Vorbereitung: elektrische Messverfahren

Marcel Köpke

29.10.2011

Inhaltsverzeichnis

1 Ohmscher Widerstand

1.1 Innenwiderstand des μA Multizets

Um den Innenwiderstand des μA Multizets zu messen wird ein 1kΩ Widerstand «R» und einen 10kΩ Regelwiderstand «R(reg)» mit dem μA Multizets in Reihe geschaltet. Zudem wird ein weiteres AVΩ Multizets parallel zum μA Multizets geschaltet. Die äußere Spannungsquelle «U» liefert 6V.

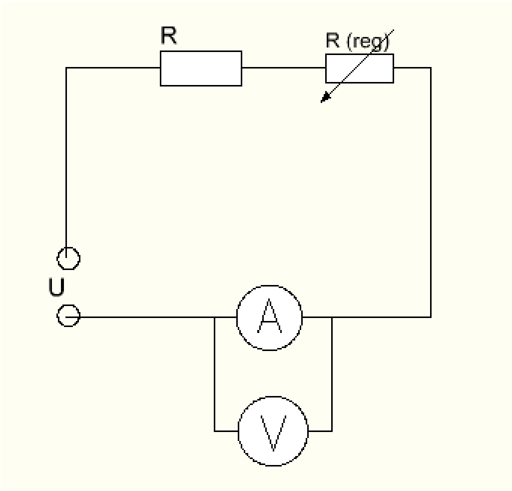

Abbildung 1.1: Innenwiderstand des μA Multizets

Nun soll mit Hilfe des Regelwiderstandes ein Strom von $I_i = 1$mA am μA Multizets eingestellt werden. Das Voltmeter zeigt dabei die am μA Multizets anliegende Spannung U an. Der Innenwiderstand R_i^I berechnet sich dann wie folgt:

$$R_i^I = \frac{U}{I_i}$$

1.2 Innenwiderstand des AVΩ Multizets

Hier soll der Innenwiderstand des AVΩ Multizets mit den zuvor in 1.1 gemessenen Werten berechnet werden. Dabei wird angenommen, dass die Parallelschaltung des AVΩ Multizets den Gesamtstrom nur vernachlässigbar ändert. Der Innenwiderstand R_i^U des AVΩ

Multizets berechnet sich dann zuerst aus:

$$R_i^U = \frac{U}{I - I_0} \text{ mit } I_0 \text{ dem Strom ohne } AV\Omega \text{ Multizet}$$

In einem zweiten Schritt wird dieser Wert nun verbessert. Dafür berechnet man zuerst den neuen Gesamtwiderstand

$$R_{ges} = R + R(reg) + \frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U}$$

und berechnet mit diesen nun einen neuen Wert für den Gesamtstrom

$$I_{i+1} = \frac{U}{R_{ges}}$$

sodass sich der Innenwiderstand jetzt wie folgt ergibt:

$$R_i^U = \frac{U}{I_{i+1} - I_i} = \frac{U}{R + R(reg) + \frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U} - I_i}$$

Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden.

1.3 Unbekannter Widerstand

Um einen Unbekannten Widerstand «R_x» zu messen wird dieser mit einem weiteren 10kΩ Widerstand «R» in eine Messschaltung (siehe Abbildung 1.2 und 1.3) eingefügt.

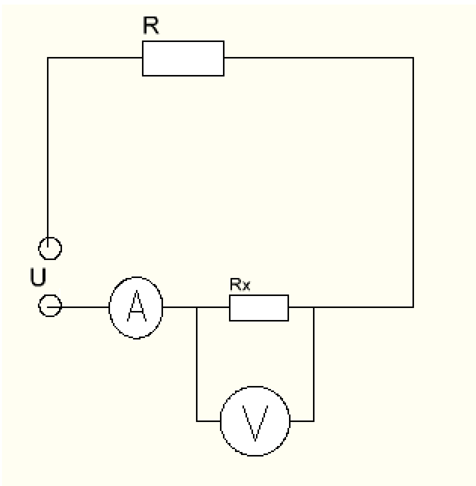

Abbildung 1.2: Spannungsrichtige Schaltung

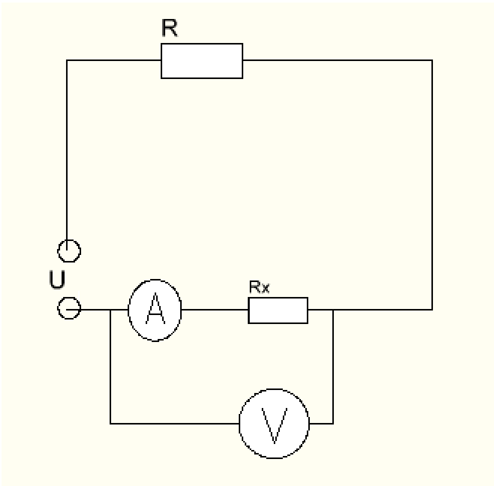

Abbildung 1.3: Stromrichtige Schaltung

Mann misst nun mit der spannungsrichtigen Schaltung und mit der stromrichtigen Schaltung. Dabei ergibt sich der Widerstand «R_x» wie folgt:
Spannungsrichtige Schaltung:

$$\begin{aligned}\frac{U}{I} &= \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_i^U}} \\ R_x &= \frac{1}{\frac{I}{U} - \frac{1}{R_i^U}}\end{aligned}$$

Stromrichtige Schaltung:

$$\begin{aligned}\frac{U}{I} &= R_x + R_i^I \\ R_x &= \frac{U}{I} - R_i^I\end{aligned}$$

Damit man den Innenwiderstand des Spannungsmessgeräts vernachlässigen kann sollte dieser also möglichst groß sein. Entsprechend sollte der Innenwiderstand des Strommessgeräts möglichst klein sein. Vernachlässigt man diese beiden Werte so berechnet sich der gesuchte Widerstand für beide Messschaltungen einfach wie folgt:

$$R_x = \frac{U}{I}$$

1.4 Wheatstone'sche Brückenschaltung

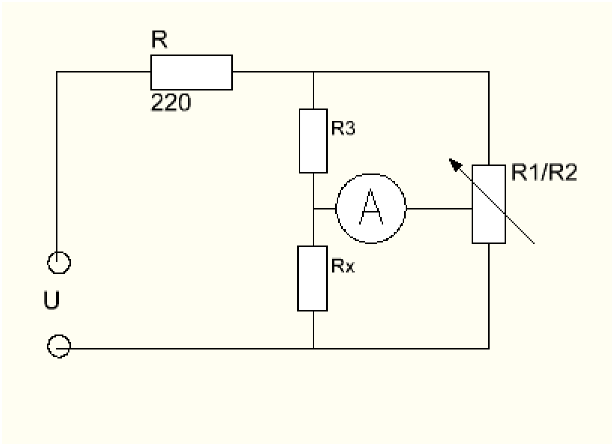

Abbildung 1.4: Wheatstone'sche Brückenschaltung

Bei diesem Versuch wird der gesuchte Widerstand «R_x» mit Hilfe einer Wheatstone'schen Brückenschaltung gemessen. Dabei wird zudem ein Strombegrenzungswiderstand $R = 220\text{k}\Omega$ zugeschaltet.

Um mit der Brückenschaltung zu messen müssen drei von vier Widerständen bekannt sein. Hier sind es R_1, R_2 und $R_3 = 1\text{k}\Omega$, wobeiR_1 und R_2 über ein lineares $1\text{k}\Omega$ Potentiometer realisiert sind. Zudem muss der Strom I durch das Strommessgerät exakt Null sein! Dabei verhalten sich nun die Widerstände wie folgt:

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \text{ mit } R_1 \text{ oben und } R_2 \text{ unten in der Schaltung}$$

$$\Rightarrow R_x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

Das Verhältnis $\frac{R_2}{R_1}$ lässt sich aus dem Längenverhältnis am Potentiometer bestimmen.

Der Vorteil dieser Messmethode liegt in der stromlosen Messung. Dadurch spielt der Innenwiderstand des Messgeräts keine Rolle. Außerdem kann das eben angesprochen Verhältnis aus $\frac{R_2}{R_1}$ gut bestimmt werden und R_3 ist laut Aufgabentext ebenfalls gut bekannt, sodass das Messergebnis wohl eine entsprechende Genauigkeit zeigen wird.

1.5 Ohmmeter

In diesem Versuch wird mit dem μA Multizet direkt ein Widerstand R gemessen. Dabei legt das Multizet eine Spannung U an den Widerstand an und misst den resultierenden Strom I. Der Ausschlag ist damit proportional zu I. Mit Hilfe $R_x = \frac{U}{I}$ wird dann der Widerstand angegeben. So sieht man leicht ein, dass die Skala also proportional zu $\frac{1}{R_x}$ sein muss.

Ein Ohmmeter mit linearer Skala verwendet zur Messung eine Wheatstone'sche Brückenschaltung mit einem linearen Potentiometer wie in 1.4!

1.6 Kompensationsschaltung

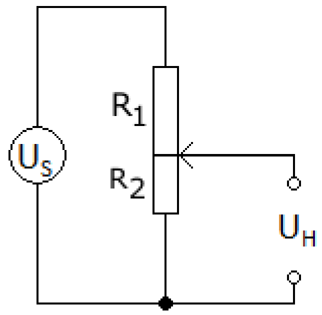

Abbildung 1.5: Potentiometer

Um mit Hilfe einer konstanten Spannungsquelle U_s eine regelbare Spannung U_H zu realisieren kann man wie in Abbildung 1.5 gezeigt ein Potentiometer verwenden. Dabei berechnet sich die «Klemmenspannung» dieser Ersatzquelle wie folgt:

$$U_H = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_S$$

Für den Versuch wird nun diese Ersatzquelle entgegengesetzt gepolt mit einer zu messenden Spannungsquelle U_0 (hier die Trockenbatterie) in Reihe geschaltet.

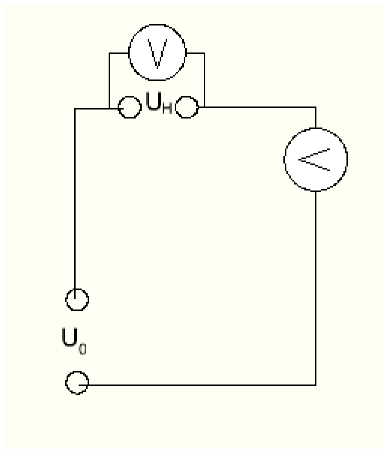

Abbildung 1.6: Kompensationsschaltung

Man regelt nun U_H so, dass die gemessene Differenzspannung Null wird. Damit sind U_H und U_0 gerade betragsmäßig gleich groß.

Tatsächlich existieren in der Realität keine wirklich konstanten Spannungsquellen, sondern die Spannung jeder Quelle nimmt bei einer Belastung (also Stromfluss) meist auf Grund des Innenwiderstands ab. Der Vorteil an dieser Messmethode ist wiederum, dass hier stromlos gemessen wird, da eben keine Potentialdifferenz zwischen den Anschlüssen der Quellen vorliegt. Somit erweist sich dieses Messverfahren bei Spannungsquellen, deren Innenwiderstand nicht vernachlässigbar klein ist, als sehr nützlich!

1.7 Innenwiderstand der Trockenbatterie

Um nun den Innenwiderstand R_i der Trockenbatterie zu messen wird zusätzlich in die Schaltung aus Abbildung 1.6 eine Lastwiderstand R parallel zur Trockenbatterie (U_0) geschaltet, nachdem zuvor U_H und U_0 abgeglichen wurden. Dadurch stellt sich eine gewissen Spannungsdifferenz ΔU ein, sodass gilt:

$$\begin{aligned} \Delta U &= R_i \cdot I \\ U_0 - \Delta U &= R \cdot I \end{aligned}$$

Und damit:

$$R_i = \frac{\Delta U}{U_0 - \Delta U} \cdot R$$

2 Spule und Kondensator

2.1 Gleichstromwiderstand einer Spule

Mit Hilfe des μA Multizets wird nun nach dem in 1.5 eingeführten Prinzip der Gleichstromwiderstand einer Spule gemessen.

2.2 Induktivität und Verlustwiderstand einer Spule bei kleiner Frequenz

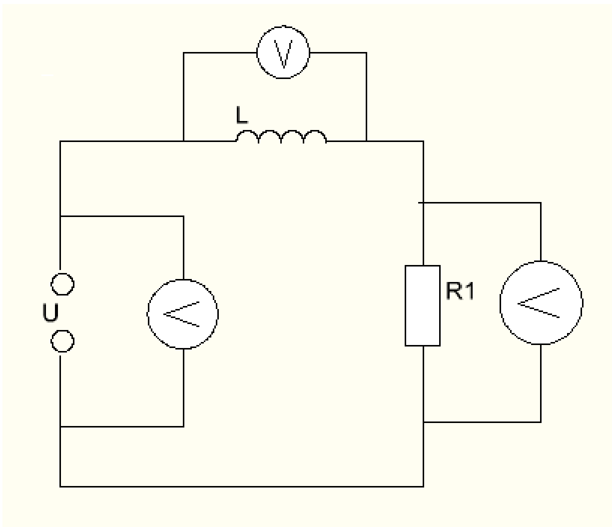

Abbildung 2.1: Spule in Reihe mit einem Widerstand

Zur Messung der Induktivität L und des Verlustwiderstandes R_L einer Spule werden wie in Abbildung 2.1 gezeigt eine Spule und eine Vorwiderstand R_1 (bzw. R_V) in Reihe geschaltet. Der Spannungsgenerator liefert einen sinusförmigen Wechselstrom mit $f = 30$Hz. Durch die Messung aller drei Spannungen[1] an Generator (U_0), Spule (U_S) und Vorwiderstand (U_V) kann nun die Induktivität und der Verlustwiderstand bestimmt werden.

Das Zeigerdiagramm[2] in der komplexen Ebene sieht dann wie folgt aus (Abbildung 2.2):

[1] Mit Spannung ist hier die Effektivspannung gemeint.
[2] Zu finden auf: http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~simonis/praktikum/musterprotokolle/musterprotokolle.html

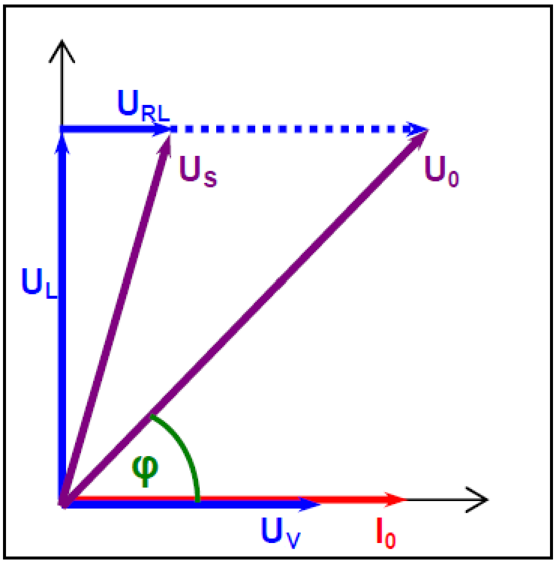

Abbildung 2.2: Zeigerdiagramm (Quelle: Musterprotokoll Tobias Abzieher)

Es liefert folgenden Zusammenhang (Kosinussatz):

$$U_S^2 = U_0^2 + U_V^2 - 2 \cdot U_0 \cdot U_V \cdot \cos(\varphi)$$

$$\Rightarrow \cos(\varphi) = \frac{U_0^2 + U_V^2 - U_S^2}{2 \cdot U_0 \cdot U_V} \tag{2.1}$$

Außerdem gilt:

$$I = \frac{U_V}{R_V} \tag{2.2}$$

und

$$\cos(\varphi) = \frac{U_V + U_{RL}}{U_0} = \frac{U_V + R_L \cdot I}{U_0} \tag{2.3}$$

Damit erhält man mit Gleichungen (2.1) , (2.2) und (2.3):

$$R_L = \frac{U_0^2 - U_V^2 - U_S^2}{2 \cdot U_V^2} \cdot R_V$$

Der Betrag der Impedanz der Spule ist gegeben durch:

$$\|Z_S\| = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \text{ mit } X_L = \omega L = 2\pi f \cdot L$$

$$\Rightarrow X_L = \sqrt{Z_S^2 - R_L^2} \text{ mit } Z_S = \frac{U_S}{I} = \frac{U_S}{U_V} R_V$$

Hierbei ist X_L die Impedanz der idealisierten Spule ohne Vorwiderstand. Damit folgt für die Induktivität:

$$L = \frac{R_V}{2\pi f \cdot U_V} \sqrt{U_S^2 - \frac{(U_0^2 - U_V^2 - U_S^2)^2}{4 \cdot U_V^2}}$$

2.3 Resonanzverhalten eines Parallelschwingkreises

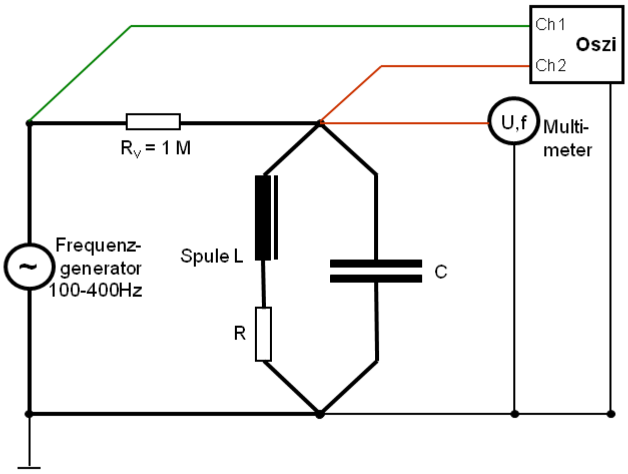

Abbildung 2.3: Parallelschwingkreis (Quelle: Aufgabenblatt)

In diesem Versuch wird das Resonanzverhalten eines LCR-Schwingkreises wie er in Abbildung 2.3 zu sehen ist untersucht. Dabei sollen die Eigenfrequenz ω_0, die Halbwertsbreite $\Delta\omega$ und der Resonanzwiderstand R_r bestimmt werden.

Resonanz tritt genau dann auf, wenn Spule und Kondensator gleiche Impedanz haben, da dann die Gesamtimpedanz des Schwingkreises vollständig (reell) durch die Impedanz des Widerstandes R gegeben ist und damit sich der Blindwiderstand vollkommen aufhebt. Für einen Wirkwiderstand $= 0$ und Blindwiderstand > 0 sperrt der Stromkreis, umgekehrt ist er offen und es tritt Resonanz auf. Anders ausgedrückt tritt genau dann Resonanz auf, wenn U und I in Phase sind.

$$\begin{aligned}\omega_0 L &= \frac{1}{\omega_0 C}\\ \omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{LC}}\end{aligned}$$

Die Halbwertsbreite $\Delta\omega$ ist genau derjenige Frequenzabstand zweier Frequenzen ω_1 und ω_2 bei denen die Hälfte der im Resonanzfall gemessen Spannung auftritt. Sie ist gegeben durch:

$$\Delta\omega = \sqrt{3}\frac{R}{L}$$

Der Resonanzwiderstand ist derjenige Widerstand, der als Scheinwiderstand beim Anlegen der Resonanzfrequenz auftritt. Er ist endlich für «normale» Bauteil, da durch Wärmeverlustleistung der Bauteile der Schwingkreis einen Dämpfungsfaktor besitzt. Für idealisierte Bauteile strebt er jedoch gegen unendlich. Es gilt:

$$\begin{aligned} R_r &= \frac{U_r}{I} = \frac{U_r \cdot R_V}{U_0} \\ R_r &= \frac{L}{RC} \end{aligned}$$

Damit erhält man schlussendlich:

$$R = \frac{\Delta\omega \cdot L}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta\omega^2 \cdot R_r}{3 \cdot \omega_0^2}$$

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot C} = \frac{\Delta\omega \cdot R_r}{\sqrt{3} \cdot \omega_0^2}$$

$$C = \frac{\sqrt{3}}{\Delta\omega \cdot R_r}$$

2.4 Wechselstromwiderstand von Spule und Kondensator

Nun soll mit direkter Messung von Spannung U und Stromstärke I jeweils der Wechselstromwiderstand von Spule (R_{WS}) und Kondensator (R_{WK}) bei Resonanzfrequenz bestimmt werden.
Hierbei gilt für die Spule:

$$\|Z_S\| = \sqrt{R^2 + \omega_0^2 \cdot L^2} = R_{WS} = \frac{U}{I}$$

Und für den Kondensator:

$$\|Z_K\| = \frac{1}{\omega_0 \cdot C} = R_{WK} = \frac{U}{I}$$

Damit lassen sich Induktivität und Kapazität wie folgt bestimmen:

$$\begin{aligned} L &= \frac{\sqrt{R_{WS}^2 - R^2}}{\omega_0} \\ C &= \frac{1}{\omega_0 \cdot R_{WK}} \end{aligned}$$

Es wird nicht das Verfahren wie in Abschnitt 2.2 gewählt, da die Frequenz nicht im Bereich von 30Hz sondern höher liegt. Dadurch kann der Verlustwiderstand der Bauteile vernachlässigt werden.

2.5 Innenwiderstand des Sinusgenerators

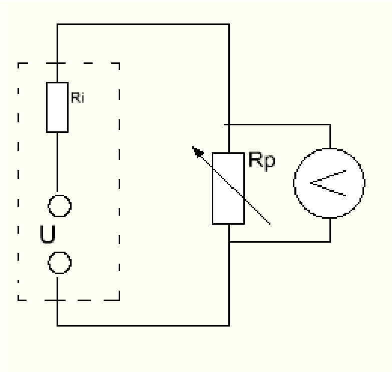

Abbildung 2.4: Innenwiderstand des Sinusgenerators

Um den Innenwiderstand R_i des Generators zu bestimmen wird das Potentiometer so eingestellt, dass an ihm gerade die Hälfte der Maximalspannung anliegt, denn dann ist der Widerstand des Generators gleich groß wie der des Potentiometers. Allgemein gilt für die Ausgangsleistung:

$$\begin{aligned} P &= U_G \cdot I = U_G \cdot \frac{U}{R_p + R_i} \\ &= (U - R_i \cdot I) \cdot \frac{U}{R_p + R_i} \\ &= (U - R_i \cdot \frac{U}{R_p + R_i}) \cdot \frac{U}{R_p + R_i} \\ &= \frac{R_p \cdot U^2}{(R_p + R_i)^2} \end{aligned}$$

Damit die Ausgangsleistung maximal wird muss $\frac{\partial P}{\partial R_p} = 0$ gelten!

$$\frac{\partial P}{\partial R_p} = U^2 \cdot \frac{R_i - R_p}{(R_p + R_i)^3} \overset{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow R_i = R_p$$

Also gilt für die Maximalleistung:

$$P_{max} = \frac{U^2}{4 \cdot R_i}$$

Auswertung Elektrische Messverfahren

Marcel Köpke & Axel Müller

01.11.2011

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1

Ohmscher Widerstand

1.1 Innenwiderstand des μA-Multizets

Wir bauen die Schaltung, wie im Vorprotokoll beschrieben und illustriert, auf. Dafür gab es eine vorgefertigte Steckplatine mit Widerständen, Potentiometern, Kondensatoren und einer Spule. Zuerst wird der Strom mithilfe des Potentiomerters auf 1mA geregelt. Dann wird ein Spannungsmessgerät parallel zum Strommessgerät geschaltet und die Spannung abgelesen. Es ergaben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned} R_{Pot} &= 4,85k\Omega \\ U &= 50mV \\ I &= 0,83mA \end{aligned}$$

Daraus berechnen wir den Innenwiderstand im Messbereich 3mA:

$$R_i^I = \frac{U}{I} = 60,24\Omega$$

1.2 Innenwiderstand des $AV\Omega$-Multizets

Mit den in 1.1 gefundenen Werten berechnet sich der Innenwiderstand im Messbereich 0,3V wie folgt:

$$R_i^U = \frac{U}{I_0 - I} = 294,12\Omega$$

Wie im Vorprotokoll beschrieben wird jetzt das iterative Verfahren angewendet.

$$I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{\frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U}} = 1,00001192mA$$

$$R_{i,neu}^{U} = \frac{U}{I_{ges} - I} = \frac{U}{\frac{U}{\frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U}} - I} = 294,097\Omega$$

1.3 Bestimmung eines unbekannten Widerstands

1.3.1 Spannungsrichtige Schaltung

Wir haben 2 Messungen mit jeweils vertauschten Messgeräten durchgeführt. Dabei wurde im $I = 1mA$ und $U = 300mV$ Bereich gemessen. Nun ergaben sich folgende Messwerte:

Amperemeter :μA-Multizet. Voltmeter: $AV\Omega$-Multizet.

$$I_1 = 0,58mA$$
$$U_1 = 101mV$$

Amperemeter: $AV\Omega$-Multizet. Voltmeter: μA-Multizet.

$$I_2 = 0,57mA$$
$$U_2 = 260mV$$

Berechnet man zunächst ohne Berücksichtigung der Innenwiderstände den Widerstand R, ergibt sich:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 174,14\Omega$$
$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 456,14\Omega$$

Man sieht, dass sich die beiden Werte deutlich unterscheiden. Das heißt, die Innenwiderstände beider Geräte dürfen nicht vernachlässigt werden. Auch deshalb, weil R_2 sich um rund 14Ω vom angegebenen Wert für den Widerstand unterscheidet.

Mit Berücksichtigung der Innenwiderstände ergibt sich:

$$R_1 = \frac{1}{\frac{I_1}{U_1} - \frac{1}{R_i^U}} = 415,07\Omega$$
$$R_2 = \frac{1}{\frac{I_2}{U_2} - \frac{1}{R_i^U}} = 463,18\Omega$$

Diese Werte unterscheiden sich immer noch vom angegebenen Wert $R_x = 470\Omega$ sind aber wesentlich näher am Sollwert. Man sieht leicht ein, dass hier maßgeblich das Voltmeter für Abweichungen verantwortlich ist. Da das μA-Multizet einen 100 mal höheren Innenwiderstand besitzt, ist es in diesem Bereich besser zur Spannungsmessung geignet.

1.3.2 Stromrichtige Schaltung

Genau wie zuvor haben wir zwei Messungen durchgeführt, wobei die Messbereiche dieses Mal 1mA und 1V waren.

Amperemeter :μA-Multizet. Voltmeter: $AV\Omega$-Multizet.

$$\begin{aligned} I_1 &= 0,35mA \\ U_1 &= 230mV \end{aligned}$$

Amperemeter: $AV\Omega$-Multizet. Voltmeter: μA-Multizet.

$$\begin{aligned} I_2 &= 0,56mA \\ U_2 &= 310mV \end{aligned}$$

Berechnet man zunächst ohne Berücksichtigung der Innenwiderstände den Widerstand R, ergibt sich:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{U_1}{I_1} = 657,14\Omega \\ R_2 &= \frac{U_2}{I_2} = 553,57\Omega \end{aligned}$$

Jetzt mit Berücksichtigung der Innenwiderstände:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{U_1}{I_1} - R_i^I = 477,14\Omega \\ R_2 &= \frac{U_2}{I_2} - R_i^I = 453,57\Omega \end{aligned}$$

Die korrigierten Werte liegen wiederum näher am Sollwert.

1.4 Wheatstone'sche Brückenschaltung

Die Schaltung wird wie im Vorprotokoll beschrieben aufgebaut. Nun wird das Potentiometer so eingestellt, dass kein Strom mehr durch das Amperemeter fließt. Dabei ergab sich für das Verhältnis R_1/R_2 am Potentiometer folgender Wert:

$$\frac{R_2}{R_1} = 0,45666$$

Damit ergibt sich für R_x:

$$R_x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1} = 456,66\Omega \text{ mit } R_3 = 1k\Omega$$

1.5 Nutzung des Ω-Messbereichs des μA-Multizet

Der Widerstand kann direkt am Messgerät abgelesen werden:

$$
\begin{aligned}
R_x &= 485\Omega \text{ (Messerbereich: } 1\Omega) \\
&\text{bzw.} \\
R_x &= 472\Omega \text{ (Messbereich: } 10\Omega)
\end{aligned}
$$

1.6 Kompensationsschaltung

In einem Immer genaueren Messbereich stellten wir die Differenzspannung ΔU, gemäß dem Aufbau im Vorprotokoll auf Null ein. Somit erhielten wir für die Spannung der Batterie $U_0 = U_H = 1,4249V$

1.7 Innenwiderstand der Trockenbatterie

In der Schaltung von 1.6 schließen wir verschiedene Lastwiderstände kurzzeitig parallel zur Batterie. Damit lässt sich der Innenwiderstand der Batterie berechnen:

$$R_i^B = \frac{\Delta U}{U_0 - \Delta U} \cdot R$$

Lastwiderstand R in Ω	ΔU inmV	R_i^B in $m\Omega$
220	1,95	301,49
110	3,9	300,95
47	8,3	275,38
22	17,6	275,14

Tabelle 1.1: Innenwiderstand der Trockenbatterie

Damit ergibt sich das arithmetische Mittel:

$$\overline{R_i^B} = 288,24m\Omega$$

Bei der Messung ergab sich eine schnell ansteigende Differenzspannung, was vermutlich auf die Erhitzung der Lastwiderstände zurückzuführen ist. Daher mussten wir die Differenzspannung sehr schnell nach Zuschalten der Lastwiderstände ablesen, was zu Messunsicherheiten führt. Dennoch ist der Innenwiderstand der Trockenbatterie erwartungsgemäß sehr klein und unabhängig vom zugeschalteten Lastwiderstand. Die Batterie stellt damit eine sehr gute Spannungsquelle dar, da sie bei Belastung kaum ihre Spannung ändert.

Kapitel 2

Spulen und Kondensatoren

2.1 Gleichstromwiderstand einer Spule

Der gemessene Gleichstromwiderstand der Spule beträgt:

$$R_L = 70\Omega$$

2.2 Induktivität und Verlustwiderstand der Spule

Für den Verlustwiderstand errechnet sich:

$$R_L = \frac{U_0^2 - U_R^2 - U_L^2}{2U_R^2} \cdot R_{vor} = 85,96\Omega$$

Die Induktivität der Spule berechnet sich wie folgt:

$$L = \frac{R_{vor}}{2\pi f U_R} \sqrt{U_L^2 - \frac{R_L^2}{R_{vor}^2} U_R^2} = 1,2698H$$

Die Spannung am Messgerät schwankte sehr stark, was die Messung sehr ungenau machte.

2.3 Induktivität, Verlustwiderstand und Kapazität eines Parallelschwingkreises

f in Hz	U in mV	Phasenverschiebung in ms
141,150	22,673	-1,6
151,629	29,852	-1,4
161,985	42,755	-1,3
171,478	67,520	-1,1
176,625	96,682	-0,9
181,704	150,45	-0,65
184,02	182,94	-0,45
186,688	203,63	0
190,124	180,49	0,425
195,161	124,53	0,75
199,953	90,33	0,925
210,45	54,37	1
220,322	39,54	1,05
231,46	30,416	1,1

Tabelle 2.1: Messprotokoll: Schwingkreis

Um die drei zu bestimmenden Größen zu erhalten, erhöhten wir langsam die Frequenz von 140Hz bis 230Hz. So konnten wir uns immer besser der Resonanzfrequenz ω_0 annähern. Wir maßen zwar eine Resonanzfrequenz von 186,688 Hz, der "fitplot" (siehe Abbildung 2.1) ergibt jedoch eine Resonanzfrequenz von $f_0 = 187,147Hz$. Damit folgt:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 1175,835\frac{1}{s}$$

Außerdem ergibt sich:

$$\Delta\omega = 2\pi(197,892Hz - 177,086Hz) = 130,728\frac{1}{s}$$

Für die Resonanzspannung des Schwingkreises ergibt sich aus dem plot:

$$U_{max} = 205,899mV$$

Damit berechnen wir den Resonanzwiderstand über:

$$R_r = \frac{U_{max}R_V}{U_0} = 23,214k\Omega$$

Damit könnnen wir die folgenden Werte berechnen:

$$R = \frac{\Delta\omega^{2\cdot R_r}}{3\cdot\omega_0^2} = 95,647\Omega$$

$$
\begin{aligned}
L &= \frac{\Delta\omega \cdot R_r}{\sqrt{3}\omega_0^2} = 1,267H \\
C &= \frac{\sqrt{3}}{\Delta\omega \cdot R_r} = 570,745nF
\end{aligned}
$$

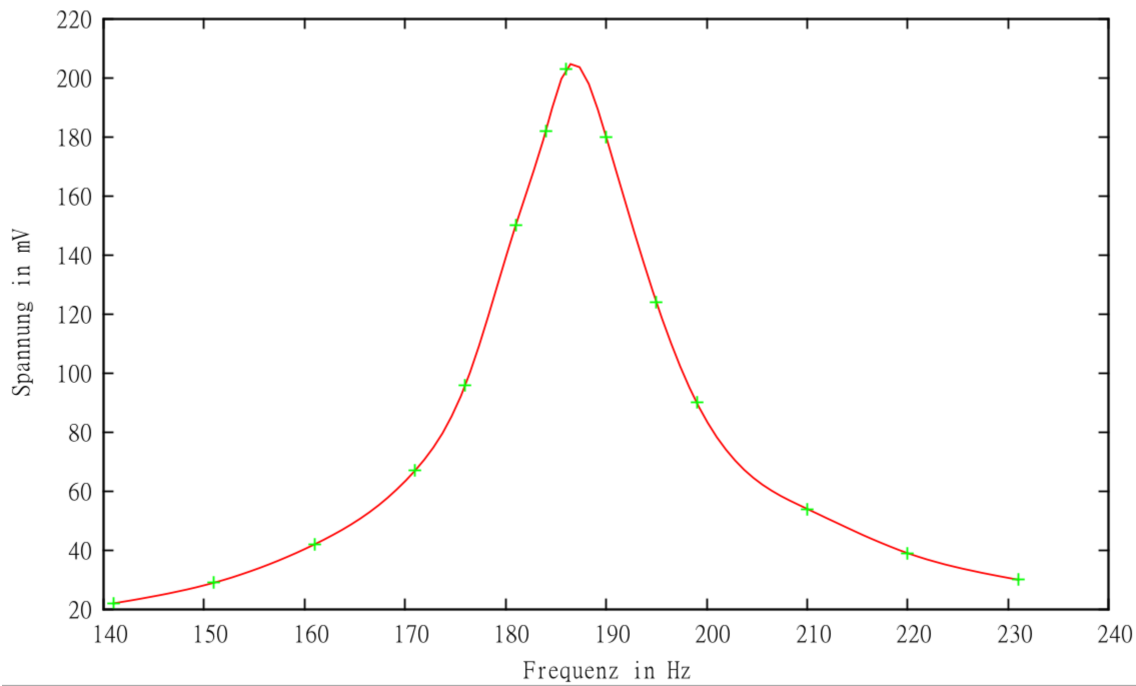

Abbildung 2.1: Messwertplot

2.4 Wechselstromwiderstand von Spule und Kondensator

Spannung und Stromstärke wurden jeweils mit einer spannungsrichtigen Anordnung bei Resonanzfrequenz gemessen. Man erhält:

Spule:

$$
\begin{aligned}
R_S &= \frac{U}{I} = \frac{8,14275V}{4,74mA} = 1717,88\Omega \\
\Rightarrow L &= \frac{\sqrt{R_S^2 - R^2}}{\omega_0} = 1,45H
\end{aligned}
$$

Kondensator:

$$
R_C = \frac{U}{I} = \frac{8,2059V}{5,59mA} = 1467,96\Omega
$$

$$\Rightarrow C \quad = \quad \frac{1}{\omega_0 \cdot R_C} = 579,35nF$$

Der Wert für die Induktivität ist weit über dem angegebenen Wert. Das lässt darauf schließen, dass diese Messmethode sehr ungenau ist. Da die Innenwiderstände des hier verwendeten Voltmeters nicht bekannt ist, können die Werte nicht mehr verbessert werden.

2.5 Innenwiderstand des Sinusgenerators

Das Potentiometer wurde so eingestellt, dass die hälfte der maximalen Spannung anliegt. Somit liegt auch die gleiche Spannung am Generator und der innenwiderstand entspricht dem Widerstand des Potentiometers. Dabei ergaben sich folgende Messwerte:

$$R_{pot}(\frac{1}{2}\hat{U}) = 595,9\Omega = R_i^G$$

Die maximale Ausgangsleistung beträgt somit:

$$P_{max} = \frac{U_0^2}{4R_i^G} = 33,005mW$$