

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</b> | <b>Ziel</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>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</b> | <b>Durchführung</b>   | <b>4</b>  |
| <b>4</b> | <b>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</b> | <b>Diskussion</b>   | <b>10</b> |
|          | <b>Literatur</b>  | <b>10</b> |

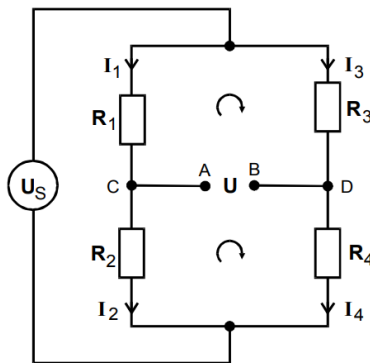
## 1 Ziel

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 wird ggf Wert nennen

## 4.1 Wheatstonesche Brücke

Mit denen 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 aufgeführte 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 | $R_2 / \Omega$ | $R_3 / \Omega$ | $R_4 / \Omega$ | $C_4 / \text{H}$    |
|---------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| 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-Robinsson-Brücke

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

$$\nu_0 = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi} \quad (5)$$

Nach der Umrechnung der Frequenz  $\nu_0$  in die Kreisfrequenz  $\omega_0$

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

Mittels Gleichung (VERWEIS AUF GLEICHUNG) lässt sich der theoretische Wert für  $\nu_0$  ermitteln, welcher bei dem vorliegenden Versuch den Wert

$$\nu_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L_{18} \cdot C_4} \quad (7)$$



| $U_S / \text{mV}$ | $U_{Br} / \text{mV}$ | $\Omega$ | $\nu / \text{H}$ |
|-------------------|----------------------|----------|------------------|
| 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 6:** Text5

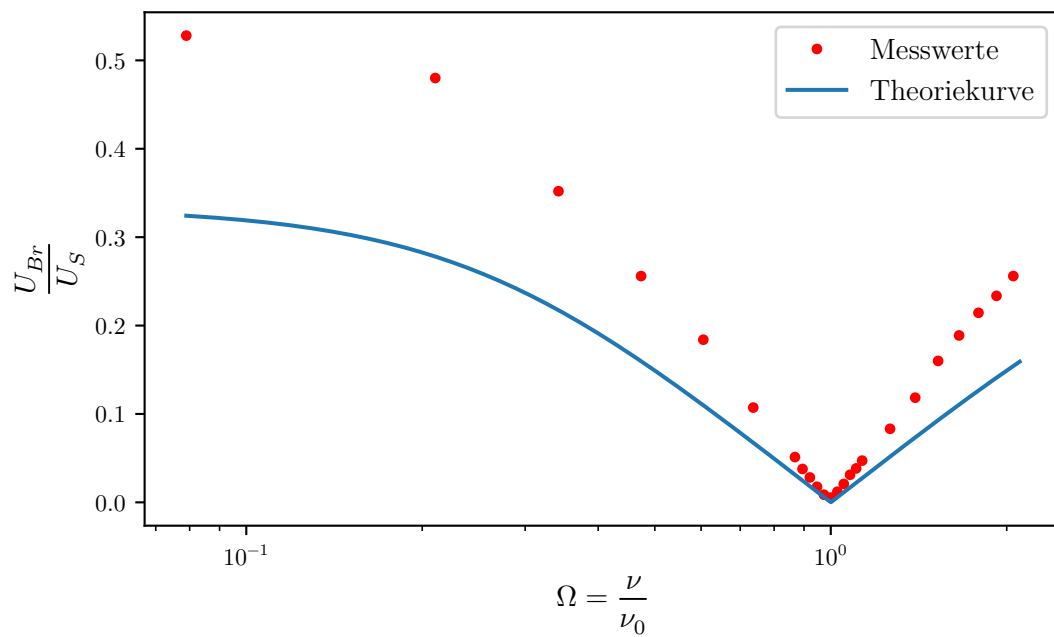


Abbildung 1: TITEL

## 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/>.