

# Praktikumsbericht Elektrotechnik 3.Semester

## Versuch 3, Resonanzkreise

10. November 2000

Niels-Peter de Witt    Matrikelnr. 2083921  
Helge Janicke        Matrikelnr. 2083973

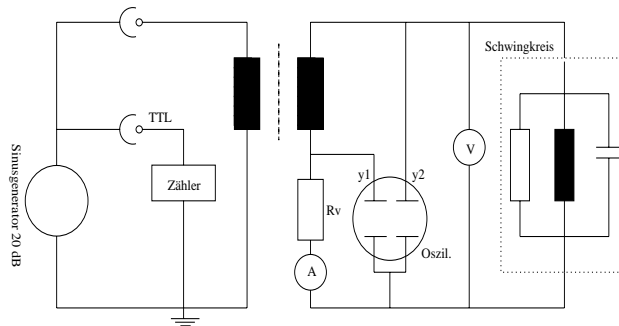
\_\_\_\_\_

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Parallelschwingkreis</b>	<b>3</b>
1.1	Messung des Ohmschen Widerstandes . . . . .	3
1.2	Messung der Resonanzkurve für konstanten Strom . . . . .	3
1.2.1	Meßwertetabelle . . . . .	3
1.2.2	Grafische Darstellung der Meßwerte . . . . .	4
1.3	Ermittlung der Resonanzfrequenz durch Phasenmessung . . . . .	4
1.4	Messung des bedämpften Parallelschwingkreises . . . . .	4
1.4.1	Meßwertetabelle . . . . .	4
1.4.2	Grafische Darstellung der Meßwerte . . . . .	5
1.5	Ermittlung der Kenngrößen des Parallelschwingkreises (nach 1.2) . . . . .	5
1.6	Ermittlung der Resonanzfrequenz am gedämpften Parallelschwingkreis (nach 1.4) . . . . .	6
1.7	Vereinfachung reiner Parallelschwingkreis . . . . .	6
1.8	Theoretischer Verlauf . . . . .	7
1.8.1	Errechneter Parallelschwingkreis nach 1.2 . . . . .	7
1.8.2	Errechneter Parallelschwingkreis nach 1.4 . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Reihenschwingkreis</b>	<b>12</b>
2.1	Messung der Resonanzkurve für konstante Spannung . . . . .	12
2.1.1	Meßwertetabelle . . . . .	12
2.1.2	Grafische Darstellung der Meßwerte . . . . .	13
2.2	Ermittlung der Bandbreite durch Phasenmessung . . . . .	13
2.3	Ermittlung der Kenngrößen des Reihenschwingkreises . . . . .	13
2.4	Theoretischer Verlauf . . . . .	14
2.4.1	Berechnung nach Aufgabe 2.1 . . . . .	14

# 1 Parallelschwingkreis

## Versuchsaufbau



### 1.1 Messung des Ohmschen Widerstandes

Bei der Messung des Ohmschen Widerstandes der Spule ergab sich folgender Wert:

$$R_L = 14.5\Omega$$

### 1.2 Messung der Resonanzkurve für konstanten Strom

#### 1.2.1 Meßwertetabelle

$$I = 0.5mA$$

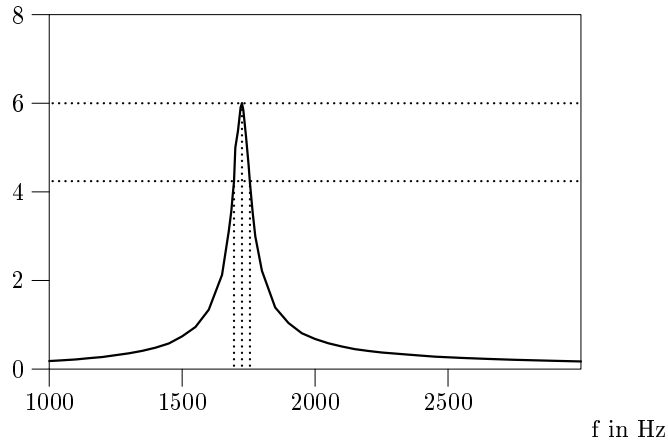
$$C = 0.22\mu F$$

$$R_V = 1k\Omega$$

f in Hz	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400
U in V	0.182	0.199	0.218	0.247	0.273	0.315	0.357	0.412	0.484
f in Hz	1450	1500	1550	1600	1650	1675	1685	1690	1695
U in V	0.579	0.740	0.950	1.340	2.126	3.100	3.570	3.920	4.230
f in Hz	1700	1710	1720	1725	1730	1740	1750	1755	1765
U in V	5.000	5.380	5.910	6.000	5.850	5.260	4.600	4.200	3.550
f in Hz	1775	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150
U in V	3.000	2.220	1.390	1.040	0.810	0.680	0.583	0.511	0.450
f in Hz	2200	2250	2350	2450	2550	2650	2750	2900	3000
U in V	0.410	0.375	0.327	0.281	0.253	0.230	0.210	0.187	0.173

### 1.2.2 Grafische Darstellung der Meßwerte

U in V



### 1.3 Ermittlung der Resonanzfrequenz durch Phasenmessung

Die Resonanzfrequenz ( $f_0$ ) wurde ermittelt, indem die Frequenz so geregelt wurde, daß Strom- und Spannungskennlinie auf dem Oszilloskop den selben Nulldurchgang hatten. Dies bedeutet, daß Strom und Spannung nicht Phasenverschoben sind, also den Resonanzfall.

$$f_0 = 1725 \text{ Hz}$$

Die Grenzfrequenzen ermittelten wir durch Regeln der Frequenz, so daß eine Phasenverschiebung von  $\frac{\pi}{4}$  vorlag. So erhielten wir folgende Grenzfrequenzen:

$$f_{gu} = 1695 \text{ Hz}$$

$$f_{go} = 1755 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = f_{go} - f_{gu} = 60 \text{ Hz}$$

### 1.4 Messung des bedämpften Parallelschwingkreises

#### 1.4.1 Meßwertetabelle

$$I = 0.5 \text{ mA}$$

$$C = 0.22 \mu\text{F}$$

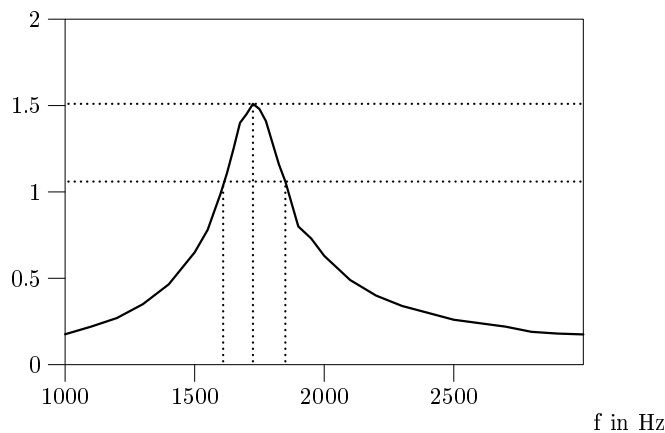
$$R_V = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_P = 4 \text{ k}\Omega$$

f in Hz	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1550	1600	1605
U in V	0.176	0.220	0.270	0.350	0.465	0.650	0.780	0.990	1.053
f in Hz	1625	1650	1675	1700	1725	1750	1775	1800	1825
U in V	1.110	1.250	1.400	1.450	1.510	1.480	1.410	1.285	1.160
f in Hz	1850	1900	1950	2000	2100	2200	2300	2400	2500
U in V	1.060	0.800	0.730	0.630	0.490	0.400	0.340	0.300	0.260
f in Hz	2600	2700	2800	2900	3000				
U in V	0.240	0.220	0.190	0.180	0.175				

#### 1.4.2 Grafische Darstellung der Meßwerte

U in V



#### 1.5 Ermittlung der Kenngrößen des Parallelschwingkreises (nach 1.2)

Berechnungsgleichungen:

Aus den Messungen läßt sich folgendes ermitteln:

$$f_0 = U_{max} = 1725 Hz$$

$$f_{gu} = 1695 Hz \quad \text{da hier} \quad U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$f_{go} = 1755 Hz \quad \text{da hier} \quad U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta f = f_{go} - f_{gu} = 60 Hz$$

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}$$

$$Q = \frac{1725 Hz}{60 Hz}$$

$$Q = 28.75$$

$$G_p = \frac{i_{res}}{u_{res}}$$

$$G_p = \frac{0.5 mA}{6 V}$$

$$G_p = 83,333 \mu S$$

$$\begin{aligned}
 Y_K &= G_p * Q \\
 Y_K &= 83,333\mu S * 28,75 \\
 Y_K &= 2.396mS \\
 L_p &= \frac{C}{Y_K^2} \\
 L_p &= \frac{0.22\mu F}{(2.396mS)^2} \\
 L_p &= 38,327mH
 \end{aligned}$$

Abweichungen könnten entstehen, da die Messwerte in 1.2 nur mit relativ großen Schrittweiten aufgenommen werden konnten. Die Messung mit dem Oszilloskop kann dagegen als kontinuierlich angesehen werden, was zu einem wesentlich besserem Ergebnis führt. Da wir zuerst die Resonanzfrequenz ermittelt hatten um eine Einschätzung der Messwerte zu erhalten, konnten wir die Meßintervalle in dem für die Grenzfrequenzen interessanten Bereich klein wählen. So erzielten wir Werte, die recht gut mit der genaueren Messung durch Phasenverschiebung übereinstimmten.

## 1.6 Ermittlung der Resonanzfrequenz am gedämpften Parallelschwingkreis (nach 1.4)

Hier ergaben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned}
 f_0 &= 1725Hz \\
 f_{gu} &= 1605Hz \\
 f_{go} &= 1850Hz \\
 \Delta f &= f_{go} - f_{gu} = 245Hz \\
 Q &= \frac{f_0}{\Delta f} \\
 Q &= \frac{1725Hz}{245Hz} \\
 Q &= 7.04
 \end{aligned}$$

## 1.7 Vereinfachung reiner Parallelschwingkreis

Zur Berechnung von  $R_r$ :<sup>1</sup>

$$\begin{aligned}
 X_C &= X_L \\
 Z &= \frac{U_{res}}{I_{res}} \\
 Z &= \frac{1}{G_P}
 \end{aligned}$$

---

<sup>1</sup>Quelle: Peter Zastrow FORMELN (Frankfurter Fachverlag)

$$\begin{aligned}
 Z &= Q^2 * R_r \\
 R_r &= \frac{Z}{Q^2} \\
 R_r &= 14.518\Omega \\
 d &= \frac{1}{Q} \\
 d &= \frac{1}{28.75} \\
 d &= 0.0348 \\
 d &= \frac{R_r}{2\pi f_0 L_r} \\
 L_r &= \frac{R_r}{2\pi f_0 d} \\
 L_r &= \frac{14.518\Omega}{2\pi * 1725Hz * 0.0348} \\
 L_r &= 38.51mH
 \end{aligned}$$

Dies entspricht auch dem von uns gemessenen ohmschen Widerstand der Spule. Daraus kann man schließen, dass die Vereinfachung für den ungedämpften Parallelschwingkreis recht genau ist.

## 1.8 Theoretischer Verlauf

### 1.8.1 Errechneter Parallelschwingkreis nach 1.2

$$\begin{aligned}
 I &= 0.5mA \\
 C &= 0.22\mu F \\
 R_V &= 1k\Omega \\
 L_r &= 38.51mH \\
 R_r &= 14.518\Omega \\
 f_0 &= 1729Hz \\
 f_{gu} &= 1697Hz \\
 f_{go} &= 1760Hz \\
 \Delta f &= 63Hz
 \end{aligned}$$

Herleitung der theoretischen Resonanzkurve für den ungedämpften Fall:

$$Y = \frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + j \left( \frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C \right)$$

$$|Y| = \sqrt{\left(\frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2}\right)^2 + \left(\frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C\right)^2}$$

$$|Z| = \frac{1}{|Y|}$$

$$|Z| = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2}\right)^2 + \left(\frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C\right)^2}}$$

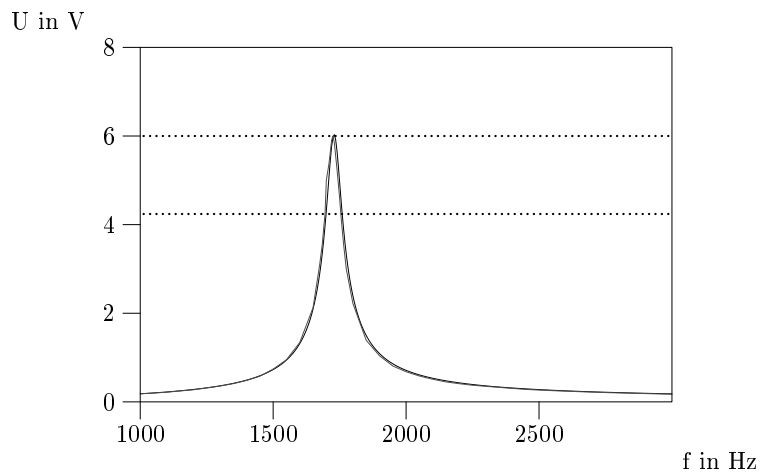
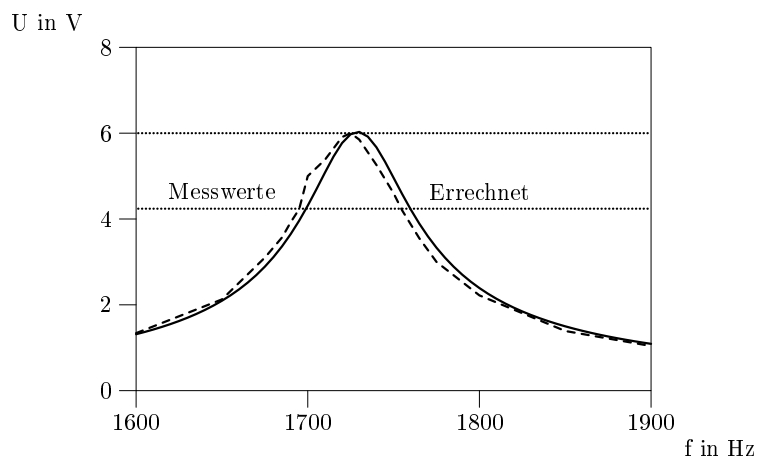
$$|U| = |Z| * i$$

$$|U| = \left| \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2}\right)^2 + \left(\frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C\right)^2}} \right| * i$$

Tabelle der errechneten Werte:

f in Hz	1000	1100	1200	1300	1400	1450	1500	1550	1600
U in V	0.182	0.224	0.280	0.362	0.491	0.589	0.729	0.944	1.315
f in Hz	1625	1650	1660	1670	1680	1690	1695	1700	1705
U in V	1.622	2.095	2.361	2.692	3.112	3.645	3.962	4.311	4.689
f in Hz	1710	1715	1720	1725	1730	1735	1740	1745	1750
U in V	5.080	5.455	5.771	5.976	6.030	5.919	5.672	5.336	4.960
f in Hz	1755	1760	1770	1780	1790	1800	1825	1850	1875
U in V	4.581	4.221	3.595	3.096	2.703	2.391	1.845	1.499	1.262
f in Hz	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2300	2400
U in V	1.090	0.859	0.711	0.609	0.533	0.475	0.429	0.361	0.313
f in Hz	2500	2600	2700	2800	2900	3000			
U in V	0.277	0.249	0.227	0.209	0.193	0.181			



**Grafische Darstellung der errechneten Werte:****Grafische Darstellung der errechneten Werte (vergrößerte Darstellung):****1.8.2 Errechneter Parallelschwingkreis nach 1.4**

$$I = 0.5 \text{ mA}$$

$$C = 0.22 \mu\text{F}$$

$$L_r = 38.51 \text{ mH}$$

$$R_r = 14.518 \Omega$$

$$R_V = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_P = 4 \text{ k}\Omega$$

$$f_0 = 1730 \text{ Hz}$$

$$f_{gu} = 1617 \text{ Hz}$$

$$f_{go} = 1857 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 240 \text{ Hz}$$

Herleitung der theoretischen Resonanzkurve für den gedämpften Fall ( $R_{daempft}$ ):

$$Y = \frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \frac{1}{R_{daempft}} + j \left( \frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C \right)$$

$$|Y| = \sqrt{\left( \frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \frac{1}{R_{daempft}} \right)^2 + \left( \frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C \right)^2}$$

$$|Z| = \frac{1}{|Y|}$$

$$|Z| = \frac{1}{\sqrt{\left( \frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \frac{1}{R_{daempft}} \right)^2 + \left( \frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C \right)^2}}$$

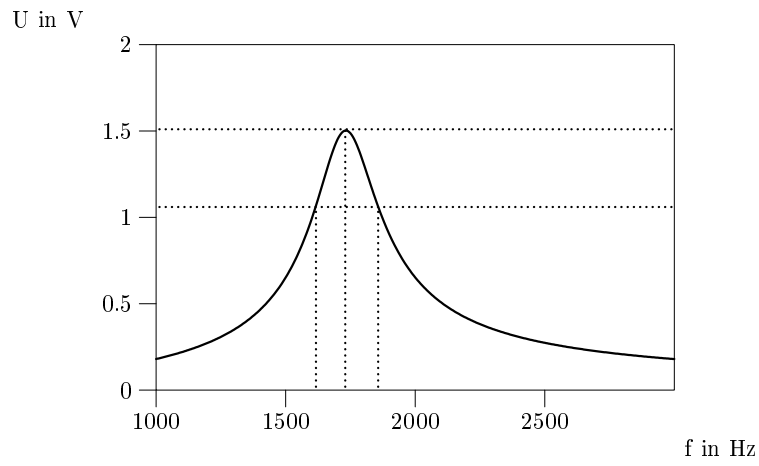
$$|U| = |Z| * i$$

$$|U| = \left| \frac{1}{\sqrt{\left( \frac{R_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \frac{1}{R_{daempft}} \right)^2 + \left( \frac{-\omega L_r}{R_r^2 + (\omega L_r)^2} + \omega C \right)^2}} \right| * i$$

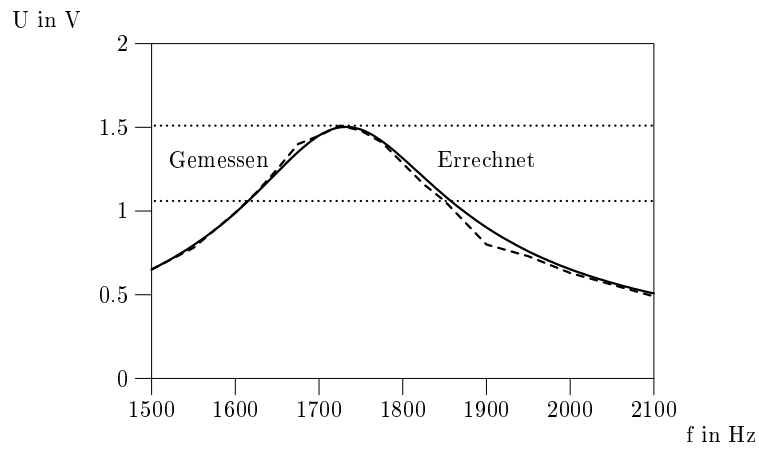
**Tabelle der errechneten Werte:**

f in Hz	1000	1100	1200	1300	1400	1450	1500	1550	1575
U in V	0.180	0.220	0.274	0.349	0.463	0.545	0.652	0.796	0.886
f in Hz	1600	1605	1610	1615	1620	1625	1650	1675	1700
U in V	0.989	1.012	1.035	1.058	1.082	1.106	1.231	1.353	1.451
f in Hz	1710	1720	1725	1730	1735	1740	1745	1750	1775
U in V	1.477	1.495	1.500	1.502	1.502	1.500	1.494	1.487	1.418
f in Hz	1800	1825	1830	1840	1845	1850	1855	1860	1870
U in V	1.315	1.202	1.179	1.134	1.113	1.091	1.070	1.050	1.010
f in Hz	1880	1890	1900	1950	2000	2100	2200	2300	2400
U in V	0.972	0.936	0.902	0.759	0.652	0.508	0.416	0.353	0.308
f in Hz	2500	2600	2700	2800	2900	3000			
U in V	0.274	0.247	0.225	0.207	0.192	0.180			

**Grafische Darstellung der errechneten Werte:**

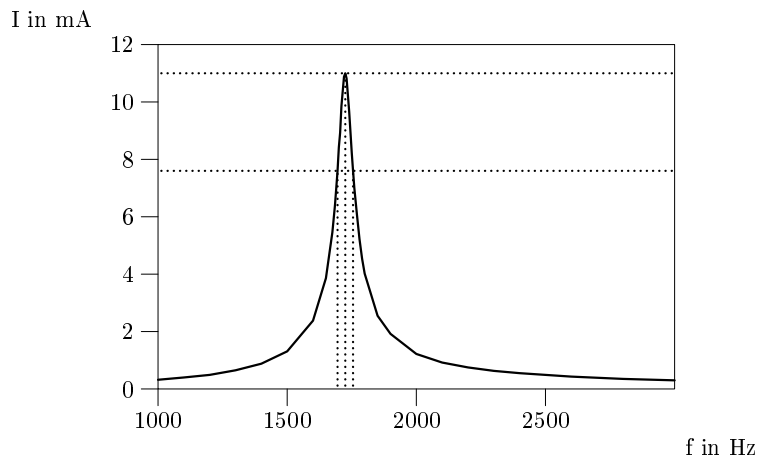


**Vergleichende grafische Darstellung der errechneten und gemessenen Werte:**





### 2.1.2 Grafische Darstellung der Meßwerte



## 2.2 Ermittlung der Bandbreite durch Phasenmessung

Die Versuchsdurchführung erfolgte analog zu Aufgabe 1.3

Es ergaben sich folgende Werte:

$$f_0 = 1725 \text{ Hz}$$

$$f_{gu} = 1697 \text{ Hz}$$

$$f_{go} = 1757 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = f_{go} - f_{gu} = 60 \text{ Hz}$$

## 2.3 Ermittlung der Kenngrößen des Reihenschwingkreises

Berechnungsgleichungen:

Aus den Messungen läßt sich folgendes ermitteln:

$$f_0 = 1725 \text{ Hz}$$

$$f_{gu} = 1697 \text{ Hz} \quad \text{da hier} \quad U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$f_{go} = 1753 \text{ Hz} \quad \text{da hier} \quad U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta f = 56 \text{ Hz}$$

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}$$

$$Q = \frac{1725 \text{ Hz}}{60 \text{ Hz}}$$

$$Q = 28.75$$

$$\begin{aligned}
 R_r &= \frac{u_{res}}{i_{res}} \\
 R_r &= \frac{0.150V}{11mA} \\
 R_r &= 13.64\Omega \\
 Z_K &= R_r * Q \\
 Z_K &= 13.64\Omega * 28.75 \\
 Z_K &= 392.05\Omega \\
 L_r &= Z_K^2 * C \\
 L_r &= (392.05)^2 * 0.22\mu F \\
 L_r &= 33.81mH
 \end{aligned}$$

## 2.4 Theoretischer Verlauf

### 2.4.1 Berechnung nach Aufgabe 2.1

Bei der Berechnung des Reihenschwingkreises, wurde eine etwas kleinere Bandbreite verwendet, da dabei die errechnete Resonanzfrequenz wieder auf 1725 Hz zu liegen kam.

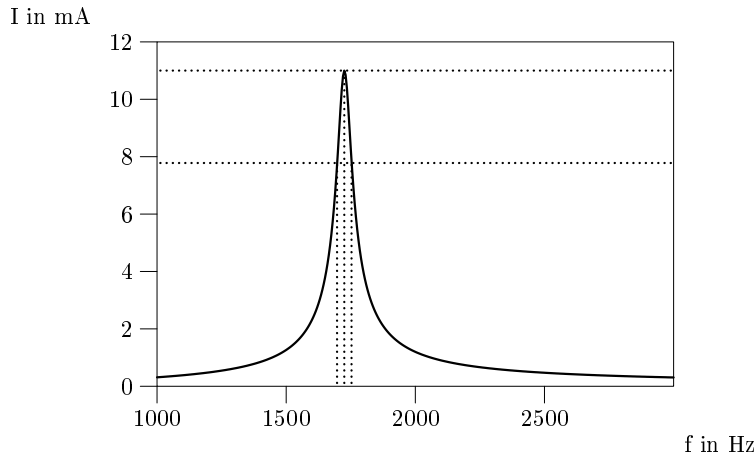
Dadurch ergab sich für  $\Delta f$  ein Wert von 56,2 Hz, was zu einem anderen  $L_r=38,68$  mH und einem anderen  $Z_K=419,3$   $\Omega$  führt.

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{u}{Z} \\
 i &= \frac{u}{\sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}} \\
 U &= 150mV \\
 C &= 0.22\mu F \\
 L &= 38.68mH \\
 R_r &= 13.64\Omega \\
 Z_K &= 419,2999514\Omega \\
 R_V = R_i &= 10\Omega \\
 f_0 &= 1725Hz \\
 f_{qu} &= 1697Hz \\
 f_{go} &= \text{ca. } 1753Hz \\
 \Delta f &= \text{ca. } 56,2Hz
 \end{aligned}$$

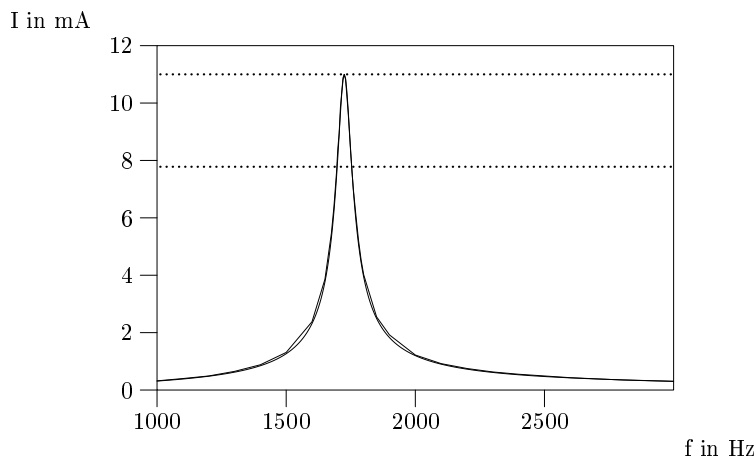
**Tabelle der errechneten Werte:**

f in Hz	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1550	1575	1600
I in mA	0.312	0.384	0.481	0.623	0.847	1.267	1.647	1.929	2.316
f in Hz	1625	1630	1640	1645	1650	1655	1660	1665	1670
I in mA	2.880	3.024	3.357	3.550	3.764	4.002	4.269	4.570	4.910
f in Hz	1675	1680	1685	1690	1695	1700	1705	1710	1715
I in mA	5.295	5.733	6.231	6.797	7.433	8.137	8.889	9.643	10.32
f in Hz	1725	1735	1740	1750	1755	1760	1765	1770	1775
I in mA	11.00	10.40	9.757	8.286	7.592	6.961	6.400	5.904	5.468
f in Hz	1780	1785	1790	1795	1800	1825	1850	1875	1900
I in mA	5.084	4.745	4.445	4.179	3.941	3.058	2.495	2.108	1.826
f in Hz	1925	1950	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600
I in mA	1.613	1.445	1.199	0.901	0.727	0.613	0.532	0.471	0.424
f in Hz	2700	2800	2900	3000					
I in mA	0.386	0.355	0.329	0.307					

**Grafische Darstellung der errechneten Werte:**



**Grafische Darstellung der errechneten und gemessener Werte:**



**Grafische Darstellung der errechneten (vergrößerte Darstellung):**

