



## Versuchsanleitung

# Brückenschaltungen

Nummer: 23  
Kompiliert am: 30. Januar 2019  
Letzte Änderung: 30.01.2019  
Beschreibung: Stromlose Messung ohmscher Widerstände und kapazitiver Blindwiderstände.  
Webseite: <https://www.uni-ulm.de/nawi/institut-fuer-festkoerperphysik/lehre/grundpraktikum-physik-physwiphys-laphys/>

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>2</b>
<b>2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung</b>	<b>2</b>
2.1 Theorie . . . . .	2
2.2 Beispiele aus Natur und Alltag . . . . .	3
<b>3 Versuchsdurchführung</b>	<b>3</b>
3.1 Poggendorf'sche Kompensationsmethode . . . . .	3
3.2 Wheatstone'sche Brückenschaltung . . . . .	3
3.2.1 Messung unbekannter Widerstände und Kapazitäten mit der Brücke . .	4
3.2.2 Abhängigkeit der Messspannung $U_A$ vom Widerstand bei nicht abgeglichener Brücke . . . . .	4
3.3 Häufige Fehler . . . . .	4
<b>4 Versuchszubehör</b>	<b>4</b>
<b>5 Hinweise zur Ausarbeitung</b>	<b>5</b>
5.1 Versuchsspezifisch . . . . .	5
5.2 Allgemein . . . . .	5
<b>Literatur</b>	<b>6</b>

# 1 Einführung

Die Wheatstone'sche Messbrücke ist eine Methode zur präzisen Bestimmung von

- elektrischen Widerständen ohm'scher Art (Gleichstromwiderstände)
- ebenso wie Impedanzen (Wechselstromwiderständen).

Sie ist aus vier Widerständen/Impedanzen aufgebaut, die zu einem geschlossenen Ring bzw. zu einem Quadrat zusammenschaltet sind mit einer Spannungsquelle in der einen Diagonalen und einem Spannungsmessgerät in der anderen (siehe Abb. 1).

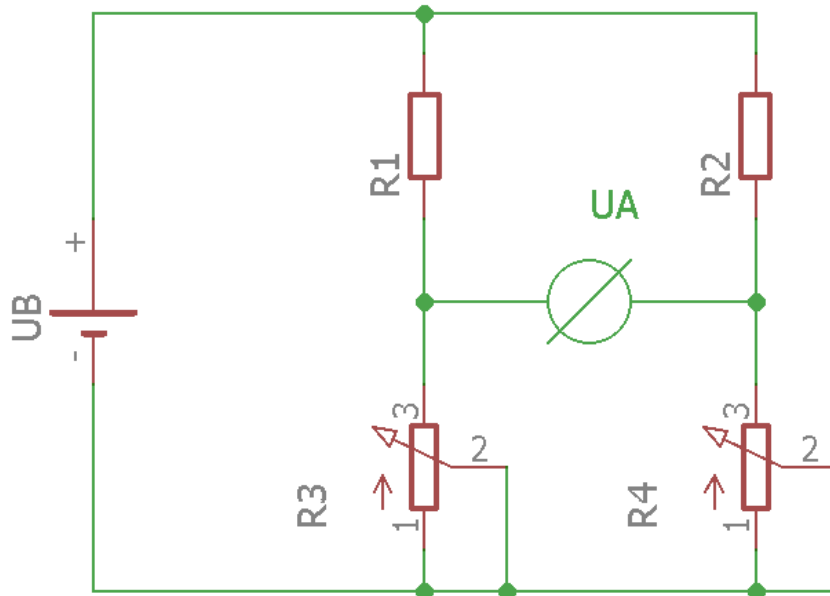


Abbildung 1: Skizze der Wheatstone'schen Brückenschaltung.

Die Poggendorf'sche Kompensationsschaltung ist eine Methode zur stromlosen Messung einer unbekanntem Spannung. Mit einem variablen Widerstand (Potentiometer) wird eine Hilfsspannung so eingestellt, dass kein elektrischer Strom mehr zwischen den Quellen der Hilfs- und der zu messenden Spannung fließt. Die Spannung am variablen Widerstand ist dann gleich der unbekanntem Spannung. Da auf diese Weise die 'Spannungsquellen' nicht durch die Messung belastet werden, kann die Ursprungsspannung der Quelle mit hoher Genauigkeit gemessen werden.

## 2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung

### 2.1 Theorie

- Die Maxwell-Gleichungen in differentieller und integraler Form und ihre physikalische Bedeutung [Dem13, Mes06, TM07]
- Die Kirchhoff'schen Regeln (Herleitung aus den Maxwell-Gleichungen) als Grundlage der behandelten Schaltungen [Dem13, TM07]

- Gleichspannungsquellen und Methoden zur Messung der elektromotorischen Kraft (EMK) [Dem13, TM07]
- Strom- und Spannungsmessungen (strom- und spannungsrichtig) [Dem13, Mes06, TM07]
- Unterschiede zwischen Gleichspannungs- und Wechselspannungsbrückenschaltungen
- Blindwiderstände/Impedanzen von Spulen und Kondensatoren [Dem13, Mes06, TM07]
- Poggendorf'sche Kompensationsmethode [Mes06]
- Wheatstone-Brücke (abgeglicher Fall und Ausschlagsverfahren: → Anwendung) [Dem13, Mes06, TM07]
- Weitere Literatur: [BS06, Wal06]

## 2.2 Beispiele aus Natur und Alltag

- Messverstärker
- Präzisionsmessungen in der Elektrotechnik

# 3 Versuchsdurchführung

## 3.1 Poggendorf'sche Kompensationsmethode

Die Poggendorf'sche Kompensationsmethode erlaubt den Vergleich zweier EMK.

- Das Schaltbrett und seine Komponenten: Machen Sie sich mit dem Schaltbrett vertraut. Messen Sie mit dem Digitalmultimeter (a) den Widerstand der Feinsicherung auf dem Schaltbrett und die Potentiometer zur Charakterisierung des variablen Widerstandes, (b) die Spannung der Batterie auf dem Schaltbrett und (c) leiten Sie daraus her, welche Spannungen  $U_A$  Sie am Labornetzgerät einstellen sollten (Ermitteln Sie die kleinstmögliche Spannung  $U_A$ , für die ein Ausgleich noch durchführbar ist. Stellen Sie nun einen mindestens 10% höheren Wert ein.  $I_A = 0,5 \text{ A}$ ).
- Zeichnen Sie die Schaltung auf, die einen stromlosen Spannungsabgleich ermöglicht. Leiten Sie die Auswerteformel für die stromlose Messung her. Legen Sie außerdem eine geeignete Tabelle in Ihrem Laborbuch an. Realisieren Sie diese Schaltung mit Hilfe des Schaltbretts.

**Bevor Sie die äußere Spannungsquelle anschließen, lassen Sie sich die Schaltung vom Betreuer abnehmen!**

Messen Sie 10 unterschiedliche Wertepaare  $R_S$  (Widerstand der Schaltdekade) und  $R_D$  (Widerstand, der sich an den Drehpotentiometern ergibt) zur Bestimmung der Batteriespannung  $U_B$ .

## 3.2 Wheatstone'sche Brückenschaltung

Leiten Sie aus den bekannten Regeln die Zusammenhänge der Brückeneinspeisespannung  $U_A$  und des Messsignals  $U_A$  zu den Widerständen her. Betrachten Sie dann den Spezialfall für einen

stromlosen Abgleich (verschwindendes Messsignal) und weiter für die Wechselstrombrücke eine Ersetzung der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  durch Impedanzen  $Z_1$  und  $Z_2$ . Welche Bedingungen müssen dann im abgeglichenen Zustand gelten?

### 3.2.1 Messung unbekannter Widerstände und Kapazitäten mit der Brücke

Speisen Sie die Brücke mit einer konstanten Spannung. Setzen Sie den unbekanntem Widerstand  $R_2$  ein. Führen Sie für einen festen Widerstand  $R_1$  (sinnvoll wählen!) den Nullabgleich für 10 Paare  $R_S$  und  $R_D$  durch und wiederholen Sie die Messreihe für einen weiteren Widerstand  $R_2$ . Der Widerstand  $R_1$  sollte hierbei ebenfalls gemessen werden.

Verfahren Sie analog für eine Kapazität  $C_2$  und eine Reihenschaltung  $R_2-C_2$  (jeweils sinusförmige Spannungsquelle). Wählen Sie dabei eine Kapazität  $C_1$  auf dem Schaltbrett aus und nehmen Sie für diese einen Fehler von 1% an. Legen Sie wieder eine geeignete Tabelle an.

### 3.2.2 Abhängigkeit der Messspannung $U_A$ vom Widerstand bei nicht abgeglichener Brücke

Verändern Sie jetzt ausgehend von einer abgeglichenen Wechselspannungsbrücke  $R_D$  durch Drehen am Potentiometer. Messen Sie für **zehn** positive und **fünf** negative Widerstandsänderungen  $R_D$  die beiden Spannungen, wobei die Näherung  $R_D \ll (R_S + R_D)$  stets erfüllt sein sollte.

## 3.3 Häufige Fehler

- **Laptop vergessen! (Mit einem Taschenrechner ist die Auswertung zwar auch möglich, allerdings mühsam und langwierig!)**
- Durchbrennen der Sicherung oder ggf. anderer Bauteile des Schaltbretts: Man beginnt die Messung immer im größten Meßbereich und schaltet dann schrittweise in die kleineren
- Ungenaueres Messen mit den Digitalmultimetern (z.B. wenn der Meßbereich nicht in den kleinst-möglichen eingestellt wird.)
- Dokumentieren des Meßbereiches für die Fehlerbetrachtung

## 4 Versuchszubehör

- 1 Spezielschaltbrett mit bekannten Widerständen, Kondensatoren und Vergleichsspannungsquellen
- Unbekannte Widerstände und Kondensatoren als Messobjekte
- 1 Labornetzgerät
- 1 Transistorvoltmeter als Nullstromdetektor (TVM)
- 1 Funktionsgenerator
- 1 Digitales Multimeter (DMM)

- Taschenrechner und Computer mit Excel o.ä. (von Teilnehmern selbst mitzubringen!)

## 5 Hinweise zur Ausarbeitung

### 5.1 Versuchsspezifisch

- Zu 3.1: Werten Sie die Messungen aus und bestimmen Sie den Mittelwert für die Batteriespannung sowie ein geeignete Fehlerintervall. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit dem Ergebnis der direkten Messung der Batteriespannung.
- Zu 3.2.1: Werten Sie  $R_2$ ,  $C_2$  und die Reihenschaltung aus und geben Sie die Mittelwerte zusammen mit einer sinnvollen Fehlerangabe an. Vergleichen Sie diese Werte mit den Werten, die Sie erhalten, wenn Sie direkt mit dem Digitalmultimeter messen.
- Zu 3.2.2: Werten Sie diese Messung graphisch aus und diskutieren Sie die Kurve des Spannungsverhältnisses als Funktion der Widerstandsänderung  $R_D$ .

### 5.2 Allgemein

- Kopie des Laborbuchs anhängen
- Fehlerbalken in den Schaubildern
- Fehler des Mittelwerts richtig berechnen und Ergebnisse richtig runden (siehe Anleitung Limmer und/oder Folien zu unserem Statistik-Workshop)
- Gute Skizzen und Abbildungen verwendet (z.B. deutsche Beschriftung, Skizzen entsprechen den Erläuterungen, ...); Skizzen dürfen gerne selbst angefertigt werden
- Vergleich mit Literaturwerten
- Diskussion und/oder Wertung der Ergebnisse

## Literatur

- [BS06] BERGMANN, Ludwig ; SCHAEFER, Clemens: *Lehrbuch der Experimentalphysik*. Bd. 2: *Elektromagnetismus*. 9. Auflage. Berlin, New York : Walter de Gruyter Verlag, 2006
- [Dem13] DEMTRÖDER, Wolfgang: *Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik*. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013
- [Mes06] MESCHEDE, Dieter: *Gerthsen Physik*. 23. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006
- [TM07] TIPLER, Paul A. ; MOSCA, Gene: *Physik: Für Wissenschaftler und Ingenieure*. 2. deutsche Auflage. München : Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2007
- [Wal06] WALCHER, Wilhelm: *Praktikum der Physik*. 9. Auflage. Wiesbaden : Teubner Verlag, 2006