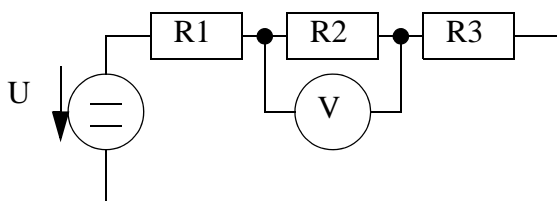


Abbildung 5: Messung des Spannungsabfalls über dem Widerstand R2 durch Parallelschalten eines Voltmeters

Für das Messen des elektrischen Stromes wird ein sogenanntes Amperemeter verwendet. Dieses wird in Serie zu dem elektrischen Bauteil geschaltet, durch den der Strom gemessen werden soll.

Sowohl ein Amperemeter als auch ein Voltmeter beeinflussen die zu messenden Größen dadurch, dass sie einen sogenannten Innenwiderstand bzw. Eigenwiderstand besitzen. Eine Frage, die Sie sich selbst beantworten können sollten, ist, ob der Innenwiderstand eines

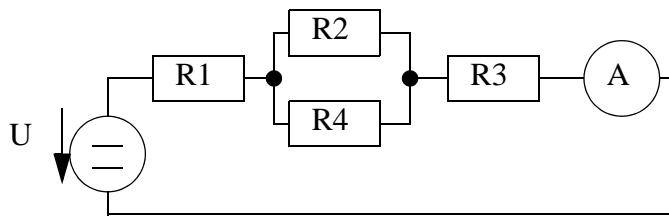


Abbildung 6: Messung des Stromflusses durch den Widerstand  $R_3$  per Serienschaltung eines Amperemeters

Amperemeters bzw. Voltmeters sehr groß oder sehr klein sein sollte, damit die Messung möglichst wenig beeinflusst wird.

Mit einem Amperemeter und einem Voltmeter kann man sehr gut Gleichstrom- bzw. Gleichspannungswerte messen. Die Messung von zeitlich veränderlichen Größen (z.B. ein Spannungsverlauf zur Datenübertragung) ist hiermit jedoch nicht möglich.

## 2.3 Versuchsvorbereitung

Es soll eine Serienschaltung aus 3 Widerständen betrachtet werden. Ihre Aufgabe ist es durch Strom und Spannungsmessungen die Widerstände zu bestimmen:

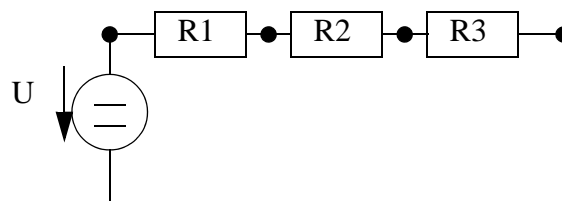


Abbildung 7: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Einzelwiderstände

Die Schaltungsanordnung kann nicht modifiziert werden. Das heißt:

- 1) Die Spannungsquelle soll nur an den dargestellten Knoten angeschlossen werden. Ein Anschluss der Spannungsquelle an anderen Knoten ist nicht vorgesehen.
- 2) Die Widerstände sind so wie angegeben miteinander verbunden und das Einfügen eines Messgeräts zwischen  $R_1/R_2$  bzw.  $R_2/R_3$  ist nicht möglich. Ein Messgerät können Sie also nur zwischen der Spannungsquelle und  $R_1$  oder der Spannungsquelle und  $R_3$  dazwischen schalten.
- 3) Die 4 durch Punkte gekennzeichneten Stellen sind für Messungen zugänglich.

In der Versuchsvorbereitung sollen Sie dokumentieren, wie Sie diese Kenngrößen (Spannungen/Widerstände) zur Berechnung der Widerstände bestimmen können. Zur Messung stehen Ihnen eine Gleichspannungsquelle, ein Amperemeter und ein Voltmeter zur Verfügung.

### **2.3.1 Aufgaben**

- 1) Dokumentieren Sie wie Sie messtechnisch die Widerstände der o.a. 3 Widerstände ermitteln.
- 2) Jedes Spannungs- und Strommessgerät verfügt über einen Innenwiderstand, der die zu messenden Größen geringfügig verfälscht. Sollte dieser Innenwiderstand für ein Amperemeter möglichst groß oder möglichst klein sein (Begründung!)? Wie sollte der Innenwiderstand für ein Voltmeter beschaffen sein (Begründung!)?

### **2.3.2 Versuchsdurchführung**

Während des Praktikumsversuchs erhalten Sie die Aufgaben, zu deren Lösung Sie die in diesem Abschnitt 2 dargestellten Kenntnisse benötigen.

### **2.3.3 Quellenverweise**

Die Versuche sind aus folgendem Dokument entnommen worden:

Lillian C. McDermott, Peter S. Shaffer and the Physics Education Group, Department of Physics, University of Washington; Tutorials in Introductory Physics; Prentice Hall 2003

### 3 Versuchsaufgabe zum Thema „Spannung, Strom, Widerstand“ und Messung

Es sollen Gleichspannungsnetzwerke betrachtet werden. Baugleiche Glühlampen stellen die Widerstände der betrachteten Netzwerke dar. Die Netzwerke werden an eine „ideale“ Spannungsquelle angeschlossen. Die Spannungsquelle kann eine Batterie, ein Gleichspannungsnetzteil oder die Laborspannungsquelle sein.

Die Helligkeit, mit der eine Glühlampe leuchtet, hängt vom Stromfluss ab, der durch die Glühlampe fließt ( $P = U \cdot I = I^2 \cdot R = U^2 / R$ ).

Die Aufgaben sollen grundsätzlich wie folgt bearbeitet werden:

- 1) Aufgabe in der Praktikumsgruppe besprechen:
  - zu erwartendes Ergebnis besprechen und auf Aufgabenblatt aufschreiben,
  - zu erwartendes Ergebnis schriftlich begründen.
- 2) Experiment durchführen:
  - Lassen Sie sich die Glühlampenschaltung von der Praktikumsbetreuung geben.
  - Verschalten Sie die Glühlampen entsprechend der Versuchsanordnung(en).
  - Überprüfen Sie Ihre erwarteten Ergebnisse. Sollten diese von den Erwartungen abweichen, so erarbeiten Sie die Begründung hierfür.
- 3) Messungen der Ströme und Spannungen:
  - Führen Sie die minimale Anzahl an Messungen durch, um im Protokoll folgendes für den 1. Versuch dokumentieren zu können (für die Folgeversuche dürfen Sie auch die Messungen durchführen - müssen dies aber nicht unbedingt):
    - a. den Stromfluss durch jede Glühlampe,
    - b. den Spannungsabfall über jeder Glühlampe und
    - c. den Widerstand jeder einzelnen Glühlampe (im Betrieb).
    - d. Ermitteln Sie mit dem Ohmmeter zusätzlich die Einzel-“Kalt“-Widerstände
  - Hinweis: Der Widerstand der Glühlampen hängt von der Temperatur des Glühfadens ab und ist damit nicht für alle Glühlampen konstant.

#### 3.1 Protokoll

Im Protokoll sind die Ergebnisse der Vorbesprechung in Ihrer Praktikumsgruppe (Punkt 1), das Ergebnis des Experiments und beim 1. Versuch die Messergebnisse genau zu dokumentieren. **Zusätzlich sollen Sie die Ströme in allen Netzwerkzweigen, die Spannungen über allen Glühlampen und die elektrische Verlustleistung pro Glühlampe exemplarisch für konstante Glühlampenwiderstände von  $10\Omega$  und einer Spannungsversorgung von 6V in der Ausarbeitung berechnet werden.**

Sollten Sie sich die Ergebnisse des ersten Teils (zu erwartendes Ergebnis) nicht mit den physikalischen Ergebnissen gedeckt haben, so sind die persönlichen Vorstellungen zu dokumentieren. Dieser Fall ist gar nicht so unwahrscheinlich und muss Ihnen auch nicht peinlich sein - Sie sollen ja genau hieraus lernen...

Die (potentielle) eigene Korrektur der Fehlvorstellungen ist dann im zweiten Versuchsteil zu dokumentieren. Verwenden Sie für die Begründungen im zweiten Teil die elektrotechnischen Zusammenhänge aus der Vorlesung.

Die durchgeführten Messungen und die ermittelten Messwerte sowie die berechneten Widerstände sind im dritten Versuchsteil zu dokumentieren. Tragen Sie die Messwerte in den Schaltplänen mit ein.

Es ist ausreichend, wenn Sie die 3 Aufgabenblätter beim nächsten Termin mit sauberen Begründungen und den oben angeführten Berechnungen als Protokoll abgeben.