Physikalisches Blockpraktikum für Naturwissenschaftler

Versuch Kondensator und Spule

Betreuer: Daniel Kohlberger

Gruppe 2

2.Abgabe

Versuchsdatum: 21.02.2018

Michael da Silva

Jolanda Friedrich

Email: michael_dasilva@gmx.de

1. Versuchsaufbau

Kondensatoren und Spulen sind, wenn auch nicht bewusst, Teile unseres Alltags. Kondensatoren werden dazu benutzt, elektrische Energie oder binäre Information, beispielsweise im Falle des RAMs von Computern, zu speichern. Spulen werden dazu benutzt, Magnetfelder zu erzeugen oder zu detektieren und befinden sich zum Beispiel in Lautsprechern.

Ziel des Versuchs ist es, die Ladevorgänge eines Kondensators, sowie den Ein- bzw. Ausschaltvorgang einer Spule verstehen und darstellen zu können.

Die Bauteile werden auf ein Steckbrett angebracht und mit einem Impulsgenerator, sowie einem Oszilloskop verbunden. Mit Hilfe des Impulsgenerators werden Rechteckspannungen erzeugt, welche auf dem Oszilloskop dargestellt werden.

2. Versuchsauswertung

1. Kondensator

t /ms	**0**	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**	**1,1**	**1,2**	**1,3**	**1,4**	**1,5**	**1,6**	**1,7**	**1,8**	**1,9**	**2**
U_c /V	0	3,6	6,16	7,68	8,56	9,12	9,44	9,6	9,76	9,84	9,84	6,32	3,76	2,24	1,28	0,8	0,48	0,24	0,16	0,08	0
U_R /V	0	6	3,8	2,2	1,4	0,8	0,6	0,4	0,2	0,15	0	-6	-3,4	-2,2	-1,2	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0

Tabelle 1: Messwerte für Kondensator

1.1 Kondensator Spannung

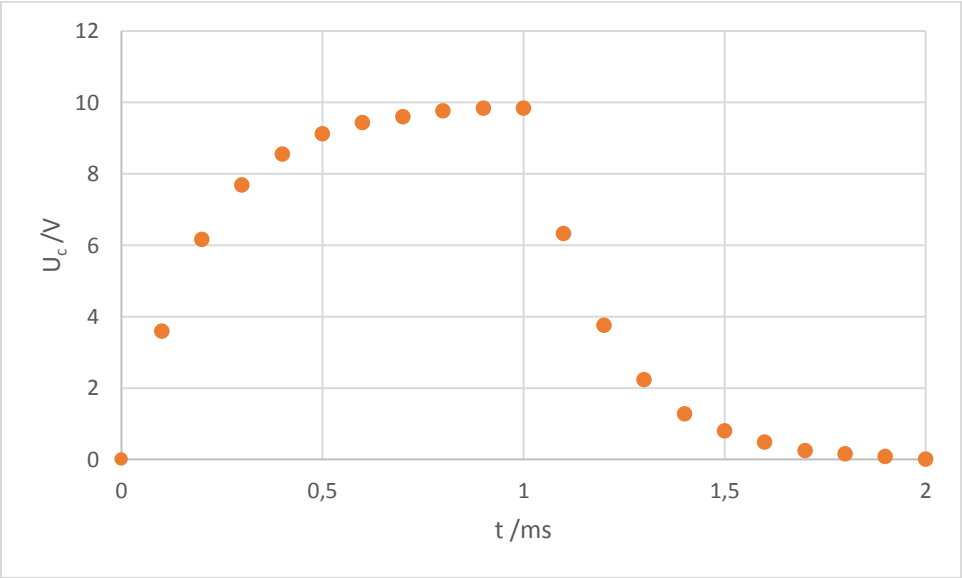


Abb.1: Spannung U_c in V über die Zeit t in ms mit einem 2000Ω Widerstand

Im Zeitbereich von t=0ms bis t=1ms sieht man den Ladevorgang des Kondensators, bei t=1ms ist der Kondensator vollständig geladen. Ab t=1ms entlädt sich der Kondensator, bis die Spannung bei t=2ms schließlich wieder 0 beträgt.

1.2 Kondensator Stromstärke

Die Stromstärke kann man mithilfe des Ohm´schen Gesetzes berechnen:

$$I = \frac{U_R}{R} \qquad \text{(Ohm´sches Gesetz)}$$

Die Werte für U_R stammen aus Tabelle1, mit R= 2000Ω

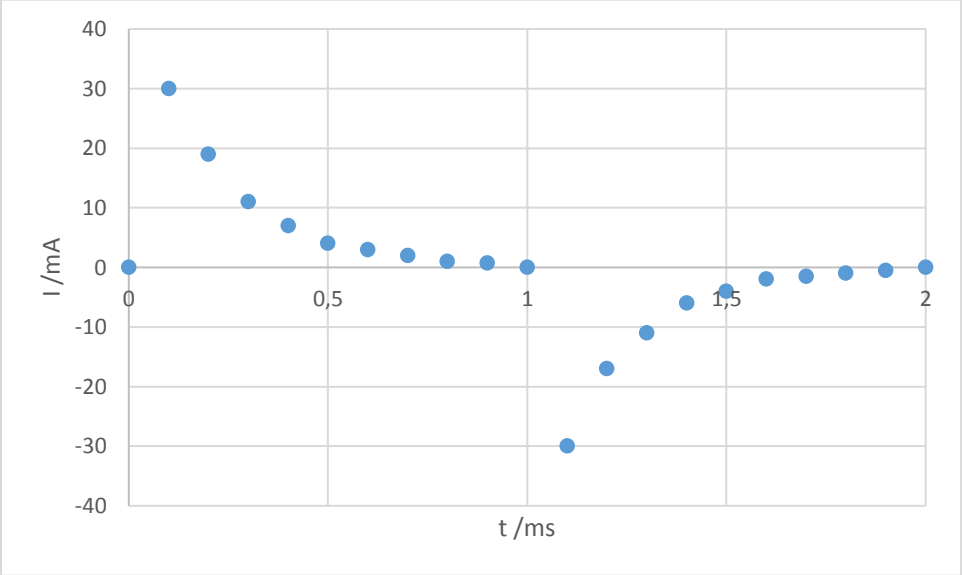


Abb.2: Stromstärke I in mA über die Zeit t in ms mit einem 2000Ω Widerstand

Wie bei Abb.1 erkennt man die Lade- bzw. Entladezeit des Kondensators. Zu beachten ist, dass sich das Vorzeichen ab t=1ms umdreht, da der Kondensator nach abschalten der Stromquelle nun selbst als Stromquelle fungiert, was die Richtung des Ladestroms umkehrt.

Bei Abb.1 liegt bei t=0 die Kondensatorspannung Uc bei 0V. Daraus lässt sich schließen, dass die Spannung U_0 ganz am Widerstand R abfällt. Der Aufladestrom ist zu diesem Zeitpunkt maximal, da die Ladungen ungehindert auf die Kondensatorplatten fließen können. Bis zum Zeitpunkt t=1ms steigt die Spannung U_c, diese Steigung nimmt jedoch ab. Dies lässt sich mit Abb.2 erklären, da der Aufladestrom I Exponentiell abfällt. Dies kommt daher, dass immer mehr Arbeit geleistet werden muss, um den Kondensator vollständig zu laden, je näher man dem Zeitpunkt der „vollständigen Ladung“ kommt.

Ab t=1ms beginnt der Entladevorgang, da die äußere Stromquelle abgeschaltet wird. Da der Kondensator jetzt als Stomquelle fungiert, nimmt die Spannung U_c exponentiell ab und erreicht schließlich 0V. Auch der Ladestrom nähert sich exponentiell 0mA, „steigt“ aber aufgrund des Vorzeichenwechsels.

Die Diagramme entsprechen den Abbildungen aus dem Skript (Abb. KS.3).

2. Spule

t /ms	**0**	**0,05**	**0,1**	**0,15**	**0,2**	**0,25**	**0,3**	**0,35**	**0,4**	**0,45**	**0,5**	**0,55**	**0,6**	**0,65**	**0,7**	**0,75**	**0,8**	**0,85**	**0,9**	**0,95**	**1**
U_{ind} /V	0	6,2	3,8	2,4	1,4	1	0,8	0,4	0,3	0,2	0	-6,2	-3,8	-2	-1,4	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0
U_R /V	0	3,44	5,84	7,28	8,08	8,64	8,96	9,12	9,28	9,28	9,36	5,92	3,6	2,16	1,36	0,72	0,4	0,24	0,08	0,04	0

Tabelle 2: Messergebnisse für Spule

2.1 Spule Spannung

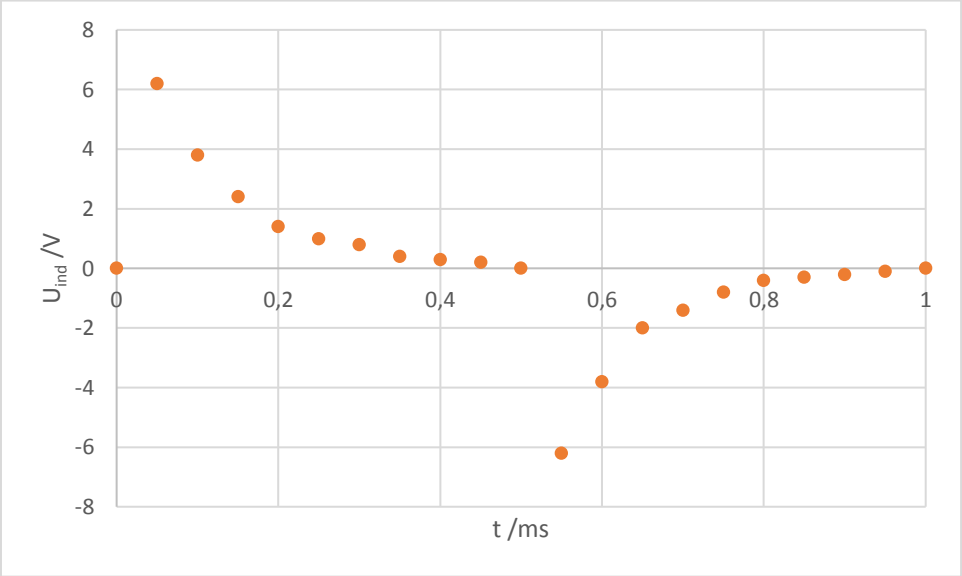


Abb. 3: Spannung U_{ind} in V über Zeit t in ms mit einem 1000Ω Widerstand

Das Diagramm ähnelt sehr der Abb. 2. Es zeigt die Induktionsspannung einer Spule unter Strom im Bereich von t=0ms bis t=0,5ms. 0,5ms nach Versuchsbeginn wird der Strom abgeschaltet und die Spule dient nun als Spannungsquelle, was den Vorzeichenwechsel ab dieser Stelle erklärt. Bei t=1ms beträgt die Induktionsspannung 0V.

2.2 Spule Strom

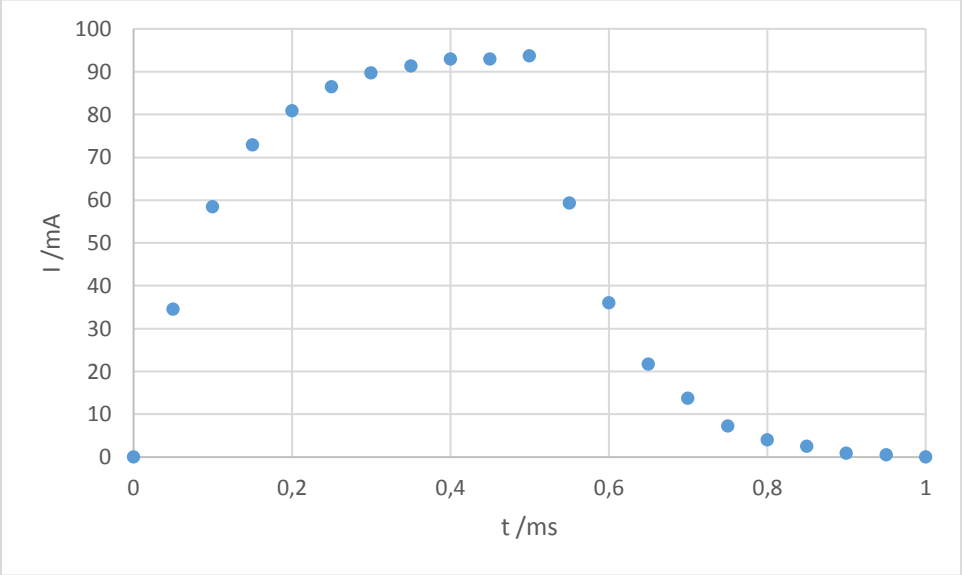


Abb. 4: Strom I in mA über Zeit t in ms mit einem 1000Ω Widerstand

Das Diagramm ähnelt der Abb. 1. Es zeigt den Strom der Spule in mA über die Zeit in ms.

Man erkennt ein monotones Wachstum bis zum Zeitpunkt t=1ms (Ladevorgang). Ab diesem Zeitpunkt fällt die Kurve exponentiell ab und erreicht schließlich 0V.

Beim Einschalten der Spannung ergibt sich, dass die Spannung $U_{ind} = U_0$ maximal ist. Anschließend fällt die Spannung U_{ind} rasch ab und nähert sich exponentiell an 0V an.

Der Ladestrom beginnt bei 0, da U_{ind} U_0 entgegenwirkt. Der Strom steigt jedoch nach Einschalten mit sinkendem U_{ind}.

Wird die äußere Stromzufuhr gestoppt, versucht die Spule den Strom aufrechtzuerhalten. Dadurch fallen $|U_{ind}|$ und der Ladestrom stark ab und erreichen schließlich wieder 0.

Auch hier ähneln die Diagramme den entsprechenden Abbildungen des Skripts (Abb. KS.6).

3. Kapazität und Induktivität

3.1 Kapazität C des Kondensators

Die hierfür benötigte Formel lautet:

$$\ln \frac{U_c(t)}{U_0} \qquad \text{(KS 4.3)}$$

Setzt man nun die Werte für $U_c(t)$ der Entladekruve aus Tabelle 1, sowie U_0=9,84V ein, erhält man folgendes Diagramm:

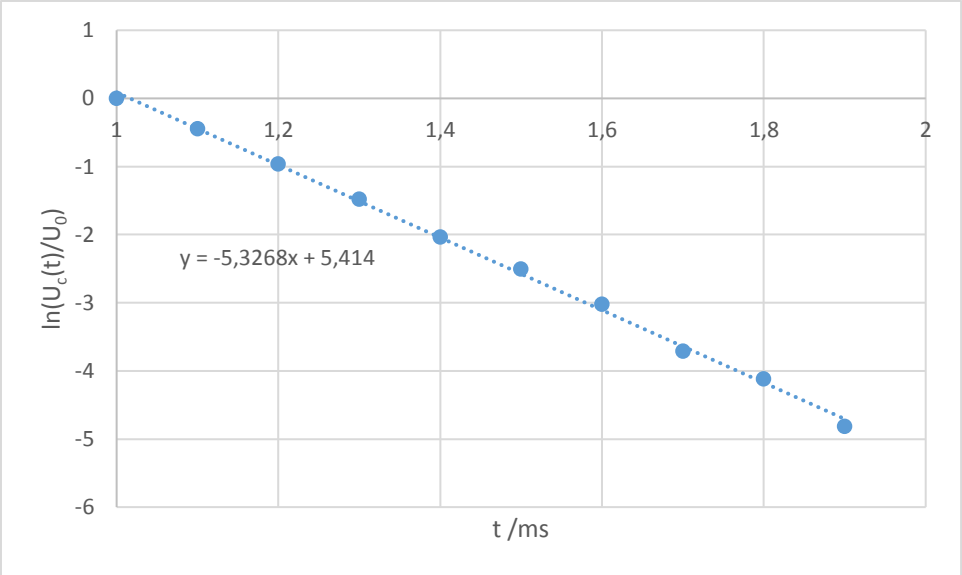


Abb. 5: ln($U_c(t)/U_0$) über t in ms, mit Ausgleichsgerade

Die Steigung der Ausgleichsgerade ist $\mathrm{m} = -5{,}327\,\frac{1}{ms}$

Die gegebene Formel $m = -\frac{1}{\tau_c}$

lässt sich umformen, um das gesuchte τ_c herauszubekommen:

$$\tau_c = -\frac{1}{m}$$

also erhält man τ_c= 0,1877ms =0,00019s als Zeitkonstante für diesen Kondensator.

Durch umstellen der Formel $\tau_c = R \cdot C$ (Definition von τ_c im KS-Skript)

erhält man nun die Formel $C = \frac{\tau_c}{R}$

Setzt man nun R= 2000Ω ein, erhält man

C=0,000000095F = 95nF

Da dieser Wert nur auf 3% Genauigkeit berechnet werden kann, ergibt sich die absolte Messunsicherheit von Δx=3nF

Die Kapazität C inklusive Fehlerberechnung ist also

C= (95±3)nF

3.2 Induktivität L de Spule

Die hierzu benötigte Formel lautet: $\ln\frac{U_{ind}(t)}{U_0}$ (KS 4.3)

Mit den Werten für den Einschaltevorgang aus Tabelle 2 und U_0= 6,2V erhält man nun folgendes Diagramm:

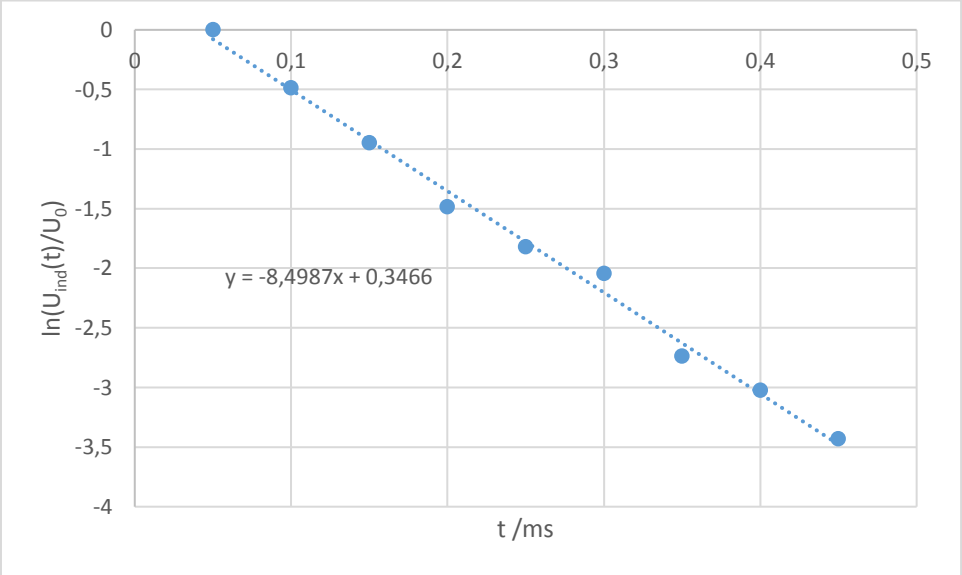


Abb. 6: ln(U_{ind}(t)/U_0) über t in ms, mit Ausgleichsgerade

Die Steigung der Ausgleichsgerade ist $\mathrm{m} = -8{,}499\,\frac{1}{ms}$

Wie bei 3.1 lässt sich die gegebene Formel $m = -\frac{1}{\tau_L}$

Umformen in $\tau_L = -\frac{1}{m}$

und man erhält die Zeitkonstante τ_L= 0,1177ms =0,00012s

Um nun die Induktivität zu erhalten, löst man die folgende Formel aus dem KS-Skript nach L auf: $\tau_L = \frac{L}{R}$ → $L = \tau_L \cdot R$, mit R=1000Ω

Man erhält somit die Induktivität L= 0,12 H= 120mH

Eine Messgenauigkeit von 3% liefert die absolute Messunsicherheit Δx=4mH

Somit ist die Induktivität inklusive Fehlerberechnung: L= (120±4)mH

4. Dimension [Zeit]

Um zu zeigen, dass R·C und $\frac{L}{R}$ die Dimension [Zeit] haben, setzt man die jeweiligen Einheiten (Ohm, Farrad, Henry) in die Formeln für τ ein.

1: $$R \cdot C = \Omega \cdot \frac{A \cdot s}{V} = \frac{V}{A} \cdot \frac{A}{V} \cdot s = s$$

2: $$\frac{L}{R} = \frac{\frac{V \cdot s}{A}}{\Omega} = \frac{\frac{V \cdot s}{A}}{\frac{V}{A}} = \frac{V}{A} \cdot s \cdot \frac{A}{V} = s$$

C2b
2000 Ω

Spannung Kondensator → Alles positiv!

euth wirkung

	1 (0)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (1000)	12	13	14	15
(t =) Δt/µs	10	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000				
1/Δt/kHz	100	10	5	3,33	2,5	2	1,667	1,429	1,25	1,111	1				
(U_c =) ΔV/V	0	3,6	6,16	7,68	8,56	9,12	9,44	9,6	9,76	9,84	9,84				
U_c Laden											(sollte 10)				

Kondensator & Spule

Cursor 2 ist im Ursprung, Cursor 1 wird bewegt, desshalb hier t = Δt usw.

→ 1 ms = 1000 µs 1 kHz = 1000 Hz

keine µs! = 11

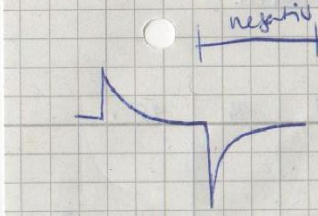
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(= t) Δt/ms	1,00	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
1/Δt/Hz	1000	909,1	833,3	769,2	714,3	666,7	625	588,2	555,6	526,3	500
(= U_c) ΔV/V	9,84	6,32	3,76	2,24	1,28	0,8	0,48	0,24	0,16	0,08	0

kein kHz!

Entladen U_c

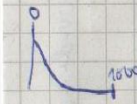
Generell zu Kondensator:
Einstellungen Impulsgenerator
- Rechteckspannung 10 V
- Periode 2 ms

25.02.19

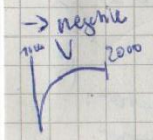


C25 Kondensator
R = 2000 Ω Strom

$\rightarrow U_R = R \cdot I \rightarrow I = \frac{U_R}{R}$

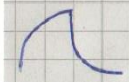


(=t) Δt/s	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$\frac{1}{\Delta t}$/kHz	∞	10	5	3,333	2,5	2	1,667	1,429	1,25	1,111	1
(=U_R) ΔV/V	0	6	3,8	2,2	1,4	0,8	0,6	0,4	0,2	0,15	0



Δt/ms	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$\frac{1}{\Delta t}$/Hz	909,1	833,3	769,2	714,3	666,7	625	588,2	555,6	526,3	500
ΔV/V	-6	-3,4	-2,2	-1,2	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2	0,1	0

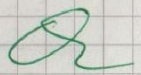
Spule Strom L 3b 10 V Rechteckspg
1000 Ω 1 ms Periode





	Hälfte									
	0						50	150	250	350	450
Δt/µs	0	100	200	300	400	500	~~600~~	~~700~~	~~800~~	~~900~~	~~2??~~
$\frac{1}{\Delta t}$/kHz	∞	10	5	3,33	2,5	2	20	6,667	4	2,857	2,222
U_R / V	0	5,84	8,08	8,96	9,28	9,36	3,44	7,28	8,64	9,12	9,28

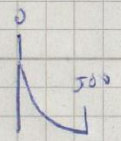
	~~1000~~	~~1,1~~	~~1,2~~	~~1,3~~	~~1,4~~	~~1,5~~	~~1,6~~	~~1,7~~	~~1,8~~	~~1,9~~
	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Δt/µs			1,538							
$\frac{1}{\Delta t}$/kHz	1,818	1,667	~~1,538~~	1,429	1,333	1,25	1,176	1,111	1,053	1
U_R / V	5,92	3,6	2,16	1,36	0,72	0,4	0,24	0,08	0,08	0



25.02.2019 Kondensator und Spule da Silva, Friedrich

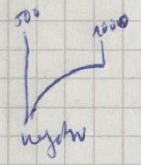
Spule Spannung L3b

1000 Ω



U_{ind}

Δt / µs	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$\frac{1}{\Delta t}$ / kHz	20	10	6,667	5	4	3,333	2,857	2,5	2,222	2
ΔV / V	6,2	3,8	2,4	1,4	1	0,8	0,4	0,3	0,2	0



Δt / µs	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
$\frac{1}{\Delta t}$ / kHz	1,818	1,667	1,538	1,429	1,333	1,25	1,176	1,111	1,053	1
ΔV / V	-6,2	-3,8	-2	-1,4	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0

zum Protokoll Fehlerrechnung: C ~~aufwenden~~ aufwenden von ~~40~~ 105,9 ...
zu 106

Ca.: $C = (105 \pm 3)\,nF$

bzw

$L = (100)\,mH$