

Versuch 2: Brückenschaltung

Team 2-13: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

31. August 2022

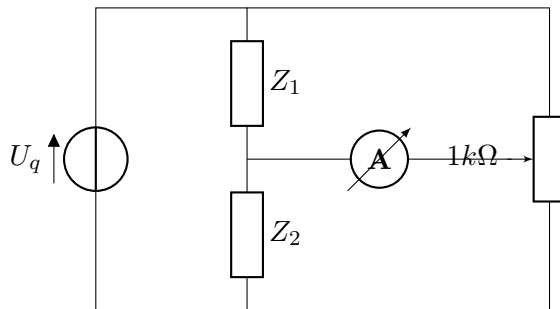
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Experimenteller Aufbau	2
3	Theorie	2
4	Ergebnisse und Diskussion	3
5	Fazit	6
6	Anhang	6
6.1	Gaußsche Fehlerfortpflanzung	6
6.2	Messwerte Aufgabe 9 und 10	7

1 Einleitung

Durch die wheatonsche Brückenschaltung können Widerstände und Impedanzen sehr genau bestimmt werden. In diesem Versuch werden mit dieser Methode verschiedene, Widerstände, Spulen und Kondensatoren untersucht.

2 Experimenteller Aufbau



3 Theorie

In diesem Versuch werden mithilfe der in 2 gezeigten Brückenschaltung verschiedene Widerstände, Spulen und Kondensatoren untersucht. Wenn kein Strom durch das Ampèremeter fließt, bzw. die lissajous Kurve auf dem Oszilloskop die Form einer horizontalen Linie annimmt, gilt die Schaltung als abgeglichen und es gilt das Verhältnis

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{R_p}{1\text{k}\Omega - R_p} \quad (1)$$

$$\Rightarrow Z_1 = \frac{R_p}{1\text{k}\Omega - R_p} \cdot Z_2, \quad (2)$$

wobei R_p der Ablesewert des Potentiometers ist, und Z_2 der bekannte (komplexe) Vergleichswiderstand.

Wenn eine Spule gemessen wird, gilt speziell

$$R_1 = \frac{R_P}{1\text{k}\Omega - R_P} \cdot (R_S + R_V) \quad (3)$$

$$L_1 = \frac{R_P}{1\text{k}\Omega - R_P} \cdot (L_S) \quad (4)$$

$$\text{mit } Z_2 = R_2 + j\omega L_2 = R_V + R_S + j\omega L_S, \quad (5)$$

wobei R_S der bekannte Widerstand, L_S die bekannte Induktivität der Spule und R_V der Wert des zweiten (kleinen) Potentiometers ist, welcher in Reihe mit der bekannten Spule geschaltet wurde.

Wenn ein Kondensator gemessen wird, gilt analog mit $R_1 = 0$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\frac{1}{i\omega C_1}}{R_2 + \frac{1}{i\omega C_2}} \stackrel{Im=0}{=} \frac{1}{\omega^2 \cdot C_1 C_2} \cdot \frac{1}{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C_2^2}} = \frac{R_p}{1k\Omega - R_p} \quad (6)$$

$$\stackrel{\text{Umstellen nach } C_1}{\Rightarrow} C_1 = \frac{1k\Omega - R_P}{R_P} \cdot \frac{1}{\omega^2 R_2^2 C_2^2 + 1} \cdot C_2, \quad (7)$$

wobei C_2 die Kapazität des bekannten Kondensator ist.

4 Ergebnisse und Diskussion

Aufgabe 7 Durch das Potentiometer kann für jeden der 3 Vorwiderstände der Widerstand des maximal eingestellten Potentiometer bestimmt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Zu erkennen ist, dass der bei 10Ω errechnete Widerstand sehr stark abweicht, während bei 30Ω und 100Ω sehr genau zum angegebenen Wert von 100Ω passen. Dies könnte daran liegen, dass die Brückenschaltung bei sehr verschiedenen R_1 und R_2 nicht sehr genau ist.

Vergleichswiderstand	Potieinstellung	errechneter Widerstand
10.00(10)	998.00(21)	4990(510)
30.00(30)	771.00(21)	101.0(11)
100.0(10)	506.00(21)	102.4(11)

Tabelle 1: Widerstand Poti in Ω

Aufgabe 8 Hier wurden die reellen Widerstände der verschiedenen Spulen gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt. Auf den Spulen waren leider keine Werte angegeben. Die Werte der großen Spule sind aber in sich relativ konsistent, da die zwei Messungen mit dem Mittelabgriff M ungefähr halb so groß wie der Widerstand der gesamten Spule sind.

Name	Potieinstellung	errechneter Widerstand
Spule 1	382.00(21)	6.181(63)
Spule 2	555.00(21)	12.47(13)
Spule EM	35.00(21)	0.3627(43)
Spule AM	31.00(21)	0.3199(39)
Spule AE	58.00(21)	0.6157(66)

Tabelle 2: Widerstand Spule in Ω und Vergleichswiderstand 10,00(10) Ω

Aufgabe 9 und 10 Die Messwerte dieser Aufgaben können im Anhang 5 gefunden werden. In Graph 1 wurde die Beziehung zwischen Stromstärke

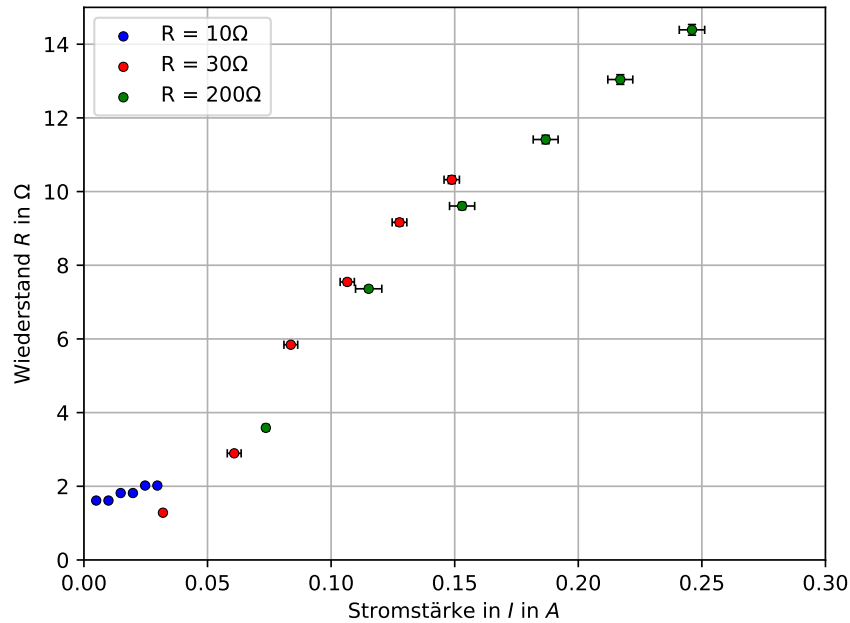


Abbildung 1: Beziehung zwischen Stromstärke und Widerstand

und Widerstand aufgetragen. In Graph 2 jene zwischen Leistung und Widerstand. Wie zu erwarten, ist der Widerstand nicht ohmsch, sondern steigt bei größerer Stromstärke / Leistung an. Deshalb stimmen die Werte auch trotz ihren Unsicherheitsbereiches nicht überein. Der Widerstand steigt, da die Glühlampe zu leuchten beginnt und Energie durch Licht abgibt.

Aufgabe 11 In der Tabelle 3 sind die Messwerte und Ergebnisse für die verschiedenen Spulen aufgeführt. Es wurden beide Spulen mit beiden unbekannte Spulen gemessen. Approximiert man die Spule als lange Spule gilt

$$L = \mu_0 \frac{A \cdot N^2}{l} \quad (8)$$

$$\Rightarrow L_{1/2} = \mu_0 \frac{A \cdot \left(\frac{N}{2}\right)^2}{l} = \frac{1}{4} \cdot L. \quad (9)$$

Es kann erkannt werden, dass die Wert des beiden Spulen zwar jeweils bei einer Vergleichsspule übereinstimmen, aber insgesamt sehr unterschiedlich sind. Wir wissen nicht, woran das liegt.

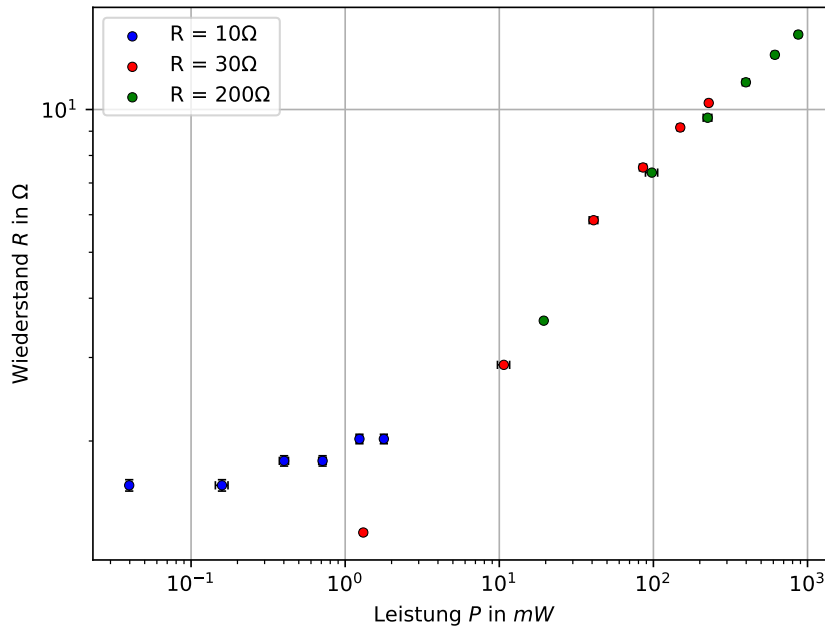


Abbildung 2: Beziehung zwischen Leistung und Widerstand

Messwert	Vergleichsspule	Spule EM	Spule AM
Spule 1 R in Ω	3.069(29)	0.881(11)	0.6949(83)
Spule 1 L in H	$1.88(70) \cdot 10^{-3}$	$4.06(16) \cdot 10^{-4}$	$3.05(12) \cdot 10^{-4}$
Spule 2 R in Ω	16.482(49)	7.119(24)	5.085(18)
Spule 2 L in H	$3.04(12) \cdot 10^{-3}$	$1.05(40) \cdot 10^{-3}$	$7.95(30) \cdot 10^{-4}$

Tabelle 3: Komplexe Widerstände der Spule

Aufgabe 13 Auch die Kapazitäten der unbekannten Kondensatoren konnten bei einer Frequenz von $\omega = 1000(10)\text{kHz}$ und einem Vergleichskondensator mit $C_2 = 1.00(5)\mu\text{F}$ ermittelt werden. Diese werden in 4 aufgelistet. Wie bei Aufgabe 11 können hier mangels Literaturwerten keine Aussagen zur Richtigkeit gemacht werden.

Kondensator	R_G in Ω	R_2 in Ω	C in F
Kondensator 1	677.00(21)	19.200(41)	$4.77(24) \cdot 10^{-7}$
Kondensator 2	807.00(21)	25.700(41)	$2.39(12) \cdot 10^{-7}$

Tabelle 4: Kapazität Kondensator

5 Fazit

Durch die Experimente wurde gezeigt, wie man sowohl reelle als auch komplexe Widerstände durch die Brückenschaltung bestimmen kann. Bis auf die Spule (bezugnehmend auf Aufgabe 11) sind eigentlich alle anderen Werte in sich konsistent, wären wir dort aber der Aufgabenstellung gefolgt, und hätten nur mit einer Spule gemessen, wäre diese Diskrepanz nicht aufgefallen - manchmal ist es gut, zur Sicherheit mehr Werte zu messen. Vor allem die Messung der nicht-ohmschen Glühlampe ist aus physikalischer Sicht interessant.

6 Anhang

6.1 Gaußsche Fehlerfortpflanzung

Die Fehlerfortpflanzung wurde mithilfe der Formel

$$u(g(x_1, \dots, x_n)) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \cdot u(x_i) \right)^2} \quad (10)$$

berechnet.

6.2 Messwerte Aufgabe 9 und 10

U in V	R_2 in Ω	P_{otl} in Ω	R_G in Ω	I in A	P in W
1.000(14)	100.0(10)	16.00(21)	1.626(27)	0.615(13)	0.615(19)
1.000(14)	10.00(10)	264.00(21)	3.587(37)	0.0736(13)	0.01943(55)
1.000(14)	30.00(30)	41.00(21)	1.283(15)	0.03197(53)	0.001311(38)
1.000(14)	200.0(20)	8.00(21)	1.613(45)	0.004960(82)	3.97e-050(15)
2.000(90)	10.00(10)	424.00(21)	7.361(74)	0.1152(54)	0.0977(89)
2.000(90)	30.00(30)	88.00(21)	2.895(30)	0.0608(29)	0.01070(97)
2.000(90)	200.0(20)	8.00(21)	1.613(45)	0.00992(46)	0.000159(15)
3.000(95)	10.00(10)	490.00(21)	9.608(97)	0.1530(51)	0.225(15)
3.000(95)	30.00(30)	163.00(21)	5.842(60)	0.0837(28)	0.0409(27)
3.000(95)	200.0(20)	9.00(21)	1.816(46)	0.01487(50)	0.000401(28)
4.00(10)	10.00(10)	533.00(21)	11.41(12)	0.1868(51)	0.398(21)
4.00(10)	30.00(30)	201.00(21)	7.547(77)	0.1065(29)	0.0857(44)
4.00(10)	200.0(20)	9.00(21)	1.816(46)	0.01982(54)	0.000714(40)
5.00(11)	10.00(10)	566.00(21)	13.04(14)	0.2170(51)	0.614(27)
5.00(11)	30.00(30)	234.00(21)	9.164(93)	0.1277(30)	0.1494(65)
5.00(11)	200.0(20)	10.00(21)	2.020(47)	0.02475(58)	0.001238(59)
6.00(11)	10.00(10)	590.00(21)	14.39(15)	0.2460(52)	0.871(34)
6.00(11)	30.00(30)	256.00(21)	10.32(11)	0.1488(32)	0.2286(87)
6.00(11)	200.0(20)	10.00(21)	2.020(47)	0.02970(63)	0.001782(77)

Tabelle 5: Eigenschaften Gluehlampe

Literatur