

Versuch 44

Spannung, Strom und Widerstandsnetzwerke

Protokoll des Anfänger-Praktikums II



Gruppe 14

Durchgeführt am
26.02.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsziel	3
2	Physikalische Grundlagen	3
2.1	Schaltungen	3
2.2	Widerstandswürfel	3
3	Versuchsaufbau	4
4	Versuchsdurchführung	4
4.1	Schaltungen am Steckbrett	4
4.2	Widerstandswürfel	5
5	Auswertung	6
5.1	Arbeiten am Steckbrett	6
5.2	Gesamtwiderstand des Würfels	8
5.2.1	Direkte Messung	8
5.2.2	Bestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	8
5.2.3	Theoretischer Wert	9
6	Zusammenfassung und Diskussion	10
6.1	Arbeiten am Steckbrett	10
6.2	Gesamtwiderstand des Würfels	11
7	Literatur	13
8	Anhang	14
8.1	Ersatzschaltbild	14
8.2	Vereinfachtes Schaltbild	14
8.3	Laborheft	16

1 Versuchsziel

Ziel des Versuchs ist das Aufbauen verschiedener einfacher Schaltungen sowie das Durchführen von Messungen des Stroms, der Spannung und des Widerstands an diesen. Zusätzlich wird ein Widerstandswürfel aus zwölf identischen Widerständen gelötet und dessen Gesamtwiderstand anschließend auf unterschiedliche Wege bestimmt.

2 Physikalische Grundlagen

2.1 Schaltungen

Für Schaltkreise sind die wichtigen physikalischen Größen die Stromstärke I , die Spannung U sowie der Widerstand R . Diese hängen über

$$R = \frac{U}{I} \quad (2.1)$$

zusammen.

Der Kehrwert des Widerstands wird dabei als elektrischer Leitwert $G = 1/R$ bezeichnet.

Zur Berechnung von Strömen und Spannungen sind die Kirchhoffschen Regeln relevant.

Die erste Kirchhoffsche Regel wird als Knotenregel bezeichnet und besagt, dass die Summe der in einen Knoten einlaufenden Ströme gleich der Summe der auslaufenden Ströme ist, sodass gilt

$$\sum_k I_k = 0. \quad (2.2)$$

Die zweite Regel, genannt Maschenregel, bezieht sich auf die Spannungen und sagt aus, dass die Summe der Teilspannungen in einem geschlossenen Stromkreis 0 ist, also dass gilt

$$\sum_k U_k = 0. \quad (2.3)$$

Werden mehrere Widerstände in einem Schaltkreis in Reihe oder parallel geschaltet, kann deren Gesamtwiderstand berechnet werden.

Bei Reihenschaltungen addieren sich die Widerstände, sodass der Gesamtwiderstand den Wert

$$R_{ges} = \sum_k R_k \quad (2.4)$$

hat.

Bei Parallelschaltungen addieren sich dagegen die Kehrwerte, sodass gilt

$$\frac{1}{R_{ges}} = \sum_k \frac{1}{R_k}. \quad (2.5)$$

2.2 Widerstandswürfel

Der Gesamtwiderstand eines Widerstandswürfels aus 12 gleichen Widerständen mit dem Widerstand R kann über die Kirchhoffschen Regeln berechnet werden und beträgt

$$R_{ges} = \frac{5}{6}R. \quad (2.6)$$

Wie dieses Ergebnis berechnet werden kann, ist im Anhang zu finden.

3 Versuchsaufbau

Im ersten Versuchsteil stand ein Steckbrett zur Verfügung, mit dem durch verschiedene Bauteile Schaltungen aufgebaut werden konnten. Die bereitgestellten Bauteile waren Kabel, unterschiedlich große Widerstände, Glühlampen und Brücken. Zum Messen wurden analoge und digitale Multimeter verwendet.

Beim zweiten Versuchsteil wurden 12 gleiche Widerstände verwendet und konnten mithilfe des Lötgeräts miteinander verlötet werden.

4 Versuchsdurchführung

4.1 Schaltungen am Steckbrett

Einfache Schaltungen

Zunächst sollte man sich mit den Bauteilen und Messgeräten vertraut machen. Dazu wurde gleich zu Beginn der Strom I und die Spannung U des Netzteils gemessen und zwar wie alle in diesem Teil folgenden Messungen mit dem digitalen Multimeter. Dabei muss darauf geachtet werden, dass das Multimeter zur Messung des Stroms in Reihe und zur Messung der Spannung parallel geschaltet werden muss.

Anschließend sollten auf dem Steckbrett einfache Schaltungen aufgebaut werden. Zunächst war dabei lediglich ein Schaltkreis mit einer Glühlampe aufzubauen.

Danach wurden zwei Glühlampen in Reihe geschaltet, wobei die Helligkeit der Glühlampen hier geringer als bei der einzelnen Lampe ist.

Zuletzt wurden die Glühlampen parallel geschaltet, wobei die Helligkeit der beiden Lampen hier genauso groß wie die der einzelnen Glühlampe ist.

Wurde jedoch eine Brücke parallel zu den Glühlampen gespaltet, leuchten die Lampen nicht mehr.

Überprüfung der Kirchhoffschen Regeln

Im nächsten Aufgabenteil sollen die Knoten- und die Maschenregel durch die Schaltungen aus dem vorherigen Teil überprüft werden.

Für die Maschenregel wurde dabei die Schaltung mit den in Reihe angebrachten Glühlampen verwendet.

Zuerst wurde für diese die Gesamtspannung gemessen, indem das Multimeter parallel zu beiden Glühlampen geschaltet wurde, und anschließend die Teilspannungen durch jeweilige Parallelschaltung des Multimeters zu den einzelnen Glühlampen.

Zur Überprüfung der Knotenregel wurde die Parallelschaltung der Glühlampen aus dem ersten Teil verwendet, das Amperemeter dazu in Reihe geschaltet und der Strom gemessen. Anschließend wurde jeweils eine der beiden parallelgeschalteten Wege entfernt und erneut die resultierende Stromstärke gemessen.

Netzwerke aus Widerständen

Zuletzt sollten Widerstände in mindestens zwei verschiedenen Netzwerken miteinander verschaltet und deren Gesamtwiderstand bestimmt werden. Dabei sollten jeweils einmal die Widerstände in Reihe und einmal parallel geschaltet werden.

Das erste Netzwerk war hier eine Parallelschaltung von zwei Widerständen. Das zweite stellte

eine Reihenschaltung aus fünf Widerständen dar. Dabei war wichtig, dass die einzelnen Widerstände erst einzeln gemessen werden mussten.

Der gemessene Gesamtwiderstand soll anschließend mit dem dazu durch die Messung der Einzelwiderstände berechneten Wert verglichen werden.

4.2 Widerstandswürfel

Im nächsten Teil sollte aus zwölf identischen Widerständen ein Würfel gelötet werden, wobei diese mit Farbringen gekennzeichnet sind, deren Farbcode der Versuchsanleitung entnommen werden kann [1]. Die Farbreihenfolge war dabei hier braun schwarz braun gold, was für einen Widerstand mit $R = 100\Omega$ mit einer Toleranz von 5%. Ein mögliches zweidimensionales Ersatzschaltbild für den dreidimensionalen Würfel ist im Anhang zu finden. Dabei mussten die zwölf Widerstände erst einzeln nachgemessen werden. Anschließend wurden diese miteinander zu einem Würfel verlötet.

Die Aufgabe war nun, den Widerstand des Würfels auf verschiedene Arten zu bestimmen. Dazu wurde dieser zuerst direkt mit dem Multimeter gemessen. Danach wurde der Würfel in einen Schaltkreis gebaut und die Stromstärke sowie die Spannung gleichzeitig gemessen. Dabei wurde für Strom und Spannung jeweils abwechselnd einmal das analoge und einmal das digitale Multimeter verwendet.

5 Auswertung

5.1 Arbeiten am Steckbrett

Teil a

Die Spannung am Netzgerät beträgt

$$U = (3,00 \pm 0,01)\text{V}. \quad (5.1)$$

Der Fehler durch das Messgerät wurde hierbei, über

$$s_U = \sqrt{\left(\frac{U/200}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,01^2} \quad (5.2)$$

berechnet. Für den Strom ergibt sich mit der Fehlerfortpflanzung

$$s_I = \sqrt{\left(\frac{\left(\frac{I}{100}\right) \cdot 1,2}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,1^2} \quad (5.3)$$

der Endwert

$$I = (199,7 \pm 1,4)\text{mA}. \quad (5.4)$$

Dies muss so eingehen, da die beiden Teilfehler des Messgeräts voneinander unabhängig sind und die Fehler in der Regel über Fehlerfortpflanzung weiterverwendet werden. Dieses Vorgehen zur Berechnung der Messgerätsunsicherheiten wird in allen weiteren Teilen des Versuchs äquivalent verwendet.

Teil c

Zunächst soll die Maschenregel überprüft werden. Dafür wird die Schaltung der beiden in Reihe geschalteten Glühlampen verwendet. An der Spannungsquelle wurde dabei eine Spannung von

$$U_{\text{gemessen}} = (3,02 \pm 0,01)\text{V} \quad (5.5)$$

gemessen. Der Fehler auf das Messgerät wird wie oben beschrieben verwendet. Die beiden Spannungen an den Glühlampen ergeben sich zu

$$U_1 = (1,52 \pm 0,01)\text{V}, \quad (5.6)$$

$$U_2 = (1,50 \pm 0,01)\text{V}. \quad (5.7)$$

Aus diesen beiden Spannungen berechnet sich der Gesamtwiderstand nach der Maschenregel zu

$$U_{\text{berechnet}} = 3,02\text{V}. \quad (5.8)$$

Der Fehler auf diesen Wert wird mit Fehlerfortpflanzung über

$$s_{U_{\text{berechnet}}} = \sqrt{s_{U_1}^2 + s_{U_2}^2} \quad (5.9)$$

ausgerechnet. Damit ist die berechnete Spannung

$$U_{\text{berechnet}}(3,02 \pm 0,02)\text{V}. \quad (5.10)$$

Für die Knotenregel ist sich der gemessene Gesamtstrom

$$I_{\text{gemessen}} = (148 \pm 1) \text{mA}. \quad (5.11)$$

Dabei ist der Fehler des Messgeräts wieder nach derselben Vorgehensweise berechnet. Die beiden gemessenen Teilströme ergeben sich zu

$$I_1 = (76,1 \pm 0,6) \text{mA}, \quad (5.12)$$

$$I_2 = (76,3 \pm 0,5) \text{mA}. \quad (5.13)$$

Über die Knotenregel lässt sich der Wert für den berechneten Gesamtstrom bestimmen. Der Fehler darauf wird über

$$s_{I_{\text{berechnet}}} = \sqrt{s_{I_1}^2 + s_{I_2}^2} \quad (5.14)$$

fortgepflanzt. Daraus ergibt sich der Gesamtwert

$$I_{\text{berechnet}} = (152,4 \pm 0,8) \text{mA}. \quad (5.15)$$

Teil d

Netzwerk 1:

Der gemessene Gesamtwiderstand des Netzwerks beträgt

$$R_{\text{gemessen}} = (5,1 \pm 0,3) \Omega. \quad (5.16)$$

Der Fehler des Netzteils war erneut vorgegeben. Der aus den Einzelwiderständen erhaltene Wert für den Gesamtwiderstand berechnet sich über

$$R_{\text{berechnet}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}, \quad (5.17)$$

wobei die Widerstände hier die Werte $R_1 = 10,2 \Omega$ und $R_2 = 10,0 \Omega$ haben. Dabei wird der Fehler mit zwei Zwischenschritten über Fehlerfortpflanzung berechnet.

$$s_{1/R_1} = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{s_{R_1}}{R_1}. \quad (5.18)$$

Das wird auch für R_2 berechnet. Danach folgt:

$$s_{1/R_{\text{berechnet}}} = \sqrt{s_{\frac{1}{R_1}}^2 + s_{\frac{1}{R_2}}^2} \quad (5.19)$$

$$\Rightarrow s_{R_{\text{berechnet}}} = R_{\text{berechnet}} \cdot \frac{s_{1/R_{\text{berechnet}}}}{1/R_{\text{berechnet}}} \quad (5.20)$$

Damit ergibt sich der Gesamtwiderstand zu

$$R_{\text{berechnet}} = (5,05 \pm 0,11) \Omega. \quad (5.21)$$

Die prozentuale Abweichung A des Messwerts vom berechneten Wert beträgt

$$A = \frac{|R_{\text{berechnet}} - R_{\text{gemessen}}|}{R_{\text{berechnet}}} \cdot 100 = 1\%. \quad (5.22)$$

Netzwerk 2:

Der gemessene Gesamtwiderstand des Netzwerks beträgt

$$R_{\text{gemessen}} = (162,5 \pm 0,6)\Omega. \quad (5.23)$$

Über die Einzelwiderstände kann mit

$$R_{\text{berechnet}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \quad (5.24)$$

der Gesamtwiderstand bestimmt werden. Die Werte der Widerstände sind dabei $R_1 = 10,2\Omega$, $R_2 = 10,0\Omega$, $R_3 = 10,1\Omega$, $R_4 = 50,6\Omega$ und $R_5 = 82,2\Omega$.

Der Fehler hierauf pflanzt sich über

$$s_{R_{\text{berechnet}}} = \sqrt{s_{R_1}^2 + s_{R_2}^2 + s_{R_3}^2 + s_{R_4}^2 + s_{R_5}^2} \quad (5.25)$$

fort. Damit ergibt sich für den berechneten Gesamtwiderstand des Netzwerks zu

$$R_{\text{berechnet}} = (163,1 \pm 0,7)\Omega. \quad (5.26)$$

Das Verhältnis der beiden Gesamtwiderstände ist

$$A = \frac{|R_{\text{berechnet}} - R_{\text{gemessen}}|}{R_{\text{berechnet}}} \cdot 100 = 0,37\%. \quad (5.27)$$

5.2 Gesamtwiderstand des Würfels

5.2.1 Direkte Messung

Bei der direkten Messung ergibt sich der Gesamtwiderstand zu

$$R_1 = (82,3 \pm 0,4)\Omega. \quad (5.28)$$

Der Fehler darauf berechnet sich über

$$s_{R_1} = \sqrt{\left(\frac{R/200}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,3^2}. \quad (5.29)$$

5.2.2 Bestimmung durch Strom- und Spannungsmessung

Strom analog, Spannung digital:

Der Fehler auf die Stromstärke berechnet sich hier aus dem Ablesefehler ($0,0005\text{ A}$) und aus dem Fehler des Messgeräts (1% von $0,06\text{A}$) über

$$s_I = \sqrt{\left(\frac{0,06}{100}\right)^2 + 0,0005^2}. \quad (5.30)$$

Damit ergibt sich insgesamt

$$I = (0,0256 \pm 0,0008)\text{A}. \quad (5.31)$$

Der Fehler auf die Spannung ergibt sich nach 5.2 und daraus folgt

$$U = (2,21 \pm 0,01)\text{V}. \quad (5.32)$$

Über Formel 2.1 berechnet sich der Gesamtwiderstand zu

$$R_2 = 86,33\Omega. \quad (5.33)$$

Der zugehörige Fehler ergibt sich durch folgende Fehlerfortpflanzung:

$$s_{R_2} = R_2 \cdot \sqrt{\left(\frac{s_I}{I}\right)^2 + \left(\frac{s_U}{U}\right)^2} \quad (5.34)$$

Damit ist der Gesamtwert

$$R_2 = (86,33 \pm 2,67)\Omega \quad (5.35)$$

Spannung analog, Strom digital:

Der Fehler auf die Spannung berechnet sich hier aus dem Ablesefehler (0,01 V) und aus dem Fehler des Messgeräts (1,5 % von 6 V) über

$$s_I = \sqrt{\left(\frac{6}{100}\right)^2 + 0,01^2}. \quad (5.36)$$

Damit ergibt sich insgesamt

$$U = (2,82 \pm 0,09)V. \quad (5.37)$$

Der Fehler auf die Stromstärke ergibt sich nach 5.2 und daraus folgt

$$I = (0,0376 \pm 0,0003)A. \quad (5.38)$$

Über Formel 2.1 berechnet sich der Gesamtwiderstand zu

$$R_3 = 75\Omega. \quad (5.39)$$

Der zugehörige Fehler ergibt sich durch folgende Fehlerfortpflanzung:

$$s_{R_3} = R_3 \cdot \sqrt{\left(\frac{s_I}{I}\right)^2 + \left(\frac{s_U}{U}\right)^2} \quad (5.40)$$

Damit ist der Gesamtwert

$$R_2 = (75,00 \pm 2,47)\Omega \quad (5.41)$$

5.2.3 Theoretischer Wert

Für den theoretischen Wert, der aus den Einzelwiderständen berechnet wird, muss zunächst das gewichtete Mittel der Werte und dessen Unsicherheit berechnet werden. Dafür werden folgende Formeln verwendet:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i/s_i^2)}{\sum_{i=1}^n (1/s_i^2)} \quad s_{\bar{R}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (1/s_i^2)}}$$

Der Mittelwert beträgt danach

$$R = (98,72 \pm 0,12)\Omega. \quad (5.42)$$

Der Gesamtwiderstand lässt sich über den Mittelwert mit

$$R_4 = \frac{5}{6} \cdot \bar{R} \quad (5.43)$$

berechnen. Der zugehörige Fehler ergibt sich zu

$$s_{R_4} = \frac{5}{6} \cdot s_{\bar{R}}. \quad (5.44)$$

Damit ist der Wert für den Gesamtwiderstand letztendlich

$$R_4 = (82,3 \pm 0,1)\Omega. \quad (5.45)$$

6 Zusammenfassung und Diskussion

6.1 Arbeiten am Steckbrett

Teil a

Die am Anfang gemessenen Werte für die Spannung und den Strom des Netzgeräts sind

$$U = (3,00 \pm 0,01)\text{V} \quad (6.1)$$

und

$$I = (199,7 \pm 1,4)\text{mA} . \quad (6.2)$$

Teil b

Hier wurden diverse einfache Schaltungen aufgebaut und die beobachteten Resultate festgehalten. Beim der qualitativen Betrachtung fällt auf, dass zwei in Reihe geschaltete Glühlampen weniger hell leuchten als eine einzelne Glühlampe leuchten, zwei parallel geschaltete Glühlampen jedoch die gleiche Helligkeit wie die Einzelne haben. Dies liegt daran, dass bei einer Parallelschaltung in beiden Wegen die gleiche Spannung abfällt, während in der Reihenschaltung bei zwei Lampen mit gleichem Widerstand über der Lampe jeweils die Hälfte der Spannung abfällt. Wurden Brücken parallel zu den Lampen geschaltet, leuchten die Lampen gar nicht mehr, da der Strom den Weg des geringsten Widerstands wählt und somit den Weg über die Brücke.

Teil c

Der zur Überprüfung der Maschenregel gemessene Wert für die Gesamtspannung der Reihenschaltung beträgt

$$U_{\text{gemessen}} = (3,02 \pm 0,01)\text{V} . \quad (6.3)$$

Der über die Messung der Teilspannungen berechnete Wert ist

$$U_{\text{berechnet}} = (3,02 \pm 0,02)\text{mA} . \quad (6.4)$$

Diese entsprechen einander innerhalb einer 1σ -Umgebung, sodass die Messergebnisse hier die Maschenregel bestätigen.

Bei der Betrachtung der Knotenregel wurde die Parallelschaltung verwendet und der gemessene Gesamtstrom mit der Summe der gemessenen Teilströme verglichen. Der gemessene Gesamtstrom hat den Wert

$$I_{\text{gemessen}} = (148 \pm 1)\text{mA} \quad (6.5)$$

während der über die Teilströme berechnete Wert

$$I_{\text{berechnet}} = (152,4 \pm 0,8)\text{mA} \quad (6.6)$$

beträgt. Diese Werte stimmen innerhalb eines dreifachen Fehlerbereichs miteinander überein, sodass die Knotenregel damit bestätigt wird.

Teil dNetzwerk 1:

Der gemessene Wert des Gesamtwiderstands ist

$$R_{\text{gemessen}} = (5,1 \pm 0,3)\Omega \quad (6.7)$$

und der über die Messung der Einzelwiderstände berechnete Widerstand beträgt

$$R_{\text{berechnet}} = (5,05 \pm 0,11)\Omega. \quad (6.8)$$

Diese Werte entsprechen einander innerhalb des einfachen Fehlerintervalls.

Netzwerk 2:

Der gemessene Widerstandswert beträgt

$$R_{\text{gemessen}} = (162,5 \pm 0,6)\Omega \quad (6.9)$$

und der über Addition der Einzelwiderstände berechnete Widerstand ist

$$R_{\text{berechnet}} = (163,1 \pm 0,7)\Omega. \quad (6.10)$$

Diese Ergebnisse stimmen innerhalb einer 1σ -Umgebung miteinander überein.

6.2 Gesamtwiderstand des Würfels**Direkte Messung**

Bei der direkten Messung des Gesamtwiderstands ergab sich folgender Wert:

$$R_1 = (82,3 \pm 0,49)\Omega \quad (6.11)$$

Hierbei spielte lediglich die Unsicherheit des Messgeräts eine Rolle, da beim digitalen Messgerät kein zusätzlicher Ablesefehler mehr hinzugenommen werden muss.

Bestimmung durch Strom- und Spannungsquelle

Für den Fall der analogen Strommessung und digitalen Spannungsmessung erhielt man folgenden Wert für den Gesamtwiderstand:

$$R_2 = (86,33 \pm 2,67)\Omega \quad (6.12)$$

Des weiteren konnte durch eine analoge Spannungs- und eine digitale Strommessung ein weiterer Wert für den Gesamtwiderstand mit

$$R_3 = (75,00 \pm 2,47)\Omega \quad (6.13)$$

bestimmt werden. Dabei gingen bei allen analogen Messungen der systematische Fehler des Messgeräts, welcher angegeben war, und der statistische Ablesefehler ein, da beim analogen Gerät an Strichen abgelesen werden musste. Beim digitalen Gerät gehen ebenfalls ein systematischer und ein statistischer Fehler ein, die beide für das Gerät gegeben waren. Einen zusätzlichen Ablesefehler gibt es dabei nicht.

Theoretischer Wert

Der Mittelwert aus den zwölf gemessenen Widerständen ergab sich zu

$$\boxed{\bar{R} = (98,72 \pm 0,12)\Omega} . \quad (6.14)$$

Dieser Wert liegt unter dem nominellen Wert von $100\,\Omega$. Die angegebene Toleranz beträgt 5 %, was in diesem Fall $5\,\Omega$ beträgt. Der Mittelwert liegt hier somit innerhalb der Toleranz.

Der über den Mittelwert berechnete Gesamtwiderstand beträgt

$$\boxed{R_4 = (82,3 \pm 0,1)} . \quad (6.15)$$

Insgesamt sind die Werte, die direkt gemessen oder theoretisch berechnet wurden aller Wahrscheinlichkeit nach am besten. Dabei scheint der theoretische Wert aufgrund seiner sehr geringen Unsicherheit der Messung noch besser. Bei den Messungen über Spannung und Strom pflanzen sich alle systematischen und statistischen Unsicherheiten beider Messgeräte fort, was zu deutlich ungenaueren Werten führt. Auch im Endergebnis zeigt sich, dass der theoretische und der direkte Wert innerhalb einer 1σ -Umgebung übereinstimmen. Der Wert mit analoger Strommessung stimmt innerhalb einer 2σ -Umgebung überein und der mit analoger Spannungsmessung innerhalb einer 3σ -Umgebung zum theoretisch berechneten Wert.

7 Literatur

[1] Farbcode der Widerstände

Versuch 44: Spannung, Strom und Widerstandsnetzwerke

8 Anhang

8.1 Ersatzschaltbild

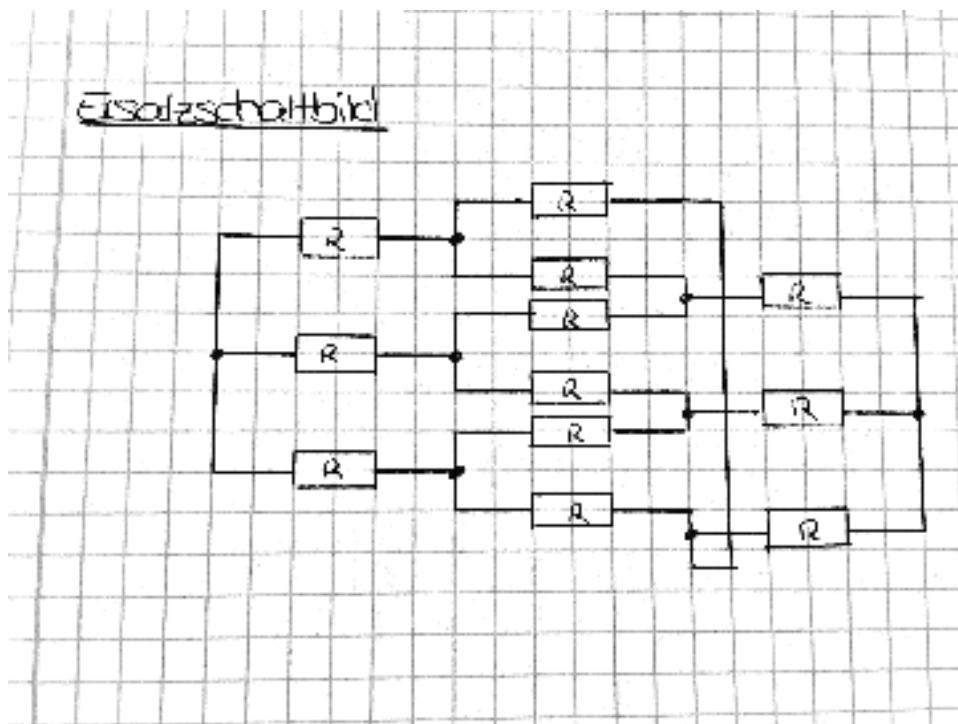


Abbildung 1: zweidimensionales Ersatzschaltbild des Widerstandswürfels

8.2 Vereinfachtes Schaltbild

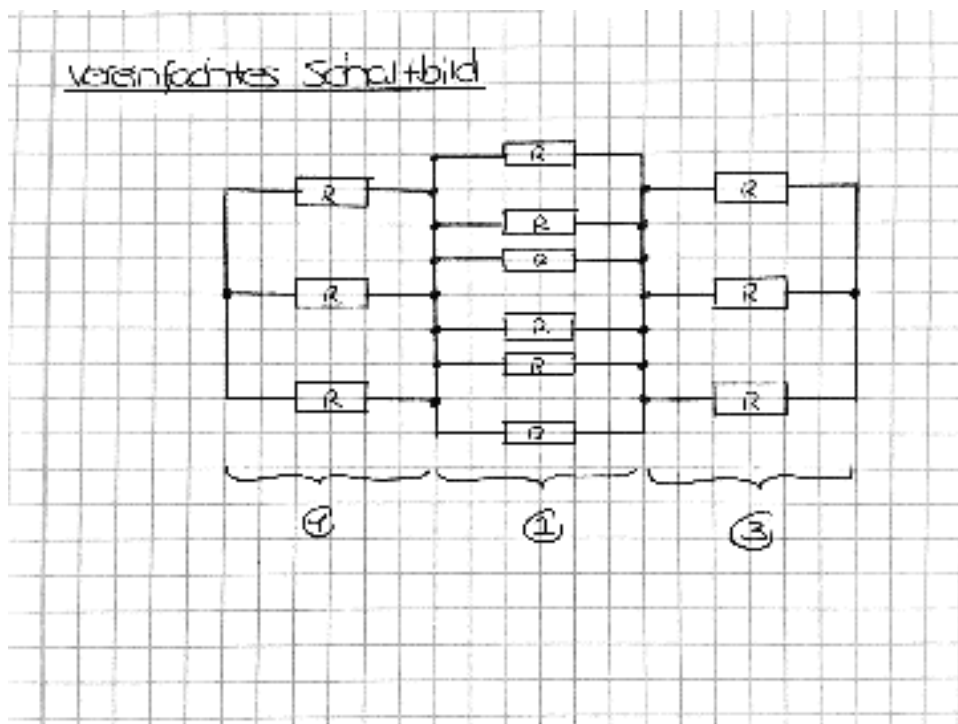


Abbildung 2: Vereinfachung des Schaltbilds

Durch die Vereinfachung des Schaltbildes kann der Gesamtwiderstand leicht über Reihen- und Parallelschaltungen hergeleitet werden. Die Widerstände der drei Parallelschaltungen lassen sich berechnen, indem man die Kehrbrüche addiert, sodass man

$$1 : \frac{1}{R_{ges1}} = \frac{3}{R} \Rightarrow R_{ges1} = \frac{R}{3} \quad (8.1)$$

$$2 : \frac{1}{R_{ges2}} = \frac{6}{R} \Rightarrow R_{ges2} = \frac{R}{6} \quad (8.2)$$

$$3 : \frac{1}{R_{ges3}} = \frac{3}{R} \Rightarrow R_{ges3} = \frac{R}{3} \quad (8.3)$$

$$(8.4)$$

erhält.

Diese können dann zu

$$R_{ges} = R_{ges1} + R_{ges2} + R_{ges3} = \frac{5}{6}R \quad (8.5)$$

addiert werden.

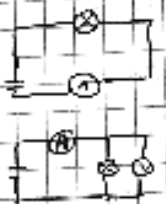
8.3 Laborheft

Versuch 41Arbeiten am Steckbrett:a) Strom des Leuchtbis: $I_A = 199,7 \text{ mA}$ Spannung des Leuchtbis: $U = 3 \text{ V}$

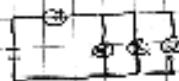
Fehler:

Strom: $\pm 1,5\% \text{ um Messwert} = 1 \text{ digit}$ Spannung: $\pm 0,5\% \text{ um Messwert} = 1 \text{ digit}$ Widerstand: $\pm 0,5\% = 3 \text{ digits}$

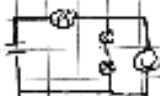
b) * eine Glühlampe alleine im Schaltkreis

Strom: $I = \cancel{75,8 \text{ mA}} \cancel{25,0 \text{ mA}} 25,0 \text{ mA}$ Spannung: $U = \cancel{2,93 \text{ V}} \cancel{2,8 \text{ V}} 2,8 \text{ V}$ neu gemessen,
da falsche Ein-
stellung am
Ampere meter

* zwei Glühlampen in parallel

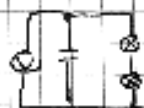
Strom: $I = \cancel{27,5 \text{ mA}} 111,2 \text{ mA}$ Spannung: $U = \cancel{2,65 \text{ V}} 2,63 \text{ V}$ 

* zwei Glühlampen in Reihe

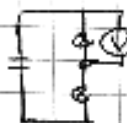
Strom: $I = \cancel{15 \text{ mA}} 52,5 \text{ mA}$ Spannung: $U = \cancel{2,8 \text{ V}} 2,89 \text{ V}$ Mit Brücke: Lampen leuchten nicht mehr. ~~Glühlampe~~c) Wochenregel:

Bsp ①

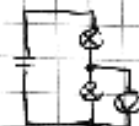
$$U = 3,02 \text{ V}$$



$$U = 1,52 \text{ V}$$

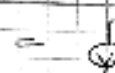
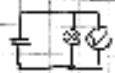


$$U = 1,50 \text{ V}$$



Bsp ②

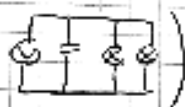
$U = 3,02V$



$U = 3,02V$

Bsp ③

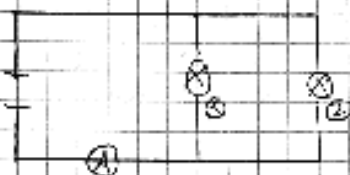
$U = 3,02V$

Widerstand

$I_{\text{ges}} = 198 \text{ mA}$

ohne ①: $I = 76,4 \text{ mA}$

ohne ②: $I = 76,3 \text{ mA}$



a)

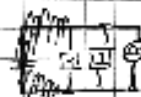
Netzwerk ①

Widerstand ①: $R_1 = 10,2 \Omega$

Widerstand ②: $R_2 = 10,0 \Omega$

Gesamt: $R = 5,1 \Omega$

berechnet: $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10,2} + \frac{1}{10,0}$



$R = 5,1 \Omega$

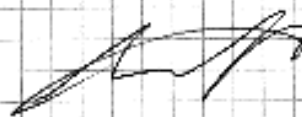
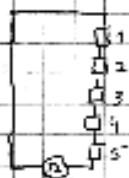
Netzwerk ②

$R_1, R_2, R_3 = 10,1 \Omega, R_4 = 50,6 \Omega, R_5 = 82,2 \Omega$

$R_{\text{ges}} = 162,5 \Omega$

berechnet: $R_{\text{ges}} = \sum R_i$

$R_{\text{ges}} = 163,1 \Omega$



Widerstandswerte:Farbcode: braun, schwarz, braun, gold $\rightarrow 100, \text{Leistung } 5\%$ Einzelschaltung: $R_1 = 98,0 \Omega$ $R_2 = 98,5 \Omega$ $R_3 = 98,6 \Omega$ $R_4 = 98,5 \Omega$ $R_5 = 98,6 \Omega$ $R_6 = 98,6 \Omega$ $R_7 = 98,7 \Omega$ $R_8 = 98,8 \Omega$ $R_9 = 98,7 \Omega$ $R_{10} = 98,6 \Omega$ $R_{11} = 98,8 \Omega$ $R_{12} = 98,8 \Omega$

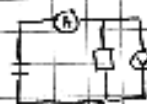
a)

direkte Widerstandsmessung: $R = 82,3 \Omega$

b)

Messung von Spannung und Strom

Ableserfehler:

 $\pm 0,005 \text{ A}$ Fehler Strom: $\pm 1\%$ vom WertStrom: $I = 0,0256 \text{ A}$ (analog)Spannung: $U = 22 \text{ V}$ (digital) Fehler: $0,5\%$ ± 1 digit

c)

Strom: $I = 37,6 \text{ mA}$ (digital) Fehler: $1,2\%$ ± 1 digitSpannung: $U = 2,82$ (analog) Fehler: $1,5\%$ von 6 V Ableserfehler: $\pm 0,01 \text{ V}$