

VERSUCHSBERICHT ZU

E3 – ELEKTRISCHE RESONANZ

Gruppe Mi 10

Alex Oster(a_oste16@uni-muenster.de)
Jonathan Sigrist(j_sigr01@uni-muenster.de)

durchgeführt am 24.01.2018
betreut von
Wladislaw Hartmann

1. Februar 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	1
2	Methoden	1
2.1	Aufbau	1
2.1.1	Serienresonanzkreis	1
2.1.2	Parallelresonanzkreis	2
2.2	Unsicherheiten	3
3	Durchführung und Datenanalyse	3
4	Diskussion	5
5	Schlussfolgerung	8
6	Anhang	9
6.1	Unsicherheitsrechnung	9
	Literatur	10

1 Kurzfassung

Dieser Bericht befasst sich mit der Betrachtung von elektrischer Resonanz bei Schwingkreisen. Dazu werden zwei verschiedene Schwingkreise betrachtet. Hierbei handelt es sich um eine Serien- und um eine Parallelschaltung von Kondensator und Spule. Über die vorliegenden Widerstände und der gemessenen Spannung wird die Stromstärke ermittelt und in Abhängigkeit der Frequenz über die Kapazität des Kondensators, welche regulierbar ist, aufgetragen. Aus diesen Resonanzkurven, die für verschiedene Widerstände aufgenommen werden, lassen sich die Induktivitäten der verwendeten Spulen bestimmen. Ziel der Messung ist die Aufnahme von Resonanzkurven sowie auch Ermittlung von Induktivitäten, die der Theorie entsprechen. Demnach sind Lorentzkurven für die Resonanzkurven und Induktivitäten in einem Bereich von zu erwarten. Die Ergebnisse der Messung stimmen mit Induktivitäten von mit den Erwartungen überein und auch die Resonanzkurven besitzen die erwartete Form.

2 Methoden

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit dem Aufbau der beiden Schaltkreise, sowie auch den Unsicherheiten welche bei der Messung auftreten.

2.1 Aufbau

2.1.1 Serienresonanzkreis

Für den Serienresonanzkreis wird der in Abb. 1 dargestellte Aufbau verwendet. Zu erkennen sind ein Frequenzgenerator, ein $10\,\Omega$ Widerstand, an dem ein Multimeter zur Messung der Spannung anliegt, ein Oszilloskop $u(t)$, welches parallel zu der Reihenschaltung von Kondensator C , Spule L mit Innenwiderstand R_i und einem bis zu $1\,\text{k}\Omega$ regulierbaren Widerstand R_v geschaltet ist. Der Frequenzgenerator dient als Wechselstromquelle, welcher auf eine feste Frequenz und Spannung eingestellt werden soll.

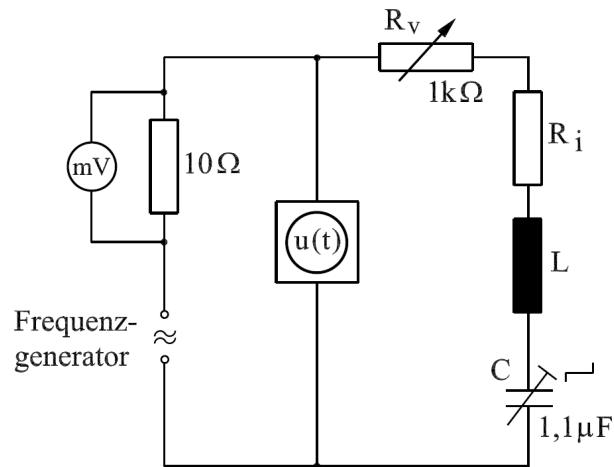


Abbildung 1: Schaltskizze für den Aufbau des Serienresonanzkreises.[2]

2.1.2 Parallelresonanzkreis

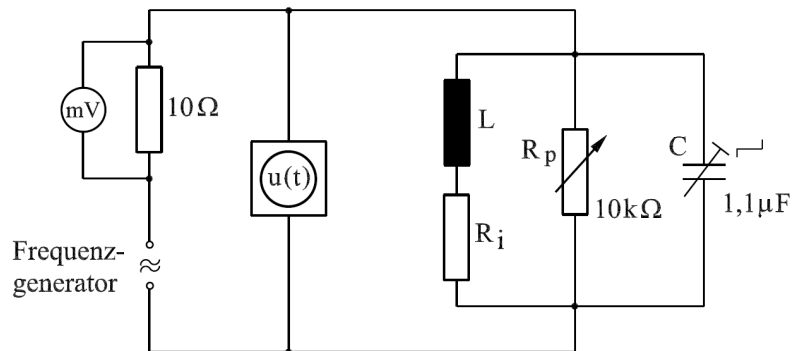


Abbildung 2: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.[2]

Der in Abb. 2 dargestellte Schaltkreis für den Parallelresonanzkreis unterscheidet sich von dem Serienschaltkreis lediglich um die Parallelschaltung von (einer kleineren) Spule L mit Innenwiderstand R_i , Kondensator C und einem bis zu $10\text{ k}\Omega$ regulierbaren Widerstand R_p . Dieser Block ist wie auch zuvor parallel zu dem Oszilloskop geschaltet. Hier wird die selbe Frequenz, wie auch für den Serienresonanzkreis verwendet, jedoch eine höhere Spannung.

2.2 Unsicherheiten

Die bei diesem Versuch auftretenden Unsicherheiten setzen sich aus der Unsicherheit für den Kondensator u_c , für die digitale Anzeige des Multimeters und des Oszilloskops u_{digital} , sowie der Unsicherheit des $10\,\Omega$ Widerstandes von $0,5\%$ (nach den angegebenen Farbcodes[1]). Weitere Angaben, wie die Maße der großen Spule, bei denen keine Unsicherheit angegeben war, werden als absolut angenommen. Die Berechnung der kombinierten Unsicherheiten erfolgt nach GUM und ist im Anhang aufgeführt.

3 Durchführung und Datenanalyse

Zur Bestimmung der Resonanzkurve $I(f)$, wird die Stromstärke I in den Schaltkreisen über die gemessenen Spannung U und die vorliegenden Widerstände bzw. Impedanzen Z ermittelt. Dazu dient folgende Formel:

$$I = \frac{U}{Z}, \quad (3.1)$$

$$Z_{\text{Serie}} = R_i + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (3.2)$$

$$Z_{\text{Parallel}} = \left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{i\omega L} + i\omega C \right)^{-1}. \quad (3.3)$$

Dabei ist R_i der Innenwiderstand der Spule, L die Induktivität dieser und C die Kapazität des Kondensators. Die verwendete Frequenz der Wechselstromquelle für beide Schwingkreise betrug $1000\,\text{Hz}$. Für die Eingangsspannungen wurden für den Serienresonanzkreis $2\,\text{V}$ und $5\,\text{V}$ für den Parallelresonanzkreis verwendet. Es wurden für verschiedene Widerstände R_v (Serie, mit $0\,\Omega$, $200\,\Omega$ und $500\,\Omega$) und R_p (parallel, mit $\infty\,\Omega$, $2\,\text{k}\Omega$ und $10\,\text{k}\Omega$) Messungen in Abhängigkeit der Kapazität des Kondensators C durchgeführt. Dabei sind die aufgelisteten Widerstände solche, für die eine Messung durchgeführt werden sollte. Die eigentlichen Widerstände welche für diesen Versuch verwendet wurden waren, nach der Messung mit dem Multimeter, $0,3\,\Omega$, $200,1\,\Omega$ und $500,3\,\Omega$ für den Serienresonanzkreis und $\infty\,\Omega$, $2,001\,\text{k}\Omega$ und $9,88\,\text{k}\Omega$ für den Parallelresonanzkreis. Aus der Messreihe ergaben sich die in den Abb. 3 bis 8 dargestellten Resonanzkurven in Abhängigkeit der Kapazität C (Serie) bzw. deren Kehrwert (Parallel). Durch diese Diagramme lassen sich die Induktivitäten der verwendeten Spulen bestimmen. Dazu dient folgender Zusammenhang,

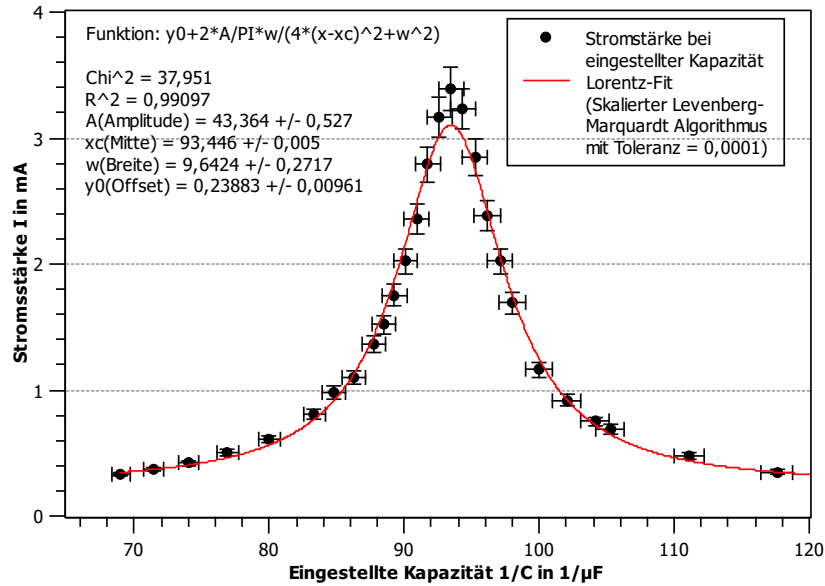


Abbildung 3: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.

welcher aus Z folgt:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C}. \quad (3.4)$$

In Tab. 1 sind die berechneten Induktivitäten, wie auch die Kapazitäten bei denen die Resonanzfrequenz bei 1000 Hz liegt, dargestellt. Neben der Messung der Spannung wurde zudem der Spannungsabfall über das Oszilloskop an verschiedenen Stellen im Serienkreis bei der Resonanzfrequenz betrachtet. Diese Spannungsabfälle sind in Tab. 2 verzeichnet.

Tabelle 1: moin

R_v	$1/C$	Induktivität L
$0,3 \Omega$	$(93,446 \pm 0,005) \mu\text{F}$	$(2,3670 \pm 0,0001) \text{H}$
$200,1 \Omega$	$(93,268 \pm 0,005) \mu\text{F}$	$(2,3625 \pm 0,0001) \text{H}$
$500,3 \Omega$	$(99,088 \pm 0,005) \mu\text{F}$	$(2,5099 \pm 0,0001) \text{H}$
R_p	C	Induktivität L
$\infty \Omega$	$(0,375 \pm 0,002) \mu\text{F}$	$(0,0675 \pm 0,0003) \text{H}$
$2,001 \text{ k}\Omega$	$(0,375 \pm 0,003) \mu\text{F}$	$(0,0676 \pm 0,0005) \text{H}$
$9,88 \text{ k}\Omega$	$(0,374 \pm 0,004) \mu\text{F}$	$(0,0678 \pm 0,0006) \text{H}$

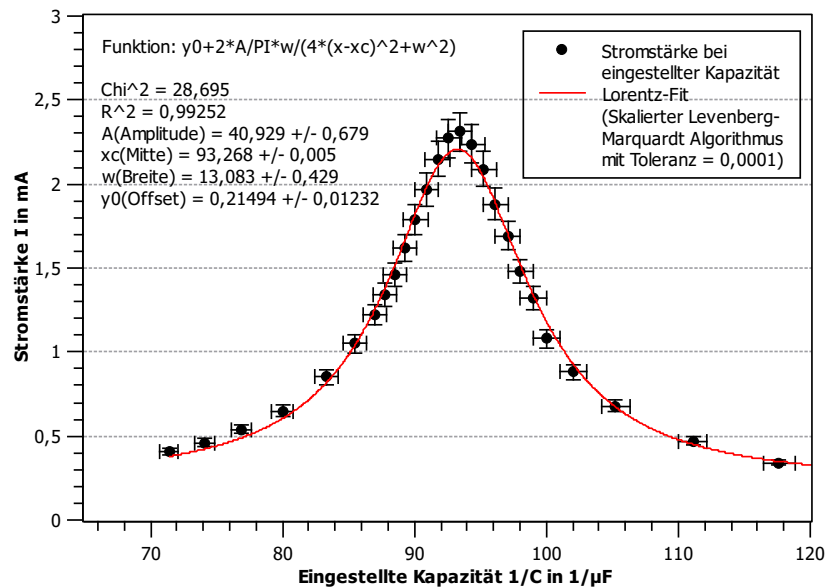


Abbildung 4: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.

Tabelle 2: moin

Spannung	bei $0,3 \Omega$	bei $200,1 \Omega$	bei $500,3 \Omega$
U_C (gemessen)	V	V	V
U_C (ermittelt)	$(33,338 \pm 0,508) \text{ V}$	V	V
U_L (gemessen)	V	V	V
U_L (ermittelt)	$(33,338 \pm 0,237) \text{ V}$	V	V
U_{R_v} (gemessen)	nicht messbar („rauschen“)	V	V
U_{R_v} (ermittelt)	V	V	V

4 Diskussion

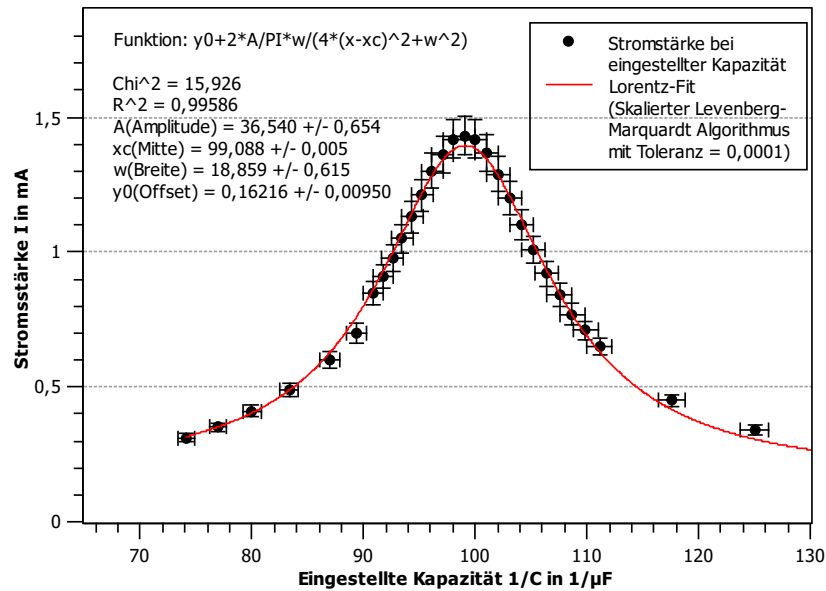


Abbildung 5: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.

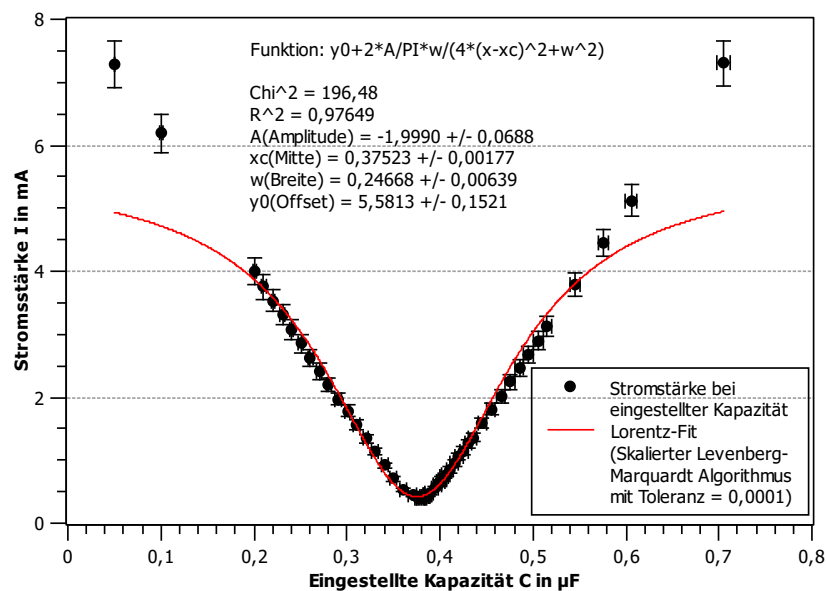


Abbildung 6: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.

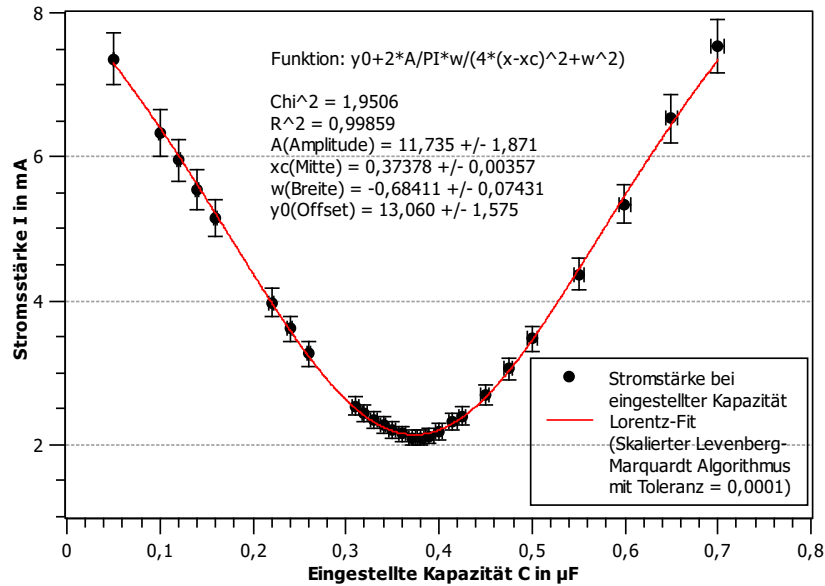


Abbildung 7: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.

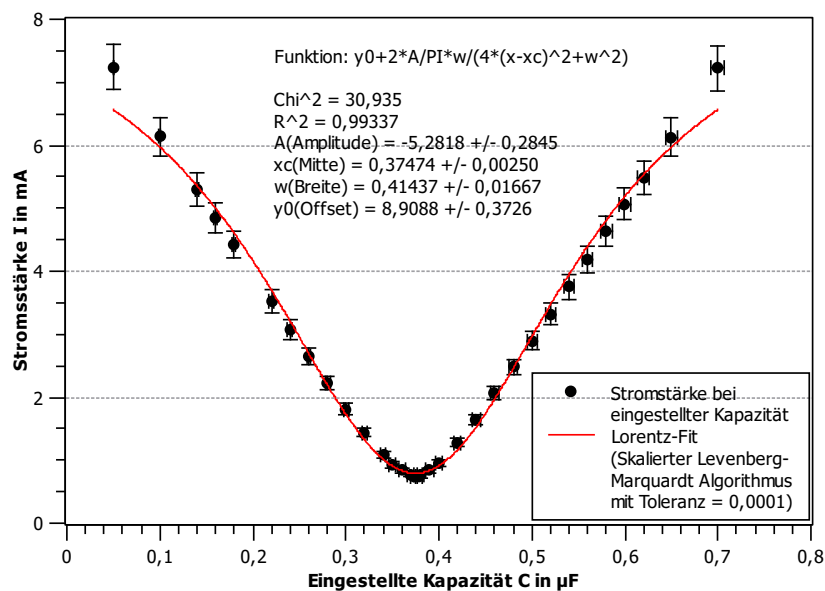


Abbildung 8: Schaltskizze für den Aufbau des Parallelresonanzkreises.

5 Schlussfolgerung

6 Anhang

6.1 Unsicherheitsrechnung

$$x = \sum_{i=1}^N x_i; \quad u(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u(x_i)^2}$$

Abbildung 9: Formel für kombinierte Unsicherheiten des selben Typs nach GUM.

$$f = f(x_1, \dots, x_N); \quad u(f) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2}$$

Abbildung 10: Formel für sich fortpflanzende Unsicherheiten nach GUM.

Literatur

- [1] Elektronik Kompendium. *Widerstandsfarbcode*. URL: <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/1109051.htm>.
- [2] WWU Münster. *Elektrische Resonanz*. URL: <https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/mod/resource/view.php?id=883523> (besucht am 25.01.2018).