

VERSUCHSBERICHT ZU

# E3 - ELEKTRISCHE RESONANZ

Gruppe 6Mi

Alexander Neuwirth (E-Mail: a\_neuw01@wwu.de)  
Leonhard Segger (E-Mail: l\_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 17.01.2018  
betreut von  
Wladislaw Hartmann

23. Januar 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>4</b>
3.1	Beobachtung . . . . .	4
3.1.1	Serienresonanzkreis . . . . .	5
3.1.2	Parallelresonanzkreis . . . . .	8
3.2	Diskussion . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>10</b>

# 1 Kurzfassung

In diesem Versuch wurde das elektrische Resonanzverhalten von einem Serienresonanzkreis und einem Parallelresonanzkreis untersucht. Dazu wurden die entsprechenden Schwingkreise durch einem Funktionsgenerator zum Schwingen angeregt. Mit einem Multimeter wurde die Spannung über einen  $10\Omega$  Widerstand in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators bestimmt, da ein Variieren der Frequenz des Stroms weniger praktikabel ist, um die Resonanz des Schwingkreises quantisieren. Je Resonanzkreis wurden für 3 unterschiedliche Widerstände und jeweils 20 verschiedenen, um den Resonanzfall gehäufte, Kapazitäten die Stromstärke erfasst. Der Innenwiderstand der jeweiligen Spulen im Schwingkreis lässt sich aus der aufgenommenen Resonanzkurve bestimmen. Die Hypothese, dass dieser dem direkt durch das Multimeter bestimmen Innenwiderstand entsprechen muss, wurde im folgenden überprüft.

## 2 Methoden

Als Erstes wurde eine Reihenschwingkreis aufgebaut (Abb. 1). Mit dem Multimeter wurde die Spannung über den  $10\Omega$  Widerstand gemessen, sodass sich daraus die Stromstärke bestimmen lässt. Mit dem Funktionsgenerator und dem Oszilloskop wurde die Frequenz des Wechselstroms auf 1 kHz und eine Peak-Peak-Spannung von 4 V.

Für 3 Widerstände ( $200\Omega$ ,  $500\Omega$  und  $0\Omega$ ) wurden die am Multimeter gemessenen Spannungen in Abhängigkeit von der eingestellten Kapazität aufgenommen. Diese Kapazität wurde in kleinen Schritten nahe dem Resonanzfall, also maximaler Spannung, abgetastet. Die im Resonanzfall angezeigte Peak-Peak-Spannung am Oszilloskop wurde ebenfalls erfasst. Zuletzt wurde der Widerstand der Spule mit dem Multimeter gemessen.

Die Untersuchung des Parallelschwingkreises erfolgte analog (Abb. 2), jedoch mit einer anderen Spule, anderen Widerständen ( $2k\Omega$ ,  $10k\Omega$  und  $\infty k\Omega$ ) und einer Peak-Peak-Spannung von 10 V. Ein weiterer Unterschied der Schwingkreise ist, dass im Parallelschwingkreis der Resonanzfall bei minimaler Spannung auftritt.

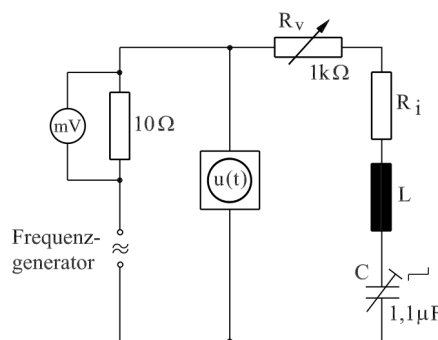


Abbildung 1: Experimenteller Aufbau des Serienresonanzkreises.

Tabelle 1: Einstellungen der Resonanzkreise. Dabei entspricht S1 bis S3 den Messreihen im Serienresonanzkreis und P1 bis P3 den Messungen im Parallelresonanzkreis. „Spannung P-P“ bezieht sich auf die Spannung zwischen den Spitzen, die das Oszilloskop angab. „inf“ meint den Fall, bei dem kein Widerstand eingesetzt wurde und keine Verbindung zwischen den Anschlüssen, die ansonsten an den Widerstand angeschlossen waren, bestand.

	Spannung P-P fern (V)	Spannung P-P nah (V)	Widerstand ( $\Omega$ )
S1	$4 \pm 0,012$	$3,6 \pm 0,012$	$200 \pm 0,58$
S2	$4 \pm 0,012$	$3,72 \pm 0,012$	$497,4 \pm 1,44$
S3	$4 \pm 0,012$	$3,36 \pm 0,012$	$0 \pm 0,02$
P1	$10 \pm 0,012$	$10,04 \pm 0,012$	inf
P2	$10 \pm 0,012$	$10,12 \pm 0,012$	$(9,930 \pm 0,029) \cdot 10^3$
P3	$10 \pm 0,012$	$10,04 \pm 0,012$	$(2,0010 \pm 0,0058) \cdot 10^3$

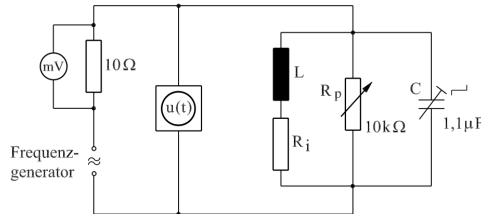


Abbildung 2: Experimenteller Aufbau des Parallelresonanzkreises.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Beobachtung

Für die Unsicherheit des Multimeters und des Kondensators war kein Fehler angegeben, im Folgenden wird ein Fehler von 1% des Messwerts (mit rechteckiger WDF) angenommen. Hierbei schwankten die Messwerte kaum. Zusätzlich besteht eine Unsicherheit von 0,02 mV aufgrund der Digitalanzeige. Diese wurde im Fall der Widerstandsmessung vernachlässigt, da sie im Vergleich zur Unsicherheit des Multimeters selbst verschwindet. In Tabelle 1 sind die Messwerte des Widerstands  $R_v$  bzw.  $R_p$  sowie die vom Oszilloskop angezeigte Spitze-Spitze-Spannung weit entfernt und am Resonanzfall angegeben. Für die Unsicherheit der Spannungsangabe des Oszilloskop wurde die Schwankung des Wertes (0,04 V mit rechteckiger WDF) zugrunde gelegt und vorausgesetzt, dass diese (weil sie relativ groß war) die Unsicherheit der Anzeige und des Messgerätes ihr gegenüber verschwinden lässt. Es wurde die Frequenz mithilfe des Oszilloskops auf 1000 Hz eingestellt. Hieraus ergibt sich mit rechteckiger WDF mit einer Breite von 1 Hz ein Wert von  $(1000,0 \pm 0,3)$  Hz. Die Messung des Innenwiderstands der Spule ergab im Fall des Serienresonanzkreises einen Wert von  $(52,30 \pm 0,15) \Omega$  und beim Parallelresonanzkreis  $(19,10 \pm 0,06) \Omega$ . Die Unsicherheit der Spannungsmessung über dem Widerstand von

10  $\Omega$  beträgt die kombinierte Unsicherheit von Multimeter und Display des Multimeters.

Die Stromstärke wurde gemäß

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

mit  $R = (10,0 \pm 0,3) \Omega$  (Angabe auf dem Widerstand) berechnet. Die Unsicherheit der Stromstärke ergab sich durch Gleichung (1).

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=0}^N \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2} \quad (1)$$

### 3.1.1 Serienresonanzkreis

In Abb. 3 bis 5 ist die Stromstärke im Serienresonanzkreis gegen den Kehrwert der Kapazität bei unterschiedlichen Widerständen  $R_v$  aufgetragen.

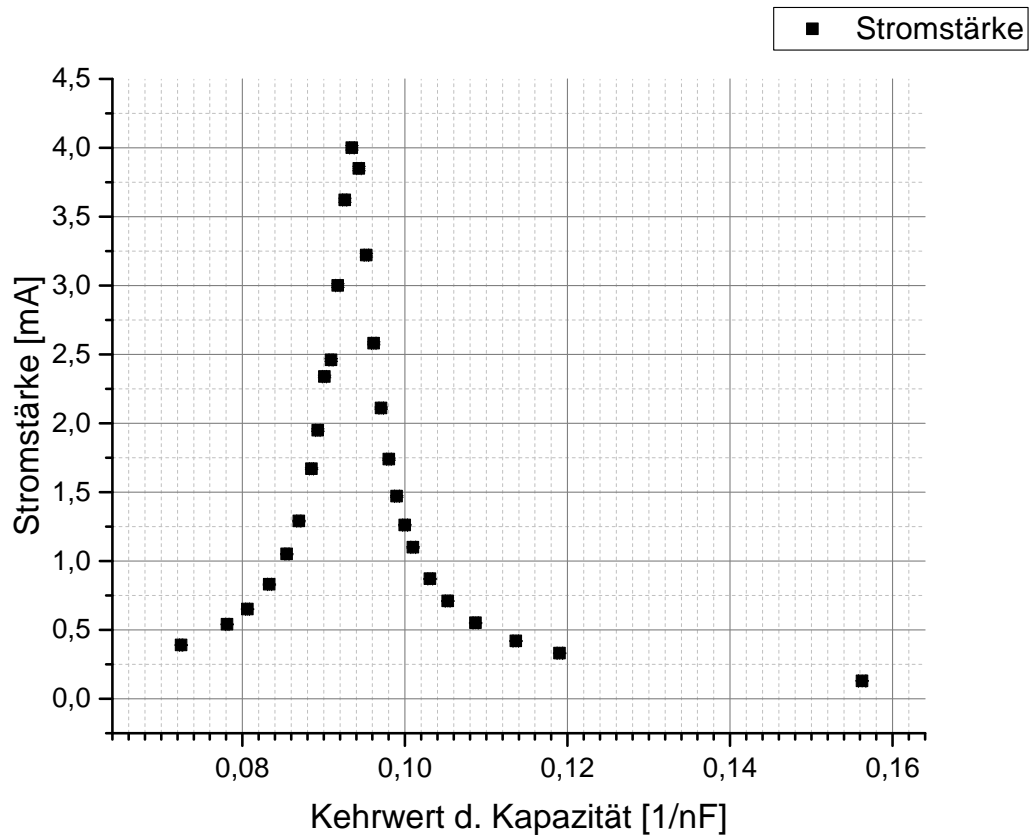


Abbildung 3: Hier ist die Stromstärke  $|I|$  gegen den Kehrwert der Kapazität bei  $R_v = 0 \Omega$  aufgetragen. Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbolgröße.

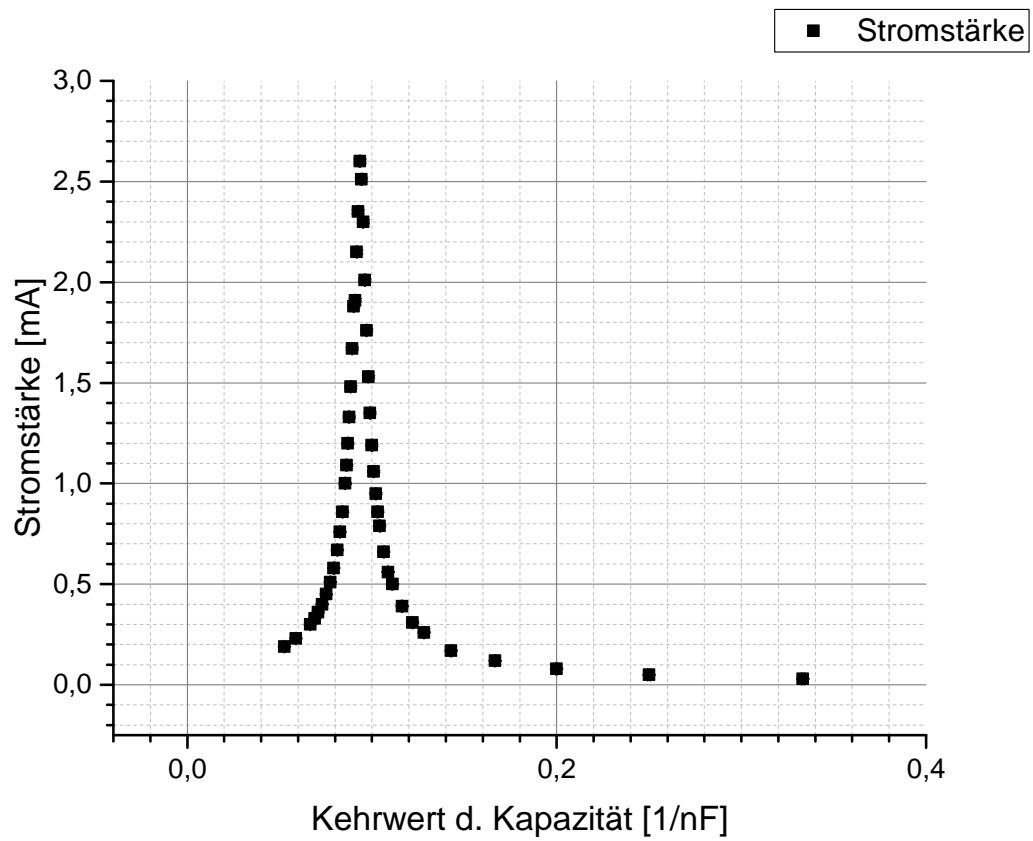


Abbildung 4: Hier ist die Stromstärke  $|I|$  gegen den Kehrwert der Kapazität bei  $R_v = 200\,\Omega$  aufgetragen. Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbolgröße.

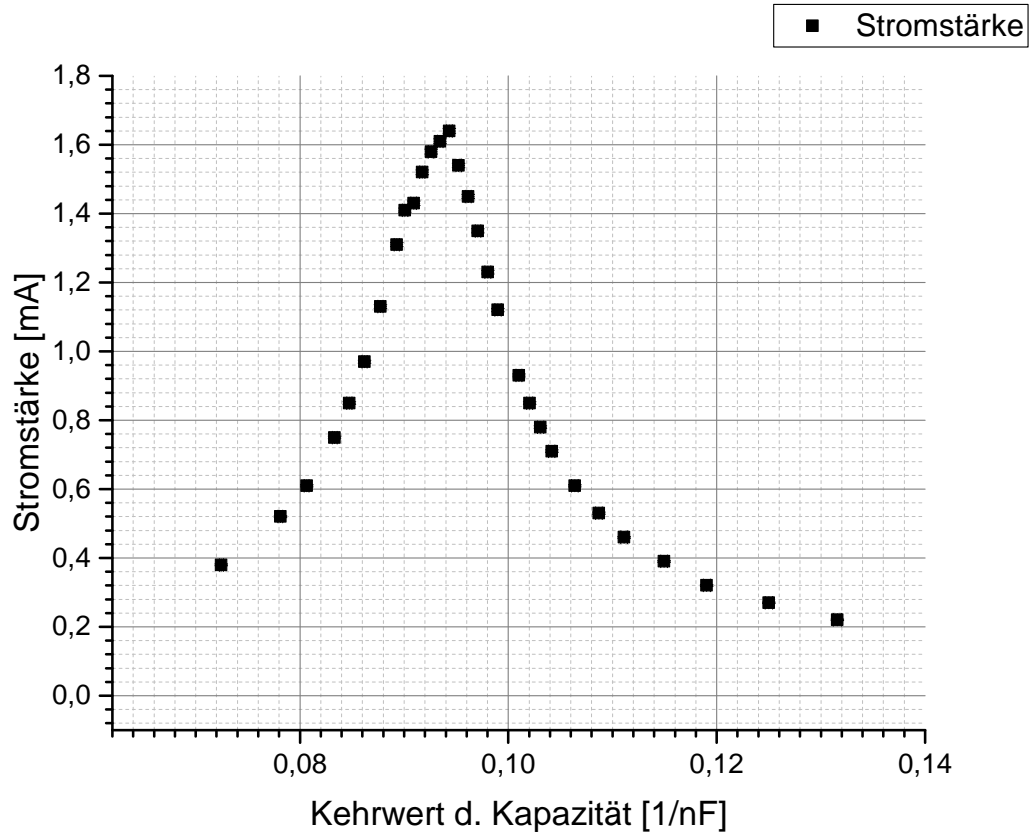


Abbildung 5: Hier ist die Stromstärke  $|I|$  gegen den Kehrwert der Kapazität bei  $R_v = 500 \Omega$  aufgetragen. Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbolgröße.

Es gilt nach der Thomsonschen Schwingungsformel:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad (2)$$

Daraus ergibt sich im Fall der Variation von  $C$  am Maximum  $C_{\max}$ :

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C_0} \quad (3)$$

Für den Verlustwiderstand  $R$  gilt für die Orte  $C_i$  an denen der Strom das  $1/\sqrt{2}$ -fache des Maximums annimmt:

$$R = \frac{2}{2\omega_0 \left( \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1} \right)} \quad (4)$$

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse aus Ablesen der Maxima und die daraus folgenden Induktivitäten der Spule sowie die Verlustwiderstände für die drei Messungen dargestellt.

Tabelle 2: Abgelesene Maxima der Resonanzkurven und daraus berechnete Induktivitäten  $L$  der Spule sowie Verlustwiderstände  $R$  des Kreises bei den drei Messungen.

	S1	S2	S3
$ I _{\max}$			
$1/C_{\max}$			
$L$			
$R$			

### 3.1.2 Parallelresonanzkreis

In Abb. 6 bis 8 ist die Stromstärke im Serienresonanzkreis gegen die Kapazität bei unterschiedlichen Widerständen  $R_v$  aufgetragen.

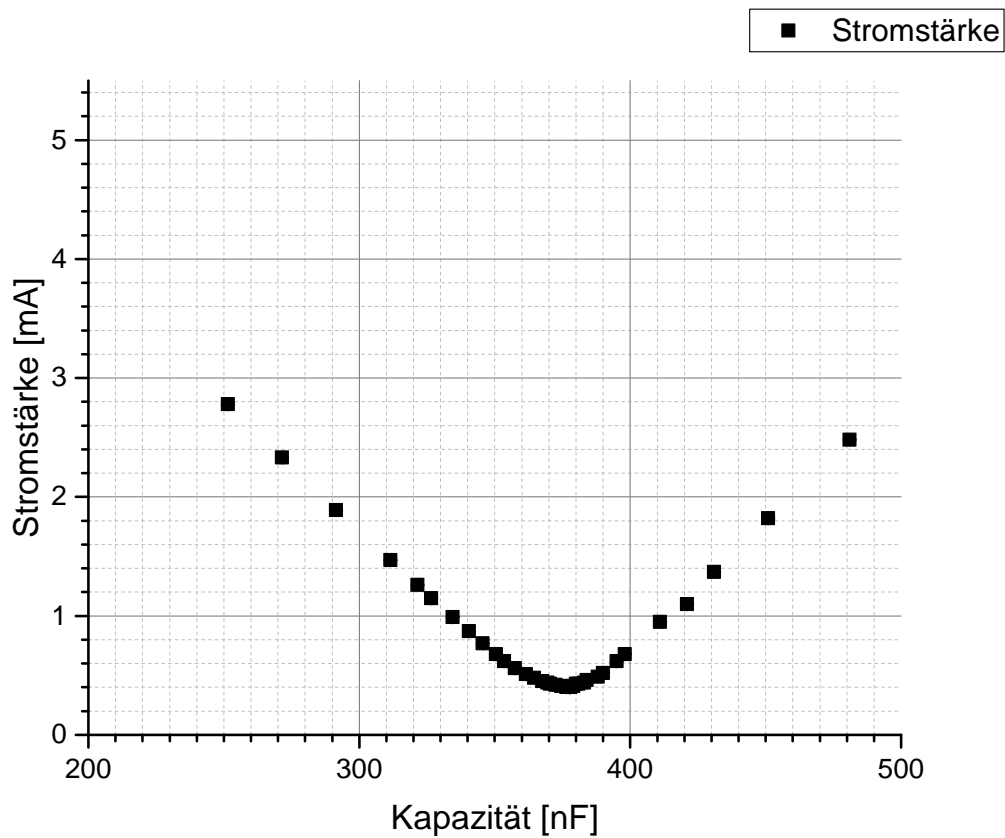


Abbildung 6: Hier ist die Stromstärke  $|I|$  gegen die Kapazität bei  $R_v = 0 \Omega$  aufgetragen. Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbolgröße.



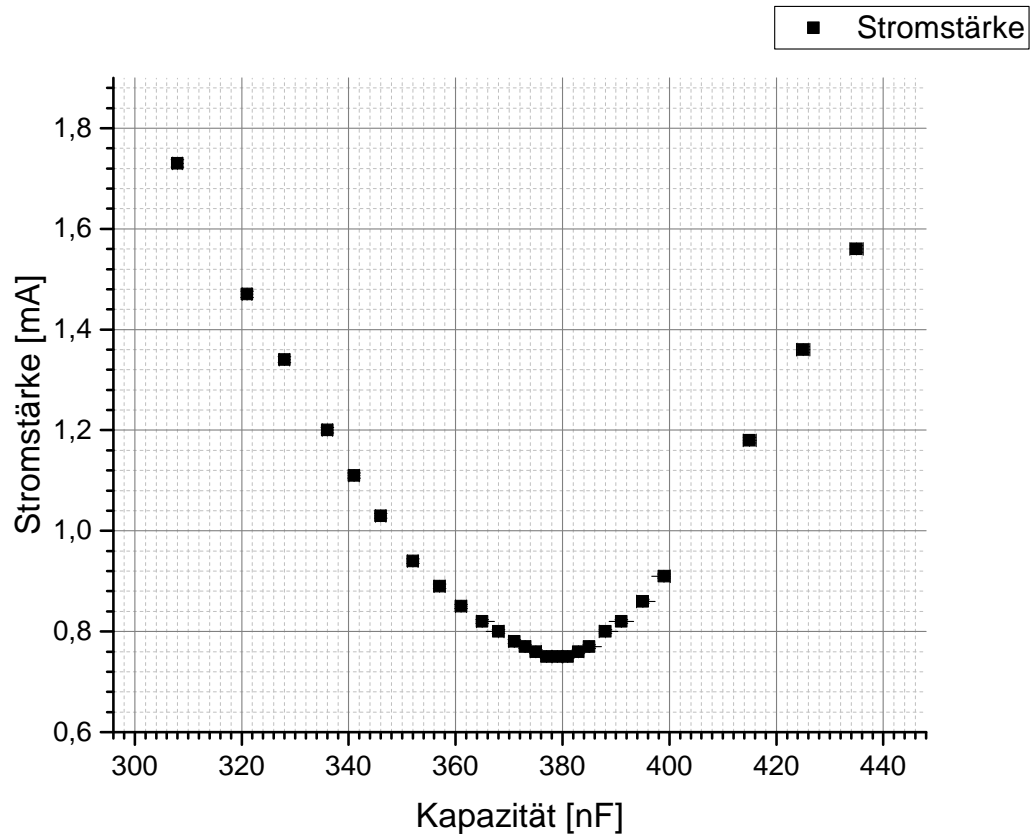


Abbildung 7: Hier ist die Stromstärke  $|I|$  gegen die Kapazität bei  $R_v = 0\,\Omega$  aufgetragen. Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbolgröße.

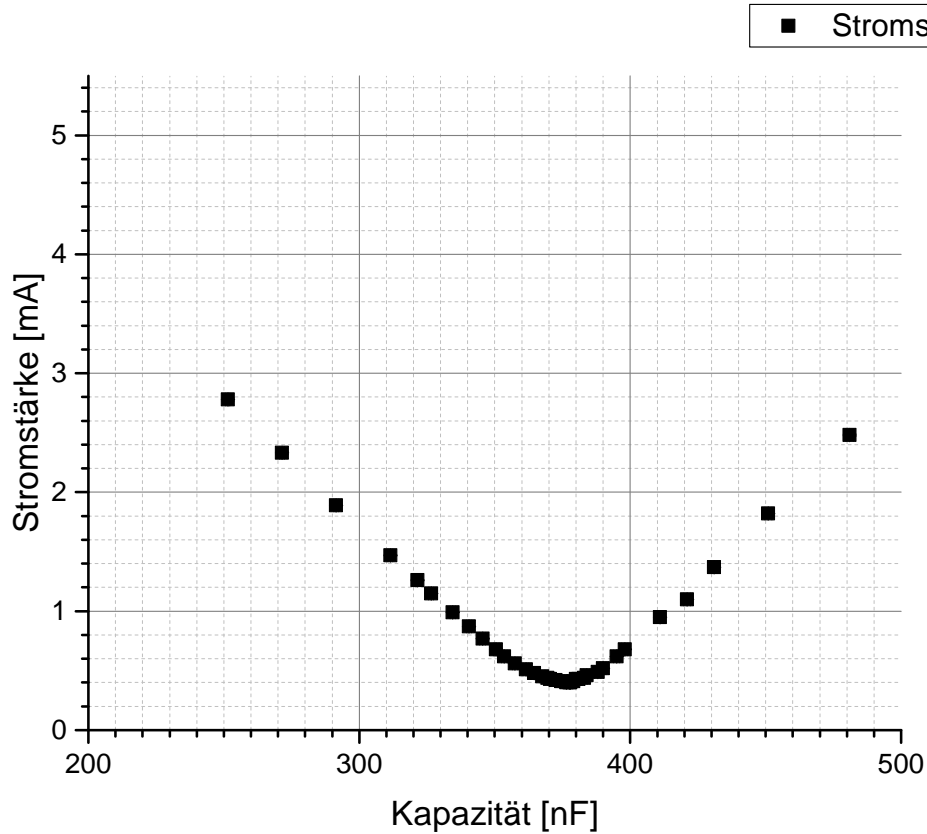


Abbildung 8: Hier ist die Stromstärke  $|I|$  gegen die Kapazität bei  $R_v = 0\,\Omega$  aufgetragen. Die Fehlerbalken sind kleiner als die Symbolgröße.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse aus Ablesen der Maxima und die daraus folgenden Induktivitäten der Spule sowie die Verlustwiderstände für die drei Messungen dargestellt. Auch hier gilt Gleichung (3). Für den Verlustwiderstand  $R$  gilt für die Orte  $C_i$  an denen der Strom das  $\sqrt{2}$ -fache des Minimums annimmt:

$$R = \frac{2}{2\omega_0 (C_2 - C_1)} \quad (5)$$

### 3.2 Diskussion

## 4 Schlussfolgerung

Tabelle 3: Abgelesene Minima der Resonanzkurven und daraus berechnete Induktivitäten  $L$  der Spule sowie Verlustwiderstände  $R$  des Kreises bei den drei Messungen.

	S1	S2	S3
$ I _{\min}$			
$C_{\min}$			
$L$			
$R$			