

Physikalisches Praktikum 1

**Versuch E4**  
**RCL Kreis**

**Verfasser:**

Moritz Schubotz

**Betreuer:**

Sebastian Weber

**Abgabetermin:**

Montag, 4. Juni 2007

## **0 Ausgangssituation**

In diesem Versuch geht es darum, grundlegende Eigenschaften elektrischer passive Elemente, das heißt Kondensatorenspulen und Widerstände zu untersuchen. Dabei soll insbesondere untersucht werden wie sich die Bauteile verhalten, wenn sie in Stromkreisen zusammenschaltet werden. Wer werden qualitative sowie quantitative Messungen vornehmen. Im ersten Versuch verwenden wir kanonische Messinstrumente wie Stoppuhren, Strom und Spannungsmessgeräte. Später werden wir nur noch den Oszillographen zur Messung benutzen.

# Physikalisches Praktikum 1

## Versuch E4 - RCL Kreis

### 0.1 Inhalt

0	Ausgangssituation .....	2
0.1	Inhalt.....	3
1	Der RC Kreis.....	4
1.1	Durchführung der Messungen mit der Hand.....	4
1.2	Messungen mit dem Oszillographen.....	9
2	Die elektrischer Schwingung in RLC Kreis.....	12
3	Untersuchung von elektrischen Swingskreisen.....	18
Anhang A	Bildquellen .....	20

## 1 Der RC Kreis

In diesem Versuch wird das Entladeverhalten eines Kondensators untersucht. Gegeben ist eine Schaltung mit einer konstant Stromquelle, einem Schalter, und einer Parallelschaltung von Widerstand und Kondensator. Das Schaltbild sieht also wie folgt aus:

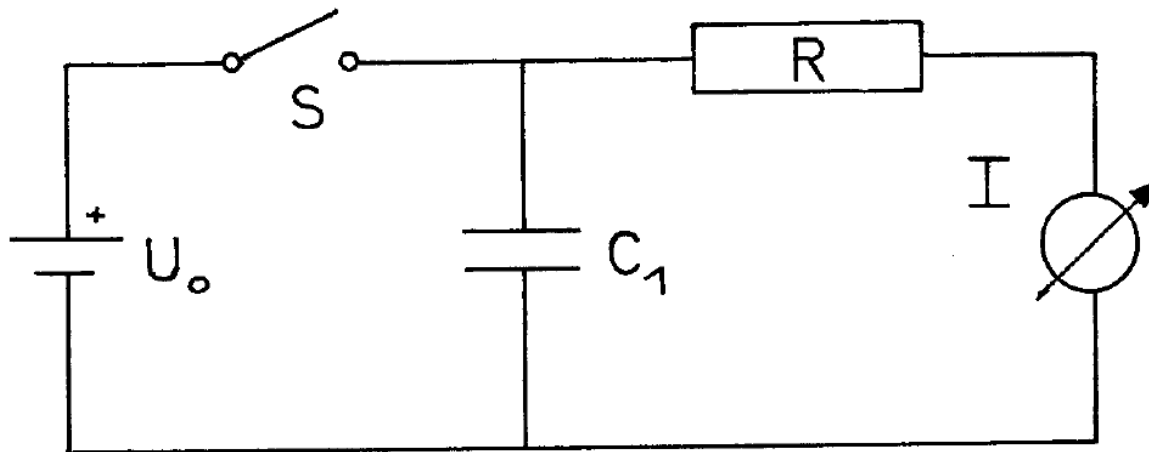


Abbildung 1 RC-Glied

Zu beachten ist, dass der Wert für den Widerstand  $R$  variiert, und der Wert für  $C$  eins konstant ist. Weiterhin war beim Aufbau des Versuches zu beachten, dass die Polarität des Kondensators  $C$ . eins nicht vertauscht wurde. Als Spannungsquelle, das heißt  $U_0$  wurde der Wert  $10\text{ V}$  eingestellt.

### 1.1 Durchführung der Messungen mit der Hand

Zuerst wurde die Schaltung aufgebaut. Danach wurde der Schalter geschlossen und es stellte sich sofort eine Spannung von  $10\text{ V}$  über den Kondensator ein. Danach wurde der Schalter geöffnet und das Strommessgerät wurde in regelmäßigen Abständen abgelesen. Natürlich ist diese Messmethode sehr fehlerbehaftet.

Die folgenden Messwerte wurden aufgenommen:

# Physikalisches Praktikum 1

## Versuch E4 - RCL Kreis

Tabelle 1

Name	Einheit	Wert	Fehler abs
R	Ohm	50500	100
U <sub>0</sub>	Volt	10	0,1

Eingestellt				Gemessen						
Einheit	s	%	s	Einheit	μA	%	μA	μA	Hz	
Name	Zeit	frel	fabs	Name	Strom	frel	fabs	Theorie	min Abw.	OK
Startzeit										
t	0	0%	0,000	I <sub>R</sub>	196	5%	9,8	198,020	2,020	WAHR
t	5	20%	1,000	I <sub>R</sub>	155	5%	7,75	167,984	12,984	FALSCH
t	10	10%	1,000	I <sub>R</sub>	139	5%	6,95	142,504	3,504	WAHR
t	15	7%	1,000	I <sub>R</sub>	115	5%	5,75	120,888	5,888	FALSCH
t	20	5%	1,000	I <sub>R</sub>	99	5%	4,95	102,552	3,552	WAHR
t	25	4%	1,000	I <sub>R</sub>	85	5%	4,25	86,996	1,996	WAHR
t	30	3%	1,000	I <sub>R</sub>	73	5%	3,65	73,801	0,801	WAHR
t	35	3%	1,000	I <sub>R</sub>	63	5%	3,15	62,606	0,394	WAHR
t	40	3%	1,000	I <sub>R</sub>	50	5%	2,5	53,110	3,110	FALSCH
t	45	2%	1,000	I <sub>R</sub>	46	5%	2,3	45,054	0,946	WAHR
t	50	2%	1,000	I <sub>R</sub>	39	5%	1,95	38,220	0,780	WAHR

Name	Einheit	Wert
T <sub>1/2</sub>	Zeit	20,5
-1(RC)		-0,0329
C	F	6,02E-04

# Physikalisches Praktikum 1

## Versuch E4 - RCL Kreis

Tabelle 2

Name	Einheit	Wert	Fehler abs
R	Ohm	113800	100
U <sub>0</sub>	Volt	10	0,1

Eingestellt				Gemessen						
Einheit	s	%	s	Einheit	µA	%	µA	mA	Hz	
Name	Zeit	frel	fabs	Name	Strom	frel	fabs	Theorie	min Abw.	OK
t	0	0%	0,000	I <sub>R</sub>	87	5%	4,35	87,873	0,873	WAHR
t	5	20%	1,000	I <sub>R</sub>	80	5%	4	80,310	0,310	WAHR
t	10	10%	1,000	I <sub>R</sub>	75	5%	3,75	73,398	1,602	WAHR
t	15	7%	1,000	I <sub>R</sub>	60	5%	3	67,081	7,081	FALSCH
t	20	5%	1,000	I <sub>R</sub>	56	5%	2,8	61,307	5,307	FALSCH
t	25	4%	1,000	I <sub>R</sub>	52	5%	2,6	56,031	4,031	FALSCH
t	30	3%	1,000	I <sub>R</sub>	49	5%	2,45	51,208	2,208	WAHR
t	35	3%	1,000	I <sub>R</sub>	46	5%	2,3	46,801	0,801	WAHR
t	40	3%	1,000	I <sub>R</sub>	42	5%	2,1	42,773	0,773	WAHR
t	45	2%	1,000	I <sub>R</sub>	40	5%	2	39,091	0,909	WAHR
t	50	2%	1,000	I <sub>R</sub>	39	5%	1,95	35,727	3,273	FALSCH

Name	Einheit	Wert
T <sub>1/2</sub>	Zeit	60
-1(RC)		-0,018
C	F	4,88E-04

# Physikalisches Praktikum 1

## Versuch E4 - RCL Kreis

Tabelle 3

Name	Einheit	Wert	Fehler abs
R	Ohm	164400	1
U <sub>0</sub>	Volt	10	0,1

Eingestellt				Gemessen						
Einheit	s	%	s	Einheit	mA	%	mA	mA	Hz	
Name	Zeit	frel	fabs	Name	Strom	frel	fabs	Theorie	min Abw.	OK
t	0	0%	0,000	I <sub>R</sub>	60	5%	3	60,827	0,827	WAHR
t	5	20%	1,000	I <sub>R</sub>	57	5%	2,85	57,861	0,861	WAHR
t	10	10%	1,000	I <sub>R</sub>	55	5%	2,75	55,039	0,039	WAHR
t	15	7%	1,000	I <sub>R</sub>	52	5%	2,6	52,354	0,354	WAHR
t	20	5%	1,000	I <sub>R</sub>	49	5%	2,45	49,801	0,801	WAHR
t	25	4%	1,000	I <sub>R</sub>	47	5%	2,35	47,372	0,372	WAHR
t	30	3%	1,000	I <sub>R</sub>	44	5%	2,2	45,062	1,062	WAHR
t	35	3%	1,000	I <sub>R</sub>	42	5%	2,1	42,864	0,864	WAHR
t	40	3%	1,000	I <sub>R</sub>	40	5%	2	40,774	0,774	WAHR
t	45	2%	1,000	I <sub>R</sub>	38	5%	1,9	38,785	0,785	WAHR
t	50	2%	1,000	I <sub>R</sub>	37	5%	1,85	36,894	0,106	WAHR

Name	Einheit	Wert
T <sub>1/2</sub>	Zeit	55
-1(RC)		-0,01
C	F	6,08E-04

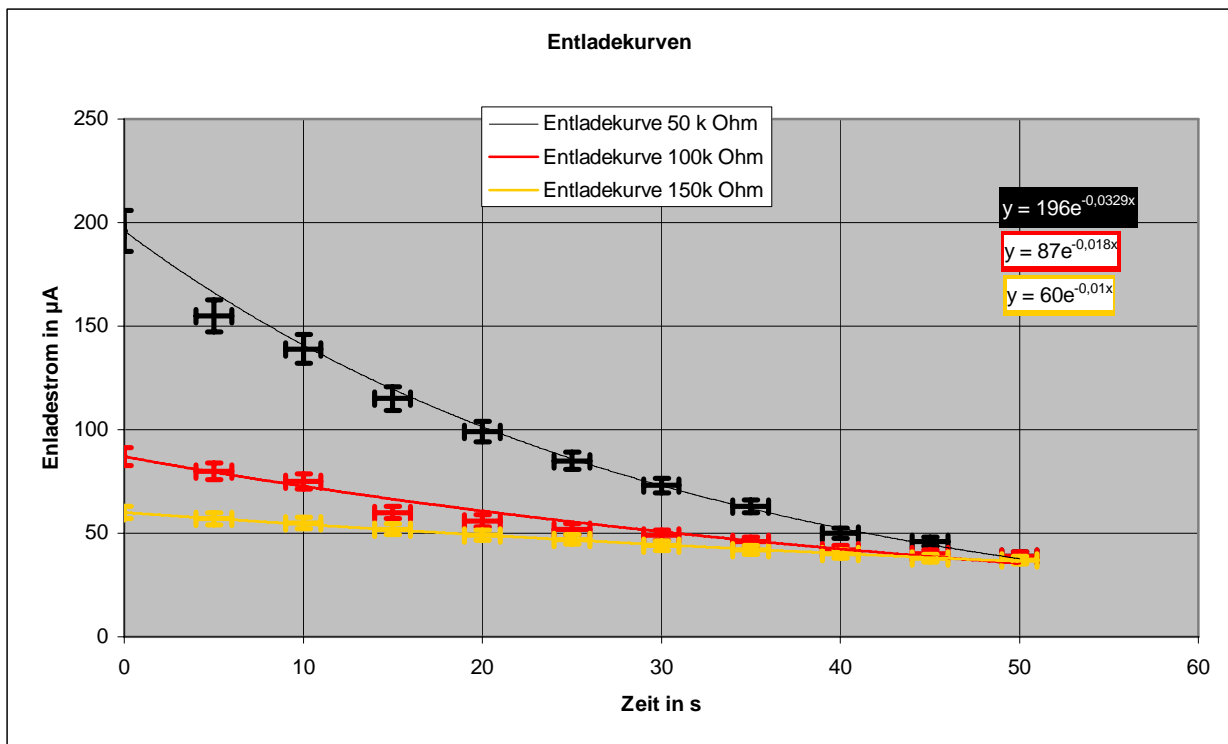


Diagramm 1

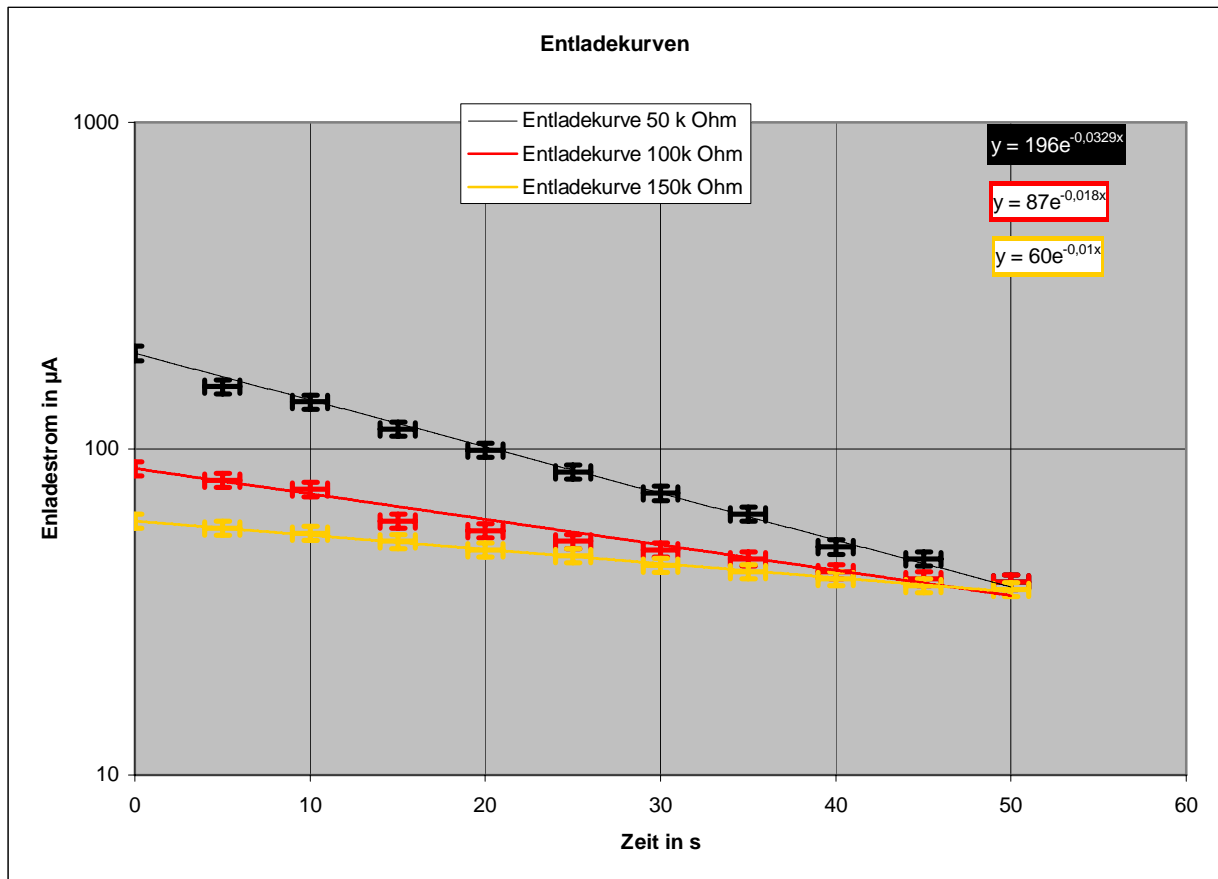


Diagramm 2 logarithmische Skalierung

Man sieht sehr gut, dass sich bei der zweiten Messung wahrscheinlich ein Ablesefehler eingeschlichen hat. Der Wert für 15 Sekunden, scheint in Wirklichkeit erst später gemessen worden zu sein. Leider kann man dies im Nachhinein nicht mehr verifizieren. Vergleicht man die Ausmessung eins und Messung zwei berechneten Kapazitäten für den Kondensator, so stellt man fest dass die Abweichungen relativ gering sind.

Die gemessenen Werte liegen bei 602 und 608  $\mu$  Farad, dieses stimmt auch mit dem auf dem Bauteile angegebenen Wert von 600 Mikro Farad gut überein.

### 1.2 Messungen mit dem Oszillographen

Im nächsten Versuchsteil werden wir die Messung mit dem Oszillographen vornehmen. Dazu muss der Versuchs Aufbau wie folgt geändert werden:

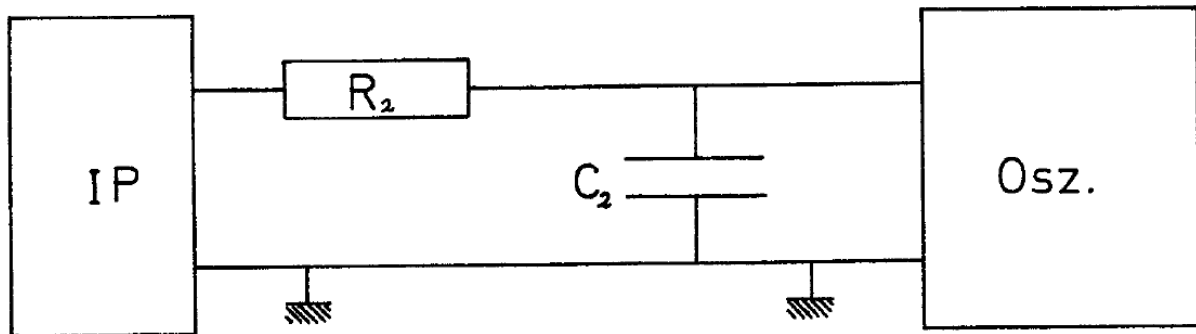


Abbildung 2 Messung der entlade und Ladekurve mit dem Oszillographen

Die Auswertung der Messung ergibt folgendes Bild:

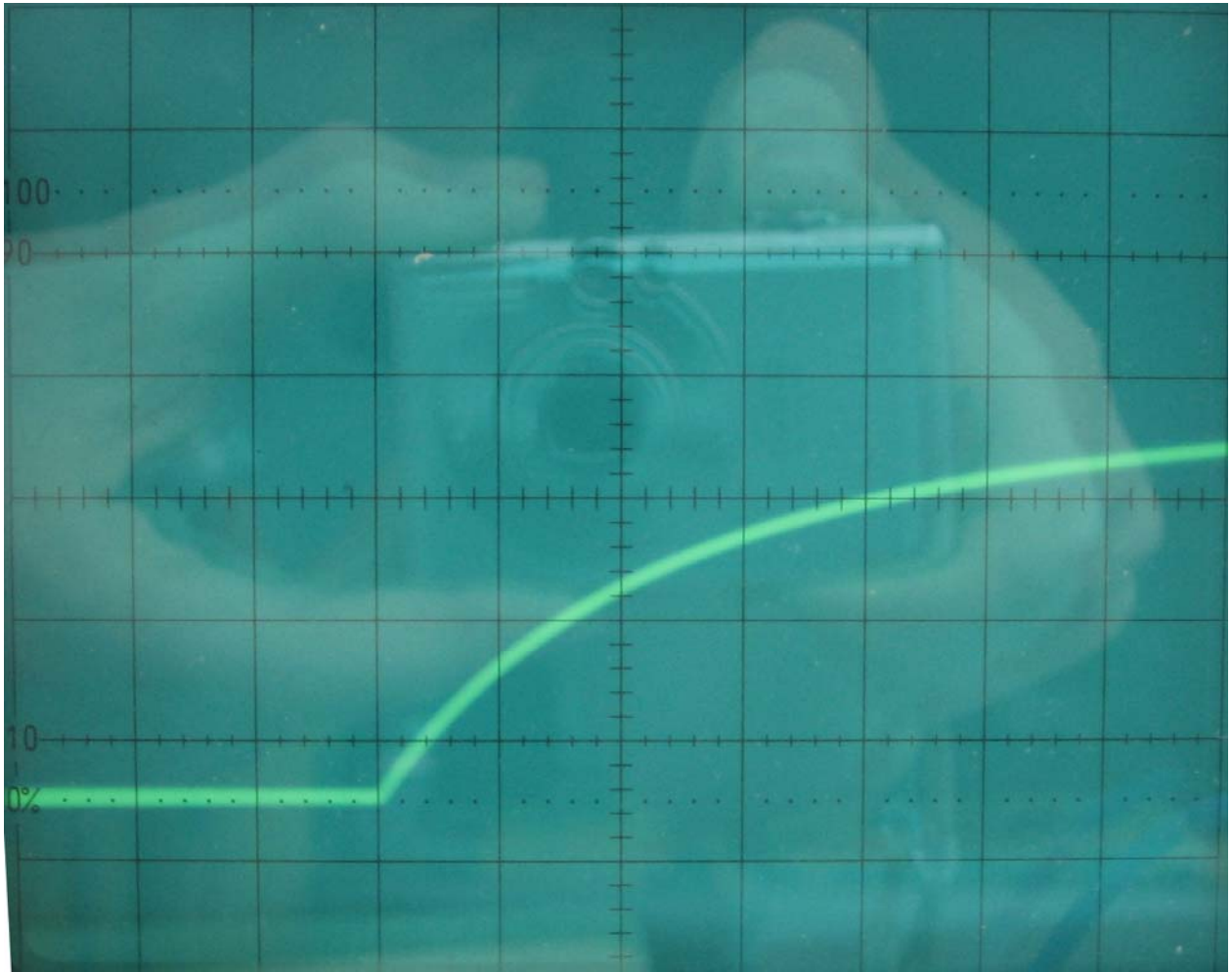


Abbildung 3  $R=10,47$  Kilo Ohm, 2 V per Div, 50 $\mu$ s

die Bildung eignet sich sehr gut, um die Halbwertszeit zu bestimmen, da der Oszillographen so eingestellt wurde, dass die halbe Spannung bei der Nulllinie erreicht ist.

Man sieht also, dass der Kondensator nach fünf Einheiten a 50  $\mu$ s halb aufgeladen. Die

Kondensatorkapazität berechnet sich demnach also wie folgt:

$$T_{\frac{1}{2}} = \ln 2 RC \Rightarrow C = \frac{T}{\ln(2)R} = \frac{5 \cdot 50 \mu s}{\ln 2 \cdot 10,45 k\Omega} = 0,0345 \mu F = 34,5 nF$$

Der Wert klingt plausibel.

Bemerkung zum Vorversuch:

## **Physikalisches Praktikum 1**

### **Versuch E4 - RCL Kreis**

Das Experimentieren mit dem Funktion Generator lieferte die gewünschten Ergebnisse, jedoch wurde festgestellt, dass bei sehr hohen Frequenzen, die Kanten des Rechtecksignals verschmierten.

## 2 Die elektrischer Schwingung in RLC Kreis

In diesem Versuch wird noch zusätzlich eine Spule ins Spiel gebracht und die Erscheinungen des so genannten RLC Kreises untersucht.

Der Versuchs-Aufbau wurde deswegen wie folgt geändert:

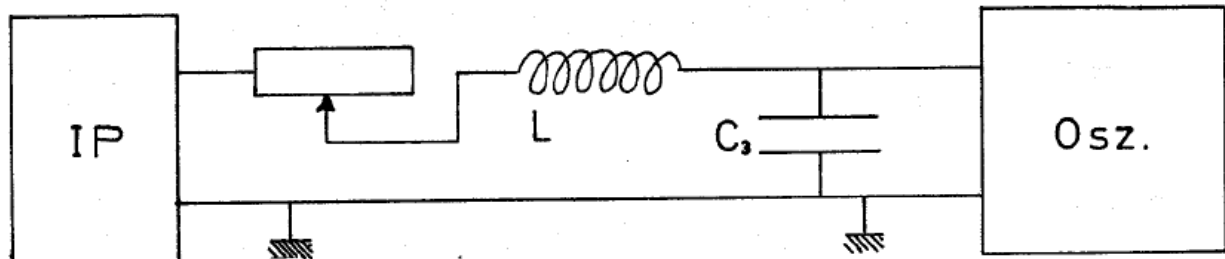


Abbildung 4 Versuchs Aufbau LC Kreis

viel der jetzigen Messung war als die einzelnen Fälle, das heißt Schwingfall, Kriechfall und am aperiodischen Grenzfall nachzuvollziehen.

Bei diesem Versuch erwiesen sich als hilfreich den Funktion Generator an den externen Triggerausgang des Oszillographen anzuschließen. Außerdem musste darauf geachtet werden, dass der richtige Ausgang des Funktionsgenerators verwendet wird. Andernfalls war der interne Widerstand des Ausgangs so hoch, dass nicht alle Fälle erreicht werden konnten.



Abbildung 5 verwenden des externen Triggerausgang

Die Variation der Widerstände lieferte folgende Bilder:

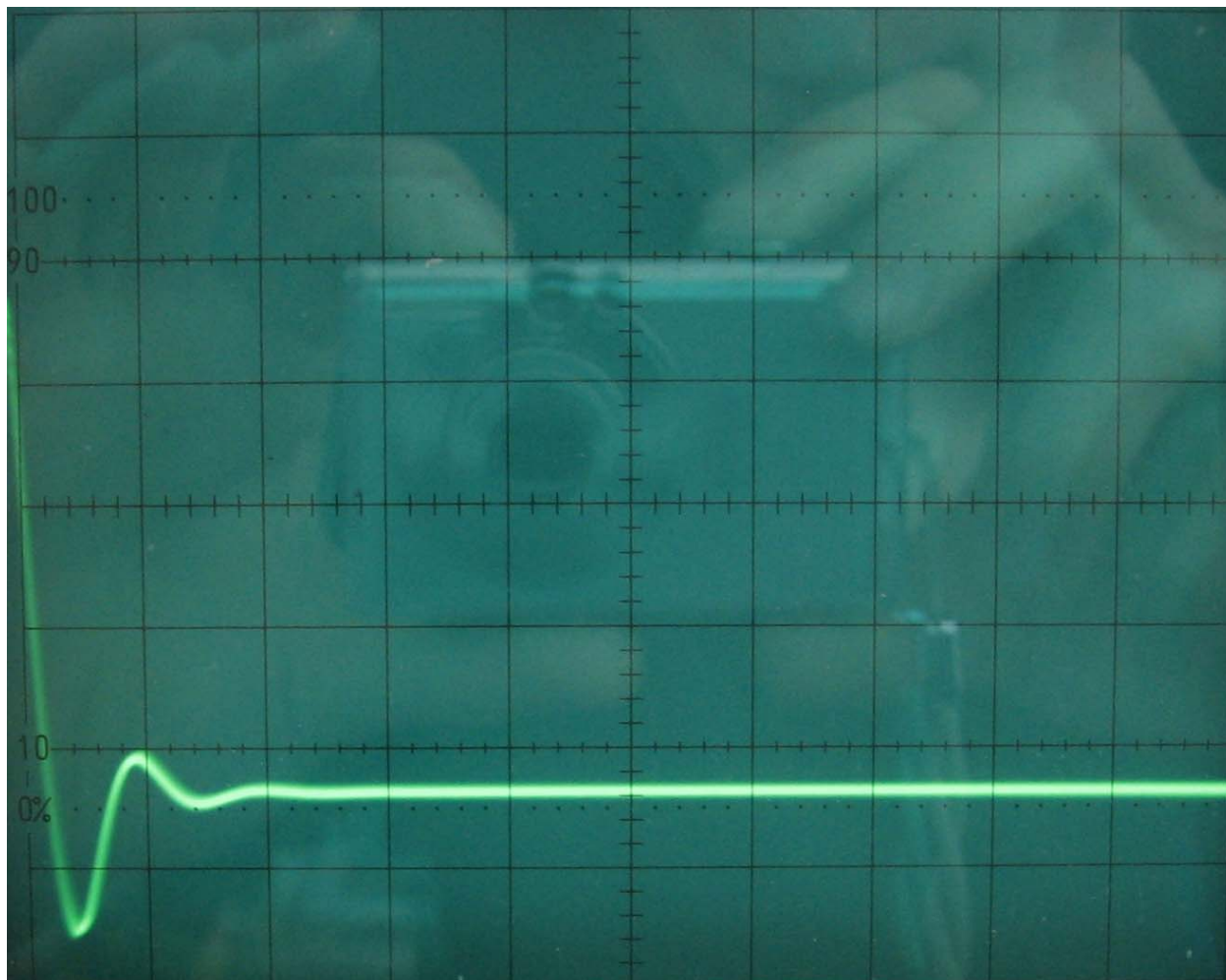


Abbildung 6 Schwingfall  $20 \mu\text{s}$  und  $2 \text{ V/div}$

## Physikalisches Praktikum 1

### Versuch E4 - RCL Kreis

vergrößerte man die Zeitauflösung so erhält man folgendes Bild:

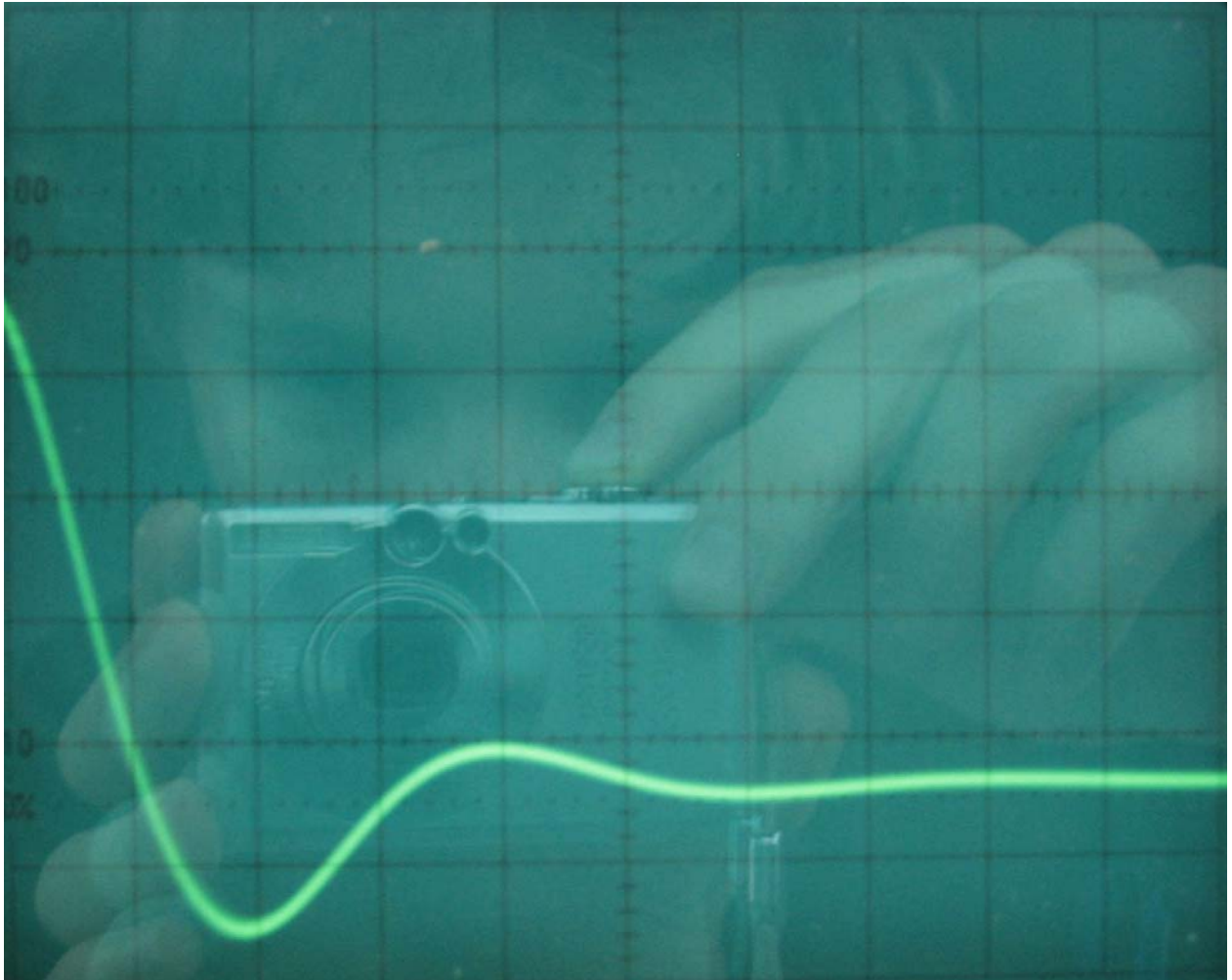


Abbildung 7 Schwingfall  $5 \mu\text{s}$   $2 \text{ V}$  pro Einheit

Für diese beiden aus Aufnahmen lag der Widerstand  $R$ . bei  $0 \text{ Ohm}$ . Eventuell muss der Ausgangs Widerstand des Funktionsgenerator von  $50 \text{ Ohm}$  zu diesem Wert addiert werden.

Erhöhte man den Widerstand langsam, so gelangte man zum aperiodischen Grenzfall:

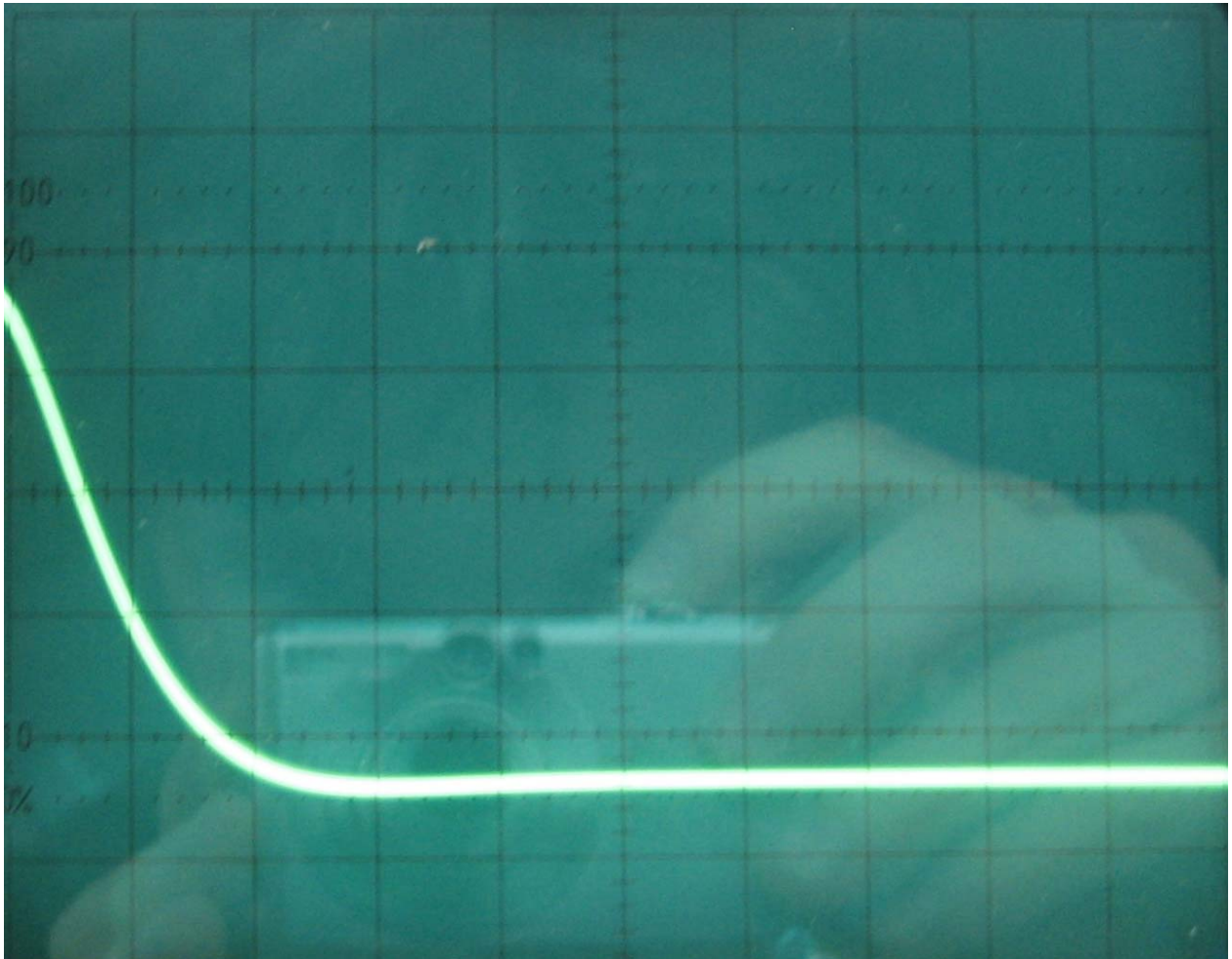


Abbildung 8 aperiodischer Grenzfall  $5 \mu s$  2 V

Diese Aufnahme wurde bei einem Widerstand von Texten 70,4 Ohm gemacht. Dazu müssen noch die Werte des Ausgangswiderstands sowie die 1,7 Ohm Widerstand der Spule addiert werden. Vergrößert man diese Aufnahme so kann man gut messen nach welcher Zeit die halbe Spannung erreicht ist.

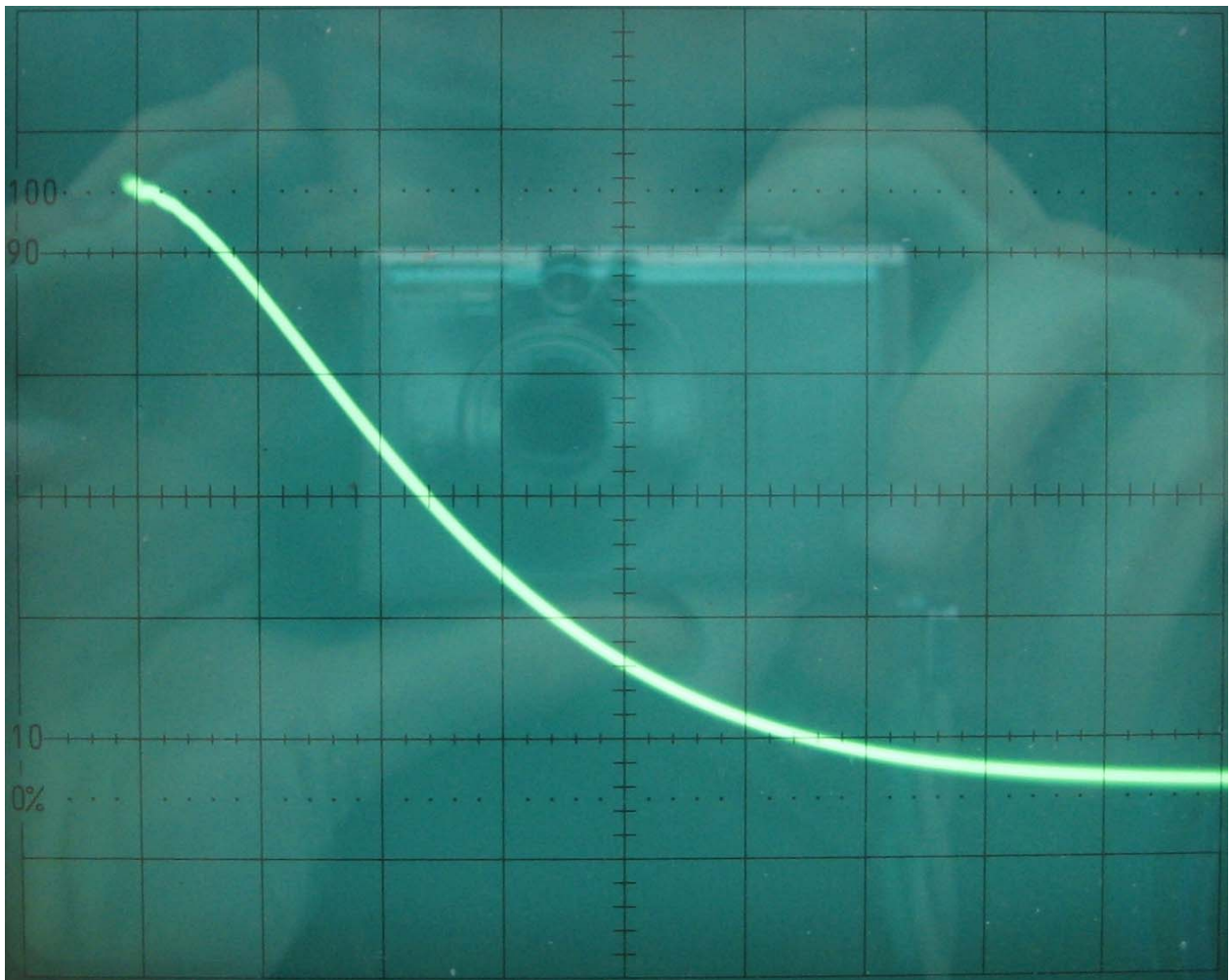


Abbildung 9 aperiodischer Grenzfall 2 μs 2 V

Man liest aus diesem Bild ab, dass die Halbwertszeit 2,1 Einheiten mit je 2 μs beträgt. Das bedeutet das die Halbwertszeit 4,1 μs beträgt. Der Gesamtwiderstand beträgt also: 70,4 plus 1,7 plus 50 Ohm gleich 121,1 Ohm. Die Kondensatorkapazität ist mit 43 nF gegeben.

Bestimmung über die Halbwertszeit:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{2L}{R} \cdot 1,68 \Rightarrow L = T_{\frac{1}{2}} R \cdot 0,297 = 4,2 \mu s \cdot 121,1 \Omega \cdot 0,297 = 151,37 \mu H$$

Oder mit der gegebenen Formel:

$$\frac{1}{LC} = \frac{R^2}{4L^2} \Rightarrow L = \frac{R^2 C}{4} = \frac{14665,21 \Omega^2 \cdot 43 nF}{4} = 157,65 \mu H$$

Man sieht das die beiden Werte gut übereinstimmen.

## Physikalisches Praktikum 1

### Versuch E4 - RCL Kreis

Erhöht man den Widerstand weiter, so gelangt man zum Kriechfall. Das folgende Bild wurde vor einem Widerstand von 1,1 Kilo Ohm aufgenommen:

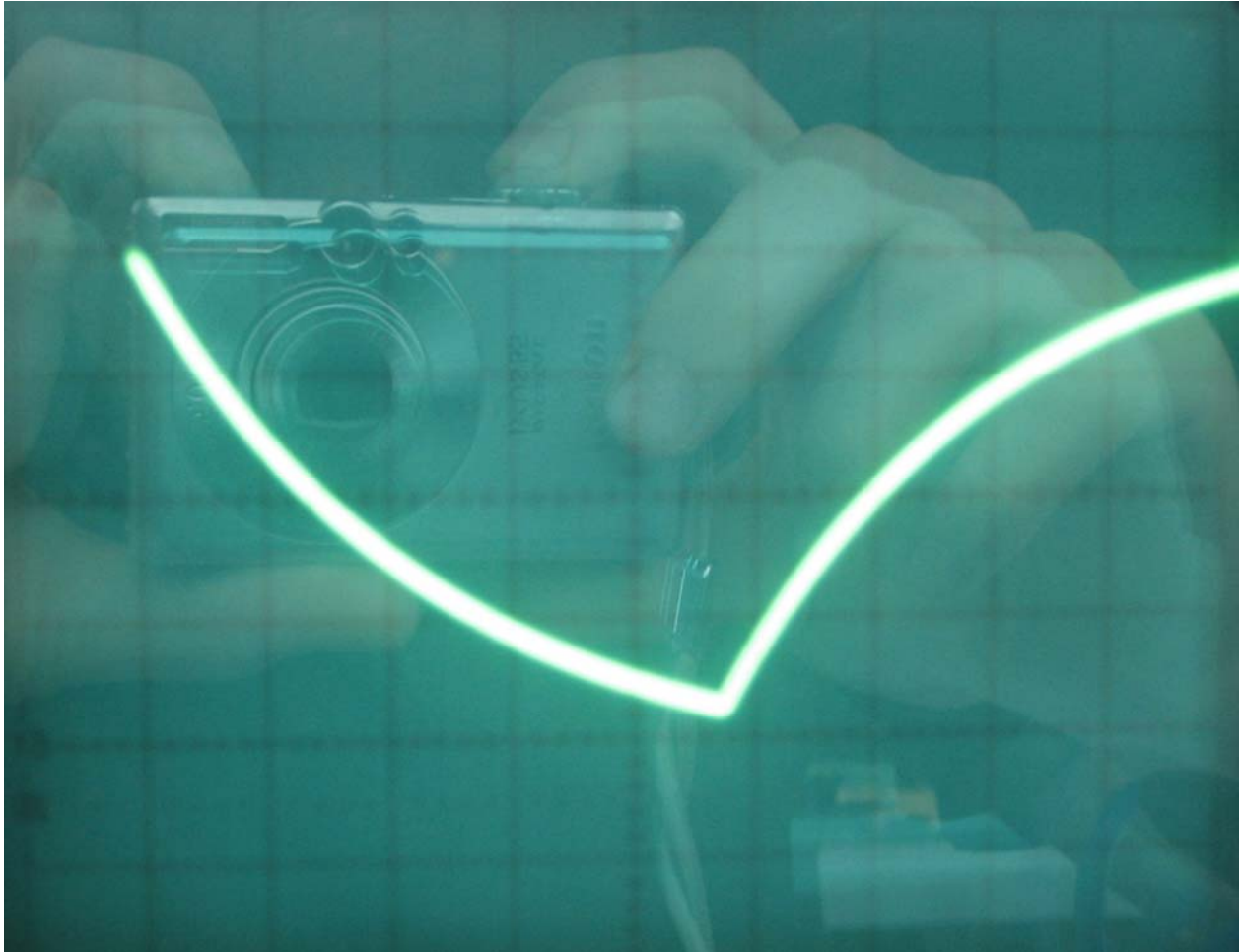


Abbildung 10 Kriechfall  $20 \mu\text{s}$  2 Volt

wie man deutlich erkennt, wird hier die Nulllinie nie erreicht.

### 3 Untersuchung von elektrischen Swingskreisen

nun schaltete Funktionsgenerator in den Sinus Betrieb und ändern die Schaltung wie folgt:

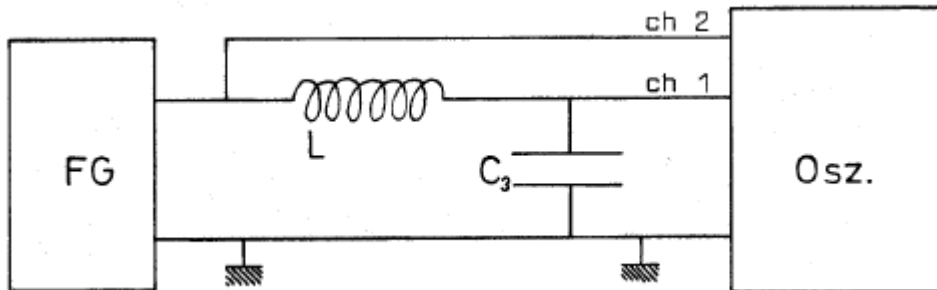


Abbildung 11

Die im Versuchsheft angegebene Anleitung, den Oszillographen Channel zwei zu triggern, wurde ignoriert, weil der Oszillograph über den Triggenerausgang des Funktionsgenerators getriggert wurde. Mit der folgenden Messreihe, wurde die Resonanzfrequenz bestimmt:

Tabelle 4 Meaaung

Freuenz kHz	Zeitversch $\mu\text{s}$	Amp 1 V	Amp 2 V
45,3	0	7,6	1,5
48,8	0,2	7,6	1
51,1	1	7,6	1
52	4	6	0,4
52,9	8	5,8	0,5
53,7	8,4	5,8	0,6
56	8,4	5	1,1
64,3	9,2	4	3,6
70,8	10	3,4	4

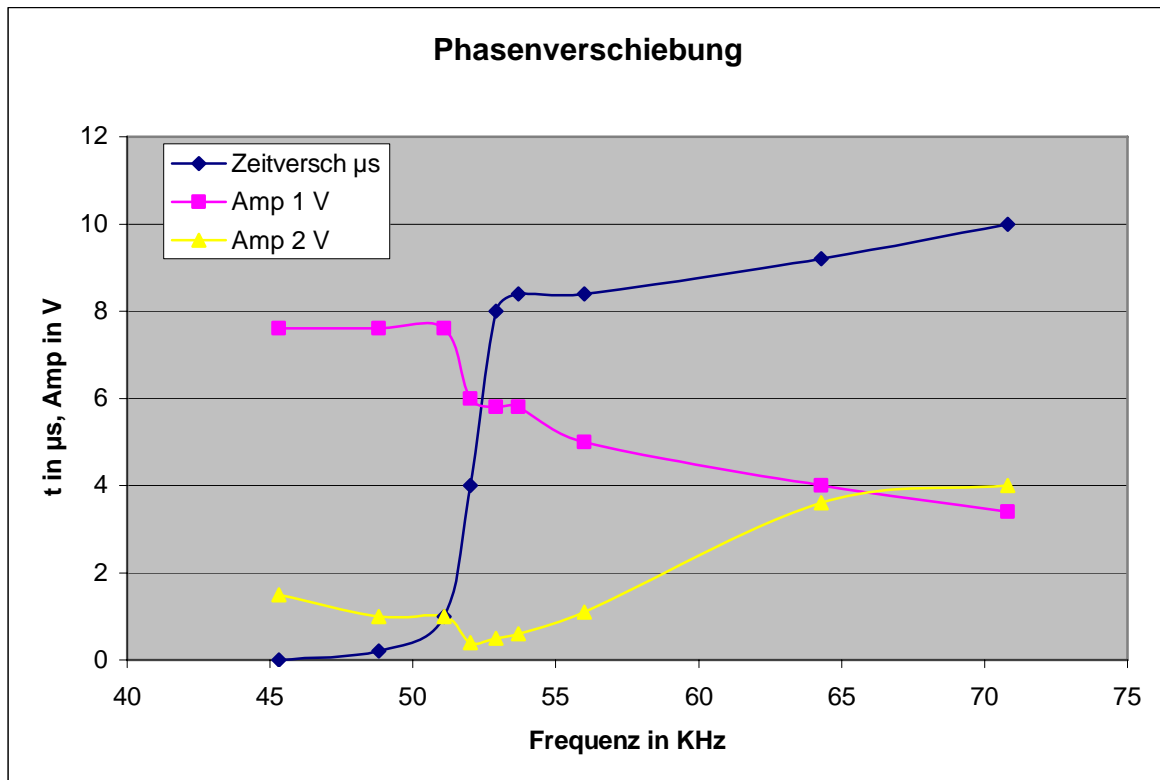


Diagramm 3

die Auswertung der Kurve zeigt, dass die Messung für die Zeitverschiebung den Erwartungen entspricht. Leider ist es jedoch schwierig die Kurven für die maximalen Amplitude zu interpretieren, und so liegt es nahe die Qualität der Messung in diesem Bereich anzuzweifeln. Die Resonanzfrequenz wurde einer separaten Messung auf 52,3 Kilohertz bestimmt worden.

Vergleicht man die mit den theoretischen Wert von  $\frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{151\mu H \cdot 47nF}} = 375k \frac{1}{\sqrt{HF}}$

So stellt man fest, dass offensichtlich etwas schiefgegangen ist und eine weitere Rechnung wenig Sinn macht.

## **Anhang A      Bildquellen**

Versuchsaufbauten Anleitungsheft

Oszillograph Digitalkamera

Der Text wurde mit einem Spracherkennungsprogramm diktiert, daher kann es vorkommen, dass einige Wörter durch gleichklingende aber bedeutungsentferte Wörter ausgetauscht wurden.