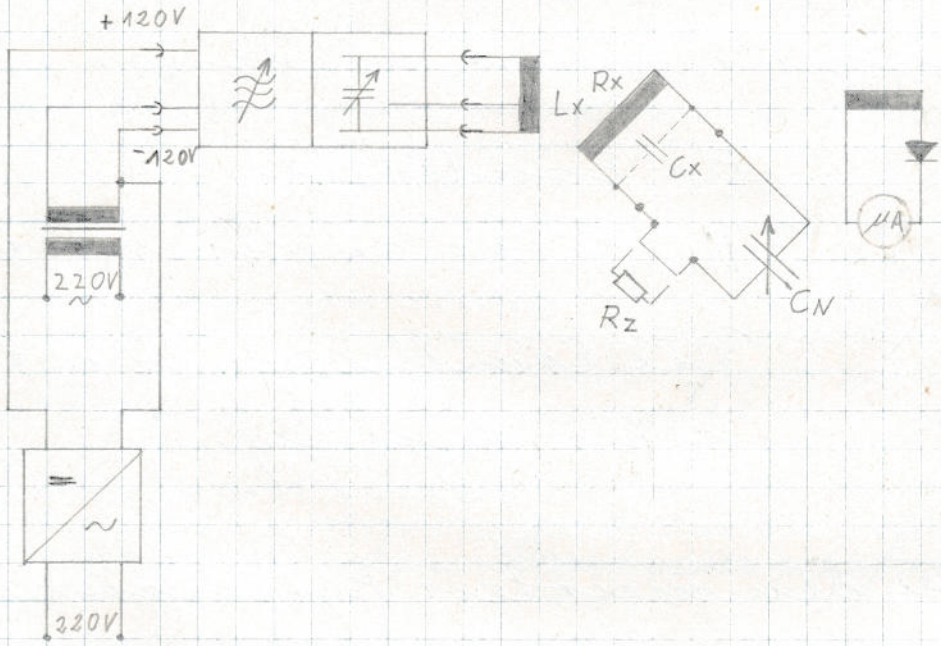
Prot. Nr. 10	Technologisches Gewerbemuseum in Wien **Laboratoriumsübungen**	Übung am: 8.1.1968
Jg. N4b		Abgabe am: 15.1.1968
Gr. Nr. 4	Zu- und Vorname Wimmer Richard	

Übung (Nr. und Titel) Untersuchungen an HF LC Resonanzkreisen	Laboratoriumsübungen aus Elektronik u. Radiotechnik

Übungsanordnung:

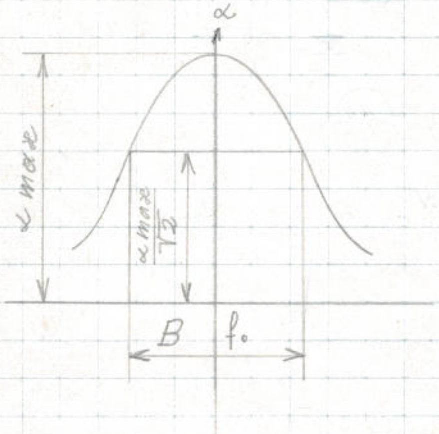


Gerätebezeichnung im Schaltbild	Art und Type des Gerätes (Meßwerk)	Erzeuger-Firma	F. Nr. (J. Nr.)	Nähere Angaben (Meßbereich)

Alle Beilagen sind einzukleben!

Theorie:

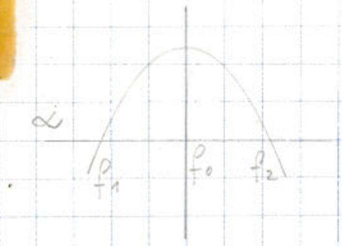
L_x, R_x und C_x sind durch geeignete Messungen zu bestimmen.
Zur Messung wird ein induktiver Dreipunktoszillator verwendet.
Als Resonanzindikator wird eine Spule mit einem Drehspulinstrument mit Gleichrichter verwendet.
Der größte Ausschlag am Instrument wird bei Resonanz festgestellt. Mit dem Instrument kann die Resonanzkurve aufgenommen werden.



B = Bandbreite
f_0 = Resonanzfrequenz

Die Ermittlung von f_0 ist sehr wichtig.

Da aber bei den meisten Resonanzkurven die Kurve sehr flach verläuft, kann man die Resonanz auf dem Instrument nur sehr schwer ablesen. Der genaue Wert von f_0 wird daher als Mittelwert bestimmt. Es werden zwei Frequenzen eingestellt, bei denen auf dem Instrument der gleiche Ausschlag α festgestellt wird. Der Mittelwert daraus ergibt f_0 genauer als durch das direkte Ablesen vom Instrument.



$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

Übungsumfang

a) Aufnahme der Resonanzkurve α nach f und Ermittlung der Halbwertsbreite $\left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}}\right)$

a_1) ohne R_Z

a_2) mit R_Z (z.B. R_Z 10,5 Ω)

b) Ermittlung von L_x und C_x

b_1) mit C_{N_1} ..... λ_{01} ..... f_{01}

b_2) mit C_{N_2} ..... λ_{02} ..... f_{02}

C_N ist ein kalibrierter Normalkondensator.

Aus den beiden Resonanzfrequenzen kann man C_x bestimmen

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x(C_x + C_{N_1})}} \qquad f_{02} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x(C_x + C_{N_2})}} \qquad \lambda_0 f_0 = c$$

$$\lambda_{01}^2 : \lambda_{02}^2 = C_x + C_{N_1} : C_x + C_{N_2}$$

$$\frac{\lambda_{01}^2}{\lambda_{02}^2} = \frac{C_x + C_{N_1}}{C_x + C_{N_2}}$$

$$\lambda_{01}^2 C_x + \lambda_{01}^2 C_{N_2} = \lambda_{02}^2 C_x + \lambda_{02}^2 C_{N_1}$$

$$C_x(\lambda_{01}^2 - \lambda_{02}^2) = \lambda_{02}^2 C_{N_1} - \lambda_{01}^2 C_{N_2}$$

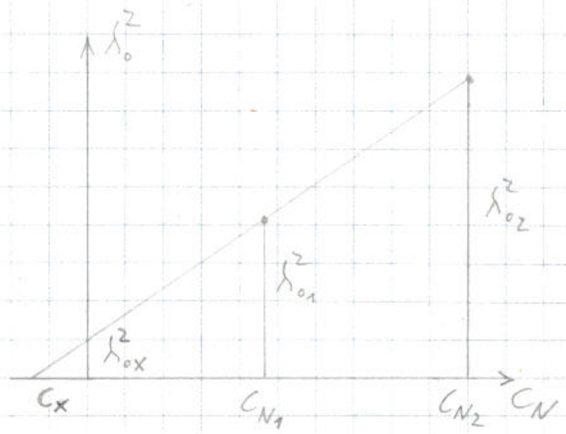
$$C_x = \frac{\lambda_{02}^2 C_{N_1} - \lambda_{01}^2 C_{N_2}}{\lambda_{01}^2 - \lambda_{02}^2}$$

f_{0x} = Eigenfrequenz
λ_{0x} = Eigenwellenlänge

$$f_{0x} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x C_x}} \qquad f_{0x}\, 2\pi \sqrt{L_x C_x} = 1$$
$$f_{0x}^2\, 4\pi^2\, L_x C_x = 1$$

$$L_x = \frac{1}{f_{01}^2\, 4\pi^2 (C_x + C_{N1})} \qquad L_x = \frac{1}{f_{0x}^2\, 4\pi^2\, C_x}$$

C_x kann auch grafisch bestimmt werden



aus dieser Zeichnung kann man λ_{0x}^2 und C_x ablesen man erspart sich dadurch viel Rechnerei

c) Ermittlung von R_x und Q_x

c_1) aus der Resonanzbreite

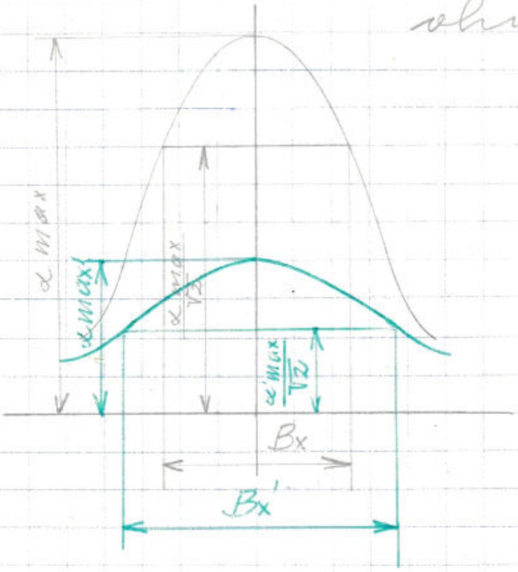
$\Omega = 1 = \frac{v}{d}$ $\quad v \hat{=}$ relative Doppelverstimmung
Ω normierte Verstimmung
d Dämpfung
Q = Güte

$$v = d \qquad v = \frac{2\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q} \qquad Q = \frac{\omega_0 L}{R_s}$$

$Q_x = \frac{\omega_0 L_x}{R_x}$ ohne R_Z

$Q'_x = \frac{\omega_0 L_x}{R_x'}$ $\quad R_x' = R_x + R_Z$ mit R_Z

ohne R_z



Das gemessene Q'_x und das aus Q_x und dem bekannten R_z errechnete Q_x müssen zur Kontrolle übereinstimmen.

Die zur Berechnung verwendete Formel $y = \frac{2\Delta f}{f_0}$ gilt nur bei geringer Verstimmung.
Die Formel $y = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2}$ gilt praktisch im allgemeinen.

c_2) aus α_{max} und α_{max}'
Bei c_1 fällt zuerst Q an. Aus Q kann man R_x berechnen.
Bei c_2 wird zuerst R_x berechnet und daraus Q.
Dazu muß die Kopplung konstant gehalten werden, es wird aber keine Resonanzkurve aufgenommen.

$$-j\omega M J_1 = R_x J_2 + \underbrace{\left(j\omega_0 L_x J_2 - j\frac{1}{\omega_0 C} J_2\right)}_{0}$$

$$J_1 = \frac{U_1}{Z_1}$$

Unter der Voraussetzung loser Kopplung zwischen Meßkreis und Oszilator, derart daß die Rückwirkung des Sekundärkreises auf den Primärkreis vernachlässigbar ist kann die EMK E im Meßkreis als konstant angesehen werden. Daher ergibt sich im Resonanzfall ohne R_Z $E = J_X \cdot R_X$, mit R_Z $E = J_X'(R_X + R_Z)$

$$\left.\begin{array}{l} E = R_X \cdot J_X \\ E = J_X'(R_X + R_Z) \end{array}\right\}$$

$$J_X R_X = J_X'(R_X + R_Z)$$
$$J_X R_X = J_X' R_X + J_X' R_Z$$
$$R_X(J_X - J_X') = J_X' R_Z$$

$$R_X = \frac{J_X' R_Z}{J_X - J_X'}$$

da J_X dem Ausschlag α am Instrument proportional ist kann man schreiben

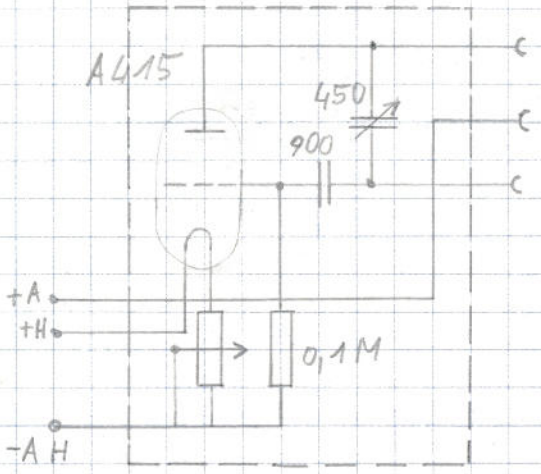
$$R_X = R_Z \frac{\alpha'}{\alpha - \alpha'}$$

α' wird dabei mit R_Z gemessen und α ohne R_Z.

Durch diese Formel ergibt sich bei der Messung und bei der Rechnung ein sehr geringer Aufwand.

Richard Wimmer

Schaltung des verwendeten Dreipunkt-oszillators



Meßergebnisse

Resonanzkurve ohne R_Z

$L_X = 0{,}33\,mH$ $C_N = 900\,pF$

$\alpha \rightarrow f$ Halbwertsbreite ~2,3 kHz

α' Ausschlag am Indikator

α	/	3,60	3,62	3,64	3,66	3,68	3,69	3,70	3,71	3,72	3,73	3,74	3,76	3,78
f	kHz	625	626	627	628	629	629,5	630	630,5	631	631,5	632	633	634
α'	/	3,9	5,6	7,5	12	20,8	25	23,5	19	14,1	11	8,5	5,5	3,8

gleicher Resonanzkreis mit $R_Z = 10\,\Omega$

α	/	3,60	3,62	3,64	3,66	3,68	3,70	3,71	3,72	3,74	3,76	3,78	3,80
f	kHz	625	626	627	628	629	630	630,5	631	632	633	634	635
α'	/	1,6	2,6	3,5	4,4	6	6,2	5,9	5,4	3,9	2,9	2,1	1,6

Halbwertsbreite ~~5,3~~ 3,5 kHz

gleicher Resonanzkreis mit $R_z = 5\,\Omega$

Halbwertsbreite ~ 3 kHz

α	/	3,60	3,62	3,64	3,66	3,67	3,68	3,69	3,70	3,71	3,72	3,73	3,74	3,76	3,78
f	kHz	625	626	627,5	628	628,5	629	629,5	630	630,5	631	631,5	632	633	634
α'	/	1,7	2,8	3,7	5,5	6,8	8,8	9,5	11,2	9,7	8,8	7,3	5,9	3,8	2,6

gleicher Resonanzkreis, nur wurde bei diesen Messungen der Resonanz=indikator bei Resonanz auf Voll=ausschlag gebracht.

ohne R_z

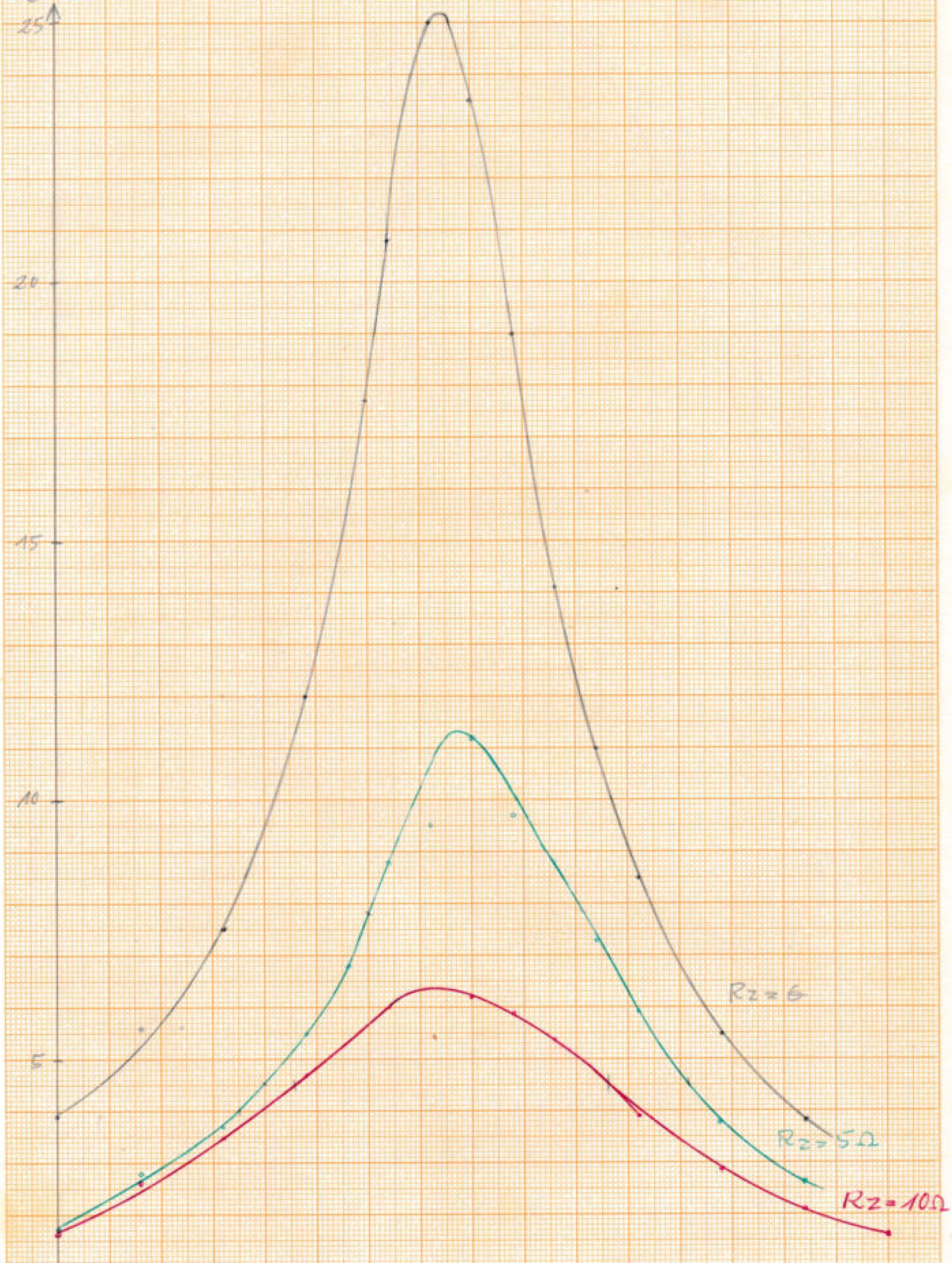
α	/	3,60	3,62	3,64	3,67	3,68	3,69	3,70	3,71	3,72	3,74	3,76	3,78	3,80	3,66
f	kHz	625	626	627	628,5	629	629,5	630	630,5	631	632	633	634	635	628
α'	/	2,5	5	10	19	24,3	25	22,5	20	18	13,5	11,3	8,8	7,5	15,8

$R_z = 5\,\Omega$

α	/	3,60	3,62	3,64	3,66	3,68	3,69	3,70	3,74	3,76	3,78	3,80
f	kHz	625	626	627	628	629	629,5	630	632	633	634	635
α'	/	3,5	5,5	8,5	12,6	19,6	23,6	25	23	19,4	16,7	14,5

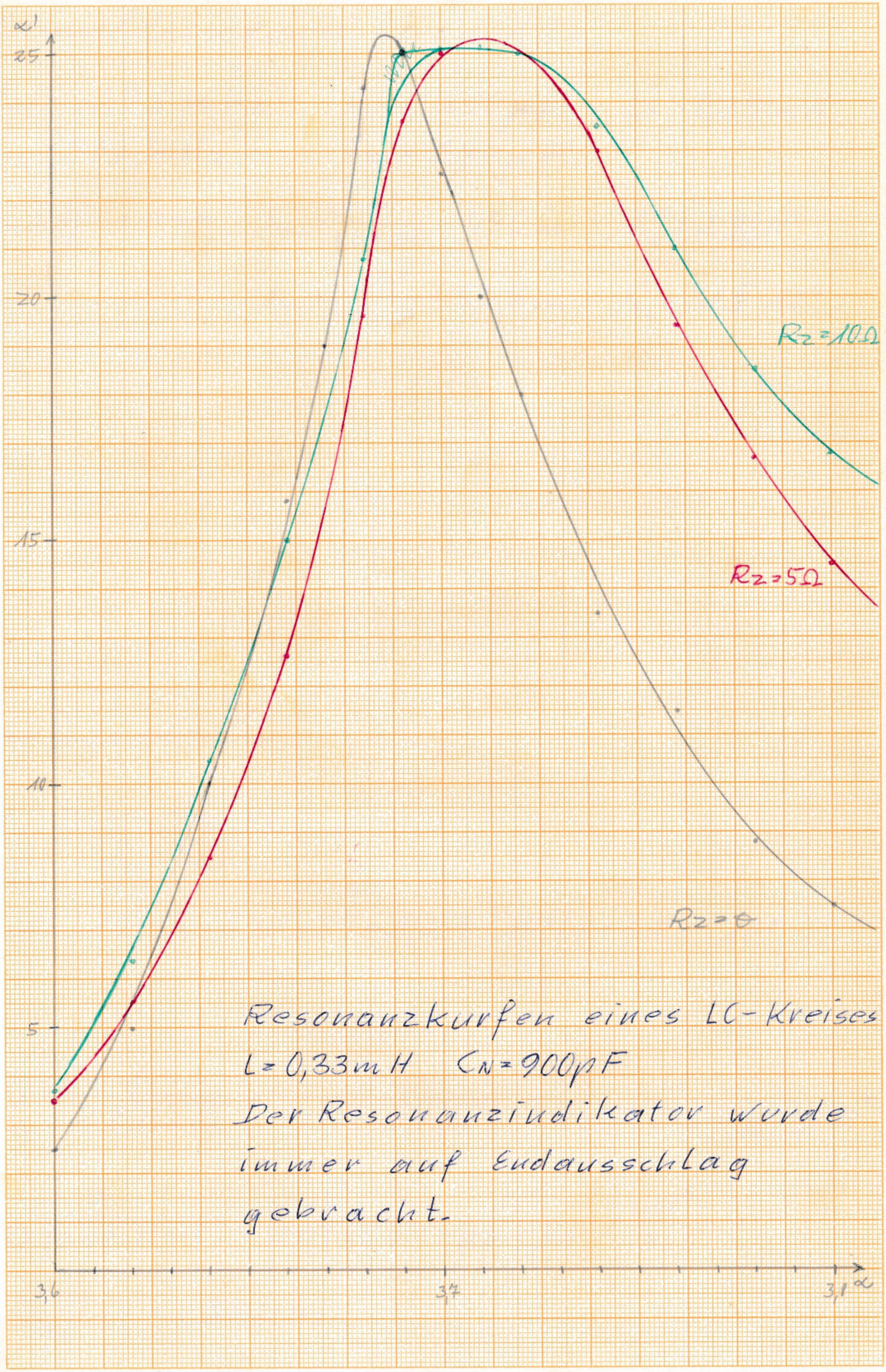
$R_z = 10\,\Omega$

α	/	3,60	3,62	3,64	3,66	3,68	3,69	3,70	3,71	3,72	3,74	3,76	3,78	3,80
f	kHz	625	626	627	628	629	629,5	630	630,5	631	632	633	634	635
α'	/	3,7	6,4	10,5	15	20,8	25	25,1	25,1	25	23,5	21	18,5	16,8



Resonanzkurven eines LC-Kreises

$L = 0{,}33\,mH \quad C_N = 900\,pF$


α'
25
20
15
10
5
3,6
3,7
3,1
α
Rz=10Ω
Rz=5Ω
Rz=0
Resonanzkurfen eines LC-Kreises
L=0,33mH CN=900pF
Der Resonanzindikator wurde
immer auf Endausschlag
gebracht.

Ermittlung von C_x und L_x

$f_{01} = 629{,}5\ kHz$ $C_{N1} = 200\ pF$ $L_x = 0{,}33\ mH$

$f_{02} = 535\ kHz$ $C_{N2} = 274\ pF$

$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \cancel{\ldots}$ $\lambda_{01} = \frac{3 \cdot 10^8}{0{,}63 \cdot 10^6} = 476\ m$ $\lambda_{01}^2 = 22{,}7 \cdot 10^4$

$\lambda_{02} = \frac{3 \cdot 10^8}{0{,}54 \cdot 10^6} = 555\ m$ $\lambda_{02}^2 = 31{,}5 \cdot 10^4$

rechnerisch:

$$C_x = \frac{\lambda_{02}^2 C_{N1} - \lambda_{01}^2 C_{N2}}{\lambda_{01}^2 - \lambda_{02}^2}$$

$$3{,}15 \cdot 10^5 C_x + 630 \cdot 10^8 = 2{,}27 \cdot 10^5 C_x + 621 \cdot 10^8$$

$$0{,}88 C_x = -9$$

$$C_x = 10{,}22\ pF$$

$$f_{0x} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x C_x}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x \cdot 10{,}2 \cdot 10^{-12}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{,}33 \cdot 10^{-3} \cdot 10{,}2 \cdot 10^{-12}}} =$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{3{,}38 \cdot 10^{-15}}} = \frac{10^7}{2\pi\sqrt{33{,}8}} = \frac{10^7}{2\pi\, 5{,}81} = \frac{10^7}{36{,}6} =$$

$$= \frac{10\,000}{36{,}6} = 273\ kHz$$