

Technische Universität Dresden Fachrichtung Physik		Grundpraktikum Physik	
P. Eckstein / R. Schwierz	Oktober 2007	Versuch:	OM

Oszilloskop - Messtechnik

1. Ziel und Aufgabenstellung

Das Oszilloskop ist das universelle Instrument der elektrischen bzw. elektronischen Messtechnik. Es dient der Visualisierung von Spannungen im Echt-Zeitbereich und ermöglicht damit beim Einsatz entsprechender Wandler die Darstellung und das Vermessen der Zeitverläufe physikalischer Größen.

Gegenwärtig verlieren die in ihrer Funktionsweise sehr anschaulichen Elektronenstrahloszilloskope gegenüber den Digital – Speicher - Oszilloskopen (DSO) rasant an Bedeutung. Letztere, mit zwei und mehr Kanälen ausgestattet und von einem Mikrokontroller gesteuert, erlauben neben den direkten Messungen von Amplituden und Zeitdifferenzen die Bestimmung von Frequenz und Phasenverschiebung ebenso wie eine Transformation von Zeitfunktionen in den Frequenzbereich (Fourieranalyse).

Das Oszilloskop gehört zum Handwerkzeug eines Experimentalphysikers, ob beim Aufbau von Experimenten oder als permanenter Bestandteil von Messanordnungen. Folgerichtig kommt es auch in Versuchen des Grundpraktikums und des Fortgeschrittenenpraktikums zum Einsatz.

Im Versuch sollen Kenntnisse über die prinzipielle Funktionsweise von Digital – Speicher - Oszilloskopen erworben und mit einem Tektronix TDS 2012 B die Bedienung und die grundlegende Messtechnik so geübt werden, dass funktionell gleiche Oszilloskope in den folgenden Praktika problemlos angewandt werden können. Dazu sind:

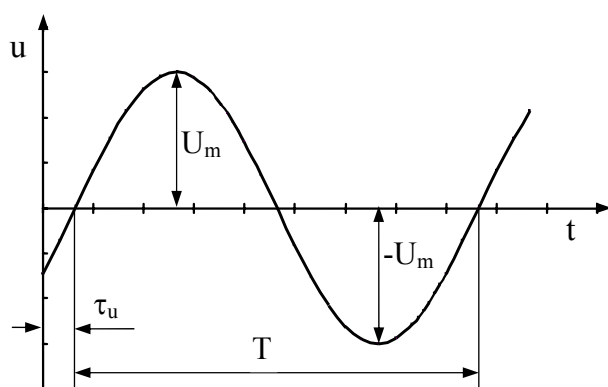
- bekannte, von einem Funktionsgenerator (HM 8030-5) erzeugte, Signale bei unterschiedlichen Erfassungs- und Triggermodi auf dem Oszilloskop darzustellen und zu vermessen,
- im Zweikanal-Betrieb die Phasenverschiebung zwischen zwei harmonischen Signalen und zwei Impulsfolgen zu bestimmen,
- anhand unterschiedlicher Impedanzen von Signalquellen und Anstiegszeiten von Impulsen die Wirkung des passiven Tastkopfes zu studieren,
- unbekannte Signale und Signalkombinationen zu erfassen und zu identifizieren.

2. Grundlagen

2.1. Signale und Begriffe

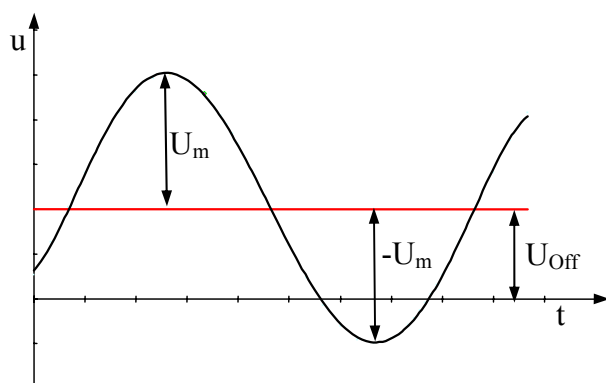
2.1.1. Periodische Signale

In den Abbildungen 2.1. – 2.3. sind sinusförmige Wechselspannungen im Zeitbereich bzw. im Phasenbereich und ihre mathematische Beschreibung einschließlich der verwendeten physikalischen Größen dargestellt.



$u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t - \varphi_u)$: Momentanwert der Spannung
 U_m : Amplitude, Spitzenspannung
 U_{SS} : Spannung Spitze – Spitze
 T : Periodendauer
 f : Frequenz $f = 1/T$
 ω : Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$
 φ_u : Phase bzgl. $t = 0$
 τ_u : zeitliche Verschiebung

Abb. 2.1. Sinusförmige Wechselspannung im Zeitbereich und ihre mathematische Beschreibung



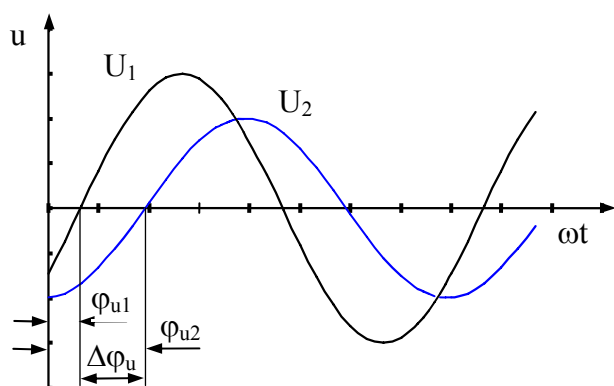
U_{Off} : Offsetspannung

Abb. 2.2. Sinusförmige Wechselspannung mit Offset

Die Asymmetrie einer Wechselspannung bzgl. Der Bezugsspannung (Masse) wird als Offset bezeichnet (Abb. 2.2.). Der gleiche Sachverhalt kann auch als Überlagerung der Gleichspannung mit einer Wechselspannung bezeichnet werden, insbesondere dann, wenn die Gleichspannung der Informationsträger und die Wechselspannung eine Stör- oder Brummspannung ist.

Wie lautet die mathematische Formulierung der Zeitfunktion $u(t)$ in Abb. 2.2. ?

Die zeitliche Verschiebung zweier harmonischer Signale gleicher Frequenz oder zweier harmonischer Signale, deren Frequenzen sich um ein ganzzahliges Vielfaches unterscheidenden, wird als Phasenverschiebung bezeichnet und in Grad oder Bogenmaß angegeben. In Abb. 2.3. sind zwei um $\Delta\varphi_u$ gegeneinander verschobene sinusförmige Wechselspannungen gleicher Frequenz dargestellt.



$\Delta\varphi_u$: Phasenverschiebung (Phasendifferenz)

Abb. 2.3. Verschiebung zweier Wechselspannungen im Phasenbereich

Wie hängen Phasenverschiebung und zeitliche Verschiebung zusammen ?

In Abb. 2.4. sind zwei harmonische Spannungen unterschiedlicher Frequenz auf unterschiedliche Art überlagert. Im Beispiel links ist die Amplitude des hochfrequenten Signals durch das niederfrequente Signal moduliert. Es handelt sich um Amplitudenmodulation (AM), wie sie zur drahtlosen Übertragung von Informationen mittels Mittelwellensendern angewandt wird. Im rechts dargestellten Fall ist entweder das hochfrequente Signal vom niederfrequenten Signal überlagert. Dann spricht man von einer „Brummstörung“. Ist dagegen das niederfrequente Signal das „Nutzsignal“, dann spricht man von einem verrauschten Signal.

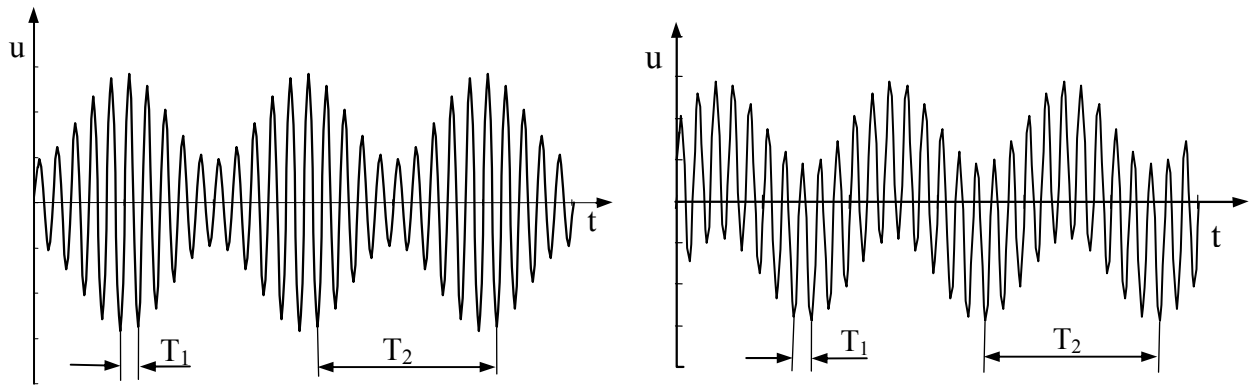


Abb. 2.4. Überlagerung zweier harmonischer Signale unterschiedlicher Frequenz

Wie lauten für die beiden Fälle in Abb. 2.4. die Zeitfunktionen $u(t)$?

Die in Abb. 2.5. dargestellten rechteckförmigen Impulsfolgen mit konstanten Impulsamplituden U_0 und gleicher Folgefrequenz $f = 1/T$ unterscheiden sich durch Impulsdauer t_1 und damit durch ihr Tastverhältnis: $TV = t_1 : T$. Dieses beträgt bei der linken Darstellung $TV = 1 : 2$, bei der rechten $TV = 1 : 4$. Gelegentlich wird das Tastverhältnis auch als Verhältnis von Puls zu Pause definiert.

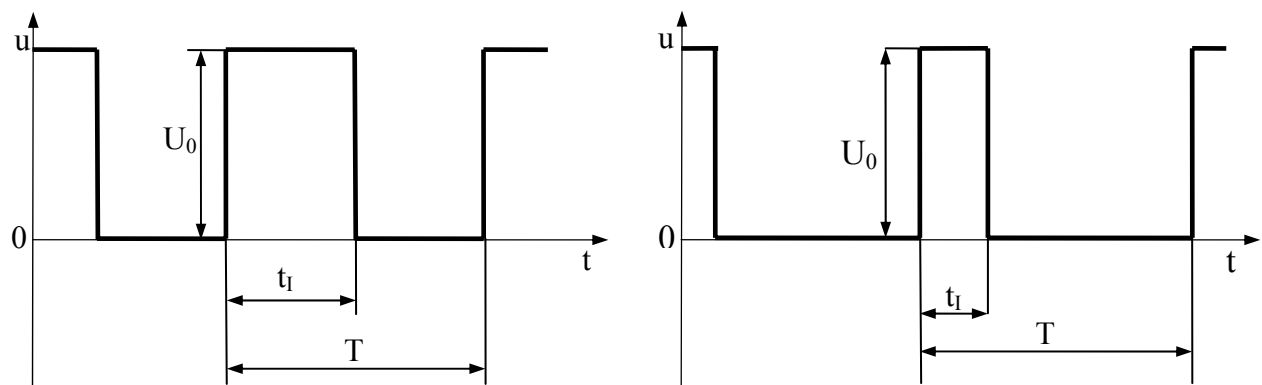


Abb. 2.5. Rechteck-Impulsfolgen mit unterschiedlichem Tastverhältnis

Die in Abb. 2.6. gezeigten dreieck- und sägezahnförmigen Impulsfolgen sind u.a. geeignet Kennlinien von Zweipolen mit Hilfe eines im X-Y - Modus betriebenen Oszilloskops darzustellen.

Wie könnte eine derartige Messschaltung aussehen?

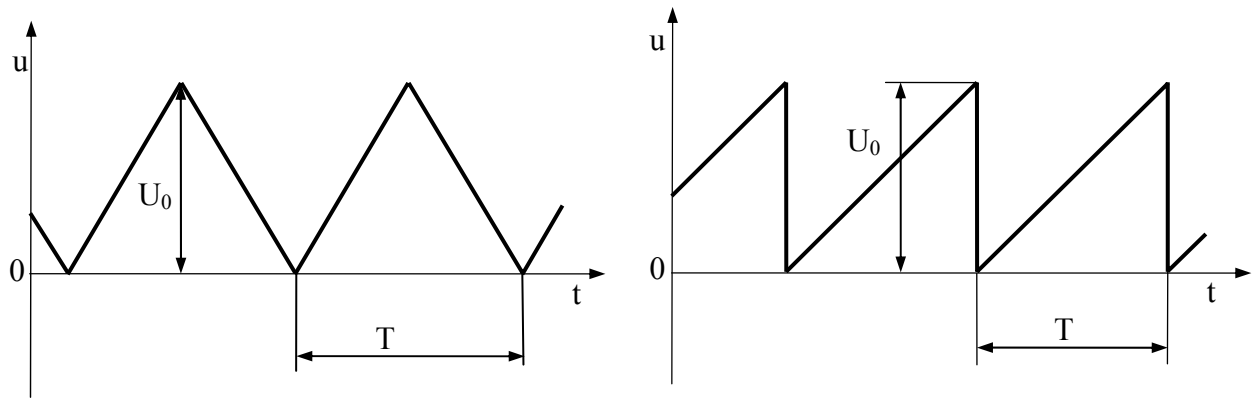


Abb. 2.6. Dreieck- und Sägezahn-Impulsfolgen

2.1.2. Einzelimpulse, nichtperiodische Impulse

Bestimmte Sensoren oder Signalgeber, wie z.B. Strahlungsdetektoren geben im Gegensatz zu periodischen Signalgebern zeitlich nicht vorhersagbare Signale ab. Häufig können diese auch noch in Form und Amplitude variieren. Neben Impulsen mit exponentiell ansteigenden und abfallenden Flanken (so genannte semigaußförmige Impulse) sind dies die in Abb. 2.7 dargestellten Stufen- und Rechteckimpulse. Ersterer entspricht einer ideal geschalteten Spannung d.h. einem prellfreien Schalter.

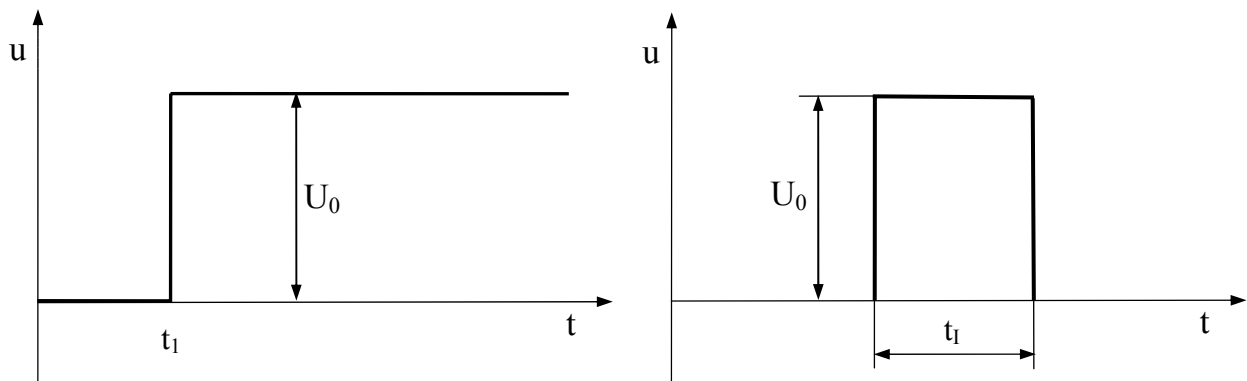


Abb. 2.7. Stufenimpuls, Rechteckimpuls

Eine Impulsfolge wie sie z.B. bei der seriellen Datenübertragung auftreten kann zeigt Abb. 2.8. Kurze, unkorreliert auftretende Störimpulse sind oft die Ursache schwer zu findender Fehler bei Datenübertragung bzw. -verarbeitung.

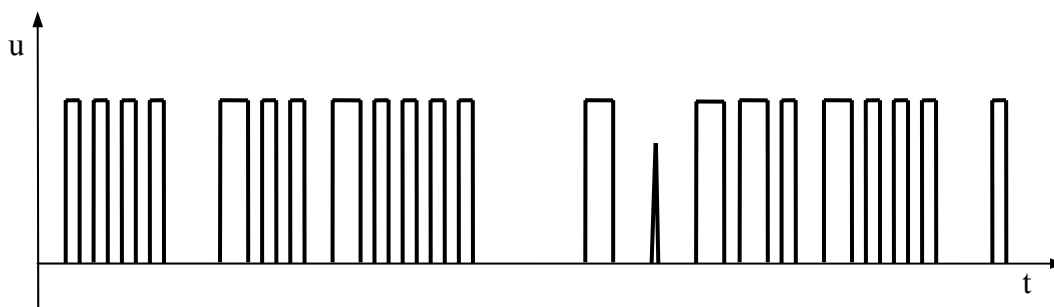


Abb. 2.8. Random-Impulsfolge mit kurzem Störimpuls

Variable Erfassungs- bzw. Abtastmodi und flexible Triggerregime moderner DSO erleichtern die Suche nach Störimpulsen, die sich in ihrer Amplitude und / oder in ihrer zeitlichen Struktur von den Standardimpulsen unterscheiden. Mit dem Triggern (s. Abschnitt 2.2.1.) auf derartige Störungen werden natürlich die Vor- und Nachtriggerdaten erfasst, sodass die Auswirkung der Störung analysiert werden kann.

Mit welchen Einstellungen des DSO kann der dargestellte Störimpuls sichtbar gemacht werden?

Die in den Abbildungen: 2.5., 2.7. und 2.8. dargestellten Rechteckimpulse sind idealisiert. Reale Ausgangsimpulse beliebiger Signalgeber weisen endliche Anstiegs- und Abfallzeiten und mehr oder weniger stark abgerundete Ecken auf. Durch die verarbeitende Elektronik werden diese Impulse oft mittels RC-Glieder gezielt weiter geformt. Bei der Übertragung durch Kabel und durch parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten erleiden sie weitere Verformungen d.h. Verzerrungen. Eine typische Impulsform eines realen Rechteckimpulses mit endlicher Flankensteilheit und mit Überschwängen ist einschließlich der Definitionsgrößen in Abb. 2.9. dargestellt.

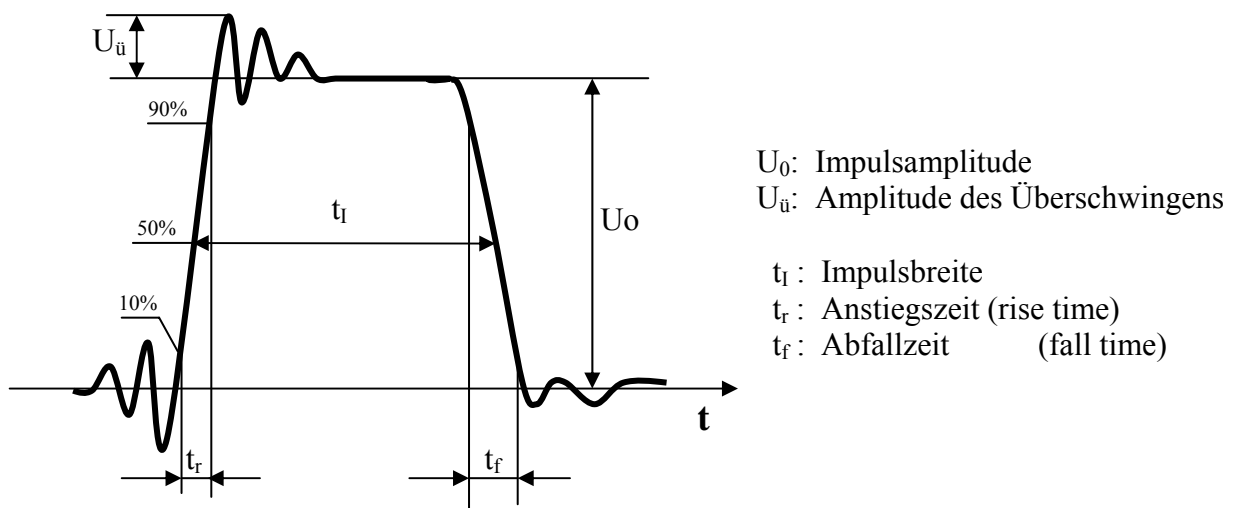


Abb. 2.9. Realer Rechteckimpuls mit Verzerrungen und Definitionsgrößen

2.2. Digital-Speicher-Oszilloskop (DSO)

2.2.1. Funktionsprinzip

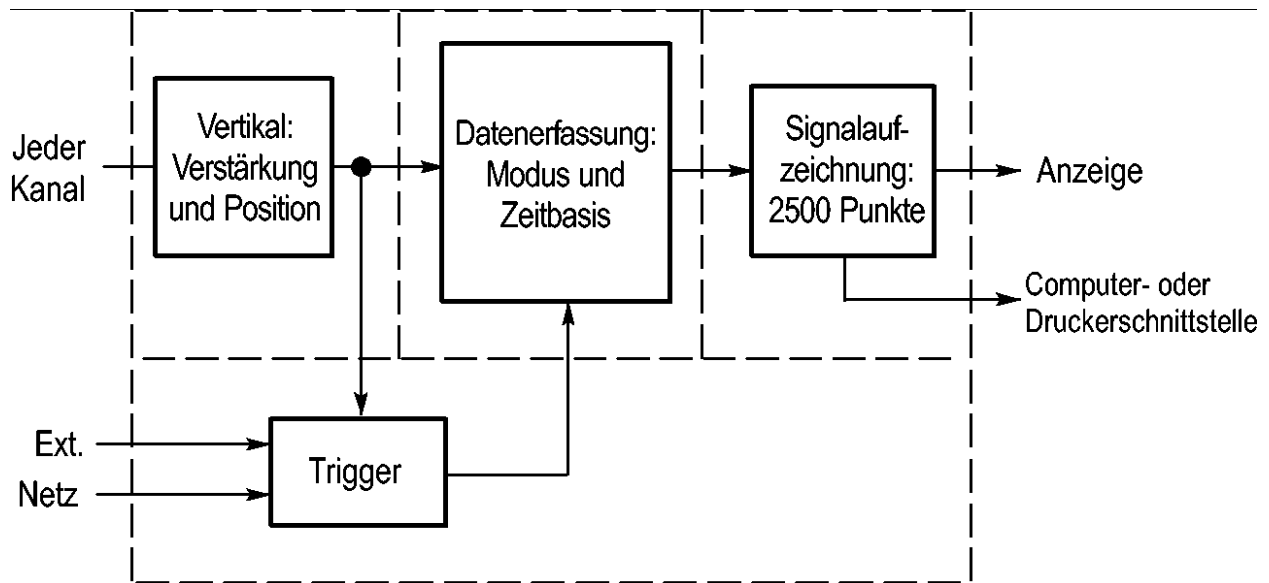


Abb. 2.10. Blockschaltbild der Oszilloskopfunktionen ¹⁾

Wie dem funktionellen Blockschaltbild (Abb. 2.10.) zu entnehmen ist, wird die darzustellende Spannung am Eingang eines jeden Kanals des Oszilloskops zur Anpassung an die vertikale Auflösung des Bildschirmes verstärkt (Vertikalverstärker). In einem DSO wird das verstärkte Eingangssignal in einem bestimmten zeitlichen Abstand kontinuierlich abgetastet (Abb. 2.11.) und gespeichert, d.h. als Analogwert kurzzeitig gespeichert und mittels Analog-Digital-Konverter in ein entsprechendes binär kodiertes Signal gewandelt. Dieses wird in einen zyklisch beschreibbaren Speicher geschrieben. Durch den Trigger, ein Signal, das den zeitlichen Bezugspunkt fixiert wird entsprechend der gewählten Zeitbereiche (Darstellung vor und nach dem Triggerzeitpunkt) die Übergabe an den Bildspeicher und die Darstellung auf einem LCD-Display ausgelöst. Das Triggersignal wird intern vom Eingangssignal eines der verfügbaren Kanäle abgeleitet. Der Kanal und die Triggerbedingungen sind wählbar.

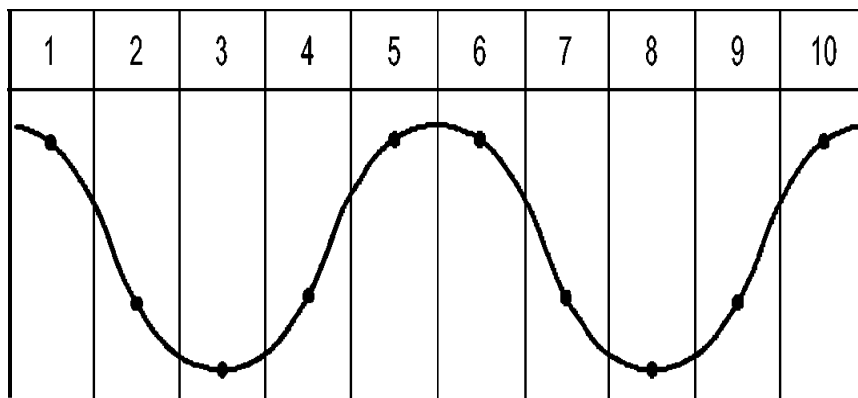


Abb. 2.11. Abtastprinzip ¹⁾

2.2.2. Grundlagen der Bedienung des DSO

Das Bedienfeld des **TDS 2012B** zeigt Abb. 2.12. In benutzerfreundliche Funktionsbereiche unterteilt ermöglicht es leichten Zugriff auf die Bedienelemente und die Funktionsmenüs.

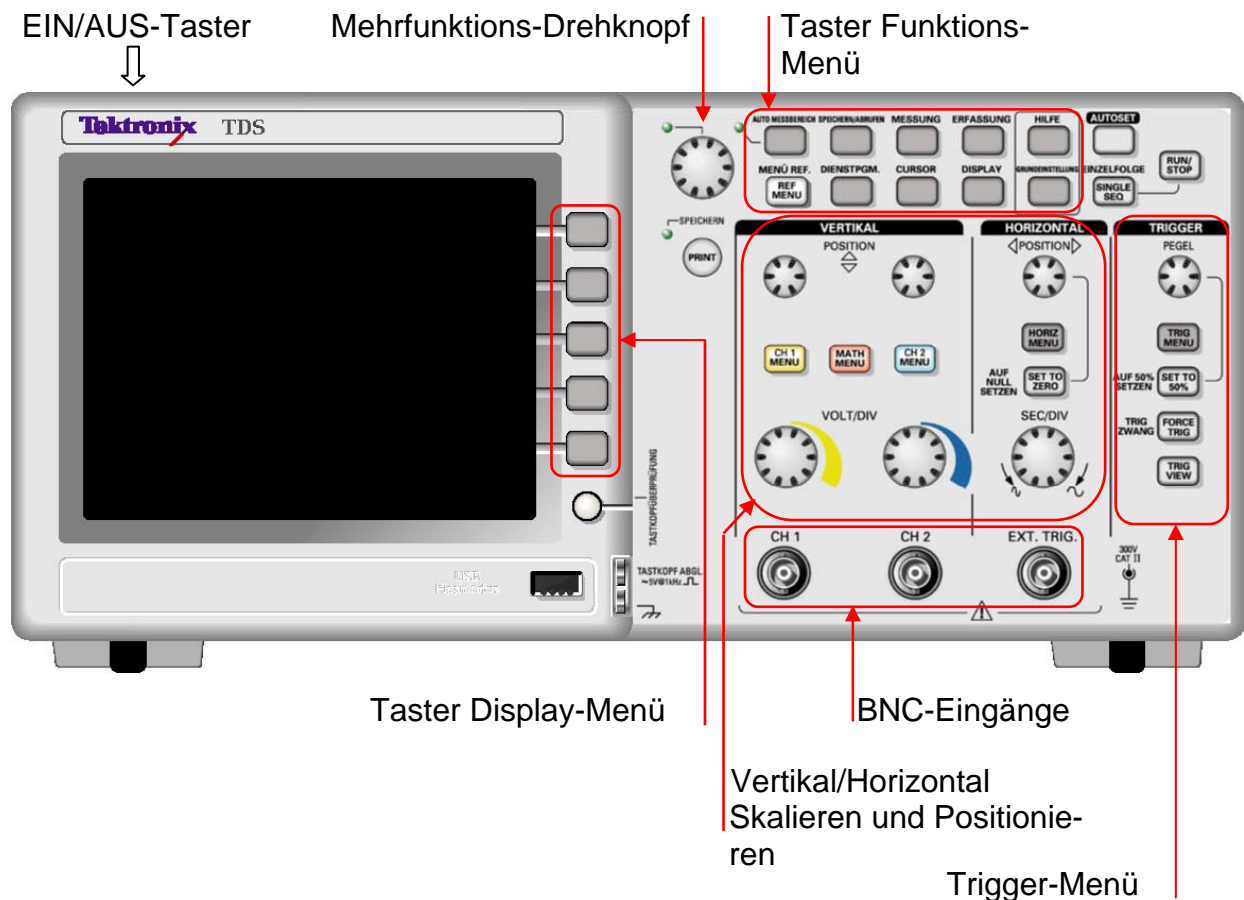


Abb. 2.12. Frontansicht des 2-Kanal-DSO TDS 2012B ²⁾

Im LCD-Display werden neben den Signalverläufen (Inhalt des Bildspeichers) auch Informationen über die Signale selbst und Oszilloskopeinstellungen angezeigt. Die wichtigsten Anzeigen und Details sind Abb. 2.13. zu entnehmen.

Für die **Bedienung** des Oszilloskops müssen folgende Funktionen beherrscht werden:

- Einstellung des DSO / Verwendung von Auto-Setup
- Signalerfassung
- Triggerung
- Skalierung (Verstärkung) und Positionierung von Signalen
- Durchführung von Messungen

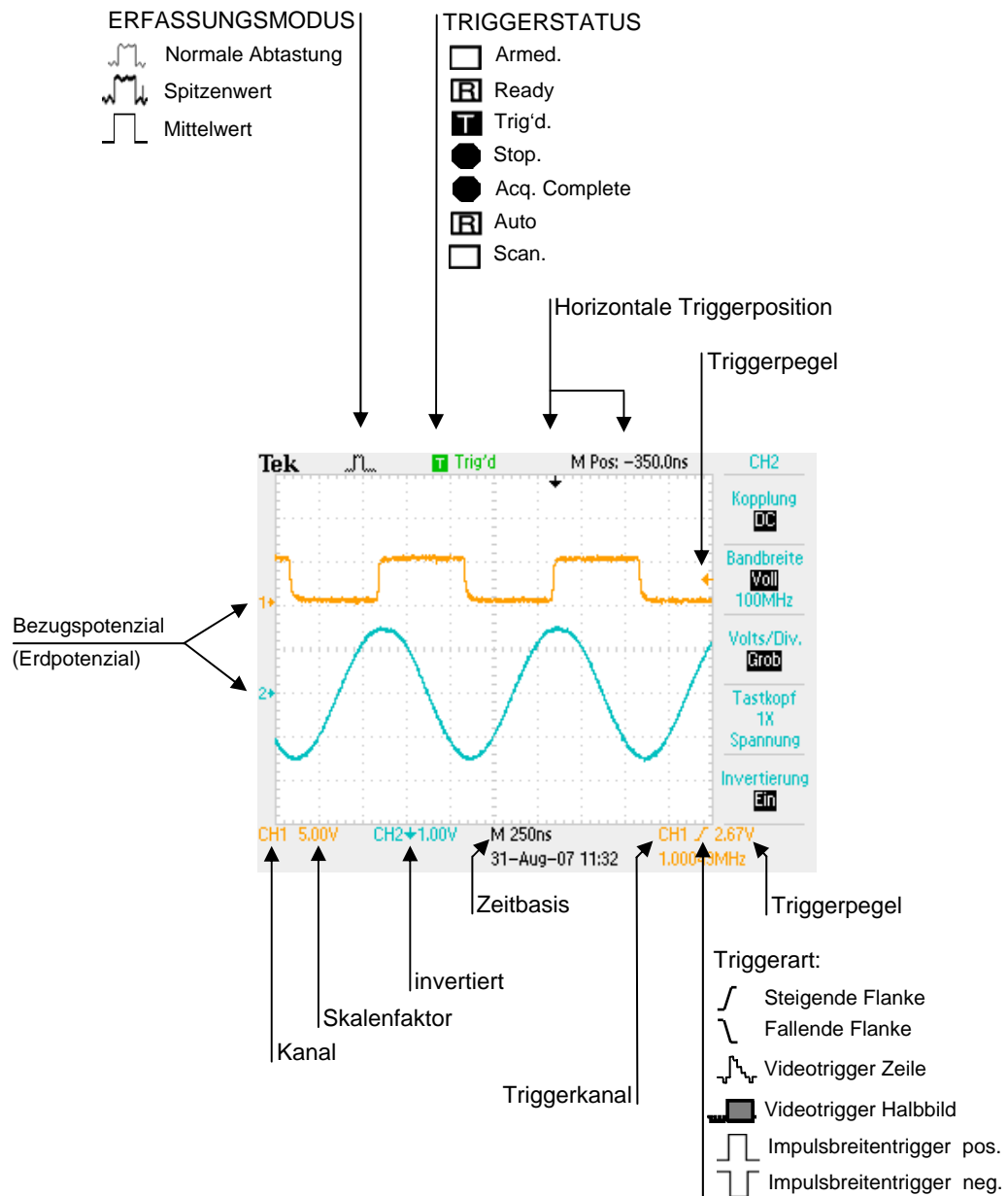


Abb. 2.13. Signal- und Parameterdarstellungen im Display

Wichtig:

Die **Bedienungsgrundlagen** und das notwendige **Grundwissen** sind im **Benutzerhandbuch** des Digital-Speicher-Oszilloskops auf **den Seiten 11 bis 60** ausführlich dargestellt,

im Kapitel **Referenz, Seite 99 bis 144** werden alle Details erläutert.

Im **Anhang** des Benutzerhandbuchs sind die technischen Parameter zu finden.

3. Messtechnik

Als Signalquellen stehen ein Funktionsgenerator HM 8030-5 (HAMEG) sowie ein spezieller Signal Generator (Eigenentwicklung) auf der Basis eines Training-Kits (Tektronix) zur Verfügung (Abb. 3.1.).

Der **HM 8030** generiert Sinus-, Rechteck-, Dreieckssignale im Frequenzbereich: 0,05 Hz bis 5 MHz mit variabler Amplitude und zuschaltbarem Gleichspannungsoffset.

Der **Signal-Generator** stellt eine Sinus- und eine Rechteckspannung sowie wählbare Signale zur Identifikation zur Verfügung. Die Signale können sowohl von den BNC-Ausgängen direkt über 50 Ω - Koaxialkabel zum Oszilloskop-Eingang geführt werden als auch mit einem passiven Tastkopf, der über eine 1:1 - oder 10:1-Teilung verfügt, abgegriffen werden.

Die Schaltung eines solchen Tastkopfes in Verbindung mit der Eingangs-Ersatzschaltung des DSO ist in Abb. 3.2. dargestellt.

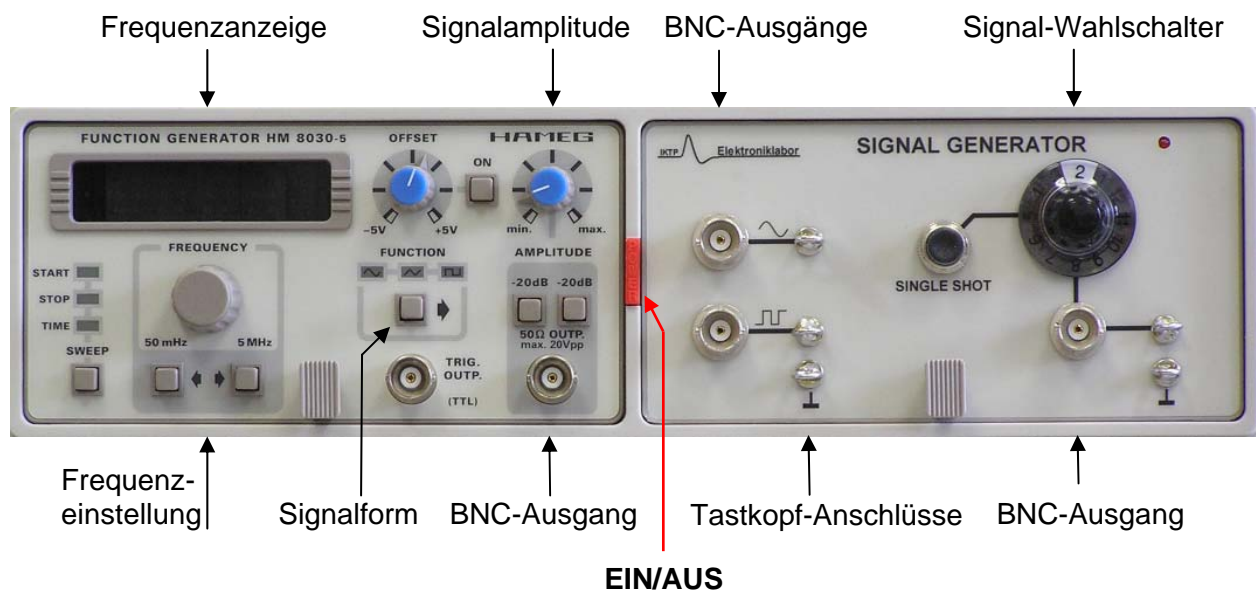


Abb. 3.1. Frontansicht der Signalquellen

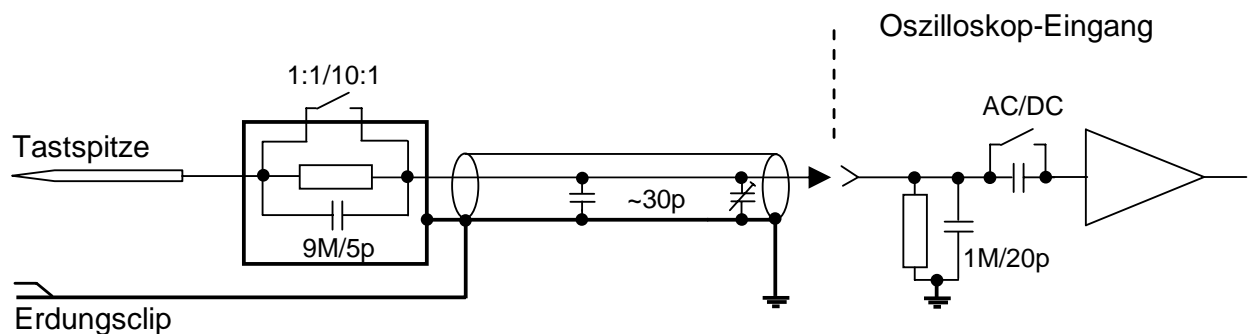


Abb. 3.2. Tastkopf-Oszilloskop-Schaltung

Frequenz- und Phasenverschiebungsmessung mittels Lissajous-Figuren:

Das DSO verfügt über eine Vielzahl von Messmöglichkeiten, die u.a. auch direkte Messungen im Zeitbereich (X-Achse) und daraus abgeleitet Frequenz- und Phasenmessungen ermöglichen.

Die Genauigkeit dieser auf 8-bit Wandlern basierenden Messungen kann übertroffen werden, wenn ein Frequenzgenerator mit höherer Anzeigegenauigkeit als Vergleichsgenerator zur Verfügung steht und dessen Signal im XY-Modus des DSO statt der Zeitbasis eingespeist wird. Die so entstehenden Lissajous-Figuren (Abb. 3.3.) erlauben einen exakten Frequenzvergleich.

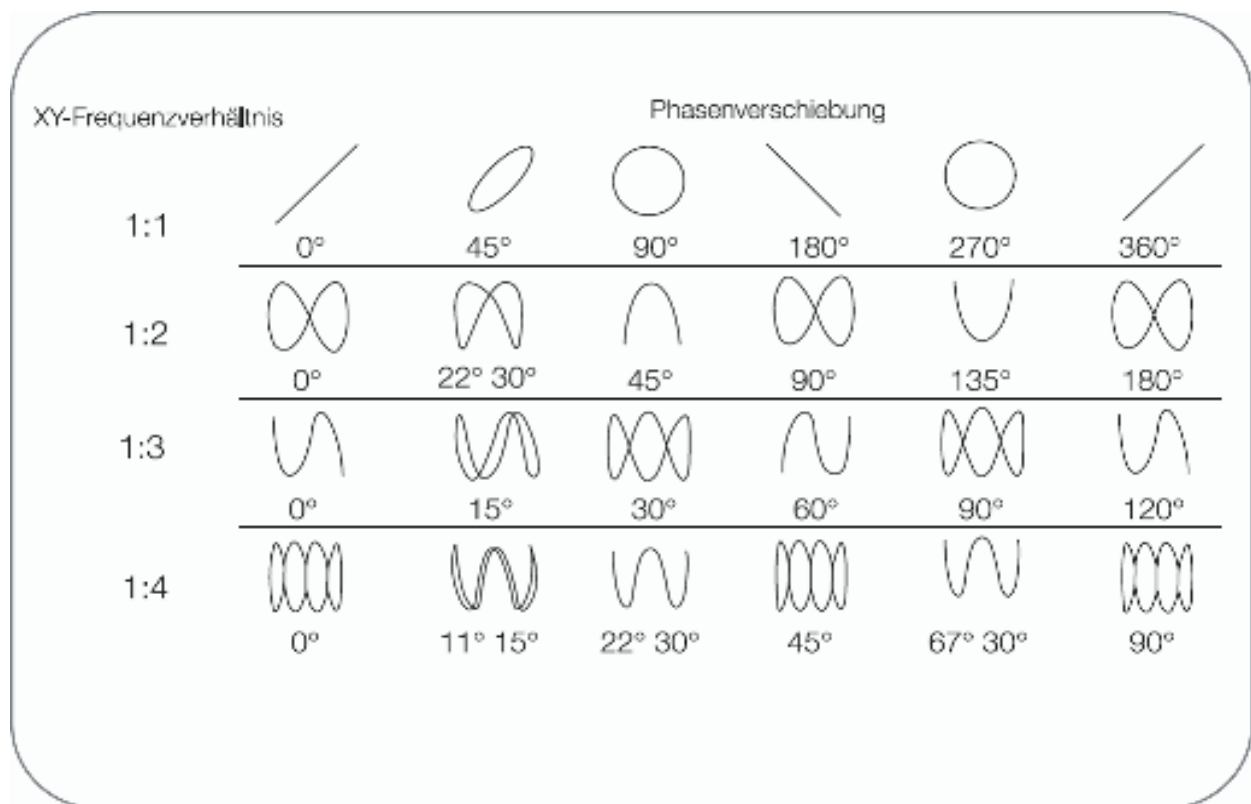


Abb. 3.3. Lissajous-Figuren ³⁾

4. Aufgabenstellung

Unter 1. ist das Aufgabenspektrum umrissen. Die konkreten Aufgaben sind den Platzanleitungen für:

- a) das Physikalische Einführungspraktikum LA-Bachelor
- b) Grundpraktikum II

zu entnehmen.

5. Quellenangabe

- ¹⁾ aus Serie TDS1000B und TDS2000B (Rev. A)
Digitalspeicher-Oszilloskop Benutzerhandbuch
<http://www.tek.com/>
- ²⁾ auf der Grundlage von Serie TDS1000B und TDS2000B (Rev. A)
Digitalspeicher-Oszilloskop Benutzerhandbuch
- ³⁾ aus Das XYZ der Analog- und Digitaloszilloskope,
http://www.tek.com/Masurement/App_Notes/

6. Links, Literatur

Serie TDS1000B und TDS2000B
Digital Speicher-Oszilloskop
Benutzerhandbuch

<http://www.tek.com/>

Engels, H. Oszilloskop-Messtechnik von A-Z, Franzis`
Eichler, Kronfeld, Sahm, Das Neue Physikalische Grundpraktikum