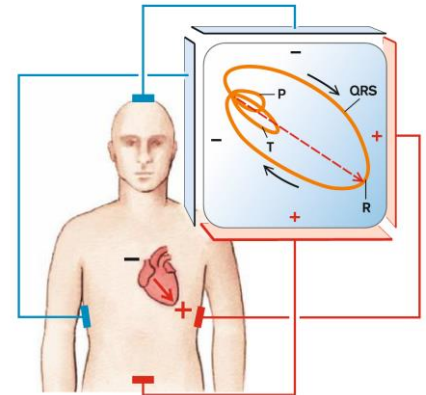
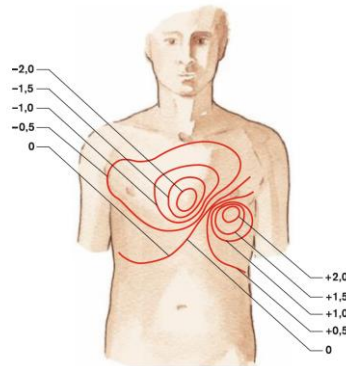
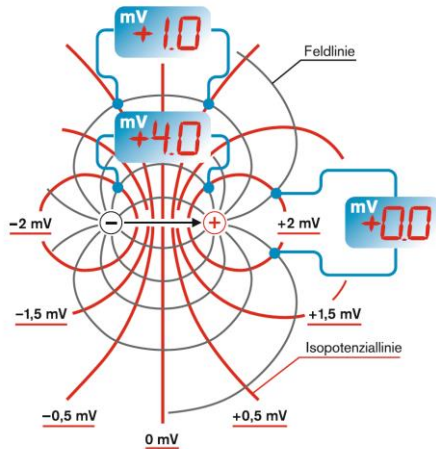




Tutorium: V331 Oszilloskop

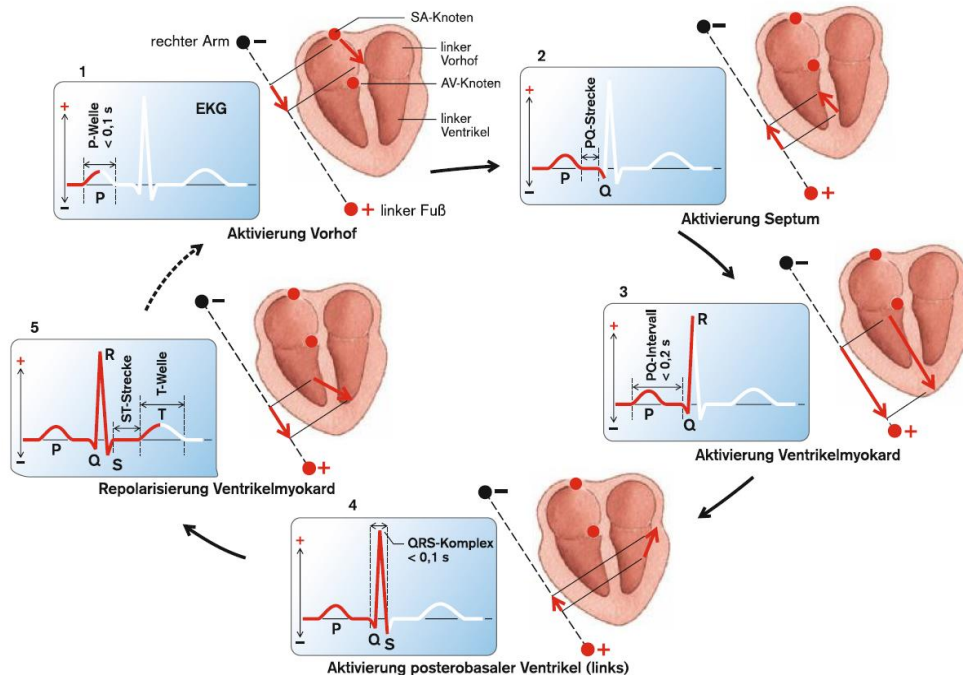
Physikalisches Grundpraktikum für Human- und Zahnmedizin

0. Motivation – das EKG-Signal



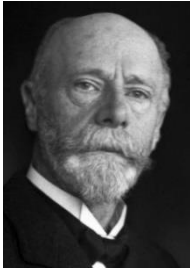
Quelle: H. Pape et al.: „Physiologie“ (Kapitel 5.11); 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage; Stuttgart: Thieme (2014)

0. Motivation – das EKG-Signal



Quelle: H. Pape et al.: „Physiologie“ (Kapitel 5.11); 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage; Stuttgart: Thieme (2014)

0. Motivation – das EKG-Signal



WILLEM EINTHOVEN

The string galvanometer and the measurement of the action currents of the heart

Nobel Lecture, December 11, 1925

May I be permitted to communicate something about the string galvanometer, its latest improvements and its use in electrocardiography.

The string galvanometer consists of a thin thread conducting the electric

Because this correspondence signified firstly that the earlier calculations were correct, and secondly that the new galvanometer fulfilled its purpose.

An advantage of electrocardiography over other graphic methods for the study of the heart and pulse is that the ECG can record in absolute units, and the shape of the curve no longer depends on the properties of the instrument used. Provided a string galvanometer is correctly built and is suited to its purpose, i.e. is sensitive and rapid enough, each curve, whenever and wherever in the world it may be recorded, is directly comparable to any other curve.

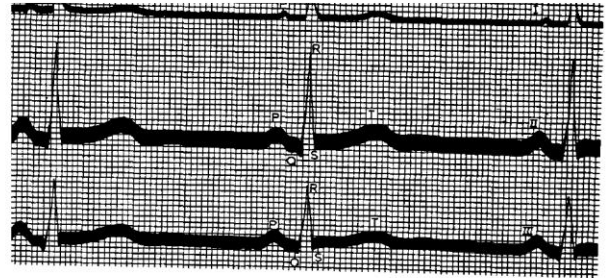
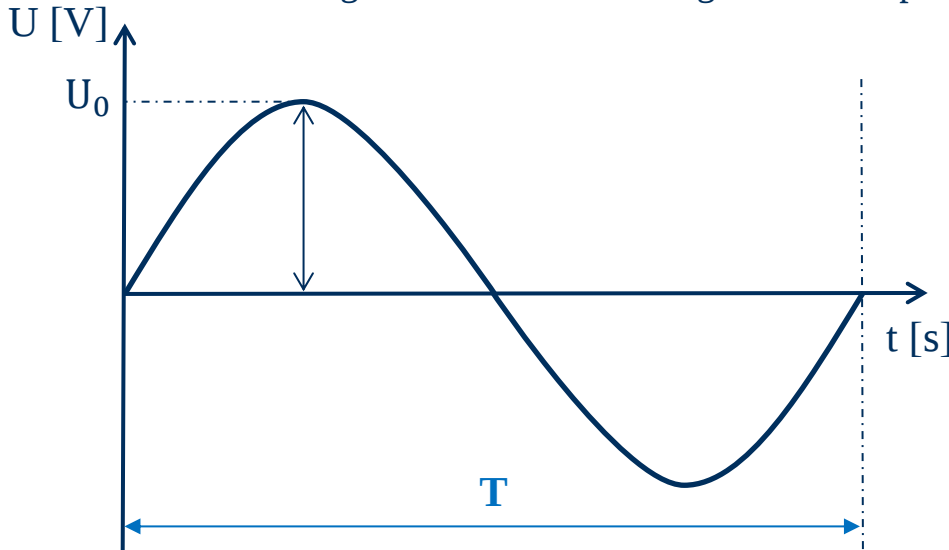


Fig. 10. Normal electrocardiogram taken with three leads simultaneously.

Quelle: Nobel Lecture Willem Einthoven online abrufbar unter:
<https://www.nobelprize.org>

1. Einführung / Grundlagen

→ Kenngrößen einer sinusförmigen Wechselspannung



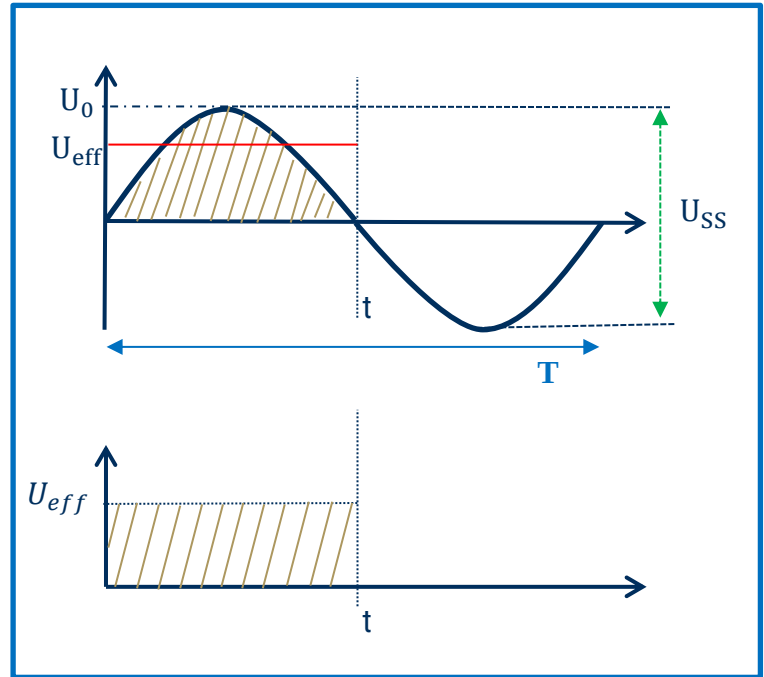
Wichtige Parameter:

- Amplitude: U_0
- Periodendauer T
- Phasenverschiebung ϕ

$$U(t) = U_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \phi\right)$$

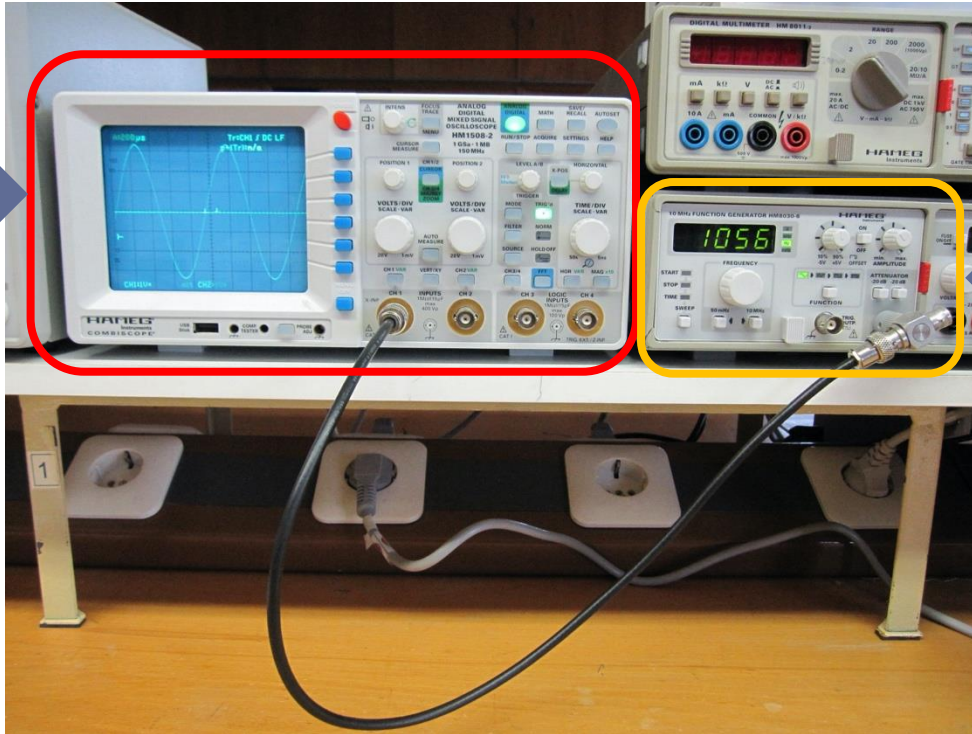
1. Einführung / Grundlagen

- Spitzenspannung: $U_{SS} = 2 \cdot U_0$
→ Spannungsdifferenz von Maximum zu Minimum
 - Effektivspannung: $U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{U_{SS}}{2\sqrt{2}}$
→ ist die Gleichspannung, die dieselbe elektr. Arbeit, wie die betrachtete Wechselspannung verrichtet (die Flächen unter der Kurve müssen gleich sein)
-
- Frequenz: $f = \frac{1}{T}$
→ Wie viele Zyklen werden innerhalb einer Sekunde durchlaufen



2. Geräte – Oszilloskop & Frequenzgenerator

Oszilloskop



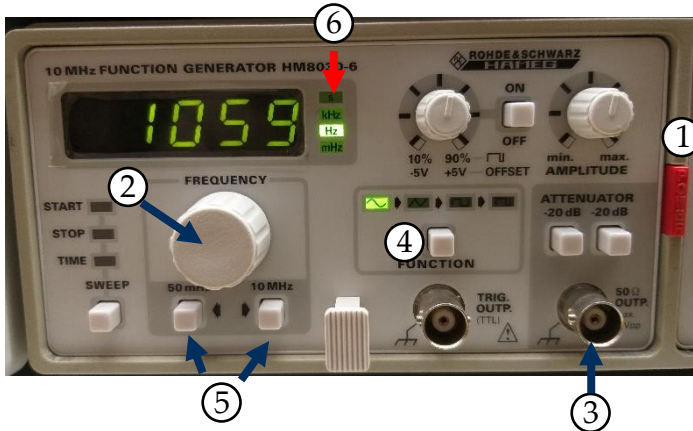
Frequenz
generator

2. Geräte - Frequenzgenerator



2. Geräte - Spannungsquelle

- ① Hauptschalter
- ③ Anschluss für BNC Kabel
- ⑤ Frequenzanpaassung:
 - 10x vergrößern (rechter Knopf)
 - 10x verkleinern (linker Knopf)



- ② Frequenzregler
- ④ Form der Schwingung (Sinus, Dreieck oder Rechteck Funktion)
- ⑥ Frequenzskala



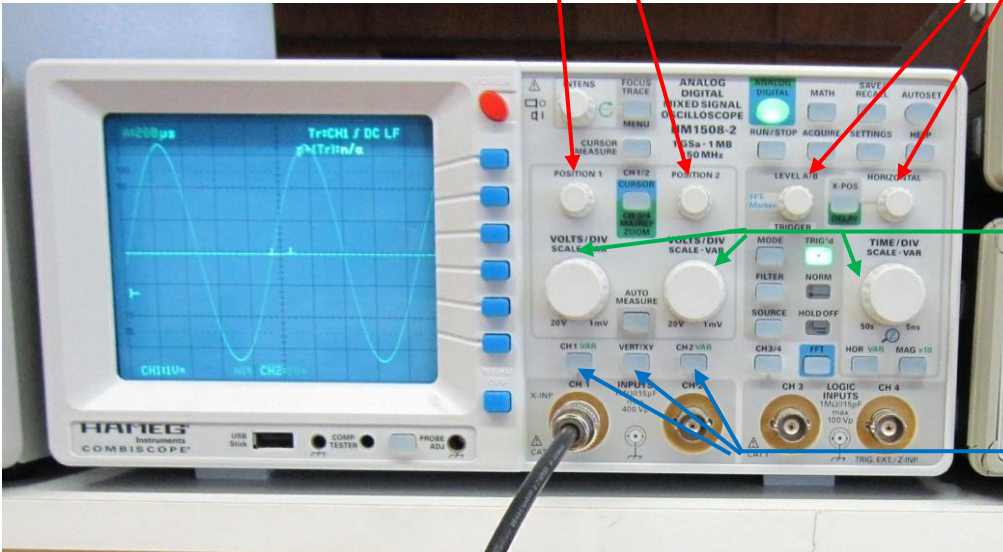
2. Geräte - Oszilloskop/Funktionen

Verschiebung des Messsignals
auf Y-Achse [Spannung]

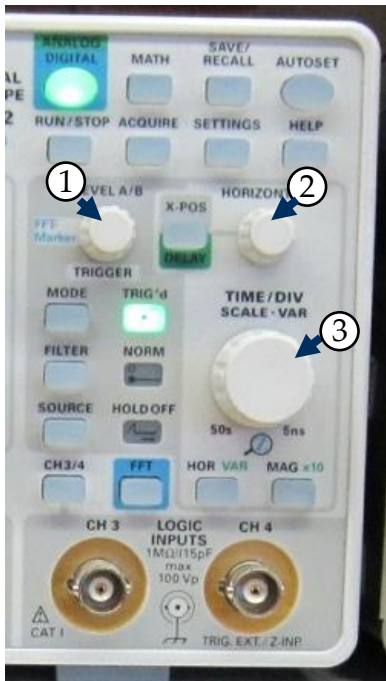
Verschiebung des Messsignals
auf X-Achse [Zeit]

Skalierung der X-
(rechts) und Y- Achsen
(links)

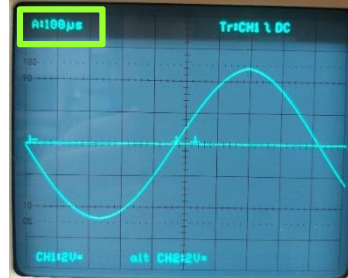
Menüs für CH1, CH2
und XY-Betrieb



2. Geräte - Oszilloskop/Funktionen

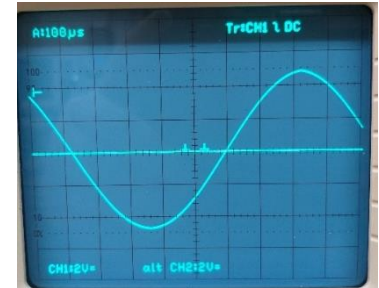


Ausgangsdarstellung:



①

Verschiebung auf X-Achse



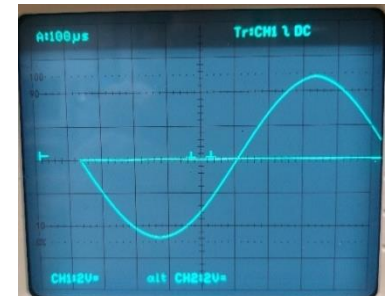
②

Veränderung der Achsenskalierung

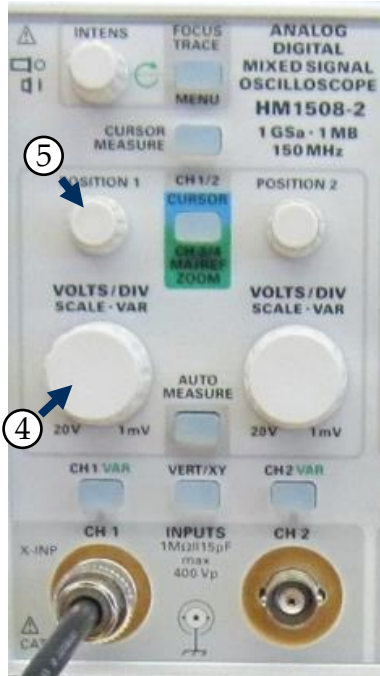
③



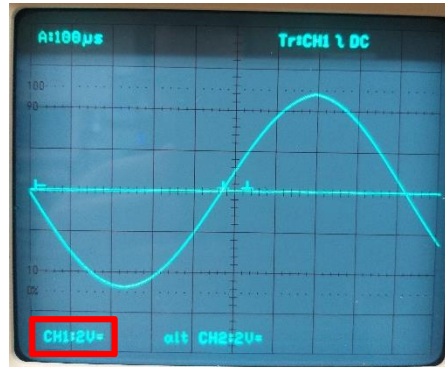
Verschieben Bildausschnitt



2. Geräte - Oszilloskop/Funktionen



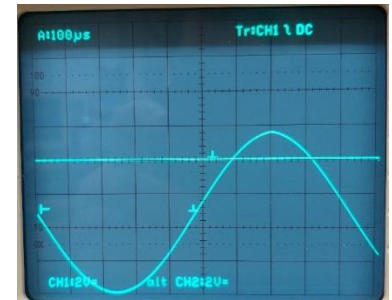
Ausgangsdarstellung:



Veränderung der Achsenskalierung



Verschiebung auf Y-Achse



3. Messaufgabe 1 – Kenngrößen der Wechselspannung

Was messen wir? → I. Amplitude

Messen:

$$U_0 = 2.7 \text{ cm} \cdot 1 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 2.70 \text{ V}$$

$$U_{SS} = 5.5 \text{ cm} \cdot 1 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 5.50 \text{ V}$$

Berechnen:

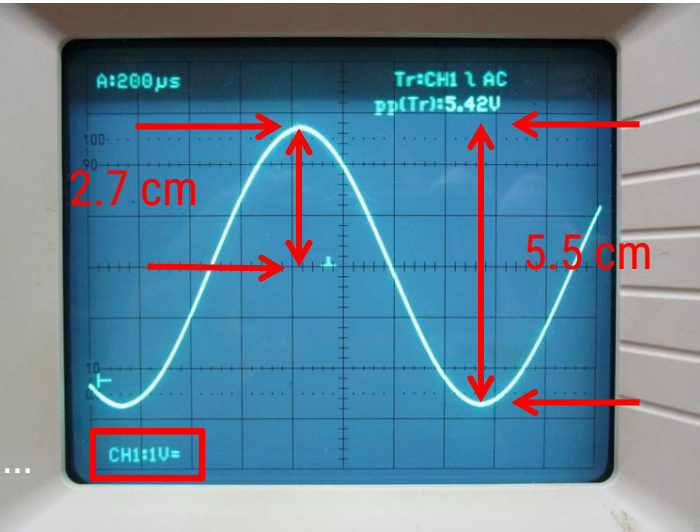
$$U_{\text{eff}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{2.7 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 1.909 \text{ V}$$

oder

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{SS}}{2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{5.5 \text{ V}}{2 \cdot \sqrt{2}} = 1.945 \text{ V}$$

U_0 ... Strecke von X-Achse bis zum Peak

U_{SS} ... Strecke von Peak zu Peak



Ist U_0 genauer wenn man es misst oder mit U_{SS} berechnet?

3. Messaufgabe 1 – Kenngrößen der Wechselspannung

Was messen wir? → II. Periodendauer

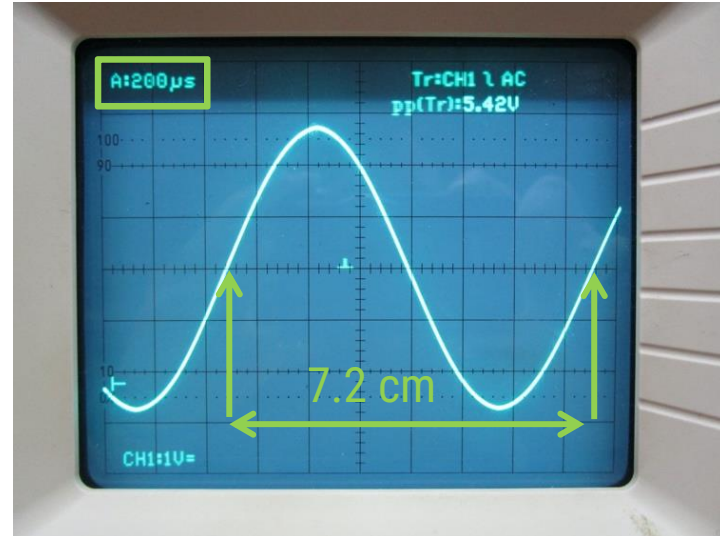
Messen:

$$T = 7.2 \text{ cm} \cdot 200 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} = 1440 \mu\text{s}$$

Berechnen:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1440 \mu\text{s}} = 694 \text{ Hz}$$

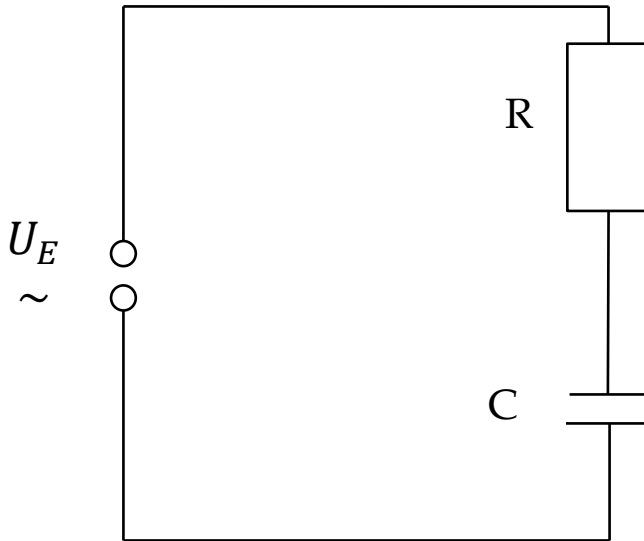
T ... Strecke von Nulldurchgang zu
übernächstem Nulldurchgang (bzw. 2x
Strecke von Nulldurchgang zu nächsten
Nulldurchgang)



Tipp:

- $\mu\text{s} = 10^{-6} \cdot \text{s}$
- $\frac{1}{10^{-6}} = 10^6$ bzw. $10^3 \cdot 10^{-6} = 10^{-3}$

3. Messaufgabe 2



R ... ohmscher Widerstand [Ω]

C ... Kapazität in Farad [F]

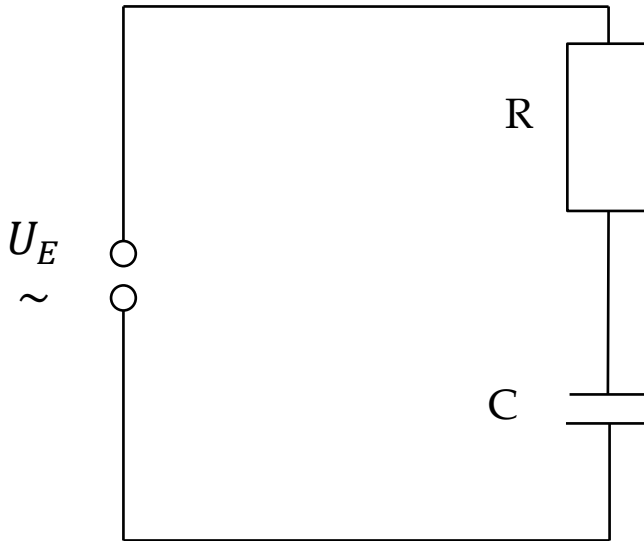
U_E ... Spannungsquelle [V]

Was für eine Schaltung ist hier zu sehen?

➔ Schaltung: RC-Tiefpass

➔ Reihenschaltung von ohmschen Widerstand und Kapazität

3. Messaufgabe 2: Eigenschaften RC-Tiefpass



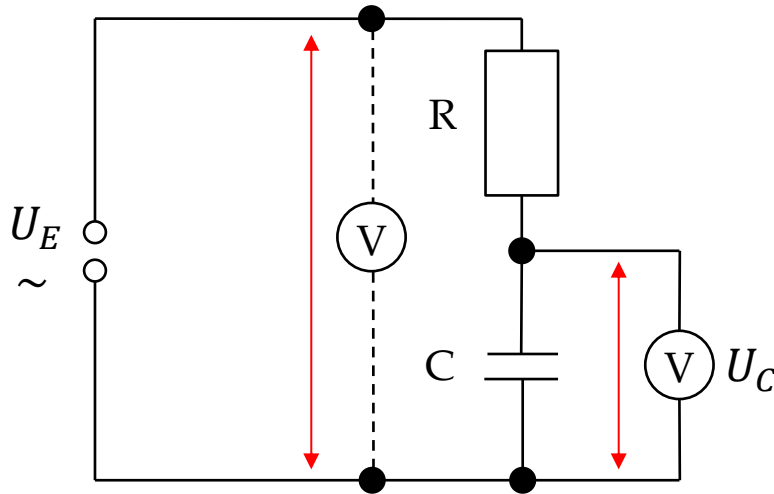
R ... ohmscher Widerstand [Ω]

C ... Kapazität in Farad [F]

U_E ... Spannungsquelle

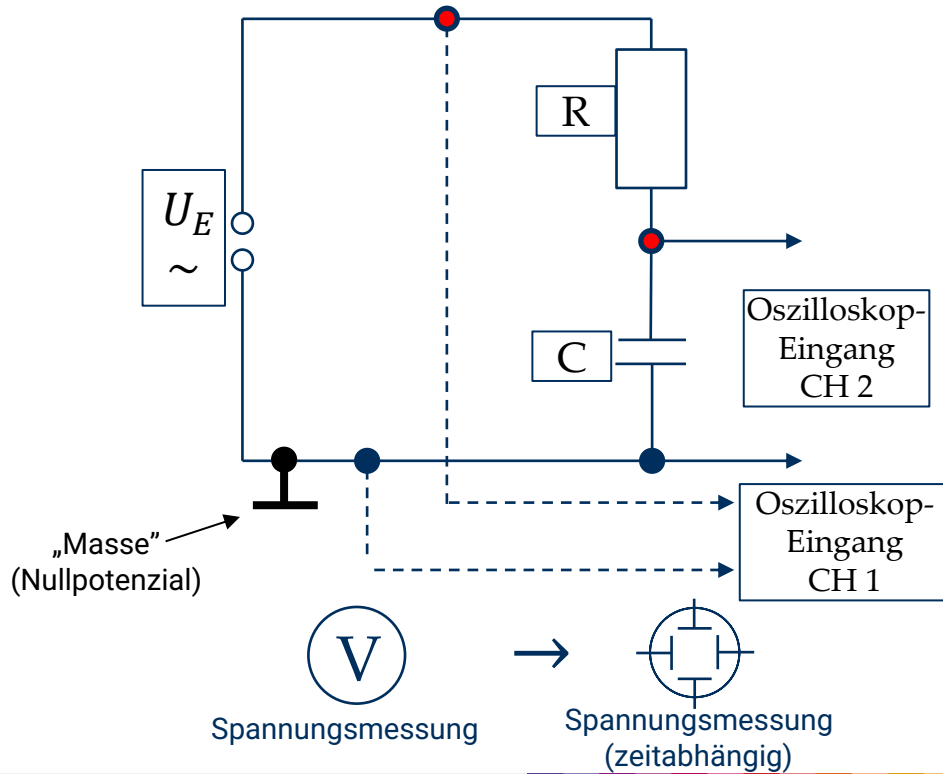
- **Widerstand der Kapazität ist Abhängig von der Frequenz f der angelegten Wechselspannung U_E**
- **Frequenz der Spannung $\uparrow \rightarrow$ Widerstand der Kapazität $\downarrow$**

3. Messaufgabe 2: Eigenschaften RC-Tiefpass [Messaufbau]

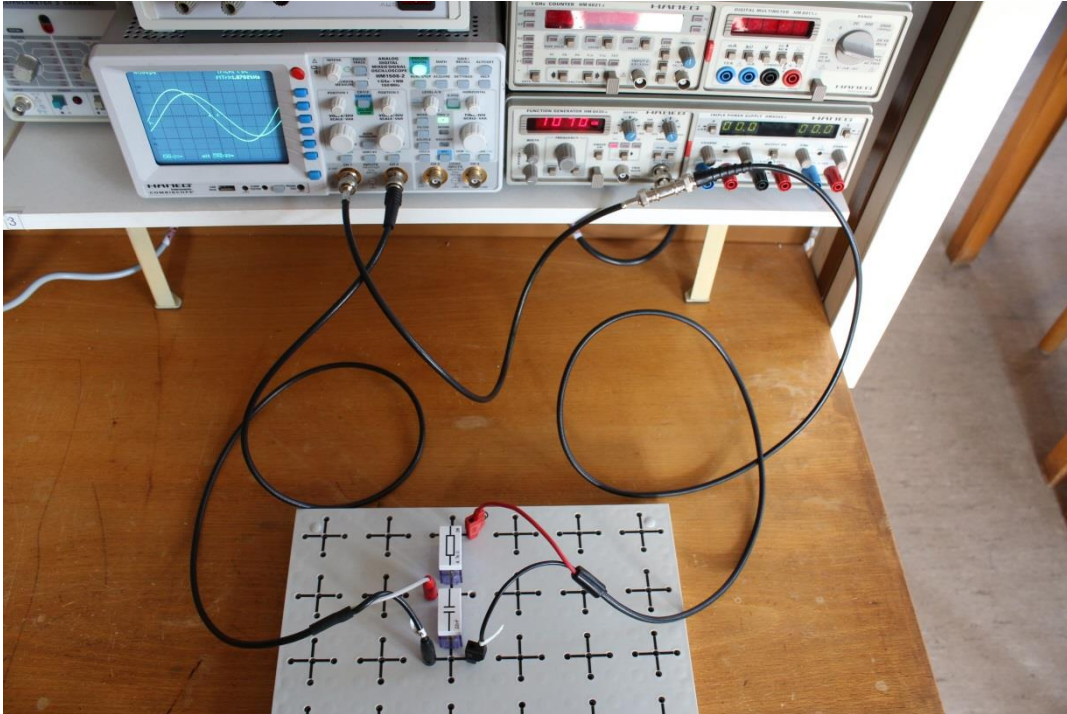


- **Aufgabe: Spannungssignal über der Kapazität und der gesamten Reihenschaltung messen (U_C & U_E)**

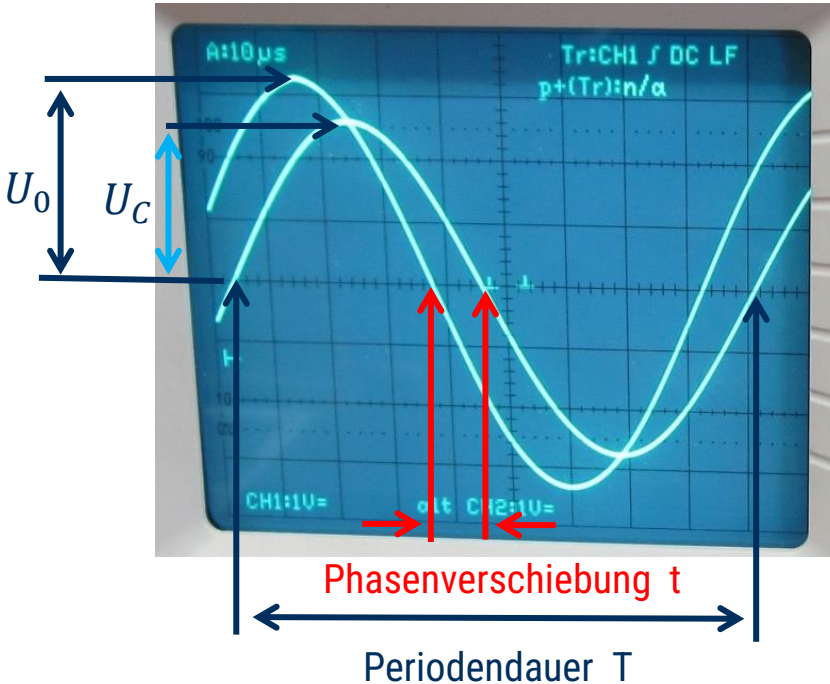
3. Messaufgabe 2: Eigenschaften RC-Tiefpass [Messaufbau]



3. Messaufgabe 2: Eigenschaften RC-Tiefpass [Messaufbau]



3. Messaufgabe 2: Eigenschaften RC-Tiefpass



a) Ermitteln der Phasendifferenz:

$$\frac{t}{T} = \frac{\varphi}{360^\circ} \quad \varphi = \frac{360^\circ \cdot t}{T}$$

Beispiel:

$$t = 0.8 \text{ cm} \cdot 10 \mu\text{s/cm} = 8 \mu\text{s}$$

$$T = 8.7 \text{ cm} \cdot 10 \mu\text{s/cm} = 87 \mu\text{s}$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{8 \mu\text{s} \cdot 360^\circ}{87 \mu\text{s}} = 33,1^\circ$$

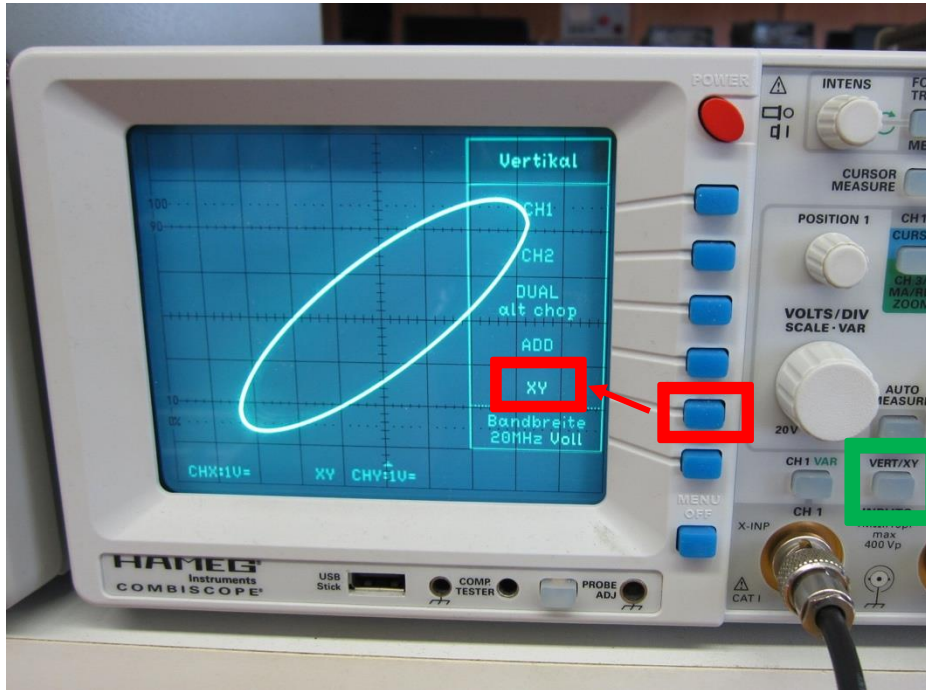
b) Theoriewert aus verwendeten Schaltungselementen:

$$\varphi = \arctan(2\pi \cdot f \cdot R \cdot C)$$

Phasendifferenz messen und theo.
Wert ermitteln für $f \approx 105\text{Hz}$;
1050Hz und 10500Hz]

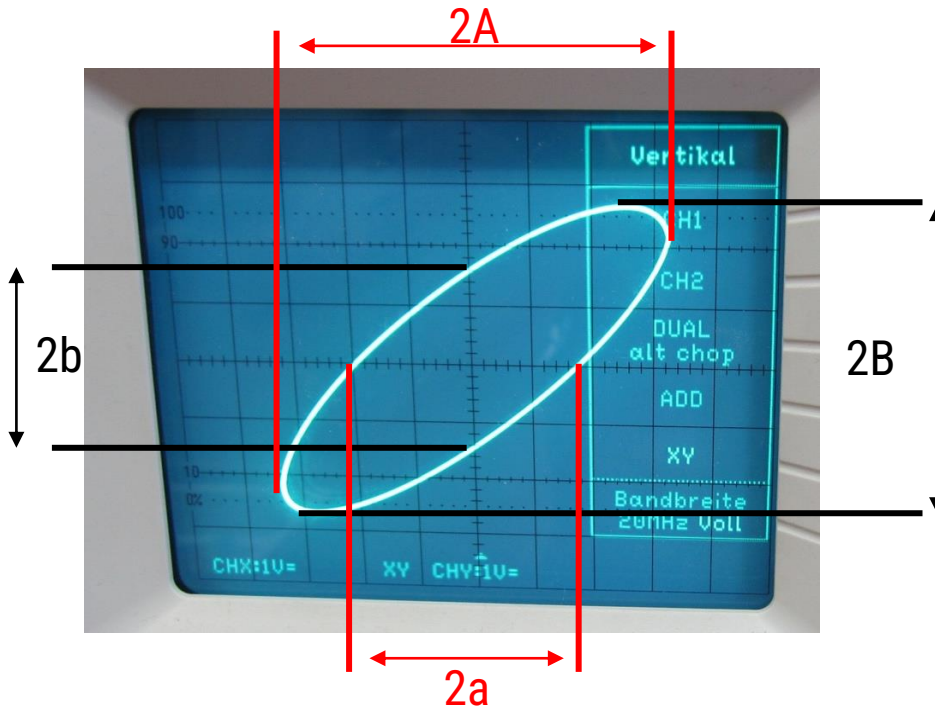
→ Vergleich der Ergebnisse aus Messung und Theorie

3. Messaufgabe 3: Eigenschaften RC-Tiefpass an Hand von Lissajous-Figuren



- Menü des XY-Betrieb über Taste VERT/XY erreichbar [grün]
- Dann XY-Betrieb wählen [rot]
- Beide Kurven sollten im Normalbetrieb nicht in Y-Achsenrichtung verschoben sein

3. Messaufgabe 3: Lissajous-Figuren



Phasenverschiebung für
 $f \approx 1050 \text{ Hz}$ errechnen
(φ_1 & φ_2)

- $\varphi_1 = \pm \arcsin \frac{b}{B}$
- $\varphi_2 = \pm \arcsin \frac{a}{A}$

➔ Bitte kontrollieren ob
der Taschenrechner
Grad ausgibt!!!

3. Messaufgabe 4: Eigenschaften des Kondensators

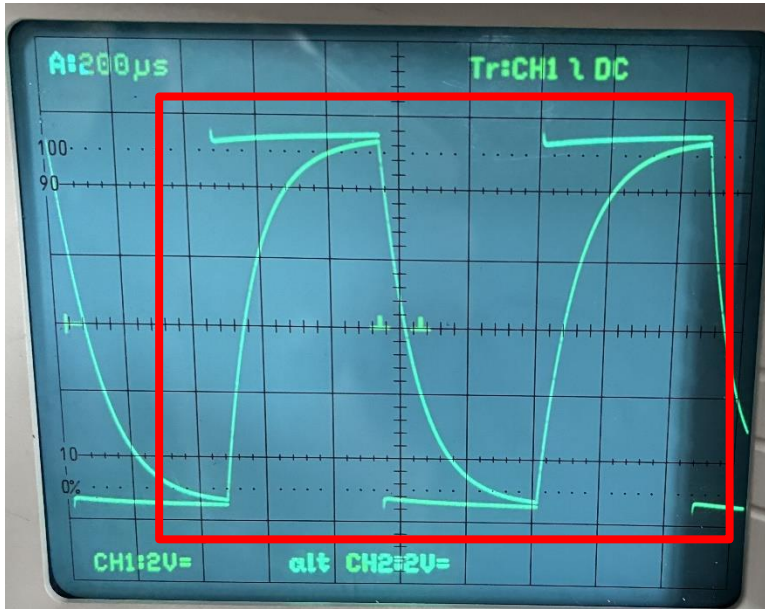


Abbildung: Auf- und Entladekurve des Kondensators

Aufbau:

- Eingangssignal auf Rechtecksignal stellen (anstelle des Sinus)



Messaufgabe:

- für **105 Hz / 1050 Hz / 10500Hz** zeichnen von $\geq 1 \frac{1}{2}$ Perioden der Eingangsspannung und der Spannung am Kondensator

Diskussion:

- Was sieht man hier und wie reagiert die Spannung am Kondensator auf unterschiedliche Frequenzen?

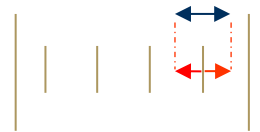
4. Auswertung – Fehlerbetrachtung/ Messungenauigkeiten

Messungenauigkeit der Ablesegröße „Länge“:

Ablesefehler: $\pm \frac{1}{2}$ Skalenteil [$\cong 1\text{mm}$] pro ablesen

→ 2x ablesen für Längenmessung: 1 Skalenteil = 2 mm

Fehlerintervall



Spannung: $\Delta U_0 = 0.2 \text{ cm} \cdot 1 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 0.2 \text{ V}$

→ Relativer Fehler: $\frac{\Delta U_0}{U_0} = \frac{0.2 \text{ V}}{2.7 \text{ V}} \approx 0.074 = 7.4\%$

→ $U_0 = (2.7 \pm 0.2) \text{ V}$

Periodendauer: $\Delta T = 0.2 \text{ cm} \cdot 200 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} = 40 \mu\text{s}$

→ Relativer Fehler: $\frac{\Delta T}{T} = \frac{40 \mu\text{s}}{1440 \mu\text{s}} \approx 0.028 = 2.8\%$

→ $T = (1440 \pm 40) \mu\text{s}$

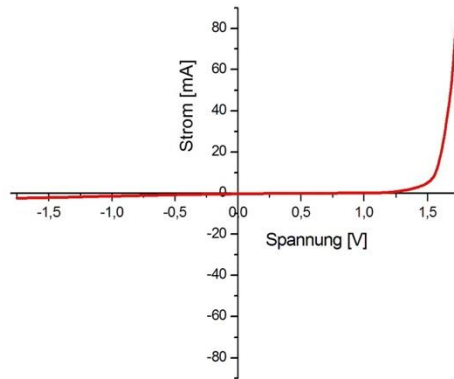
→ **Absoluter Fehler der Frequenz f (über relativen Fehler):**

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta T}{T}$$

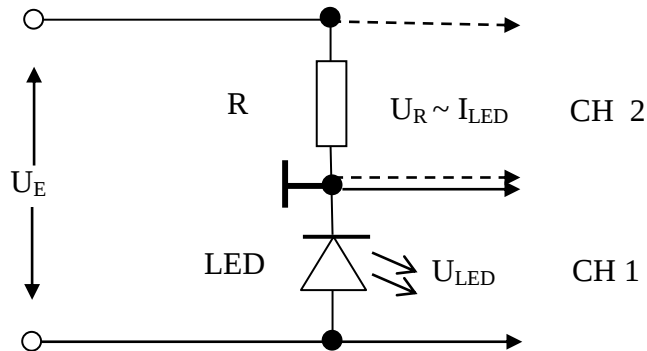
Messdaten: $T = 1440 \mu\text{s}$; $\Delta T = 0.40 \mu\text{s}$; $f = 694 \text{ Hz}$

$$\Delta f = f \cdot \frac{\Delta T}{T} = 694 \text{ Hz} \cdot \frac{40 \mu\text{s}}{1440 \mu\text{s}} = 19.27 \quad \rightarrow \quad f = (694 \pm 19) \text{ Hz}$$

ZUSATZ: Strom – Spannungskennlinie einer LED



„Massefreier“
Frequenzgenerator





Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!