

TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
DORTMUND

ANFÄNGERPRAKTIKUM PHYSIK  
WINTERSEMESTER  
13/14

---

**V355**  
**Gekoppelte Schwingkreise**

19. Dezember 2013

---

Johannes Schlüter  
Joshua Luckey

johannes.schlueter@udo.edu  
joshua.luckey@udo.edu

# 1 Einleitung

# 2 Theorie

# 3 Durchführung

# 4 Auswertung

Im Folgenden sind die während des Versuchs aufgenommenen Messwert und die aus diesen berechneten Größen tabellarisch aufgeführt. An entsprechender Stelle sind Erklärungen zu den Rechnungen und Messwerten gegeben.

## 4.1 Messung des Frequenzverhältnisses

Die durch Abzählen bestimmte Anzahl der Schwingungamplituden  $A_1$  pro Schwebungsamplitude, das entsprechende Verhältnis sind in Tabelle 1 mit der jeweiligen Kapazität eingetragen dargestellt.

| Kapazität<br>$C_K$ [nF] | Amplitudenzahl<br>$A_1$ | Amplitudenverhältnis<br>$1/A_1$ |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| $1,00 \pm 0,03$         | 2,000                   | 0,500                           |
| $2,19 \pm 0,07$         | 3,000                   | 0,333                           |
| $2,86 \pm 0,09$         | 4,000                   | 0,250                           |
| $4,7 \pm 0,1$           | 7,000                   | 0,143                           |
| $6,9 \pm 0,2$           | 9,000                   | 0,111                           |
| $8,2 \pm 0,2$           | 11,000                  | 0,091                           |
| $10,0 \pm 0,3$          | 13,000                  | 0,077                           |
| $12,0 \pm 0,4$          | 15,000                  | 0,067                           |

**Tabelle 1:** Messwerte zur Bestimmung des Frequenzverhältnisses

Mit Hilfe von ?? und ?? können die Fundamentalfrequenzen  $\nu^+$  und  $\nu^-$  aus den gegebenen Größen

$$C = (0,793\,20 \pm 0,000\,05) \text{ nF} \quad (1a)$$

$$C_{sp} = 0,028 \text{ nF} \quad (1b)$$

$$L = (23,95 \pm 0,05) \text{ mH} \quad (1c)$$

bestimmt werden. Diese Frequenzen sind in Tabelle 2 zu finden, in der auch das unter Verwendung von ?? und ?? jeweils bestimmte Verhältnis  $\frac{2(\nu^- - \nu^+)}{\nu^- + \nu^+}$  eingetragen ist.

Die relativen Abweichungen der gemessenen von den berechneten Werten des Frequenzverhältnisses  $N_t := \frac{2(\nu^- - \nu^+)}{\nu^- + \nu^+}$  und  $N_m := \frac{1}{A_1}$  sind in Tabelle 3 enthalten.

| Kapazitäten<br>$C_K$ [nF] | Fundamentalfrequenz<br>$\nu^+$ [kHz] | Fundamentalfrequenz<br>$\nu^-$ [kHz] | Frequenzverhältnis<br>$\frac{2(\nu^- - \nu^+)}{\nu^- + \nu^+}$ |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $1,00 \pm 0,03$           | $35,88 \pm 0,04$                     | $56,3 \pm 0,5$                       | $0,442 \pm 0,008$  |
| $2,19 \pm 0,07$           | $35,88 \pm 0,04$                     | $46,6 \pm 0,3$                       | $0,259 \pm 0,006$  |
| $2,86 \pm 0,09$           | $35,88 \pm 0,04$                     | $44,3 \pm 0,2$                       | $0,210 \pm 0,005$  |
| $4,7 \pm 0,1$             | $35,88 \pm 0,04$                     | $41,2 \pm 0,2$                       | $0,138 \pm 0,004$  |
| $6,9 \pm 0,2$             | $35,88 \pm 0,04$                     | $39,7 \pm 0,1$                       | $0,100 \pm 0,003$  |
| $8,2 \pm 0,2$             | $35,88 \pm 0,04$                     | $39,1 \pm 0,1$                       | $0,085 \pm 0,002$  |
| $10,0 \pm 0,3$            | $35,88 \pm 0,04$                     | $38,52 \pm 0,09$                     | $0,071 \pm 0,002$  |
| $12,0 \pm 0,4$            | $35,88 \pm 0,04$                     | $38,10 \pm 0,08$                     | $0,060 \pm 0,002$  |

**Tabelle 2:** Berechnete Fundamentalfrequenzen und das Frequenzverhältnis der Schwebung

| Relative Abweichung<br>$\frac{ N_m - N_t }{N_t}$ |                 |
|--|-----------------|
| $0,13 \pm 0,02$                                  | $0,11 \pm 0,03$ |
| $0,29 \pm 0,03$                                  | $0,07 \pm 0,03$ |
| $0,19 \pm 0,03$                                  | $0,08 \pm 0,03$ |
| $0,03 \pm 0,03$                                  | $0,11 \pm 0,03$ |

**Tabelle 3:** Relative Abweichung der gemessenen Frequenzverhältnisse

## 4.2 Messung der Fundamentalfrequenzen

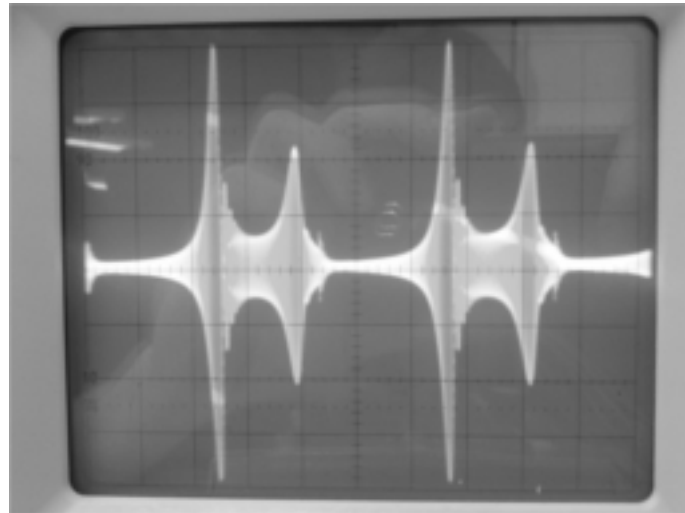
Die gemessenen Fundamentalfrequenzen der gekoppelten Schwingkreise sind in Tabelle 4 zusammen mit den berechneten Fundamentalfrequenzen aus Tabelle 2 zu finden. Neben diesen sind dort auch die Verhältnisse von gemessener zu berechneter Frequenz angegeben.

| Berechnete<br>Fundamentalfrequenzen<br>$\nu_{theo}^+$ [kHz]   $\nu_{theo}^-$ [kHz] |                  | Gemessene<br>Fundamentalfrequenzen<br>$\nu^+$ [kHz]   $\nu^-$ [kHz] |                  | Frequenzverhältnis<br>$\nu^+/\nu_{theo}^+$   $\nu^-/\nu_{theo}^-$ |                   |
|--|------------------|---|------------------|---|-------------------|
| $35,88 \pm 0,04$   | $56,3 \pm 0,5$   | $35,65 \pm 0,01$  | $40,68 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,723 \pm 0,006$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $46,6 \pm 0,3$   | $35,65 \pm 0,01$  | $39,61 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,851 \pm 0,005$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $44,3 \pm 0,2$   | $35,65 \pm 0,01$  | $39,06 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,881 \pm 0,005$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $41,2 \pm 0,2$   | $35,65 \pm 0,01$  | $39,25 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,952 \pm 0,004$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $39,7 \pm 0,1$   | $35,63 \pm 0,01$  | $37,83 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,954 \pm 0,003$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $39,1 \pm 0,1$   | $35,62 \pm 0,01$  | $37,22 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,952 \pm 0,002$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $38,52 \pm 0,09$ | $35,62 \pm 0,01$  | $37,15 \pm 0,01$ | $0,993 \pm 0,001$   | $0,964 \pm 0,002$ |
| $35,88 \pm 0,04$   | $38,10 \pm 0,08$ | $35,60 \pm 0,01$  | $37,09 \pm 0,01$ | $0,992 \pm 0,001$   | $0,974 \pm 0,002$ |

**Tabelle 4:** Berechnete und gemessene Fundamentalfrequenzen mit jeweiligem Verhältnis

## 4.3 Messung des Verlauf des Stroms $I_2$

Der auf dem Oszilloskop angezeigte Verlauf der Spannung in Abhängigkeit von der Frequenz, ist für jeden Koppelkondensator  $C_K$  ähnlich zu dem in Abbildung 1 für den Kon-



**Abbildung 1:** Beispielhafter Verlauf der Spannung für  $C_K = (2,19 \pm 0,07) \text{ nF}$

densator mit  $C_K = (2,19 \pm 0,07) \text{ nF}$  dargestellten.

Die aus diesen Bildern bestimmten Messwerte für die Fundamentalfrequenzen und die zugehörigen Spannungen sind in Tabelle 5 aufgeführt.

| Kapazitäten<br>$C_K \text{ [nF]}$ | Fundamentalfrequenz<br>$\nu^+ \text{ [kHz]}$ | Fundamentalfrequenz<br>$\nu^- \text{ [kHz]}$ | Spannung<br>$U^+ \text{ [V]}$ | Spannung<br>$U^- \text{ [V]}$ |
|-----------------------------------|--|--|-------------------------------|-------------------------------|
| $2,19 \pm 0,07$                   | $38,0 \pm 0,8$                               | $48,5 \pm 0,8$                               | $2,00 \pm 0,05$               | $1,10 \pm 0,05$               |
| $2,86 \pm 0,09$                   | $37,2 \pm 0,8$                               | $46,2 \pm 0,8$                               | $2,00 \pm 0,05$               | $1,10 \pm 0,05$               |
| $4,7 \pm 0,1$                     | $38,0 \pm 0,8$                               | $43,2 \pm 0,8$                               | $2,05 \pm 0,05$               | $1,15 \pm 0,05$               |
| $6,9 \pm 0,2$                     | $38,0 \pm 0,8$                               | $41,0 \pm 0,8$                               | $2,05 \pm 0,05$               | $1,15 \pm 0,05$               |
| $8,2 \pm 0,2$                     | $38,0 \pm 0,8$                               | $40,2 \pm 0,8$                               | $2,10 \pm 0,05$               | $1,15 \pm 0,05$               |
| $10,0 \pm 0,3$                    | $38,0 \pm 0,8$                               | $39,5 \pm 0,8$                               | $2,10 \pm 0,05$               | $1,20 \pm 0,05$               |
| $12,0 \pm 0,4$                    | $37,2 \pm 0,8$                               | $38,8 \pm 0,8$                               | $2,10 \pm 0,05$               | $1,25 \pm 0,05$               |

**Tabelle 5:** Fundamentalfrequenzen und jeweilige Spannungsspitzen

Die zu untersuchende Stromstärke lässt sich aus den Spannungen in ?? mit Hilfe von

$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

berechnen. Zusammen mit den Mittels ?? berechneten Werten für diese Stromstärke, sind diese in Tabelle 6 eingetragen. Für die Berechnung der Stromstärken, wurde die Generatorspannung  $|u| = 12 \text{ V}$  verwendet.

| Berechnete               |                          | Gemessene                |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Stromstärke<br>$I^+$ [A] | Stromstärke<br>$I^-$ [A] | Stromstärke<br>$I^+$ [A] | Stromstärke<br>$I^-$ [A] |
| $0,015 \pm 0,006$        | $0,03 \pm 0,04$          | $0,0256 \pm 0,0006$      | $0,0141 \pm 0,0006$      |
| $0,03 \pm 0,02$          | $0,02 \pm 0,03$          | $0,0256 \pm 0,0006$      | $0,0141 \pm 0,0006$      |
| $0,018 \pm 0,006$        | $0,02 \pm 0,01$          | $0,0263 \pm 0,0006$      | $0,0147 \pm 0,0006$      |
| $0,021 \pm 0,004$        | $0,03 \pm 0,04$          | $0,0263 \pm 0,0006$      | $0,0147 \pm 0,0006$      |
| $0,023 \pm 0,002$        | $0,04 \pm 0,07$          | $0,0269 \pm 0,0006$      | $0,0147 \pm 0,0006$      |
| $0,028 \pm 0,002$        | $0,06 \pm 0,09$          | $0,0269 \pm 0,0006$      | $0,0154 \pm 0,0006$      |
| $0,04 \pm 0,02$          | $0,07 \pm 0,05$          | $0,0269 \pm 0,0006$      | $0,0160 \pm 0,0006$      |

**Tabelle 6:** Theoretisch bestimmte und gemessene Stromstärken

#### 4.4 Fehlerrechnung

## 5 Diskussion

Im folgenden Abschnitt werden die in Abschnitt 4 erarbeiteten Ergebnisse, durch Vergleich mit den theoretisch berechneten Werten auf Richtigkeit beziehungsweise Plausibilität hin untersucht. Dabei wird auch auf den verwendeten Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung Bezug genommen.

Die in Abschnitt 4.1 erhaltenen Amplitudenverhältnisse in Tabelle 1 stimmen mit den, aus den berechneten Werten der Fundamentalschwingung bestimmten, Frequenzverhältnissen in Tabelle 4 nicht exakt, jedoch in plausibler Weise überein. Wie aus den Werten in Tabelle 3 zu berechnen ist weichen die gemessenen Werte im Mittel um weniger als 13 % ab. Dabei sind die erhalten Messwerte jeweils größer als der theoretisch bestimmte Wert, es handelt sich demnach um eine allgemeine Abweichung nach oben.

Eine Erklärung für dies Abweichung ist die verwendete Messmethode, da sich durch Abzählen der Schwingungsamplituden pro Schwebungsamplitude nur Frequenzverhältnisse bestimmen lassen die als Bruch mit ganzzahligem Nenner beschreibbar sind, wodurch nicht ganzzahlige Verhältnisse nicht bestimmbar sind. Eine Erhöhung der Genauigkeit erhielte man durch mitteln der Anzahl an Schwingungsamplituden über mehrere Schwebungsamplituden.

Die in Abschnitt 4.2 gemessenen Fundamentalfrequenzen stimmen vom Verlauf mit den theoretischen Fundamentalfrequenzen der gekoppelten Schwingkreise überein. So ist die gemessene Fundamentalfrequenz  $\nu^+$  aus Tabelle 2 genau wie die berechnete Frequenz bis auf geringe Änderungen konstant und mit einer Abweichung von unter 1 % vom Theoriewert sehr genau. Die gemessenen Fundamentalfrequenzen  $\nu^-$  zeigen für die ersten drei Messungen mit durchschnittlich 18 % größere Abweichungen als die der folgenden Messungen bei denen die Abweichung bei durchschnittlich 4 % liegt. Auch bei dieser Messung haben alle Abweichungen das selbe (negative) Vorzeichen, wodurch auch hier wider von einem systematischen Fehler auszugehen ist.