

# PROTOKOLL

zur Laborübung

## *R-Netzwerke*

**HTL**  
St. Pölten

**EL**

Gruppe / Klasse  <b>5 / 3BHEL</b>	Protokollführer  <b>HOFSTÄTTER A.</b>	Unterschrift
Übungs-/ Abgabedatum  24. Okt. 2013 31. Okt. 2013	Mitarbeiter	Unterschrift
Lehrer  <b>BOCHDANSKY</b>	Mitarbeiter	Unterschrift
Note	Mitarbeiter	Unterschrift

## *R-Netzwerke* *diverse Widerstände*

### VERWENDETE GERÄTE

Nr.	Gerät	Hersteller	Type	Platz Nr.
1.	Netzgerät	-	-	-
2.	Multimeter	-	-	-
3.	Multimeter	-	-	-

## 1 Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>GEGEBENE GRUNDSCHALTUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>LEERLAUFSPANNUNG, KURZSCHLUSSTROM UND INNENWIDERSTAND .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>MESSAUFBAU.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>MESSERGEBNISSE .....</b>	<b>4</b>
3.2.1	LEERLAUFSPANNUNG ( $U_0$ ) .....	4
3.2.2	KURZSCHLUSSTROM ( $I_k$ ).....	4
3.2.3	INNENWIDERSTAND ( $R_i$ ).....	4
<b>4</b>	<b>DIREKTE UND INDIREKTE STROM- UND SPANNUNGSMESSUNGEN.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1</b>	<b>MESSERGEBNISSE .....</b>	<b>4</b>
4.1.1	WIDERSTANDSWERTE .....	4
4.1.2	SPANNUNG UND STROM ÜBER DIREKTE SPANNUNGSMESSUNG .....	5
4.1.2.1	Gemessene Spannung .....	5
4.1.2.2	Berechneter Strom .....	5
4.1.3	STROM UND SPANNUNG ÜBER DIREKTE STROMMESSUNG .....	5
4.1.3.1	Gemessener Strom .....	5
4.1.3.2	Berechnete Spannung .....	5
<b>5</b>	<b>BESTIMMUNG DES INNENWIDERSTAND .....</b>	<b>6</b>
<b>5.1</b>	<b><math>R_i</math> MIT OHMMETER MESSEN .....</b>	<b>6</b>
<b>5.2</b>	<b><math>R_i</math> ÜBER LEERLAUFSPANNUNG UND KURZSCHLUSSTROM ERRECHNEN.....</b>	<b>6</b>
<b>5.3</b>	<b><math>R_i</math> ÜBER DIFFERENZSPANNUNG UND DIFFERENZSTROM ERRECHNEN.....</b>	<b>6</b>
<b>5.4</b>	<b><math>R_i</math> MIT ANPASSUNGSMETHODE EINSTELLEN .....</b>	<b>6</b>
<b>5.5</b>	<b><math>R_i</math> BERECHNEN (ÜBER STERN-DREIECKS-TRANSFORMATION).....</b>	<b>7</b>

## 2 Aufgabenstellung

Aufgabe der Laborübung war es, in einem Widerstandnetzwerk diverse Messungen durchzuführen.

1. Messung von Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom und Innenwiderstand
2. Direkte und indirekte Messung aller Ströme und Spannungen
3. Bestimmung des Innenwiderstand  $R_i$ 
  - $R_i$  mit Ohmmeter messen
  - $R_i$  über Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom errechnen
  - $R_i$  über Differenzspannung und Differenzstrom errechnen
  - $R_i$  mit Anpassungsmethode einstellen
  - $R_i$  berechnen (über Stern-Dreiecks-Transformation)

### 2.1 Gegebene Grundsaltung

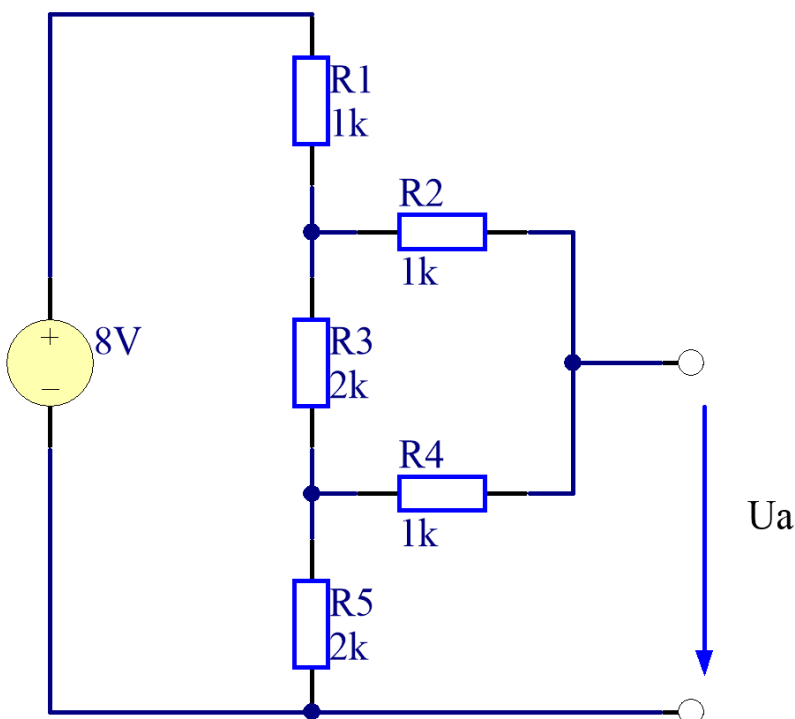


Abbildung 1 - Grundsaltung

#### Verwendete Widerstände (E12):

- $R_1$ : 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$
- $R_2$ : 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$
- $R_3$ : 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$  // 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$  = 2 k $\Omega$
- $R_4$ : 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$
- $R_5$ : 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$  // 1 k $\Omega$   $\pm 5\%$  = 2 k $\Omega$

## 3 Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom und Innenwiderstand

### 3.1 Messaufbau

Die folgenden 3 Messungen wurden alle nach dem gleichen Prinzip durchgeführt. Der Ausgang obiger Schaltung wurde mit dem entsprechenden Messgerät ( $R_m$ ) belastet.

Relevante Messgeräte für oben genannte Kenngrößen sind: **Voltmeter**, **Amperemeter** und **Ohmmeter**.

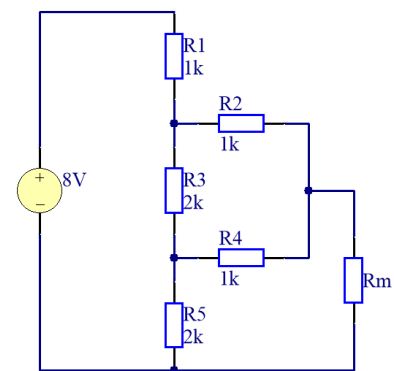


Abbildung 2 - Grundsaltung mit Lastwiderstand

## 3.2 Messergebnisse

### 3.2.1 Leerlaufspannung ( $U_0$ )

Durch Belastung des Ausgangs mit einem Voltmeter konnte folgender Wert für die Leerlaufspannung abgelesen werden.

$$U_0 = 5,17 \text{ V}$$

### 3.2.2 Kurzschlussstrom ( $I_K$ )

Wird der Ausgang mit einem Amperemeter belastet, kann folgender Wert für den Kurzschlussstrom abgelesen werden.

$$I_K = 4,39 \text{ mA}$$

### 3.2.3 Innenwiderstand ( $R_i$ )

Zur Messung des Innenwiderstand wird die Spannungsquelle durch einen Kurzschluss ersetzt. Anschließend kann der Innenwiderstand durch Messung am Ausgang mit einem Ohmmeter abgelesen werden.

$$R_i = 1,21 \text{ k}\Omega$$

## 4 Direkte und indirekte Strom- und Spannungsmessungen

Strom und Spannung wurden jeweils direkt und indirekt gemessen. Aus der direkt gemessenen Größe konnte jeweils die andere Größe indirekt über das Ohm'sche Gesetz ermittelt werden

Bei der direkten Strommessung wird vor den jeweiligen Widerstand ein **Amperemeter in Serie** geschaltet  
Bei der direkten Spannungsmessung wird **parallel** zum jeweiligen Widerstand ein **Voltmeter** geschaltet.

$$U_R = R * I_R$$

Als Widerstandswert für die Berechnung wurde

- a) der Normwert
- b) der tatsächlich nachgemessene Wert

verwendet. Da die Messung unter Verwendung von E12 Widerständen mit 5% Toleranz stattfand, kann der Unterschied zwischen Normwert und tatsächlichen Wert höchstens  $\pm 5\%$  betragen.

*Bei einem  $1 \text{ k}\Omega$  Widerstand liegt der tatsächliche Wert folglich im Bereich von  $950 \Omega$  bis  $1050 \Omega$ .*

## 4.1 Messergebnisse

### 4.1.1 Widerstandswerte

	Normwert	Gemessener Wert
$R_1$	$1 \text{ k}\Omega$	$0,993 \text{ k}\Omega$
$R_2$	$1 \text{ k}\Omega$	$0,987 \text{ k}\Omega$
$R_3$	$2 \text{ k}\Omega$	$1,954 \text{ k}\Omega$
$R_4$	$1 \text{ k}\Omega$	$1,040 \text{ k}\Omega$
$R_5$	$2 \text{ k}\Omega$	$2,017 \text{ k}\Omega$

Tabelle 1 - Widerstandswerte

#### 4.1.2 Spannung und Strom über direkte Spannungsmessung

##### 4.1.2.1 Gemessene Spannung

	Normwert	Gemessener Wert	Spannung
$U_{R1}$	1 k $\Omega$	0,993 k $\Omega$	2,082 V
$U_{R2}$	1 k $\Omega$	0,987 k $\Omega$	1,082 V
$U_{R3}$	2 k $\Omega$	1,954 k $\Omega$	2,070 V
$U_{R4}$	1 k $\Omega$	1,040 k $\Omega$	1,031 V
$U_{R5}$	2 k $\Omega$	2,017 k $\Omega$	4,140 V

Tabelle 2 - direkte Spannungsmessung

##### 4.1.2.2 Berechneter Strom

Anhand der gemessenen Spannung kann nun mit der Formel  $I_R = \frac{U_R}{R}$  der Strom berechnet werden. Als Widerstandswerte wurden sowohl der Normwert, als auch der tatsächliche Wert verwendet.

	Normwert	Gemessener Wert	Strom bei R = Normwert	Strom bei R = tatsächlicher Wert
$I_{R1}$	1 k $\Omega$	0,993 k $\Omega$	2,082 mA	2,097 mA
$I_{R2}$	1 k $\Omega$	0,987 k $\Omega$	1,038 mA	1,096 mA
$I_{R3}$	2 k $\Omega$	1,954 k $\Omega$	1,035 mA	1,059 mA
$I_{R4}$	1 k $\Omega$	1,040 k $\Omega$	1,031 mA	0,991 mA
$I_{R5}$	2 k $\Omega$	2,017 k $\Omega$	2,070 mA	2,052 mA

Tabelle 3 - indirekte Strommessung

#### 4.1.3 Strom und Spannung über direkte Strommessung

##### 4.1.3.1 Gemessener Strom

	Normwert	Gemessener Wert	Strom
$I_{R1}$	1 k $\Omega$	0,993 k $\Omega$	2,091 mA
$I_{R2}$	1 k $\Omega$	0,987 k $\Omega$	1,056 mA
$I_{R3}$	2 k $\Omega$	1,954 k $\Omega$	1,061 mA
$I_{R4}$	1 k $\Omega$	1,040 k $\Omega$	1,009 mA
$I_{R5}$	2 k $\Omega$	2,017 k $\Omega$	2,053 mA

Tabelle 4 - direkte Strommessung

##### 4.1.3.2 Berechnete Spannung

Anhand des gemessenen Stroms kann nun mit der Formel  $U_R = R * I_R$  die Spannung berechnet werden. Als Widerstandswerte wurden auch hier Normwert und tatsächlicher Wert verwendet.

	Normwert	Gemessener Wert	Spannung bei R = Normwert	Spannung bei R = tatsächlicher Wert
$U_{R1}$	1 k $\Omega$	0,993 k $\Omega$	2,091 V	2,076 V
$U_{R2}$	1 k $\Omega$	0,987 k $\Omega$	1,056 V	1,042 V
$U_{R3}$	2 k $\Omega$	1,954 k $\Omega$	2,122 V	2,073 V
$U_{R4}$	1 k $\Omega$	1,040 k $\Omega$	1,009 V	1,049 V
$U_{R5}$	2 k $\Omega$	2,017 k $\Omega$	4,106 V	4,141 V

Tabelle 5 - indirekte Spannungsmessung

## 5 Bestimmung des Innenwiderstand

---

### 5.1 $R_i$ mit Ohmmeter messen

---

Zur Messung des Innenwiderstands mit dem Ohmmeter wird die Spannungsquelle durch einen Kurzschluss ersetzt. Anschließend kann das Ohmmeter am Ausgang angeschlossen werden und der entsprechende Wert für den Innenwiderstand abgelesen werden.

$$R_i = 1,21 \text{ k}\Omega$$

### 5.2 $R_i$ über Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom errechnen

---

Über das Ohm'sche Gesetz mit der Formel  $R_i = \frac{U_0}{I_k}$  kann der Innenwiderstand über Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom berechnet werden.

*Bereits gemessene Werte für  $U_0$  und  $I_k$  (siehe 3.2.1 und 3.2.2):  $U_0 = 5,17 \text{ V}$ ;  $I_k = 4,39 \text{ mA}$*

$$R_i = \frac{U_0}{I_k} = \frac{5,17 \text{ V}}{4,39 \text{ mA}} = 1,178 \text{ k}\Omega$$

### 5.3 $R_i$ über Differenzspannung und Differenzstrom errechnen

---

Die Schaltung wird mit zwei verschiedenen Widerständen belastet und jeweils Strom und Spannung gemessen. Aus diesen gemessenen Werten wird für Spannung und Strom die Differenz ( $\Delta U$  und  $\Delta I$ ) ermittelt.

Dadurch ergibt sich erneut über das Ohm'sche Gesetz folgende Formel.

$$R_i = \frac{U_{RL2} - U_{RL1}}{I_{RL1} - I_{RL2}} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

*Messwerte bei  $R_{L1} = 1,189 \text{ k}\Omega$*

$$\begin{aligned} U_{RL1} &= 2,609 \text{ V} \\ I_{RL1} &= 2,24 \text{ mA} \end{aligned}$$

*Messwerte bei  $R_{L2} = 1,579 \text{ k}\Omega$*

$$\begin{aligned} U_{RL2} &= 3 \text{ V} \\ I_{RL2} &= 1,9 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$R_i = \frac{U_{RL2} - U_{RL1}}{I_{RL1} - I_{RL2}} = \frac{3 \text{ V} - 2,609 \text{ V}}{2,24 \text{ mA} - 1,9 \text{ mA}} = \frac{0,391 \text{ V}}{340 \text{ }\mu\text{A}} = 1,15 \text{ k}\Omega$$

### 5.4 $R_i$ mit Anpassungsmethode einstellen

---

Wird am Ausgang ein regelbarer Widerstand angehängt, kann dieser solange eingestellt werden, bis die Spannung welche an diesem abfällt die halbe Leerlaufspannung ist. Der so eingestellte Widerstand ist vom Wert her ident mit dem des Innenwiderstands.

$$\frac{U_0}{2} = U_0' = R_i * I_k'$$

Der so eingestellte Widerstand kann über ein Ohmmeter, welches nach der Anpassung an den regelbaren Widerstand angeschlossen wird, abgelesen werden.

*Gemessener Wert des regelbaren Widerstands  $R_i = 1,189 \text{ k}\Omega$*

## 5.5 $R_i$ berechnen (über Stern-Dreiecks-Transformation)

Mit Hilfe der Stern-Dreiecks-Transformation kann der Innenwiderstand der gegebenen Schaltung auch berechnet werden.

Dazu wird das Dreieck der Widerstände  $R_{ab}$ ,  $R_{bc}$  und  $R_{ac}$  zu einem Stern mit den Widerständen  $R_a$ ,  $R_b$  und  $R_c$  transformiert.

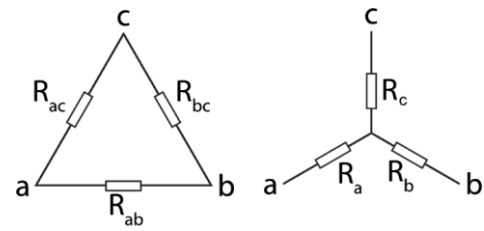


Abbildung 3 - Allg. Stern-Dreiecks-Transformation

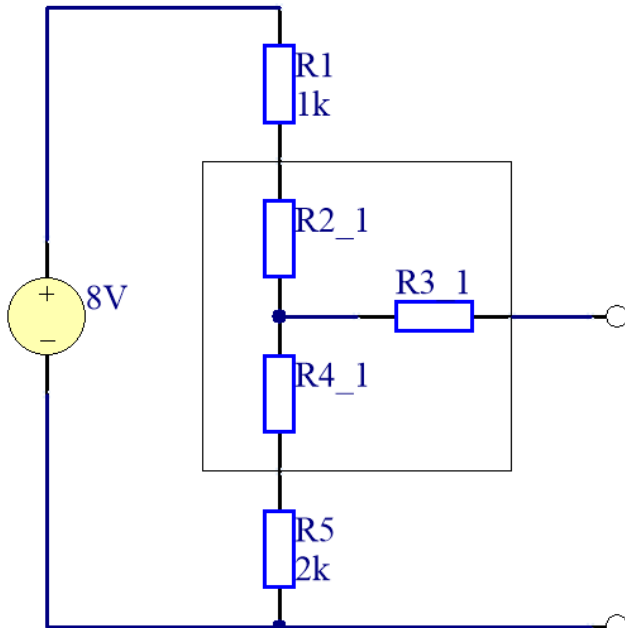


Abbildung 4 - Angewendete Stern-Dreiecks-Transformation

Nach Anwendung der Stern-Dreiecks-Transformation an gegebener Schaltung sieht diese nun wie folgt aus.

$$R_{2_1} = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$R_{3_1} = \frac{R_3 * R_4}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$R_{4_1} = \frac{R_2 * R_4}{R_2 + R_3 + R_4}$$

Bei dieser Methode ergibt sich für  $R_i$  exakt  $1\text{ k}\Omega$ .