

V 355

gekoppelte Schwingkreise

Felix Symma

felix.symma@tu-dortmund.de

Joel Koch

joel.koch@tu-dortmund.de

Durchführung: 23.11.2021

Abgabe: 30.11.2021

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
3	Durchführung	3
3.1	vorbereitende Maßnahmen	3
3.2	Austausch der Schwingungsenergie	3
3.3	Fundamentalschwingung	4
3.4	Strömungsverlauf	4
4	Auswertung	4
4.1	Vorbereitung	4
4.2	Fundamentalschwingung	4
5	Diskussion	7
6	Anhang	8
	Literatur	10

1 Einleitung

Ziel des Versuches ist es gekoppelte Schwingkreise zu untersuchen. Obwohl im folgenden ein elektromagnetischer Schwingkreis betrachtet wird, lassen sich die Erkenntnisse leicht auf ein mechanisches Analogon übertragen (zum Beispiel ein gekoppeltes Schwingungssystem, bestehend aus 2 Fadenpendeln, die über eine elastische Feder miteinander verbunden sind [1]). Der Grund, dass am elektrischen Schwingkreis Untersuchungen vorgenommen werden, ist dass die Amplitude und die Frequenz einfacher und genauer bestimmt werden können. Bei der Beobachtung des Schwingkreises wird auf die Energieverteilung der Systeme und auf den Einfluss eines äußeren Erregers auf das schwingende System geachtet.

Die Erkenntnisse werden anschließend ausgewertet und mit der Theorie abgeglichen.

2 Theorie

[sample]

3 Durchführung

3.1 vorbereitende Maßnahmen

Bevor der Versuch durchgeführt werden kann, müssen zunächst die Resonanzfrequenzen der Maschen, beziehungsweise der beiden Schwingkreise, herausgefunden werden. Bei der linken Masche wird die Resonanzfrequenz mit fester Kapazität und variabler Spannungsfrequenz gemessen. Die Resonanzfrequenz der rechten Masche wird mit einer festen Spannungsfrequenz und variabler Kapazität gemessen. Die Schaltung wird gemäß Abbildung 5 aufgebaut.

Mithilfe eines Generators wird eine Rechteckspannung angelegt, die für die Kreisfrequenz ω im linken Schwingkreis sorgt. Indem Lissajous-Figuren erzeugt, die man über den XY-Betrieb am Oszilloskop erstellt, kann die Phasenverschiebung von dem Generator und dem Schwingkreis auf null gesetzt werden. Ist die Lissajous-Figur eine Gerade, dann sind die beiden eingehenden Signale, hier der Generator und der Schwingkreis, in Phase. Ein Beispiel dafür ist die Abbildung 3.

Es wird die Resonanzfrequenz der linken Masche festgehalten und die Resonanzfrequenz der rechten Masche ausgemessen. Dabei wird die verstellbare Kapazität an dem Schaltkasten so eingestellt, dass die Lissajous-Figur Phasengleichheit angibt.

3.2 Austausch der Schwingungsenergie

Zunächst wird der Schaltplan gemäß Abbildung 6 aufgebaut. Nun werde in Abhängigkeit der verstellbaren Kapazität auf dem Schaltkasten die Kopplungskapazität C_K die Schwingungsmaxima einer Schwebung gezählt. Es wird außerdem die Zeit einer Schwebungsperiode gemessen. Der Vorgang wird für alle möglichen Kopplungskapazitäten auf dem Schaltkasten wiederholt.

3.3 Fundamentalschwingung

Das Oszilloskop wird wieder auf die XY-Funktion umgestellt, damit man mit Lissajous-Figuren die Frequenzen der Fundamentalschwingungen messen kann. Es wird eine Sinusfrequenz am Generator eingestellt. Im Anschluss werden die Frequenzen in Abhängigkeit der Kopplungskapazität gemessen, bei denen die Lissajous-Figuren auf eine gerade abgebildet werden. Der Vorgang wird, analog zum Aufgabenteil zuvor, für alle möglichen Kopplungskapazitäten auf dem Schaltkasten wiederholt.

3.4 Strömungsverlauf

Der Schaltplan bleibt, wie bei der Messung der Fundamentalschwingungen. Am Stromgenerator wird mithilfe des Wobbelgenerators ein Frequenzzähler eingeschaltet. Dieser geht die Frequenzen von 20.00 kHz bis 50.00 kHz innerhalb von 0.02 Sekunden durch und bildet die Strömungsmaxima somit in Abhängigkeit der Frequenzen ab. Es werden die Position und der Wert der Strömungsmaxima aufgenommen. Die Messreihe wird wieder für alle möglichen Kopplungskapazitäten auf dem Schaltkasten wiederholt.

4 Auswertung

4.1 Vorbereitung

Bei der Vorbereitung wurde beim linken Schwingkreis eine Eigenfrequenz von $f_{\text{eigen}} = 30.61 \text{ kHz}$ bei einer Phasendifferenz von 0° gemessen. Der verstellbare Kondensator wird so eingestellt, dass der rechte Schwingkreis die gleiche Eigenfrequenz hat, wie der linke. Die Referenzwerte der Bauteile des benutzten Schaltkastens sind in Tabelle 1 und Tabelle 2. Die Anzahl der Maxima, beziehungsweise Minima, sind in Tabelle 3 aufgeführt. Außerdem ist die Dauer einer Schwebung aufgetragen.

Tabelle 1: Werte des linken Schaltkreises.

L / mH	C / nF	$C_{\text{Spule}} / \text{nF}$
32.351	0.8015	0.037

Tabelle 2: Werte des rechten Schaltkreises.

L / mH	C / nF	$C_{\text{Spule}} / \text{nF}$
23.954	0.7932	0.028

4.2 Fundamentalschwingung

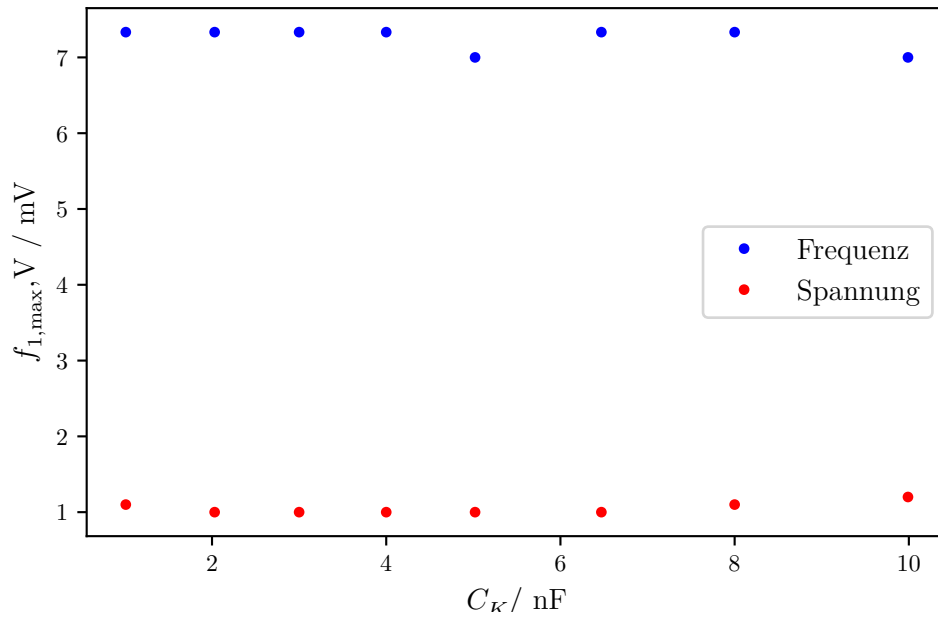
Im folgenden werden die beiden Fundamentalschwingungen in Abhängigkeit der Kopplungskapazität C_K des Kopplungskondensators bestimmt.

Tabelle 3: Anzahl Maxima der Schwebung.

C_K / nF	Schwingungsmaxima	$\Delta t / \mu\text{s}$
9.99	13	235
8.00	11	195
6.47	10	155
5.02	8	125
4.00	7	100
3.00	6	75
2.03	4	50

Tabelle 4: Fundamentalschwingungen

f_+ / kHz	f_- / kHz	V_1 / mV	V_2 / mV	C_K / nF	I_2 / mA
38	49	60	110	9.99	1.22
40	50	55	110	8.00	1.51
40	50	55	110	6.47	1.87
38	55	50	110	5.02	2.42
40	58	50	105	4.00	2.90
40	62	50	105	3.00	3.86
40	73	50	100	2.03	5.44
40	76	55	95	1.01	10.39

**Abbildung 1:** Die aufgenommenen Messwerte

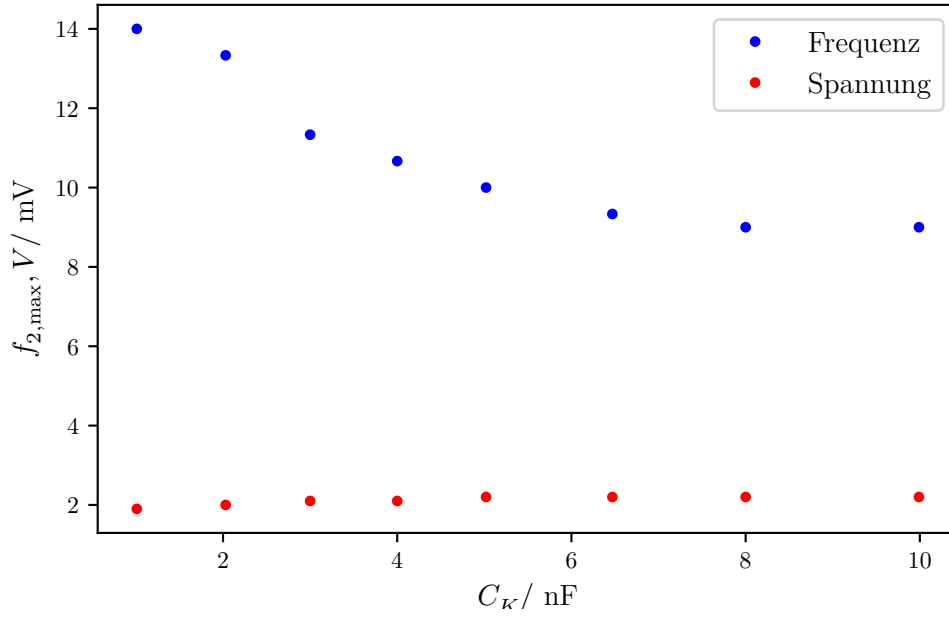


Abbildung 2: Die aufgenommenen Messwerte

Der Strom I_2 wird mithilfe des Widerstandes $R = 48\Omega$ berechnet. Die Frequenz der ersten Fundamentalschwingung berechnet sich durch $f_+ = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ und die der zweiten Fundamentalschwingung durch $f_- = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{CC_K}{2C+C_K}}}$.

Es werden die geringen Kapazitäten der beiden Spulen ebenfalls berücksichtigt, wodurch sich die Frequenzen ergeben zu $f_+ = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_{\text{Sp}})}}$ und $f_- = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\left(\frac{CC_K}{2C+C_K}+C_{\text{Sp}}\right)}}$.

Der theoretisch zu erwartende Wert für den Strom I_2 berechnet sich durch EINE FORMEL.

Tabelle 5: Die erwarteten Theoriewerte.

f_+ / kHz	$f_{+, \text{theo}} / \text{kHz}$	f_- / kHz	$f_{-, \text{theo}} / \text{kHz}$	C_K / nF	I_2 / mA	$I_{2, \text{theo}} / \text{mA}$
33.1	30.5	81.3	47.6	1.0	38.125	38.124
33.1	30.5	61.1	39.5	2.2	40.833	40.830
33.1	30.5	57.1	38.0	2.7	39.229	39.225
33.1	30.5	48.7	35.1	4.7	42.708	42.696
33.1	30.5	44.7	33.7	6.8	45.000	44.974
33.1	30.5	42.8	33.2	8.2	38.125	38.093
33.1	30.5	41.4	32.8	10.0	42.291	42.241
33.1	30.5	40.2	32.4	12.0	41.666	41.595

5 Diskussion

6 Anhang

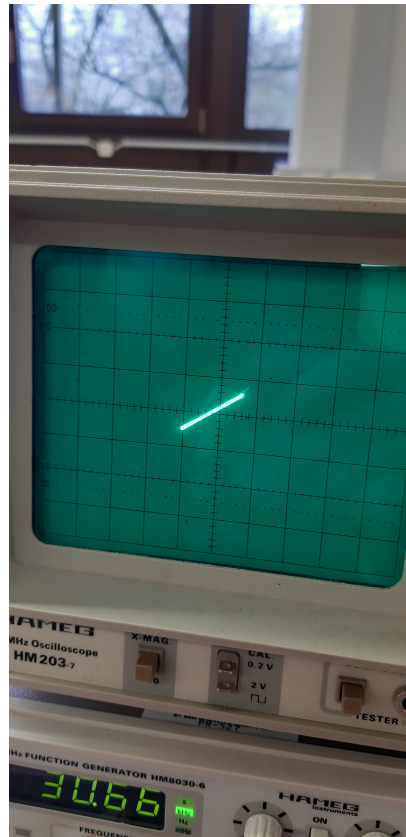


Abbildung 3: Lissajous-Figur der Justierung.

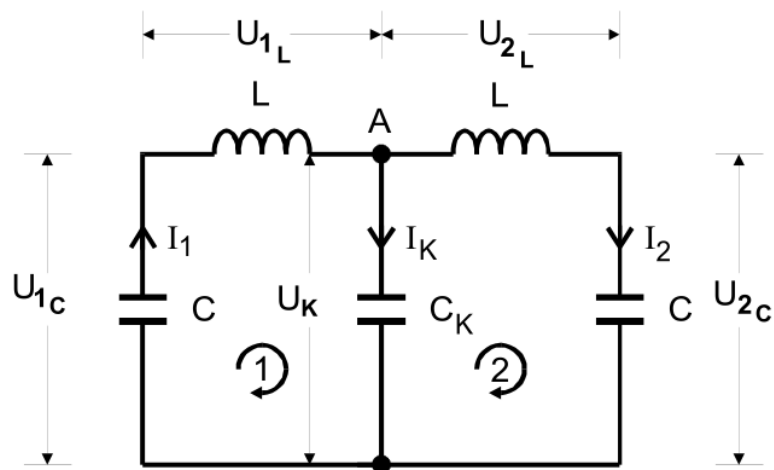


Abbildung 4: Schaltung zweier gekoppelter Schwingkreise [1]

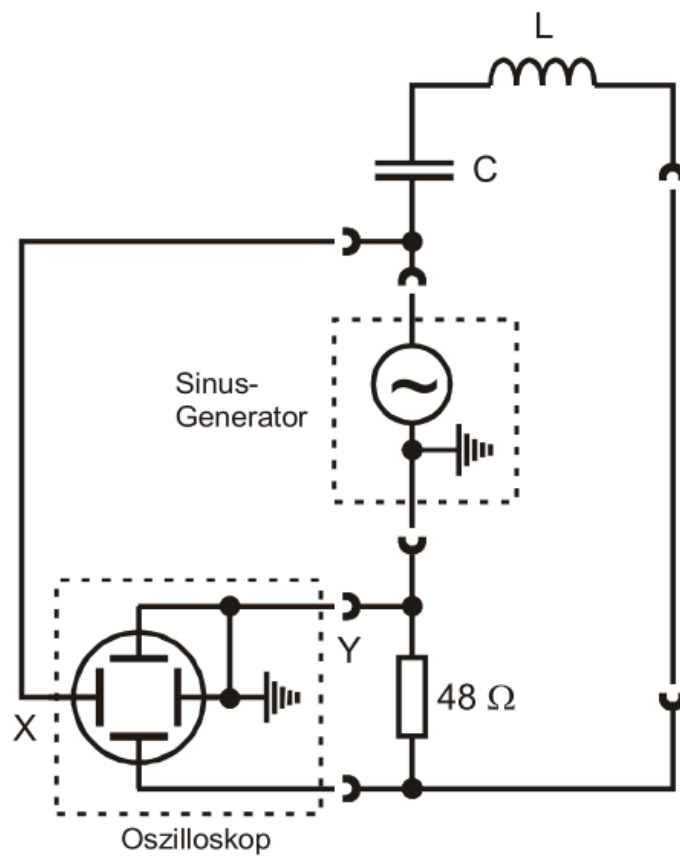


Abbildung 5: Schaltung zur Einstellung der Resonanzfrequenz [1]

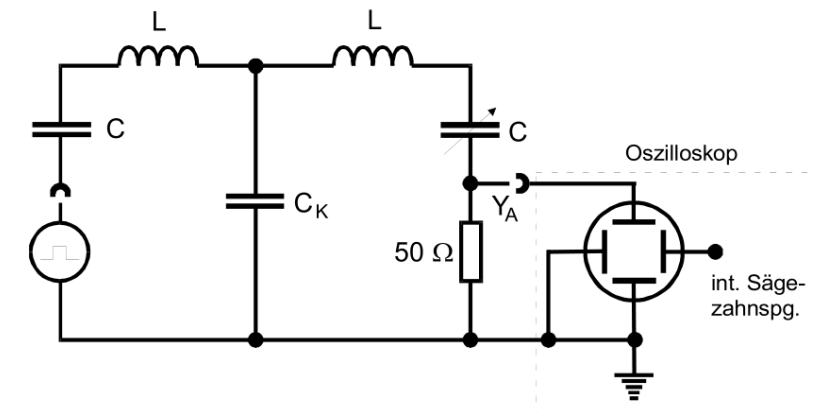


Abbildung 6: Schaltung für den Austausch der Schwingungsenergie [1]

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch Nr. 355: Gekoppelte Schwingkreise*. 2021.