

## Hinweis

Das vorliegende Protokoll wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde dieses Protokoll von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:

<https://www.physics-and-stuff.com/>

**Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit des vorliegenden Protokolls! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.**

Dieses Werk von [Marvin Zanke](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

# 9.12.15 Versuch 234: Wechselstromwiderstände, Phasenschieber, RC-Glieder und Schwingungen

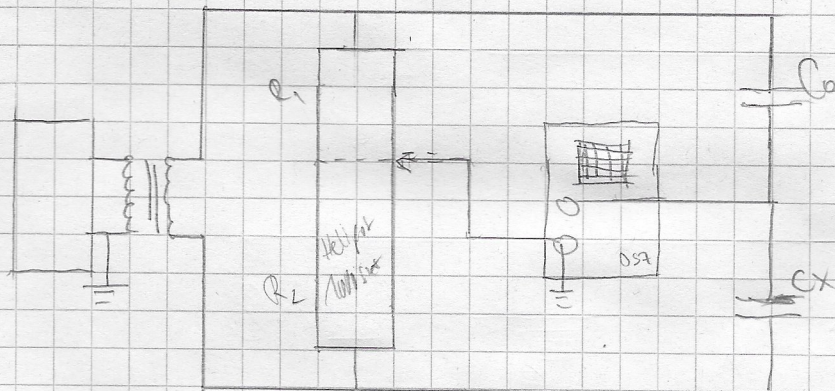
In diesem Versuch soll der Umgang mit Wechselströmen und den im Wechselstromkreis üblich verwendeten Schaltungen geübt werden. Dabei bestimmt man auf verschiedene Arten Kapazitäten und Induktivitäten, u.a. mit einer Wechselstrombrücke.

Außerdem will man mittels Hochpass, Tiefpass und Sperrfilter gewisse Frequenzen aus einem Frequenzgemisch vordrücken.

In einem weiteren Versuchsteil überträgt man den Formalismus von erzwungenen Schwingungen am Drehpendel auf den elektrische Schwingkreis, wobei es um die Phänomene der Resonanz geht.

## Größen, Begriffe, Formeln, Schaltungen

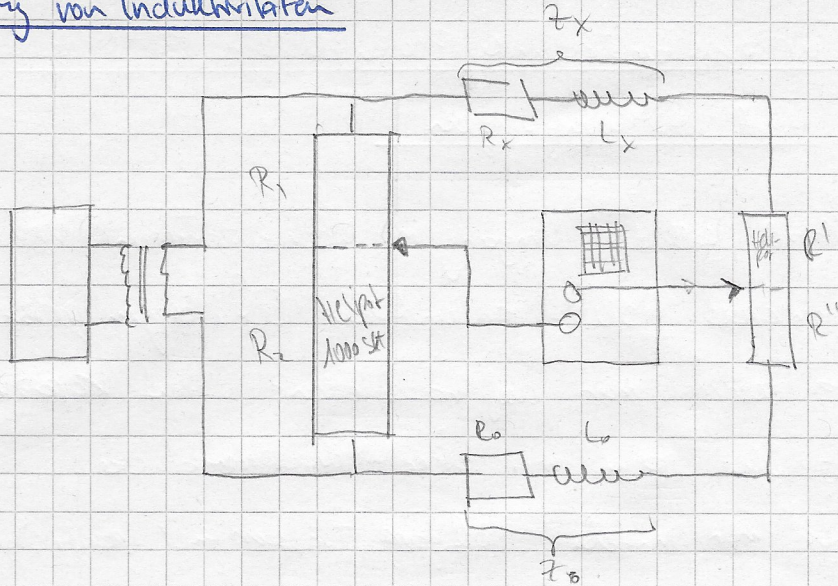
### Messung einer Kapazität



Wheatstone Brücke.

$$\text{Es gilt wie auch im Gleichstrom: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x}{C_o}$$

## Messung von Induktivitäten

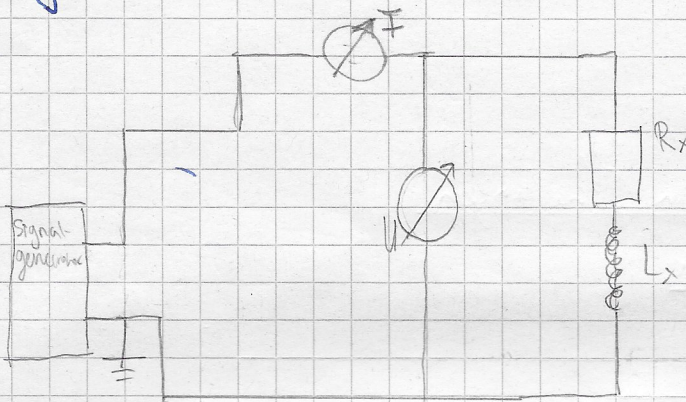


Wheatstonesche Brücke

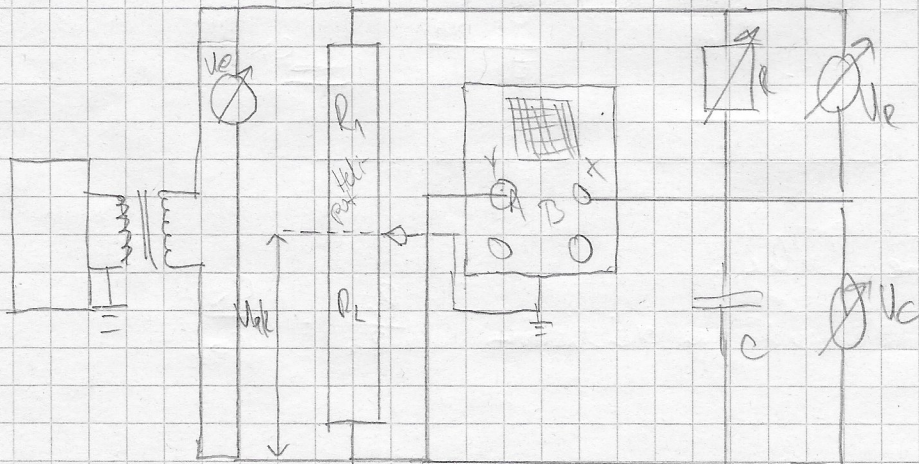
Es gilt auch hier:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x + R'}{R_0 + R''}$$

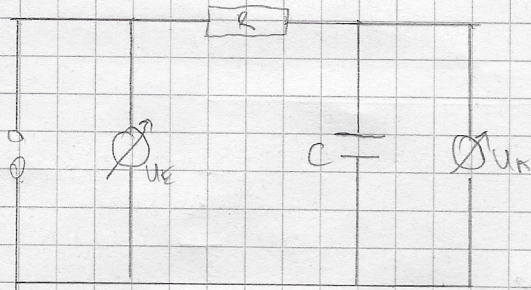
## Messung von Impedanzen



## Phasenschieber



### Tiefpass



$$R_c = \frac{1}{\omega C}$$

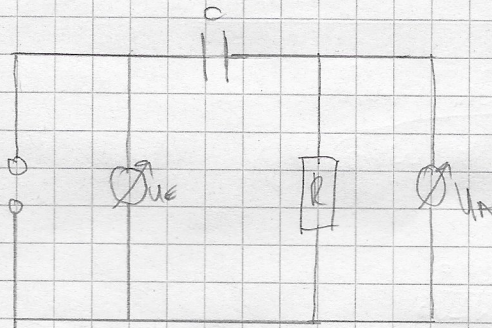
$\Rightarrow \omega$  klein bedeutet

$R_c$  groß und

dadurch großer Abfall

an C.

### Hochpass



$$R_c = \frac{1}{\omega C}$$

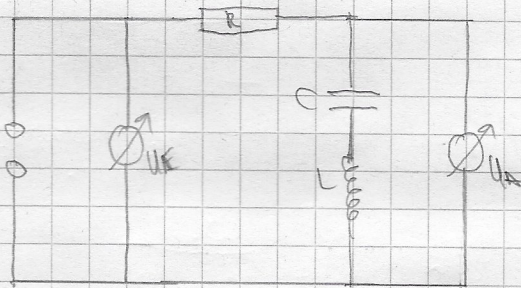
$\Rightarrow \omega$  groß bedeutet

$R_c$  klein, die meiste

Spannung fällt dann

über R ab.

### Sperrfilter

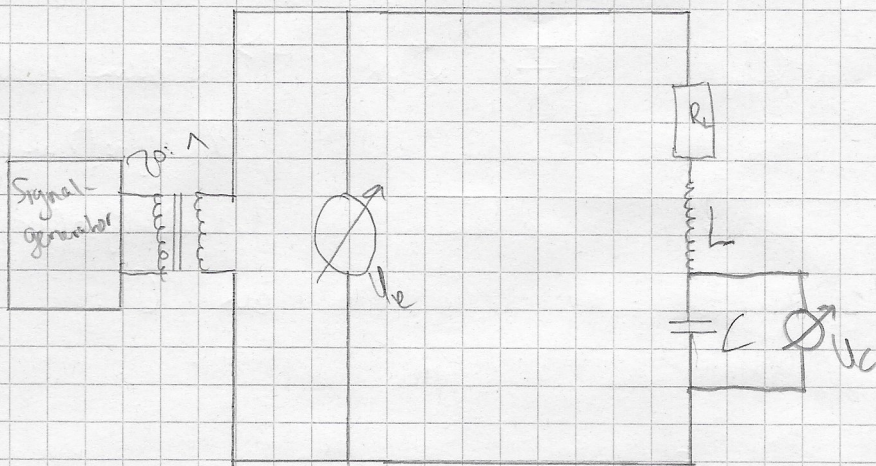


Bei diesem Spannungsteilern gilt:

$$V_{gr} = \frac{1}{\sqrt{2}RC}, \quad U_A = \frac{U_E}{\sqrt{2}} \text{ bei } V_{gr}$$

$$Q_{exp} = \frac{V_0}{\Delta V}, \quad Q_{theor} = \frac{1}{\omega_0 RC}$$

# Elektrischer Schwingkreis

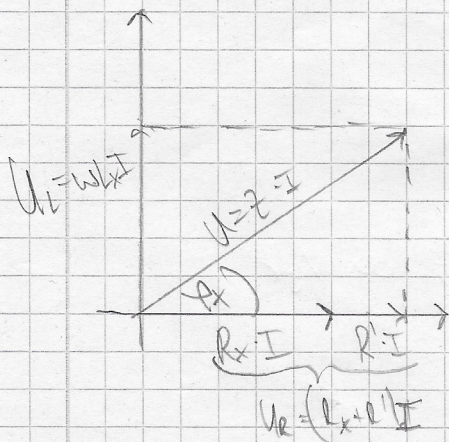
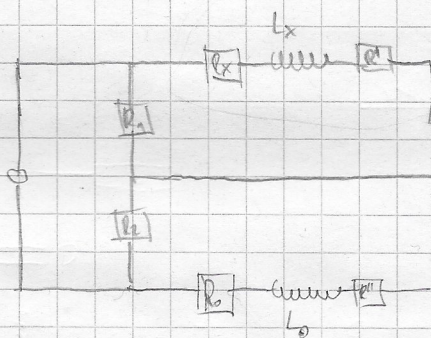


Güte Q: 
$$Q = \frac{U_A(\omega_{max})}{U_A(\omega=0)}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$$

$$Q = \omega_0 \cdot \frac{L}{R_L}$$

## Aufgabe 234 A



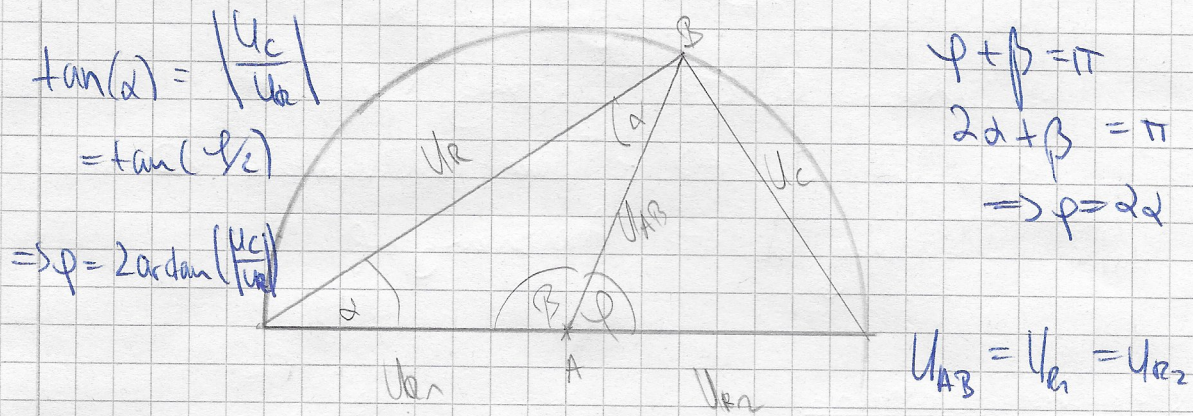
$$\tan(\phi_x) = \frac{\omega L_x}{R_x + R_l}$$

gilt  $\phi_x = \phi_0$ , so gilt:

$$\frac{\omega L_x}{R_x + R_l} = \frac{\omega L_0}{R_0 + R_l} \Rightarrow \frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x + R_l}{R_0 + R_l}$$

Außerdem: 
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x + R_l}{R_0 + R_l}$$

### Aufgabe 234.D



$$\varphi = 2 \arctan\left(\left|\frac{I \cdot \omega C}{I - R}\right|\right) = 2 \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

für  $\varphi \in [0; \pi]$  wählt man  $C \neq 0$  fest und  $R \in [0; \infty] \Omega$ .

Spulen und Kondensatoren haben einen von der Frequenz abhängigen Widerstand und eignen sich hierfür nicht.

### Aufgabe 234.C

$$I_{RC} = \frac{U_E}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega C^2}}} = \frac{U_C + U_R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega C^2}}}$$

$R$  kann man beeinflussen

$R$  klein  $\Rightarrow I_{RC}$  größer ;  $R=0 \Rightarrow I_{RC} = I_{max}$

### Aufgabe 234.D

$$L \ddot{q} + R \dot{q} + \frac{1}{C} q = U_E \cos(\omega t) \quad \left| \quad \partial \ddot{\varphi} + r \dot{\varphi} + D \varphi = F_0 \cos(\omega t) \right.$$

$J$ : Trägheitsmoment,  $r$ : Dämpfung

$D$ : Rückstellkonstante

## Aufgabe 234.E

Induktivität  $L \Leftrightarrow$  Trägheitsmoment  $\mathcal{J}$

Widerstand  $R \Leftrightarrow$  Dämpfung  $r$

Kapazität  $C \Leftrightarrow$  reziproke Luftkapazität  $\frac{1}{D}$

Ladung  $Q \Leftrightarrow$  Auslenkung  $\varphi$

### Versuchsdurchführung

In einem ersten Versuchsteil wird Induktivität einer Spule und Kapazität eines Kondensators mittels einer Wheatstoneschen Brücke für Wechselstromwiderstände bestimmt und die Induktivität außerdem mittels Strom- (Spannungsmessung) und über die Phase im Zeigerdiagramm.

Im zweiten Versuchsteil verändert man die Phase einer Ausgangsspannung relativ zur Eingangsspannung mittels eines Phasenschlebers. Dabei variiert man  $R$ .

In einem dritten Teil geht es um Hochpass, Tiefpass und Sperrfilter. Man misst dabei jeweils das Spannungsverhältnis  $U_A/U_E$  in Abhängigkeit von  $\nu/\nu_{gr}$ . Über  $U_A = U_E \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$  bestimmt man beim Hoch- (und Tiefpass)  $\nu_{gr}$  und über  $\Delta \nu$  bestimmt man beim Sperrfilter  $Q'$  (Unterdrückungsgröße).

Im vierten und letzten Versuchsteil misst man die Resonanzkurve für einen elektrischen Schwingkreis und bestimmt über verschiedene Verfahren die Güte  $Q$ .

Messungen

UNBEKANNTE INDUKTIVITÄT B

1)

a) Windungen: 20:1

Kapazität  $C_0: 1,5 \mu F, 63V$

$f = 600 Hz (50 \Omega)$

Helipot: 200mA, 100  $\Omega$

Skaleneinteilung auf Helipot 4,8 / 10

$\Rightarrow R_i = 5,21 k\Omega$  (hergestellt durch DMM Messung wie nun gefeilt)

b) zweiter Helipot:  $R = 200 \Omega$  mit 1000 Sket

$R_1 = 0 / 10, R'_1 = 0 / 100$  |  $L_0 = 226 \mu H$

$R_1 = 2,21 k\Omega, R'_1 = 5 / 10$  |  $L'_0 = 4,84 mH$

c)  $I = (340 \pm 15) \mu A, U = (0,0697 \pm 0,001) V$

Und Messung mit DMM für  $R_i = 1,6 \Omega$

2) d)  $U_c = (0,2 \pm 0,05) V$

$R$ in $\Omega$	$U_c$ in $V (\pm 0,001)$	$U_R$ in $V (\pm 0,001)$
0	0,2035	0,0015
20	0,1012	0,1670
40	0,0574	0,1892
60	0,0390	0,1959
80	0,0292	0,1986
100	0,0232	0,2002
120	0,0183	0,2017
140	0,0159	0,2012
160	0,0140	0,2020
180	0,0124	0,2024
200	0,0111	0,2027
$\infty$	0,0086	0,2044

Im Idealfall (exakt gleiche Phase) Linie  
 leichte Phasenverschiebung Ellipse  
 bis hin zu Kreis bei  $\phi = 90^\circ$



e)	Frequenz $\nu$ in Hz	( $\pm 0,001$ ) Tief Ausgangssp. $U_A$ in V	( $\pm 0,001$ ) Hoch $U_A$ in V	( $\pm 0,001$ ) Span $U_A$ in V $\nu$ in Hz
Eingangsspannung	200	3,656	0,6807	3,0405
( $3,7198 \pm 0,001$ V)	600	3,2475	1,7798	3,128
f Tiefpass	1000	2,742	2,5218	2,5355
und auch Hochpass	1400	2,2831	2,9248	1,2637
Sonac Sperfilter	1800	1,8322	3,1594	0,4123
	2200	1,6556	3,3398	1,5477
Spule: $N = 1000$ $R = 9,5 \Omega$ $L = 36 \mu H$ $I_{max} = 1,25 A$	2600	1,4304	3,3935	2,3402
	3000	1,2717	3,5031	2,7774
$R = 100 \Omega$	3400	1,1318	3,5319	3,0459
$C = 1,5 \mu F$	3800	1,0174	3,5545	3,2245
	4200	0,9437	3,6105	3,3295
	4600	0,8654	3,6269	3,3394
	5000	0,7928	3,6397	3,4642

1)  $C = 1,5 \mu F$ ,  $R_L = 9,5 \Omega$   $\nu \in (0, 2000) \text{ Hz}$

in Hz Frequenz $\nu$	( $\pm 0,001$ ) $U_C$ in V
$U_E = 0,2177 \text{ V}$	
100	0,220
200	0,237
400	0,331
500	0,466
550	0,609
600	0,912
650	1,832
675	2,894
700	2,555
725	1,536
750	1,022
800	0,585
900	0,238
1000	0,191
1400	0,067

## Auswertung

- a) Unser bekannter Kondensator hatte die fehlerfreie Kapazität  $C_0 = 1,5 \mu\text{F}$ . Am Helipot hat man für die abgeglichenen Wheatstonesche Brücke  $R_1 \hat{=} 52/10 \text{ k}\Omega$  abgelesen, wobei man hier großzügig einen Fehler von  $0,1$  rechnen kann. Damit ist  $R_2 \hat{=} 4,8/10$  mit entsprechendem Fehler. Mit Gesamtwiderstand  $R_{\text{ges}} = 100 \Omega$  folgt damit:
- $$R_1 = (52 \pm 1) \Omega, \quad R_2 = (48 \pm 1) \Omega$$

Außerdem kennen wir aus der Vorbereitung folgenden

Zusammenhang:  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x}{C_0} \Leftrightarrow C_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot C_0$

$$\text{Und damit auch: } \Delta C_x = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_2} \cdot C_0\right)^2 + \left(\frac{R_1}{R_2^2} C_0 \Delta R_2\right)^2}$$

Da  $C_0$  fehlerfrei angenommen wurde.

$$\Rightarrow C_x = (1,625 \pm 0,046) \mu\text{F}$$

- b) Hier gelten ähnliche Voraussetzungen, wobei der zweite Pol einen zusätzlichen Gesamtwiderstand von  $R = 200 \Omega$  hat. Wir haben hier zwei verschiedene  $L_0$  benutzt, wobei die Messungen / Messwert für  $L_0 = 4,84 \text{ mH}$  besser waren als für  $L_0 = 26 \mu\text{H}$ , weshalb wir im Folgenden den ersten Wert benutzen wollen. Es gilt:
- $$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x + R'}{R_0 + R''}$$

$$\Leftrightarrow L_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot L_0 \Rightarrow \Delta L_x = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_2} L_0\right)^2 + \left(\frac{R_1}{R_2^2} L_0 \Delta R_2\right)^2}$$

$$\Rightarrow L_x = (1,3651 \pm 0,0645) \text{ mH}$$

denn  $R_1 \hat{=} 2,2/10 \Rightarrow R_1 = (44 \pm 2) \Omega, R_2 = (156 \pm 2) \Omega$

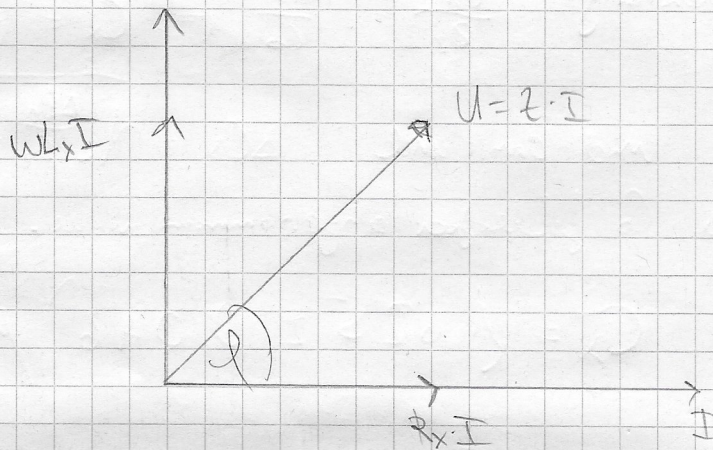
c) Die gemessenen Werte für  $U$  und  $I$  waren hier: ( $\omega = 600 \text{ Hz}$ )  
 $I = (340 \pm 15) \mu\text{A}$ ,  $U = (0,0697 \pm 0,001) \text{ V}$ .

Der Innenwiderstand der Spule ist mit DMM gemessen

$$R_i = (1,6 \pm 0,1) \Omega$$

Die Messgeräte beeinflussen die Messung dabei nur sehr geringfügig, da wie immer gilt, dass der Spannungsmesser hochohmig  $\rightarrow$  kaum Stromfluss; und der Strommesser niedrigohmig  $\rightarrow$  kaum Spannungsabfall; ist.

$$\omega = 2\pi \nu = 2\pi \cdot 600 \text{ Hz}$$



Offensichtlich gilt:  $U^2 = (R_x I)^2 + (\omega L_x I)^2$

$$\Rightarrow L_x^2 = \frac{U^2 - (R_x I)^2}{I^2 \omega^2}$$

$$\Rightarrow L_x = \sqrt{\frac{U^2 - (R_x I)^2}{I^2 \omega^2}} \quad \text{:= } C$$

$$\Rightarrow \Delta L_x = \sqrt{\left( \frac{1}{2} C^{-1/2} \cdot \frac{2U}{I^2 \omega^2} \Delta U \right)^2 + \left( \frac{1}{2} C^{-1/2} \cdot \frac{2R_x}{\omega^2} \Delta R_x \right)^2 + \left( \frac{1}{2} C^{-1/2} \cdot \frac{U^2}{I^3 \omega^2} \Delta I \right)^2} = \sqrt{6,087 \cdot 10^{-7} + 4,2864 \cdot 10^{-10} + 1,4389 \cdot 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow L_x = (54,376 \pm 1,431) \text{ mH}$$

Aufgaben gilt für den Winkel  $\varphi$ :

$$\tan(\varphi) = \frac{\omega L_x I}{R_x I} \Leftrightarrow \varphi = \arctan\left(\frac{\omega L_x}{R_x}\right)$$

Da  $(\arctan x)' = \frac{1}{1+x^2}$  folgt außerdem:

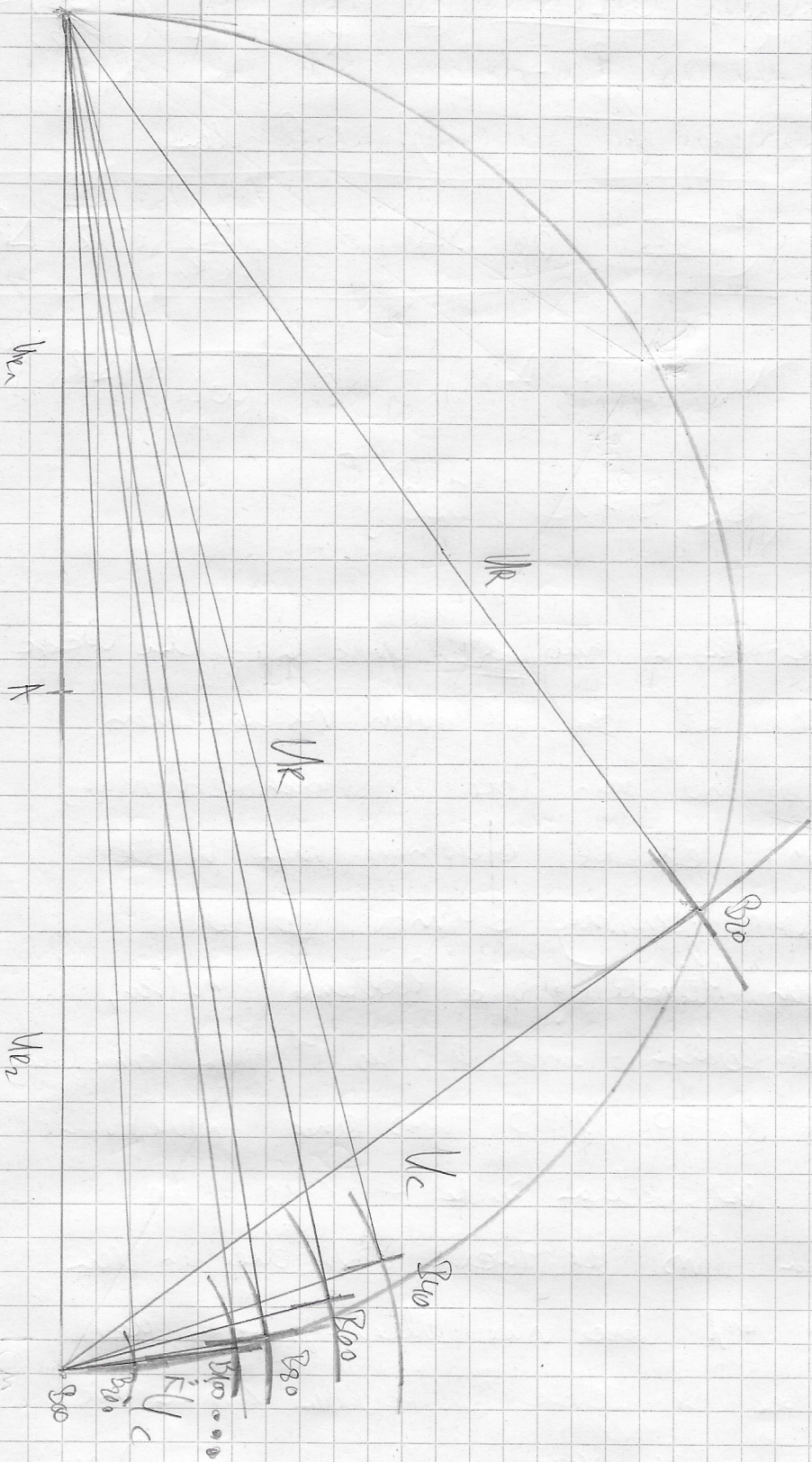
$$\Delta\varphi = \sqrt{\left(\frac{1}{1+\left(\frac{\omega L_x}{R_x}\right)^2} \cdot \frac{\omega}{R_x} \cdot \Delta L_x\right)^2 + \left(\frac{1}{1+\left(\frac{\omega L_x}{R_x}\right)^2} \cdot \frac{\omega L_x}{R_x^2} \Delta R_x\right)^2}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{R_x \omega}{R_x^2 + (\omega L_x)^2} \cdot \Delta L_x\right)^2 + \left(\frac{\omega L_x}{R_x^2 + (\omega L_x)^2} \Delta R_x\right)^2}$$

$$\Rightarrow \varphi = (89,553 \pm 0,028)^\circ$$

Offensichtlich erhalten wir zwei sehr unterschiedliche Werte für die Induktivität über die beiden verschiedenen Methoden. Während man über die Brückenabstimmung etwa 1,4mH erhält, bekommt man für die Strom- und Spannungsmessung 54mH. Da wir bei der ersten Methode große Probleme hatten, die Brücke abzugleichen - unser größtes Minimum erhielten wir bspw. für  $R_n = 0$ ,  $R_l = 0$ , was einer Induktivität von  $L_x = 0$  mH entsprechen würde - kann man davon ausgehen, dass der zweite Wert eher an dem korrekten Wert liegt (wobei hier allerdings auch der Fehler größer ist). Welche Fehlerquellen können die gemessenen Werte in den Messgeräten (Spannung, Strom) sein sowie der Innenwiderstand der Spule.

Außerdem ist der Innenwiderstand des „Signalgenerators“ nicht zu vernachlässigen!

kom  $\hat{=}$  kom'



Ablesen davon, dass man  $U_e$  messen kann, kann man es auch als gute Näherung über alle Werte von  $U_R$  und  $U_C$  mitteln und erhält  $U_e = (0,2 \pm 0,05) V$ . Die Fehler haben wir aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingerechnet, diese sind noch zu betonen aber dazu zu denken. Man erhält dann für die eingetragenen Messwerte eine sehr gute Übereinstimmung mit dem „theoretischen“ Thales Kreis. Die Messwerte trägt man ein, indem man von Punkt O (Beginn der Spannungsquelle) einen Kreis mit Radius  $U_R$  zieht. Von der anderen Seite (Potential 0) einen Kreis mit Radius  $U_C$ . Der Schnittpunkt stellt dann den Punkt B dar. Der Halbkreis hat Radius  $\frac{1}{2} U_e$ .

Auf dem Oszillogramm sieht man entweder die Spannungs-Momentanwerte in Abhängigkeit von der Zeit, oder aber einen Graphen, auf dessen x-Achse bzw. y-Achse die jeweiligen Phasen aufgetragen sind. Bei  $\Delta\varphi = 0$  ist dies bzw. eine Gerade, während es bei  $\Delta\varphi \in (0, \frac{\pi}{2})$  eine Ellipse darstellt und bei  $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$  einen Kreis. Im Spannungs-Zeit-Diagramm verschieben sich die beiden Graphen einfach horizontal zueinander. Von  $90^\circ - 180^\circ$  dreht sich der Prozess spiegelverkehrt um.

Der zweite dargestellte Graph ist dabei ein Teil der Lissajous-Figuren mit  $\omega_1 = \omega_2$ . Nur diese sehen wir mit den verfügbaren Geräten fest, für die anderen müsste man zusätzlich zur Phasenverschiebung zwei verschiedene Frequenzen haben. Man muss dabei beachten dass auf dem Oszillogramm Eingangsspannung und  $U_{AB}$  sichtbar sind und nicht  $U_e, U_R$ !

e) In allererst sei angemerkt dass  $U_E$  zwar konstant gehalten wurde, dafür aber einigermassen Arbeit aufgebracht werden musste, da der Trennkapa nicht zwischengeschaltet war und die Spannung  $U_E$  sich mit der Frequenz  $\nu$  verändert hat.

Es gilt mit  $\nu_{gr} = \frac{1}{2\pi RC}$  und  $R = 100 \Omega$ ,  $C = 1,5 \mu F$

	Tiefpass	Hochpass	Sperrfilter
$\nu_{gr}$ 1061,033 Hz	1061,033	1061,033	$\nu_0 = 700 \text{ Hz}$ (abgelesen aus Diagramm → niedrigster Wert $U_{in}$ )

Außerdem gilt mit  $Q = \frac{\nu}{\nu_{gr}}$  und  $-A = \frac{U_A}{U_E}$ ,

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_A}{U_E}\right)^2 + \left(\frac{U_A}{U_E^2} \Delta U_E\right)^2}, \quad \Delta Q = 0$$

In dem erstellten Plot, in dem man  $-A$  gegen  $Q$  doppellogarithmisch aufgetragen hat, liest man nun jeweils ab, bei welcher Frequenz  $U_A = U_E / \sqrt{2}$ .

Es ergibt sich folgende Tabelle für Tiefpass und Hochpass sowie die darauffolgende Geraden

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$$

*Tred Oass*

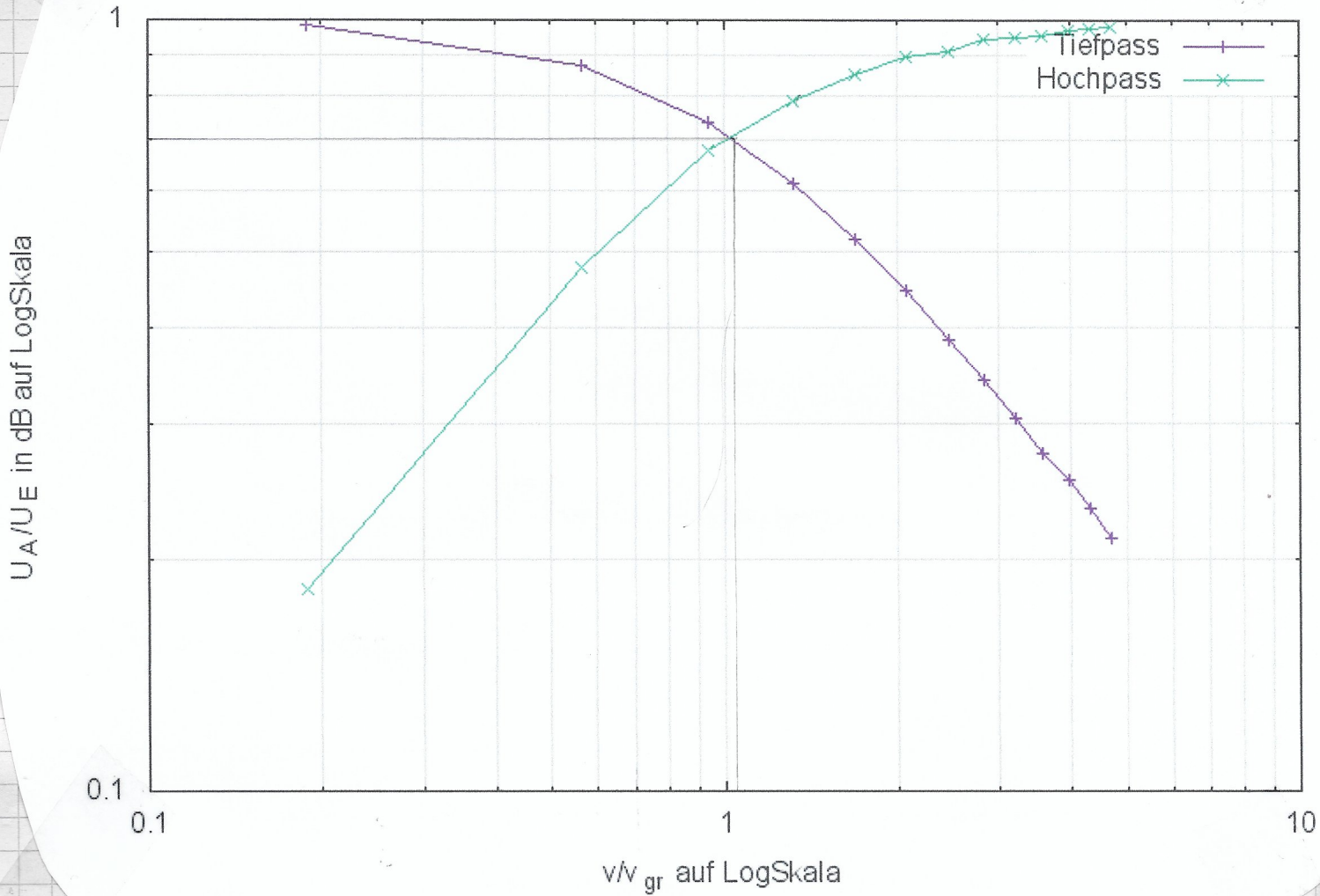
Eingangsspannung $U_E$	$\Delta U_E$	Frequenz $\nu$	Ausgangsspannung $U_A$	$\Delta U_A$	$\Omega = \nu / \nu_{gr}$	$A = U_A / U_E$	$\Delta A$
in V	in V	in Hz	in V	in V	in	in	in
3.7198	0.001	200	3.656	0.001	0.188495551	0.98284854	0.00037694
3.7198	0.001	600	3.2475	0.001	0.565486653	0.873030808	0.00035687
3.7198	0.001	1000	2.742	0.001	0.9422477755	0.737136405	0.00033398
3.7198	0.001	1400	2.2831	0.001	1.319468857	0.613769558	0.00031543
3.7198	0.001	1800	1.9322	0.001	1.696459959	0.519436529	0.00030294
3.7198	0.001	2200	1.6556	0.001	2.073451061	0.445077692	0.00029426
3.7198	0.001	2600	1.4304	0.001	2.450442163	0.384536803	0.00028802
3.7198	0.001	3000	1.2717	0.001	2.827433266	0.341873219	0.00028411
3.7198	0.001	3400	1.1318	0.001	3.204424368	0.30426367	0.000281
3.7198	0.001	3800	1.0174	0.001	3.58141547	0.273509328	0.00027871
3.7198	0.001	4200	0.9437	0.001	3.958406572	0.253696435	0.00027735
3.7198	0.001	4600	0.8654	0.001	4.335397674	0.232646917	0.00027601
3.7198	0.001	5000	0.7928	0.001	4.712388776	0.213129738	0.00027487

*Holt pass*

Eingangsspannung $U_E$	$\Delta U_E$	Frequenz $\nu$	Ausgangsspannung $U_A$	$\Delta U_A$	$\Omega = \nu / \nu_{gr}$	$A = U_A / U_E$	$\Delta A$
in V	in V	in Hz	in V	in V	in	in	in
3.7198	0.001	200	0.6807	0.001	0.188495551	0.182993709	0.0002733
3.7198	0.001	600	1.7798	0.001	0.565486653	0.478466584	0.00029802
3.7198	0.001	1000	2.5218	0.001	0.9422477755	0.677939674	0.00032479
3.7198	0.001	1400	2.9248	0.001	1.319468857	0.786278832	0.00034198
3.7198	0.001	1800	3.1594	0.001	1.696459959	0.849346739	0.00035271
3.7198	0.001	2200	3.3398	0.001	2.073451061	0.89784397	0.00036129
3.7198	0.001	2600	3.3935	0.001	2.450442163	0.91228023	0.00036389
3.7198	0.001	3000	3.5031	0.001	2.827433266	0.94174418	0.00036928
3.7198	0.001	3400	3.5319	0.001	3.204424368	0.949486532	0.00037071
3.7198	0.001	3800	3.5545	0.001	3.58141547	0.955562127	0.00037183
3.7198	0.001	4200	3.6105	0.001	3.958406572	0.9706167	0.00037464
3.7198	0.001	4600	3.6269	0.001	4.335397674	0.975025539	0.00037547
3.7198	0.001	5000	3.6397	0.001	4.712388776	0.978466584	0.00037611



## Hoch- und Tiefpass



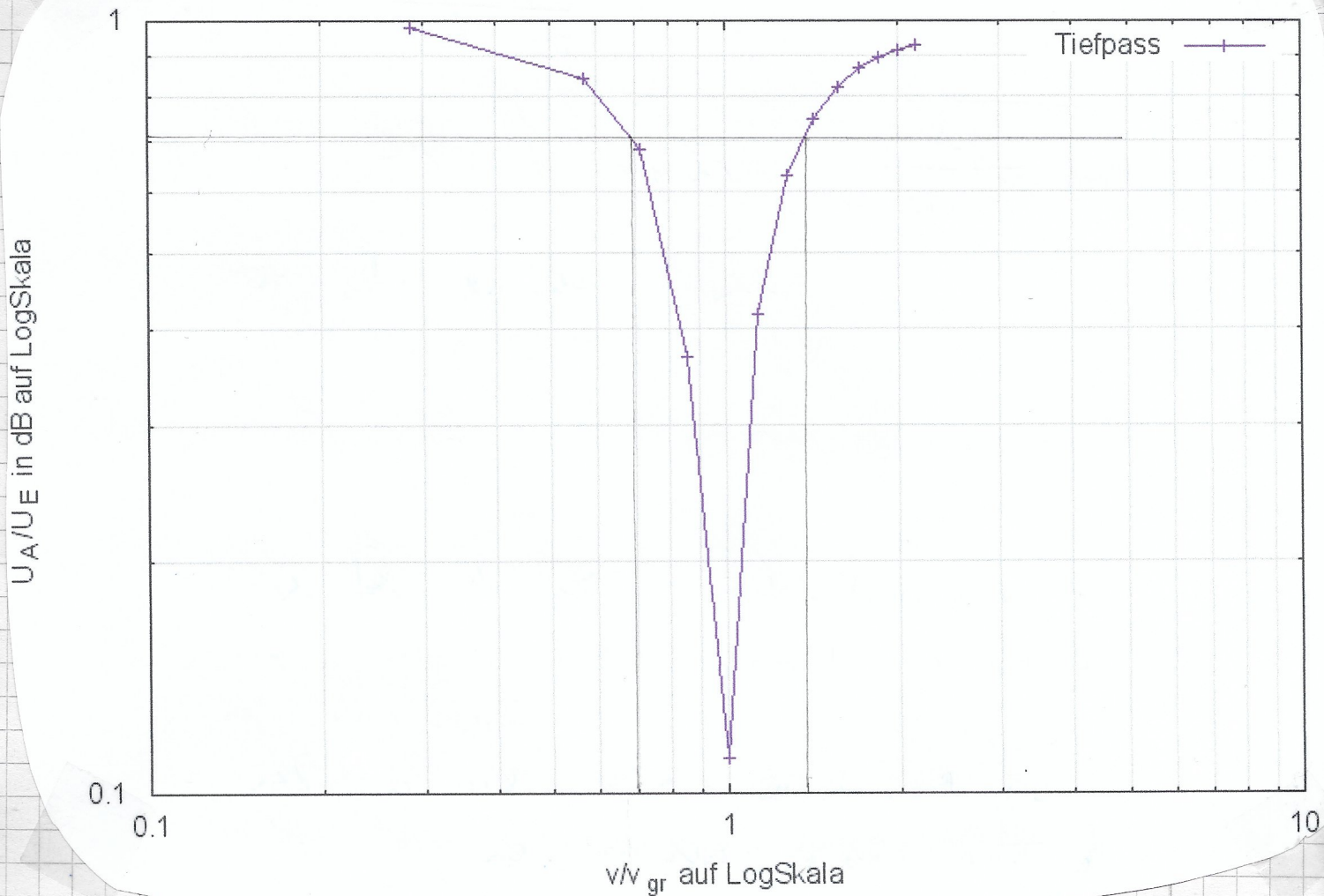
Wir erhalten einen Wert für  $v/v_{gr}$  von knapp 1,1,  
 was bedeutet  $v = 1,1 v_{gr} = 1167,1363 \text{ Hz}$ ,  
 also einen experimentell leicht zu hohen Wert, dem  
 $v_{gr} = 1061,033 \text{ Hz}$ .  $\frac{v_{gr}}{v} = \frac{1}{1,1} = 0,91 \approx 91\%$

Für den Sperrkreis erhalten wir für die theoretische  
 Überdämpfungsgröße:  $Q_{theor} = \frac{1}{\omega RC} = \frac{1}{2\pi v_0 RC} = 1,5158 \frac{\text{S} \cdot \text{V}}{\text{Q} \cdot \text{Q}}$   
Ohm-Ohm

Speckfilter

Eingangsspannung $U_E$	$\Delta U_E$	Frequenz $v$	Ausgangsspannung $U_A$	$\Delta U_A$	$\Omega = v/v_{gr}$	$A = U_A/U_E$	$\Delta A$
in V	in V	in Hz	in V	in V	in	in	in
3.7198	0.001	200	3.6405	0.001	0.285714286	0.97868165	0.00037615
3.7198	0.001	400	3.128	0.001	0.571428571	0.840905425	0.00035125
3.7198	0.001	500	2.5355	0.001	0.714285714	0.681622668	0.00032534
3.7198	0.001	600	1.3637	0.001	0.857142857	0.366605731	0.00028633
3.7198	0.001	700	0.4123	0.001	1	0.110839292	0.00027048
3.7198	0.001	800	1.5477	0.001	1.142857143	0.416070756	0.00029117
3.7198	0.001	900	2.3402	0.001	1.285714286	0.629119845	0.00031761
3.7198	0.001	1000	2.7774	0.001	1.428571429	0.746653046	0.0003355
3.7198	0.001	1100	3.0459	0.001	1.571428571	0.818834346	0.00034746
3.7198	0.001	1200	3.2245	0.001	1.714285714	0.86684768	0.00035578
3.7198	0.001	1300	3.3295	0.001	1.857142857	0.895075004	0.00036079
3.7198	0.001	1400	3.3994	0.001	2	0.913866337	0.00036418
3.7198	0.001	1500	3.4642	0.001	2.142857143	0.931286628	0.00036736

## Sperrfilter



Für den Bereich, in welchem  $\frac{U_A}{U_E} < \frac{1}{\sqrt{2}}$  ist, erhält man hier  $\frac{v}{v_{gr}} \in [0,69; 1,3] \Rightarrow \Delta v = 0,61 \cdot v_{gr} = 0,61 v_0$   
 $\Rightarrow Q'_{exp} = \frac{v_0}{\Delta v} = \frac{1}{0,61} = 1,639$

Auch hier ist der experimentelle Wert leicht größer als der theoretisch erwartete Wert.

$$\frac{Q'_{theo}}{Q'_{exp}} = 0,925 \hat{=} 92,5\%$$

Das größte Abschwächungsverhältnis, also  $\frac{U_A}{U_E}$  sehr klein, erhalten wir im Minimum der Kurve.

Dort gilt außerdem:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{|Z_L + Z_C| \cdot I}{|Z_{\text{ges}}| \cdot I} = \frac{\sqrt{R_L^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}{\sqrt{(R_L + R)^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

Am kleinsten ist dies für  $\omega C = \frac{1}{\omega L}$

$$\Rightarrow \left. \frac{U_A}{U_E} \right|_{\text{min}} = \frac{R_L}{R_L + R}$$

Die Abschwächung hängt also entscheidend von  $R_L$  und  $R$  ab.

i) Leider haben wir hier  $U_E = 0,2177V$  gewählt, anstatt den vorgegebenen  $0,5V$ , was daran lag, dass wir unsere Spannungsquelle ständig mit verstellten messen. Beim vorigen Experiment hatte die Spule auch schon nicht den Widerstand vernachlässigbar gemacht  
weiterhin gilt:  $R_L = 9,5 \Omega$ ,  $C = 1,5 \mu F$   
 $\nu \in (0,2000) \text{ kHz}$

Man erhält folgende Tabelle:

Eingangsspannung $U_E$ in V	$\Delta U_E$ in V	Frequenz $\nu$ in Hz	Spannung $U_C$ in V	$\Delta U_C$ in V
0.2177	0.001	100	0.22	0.001
0.2177	0.001	200	0.237	0.001
0.2177	0.001	400	0.331	0.001
0.2177	0.001	500	0.466	0.001
0.2177	0.001	550	0.609	0.001
0.2177	0.001	600	0.912	0.001
0.2177	0.001	650	1.832	0.001
0.2177	0.001	675	2.894	0.001
0.2177	0.001	700	2.555	0.001
0.2177	0.001	725	1.536	0.001
0.2177	0.001	750	1.022	0.001
0.2177	0.001	800	0.585	0.001
0.2177	0.001	900	0.298	0.001
0.2177	0.001	1000	0.191	0.001
0.2177	0.001	1400	0.067	0.001

Zuerst bestimmt man  $Q$  aus der Resonanzüberhöhung:

$$1. \quad Q = \frac{U_A(\omega_{\max})}{U_A(\omega=0)}$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_A(\omega_{\max})}{U_A(\omega=0)}\right)^2 + \left(\frac{U_A(\omega_{\max})}{U_A(\omega=0)}\right)^2 \Delta U_A(\omega=0)^2}$$

man sieht aus dem Diagramm:

$$U_A(\omega_{\max}) = (2,9 \pm 0,05) \text{ V}$$

$$U_A(\omega=0) = (0,225 \pm 0,05) \text{ V}$$

$$\Rightarrow Q = (12,89 \pm 2,87)$$

2.  $\Delta V = 56 \text{ Hz}$  liest man einfach durch die  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ -Dreie ab.  $\Rightarrow \Delta \omega = 2\pi \Delta V = 448\pi \frac{1}{\text{s}}$   
Da es sich hier bereits um eine Differenz handelt, diese aber sehr gut zu bestimmen ist, haben wir den Fehler in diesem Wert weggelassen.

$$\omega_0 = \frac{\omega_{\max}}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}$$

$$\Rightarrow \Delta \omega_0 = \sqrt{\left(\frac{\Delta \omega_{\max}}{\omega_{\max}} \omega_0\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right)^{-3/2} \omega_{\max} Q^{-3}\right)^2}$$

$\omega_{\max}$  liest man ab zu:  $(680 \pm 10) \text{ Hz}$

$$\Rightarrow \omega_{\max} = 2\pi \nu_{\max} = (1360\pi \pm 20\pi) \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \omega_0 = (4279,04 \pm 120,34) \text{ Hz}$$

mit  $Q$  aus vorigem Teil

$$Q \text{ folgt nun aus } Q = \frac{U_0}{\Delta U} \Rightarrow \Delta Q = \frac{\Delta U_0}{\Delta U}, \text{ weil } \Delta(\Delta U) = 0$$

$$\Rightarrow Q = (12,16 \pm 0,342)$$

Daraus erhält man mittels

$$w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow L = \frac{1}{w_0^2 C} \text{ und sofort } C$$

$$\text{und } \Delta L = 2 \frac{\Delta w_0}{w_0^3 C}$$

$$\Rightarrow L = (36,41 \pm 2,048) \text{ mH}$$

3.  $Q = w_0 \cdot \frac{L}{R_L}$  liefert dann letztendlich

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{L}{R_L} \Delta w_0\right)^2 + \left(\frac{w_0}{R_L} \Delta L\right)^2}$$

$$\Rightarrow Q = (16,4 \pm 1,012)$$

Die Werte für  $Q$  liegen innerhalb der Fehlergrenzen alle sehr nah beieinander! Die Messwerte scheinen gut gemittelt zu sein. Der Graph ist leider dem Graph Fazit!

Abschließend lässt sich zu dem Versuch sagen, dass reine Wechselstrom-Impedanz-Bestimmungsversuche schlecht funktioniert haben. Die Brücken liefen sich mit dem Oszillograph sehr schlecht abgleichen und wir haben sehr schlechte Ergebnisse und sogar deutliche

Verschiedene Messwerte über verschiedene Verfahren erhalten.

Auch der Phasenschieber-Teil war kein Erfolg, obwohl unsere Messwerte innerhalb der Fehler alle auf dem Thales-Kreis liegen. Allerdings gab es einige Ausreißer. Beim Hoch- und Tiefpass, sowie beim Sperrfilter erhalten wir recht schöne Messwerte, obwohl wir vergessen haben dem Trenntrapez zwischen zuschalten. Man kann deutlich die Tendenz für blockierte und transmittierte Frequenzen erkennen.

Der Schwingkreis hat wohl am besten funktioniert, hier erhalten wir über verschiedene Verfahren Messwerte, welche sich alle decken.

Elektrischer Schwingkreis

