

ETP1 Lab 3 Report

Jan-Malte Lübcke, Christopher Klix, Jannik Erdmann, Raphael Weinhart

December 12, 2022

Contents

I	Zielsetzung	IV
II	Allgemeine Berechnungsgrundlagen	VI
	Konzepte	VII
	Formeln	VII
III	Versuche	1
1	Widerstandsmessung	2
1.1	Ohmmeter	2
1.1.1	Versuchsbeschreibung	2
1.1.2	Vorbereitung	2
1.1.3	Durchführung	2
1.1.4	Messdaten	3
1.1.5	Auswertung	3
1.2	Stromrichtige Messung	3
1.2.1	Versuchsbeschreibung	3
1.2.2	Durchführung	3
1.2.3	Messdaten	4
1.2.4	Auswertung	5
1.3	Spannungsrichtige Messung	5
1.3.1	Versuchsbeschreibung	5
1.3.2	Durchführung	5
1.3.3	Messdaten	6
1.3.4	Auswertung	6
2	Auswertung	7

List of Figures

List of Tables

1.1	Widerstandsmessung mittels Multimeter.	3
1.2	Widerstandsmessung.	4

I

Zielsetzung

Verdeutlichung, dass Messungen nur dann zu sinnvollen Ergebnissen führen, wenn die Messgeräte und der Messaufbau zur Aufgabenstellung bzw. zum jeweiligen Ziel der Messung passen.

Zudem soll das Verständnis von Ersatzspannungsquellen vertieft werden durch einen Experimentellen Nachbau mit vorheriger Berechnung.

II

Allgemeine Berechnungsgrundlagen

Allgemeine Berechnungsgrundlagen

Konzepte

- Grundlagen der Netzwerkanalyse
- Ermittlung einer linearen Ersatzspannungsquelle
 - Ermittlung des Innenwiderstandes R_i
 - Spannung der idealen Ersatzspannungsquelle U_{ab} = Spannung zwischen den Messpunkten a & b .
 - Leistungsanpassung
- Kirchhoff'schen Gesetze
 - Knotenregel:
Die Summe aller ein und ausfließenden Ströme in einem Knoten sind Null.
 - Maschenregel
Die Summe aller Spannungen entlang eines Maschenumlaufes ist gleich Null.
- Superpositionsprinzip in Schaltkreisen

Formeln

Ohm'sche Gesetz

$$U = R \cdot I$$

Widerstände in Reihe

$$\sum_{i=1}^n R_i = R_{ges}$$

Widerstände in Parallel

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} = R_{ges}^{-1}$$
$$\left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \right]^{-1} = R_{ges}$$

Spannungsteiler

$$U_i = U_0 \cdot \frac{R_i}{R_{ges}}$$

Leistungsanpassung für lineare Ersatzspannungsquelle

Leistung ist maximal, wenn R_i gleich R_L ist.

$$P_{max} = \frac{U_0^2}{4R_i}$$

Widerstandsmessung - Relativer Fehler bei stromrichtiger Messung

$$e_{rel} \approx \frac{R_{iA}}{R_x}$$

wobei R_x der zu messende Widerstand ist.

Widerstandsmessung - Relativer Fehler bei spannungsrichtiger Messung

$$e_{rel} \approx -\frac{R_x}{R_{iV}}$$

wobei R_x der zu messende Widerstand ist.

III

Versuche

Versuch 1

Strom- und spannungsrichtiges Messen von Widerständen

In diesem Teilversuch sollen die drei unterschiedlichen ohmschen Widerstände

$$R_1 = 0.22\Omega, R_2 = 1k\Omega \text{ und } R_3 = 1M\Omega$$

mit verschiedenen Methoden gemessen werden. Die Messmethoden sind hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für die einzelnen Widerstände zu vergleichen und die Ursachen der auftretenden Fehler sind zu diskutieren.

1.1 Widerstandsmessung mittels Ohmmeter

1.1.1 Versuchsbeschreibung

Zur Widerstandsmessung der drei zu messenden Widerstände wird ein Digitalmultimeter (METRAHit Tech) und ein Analogmultimeter verwendet.

Gemessen wird über den Widerstand, das bedeuten ein Messpunkt liegt vor und einer nach dem Widerstand. Beim Analogmessgerät ist zu beachten, dass dieses vor jeder Messung kalibriert werden muss. Hierzu muss der Zeiger des Messgerätes so eingestellt sein, dass er einen unendlichen großen Widerstand anzeigt.

Hintergrund hierfür ist, dass wenn kein Widerstand angeschlossen ist kein Strom fließt und somit nach dem Ohmschen Gesetz der Widerstand unendlich groß sein muss.

1.1.2 Vorbereitung

Zu Beginn wird das analoge Multimeter der entsprechenden Widerstandsgröße kalibriert.

1.1.3 Durchführung

Zur Widerstandsmessung der drei zumessenden Widerstände, wird ein Digitalmultimeter *METRAHit Tech* und ein Analogmultimeter verwendet.

Gemessen wird über den Widerstand, das bedeuten ein Messpunkt liegt vor und einer nach dem Widerstand. Beim Analogmessgerät ist zu beachten, dass dieses vor jeder Messung kalibriert werden muss. Hierzu muss der Zeiger des Messgerätes so eingestellt sein, dass er einen unendlichen großen Widerstand anzeigt.

Hintergrund hierfür ist, dass wenn kein Widerstand angeschlossen ist, kein Strom fließt und somit nach dem Ohmschen Gesetz der Widerstand unendlich groß sein muss.

1.1.4 Messdaten

Measured resistor	METRAHit TECH (R) Resistance	Analog Unigor (R) Resistance	Derivation	
			abs	rel %
0.22Ω	0.640Ω		0.420Ω	-190.91%
1kΩ	990.100Ω		-9.900Ω	0.99%
1MΩ	1,005,300.000Ω		5,300.000Ω	-0.53%
0.22Ω		1Ω	0.780Ω	-354.55%
1kΩ		960Ω	-40.000Ω	4.00%
1MΩ		1,000,000Ω	0.000Ω	0.00%

Table 1.1: Widerstandsmessung mittels Multimeter.

1.1.5 Auswertung

Zu sehen ist, dass bei einem sehr kleinen 0.22Ω Widerstand beide Geräte sehr ungenau messen, wobei das analoge Gerät sogar einen deutlich größeren relativen Fehler aufweist als das digitale. Bei dem 1kΩ Widerstand messen beide Geräte recht genau, wobei das digitale Gerät etwas genauer misst. Lediglich beim dem großen 1MΩ Widerstand misst das analoge Gerät genauer, jedoch ist der Unterschied sehr gering. Ein Vergleich der Genauigkeit der Geräte ist nur bedingt möglich, da bei dem analogen Gerät weitere Fehlerquellen Einfluss nehmen, welche über die Qualität des Gerätes selber hinausgehen. So können Fehler bzw. Ungenauigkeiten beim händischen kalibrieren des Gerätes oder beim ablesen der Scala entstehen, wie zum Beispiel durch den Parallax-Effekt.

1.2 Widerstandsmessung mittels stromrichtiger Messung

1.2.1 Versuchsbeschreibung

In diesem versuch sollen drei Widerstände mittels einer Stromrichtigen Messung ermittelt werden. Die Ergebnisse werden mit dem erwartungswert als auch mit den Ergebnissen einer späteren Spannungsrichtigen Messung verglichen.

1.2.2 Durchführung

Verschalten werden die Messgeräte wie im unten dargestellten Schaltbild, sodass der Strom durch den zu messenden Widerstand systematisch richtig erfasst wird. Als Spannungsquelle steht ein regelbares Labornetzgerät Hameg Triple Power Supply HM7042-5 zur Verfügung. Die Spannungsmessung wird mit einem Digitalmultimeter METRAHit TECH, die Strommessung mit einem METRAHit 18S durchgeführt.

Die drei zu messenden Widerstände sind: $R_1 = 0.22\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$ und $R_3 = 1M\Omega$. Folgende Einstellungen sind am Labornetzgerät für die jeweiligen Widerstände einzustellen und der gemessene Strom und die gemessene Spannung abzulesen.

$$R_1 : I_m = 200mA, 500mA, 800mA$$

$$R_2 : U_m = 2V, 4V, 6V$$

$$R_3 : U_m = 9V, 12V, 15V$$

1.2.3 Messdaten

Target	Measurements			Source		Derived	Derivation	
	(U)	(I)	res	(U)	(I)	(R)	abs	rel %
Current accurate								
0.22Ω						0.220Ω		
200mA	0.119V	199.000mA	(A)	0.150V	199.000mA	0.596Ω	0.376Ω	171.13%
500mA	0.295V	497.000mA	(A)	0.410V	498.000mA	0.593Ω	0.373Ω	169.34%
800mA	0.473V	798.000mA	(A)	0.660V	800.000mA	0.592Ω	0.372Ω	169.20%
1kΩ						1,000.00Ω		
2V	2.015V	1.930mA	(mA)			1,044.04Ω	44.041Ω	4.40%
4V	4.010V	4.043mA	(mA)			991.84Ω	-8.162Ω	-0.82%
6V	6.009V	6.061mA	(mA)			991.42Ω	-8.579Ω	-0.86%
1MΩ						1,000,000Ω		
9V	9.025V	0.009mA	(mA)			1,002,778Ω	2,777.778Ω	0.28%
12V	12.020V	0.012mA	(mA)			977,236Ω	-22,764.228Ω	-2.28%
15V	15.010V	0.015mA	(mA)			1,000,667Ω	666.667Ω	0.07%
Voltage accurate								
0.22Ω						0.220Ω		
200mA	0.051V	203.300mA	(A)	0.180V	0.200 A	0.253Ω	0.033Ω	14.92%
500mA	0.131V	512.000mA	(A)	0.450V	0.503 A	0.256Ω	0.036Ω	16.21%
800mA	0.204V	802.500mA	(A)	0.070V	0.800 A	0.254Ω	0.034Ω	15.55%
1kΩ						1,000.00Ω		
2V	1.913V	1.933mA	(mA)	2.000V	0.002 A	989.55Ω	-10.449Ω	-1.04%
4V	4.008V	4.048mA	(mA)	4.000V	0.004 A	990.12Ω	-9.881Ω	-0.99%
6V	6.004V	6.066mA	(mA)	6.000V	0.005 A	989.78Ω	-10.221Ω	-1.02%
1MΩ						1,000,000Ω		
9V	9.020V	0.010mA	(mA)	9.000V	0.000 A	909,274Ω	-90,725.806Ω	-9.07%
12V	12.000V	0.013mA	(mA)	12.000V	0.000 A	907,029Ω	-92,970.522Ω	-9.30%
15V	15.010V	0.017mA	(mA)	15.000V	0.000 A	906,949Ω	-93,051.360Ω	-9.31%

Table 1.2: Widerstandsmessung.

1.2.4 Auswertung

0.22Ω: weist einen gemittelten Widerstand 0.594Ω auf, welcher einem relativen Fehler von 169.85% entspricht.

1kΩ: weist einen gemittelten Widerstand 1009.10Ω auf, welcher einem relativen Fehler von 0.91% entspricht.

1MΩ: weist einen gemittelten Widerstand 993.560Ω auf, welcher einem relativen Fehler von -0.64% entspricht.

Hier ist zu erkennen, dass sehr kleine Widerstände schlechter zu messen sind. Da bei dieser Messung das Amperemeter und so dessen Innenwiderstand mit dem zu messenden Widerstand in Reihe geschaltet ist, und die Spannung über beiden Widerständen gemessen wird, nimmt dieser direkt Einfluss auf die Messung. Im Idealfall wäre dieser Innenwiderstand unendlich klein und würde dann keinen Fehler verursachen. Doch dies ist offensichtlich nicht möglich. Da nun der sehr kleine Widerstand des Messgerätes und der sehr kleine zu messende Widerstand in den Dimensionen sehr nah beieinander liegen ist der dabei entstehende Fehler nicht trivial.

Zusätzlich werden die Leiterwiderstände bei der Messung von kleinen Widerständen relevant.

$$e_{rel} = \frac{R_{x,m} - R_x}{R_x} = \frac{R_i}{\frac{U_m}{I_m} - R_i} \approx \frac{R_i}{R_x} \quad (1.1)$$

Daraus ist zu erwarten, dass größere Widerstände genauer gemessen werden, was auch durch die Ergebnisse bestätigt wird.

1.3 Widerstandsmessung mittels spannungsrichtiger Messung

1.3.1 Versuchsbeschreibung

In diesem Versuch sollen drei Widerstände mittels einer Spannungsrichtigen Messung ermittelt werden. Die Ergebnisse werden mit den Erwartungswerten als auch mit den Ergebnissen der vorrangigen Stromrichtigen Messung verglichen.

1.3.2 Durchführung

Verschalten werden die Messgeräte wie im unten dargestellten Schaltbild, sodass die Spannung durch den zu messenden Widerstand systematisch richtig erfasst wird. Als Spannungsquelle steht ein regelbares Labornetzgerät Hameg Triple Power Supply HM7042-5 zur Verfügung. Die Spannungsmessung wird mit einem Digitalmultimeter METRAHit TECH, die Strommessung mit einem METRAHit 18S durchgeführt.

Die drei zu messenden Widerstände sind: $R_1 = 0.22\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$ und $R_3 = 1M\Omega$. Folgende Einstellungen sind am Labornetzgerät für die jeweiligen Widerstände einzustellen und der gemessene Strom und die gemessene Spannung abzulesen.

$$R_1 : I_m = 200mA, 500mA, 800mA$$

$$R_2 : U_m = 2V, 4V, 6V$$

$$R_3 : U_m = 9V, 12V, 15V$$

1.3.3 Messdaten

Siehe Tabelle 1.2.

1.3.4 Auswertung

0.22Ω: weist einen gemittelten widerstand 0.254Ω auf, welcher einem relativen Fehler von 15.61% entspricht.

1kΩ: weist einen gemittelten widerstand 989.82Ω auf, welcher einem relativen Fehler von -1.02% entspricht.

1MΩ: weist einen gemittelten widerstand 907.751Ω auf, welcher einem relativen Fehler von -9.22% entspricht.

Hier ist zu erkennen das der 1kΩ sich am genauesten bestimmen lässt und der 1MΩ Widerstand sich schlechter erfassen lässt. In der Theorie müsste sich der 0.22Ω Widerstand am genauesten bestimmen lassen, da bei der Spannungsrichtigen Messung die Spannung nur über dem zu messenden Widerstand gemessen wird. Somit ist der innenwiderstand des Voltmeters die Ursache für Messfehler. Da dieser hier sehr groß ist (idealer Weise unendlich groß) fallen die Fehler bei kleinen zu messenden Widerständen klein aus.

Entgegen dessen weist die Messung des 0.22Ω Widerstandes den größten Fehler auf, was wahrscheinlich auf den hier im Verhältnis zum Messwiderstand großen Leiterwiderstand zurückzuführen ist.

$$e_{rel} = \frac{R_{x,m} - R_x}{R_x} = \frac{R_i}{\frac{U_m}{I_m} - R_i} \approx \frac{R_i}{R_x} \quad (1.2)$$

Abschließend ist zu sagen, dass sich die stromrichtige Messung für große Widerstände und die spannungsrichtige Messung für kleine Widerstände besser geeignet sind. Allerdings nur in einem Bereich, wo die Leiterwiderstände einen zu vernachlässigbaren Anteil am Gesamtwiderstand haben.

Versuch 2

Auswertung

Die Zielsetzung konnte anhand der Experimente gut erfüllt werden. Es sind Erkenntnisse über die sinnvolle Anwendung der Messmethoden gewonnen worden und das Verständnis von Ersatzquellen konnte durch Abgleichen der Messung mit den Berechnungen gefestigt werden.

Die Auswertung aus den Versuchen führen zu folgenden Erkenntnissen:

- Eine Messung von kleinen Widerständen mittels Multimeter ist sehr ungenau.
- Leiterwiderstände haben einen großen Einfluss bei kleinen Widerständen.
- Analoge Multimeter sind deutlich fehleranfälliger als Digitale Multimeter.
- Stromrichtiges Messen ist besser geeignet für das Messen von großen Widerständen.
- Spannungsrichtiges Messen ist besser geeignet für das Messen von kleinen Widerständen.
- Zwei-Punkt-Methode sorgt bei kleinen Widerständen für sehr große Abweichung, die Vier-Punkt-Methode ist besser geeignet.
- Zwei- und Vier-Punkt-Methode verhalten sich beim Messen des 1kOHM Widerstandes nahezu identisch.
- Nichtlineare Widerstände stimmen nur bei sehr kleinen Strömen mit den Messungen eines Ohmmeters überein.
- Temperatur hat hier einen Einfluss auf den nichtlinearen Widerstand.
- Eine Schaltung kann durch die Berechnung des Innenwiderstands in eine Ersatzschaltung umgebaut werden.
- Die Messwerte in der Ersatzschaltung sind identisch zur Originalschaltung.

Für die nächsten Praktika empfiehlt es sich, parallel zur Versuchsdurchführung, ein Gruppenmitglied zur direkten Diagramm Erstellung zu beauftragen, um mögliche Messfehler oder anderweitige Abweichungen schnell erkennen zu können. Zudem können sofort erste Erkenntnisse gewonnen werden, was die Erstellung des Berichtes vereinfacht.