

## Messtechnik - Labor

Lehrveranstaltung Messtechnik für Wirtschaftsingenieure Fachrichtung E-Technik

# Messen mit dem Oszilloskop



Name: .....

Gruppe: .....

Datum: .....

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung - Versuchsziel</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Vorbereitungsthemen</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen - Theorie</b>	<b>3</b>
3.1	Einstieg in die Oszilloskop-Messtechnik . . . . .	3
3.1.1	Was ist ein Oszilloskop . . . . .	3
3.1.2	Digital-Speicher-Oszilloskope . . . . .	3
3.2	Messung periodischer Signale . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Bedienungsgrundlagen Oszilloskop Agilent DSO6012A</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Messungen mit dem Oszilloskop</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Messaufgaben</b>	<b>10</b>

## 1 Aufgabenstellung - Versuchsziel

Dieser Praktikumsversuch dient dazu, Messungen mit dem Oszilloskop durchzuführen. Dabei sollen vor allem der Funktionsgenerator und damit erzeugte Wechselspannungssignale mit Oszilloskop überprüft werden.

## 2 Vorbereitungsthemen

Der Theorieteil ist von jedem Teilnehmer vor dem Versuch durch zu arbeiten. Jede Gruppe stellt ein Thema in einem kurzen Vortrag vor (ca. 5-10 Min.):

1. Aufbau und Wirkungsweise von Oszilloskopen
2. Was genau kann mit Oszilloskopen gemessen werden
3. Aufbau und Wirkungsweise von Funktionsgeneratoren
4. Phasenmessungen
5. Vorstellung der Versuchsteile

## 3 Grundlagen - Theorie

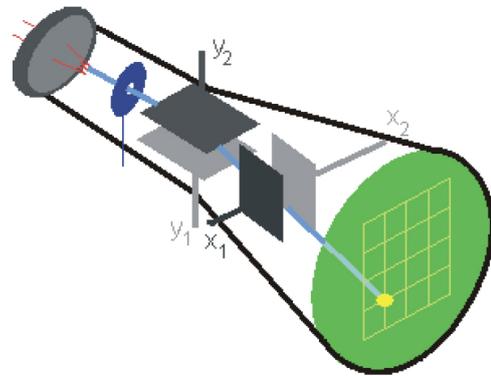
### 3.1 Einstieg in die Oszilloskop-Messtechnik

#### 3.1.1 Was ist ein Oszilloskop

Ein Oszilloskop ist das universelle Instrument der elektrischen Messtechnik, das zur Veranschaulichung von zeitlichen Spannungsverläufen dient. Beim Einsatz entsprechender Wandler ermöglicht es das Vermessen der Zeitverläufe physikalischer Größen. Es ist daher ein wichtiger Bestandteil von Messanordnungen und kommt auch in Versuchen dieses Praktikums zum Einsatz.

Früher wurden analoge Oszilloskope verwendet, die mit einer Kathodenstrahlröhre ausgestattet waren (s. Abb. 1). Die Funktionsweise eines analogen Oszilloskops ist sehr anschaulich - die Anzeige erfolgt durch die Ablenkung eines Elektronenstrahls durch die zu messende Spannung, die an die y-Ablenkplatten gelegt wird. Um eine zeitabhängige Darstellung des Signals zu erzeugen wird der Elektronenstrahl anschließend durch die an die x-Ablenkplatten gelegte periodische Sägezahnspannung in x-Richtung bewegt. Durch eine passend gewählte Frequenz der Sägezahnspannung (s. Triggereung) wird ein stehendes Bild des Signals  $u(t)$  generiert. In letzter Zeit verlieren die analogen Elektronenstrahl-Oszilloskope an Bedeutung und werden vermehrt durch Digital-Speicher-Oszilloskope ersetzt.

Abbildung 1: Analog-Oszilloskop:



#### 3.1.2 Digital-Speicher-Oszilloskope

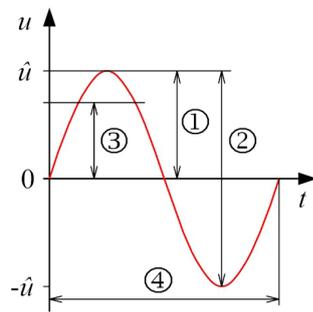
In einem Digital-Speicher-Oszilloskop (s. Abb. 2) wird bei der Signalerfassung das elektrische Signal digitalisiert. Dabei wird das Eingangssignal entsprechend der vertikalen Auflösung des Bildschirms verstärkt, in einem bestimmten zeitlichen Abstand kontinuierlich abgetastet und in einen zyklisch beschreibbaren Speicher geschrieben. Durch den Trigger, ein Signal, das den zeitlichen Bezugspunkt fixiert, wird die Übergabe an den Bildspeicher und die Darstellung auf einem LCD-Display ausgelöst. Das Oszilloskop stellt Signale als Spannung über der Zeit dar und erlaubt neben einer direkten Messung der Signale vielfältige Möglichkeiten der Signalverarbeitung, beispielsweise die Bestimmung der Frequenz, Transformation von Zeitfunktionen in den Frequenzbereich (Fourieranalyse) und Anwendung mathematischer Funktionen. Selbstverständlich ist auch eine Speicherung der Signale möglich. Damit können die Daten auch nach der Messung ausgewertet werden.

Abbildung 2: Analog-Oszilloskop:



### 3.2 Messung periodischer Signale

Bei der Darstellung von Wechselspannungen mit Hilfe eines Oszilloskops soll Ihnen die mathematische Beschreibung periodischer Signale vertraut sein. Im Folgenden werden die wichtigsten Kenngrößen periodischer Signale anhand einer sinusförmigen Wechselspannung erläutert:



Signalfunktion:  $u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t - \varphi_u)$

Relevante Kenngrößen:

1. Amplitude:  $\hat{u}$
2. Spitze-Spitze-Wert:  $2\hat{u}$
3. Effektivwert:  $U_{eff}$
4. Periodendauer:  $T$

- Spitzenspannung ( $U_S$ ) bzw. Amplitude, ist der Maximalausschlag der Funktion
- Spitze-Spitze-Wert  $U_{SS}$  (engl. Pk-Pk-Value,  $V_{PP}$ ) ist die Differenz zwischen dem positiven und negativen Spitzenwert der Spannungsfunktion
- Der Effektivwert (engl. root mean square, RMS,  $V_{RMS}$ ) der Spannung  $U_{eff}$  entspricht mathematisch der Funktion:

$$U_{eff} = \sqrt{u^2(t)}$$

Der Effektivwert hängt sowohl vom Scheitelwert  $\hat{u}$  als auch von der Kurvenform ab. Es lässt sich zeigen, dass für eine sinusförmige Spannung gilt:

$$U_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{u}$$

- Die Periodendauer  $T$  gibt an wie lange eine vollständige Schwingung dauert.
- Die Frequenz  $f$  ist die Anzahl der periodisch auftretenden Schwingungen pro Zeiteinheit:

$$f = \frac{1}{T}$$

- Kreisfrequenz:  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
- Phase bzgl.  $t = 0$ :  $\varphi_u$

Schwingungsart	Schwingungsform	Gleichrichtwert bezogen auf Scheitelwert	Formfaktor	Effektivwert durch Scheitelwert	Scheitelfaktor
Sinusschwingung		$\frac{2}{\pi} \approx 0,637$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$	$\sqrt{2} \approx 1,414$
Volle Schwingung gleichgerichteter Sinus		$\frac{2}{\pi} \approx 0,637$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$	$\sqrt{2} \approx 1,414$
Halbschwingung gleichgerichteter Sinus		$\frac{1}{\pi} \approx 0,318$	$\frac{\pi}{2} \approx 1,571$	$\frac{1}{2} = 0,5$	2
Dreiecksschwingung		$\frac{1}{2} = 0,5$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,155$	$\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,577$	$\sqrt{3} \approx 1,732$
Sägezahnsschwingung		$\frac{1}{2} = 0,5$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,155$	$\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,577$	$\sqrt{3} \approx 1,732$
Symmetrische Rechteckschwingung		1	1	1	1
PWM-Signal		$\frac{t_1}{T}$	$\sqrt{\frac{T}{t_1}}$	$\sqrt{\frac{t_1}{T}}$	$\sqrt{\frac{T}{t_1}}$
Gleichgröße		1	1	1	1

## 4 Bedienungsgrundlagen Oszilloskop Agilent DSO6012A

Eine ausführliche Bedienungsanleitung findet sich für jedes Gerät im Labor. Weitere Informationen befinden sich im Labor-Einleitungsskript. Wichtige Funktionen werden im folgenden beschrieben.

### Grundeinstellungen

- **(File) Taste 13 "Save/Recall" – "Default Setup" - Softkeys 25**
  - **Horizontal** (Pan & Zoom Funktionen)
    - Betriebsart: Main
    - Zeitbasis 100µs/div
    - Verzögerungszeit 0s
    - Zeitreferenz „Center“
  - **Vertikal (Analog)**
    - Kanal 1 eingeschaltet
    - Eingangsempfindlichkeit 5V/div
    - DC-Kopplung
    - Position 0V
    - Tastkopf-Spannungsteilerverhältnis 1.0 (AutoProbe)
  - **Triggerung** (Autoscale)
    - Betriebsart: Edge (Flanke)
    - Wobbelart: Auto level
    - Triggerpegel 0V
    - Triggerquelle 1
    - DC-Kopplung
    - Triggerflanke positiv
    - Holdoff-Zeit 60ns
  - **Bildschirm**
    - Betriebsart: Vectors on
    - Gitter raster-Helligkeit 20%
    - Infinite persistence aus
    - Signalerfassung „Normal“ – „Run“
    - Cursormessung aus
- **Betriebsart "Autoscale" (Taste 24)**
- getriggerte Signaldarstellung erfolgt automatisch und das gespeicherte Signal kann mit der „Pan & „Zoom“ Funktion vermessen werden
- **(Trigger) „Holdoff“-Funktion (Taste 15 "Mode Coupling")**
- Pegeländerungen während einer Signalperiode werden nicht erneut getriggert und das Bild bleibt stabil und die Triggerung erfolgt immer auf die gleiche Flanke
- **Tastkopfauswahl / Teilverhältnis (AutoProbe) Trigger (Taste 15 - „Mode Coupling“)**
  - Softkeys 25 „External“
  - das Teilverhältnis wird bei der Messung automatisch berücksichtigt
  - die jeweilige Kompensation ist aber immer notwendig

- Messkanaleinstellungen (Taste 1 (7) und 2)
- die „DC“ - Kopplung ermöglicht die Signaldarstellung im Anstand zur Null-Linie
- die „AC“ - Kopplung unterdrückt den Gleichspannungsanteil (Kondensator) und
- ermöglicht eine höhere Eingangsempfindlichkeit der Wechselspannungssignale
  
- Triggerbetriebsarten (Taste 15 - Mode/Coupling)
- „Auto Level“ und „Auto“ zur Erfassung von „DC“ Signalen (hohe Wiederholungsrate)
- der „Normal“ Modus ermöglicht die Darstellung kleiner Wiederholungsraten (Single-Shot Messungen)
  
- Triggerkopplung (Taste 15 - Mode/Coupling)
- Betriebsart - DC werden alle Signale in den Triggerbereich übertragen
- AC - Bereich mit dem **Hochpassfilter (3,5 Hz)** werden DC Signale geblockt und ein stabiles Flankentriggern ermöglicht (niederfrequente Störungen)
- LF - Betriebsart mit einem **Hochpassfilter von (50 kHz)** werden Netzstereuungen unterdrückt
  
- Triggertypen (Taste 15 - "Edge, Pulse Width, Pattern, Duration, IC<sup>2</sup>, Sequence")
- Edge (Flanke) – **Triggerquelle Signale auf Kanal 1 / 2** (extern oder Netzfrequenz) und Triggerflanke (positive oder negative) können bestimmt werden
- Pulse Width (Pulsbreite) – ähnliches Menü wie zuvor mit zusätzlicher Qualifizierer Stufen für die Zeitbereiche zwischen 10ns bis 10s
- Pattern (Bitmuster) – logische Verknüpfungen der Kanäle mit zugeordneten Pegeln ermöglichen eine digitale Auswertung der Signale
- Duration (Dauer) – Auswertungen eines Signalzeitfensters in dem ein bestimmtes Bitmuster am Eingang anliegt
- IC<sup>2</sup> (Inter-IC bus) – Es werden bestimmte Geräteadressen und Datenwerte erfasst
- Sequence (Sequenz) – triggert auf eine Ergebnissequenz aus einem definierten Signaldiagrammbereich (Kombination aus einer Bitmuster- und Flankentriggerung)
  
- Zeitbasiskonfiguration – Betriebsarten (Taste 19 - Main, „Normal“, „XY“, „Roll“)
- „Main“ – Einstellungen der Horizontalen Verzögerungszeit zwischen 5ns und 50s, nach dem Stoppen der Messung kann das Signal auf dem Bildschirm verschoben und über die Funktion „Pan“ und „Zoom“ bearbeitet werden
- „Vernier“ – Softkey ermöglicht die Feineinstellung der horizontalen Zeitbasis
- „Time Ref“ – Softkey kann der Punkt auf der Messkurve bestimmt werden auf den der Triggerpunkt bezogen ist, wobei die Referenzpunkte über Verzögerungszeit-Markierungen festgelegt sind
- „Delayed“ – die verzögerte Zeitbasis vergrößert die Signaldarstellung in der zweiten Bildschirmhälfte (Hauptsignal und bearbeiteter Signalabschnitt)
- „Roll“ – wandert das Signal von links nach rechts über den Bildschirm, die Triggerung wird abgeschaltet und über die Taste „Single“ wird ein neuer Zyklus gestartet
- „Time Mode“ Softkeys 25 - „XY“ – die Kanäle werden den beiden Achsen zugeordnet, jetzt kann die Phasenlage und Frequenz zweier Signale verglichen werden (Zeitbasis ist abgeschaltet)

# 5 Messungen mit dem Oszilloskop

Die verwendeten Oszilloskope besitzen etwa folgende Daten.

Vertikalablenkung : Kanäle  $Y_1, Y_2$  ; invertierbar  
 Einzel-, Chopper- und alternierender Betrieb  
 DC , AC , GND- Eingang  
 Ablenkkoeffizient  $K_Y = 5 \text{ mV/DIV} \dots 5 \text{ V/DIV}$   
 Grenzfrequenz  $f_{go} = 20 \text{ MHz}$

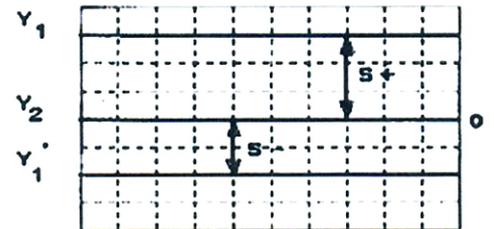
Horizontalablenkung: Zeitbasis  $K_X = 0,2 \mu\text{s/DIV} \dots 5 \text{ s/DIV}$

### Gleichspannungsmessung

1. Null-Linie festlegen
2.  $Y_1$ : zu messende Spannung : DC-Eingang  
 $Y_2$ : GND
3. Bildschirmablesung

positive Spannung :  $U_+ = s_+ \cdot K_{Y_1}$

negative Spannung :  $U_- = -s_- \cdot K_{Y_1}$

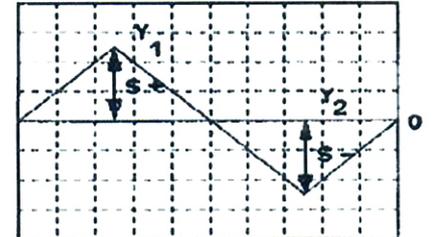


### Wechselspannungsmessung :

1. Null-Linie festlegen
2.  $Y_1$ : zu messende Spannung : AC-Eingang  
 $Y_2$ : GND
3. Bildschirmablesung:

$$u_{\max} = s_+ \cdot K_{Y_1}$$

$$u_{\min} = -s_- \cdot K_{Y_1}$$

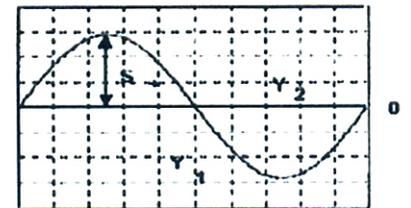


### Mischspannungsmessung:

1. Null-Linie festlegen
2.  $Y_1$  : zu messende Spannung : AC-Eingang  
 $Y_2$  : GND
3. Bestimmung der im Signal enthaltenen Wechselspannung :

$$\hat{u} = s_+ \cdot K_{Y_1}$$

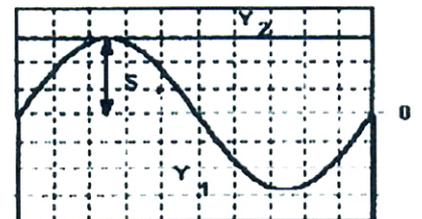
$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$$



4. Bestimmung der im Signal enthaltenen Gleichspannung

mit  $Y_2$ -Bezugslinie

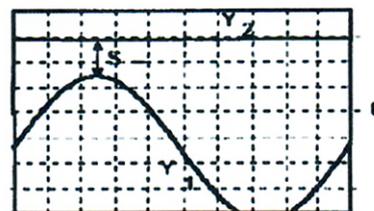
Maximalwert von  $Y_1$  markieren:



5.  $Y_1$ : zu messende Spannung : DC – Eingang

Gleichspannungsanteil : (OFFSET)

$$U_{..} = -s_{..} \cdot K_{Y_1}$$



6. ermittelte Mischspannung:

$$u_{\text{misch}} = u + U_{..} = U_{..} + (\hat{u} \cdot \sin(\omega t))$$

**Frequenzmessung:**

Die Frequenzmessung kann mit kalibrierter Zeitbasis oder durch Frequenzvergleich erfolgen. Da die Frequenzmessung durch Frequenzvergleich im ET-Praktikum behandelt wurde, wird hier nur auf die Frequenzmessung mit kalibrierter Zeitbasis eingegangen.

1.  $Y_1$ : Signal mit unbekannter Frequenz, - AC-Eingang  
 $Y_2$ : GND, als Bezugslinie

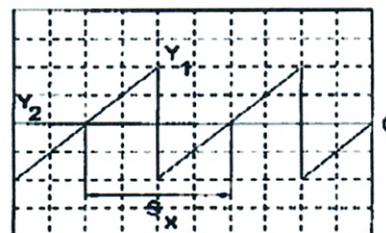
2. Bildschirmablesung:

$S_x$ : Abstand einer Periode des Signals in DIV

Auswertung :  $T = S_x \cdot K_x$

unbekannte Frequenz :

$$f = \frac{1}{S_x \cdot K_x}$$



**Messung der Phasenverschiebung**

Wie bei der Frequenzmessung bereits angeführt wurde, wird hier nur auf die Messung mit kalibrierter Zeitbasis eingegangen.

Zur Messung der Phasenverschiebung werden beide  $Y$ -Kanäle benötigt. Deshalb werden vor Beginn der Messung beide Kanäle in Stellung AC mit dem gleichen Signal gespeist. Die entstehenden Abbildungen müssen deckungsgleich sein.

Meßvorgang :

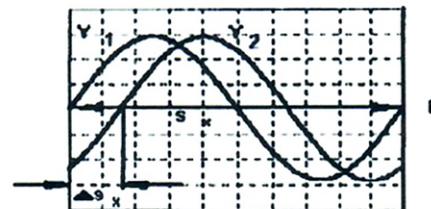
1. Messung : Ermittlung der Periodendauer  $T$

$$T = s_x \cdot K_{X_1}$$

$$\Delta t = \Delta s_x \cdot K_{X_1}$$

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

Anmerkung :  $u_{Y_2}$  ist gegenüber  $u_{Y_1}$  nacheilend !

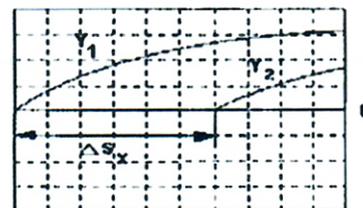


2. Messung : Dehnung der Zeitachse damit der Phasenunterschied gut als Zeitdifferenz  $\Delta t$  ablesbar ist.

$$\Delta t = \Delta s_x \cdot K_{X_2}$$

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

Anmerkung :  $u_{Y_2}$  ist gegenüber  $u_{Y_1}$  nacheilend



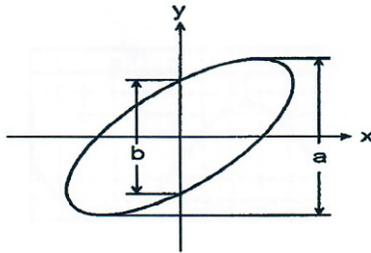
**Phasenmessungen**

Hierzu werden an die Eingänge zwei Sinussignale gleicher Frequenz gelegt.

X-Eingang:  $x = \hat{x} \sin \omega t$

Y-Eingang:  $y = \hat{y} \sin(\omega t + \varphi)$

Es entsteht die Bildschirmdarstellung:



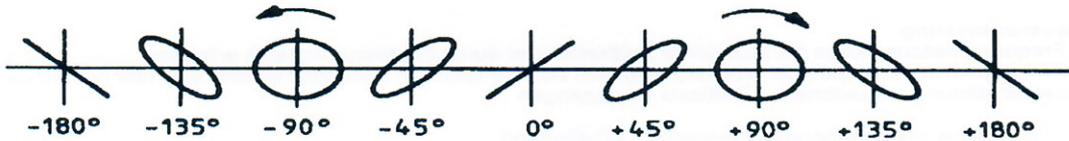
$$a = 2 \hat{y}$$

$$b = 2 \hat{x} |\sin \varphi|$$

$$\rightarrow \frac{b}{a} = |\sin \varphi|$$

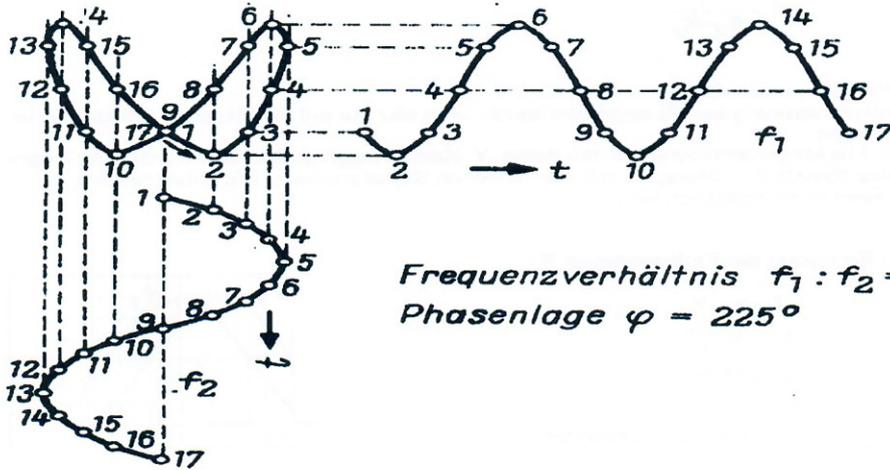
$$|\varphi| = \arcsin \frac{b}{a}$$

Verschiedene Phasenwinkel



**Frequenzvergleich**

Stehen die Sinusspannungen an der X- und Y-Ablenkung in einem Frequenzverhältnis zueinander, so entstehen Lissajous-Figuren mit mehreren Extremwerten. Für eine stehende Abbildung müssen die Sinusspannungen synchronisiert sein.



Frequenzverhältnis  $f_1 : f_2 = 2$   
Phasenlage  $\varphi = 225^\circ$

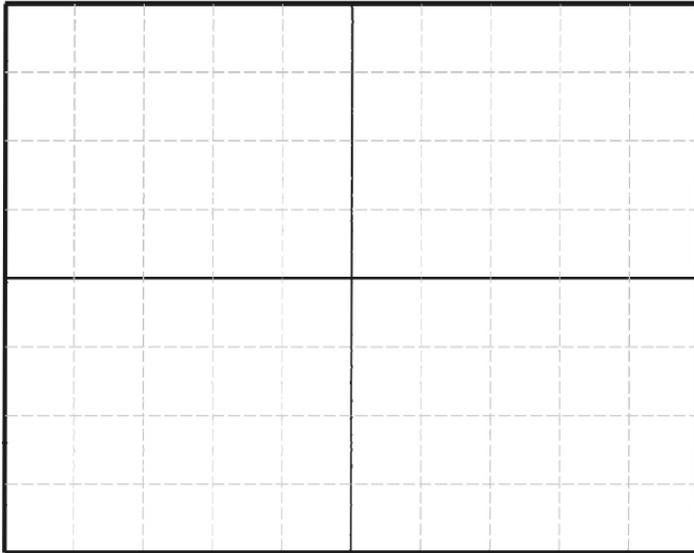
Die Frequenzverhältnisse berechnen sich mit:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{f_y}{f_x} = \frac{\text{Extremwerte vertikal}}{\text{Extremwerte horizontal}}$$

## 6 Messaufgaben

1. Überprüfen Sie in einer Tabelle die 'angezeigten' Spannungswerte des **Labornetzgeräts**.  
Messen Sie dazu beim **Digitalmultimeter** mit der automatischen Bereichswahl in einer Spalte und der manuellen Bereichswahl in der anderen Spalte.  
Wie groß ist der jeweilige **Messfehler**?  
Ist die Anzeige des Labornetzgeräts korrekt?
2. Ergänzen Sie die Messtabelle mit den Messungen durch das **Oszilloskop**. Sind diese Messwerte direkt und ohne Umrechnung vergleichbar?  
Welche Fehlerquellen sind hier möglich?
3. Stellen Sie beim **Funktionsgenerator** eine sinusförmige Spannung mit einer Frequenz von 50 Hz ein.  
Messen Sie diese mit dem **Digitalmultimeter** und halten Sie diese Werte in einer Tabelle fest.  
Vergleichen Sie auch die Spannungen bei den Einstellungen  $V_{rms}$  und  $V_{PP}$  am Funktionsgenerator.  
Welche Fehler werden hier deutlich?  
Wie kommt dieser Fehler zustande?
4. Messen Sie diese Werte nochmals mittels des **Oszilloskops** und übertragen die Ergebnisse in die Tabelle.  
Ermitteln Sie die Messwerte zum Vergleich.
5. Stellen Sie die folgenden Spannungsverläufe ein und gebe die jeweiligen Ablenkungskoeffizienten ( $K_t$  für Zeitablenkung bzw.  $K_Y$  für Spannungsablenkung) an:  
Die Spannungsverläufe sind in Diagramm 1 einzutragen und die jeweiligen Ablenkungskoeffizienten anzugeben. Es sind immer zwei Perioden darzustellen.
  - a) Sinusförmige Spannung,  $U = 3V$ ,  $f = 10kHz$
  - b) Rechteckspannung,  $U_{SS} = 6 V$ ,  $f = 20kHz$
  - c) Dreieckspannung,  $U = 3 V$ ,  $T = 2ms$
  - d) Man lasse sich von einem Kommilitonen eine Wechselspannung vorgeben und ermittle die Frequenz dieser Spannung
6. Versuchen Sie verschiedene **Phasenmessungen** vorzunehmen und zu dokumentieren.

Diagramm 1:

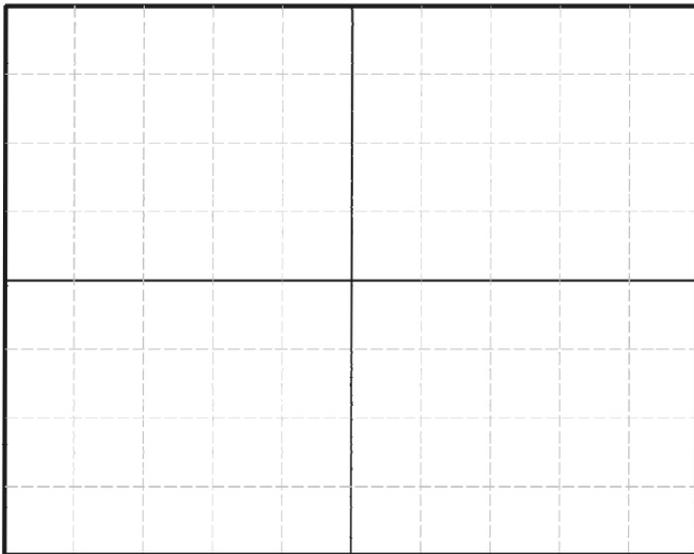


### Sinus-Spannung

Ablenkungskoeffizienten:

$K_t$ : \_\_\_\_\_ / DIV

$K_Y$ : \_\_\_\_\_ VOLT / DIV

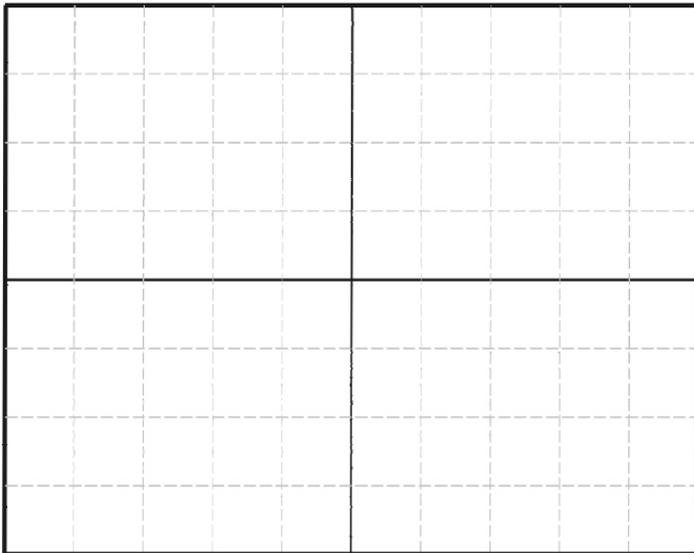


### Rechteck-Spannung

Ablenkungskoeffizienten:

$K_t$ : \_\_\_\_\_ / DIV

$K_Y$ : \_\_\_\_\_ VOLT / DIV



### Dreieck-Spannung

Ablenkungskoeffizienten:

$K_t$ : \_\_\_\_\_ / DIV

$K_Y$ : \_\_\_\_\_ VOLT / DIV