

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Professur für Mess- und Sensortechnik

Vorbereitung und Protokoll zum Praktikum Elektrische Messtechnik

Versuch: Oszilloskop (Oszi) V1.0

Versuchstag: 08.01.2019

Laborgruppe: BREEM12

Han, Bing

Weirauch, Julius

Email: julius.weirauch@s2013.tu-chemnitz.de

Betreuer: Philipp Hempel

Signum / Bemerkung.....

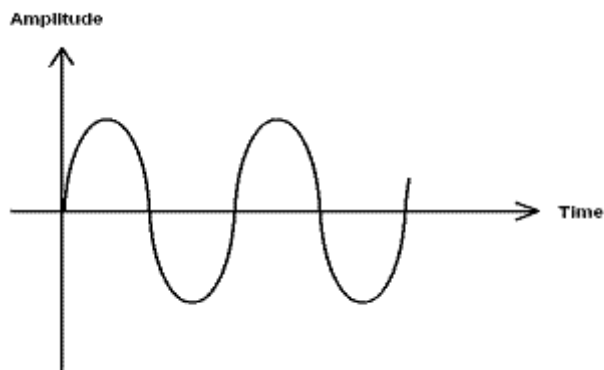
2. Grundlagen / Versuchsvorbereitung

1) Zur praktischen Bestimmung von Systemkennfunktionen und -kenngrößen werden spezielle Testsignale verwendet (z.B. harmonisches Signal, Einheitssprung und Einheitsimpuls).

a) Skizzieren Sie für die genannten Testsignale den Verlauf und geben Sie die Funktionsgleichungen an!

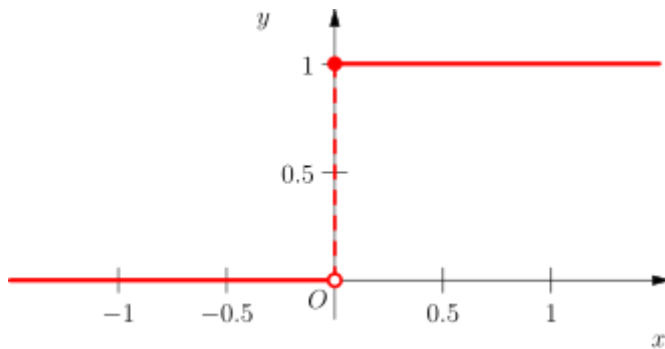
Harmonisches Signal:

$$f(t) = f_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$



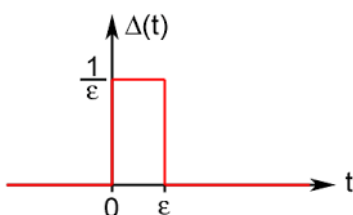
Einheitssprung:

$$f(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$



Einheitsimpuls:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{\varepsilon}, & 0 < t < \varepsilon \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$



b) Welche Systemantworten lassen sich mit diesen Testsignalen ermitteln? Ordnen Sie diese den Testsignalen zu!

Harmonisches Signal:

Die Systemantwort ist ein harmonisches Signal. Die Amplitude ist linear abhängig von der Frequenz des Eingangssignals, je höher, desto kleiner die Amplitude.

Einheitssprung:

Die Systemantwort ist die Sprungantwort. Aus dieser Funktion lassen sich die Zeitkonstante τ und t_r ermitteln.

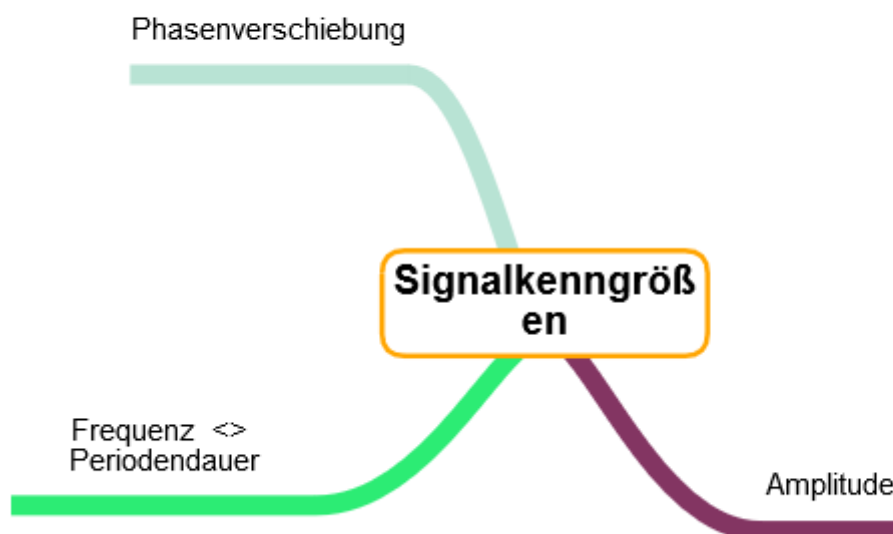
Einheitsimpuls:

Die Systemantwort ist die Gewichtungsfunktion bzw. Impulsantwort.

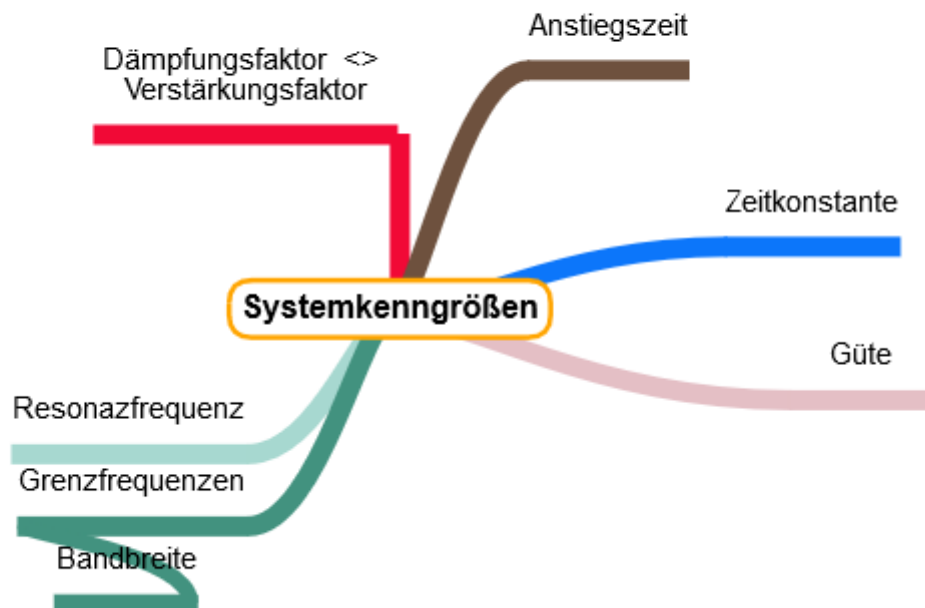
c) Nennen Sie weitere Testsignale!

Dreieckssignal, Rampensignal

2) Nennen Sie wichtige Signal- und Systemkenngrößen!



Mindmap 1: Signalkenngrößen



Mindmap 2: Systemkenngrößen

3) Funktionsgenerator und Oszilloskop

a) Zur Generierung der Testsignale dienen Funktionsgeneratoren. Wie groß ist i. A. die Quellimpedanz dieser Signalquellen?

Der Funktionsgenerator hat i. A. eine Quellimpedanz von 50Ω .

b) Wie groß ist der Eingangswiderstand eines Oszilloskops? Muss dieser bei einer Messung berücksichtigt werden? Erklären Sie die Zusammenhänge!

Der Eingangswiderstand eines Oszis ist umschaltbar.

Für niederfrequente Signale nutzt man $>1M\Omega$

Für hochfrequente Signale nutzt man 50Ω damit keine Reflexionen am Eingang auftreten.

Der Eingangswiderstand muss bei der Auswertung der Messung berücksichtigt werden.

c) Tastköpfe sind Zubehör für Oszilloskope. Welche Varianten sind Ihnen bekannt? Welchen Zwecken dienen sie? Erklären Sie ein Beispiel!

Passiv

Spannungsteilerschaltung zum Erweitern des Messbereichs
(z.B. Messen von größeren Spannungen)

Aktiv

Verstärken des Eingangssignals

Rückwirkungen des Oszis auf das Messsignal werden minimiert.
(z.B. Messen von sehr kleinen Spannungen)

d) Wie werden auf dem Oszilloskop lissajous'sche Figuren erzeugt? Was kann mittels Lissajous-Figuren bestimmt werden?

Lissajous-Figuren entstehen durch verschiedene harmonische Schwingungen an Y- und X-Eingang, die durch Überlagerung charakteristische Figuren erzeugen. Einfache Figuren entstehen durch bestimmte Frequenzverhältnisse und Phasen. Daraus lassen sich auch Rückschlüsse auf die Frequenzen ziehen.

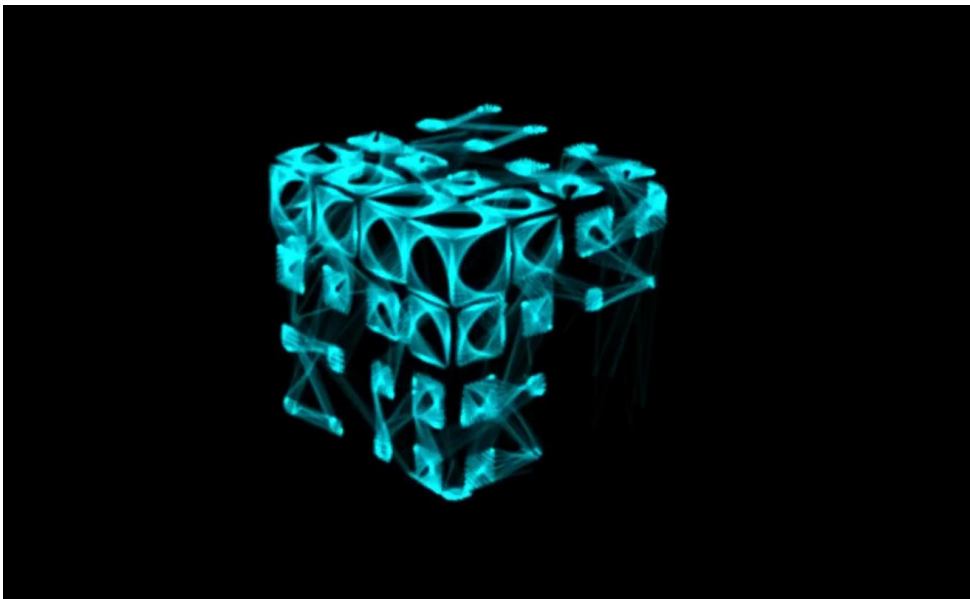


Bild 1: Lissajous-Figur von <https://www.youtube.com/watch?v=SRmgAqyIweU>

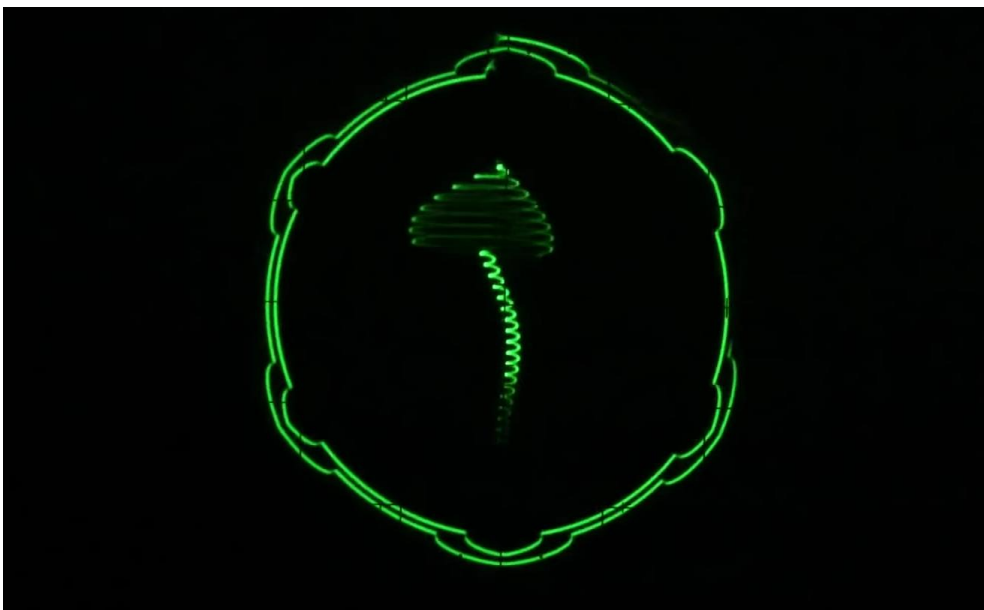


Bild 2: Lissajous-Figur von <https://www.youtube.com/watch?v=19jv0HM92kw>

4) Parallelschwingkreis

a) Verschaffen Sie sich Klarheit über die Kenngrößen eines Parallelschwingkreises (s. Abschnitt 5), wie z. B. Resonanzverhalten, Bandbreite, Güte usw.! Wozu dient der Widerstand R_V in der Messschaltung?

Resonanzverhalten:

Eingangsspannung und Eingangsstrom sind nicht zueinander phasenverschoben.

$$\text{Im}\{Z\} = \text{Im}\{Y\} = 0$$

Die Amplitude wird maximal, da die Blindwiderstände null werden.

Grenzfrequenzen:

$$\text{Amplitude} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \text{Resonanzamplitude}$$

$$\text{Im}\{Z\} = \text{Re}\{X\}$$

Phasenverschiebung von Strom zur Spannung = $\pm 45^\circ$

Güte:

$$\text{Verlustgröße } Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Widerstand R_V :

$$R_V = \begin{cases} \text{normaler ohmscher Vorwiderstand zum Justieren der Spannung} \\ \omega \cdot L, f \rightarrow 0 \\ \frac{1}{\omega \cdot C}, f \rightarrow \infty \end{cases}$$

b) Skizzieren sie den Amplituden- und Frequenzgang eines Parallelschwingkreises!

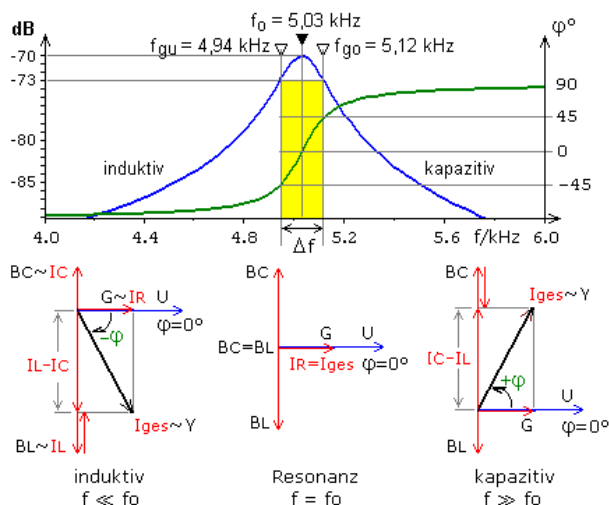


Bild 3: Amplituden- und Frequenzgang eines Parallelschwingkreises

c) Im Allgemeinen ist es üblich, in der grafischen Darstellung des Amplituden-frequenzgangs (Bodediagramm) die Amplitudenverhältnisse logarithmisch bzw. in Dezibel (dB) über ω bzw. ω_0 aufzutragen. Erklären Sie die Vorteile gegenüber einer linearen Darstellung!

Es lassen sich große Werte- und Definitionsbereiche darstellen, Exponential- und Log-Funktionen werden bei dieser Darstellung zu Geraden. Unterschiedliche Systeme lassen sich auf diese Weise gut vergleichen.

5) Was verstehen Sie unter den Angaben: dB, dB (A) und dB μ V! Welchem Faktor entspricht eine Spannungsverstärkung von 46 dB? Was bedeutet die Angabe: 3-dB-Grenzfrequenz?

$$1\text{dB} = 20 \cdot \log \left(\frac{x}{y} \right)$$

$$\text{dB(A)} = 20 \cdot \log \left(\frac{\text{Schalldruck}}{\text{Hörschwelle}} \right)$$

$$\text{dB}(\mu\text{V}) = 20 \cdot \log \left(\frac{U}{\mu\text{V}} \right)$$

$$46 = 20 \cdot \log \left(\frac{U_a}{U_e} \right) \Rightarrow 2,3 = \log \left(\frac{U_a}{U_e} \right) \Rightarrow 10^{2,3} = 199,526$$

\Rightarrow Verstärkungsfaktor ist ungefähr 200

3db entsprechen einem Verstärkungsfaktor von $\sqrt{2}$, das ist der Verstärkungsfaktor der Grenzfrequenzamplitude bei Resonanz.

4. Versuchsdurchführung und Auswertung

1) Frequenzverhaltens eines RC-Tiefpasses

a) Skizzieren Sie qualitativ den Amplituden- und den Phasengang eines RC-Tiefpassgliedes!

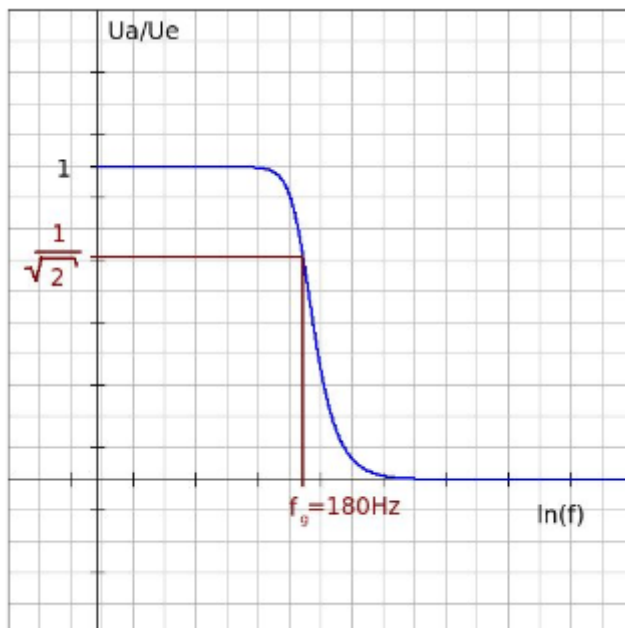


Bild 4: Amplitudengang des RC-Tiefpasses

(Phasengang passt besser bei d)

b) Messen Sie die Grenzfrequenz f_g des Tiefpasses mit den Bauelementen $R = R_v = 100 \text{ k}\Omega$ und $C = C_1$, und tragen Sie das Ergebnis in die Skizze ein!

$$f_g = 180 \text{ Hz}$$

c) Berechnen Sie die Kapazität C_1 über τ auf Basis der ermittelten Grenzfrequenz f_g

$$f_g = \frac{1}{2\pi\tau}, \tau = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f_g \cdot R} = \frac{1}{2\pi \cdot 180 \text{ Hz} \cdot 100 \text{ k}\Omega} = 8,84 \text{ nF}$$

d) Messen Sie den Phasenwinkel φ bei der Grenzfrequenz nach zwei verschiedenen Methoden und tragen Sie das Ergebnis ebenfalls ein! Vergleichen Sie die Ergebnisse mit dem erwarteten Phasenwinkel!

Mittels Zeitbestimmung:

$$T_p = \frac{1}{f_g} = \frac{1}{180 \text{ Hz}} = 5555,55555556 \mu\text{s}$$

$$T_\varphi = 740 \mu\text{s}$$

$$\varphi = 360^\circ \cdot \frac{T_\varphi}{T_p} = 360^\circ \cdot \frac{740 \mu\text{s}}{5555,55555556 \mu\text{s}} = 47,952^\circ$$

Mittels X-Y-Betrieb:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{B}{A}\right) = \arcsin\left(\frac{5,5 \text{ V}}{7,68 \text{ V}}\right) = 45,737^\circ$$

Beide Ergebnisse stimmen mit einer gewissen Abweichung mit $\pm 45^\circ$ Phasenwinkel überein, welcher typisch für die Grenzfrequenz ist.

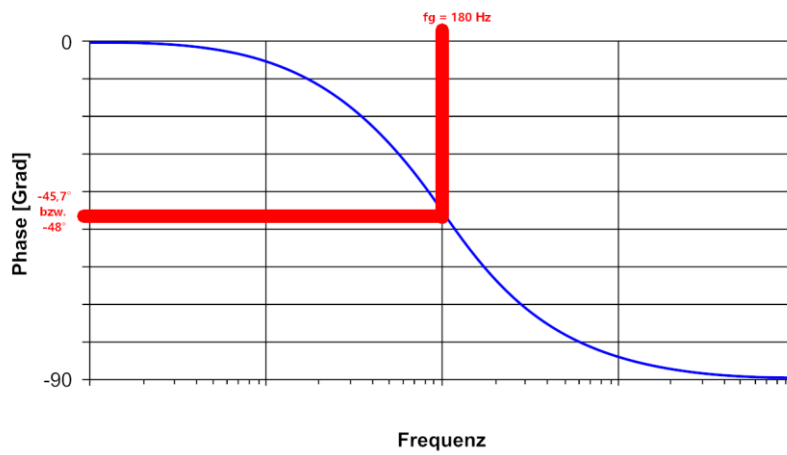


Bild 5: Phasengang des RC-Tiefpasses

2) Übergangs- und Phasenverhalten eines RC-Tiefpasses

a) Oszilloskopieren und skizzieren Sie die Übergangsfunktionen für die Eingangsimpulsfrequenzen mit f_g entsprechend Aufgabe 1, sowie für etwa $0,1 \cdot f_g$ und $5 \cdot f_g$! Als Testsignal wird eine Sprungfunktion (Rechteck) verwendet.

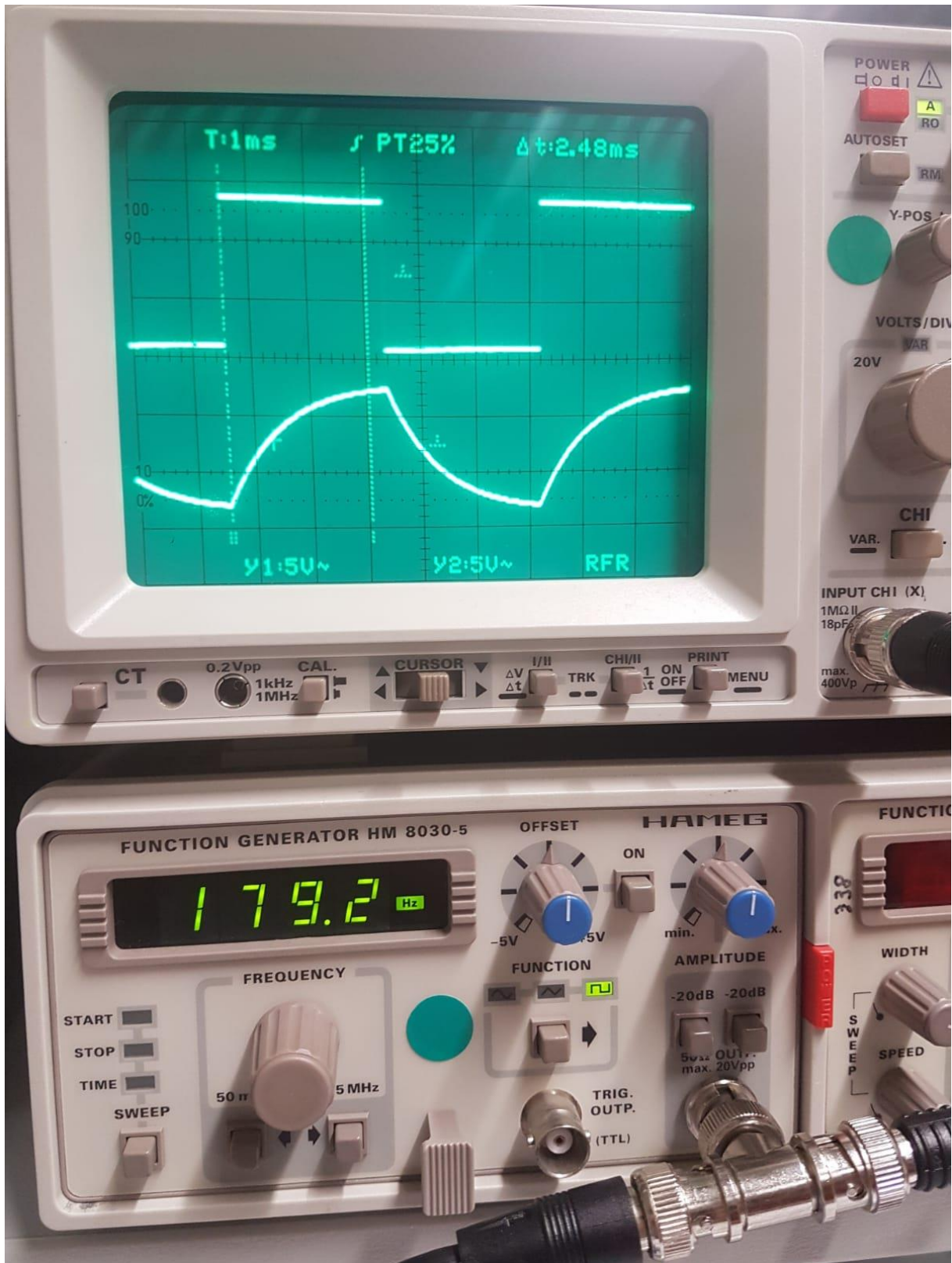


Bild 6: Übergangsfunktion

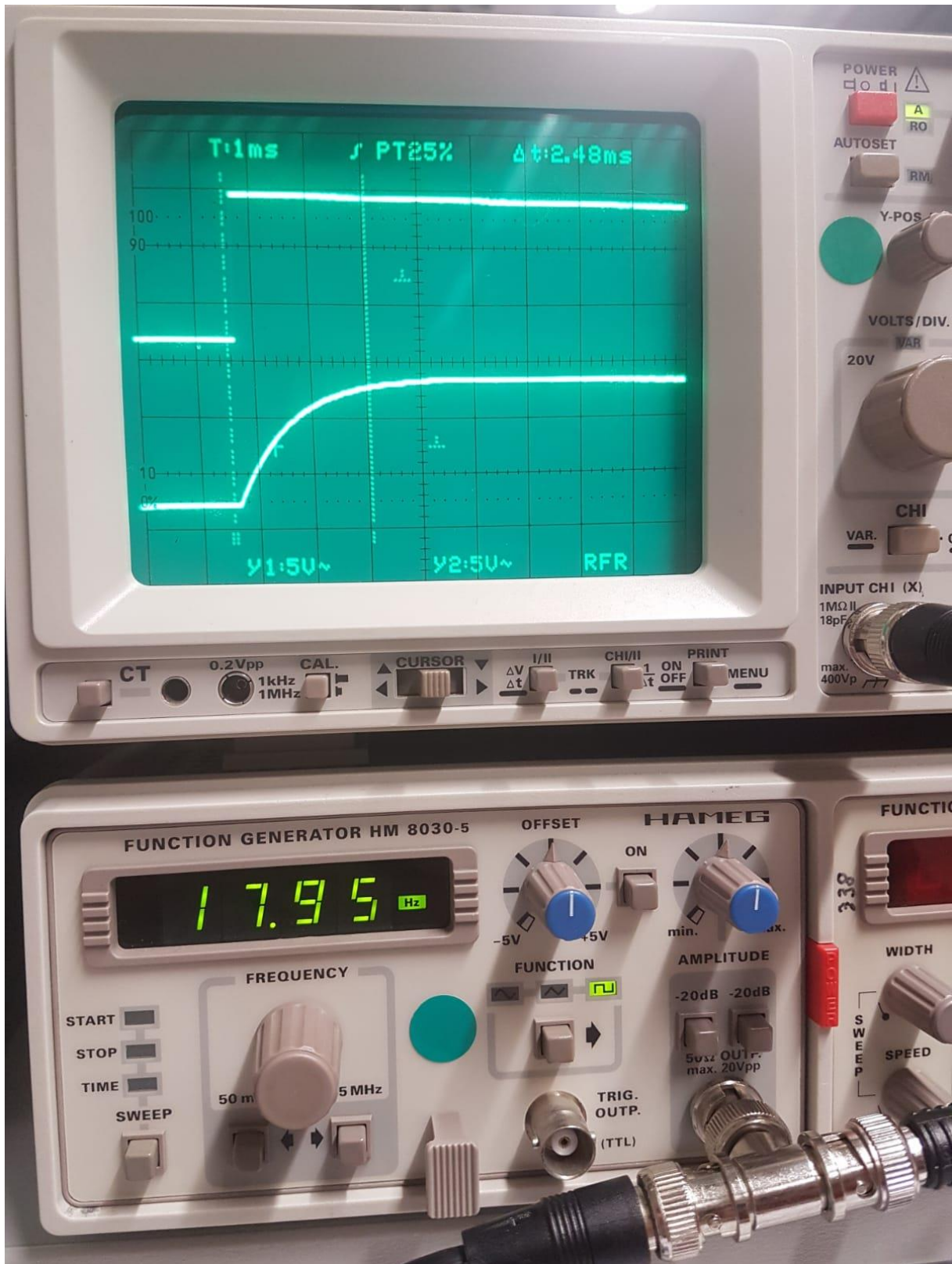


Bild 7: Übergangsfunktion

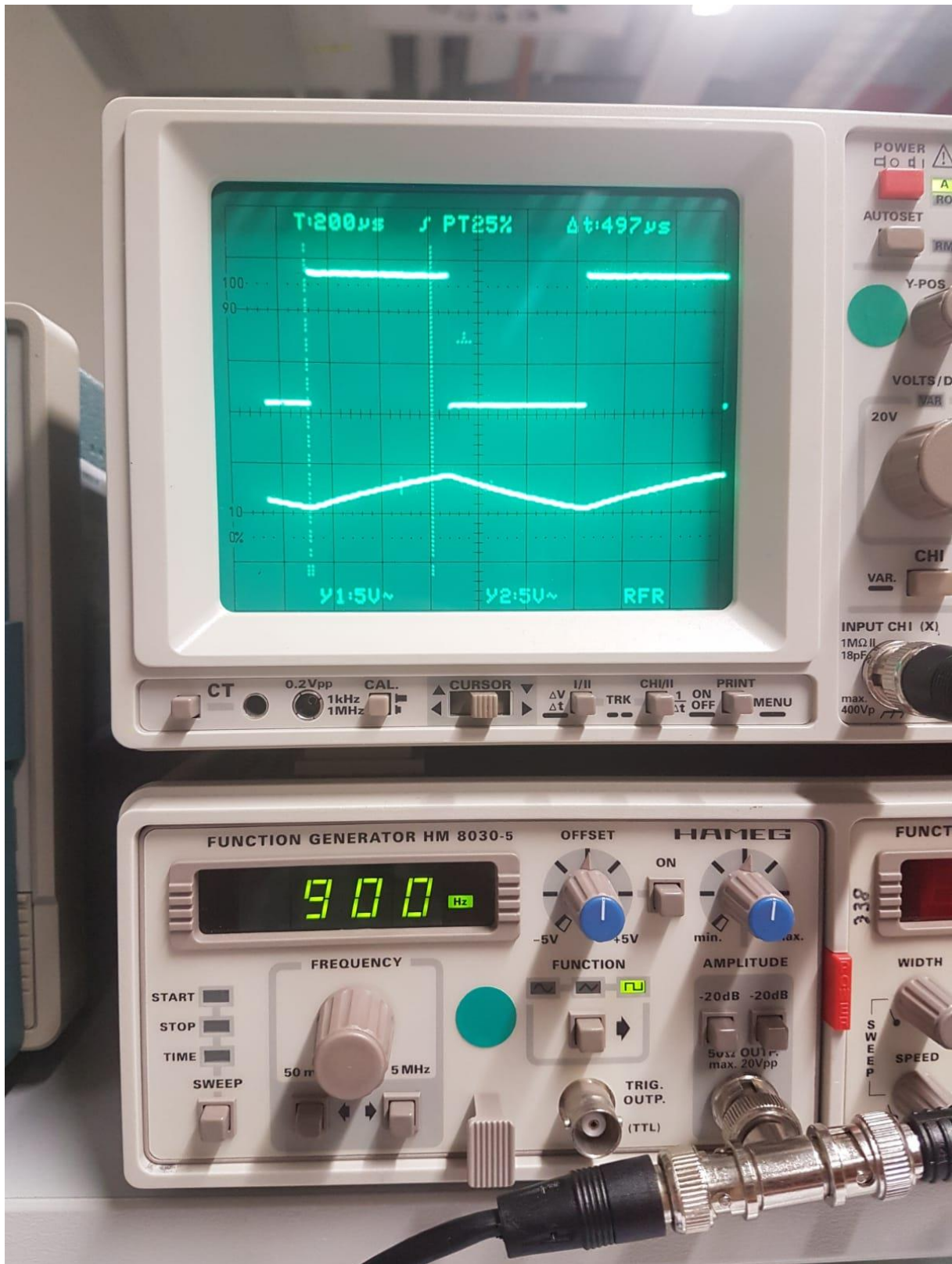


Bild 8: Übergangsfunktion

b) Bestimmen Sie den Phasenwinkel φ (über die Zeitmessung) und die Anstiegszeit t_r für dieselben Frequenzen wie in Aufgabe a).

$f_g = 180 \text{ Hz}$:

$$T_p = \frac{1}{f_g} = \frac{1}{180 \text{ Hz}} = 5555,55555556 \mu\text{s}$$

$$T_\varphi = 740 \mu\text{s}$$

$$\varphi = 360^\circ \cdot \frac{T_\varphi}{T_p} = 360^\circ \cdot \frac{740 \mu\text{s}}{5555,55555556 \mu\text{s}} = 47,952^\circ$$

$$T_r = 2,48 \text{ ms}$$

$0,1 \cdot f_g = 18 \text{ Hz}$:

$$T_p = \frac{1}{0,1 \cdot f_g} = \frac{1}{18 \text{ Hz}} = 55555,55555556 \mu\text{s}$$

$$T_\varphi = 900 \mu\text{s}$$

$$\varphi = 360^\circ \cdot \frac{T_\varphi}{T_p} = 360^\circ \cdot \frac{900 \mu\text{s}}{55555,55555556 \mu\text{s}} = 5,832^\circ$$

$$T_r = 2,48 \text{ ms}$$

$5 \cdot f_g = 900 \text{ Hz}$:

$$T_p = \frac{1}{5 \cdot f_g} = \frac{1}{900 \text{ Hz}} = 1111,11111111 \mu\text{s}$$

$$T_\varphi = 240 \mu\text{s}$$

$$\varphi = 360^\circ \cdot \frac{T_\varphi}{T_p} = 360^\circ \cdot \frac{240 \mu\text{s}}{1111,11111111 \mu\text{s}} = 77,76^\circ$$

$$T_r = 497 \mu\text{s}$$

c) Berechnen Sie aus den zuvor ermittelten t_r mit Hilfe der entsprechenden Formeln aus dem Grundlagenteil den jeweiligen Wert für die Grenzfrequenz.

Schlussfolgern Sie, unter welcher Bedingung t_r gemessen werden muss, um daraus einen genauen bzw. sinnvollen Wert für die Grenzfrequenz berechnen zu können!

$$f_g \text{ in MHz} = \frac{350}{T_r} \Rightarrow \frac{0,350}{T_r} = f_g \text{ in Hz}$$

$$\frac{0,350}{2,48 \text{ ms}} = 141,129 \text{ Hz}$$

$$\frac{0,350}{0,497 \text{ ms}} = 704,22 \text{ Hz}$$

Wir haben T_r zu groß gemessen, da wir aufgrund der beschränkten Auflösung des Oszis das Intervall von 10-90% ein wenig zu groß gewählt haben. Deswegen weicht unser Wert ca. 23% von der echten Grenzfrequenz ab. Bei nachträglichen Messungen von T_r mithilfe von Gimp stellte sich dann aber die Grenzfrequenz für die Übertragungsfunktion bei 180 und 18Hz ein. Aus der riesigen Abweichung von T_r bei 900Hz lässt sich schlussfolgern, dass T_r immer innerhalb der Bandbreite gemessen werden sollte.

d) Berechnen Sie die Kapazität C1 ausgehend von der bei fg ermittelten Anstiegszeit t_r !

Mithilfe von Gimp ermittelte $T_r = 1,94 \text{ ms}$

$$\tau = R \cdot C = \frac{T_r}{2,2} \Rightarrow C = \frac{T_r}{2,2 \cdot R} = \frac{1,94 \text{ ms}}{2,2 \cdot 100 \text{ k}\Omega} = \underline{\underline{8,818 \text{ nF}}}$$

3) Diskutieren Sie alle Ergebnisse von Aufgabe 1 und Aufgabe 2!

a) Erklären Sie die Bedeutung der Kenntnis über die Grenzfrequenz eines Messgerätes für den Anwender und nennen Sie Beispiele!

Die Grenzfrequenzen eines Messgerätes geben an wie, in welchem Frequenzbereich dieses System wahrheitsgetreue Ergebnisse liefert. Wenn man eine Wechselspannung mit beispielsweise 200 Hz messen möchte, das eingesetzte Voltmeter allerdings nur für einen Frequenzbereich von 50Hz bis 100 Hz konzipiert wurde, könnten extreme Messungenauigkeiten auftreten.

b) Nennen Sie Ursachen für Messabweichungen, die bei der Messung mit dem Oszilloskop zu berücksichtigen sind!

-Reflexionen am Eingang bei hochfrequenten Signalen, wenn der Eingangswiderstand nicht der Quellimpedanz entspricht

-Messfehler durch den Leistungsverlust am Eingangswiderstand

-Rauschen auf der Messspannung

- Offset durch nicht ideale Bauteile/Verschleiß

-zu große Skaleneinteilung, die zu Ablesefehlern führt

- bei Digitalen Oszis nur eine begrenzte Auflösung

-Drift am Schieberegler während des Ablesens

4) Parallelschwingkreis

a) Ermitteln Sie die Resonanzfrequenz f_r des Parallelschwingkreises! (Vorgabe: $R_v = 100 \text{ k}\Omega$, R_3 , C_1 und L)

$f_r = \underline{4950 \text{ Hz}}$

b) Ermitteln Sie die obere und untere Grenzfrequenz!

$f_{g_{inferior}} = 4744 \text{ Hz}$

$f_{g_{superior}} = 5206 \text{ Hz}$

c) Berechnen Sie die Bandbreite B !

$B = f_{g_{superior}} - f_{g_{inferior}} = 462 \text{ Hz}$

d) Messen Sie und stellen Sie grafisch (Excel oder Millimeterpapier) den Amplitudengang und den Phasengang des vorgegebenen Parallelschwingkreises dar. Die Amplitude ist normiert in dB darzustellen!

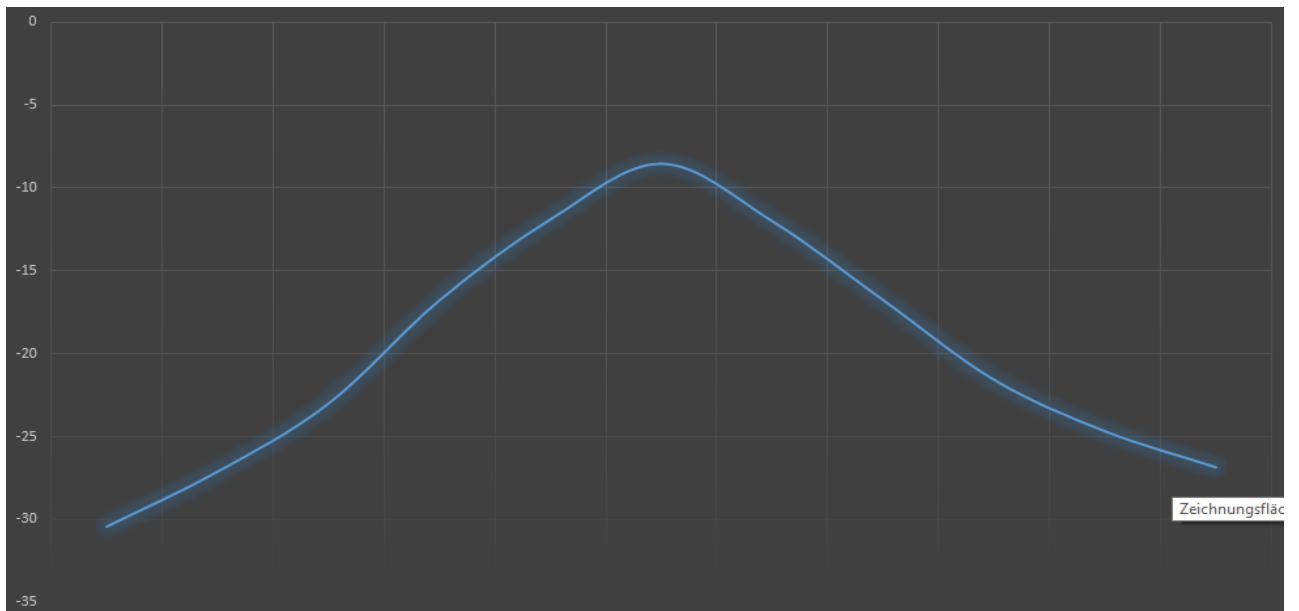


Bild 9: normierter Amplitudengang



Bild 10: Phasengang

Bemerkung:

Ich habe leider so gut wie keine Grundkenntnisse in Excel, das Normieren habe ich hinbekommen, aber die Achsenbezeichnung und das Abbilden der Achsen hat nicht funktioniert. Bei dem Amplitudengang ist die Y-Achse in $20 \cdot \log\left(\frac{U_a}{U_e}\right)$. Bei beiden Graphen ist die X-Achse die Frequenz in kHz, ich habe die Graphen so ausgerichtet, dass die X-Achsen identisch sind, sodass man ablesen kann welche Amplitude und welche Phasenverschiebung bei welcher Frequenz vorliegt.

e) Diskutieren Sie die Ergebnisse!

Es lässt sich unsere Resonanzfrequenz bei $\approx 5\text{kHz}$ erkennen, dort ist die Amplitude am größten, weil die Blindwiderstände null werden und die Phasenverschiebung null wird.

Der Vorwiderstand sorgt dafür, dass die normierte Amplitude komplett negativ ist.

Es lässt sich auch gut an der Phasenverschiebung erkennen, in welchem Bereich der Blindwiderstand der Spule bzw. des Kondensators größer als der jeweils andere ist,

bei Frequenzen $<$ der Resonanzfrequenz ist es die Spule, sonst der Kondensator.

5) Bestimmung der Schwingkreisgüte Q mit der Methode der abklingenden Schwingung gemäß Oszillogramm nach Bild 7

a) Bestimmen Sie die Schwingkreisgüte nach Q

$$Q = \frac{N \cdot \pi}{\ln\left(\frac{\hat{U}_0}{\hat{U}_N}\right)} \quad \hat{U}_0 = 362,7 \text{ mV}$$

N	\hat{U}_N in mV	Q
1	269,3	24,31
2	194,7	23,25
3	146,7	23,97
4	101,3	22,69
5	61,3	20,35
6	48	21,46
7	24	18,65

Im Mittel beträgt die Güte 22,1.

b) Messen Sie die Anstiegszeit $t_r = t_2 - t_1 = 2,2 \cdot \tau$. Berechnen Sie die Schwingkreisgüte Q über den Reihenverlustwiderstand R_r der Spule.

$$t_1 = 0,113 \text{ ms}, t_2 = 1,223 \text{ ms}$$

$$t_2 - t_1 = t_r = 1,11 \text{ ms} = 2,2 \cdot \tau \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{t_r}{2,2} = 0,50 \text{ ms}$$

$$R_p = \frac{\tau}{2C} = \frac{0,50 \text{ ms}}{2 \cdot 8,818 \text{ nF}} = 28,35 \text{ k}\Omega$$

$$L = \frac{1}{\omega_r^2 \cdot C} = \frac{1}{(4950 \text{ Hz} \cdot 2\pi)^2 \cdot 8,818 \text{ nF}} = 117,24 \text{ mH}$$

$$X_0 = \frac{1}{\omega_r \cdot C} = \frac{1}{(4950 \text{ Hz} \cdot 2\pi) \cdot 8,818 \text{ nF}} = 3646,24 \Omega$$

$$R_r = \frac{X_0^2}{R_p} = \frac{(3646,24 \Omega)^2}{28,35 \text{ k}\Omega} = 468,96 \Omega$$

⇒

$$Q = \frac{\omega_r \cdot L}{R_r} = \frac{(4950 \text{ Hz} \cdot 2\pi) \cdot 117,24 \text{ mH}}{468,96 \Omega} = 7,78$$

c) Vergleichen Sie die Ergebnisse der beiden Verfahren aus Aufgabe a) und b)!

Die Güte unterscheidet sich in beiden Verfahren deutlich, im ersten Verfahren ist sie doppelt so groß, der Fehler rührt vermutlich daher, dass wir unabsichtlich den falschen Widerstand benutzt haben.

d) Tauschen Sie den Widerstand R3 jeweils mit R1 und R2 aus!

Skizzieren Sie die veränderten Graphen für das Dämpfungsverhalten!

Welchen Einfluss hat die Parallelschaltung der anderen Widerstände?

Welcher der Widerstände ist am größten, welcher am kleinsten?

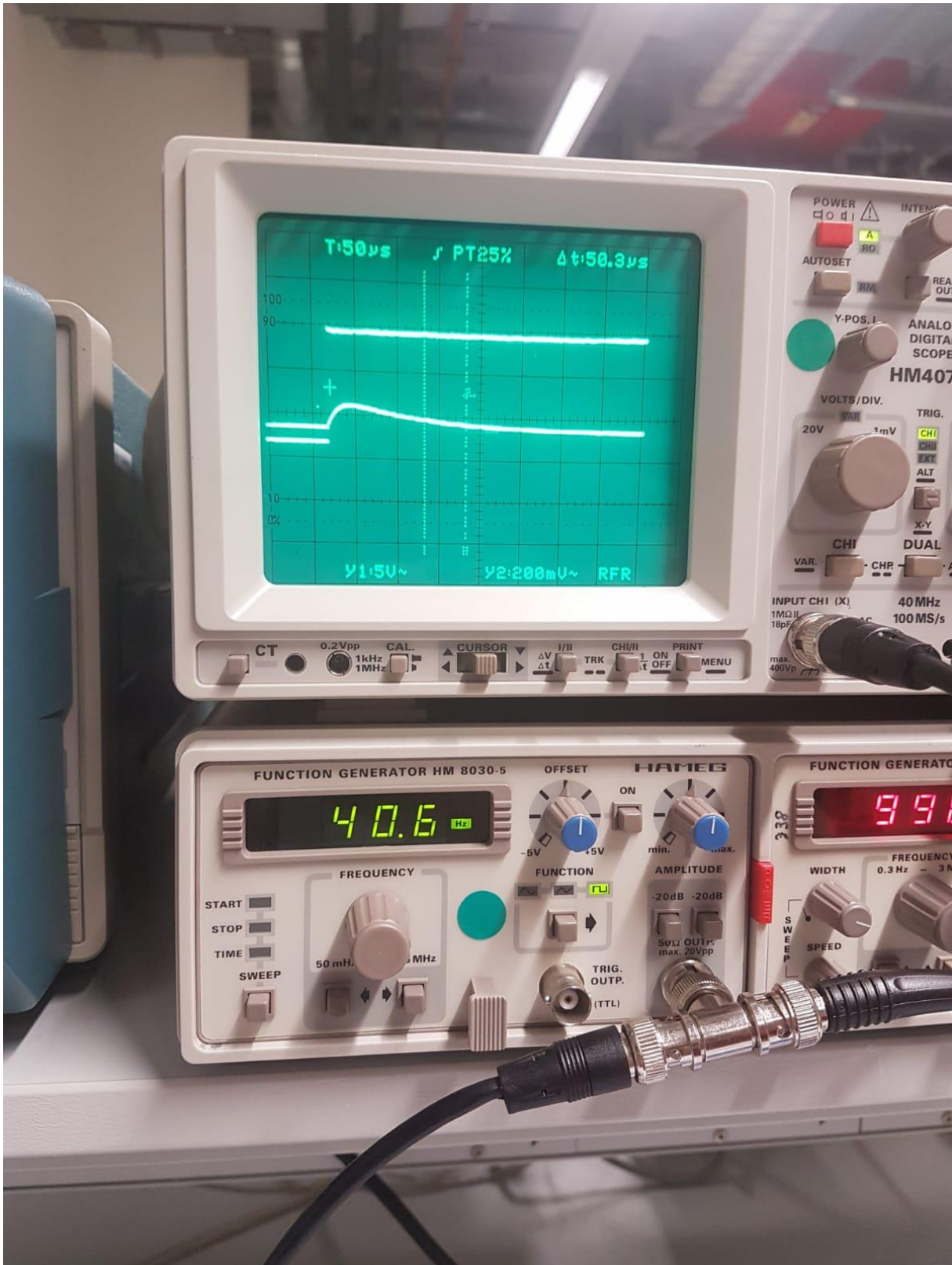


Bild 11: abklingende Schwingung mit R1

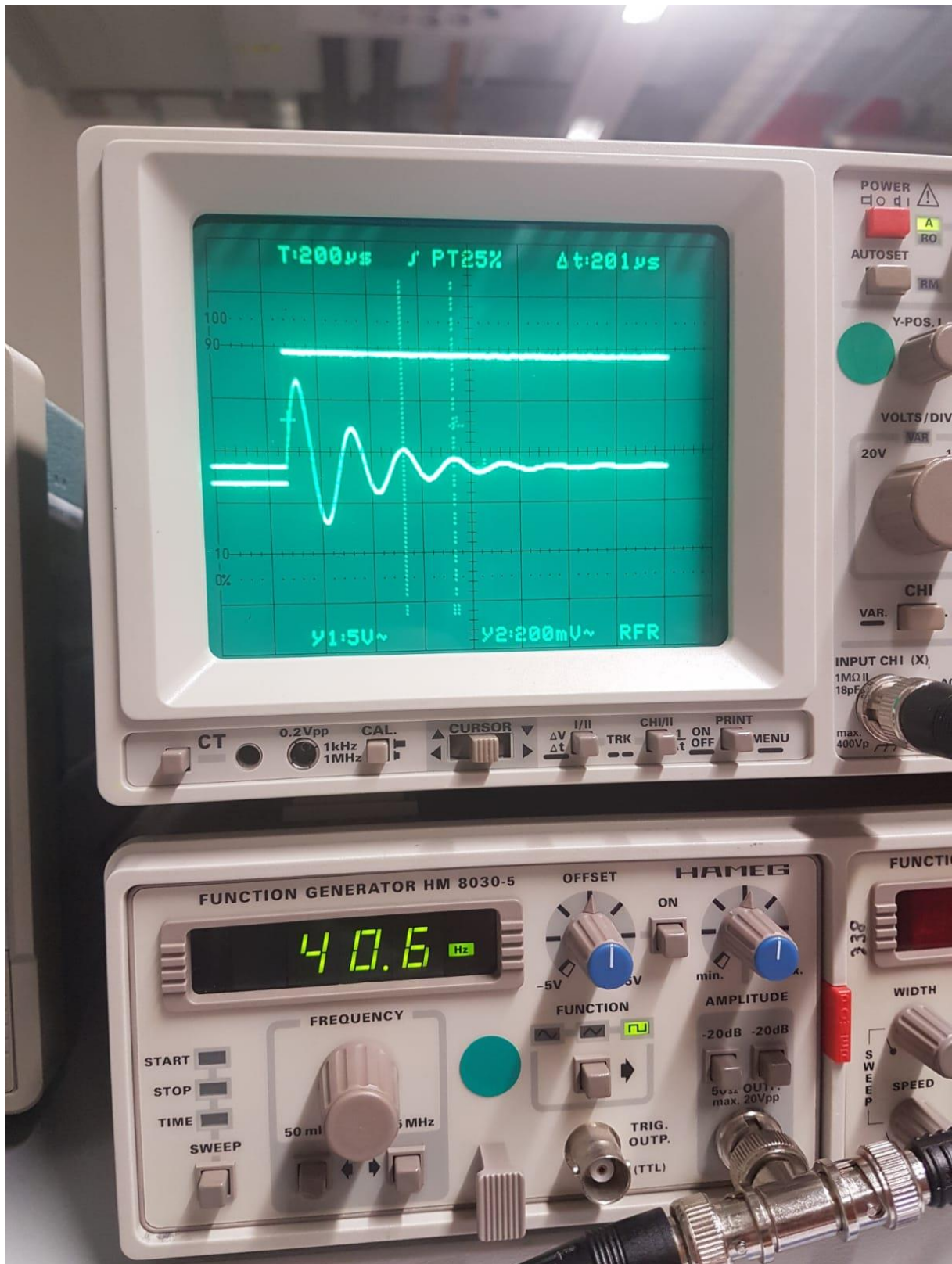


Bild 12: abklingende Schwingung mit R2

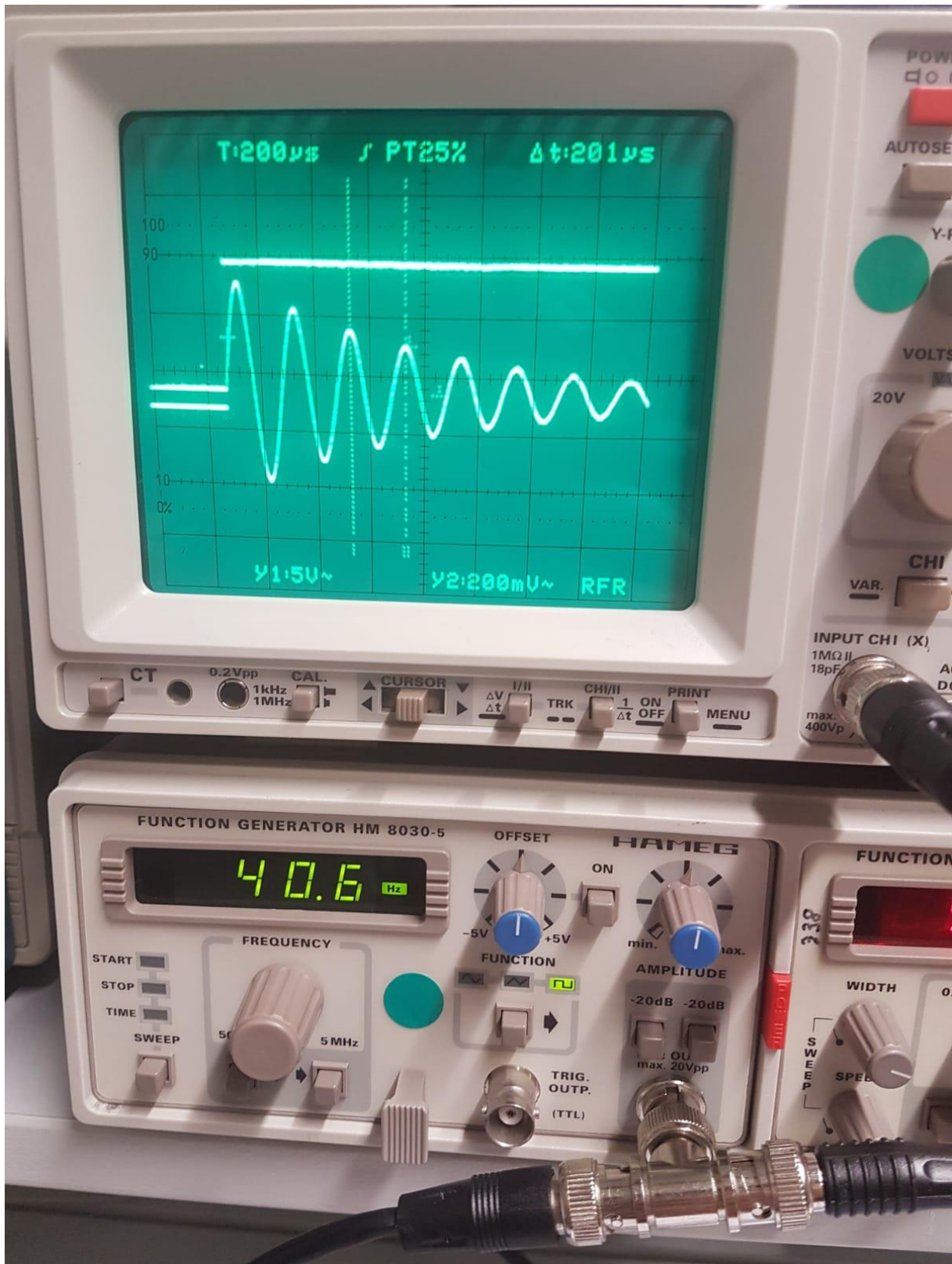


Bild 13: abklingende Schwingung mit R3

Durch das Austauschen der Widerstände in der Parallelschaltung verändert man die Güte, wodurch die Schwingung entweder mehr oder weniger gedämpft wird und so langsamer oder schneller abklingt. R1 ist der kleinste Widerstand, bei ihm tritt der Kriechfall auf, da die Schwingung sehr stark gedämpft wird. R3 ist demzufolge der größte Widerstand mit der geringsten Dämpfung, wodurch sich im Oszi-Bild die meisten Schwingungen erkennen lassen.

Quellen:

https://www.tu-chemnitz.de/mb/sgt/Download/wiss_Arbeit/Richtlinien_wiss_Arbeiten.pdf

<https://de.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCtefaktor>