

# ETP1 Lab 3 Report

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

December 13, 2022

# Contents

<b>I</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>IV</b>
<b>II</b>	<b>Allgemeine Berechnungsgrundlagen</b>	<b>VI</b>
	Konzepte . . . . .	VII
	Formeln . . . . .	VII
<b>III</b>	<b>Versuche</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Dehnungsmessstreifen</b>	<b>2</b>
1.1	Ohmmeter . . . . .	2
1.1.1	Durchführung . . . . .	2
1.1.2	Messdaten . . . . .	2
1.1.3	Auswertung . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Wheatstonebrücke</b>	<b>3</b>
2.1	Ohmmeter . . . . .	3
2.1.1	Durchführung . . . . .	3
2.1.2	Messdaten . . . . .	3
2.1.3	Auswertung . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Übertragungsfunktion</b>	<b>4</b>
3.1	Messung 1 . . . . .	4
3.1.1	Durchführung . . . . .	4
3.2	Messung 2 . . . . .	5
3.2.1	Durchführung . . . . .	5
3.3	Messdaten . . . . .	5
3.4	Berechnungen . . . . .	6
3.5	Auswertung . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>8</b>

# List of Figures

3.1	Wheatstonebrücke . . . . .	4
3.2	Plot der Spannungsmessung der Wheatstonebrücke. . . . .	6

# List of Tables

1.1	Widerstandsmessung mittels Multimeter. . . . .	2
3.1	Spannungsmessung der Wheatstonebrücke. . . . .	5
3.2	Spannungsberechnung der Wheatstonebrücke. . . . .	6

# 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

## Bestimmung des Widerstandes eines Dehnungsmessstreifens

In diesem Versuch wird ein auf einem Biegebalken angebrachten Dehnungsmessstreifen untersucht. Der Widerstand des Dehnungsmessstreifen wird einmal im unbelasteten und einmal im belasteten Zustand gemessen.

### 1.1 Widerstandsmessung mittels Ohmmeter

#### 1.1.1 Durchführung

Die Belastung erfolgt durch das Gewicht eines 200g schweren Körpers, welcher an die Spitze des Biegebalkens gehängt wird. Die Widerstandsmessung erfolgt mittels eines digitalen Multimeters *METRAHit 18S*.

#### 1.1.2 Messdaten

METRAHit 18S	
Weight	
0g	700.7 $\Omega$
200g	700.8 $\Omega$

Table 1.1: Widerstandsmessung mittels Multimeter.

#### 1.1.3 Auswertung

Es wurde eine Widerstandsänderung von  $\Delta R = +100\text{m}\Omega$  gemessen. Diese Erhöhung des Widerstandes lässt durch die Änderung der materialen Abmessungen innerhalb des Dehnstreifens beschreiben. Denn der auf der Oberseite des Biegebalkens befestigte Dehnmessstreifen wird durch die Biegung des Balkens gestreckt. Dies führt zu einer Verlängerung bzw. Dehnung des Drahtes im Dehnmessstreifen. Diese Verlängerung führt zusätzlich zu einer Querkontraktion, also einer Verkleinerung des Querschnittes. Nach der Formel  $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$  ergibt sich dann ein erhöhter Widerstandswert, da die Querschnittsfläche  $A$  im Nenner verkleinert wird und die Leiter Länge  $l$  im Zähler vergrößert.

## Versuch 2

# Bestimmung des Widerstandes eines Dehnungsmessstreifens nach dem Abgleichverfahren mit einer Wheatstonebrücke

foo

### 2.1 Widerstandsmessung mittels Ohmmeter

#### 2.1.1 Durchführung

foo

#### 2.1.2 Messdaten

foo

#### 2.1.3 Auswertung

foo

## Versuch 3

# Ermittlung der Übertragungsfunktion der Wheatstonebrücke

In diesem Versuch wird eine Wheatstonebrücke auf ihre Empfindlichkeit und einen Linearitätsfehler bei unterschiedlichen Brückenverhältnissen untersucht. Dies geschieht rechnerisch als auch messtechnisch mittels unterschiedlichen Präzisionswiderständen und variabel einstellbaren Widerstandsdekaden.

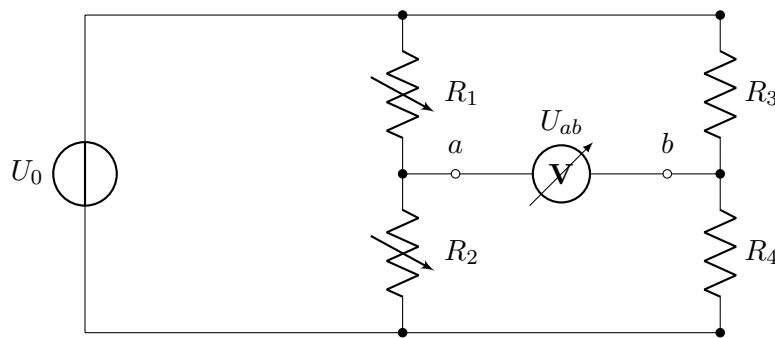


Figure 3.1: Wheatstonebrücke

Die Brückenschaltung wird nach Schaltskizze 3.1 aufgebaut. Die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  werden mit 2 Präzisionswiderstandsdekaden *Typ 4107* aufgebaut. Die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  werden mit Fixwiderständen mit 0.02% Toleranz aufgebaut. Die Versorgungsspannung beträgt  $U_0 = 6\text{V}$ . Die Spannung  $U_{ab}$  wird mit einem Multimeter *METRAHit Tech* gemessen.

### 3.1 Messung 1

#### 3.1.1 Durchführung

Im ersten Messdurchlauf werden für die Widerstandsverhältnis

$$a_1 = \frac{R_4}{R_3} = \frac{1\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} \quad (3.1)$$

gewählt. Der Widerstand  $R_1$  wird an der Widerstandsdekade auf  $700\Omega$ . Der Widerstand  $R_2$  wird so eingestellt, dass die Brücke abgeglichen ist, also die Spannung  $U_{ab}$  möglichst  $0\text{V}$  anzeigt. Nun wird  $R_1$  auf  $400\Omega$  gestellt und in  $100\Omega$  Schritten bis  $1.3\text{k}\Omega$  gesteigert. Es wird die jeweilige Spannung  $U_{ab}$  erfasst.

## 3.2 Messung 2

### 3.2.1 Durchführung

Im zweiten Messdurchlauf werden für die Widerstandsverhältnis

$$a_2 = \frac{R_4}{R_3} = \frac{100\Omega}{1k\Omega} \quad (3.2)$$

gewählt. Der Widerstand  $R_1$  wird an der Widerstandsdekade auf  $700\Omega$ . Der Widerstand  $R_2$  wird so eingestellt, dass die Brücke abgeglichen ist, also die Spannung  $U_{ab}$  möglichst 0V anzeigt. Nun wird  $R_1$  auf  $400\Omega$  gestellt und in  $100\Omega$  Schritten bis  $1.3k\Omega$  gesteigert. Es wird die jeweilige Spannung  $U_{ab}$  erfasst.

## 3.3 Messdaten

$$a_1 = 1 \quad \text{und} \quad a_2 = 0.1$$

METRAHit TECH			
(U) Voltage			
	$[a_1]$ Messung 1	$[a_2]$ Messung 2	
400 $\Omega$	0.820V	0.349V	
500 $\Omega$	0.500V	0.192V	
600 $\Omega$	0.231V	0.082V	
700 $\Omega$	0.000V	0.001V	
800 $\Omega$	-0.200V	-0.062V	
900 $\Omega$	-0.375V	-0.112V	
1k $\Omega$	-0.530V	-0.153V	
1.1k $\Omega$	-0.667V	-0.186V	
1.2k $\Omega$	-0.790V	-0.215V	
1.3k $\Omega$	-0.901V	-0.244V	

Table 3.1: Spannungsmessung der Wheatstonebrücke.

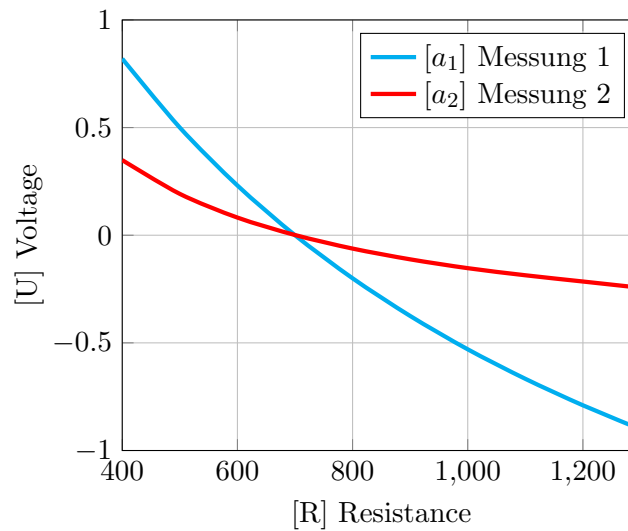


Figure 3.2: Plot der Spannungsmessung der Wheatstonebrücke.

### 3.4 Berechnungen

$$U_{ab} = U_0 \cdot \frac{a}{(1+a)^2} \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} \quad (3.3)$$

$$a_1 = \frac{1\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} \Rightarrow R_1 = 700\Omega \quad (3.4)$$

$$a_2 = \frac{100\Omega}{1\text{k}\Omega} \Rightarrow R_1 = 70\Omega \quad (3.5)$$

	300 $\Omega$	600 $\Omega$
$U_{ab}$	0.643V	1.286V

(a) Spannungsberechnung für  $a_1$ .

	330 $\Omega$	1230 $\Omega$
$U_{ab}$	2.34V	8.71V

(b) Spannungsberechnung für  $a_2$ .

Table 3.2: Spannungsberechnung der Wheatstonebrücke.

### 3.5 Auswertung

Betrachtet man die Graphen, ist zu erkennen, dass der Graph für das Brückenverhältnis  $a = 1$  deutlich steiler verläuft, als der Graph zum Brückenverhältnis  $a = 0.1$ . Daraus ist zu schließen, dass ein Brückenverhältnis von  $a = 1$ , empfindlicher gegenüber einer Veränderung von  $R_1$  ist als ein Brückenverhältnis von  $a = 0.1$ . Also ist hier eine größere Spannungsänderung an  $U_{ab}$  zu messen, pro Ohm Widerstandsänderung von  $R_1$ . Die Berechnung mittels der Näherungs-Formel mag für kleine Verstimmungen

$$\frac{\Delta R}{R_1}$$

ausreichend genau sein, doch weist zu große Fehler bei derart großen Verstimmungen auf. Dies liegt daran, dass die Formel eine Linearität annimmt und lediglich die Werte entlang einer Tangente, angelegt an den Abgleichpunkt berechnet. Wählt man also große Verstimmungen für die Berechnung, wird man auch einen großen Linearitätsfehler erhalten.



## Versuch 4

# 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.