

# Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Physikalisches Praktikum Physik N1**

bei Prof. Dr.-Ing. C. Karnutsch

### Elektrischer Schwingkreis

**Autor:**  
Jan Krüger (37032)

Versuchsdurchführung: 15.11.2011  
Abgabe Bericht: 25.11.2011

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
Versuchsaufbau.....	3
Freie gedämpfte Schwingungen eines Schwingkreises.....	3
Untersuchung anderer Spulen- und Kondensatorwerte.....	5
Erzwungene Schwingungen des Schwingkreises.....	6
Fazit.....	8

## Einleitung

Elektromagnetische Schwingungen sind ein elementarer Bestandteil unseres täglichen Lebens geworden. Sie ermöglichen es uns, über weite Distanzen zu kommunizieren, Energie zu übertragen und berührungslos Entfernungen, Füllstände, Bewegungen sowie viele weitere Messgrößen zu erfassen. Ziel dieses Berichtes ist es, einige der grundlegenden Eigenschaften des elektrischen Schwingkreises zu erläutern und zu erklären.

## Versuchsaufbau

Aufgebaut wurde der Schwingkreis in Parallelschaltung. Die Spule L1 und der Kondensator C1 wurden also parallel geschaltet. Der Widerstand R1 wurde zum Schwingkreis in Reihe geschaltet, um den Stromfluss durch die Spule zu begrenzen, die bei einem versehentlichen Anlegen von Gleichspannung aus einer Spannungsquelle mit hoher Wahrscheinlichkeit zerstört würde. Der zu L1 in Serie geschaltene Widerstand R2 ist auf dem Bild bereits eingezeichnet, wird aber erst später eingesetzt. Um unerwünschte Nebeneffekte und Störquellen so gering wie möglich zu halten wurde der Schwingkreis so dimensioniert, dass seine Eigenfrequenz (→ Resonanzfrequenz) relativ niedrig liegt:

$$L1 = 10\text{mH}$$

$$C1 = 1\mu\text{F}$$

$$R1 = 22\text{k}\Omega$$

Mit der thomsonschen Schwingungsgleichung ist es nun möglich, die Resonanzfrequenz zu berechnen:

$$f = \frac{1}{(2 * \pi * \sqrt{(L * C)})}$$

Die berechnete Resonanzfrequenz liegt bei 1591,5 Hz.

Zur Anregung des Schwingkreises wird er an den Punkten M1 und M2 an einen Frequenzgenerator angeschlossen, der eine Rechteckspannung mit einer Spannungsdifferenz von 10 Volt ausgibt.

Um die Spannungen am Schwingkreis selbst während der Schwingungen zu messen wurden vier Messpunkte ausgewählt: M1 und M2, sowie M3 und M4. Die beiden Messpunkte M1 und M2 messen die vom Generator ausgegebene Rechteckspannung und die Messpunkte M3 und M4 messen die Spannung am Kondensator.

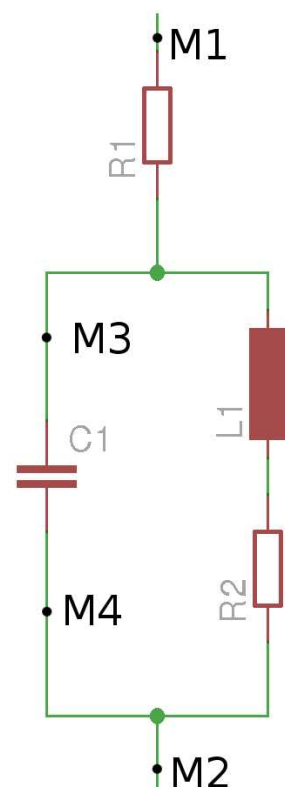


Abbildung 1:  
Schwingkreislaufbau  
mit Messpunkten

## Freie gedämpfte Schwingungen eines Schwingkreises

Um zu überprüfen, wie sich der Schwingkreis verhält, wird er mit einer Frequenz  $f = 100\text{Hz}$  vom Funktionsgenerator angeregt. Es zeigt sich, dass der Kondensator sich innerhalb einer halben Periode des angelegten Signals mehrmals entlädt und wieder lädt. Die Energie oszilliert dabei zwischen dem Kondensator und der Spule. In der Spule wird die Energie im magnetischen Feld

gespeichert, im Kondensator dagegen im elektrischen. Wie im Oszilloskopbild zu sehen ist, ist die Frequenz der Eigenschwingung des Schwingkreises um ein Vielfaches höher als die Frequenz der a Erregerschwingung, die Amplitude jedoch um ein Vielfaches kleiner (Auflösung betrachten: Erregerschwingung ist mit 5V/Div aufgelöst und die freie Schwingung mit 50mV/Div). Die Frequenz der freien Schwingung stimmt mit der Resonanzfrequenz nahezu überein. Gemessen wurden 1592 Hz und berechnet wurden 1591 Hz. Der Unterschied zwischen berechneter und gemessener Frequenz lässt sich durch Messfehler und Ungenauigkeiten beim Ablesen, sowie nicht idealer Bedingungen und Bauteiletoleranzen erklären.

Bei näherer Betrachtung erkennt man, dass die Amplitude der freien Schwingung mit der Zeit abnimmt, bedingt durch den Widerstand der Verbindungskabel. Da der reelle (Kabel-)Widerstand durch

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

definiert ist, wird dem Schwingkreis also bei jeder Umladung und damit bei jedem Stromfluss Energie entzogen und in Wärme umgewandelt. Die Amplitude der freien Schwingung nimmt also kontinuierlich ab und strebt gegen den Wert der Erregerspannung.

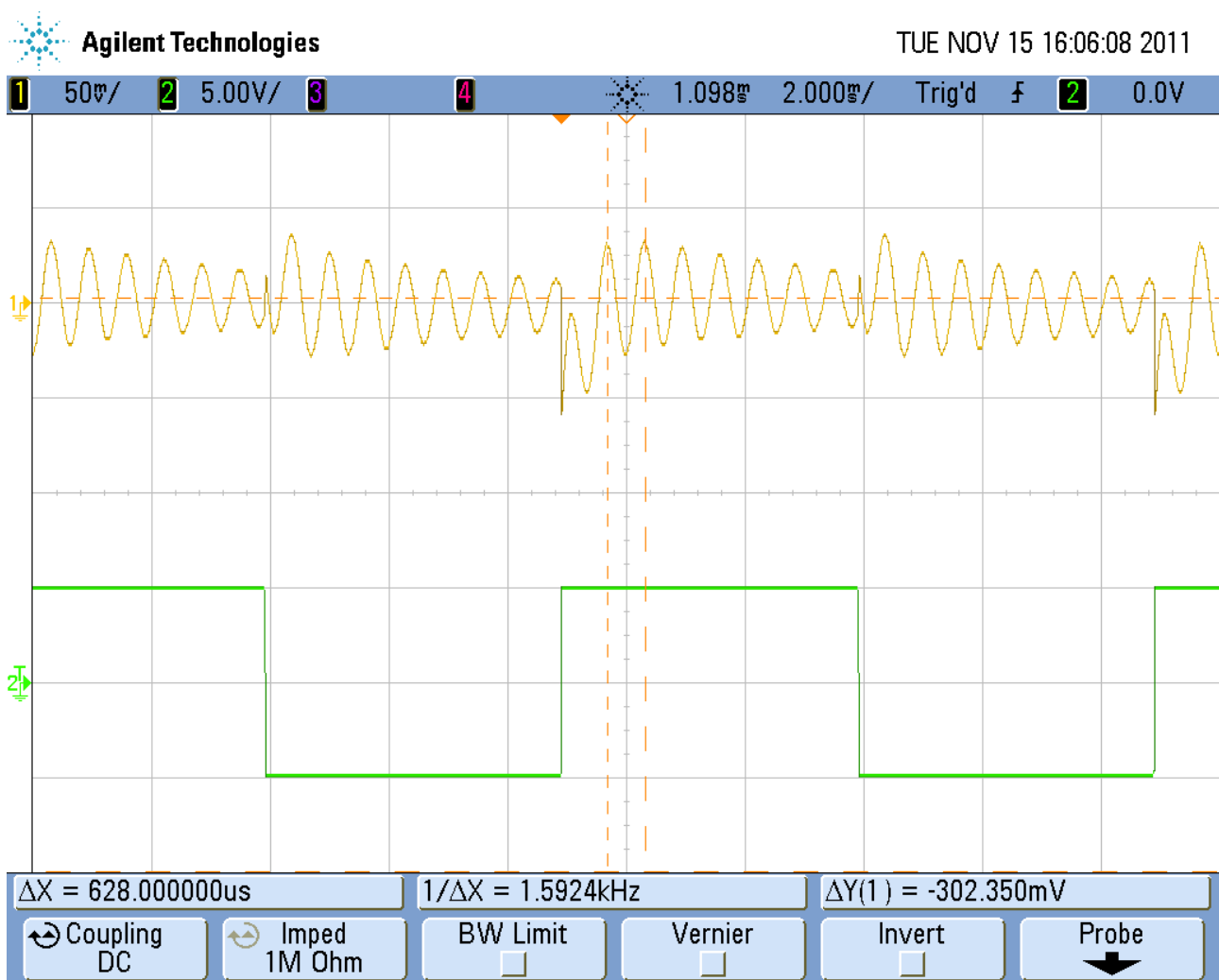


Abbildung 2: Freie Schwingung des Schwingkreises auf der Eigenfrequenz(gelb) und Erregerschwingung (grün)

### Untersuchung anderer Spulen- und Kondensatorwerte

Nachdem die freie Schwingung an einer Konfiguration erklärt wurde, soll nun untersucht werden, wie sich eine Veränderung der Werte von L1 und C1 auf den Schwingkreis auswirken. Dabei wird bei gleichbleibender Erregerfrequenz und Signalform ( $f = 100\text{Hz}$ , Rechteck) immer ein Parameter verändert und sowohl die Frequenz der freien Schwingung gemessen, als auch die Größe der Amplitude am Anfang der Erregung und in der Periode bevor das Erregersignal einen neuen Wert annimmt. Die gemessenen Werte sind in der unten stehenden Tabelle aufgelistet:

L1	C1	f gemessen	f berechnet	Startampl.	Endampl.
20 mH	1 $\mu\text{F}$	1113 Hz	1125 Hz	101,25 mV	60 mV
10 mH	2 $\mu\text{F}$	1160 Hz	1125 Hz	33,75 mV	20 mV
20 mH	2 $\mu\text{F}$	798 Hz	795 Hz	30 mV	20 mV

Hier zeigt sich deutlich die Auswirkung der Induktivität gegenüber einer kleineren Kapazität. Die Resonanzfrequenz von (1) und (2) ist zwar gleich, doch da L1 doppelt so groß ist, kann auch mehr Energie in Form des Magnetfeldes gespeichert werden, was dann eine höhere Spannung induziert. So ist die Amplitude der freien Schwingung höher als die Amplitude beispielsweise bei einem größeren C. Schön zu sehen ist auch, dass die berechnete Resonanzfrequenz nur minimal von der gemessenen Frequenz abweicht.

In einer weiteren Messung ist herauszufinden, was passiert, wenn man einen Widerstand R2 in Serie zur Spule schaltet. Dazu wurden jeweils zwei Messungen vorgenommen. Beide wurden mit einer Erregerspannung von  $U = 10\text{V}$  (Spitze Spitze Wert) bei einer Erregerfrequenz von  $f = 100\text{ Hz}$  durchgeführt.

Ohne R2:                      Amplitude zu Beginn der Anregung: 31,25 mV  
                                     Amplitude am Ende der Anregung: 17,50 mV  
                                     Resonanzfrequenz:                      1634 Hz

Mit R2:                        Amplitude zu Beginn der Anregung: 30 mV  
                                     Amplitude am Ende der Anregung: 8 mV  
                                     Resonanzfrequenz:                      1634 Hz

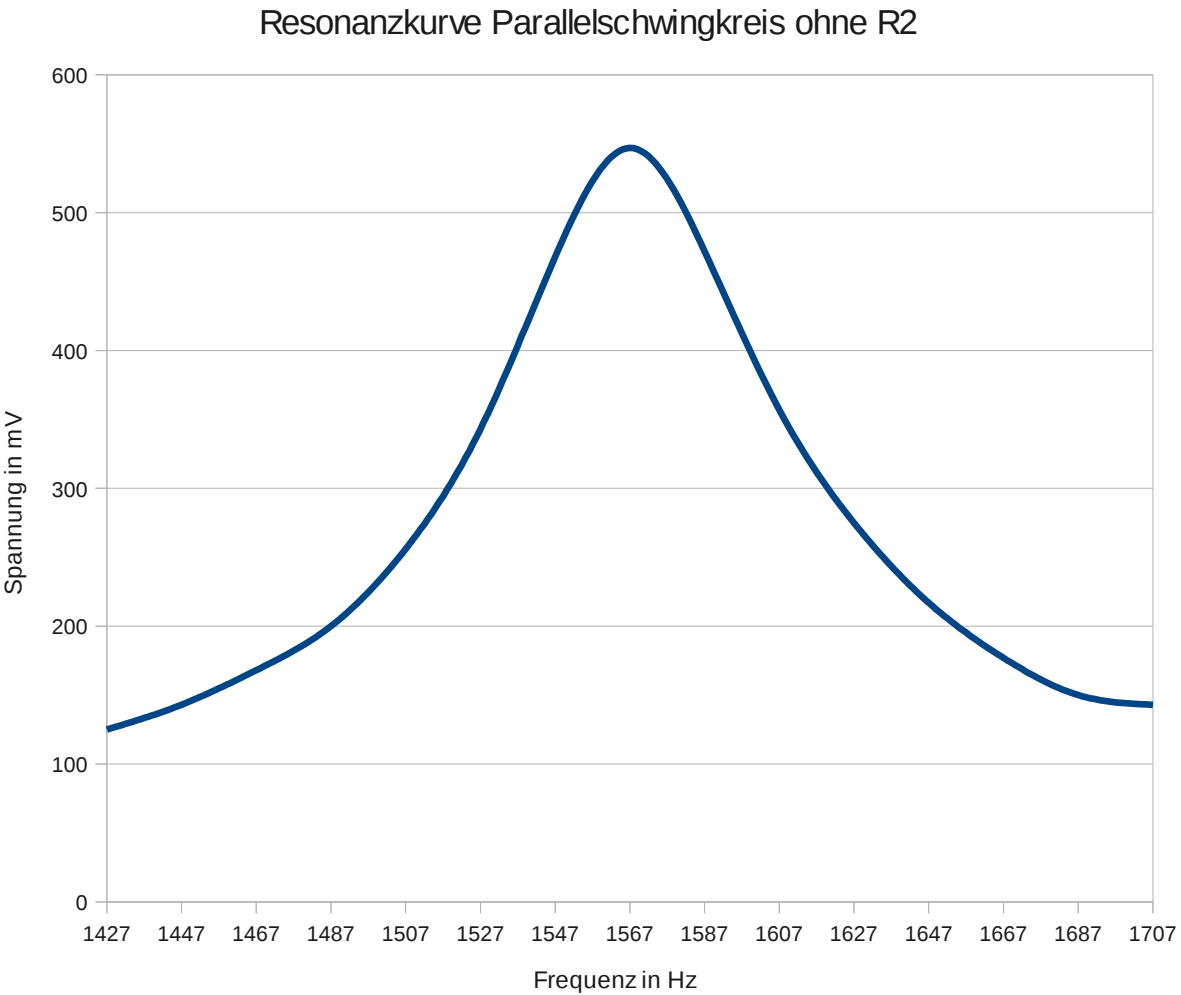
Es zeigt sich, dass sich der zusätzliche ohmsche Widerstand lediglich auf das Abklingen der Amplitude auswirkt und nicht auf die Resonanzfrequenz. Durch den zusätzlichen Widerstand wird bei jedem Umladen der Energie ein Teil derselben in Wärmeenergie umgewandelt und geht im Schwingkreis somit verloren.

## Erzwungene Schwingungen des Schwingkreises

Wenn man den Schwingkreis mit einer Frequenz ansteuert, die nicht der Resonanzfrequenz entspricht, so wird der Widerstand des Schwingkreises mit zunehmenden  $\Delta f$  immer größer und hat bei der Resonanzfrequenz den höchsten Widerstand. Die unten stehenden Tabellen zeigen die Messungen:

Ohne Dämpfungs R

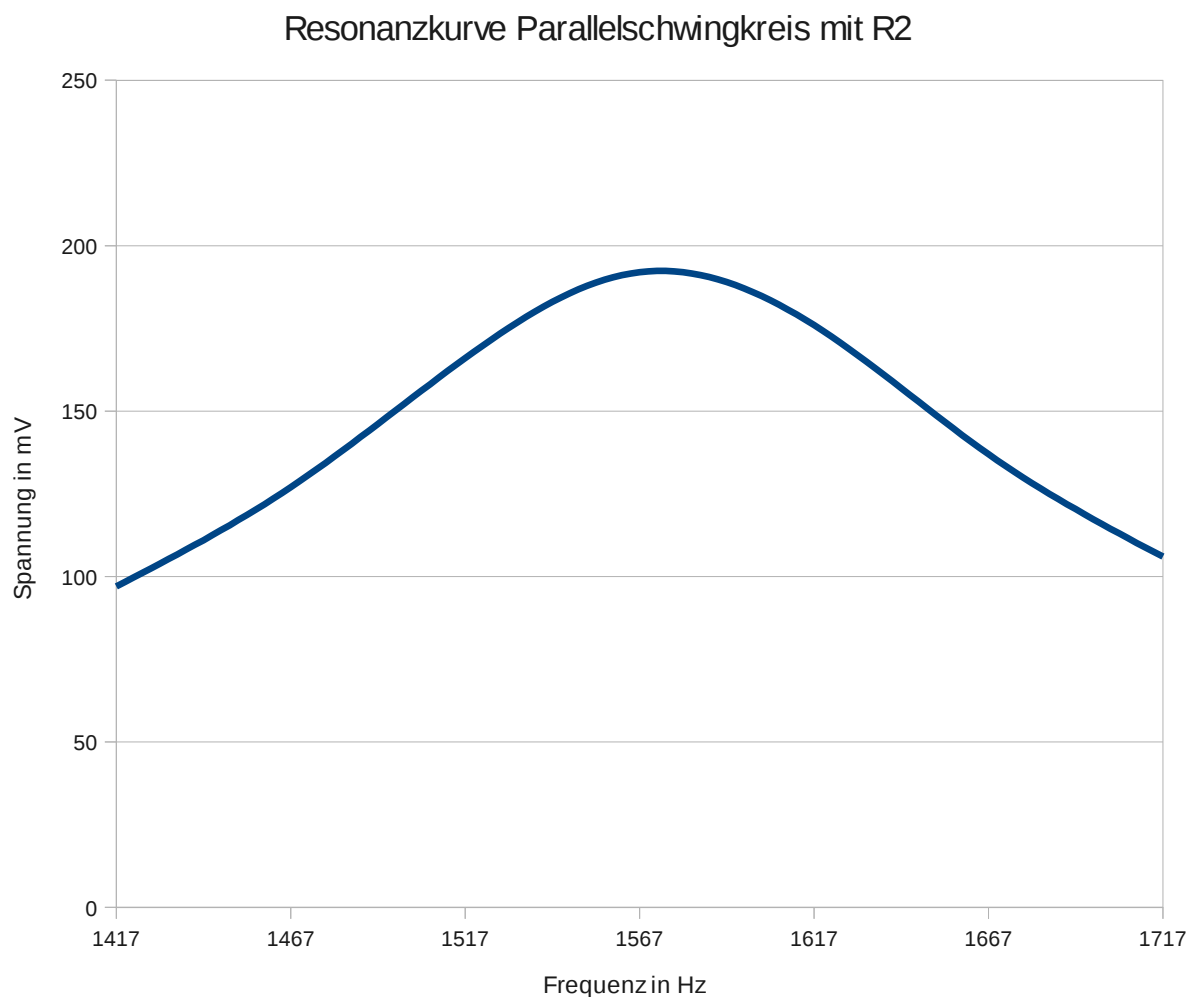
F in Hz	Spannung in mV
1427	125
1447	143
1467	168
1487	200
1507	256
1527	343
1547	468
1567	547
1587	472
1607	357
1627	275
1647	217
1667	177
1687	150
1707	143



Mit Dämpfung R (Um die grobe Resonanzkurve aufzunehmen genügt ein  $\Delta f$  von 50Hz)

F in Hz	Spannung in mV
1417	97
1467	127
1517	166
1567	192
1617	176
1667	137
1717	106

Wie man sehr gut sieht, ist die Kurve des Schwingkreises mit R2 sehr viel flacher und breiter. Durch den Widerstand wird freie Schwingung des Schwingkreises behindert. Dem Schwingkreis wird Energie entzogen und somit sinkt der frequenzabhängige Widerstand. Je größer R2 (+ ohmscher Widerstand der Spule), desto kleiner  $R_{ges}(f)$ . Deswegen ist ein kleiner ohmscher Spulenwiderstand erwünscht, um eine steile Resonanzkurve zu erhalten.





## Fazit

Die Versuche haben eindrücklich gezeigt, dass der Widerstand der Schaltung maßgeblich vom ohmschen Widerstand im Schwingkreis abhängt. Weiterhin wurde gezeigt, dass der Schwingkreis eine Eigenfrequenz hat, auf der er bei Anregung von selbst schwingt. Es haben sich auch einige Messfehler offenbart, deren Ursachenfindung und -behebung einige Zeit gekostet hat. Zu guter letzt sollte man auch seine eigenen Messungen noch einmal durch eine zweite Person prüfen lassen, um Messfehler und / oder Ablesefehler der Messwerte zu vermeiden.