

Versuch E1 – Der Gleichstromkreis		
Name:	Mitarbeiter:	
Gruppennummer:	lfd. Nummer:	Datum:

1. **Aufgabenstellung:** Überprüfen Sie durch entsprechende Messungen die KIRCHHOFFSchen Regeln.

1.1. Versuchsziel

Beschäftigen Sie sich mit folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Messen von Spannung und Stromstärke; Schaltung von Messgeräten
- OHMSches Gesetz
- KIRCHHOFFSche Regeln
- Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen
- Temperaturabhängigkeit von Widerständen, Kalt- und Heißleiter

1.2. Messungen

- 1.2.1. Messen Sie die einzelnen Widerstände R_1, R_2, R_3 auf der Grundplatine mit dem Ohmmeter, das Bestandteil des Multimeters ist.
- 1.2.2. Schalten Sie die drei Widerstände in Reihe, legen Sie eine Spannung $U \approx 10\text{ V}$ über dem Gesamtwiderstand R_g an und messen Sie die Gesamtstromstärke I .
- 1.2.3. Schalten Sie die drei Widerstände parallel, legen Sie eine Spannung $U \approx 10\text{ V}$ über dem Gesamtwiderstand R_g an und messen Sie wiederum die Gesamtstromstärke I .
- 1.2.4. Messen Sie in der Parallelschaltung 1.2.3. auch die Teilstromstärken I_1, I_2, I_3 in den entsprechenden Widerständen.
- 1.2.5. Schalten Sie R_1, R_2 und R_3 zu einer Masche, legen Sie über dem Teilwiderstand R_3 eine Spannung $U \approx 10\text{ V}$ an und messen Sie die Teilspannungsabfälle U_1, U_2 und U_3 .
- 1.2.6. Messen Sie den Nennwiderstand des Potentiometers (R_0) auf der Grundplatine direkt mit dem Ohmmeter. Legen Sie an das Potentiometer die Betriebsspannung $U_0 \approx 5\text{ V}$ an und messen Sie diese mit dem Voltmeter. Stellen Sie daraufhin am Schleifer des Potentiometers die Teilerspannung $U_0/2$ ein. Belasten Sie den Spannungsteiler nacheinander mit den Widerständen R_1, R_2, R_3 und messen Sie die entsprechenden Teilerspannungen unter Last (vgl. Abb. 5 bzw. 6).
- 1.2.7. Messen Sie die Abhängigkeit der Stromstärke I von der Spannung U an einer Glühlampe (Glühwendel aus Wolfram) im Spannungsbereich $U \approx 0 \dots 1\text{ V}$ (10 Messwertpaare). Entscheiden Sie sich dabei für eine strom- oder spannungsrichtige Messvariante. Messen Sie zuvor den Kaltwiderstand R_0 mit dem Ohmmeter. Da mit dem Spannungsregler der geforderte Messbereich nicht direkt erreicht wird, ist zur Glühlampe ein Widerstand von $150\ \Omega$ (1 W) in Reihe zu schalten (Schaltskizze zum Versuch vorlegen).

1.3. Auswertungen

- 1.3.1. Berechnen Sie aus den unter 1.2.2. und 1.2.3. durchgeführten Messungen den Gesamtwiderstand nach dem OHMSchen Gesetz $R = \frac{U}{I}$ und aus den unter 1.2.1. ermittelten Einzelgrößen R_1, R_2, R_3 nach Gl.17 und 19.
- 1.3.2. Überprüfen Sie die Knotenregel, indem Sie aus den unter 1.2.4. gemessenen Teilstromstärken den Gesamtstrom berechnen und diesen Wert mit dem gemessenen Gesamtstrom der Parallelschaltung vergleichen.
- 1.3.3. Berechnen Sie nach der Maschenregel eine jede Teilspannung aus den beiden anderen Teilspannungen, also z.B. U_1 aus U_2 und U_3 . Vergleichen Sie die berechneten mit den unter 1.2.5. direkt gemessenen Werten.
- 1.3.4. Berechnen Sie die Teilerspannungen unter den Lasten $R = R_1, R_2, R_3$ nach Gl.24 und vergleichen Sie diese mit den unter 1.2.6. direkt gemessenen Werten.
- 1.3.5. Begründen Sie in allen Fällen die Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Werten durch Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes.
- 1.3.6. Stellen Sie die bei diesem Versuch gemessenen Werte als $U = f(I)$ grafisch dar und entscheiden Sie, ob Wolfram ein Heiß- oder Kaltleiter ist.
- 1.3.7. Stellen Sie weiterhin den Widerstand $R = \frac{U}{I}$ als Funktion der Leistung $P = U \cdot I$ dar und berechnen Sie Anstieg b und den Ordinatenschnittpunkt a der Regressionsgeraden und deren Fehler (Standardabweichung). Gesucht sind der Kaltwiderstand R_0 und der Temperaturkoeffizient γ . Nach Gl. (12) entspricht b dem Produkt $\gamma \cdot R_0$ und a dem Kaltwiderstand R_0 , d.h. $\gamma = b/a$. Schätzen Sie den Größtfehler vom Temperaturkoeffizienten γ ab.

1.4. Zusatzaufgabe

Entwerfen Sie zum Versuch 1.2.7. eine Schaltskizze. Legen Sie diese zu diesem Versuch vor!

2. Grundlagen

2.1. Der elektrische Strom

Jede gerichtete Bewegung von elektrischen Ladungen Q stellt einen elektrischen Strom dar. Hervorgerufen wird diese Bewegung vom elektrischen Feld. Diese Ladungen können Elektronen oder Ionen sein. Je mehr Ladungen pro Zeiteinheit transportiert werden, desto größer ist die Stromstärke I .

Die Einheit der Stromstärke ist das Ampere (1 A) und ist eine der Basiseinheiten des internationalen Einheitensystems (SI). Sie wird definiert als

die Stärke eines konstanten elektrischen Stromes, der durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand von einem Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigen Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je einem Meter Leiterlänge die Kraft von $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorrufen würde.

Da diese kleine Kraft messtechnisch schlecht erfassbar ist, wird die Eichmessung durch eine Kraftmessung mit zwei stromdurchflossenen Spulen durchgeführt.

2.2. Die elektrische Spannung

Wird ein Probekörper, der eine elektrische Probeladung q trägt, in einem elektrischen Feld $E(x)$ verschoben, so ändert sich seine potenzielle Energie. Nimmt man an, dass im Punkt x_0 die Energie des Probekörpers Null ist (d.h. $W(x_0) = 0$), so beträgt sie am Punkt x $W(x)$. Um die Ladung zu verschieben, muss Arbeit aufgewendet werden, bzw. wird diese frei. Diese Energie hängt nur vom Punkt x ab, nicht vom Verlauf des Weges, auf dem die Ladung verschoben wurde. Man kann jedem Punkt im Feld eine bestimmte Energie zuordnen. Den Quotienten

$$\frac{W(x)}{q} = \varphi \quad (1)$$

nennt man elektrisches Potential. Die Differenz zweier Potentiale $\varphi(x_1)$ und $\varphi(x_2)$ nennt man elektrische Spannung $U_{1,2} = U$.

$$U_{12} = U = \varphi(x_2) - \varphi(x_1) \quad (2)$$

2.3. Der elektrische Widerstand

Jede Bewegung von Ladungsträgern wird in einem Medium behindert. Die sich bewegenden Ladungsträger stoßen mit anderen Teilchen (z.B. Gitterbausteinen) zusammen, übertragen ihre kinetische Energie teilweise auf diese und werden durch das äußere elektrische Feld wieder beschleunigt. Diese Behinderung des Stromflusses wird als elektrischer Widerstand bezeichnet. Die Stromdichte j durch einen homogenen Leiter wird von der wirkenden Feldstärke E bestimmt und ist vom Material abhängig. Die Materialgröße wird als elektrische Leitfähigkeit σ bezeichnet.

$$j = \sigma \cdot E \quad (3)$$

Diese Aussage wird als OHMSches Gesetz bezeichnet. In einem homogenen Leiter mit konstantem Querschnitt A und einer Länge l kann man für die Spannung U

$$U = \int E \cdot dl = El \quad (4)$$

und

$$I = \int j \cdot dA = jA \quad (5)$$

schreiben. Mit den Gl. (4) und (5) erhält man aus (3)

$$I = \frac{\sigma A}{l} U \quad (6)$$

Den Term $\frac{\sigma A}{l}$ bezeichnet man als elektrischen Widerstand R . Statt der elektrischen Leitfähigkeit benutzt man oft den spezifischen elektrischen Widerstand ρ mit

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = R \frac{A}{l} \quad (7)$$

damit wird die Gl. (6) zu

$$R = \frac{U}{I} \quad (8)$$

Elektrische Leiter, bei denen der Quotient $\frac{U}{I}$ trotz unterschiedlich angelegter Spannungen konstant bleibt, nennt man ohmsche Leiter. Bei den meisten elektrischen Leitern ändert sich σ mit der Temperatur. Verkleinert sich der Widerstand mit der Temperatur, spricht man von einem Heißeiter, diesen Widerstand nennt man

Thermistor. Metalle gehören zu den Kaltleitern, bei denen der Widerstand mit wachsender Temperatur zunimmt. In der Umgebung der Zimmertemperatur gilt näherungsweise

$$\frac{U(T)}{I} = R(T) = R_0(1 + \beta(T - T_0)) . \quad (9)$$

Dabei ist R_0 der Bezugswiderstand bei der Temperatur T_0 (meist die Zimmertemperatur). Die Größe β nennt man Temperaturkoeffizient (gemessen in K^{-1}). Bei einem Kaltleiter vergrößert sich der Anstieg der Kurve $U(I)$ mit wachsender Stromstärke. Das wird durch den differentiellen Widerstand r beschrieben

$$r(I) = \frac{\Delta U}{\Delta I} . \quad (10)$$

Bei einem ohmschen Widerstand ist der Widerstandswert unabhängig von der Stromstärke.

Setzt man die elektrische Leistung $P = U \cdot I$ proportional zur Temperaturdifferenz $T - T_0$ so erhält man aus Gl. (9)

$$R = R_0(1 + \gamma P) , \quad (11)$$

mit γ als Koeffizienten. Man kann so den temperaturabhängigen Widerstand als Funktion der Leistung sehen.

$$R(T) = R_0 + \gamma R_0 P . \quad (12)$$

Dabei ist γR_0 der Anstieg der Geraden.

2.4. Knotenregel (1. KIRCHHOFFSche Regel)

Durch ein kleines Volumenelement eines stromführenden elektrischen Leiters strömen pro Zeiteinheit genau so viele elektrische Ladungen ein wie aus, denn elektrische Ladungen können weder erzeugt noch zerstört werden (Erhaltung der Gesamtladung). In einem Knoten von elektrischen Leitungen mögen nun die zu- und abfließenden Stromstärken in den Leitungen mit positiven bzw. negativen Vorzeichen gezählt werden. Dies führt auf die *Knotenregel*:

Die Summe der in einen Knoten fließenden Stromstärken ist Null (Abb. 1).

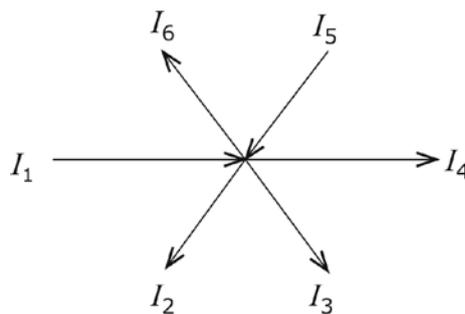


Abb. 1: Ein Knoten, in dem über zwei Leitungen elektrische Ströme zu- und über vier abfließen Maschenregel (1. KIRCHHOFFSche Regel)

2.5. Maschenregel (2. Kirchhoffsche Regel)

Verschiebt man eine Probeladung Q auf einem Weg von x_1 über $x_2 \rightarrow x_3$ nach x_N in einem elektrischen Feld $E(x)$, so ist die gesamte Änderung der potentiellen Energie $\Delta W_{1 \rightarrow N}$ gleich der Summe der Änderungen auf jeder Teilstrecke, also

$$\Delta W_{1 \rightarrow N} = \Delta W_{1 \rightarrow 2} + \Delta W_{2 \rightarrow 3} + \dots + \Delta W_{N-1 \rightarrow N} \quad (13)$$

Der Wegverlauf zwischen den Punkten ist dabei unbedeutend, weil E ein Potentialfeld ist. Mit den Gl. (1) und (2) erhält man dann aus (13), dass die elektrische Spannung zwischen den Punkten x_1 und x_N gleich der Summe der Spannungen auf jeder Teilstrecke ist,

$$U_{1N} = U_{12} + U_{23} + \dots + U_{(N-1)N} \quad (14)$$

Beim Umlauf auf einem geschlossenen Weg, einer so genannten *Masche*, fallen Anfangs- und Endpunkt zusammen, $x_1 = x_N$. Folglich gilt dann $U_{1N} = \varphi(x_N) - \varphi(x_1) = 0$

$$U_{12} + U_{23} + \dots + U_{(N-1)N} = 0 \quad (15)$$

Dies führt zur *Maschenregel*:

In einer Masche ist die Summe der elektrischen Spannungsabfälle Null (Abb. 2).

Die Ursache für das Auftreten einer Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten einer Masche kann recht unterschiedlich sein. Beispielsweise kann durch einen ohmschen Widerstand R ein Strom der Stärke I fließen. Nach dem OHMSchen Gesetz fällt dann über diesem Widerstand die Spannung $U = R \cdot I$ ab. Es kann aber auch in einem Zweig der Masche eine (elektrochemische) Spannungsquelle (Batterie) liegen, mit der Ursprung U_0 und dem Innenwiderstand R_i . Das Beispiel einer Masche zeigt Abb. 3.

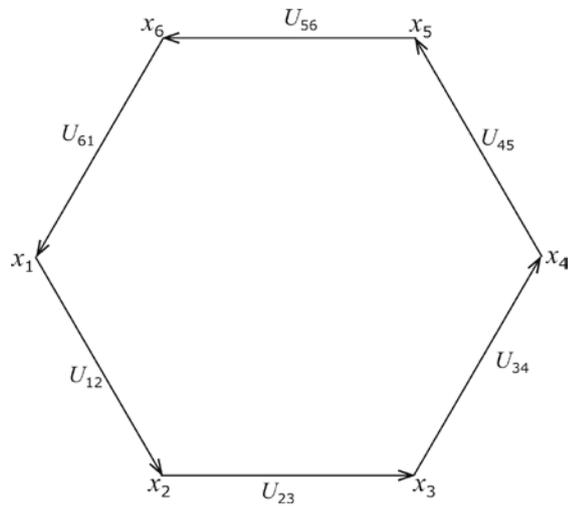


Abb. 2: Eine Masche, die aus sechs Punkten des Raumes gebildet wird. Zwischen den Punkten liegen in einer elektrischen Schaltung Bauelemente wie zum Beispiel Widerstände, Kondensatoren und Spannungsquellen

2.6. Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Werden zwei Widerstände R_1 und R_2 in Reihe (Serie) geschaltet (Abb. 4a), so berechnet sich der Gesamtwiderstand R_g aus der Summe der Einzelwiderstände

$$R_g = R_1 + R_2 . \quad (16)$$

Für den Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung von beliebig vielen Widerständen $R_1 \dots R_N$ gilt

$$R_g = \sum_{n=1}^N R_n \quad (17)$$

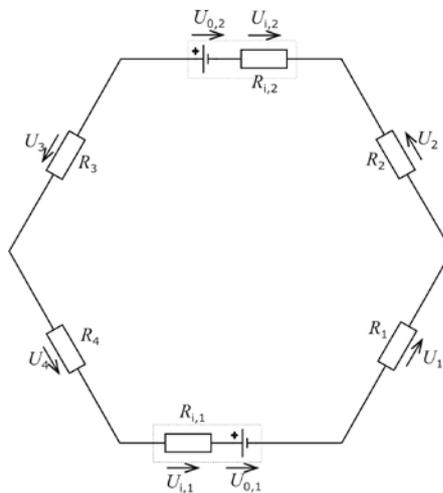


Abb. 3: Eine Masche mit vier ohmschen Widerständen und zwei Spannungsquellen. Eine Spannungsquelle kann man sich als Reihenschaltung einer idealen Quelle mit der Ursprungung U_0 und einem ohmschen Innenwiderstand R_i denken. In der Summe aller Spannungsabfälle innerhalb der Masche werden Spannungen negativ gezählt, wenn der Weg entgegen den Spannungsrichtungen (markiert durch Pfeile) verläuft. Bei einem Umlauf entgegen dem Uhrzeigersinn erhält man folglich $U_{i,1} + U_{0,1} + U_1 + U_2 - U_{i,2} - U_{0,2} + U_3 + U_4 = 0$.

Die Parallelschaltung zweier Widerstände R_1 und R_2 (Schreibweise: $R_1 \parallel R_2$; Abb. 4b) liefert den Gesamtwiderstand

$$R_g = R_1 \parallel R_2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} . \quad (18)$$

Aus Gl. (18) folgt für den Gesamtwiderstand der Parallelschaltung von beliebig vielen Widerständen

$$R_g = \left(\sum_{n=1}^N \frac{1}{R_n} \right)^{-1}. \quad (19)$$

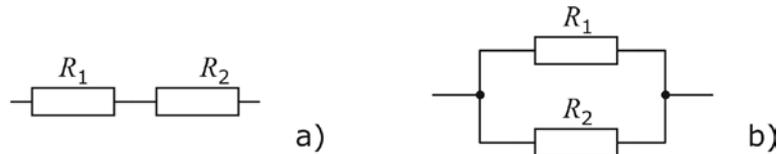


Abb. 4: (a) Reihen- und (b) Parallelschaltung von zwei ohmschen Widerständen

2.7. Spannungsteiler und Potentiometerschaltung

Über der Reihenschaltung zweier Widerstände R_1 und R_2 möge die Spannung U_0 abfallen (Abb. 5a). Dann fällt über R_1 die Spannung

$$U_1 = \alpha \cdot U_0, \text{ mit } \alpha = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_1 = \frac{l}{l_0} U_0 \text{ mit } l = 0 \dots l_0 \quad (20)$$

ab, also der Bruchteil α von U_0 , mit $\alpha = 0 \dots 1$. Dies nennt man Spannungsteiler oder auch Potentiometerschaltung.

Sind die Widerstände zwei Teilstücke eines Drahtes der Gesamtlänge l_0 , dann fällt über einem Teilstück der Länge l die folgende Teilerspannung ab,

$$U_1 = \frac{l}{l_0} U_0, \text{ mit } l = 0 \dots l_0 \quad (21)$$

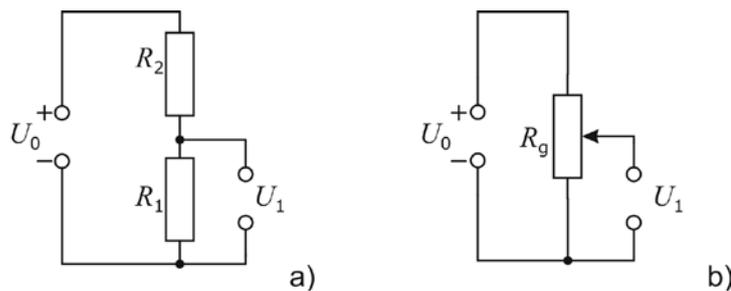


Abb. 5: Spannungsteiler aus (a) Festwiderständen und (b) Potentiometer (Regelwiderstand)

Variiert man nun l , etwa durch Verschieben eines Schleifers, so kann man bequem U_1 im Bereich $0 \dots U_0$ ändern. Der Schleifer wird als Pfeil gezeichnet (Abb. 5b).

Anstelle des unhandlichen Drahtes verwendet man in der Technik zumeist dünne Schichten aus Kohlenstoff oder Metalloxid, die auf einen isolierenden Grundkörper in einem Kreisbogen aufgedampft sind und auf denen der Schleifer gedreht werden kann. Dieser Aufbau ist zumeist gekapselt, zum Schutz der Widerstandsschicht. Einfache Geräte dieser Art heißen Regelwiderstand, mechanisch aufwendigere Potentiometer. Einige Präzisions-Potentiometer haben ein Schneckengetriebe, so dass z. B. 10 Umdrehungen der Drehachse den gesamten Regelbereich überstreichen. Damit kann sehr bequem eine Feinabstimmung erfolgen. Daneben finden aber auch noch Drahtpotentiometer Verwendung, wobei aber der Draht auf einen Keramikkörper gewickelt ist und der Schleifer immer nur in kleinen Stufen $\Delta l > 0$, der Länge einer Wicklung, verstellt werden kann.

Wird an ein Potentiometer die Spannung U mit einer niederohmigen Spannungsquelle gelegt und liegt zwischen dem Schleifer und der Masse (an der Buchse U_1) ein niederohmiger Lastwiderstand, so fließt beim Verschieben des Schleifers in Richtung Spannungsquelle (in Abb. 5b) nach oben) ein immer größerer Strom, der schließlich die Widerstandsschicht zwischen dem Schleifer und der Buchse U so stark erwärmen kann, dass sie zerstört wird. Potentiometer dürfen deshalb nicht zu niederohmig belastet werden.

2.8. Spannungsteiler unter Last

Die Teilerspannung U_1 eines Potentiometers (bzw. Spannungsteilers, Abb. 5) hängt nur vom Widerstandsverhältnis R_2/R_1 , ab. Das wird deutlich, wenn Gl. (20) wie folgt umgeschrieben wird

$$U_1 = U_0 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)^{-1} \quad (22)$$

Darüber hinaus kann der Leistungsumsatz

$$P = \frac{U_0^2}{R_1 + R_2} \quad (23)$$

am Spannungsteiler durch hochohmige Widerstände beliebig klein gehalten werden, ohne U_1 zu ändern, solange nur das Widerstandsverhältnis gewahrt bleibt. Dies ist zunächst vorteilhaft. Wird aber der Spannungsteiler mit einem Lastwiderstand R beschaltet (parallel zu R_1), so würde U_1 zusammenbrechen, wenn der Teiler im Vergleich zu R allzu hochohmig ist (Abb. 6).

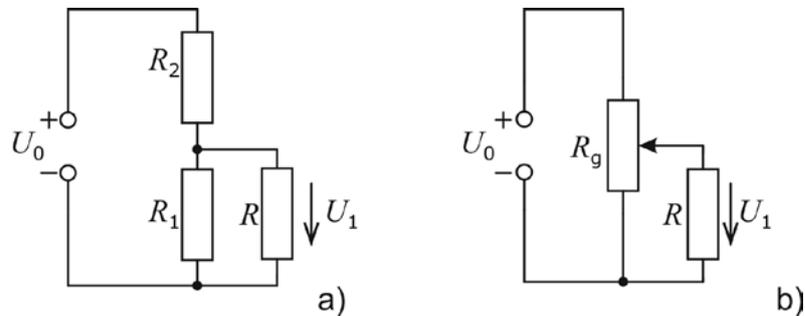


Abb. 6: Mit R belasteter Spannungsteiler aus (a) Festwiderständen und (b) Potentiometer

Allgemein tritt für den belasteten Spannungsteiler anstelle von Gl. (20)

$$U_1 = \frac{R_1 \parallel R}{R_1 \parallel R + R_2} U_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R}} U_0 \quad (24)$$

Mit den Bezeichnern

$$R_g = R_1 + R_2 \quad \text{und} \quad \alpha = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

für den Gesamtwiderstand bzw. für das Teilverhältnis erhält man

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{\alpha}{1 + \alpha(1 - \alpha) \frac{R_g}{R}} \quad (25)$$

Ist $\alpha(1 - \alpha) \frac{R_g}{R}$ klein gegen eins, so gilt $U_1 \approx \alpha U_0$, die Teilerspannung (20) ist also durch die Last R kaum verringert. Dies ist der Fall, wenn z. B. R groß gegen R_g ist oder wenn der Term $\alpha(1 - \alpha) \in \left[0, \frac{1}{4}\right]$ für $\alpha \geq 0$ oder $\alpha \leq 1$ sehr klein ist.

Für $\alpha = \frac{1}{2}$, (1 : 2)-Teiler, wird $\alpha(1 - \alpha) = \frac{1}{4}$. Dies ist der Maximalwert für $\alpha(1 - \alpha)$, was zugleich die relative Abweichung vom unbelasteten Fall, also $\frac{U_1}{\alpha U_0}$, maximiert. Es gilt hier

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{2R}{4R + R_g} \quad (26)$$

Die Änderung der Teilerspannung Gl. (17) bei Zuschalten der Last R beträgt $\Delta U_1 = \alpha U_0 - U_1$, mit U_1 aus Gl. (25). Somit gilt

$$\frac{\Delta U_1}{U_0} = \alpha - \frac{\alpha}{1 + \alpha(1 - \alpha) \frac{R_g}{R}} = \frac{\alpha^2(1 - \alpha)}{\frac{R}{R_g} + \alpha(1 - \alpha)}$$

Man sieht aus Gl. (25), dass für einen kleinen Gesamtwiderstand R_g die Teilerspannung U_1 beliebig nahe dem unbelasteten Wert αU_0 kommt, allerdings steigt dabei der Energieumsatz im Potentiometer stark an. Will man beispielsweise mit einem Potentiometer eine regelbare Spannungsquelle aufbauen, mit dem Regelbereich $U_1 = 0 \dots U_0$, dann darf man R_g nicht zu hochohmig wählen. Entsprechende Potentiometer werden z. B. aus einem Widerstandsdraht gefertigt, der auf einen Grundkörper aus Keramik gewickelt ist. Derartige Aufbauten sind kostenintensiv und nehmen viel Platz in Anspruch. Eleganter ist hingegen der Aufbau mit einem elektronischen Regler, was hier jedoch nicht weiter ausgeführt werden soll.

3. Experiment

3.1. Versuchsanordnung

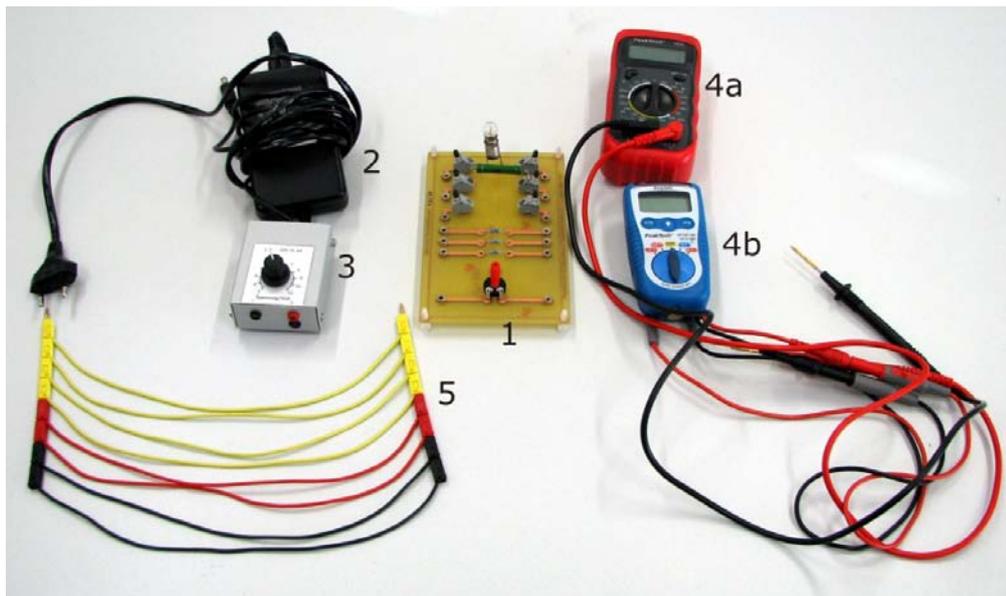


Abb. 7: Bestandteile des Experiments: (1) Grundplatine, (2) Schaltnetzteil, (3) Spannungsregler 1, 5 ... 10 V und bis 0, 8 A, (4a) Multimeter mit Messleitungen für Spannungsmessungen, (4b) Multimeter für Stromstärkemessungen, (5) 8 Laborkabel

3.2. Hinweise zur Versuchsdurchführung

Auf der Grundplatine befinden sich drei Festwiderstände mit den Nennwerten $R_1= 1\text{ k}\Omega$, $R_2= 10\text{ k}\Omega$, $R_3= 100\text{ k}\Omega$ (je $1/4\text{ W}$ maximale Verlustleistung) und ein Potentiometer (Dünnschicht) mit dem Gesamtwiderstand $R_g = 1\text{ k}\Omega$. Darüber hinaus sind drei Klemmenpaare vorhanden, um variable Bauelemente auf die Platine zu klemmen, wie Glühlampe, Widerstand oder Kondensator. Die Anschlussbuchsen auf der Platine und die Stecker der Leitungen haben einen Durchmesser von 2mm.

Mit dem Multimeter Typ: *PeakTech 1040* (rotes Gehäuse) können u. a. Spannung, Strom und Widerstand gemessen werden. Die Innenwiderstände und einige andere Parameter sind in Tab. 1 zusammengefasst. Messergebnisse werden zwei- bis dreimal pro Sekunden auf der Anzeige aktualisiert. Bei Überlastung des Messbereichs wird die Ziffer "1" angezeigt. Die Genauigkeitsangabe $\pm 1\%$, 2 Stellen der Anzeige bedeutet, dass der angezeigte Wert entweder auf 2 Stellen der letzten Ziffer oder auf 1% genau ist, je nachdem, was größer ist. Dieses Messgerät wird zur Spannungsmessung eingesetzt.

Mit dem Messgerät *PeakTech AmpSave 07127* (blaues Gehäuse) wird die Stromstärke gemessen. Zum Einschalten wird der Drehschalter auf „ μA “ oder „ mA “ gestellt. Um Gleichströme zu messen, wird die Taste „Mode“ gedrückt. Wird der Messbereich überschritten, erscheint in der Anzeige „OL“ und es ertönt ein Signalton.

Allgemeine Hinweise

- Die einzelnen Versuche werden selbstständig aufgebaut.
- Bauen Sie elektrische Schaltungen grundsätzlich ohne angelegte Betriebsspannung auf. Lassen Sie die Schaltung vor dem Anlegen der Betriebsspannung vom Betreuer prüfen. Vor der Änderung an einer Schaltung sollte grundsätzlich zunächst die Betriebsspannung abgeschaltet werden.
- Besondere Vorsicht ist bei Strommessungen geboten. Stromstärken werden grundsätzlich mit dem Messgerät *PeakTech AmpSave* (blaues Gehäuse) gemessen.
- Angaben der Werte von Widerständen oder Kapazitäten auf den Bauelementen (Nennwerte) sind immer nur Näherungen der tatsächlichen Werte. Deshalb müssen z. B. Widerstandswerte immer mit dem Ohmmeter (Bestandteil des Multimeters) ausgemessen werden. Das geschieht grundsätzlich im stromlosen Zustand des Messobjektes.
- Legen Sie an den Schleifer des Potentiometers auf der Grundplatine keine Lasten unter $\approx 1\text{ k}\Omega$ an. Dies führt bei hohen Spannungen zu allzu großen Strömen (Energieumsätzen) im Potentiometer und zerstört es schließlich infolge zu großer Erwärmung.
- Schalten Sie zum Versuchsende die Multimeter zur Schonung der Batterien aus (Schalter auf OFF). Das Gerät mit dem blauen Gehäuse schaltet sich nach etwa 15 min selbstständig aus, falls nicht gemessen wird.

Tab. 1: Parameter des Multimeters *PeakTech 1040*

Betriebsart	Parameter	Wert
Gleichspannung, alle Bereiche	Innenwiderstand R_V	1 M Ω , $\pm 3\%$
Gleichspannung, alle Bereiche	Genauigkeit	$\pm 0,5\%$, 2 Stellen der Anzeige
Gleichstrom, Messbereich 200 μ A	Innenwiderstand R_A	10 ³ Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 2000 μ A	Innenwiderstand R_A	10 ² Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 20mA	Innenwiderstand R_A	20 Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 200mA	Innenwiderstand R_A	10 Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 10A	Innenwiderstand R_A	0,3 Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, bis 200mA	Genauigkeit	$\pm 1\%$, 2 Stellen der Anzeige
Gleichstrom, 10A	Genauigkeit	$\pm 2\%$, 2 Stellen der Anzeige
Widerstand, alle Bereiche	Genauigkeit	$\pm 1\%$, 2 Stellen der Anzeige

Tab. 2: Parameter des Multimeters *PeakTech AmpSave 07127*

Betriebsart	Parameter	Wert
Gleichspannung, alle Bereiche	Innenwiderstand R_V	7,5 M Ω , $\pm 3\%$
Gleichspannung, 200mV	Genauigkeit	$\pm 0,5\%$, 3 Stellen der Anzeige
Gleichspannung 2V bis 600V	Genauigkeit	$\pm 1,2\%$, 3 Stellen
Gleichstrom, Messbereich 200 μ A	Innenwiderstand R_A	10 ² Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 2mA	Innenwiderstand R_A	10 ² Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 20mA	Innenwiderstand R_A	10 Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, 200mA	Innenwiderstand R_A	10 Ω , $\pm 10\%$
Gleichstrom, alle Messbereiche	Genauigkeit	$\pm 2\%$, 8 Stellen der Anzeige

Besonderheit: Sicherungsautomat in allen Strommessbereichen

3.3. Hinweise zu einzelnen Versuchen

zu 1.2.1

Die auf der Platine befindlichen Widerstände werden einzeln an das rote Messgerät angeschlossen, ohne dass das Netzgerät angeschlossen ist. Das Messgerät wird auf den größten Widerstandsmessbereich gestellt und dann abgeschätzt, ob der Messbereich verkleinert werden kann.

zu 1.2.2. und 1.2.3.

Die Schaltung wird selbstständig aufgebaut, ohne dass der Stromkreis geschlossen wird (ein Laborkabel wird nicht in die Buchse des Spannungsreglers eingesteckt). Das Spannungsmessgerät wird auf einen Messbereich von 10 V gestellt, das Strommessgerät auf „mA“ und Gleichstrom. Jede Schaltung wird von einem Betreuer abgenommen. Dann ist der Stromkreis zu schließen und die Spannung auf 10 V zu erhöhen. Gegebenenfalls ist das Strommessgerät auf „ μ A“ und wieder Gleichstrom zu stellen.

zu 1.2.4.

Machen Sie die Schaltung zu 1.2.3. wieder stromlos. Das Messgerät für die Gesamtstromstärke wird jetzt für eine Teilstromstärke (z.B. durch R1) eingesetzt. Nachdem diese Schaltung abgenommen wurde, kann selbstständig die Stromstärkemessung durch alle Widerstände vorgenommen werden (vor Umbau immer Stromkreis öffnen).

zu 1.2.5.

Das Vorgehen ist gleich dem zu Versuch 1.2.2.. Das Messgerät, das die Gesamtspannung misst, wird danach für die Teilspannungen benutzt.

zu 1.2.6.

Das Vorgehen ähnelt zuerst dem zu 1.2.1., dann dem zu 1.2.2.. Nur wird die Spannung auf 5 V geregelt.

zu 1.2.7.

Bauen Sie diesen Versuch nach Ihrer Schaltskizze auf. Die Spannung am Spannungsregler sollte so weit erhöht werden, bis die Wendel der Lampe gerade anfängt zu glühen.

4. Literatur

- [1] DEMTRÖDER: Experimentalphysik 2 Elektrizität und Optik; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2006; Abschn. 2
- [2] Eichler, Kronfeldt, Sahm: Das Neue Physikalische Praktikum; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2006