

Versuch 302

## Elektrische Brückenschaltungen

Nico Schaffrath  
nico.schaffrath@tu-dortmund.de

Mira Arndt  
mira.arndt@tu-dortmund.de

Durchführung: 19.11.2019

Abgabe: 26.11.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Ziel</b>	<b>3</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>3</b>
2.1 Wheatstonesche Brücke . . . . .	4
2.2 Kapazitätsmessbrücke . . . . .	4
2.3 Induktivitätsmessbrücke . . . . .	4
2.4 Maxwell-Brücke . . . . .	4
2.5 Wien-Robinson-Brücke . . . . .	4
2.6 Fehlerrechnung . . . . .	4
<b>3 Durchführung</b>	<b>4</b>
<b>4 Auswertung</b>	<b>4</b>
4.1 Wheatstonesche Brücke . . . . .	4
4.2 Kapazitätsmessbrücke . . . . .	5
4.3 Induktivitätsmessbrücke . . . . .	6
4.4 Maxwell-Brücke . . . . .	7
4.5 Frequenzabhängigkeit der Brückenspannung einer Wien-Robinson-Brücke	8
<b>5 Diskussion</b>	<b>11</b>
<b>Literatur</b>	<b>11</b>

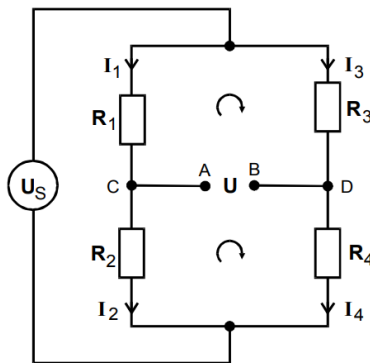
## 1 Ziel

Bei diesem Versuch sollen zunächst verschiedene elektronische Bauteile durch passende Brückenschaltungen vermessen werden. Außerdem soll die Frequenzabhängigkeit der Brückenspannung einer Wien-Robinson-Brücke und der Klirrfaktor des verwendeten Generators bestimmt werden.

## 2 Theorie

Brückenschaltungen werden in der Messtechnik eingesetzt um die Auflösung einer Messung zu erhöhen oder eine physikalische Größe, die sich als elektrischer Widerstand darstellen lässt, zu bestimmen.

Dafür muss eine Abgleichbedingung der Brückenschaltung erfüllt sein. Generell benötigt eine Brückenschaltung eine Speisespannung  $U_s$ , den zu ermittelnden elektrischen Widerstand und bekannte elektrische Bauteile um ein Widerstandsverhältnis zu bestimmen. Die Abgleichbedingung besteht darin, dass die Brückenspannung  $U_{BR}$  zwischen zwei Punkten verschwindet.



Ist die Abgleichbedingung erfüllt kann aus dem Widerstandsverhältnis der unbekannte Widerstand bestimmt werden.

Dieses Verhältnis ergibt sich aus den beiden Kirchhoffschen Gesetzen

$$\sum_k I_k = 0 \quad (1)$$

$$\sum_k U_k = 0, \quad (2)$$

die besagen, dass die Summe aller eingehenden Ströme eines Knotens gleich der Summe aller ausgehenden Ströme ist und die Summe aller Spannungen in einer Masche immer Null ist.

Sobald  $U_B r$

## 2.1 Wheatstonesche Brücke

## 2.2 Kapazitätsmessbrücke

## 2.3 Induktivitätsmessbrücke

## 2.4 Maxwell-Brücke

## 2.5 Wien-Robinson-Brücke

## 2.6 Fehlerrechnung

Bei der Auswertung werden die Mittelwerte der errechneten Größen durch die Formel

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3)$$

berechnet.

Der Standardfehler des Mittelwerts beerechnet sich durch

$$\Delta \bar{x} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4)$$

# 3 Durchführung

# 4 Auswertung

Bei der Berechnung der jeweiligen Größen wurde ggf. Wert nennen

## 4.1 Wheatstonesche Brücke

Mit den verwendeten Widerständen, die in Tabelle 1 aufgeführt wurden, lassen sich durch Gleichung (VERWEIS AUF GLEICHUNG) folgende Werte für den unbekannten Widerstandswert  $R_x$  berechnen: (Fehlerhafter AUSDRUCK)

$$R_{x,1} = 491,821 \, \Omega$$

$$R_{x,2} = 492,794 \, \Omega$$

$$R_{x,3} = 490,313 \, \Omega$$

Über die zuvor aufgeführten Gleichungen (VERWEIS AUF GLEICHUNGEN) lässt sich der Mittelwert

$$\bar{R}_x = 491,643 \, \Omega$$

,  
 samt zugehörigem Fehler der Standardabweichung

$$\Delta \bar{R} = 0,722 \, \Omega$$

ermitteln.

Das zusammengefasste Ergebnis für den, mithilfe der Wheatstonesche Brückenspannung berechneten, Widerstandswert lautet demnach

$$R_x = (491,643 \pm 0,722) \, \Omega$$

.

Messung	$R_2 / \Omega$	$R_3 / \Omega$	$R_4 / \Omega$
1	332	597	403
2	664	426	574
3	1000	329	671

**Tabelle 1:** Text

## 4.2 Kapazitätsmessbrücke

Unter Verwendung der oben ausgeführten Gleichung (BEZUG AUF GLEICHUNG) sowie der aufgenommenen Messwerte aus Tabelle ?? können die Werte

$$R_{15,1} = 538.899 \, \Omega$$

$$R_{15,2} = 474.937 \, \Omega$$

für den ohmschen Widerstand und

$$C_{15,1} = 491,625 \cdot 10^{-9} \, \Omega$$

$$C_{15,2} = 629,986 \cdot 10^{-9} \, \Omega$$

für die Kapazitäten in der RC-Kombination Nummer 15 ermittelt werden. Mithilfe der Gleichung (VERWEIS AUF GLEICHUNG) lassen sich

$$\bar{R}_{15} = (506.918 \pm 50.566) \, \Omega$$

und

$$\bar{C}_{15} = (560.806 \pm 67.181) \, \text{nF}$$

als Mittelwerte samt Standardabweichungen für den ohmschen Widerstand beziehungsweise der Kapazität der RC-Kombination Nummer 15 benennen.

Im Folgenden setzt sich die RC-Kombination aus dem Kondensator Nummer 3 und dem Widerstand Nummer 10 zusammen. Weiterhin können die in Tabelle (VERWEIS AUF TABELLE) aufgeführten Messwerte verwendet werden, um über Gleichung (VERWEIS AUF GLEICHUNG)

$$R_{10,1}^- = 239.429 \Omega$$

als ohmscher Widerstand zu Bauteil Nummer 10 und

$$C_{3,1}^- = 553,267 \cdot 10^{-9} \text{F}$$

als Kapazität des Bauteils Nummer 3 zu identifizieren. Da nur eine Messung durchgeführt wurde, können lediglich  $R_{10,1}^-$  und  $C_{3,1}^-$  angegeben werden, nicht aber Mittelwerte beziehungsweise Fehler der Standardabweichungen.

Messung	$R_2 / \Omega$	$R_3 / \Omega$	$R_4 / \Omega$	$C_2 / \text{F}$
1	664	448	552	$399 \cdot 10^{-9}$
2	664	417	583	$450 \cdot 10^{-9}$

**Tabelle 2:** Text2 WERT 15

Messung	$R_2 / \Omega$	$R_3 / \Omega$	$R_4 / \Omega$	$C_2 / \text{F}$
1	332	419	581	$399 \cdot 10^{-9}$

**Tabelle 3:** Text2 WERT 3 (C) und WERT 10 (R)

### 4.3 Induktivitätsmessbrücke

Für diesen Teil des Versuchs können die Werte aus Tabelle (VERWEIS AUF TABELLE) und die Gleichung (VERWEIS AUF GLEICHUNG) verwendet werden, sodass die Ergebnisse der Einzelmessungen

$$R_{18,1}^- = 3184.100 \Omega$$

$$R_{18,2}^- = 1130.555 \Omega$$

$$R_{18,3}^- = 2114.243 \Omega$$

für den ohmschen Widerstand  $R_{18}$  und

$$L_{18,1}^- = 46,448 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L_{18,2}^- = 49,717 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L_{18,3}^- = 46,488 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

für die Induktivität  $L_{18}$  der LR-Kombination liefern. Unter der Zuhilfenahme von Gleichung (VERWEIS AUF GLEICHUNG) lassen sich  $R_{18}$  und  $L_{18}$  durch die errechneten Werte

$$\bar{R}_{18} = (2142.966 \pm 592.981) \Omega$$

$$\bar{L}_{18} = (47.564 \pm 1.076) \text{ H}$$

angeben.

Messung	$R_2 / \Omega$	$R_3 / \Omega$	$R_4 / \Omega$	$L_2 / \text{H}$
1	1000	761	239	$14,6 \cdot 10^{-3}$
2	332	773	227	$14,6 \cdot 10^{-3}$
3	664	761	239	$14,6 \cdot 10^{-3}$

**Tabelle 4:** Text4

#### 4.4 Maxwell-Brücke

Um den ohmschen Widerstand  $R_{18}$ , sowie die Induktivität  $L_{18}$ , der LR-Kombination ein weiteres zu errechnen, sollen nun die Werte aus Tabelle (VERWEIS AUF TABELLE) und die beiden Gleichungen (VERWEIS AUF GLEICHUNGEN) verwendet werden. Somit ergeben sich für  $R_{18}$

$$R_{18,1} = 208.000 \Omega$$

$$R_{18,2} = 204.000 \Omega$$

$$R_{18,3} = 204.819 \Omega$$

Ein analoges Vorgehen ergibt

$$L_{18,1} = 51,792 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L_{18,2} = 50,796 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L_{18,3} = 51,000 \text{ mH}$$

als Werte für  $L_{18}$ . Daran geschlossen können die beiden gesuchten Größen unter Verwendung von Gleichung a b (VERWEIS AUF GLEICHUNG) über die Mittelwerte der Messungen, sowie den Fehler der Standardabweichung angegeben werden. Folglich ergibt sich

$$R_{18} = (205.606 \pm 1.220) \Omega$$

für den ohmschen Widerstand  $R_{18}$  und

$$L_{18} = (51.196 \pm 0.304) \text{ mH}$$

für die Induktivität  $L_{18}$  der LR-Kombination.

Messung	$R_2 / \Omega$	$R_3 / \Omega$	$R_4 / \Omega$	$C_4 / \text{F}$
1	332	208	332	$750 \cdot 10^{-9}$
2	664	102	332	$750 \cdot 10^{-9}$
3	1000	68	32	$750 \cdot 10^{-9}$

**Tabelle 5:** Text5

#### 4.5 Frequenzabhängigkeit der Brückenspannung einer Wien-Robinson-Brücke

Um den Theoriewert für  $\nu_0$  zu erhalten, muss zunächst  $\omega_0$  mit

$$\omega_0 = \frac{1}{R \cdot C}$$

berechnet werden. Durch Einsetzen der Größen, die in der Tabelle (VERWEIS AUF TABELLE) aufgeführt sind, ergibt sich

$$\omega_0 = \frac{1}{1000 \Omega \cdot 420 \text{ nF}} = 2380.952 \text{ Hz} \quad (5)$$

als Kreisfrequenz. Nach Umrechnung der Kreisfrequenz  $\omega_0$  in die Frequenz  $\nu_0$  mithilfe von

$$\nu_0 = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi} \quad (6)$$

ergibt sich der Theoriewert

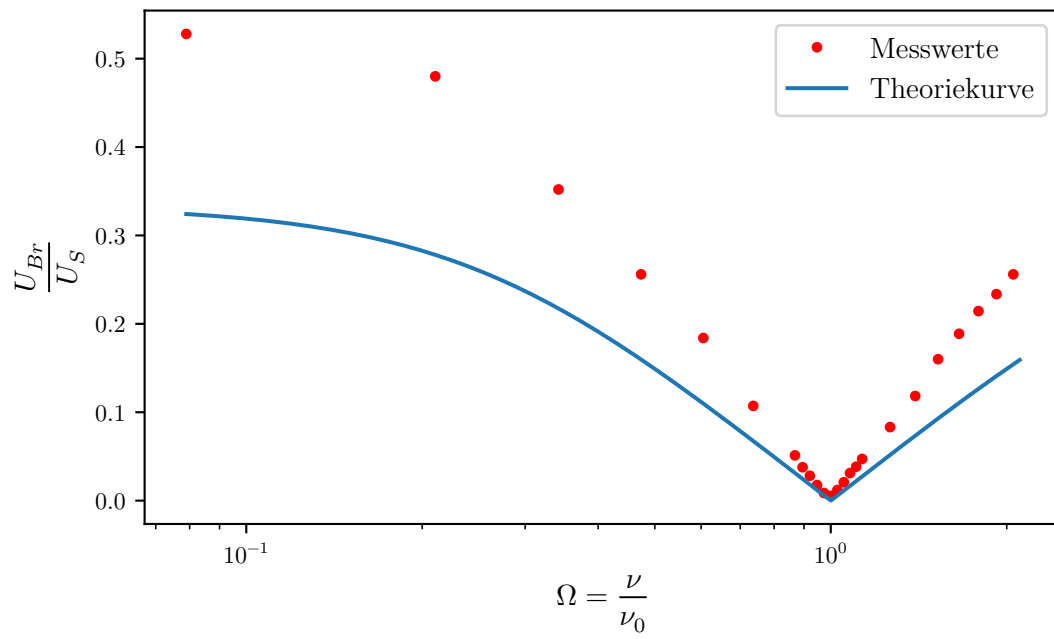
$$\nu_0 = \frac{2380.952 \text{ Hz}}{2 \cdot \pi} = 378.94 \text{ Hz} \quad (7)$$

für die Kreisfrequenz, bei der die minimale Brückenspannung  $U_{Br}$  gemessen werden kann.



$2R' / \Omega$	$R' / \Omega$	$R / \Omega$	$C_4 / \text{F}$
664	332	1000	$420 \cdot 10^{-9}$

**Tabelle 6:** Text5



**Abbildung 1:** TITEL

$U_S / \text{mV}$	$U_{Br} / \text{mV}$	$\Omega$	$\nu / \text{H}$
2500	1320	0.0789	30
2500	1200	0.2105	80
2500	880	0.3221	130
2500	640	0.4737	180
2500	460	0.6053	230
2500	268	0.7368	280
2500	128	0.8684	330
2500	94.4	0.8947	340
2500	70.4	0.9211	350
2500	44.0	0.9474	360
2500	21.6	0.9737	370
2500	13.6	1	380
2500	30	1.0263	390
2500	52	1.0526	400
2500	78	1.0789	410
2500	96	1.1053	420
2500	118	1.1316	430
2500	208	1.2631	480
2500	296	1.3947	530
2500	400	1.5263	580
2500	472	1.6579	630
2500	536	1.7894	680
2500	584	1.9210	730
2500	640	2.0526	780

**Tabelle 7:** Text5

## 5 Diskussion

### Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuchsanleitung Brückenschaltungen*.
- [2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [3] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [4] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.