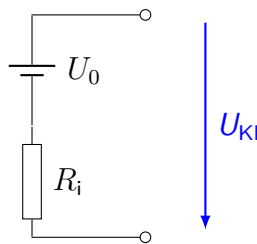


Einführung in die elektronischen Messgeräte und -methoden

Diese Einführung soll Sie mit den wichtigsten elektronischen Messgeräten und Messmethoden im Praktikum vertraut machen. Hierfür wird im Folgenden kurz auf Spannungsquellen, Strommesser und Spannungsmesser eingegangen.

Spannungsquellen

Ein **realer** Spannungserzeuger besteht immer aus einer Spannungsquelle und einem in Reihe geschalteten Innenwiderstand R_i . Die Quellspannung sei im Folgenden mit U_0 bezeichnet.



Die Klemmspannung U_{Kl} , die von einem Verbraucher abgegriffen werden kann, wird aufgrund der Teilspannung U_{R_i} , die über dem Innenwiderstand abfällt, kleiner sein als die Quellspannung.

$$U_{Kl} = U_0 - U_{R_i}$$

Sogenannte **ideale** Spannungsquellen besitzen keinen Innenwiderstand, die Klemmspannung und die Quellspannung sind also gleich. Da es in der Praxis unmöglich ist Innenwiderstände zu umgehen, besitzen **ideale** Spannungsquellen einen rein theoretischen Wert.

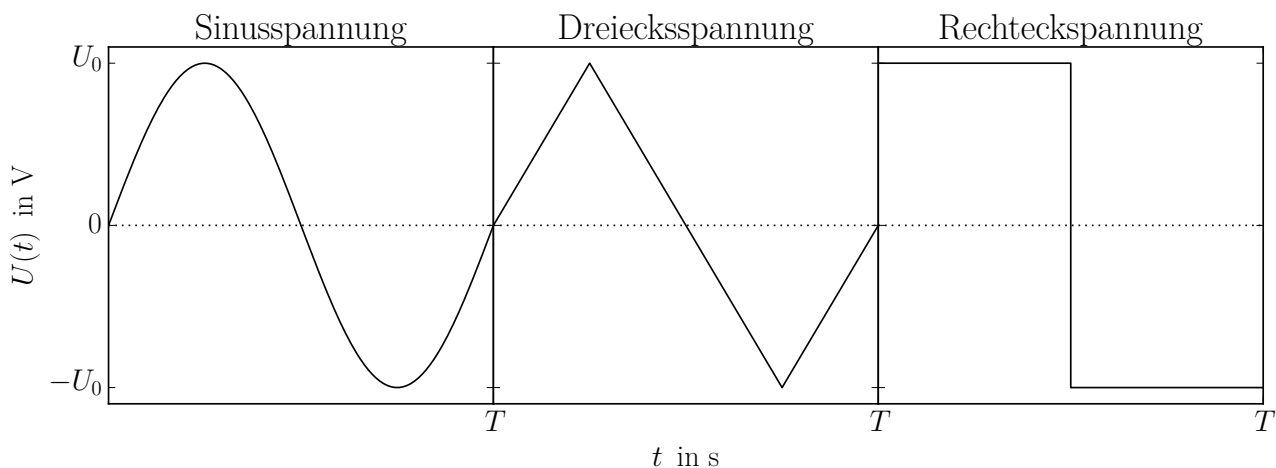
Im Rahmen des Praktikums genügt es die Spannungsquellen in zwei Arten zu unterteilen:

1. Gleichspannungsquellen (Batterien und Akkumulatoren)
2. Wechselspannungsquellen (Generatoren und Transformatoren)

Im Praktikum wird Wechselspannung in der Regel mit Funktionsgeneratoren erzeugt.

Der Funktionsgenerator

Der Funktionsgenerator hat die Aufgabe, ein periodisches Spannungssignal mit einer bestimmten Amplitude U_0 und einer bestimmten Frequenz $f = 1/T$ zu erzeugen, wobei T die Periodendauer darstellt. Das in diesem Versuch benutzte Gerät kann verschiedene Spannungssignale liefern. Es hat Schalter (siehe Abbildung 1: Knopf FUNCTION) zur Erzeugung einer



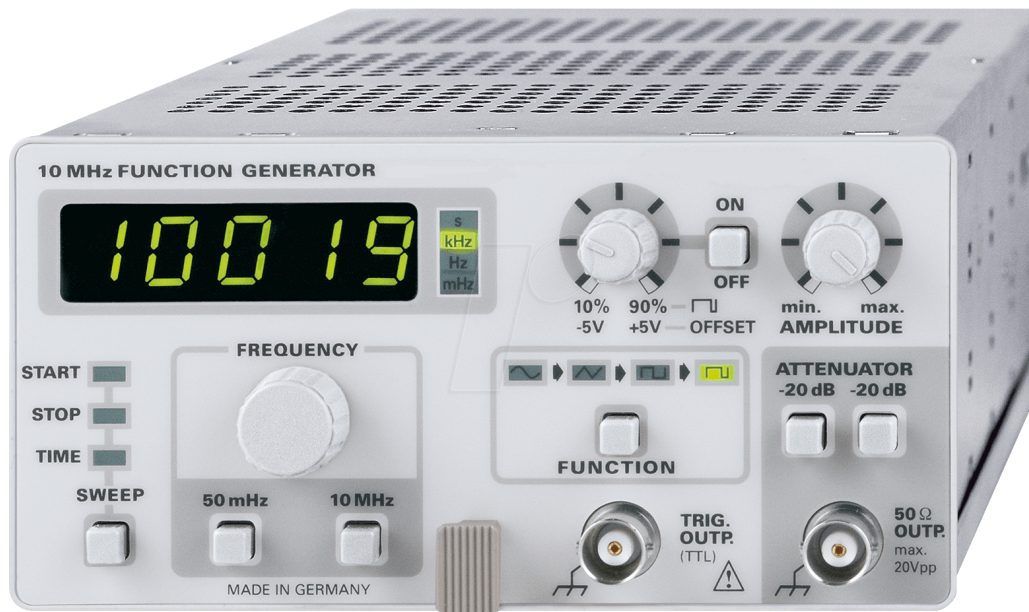


Abbildung 1: Hier ist ein exemplarischer Funktionsgenerator dargestellt, der von den im Praktikum verwendeten Funktionsgeneratoren abweichen kann.

Oben in der Abbildung 1 ist auf dem Display die eingestellte Frequenz zu sehen. Die Wahl der Frequenz erfolgt meist in zwei Schritten:

1. Auswahl des ungefähren Frequenzbereichs (Abbildung 1: Knopf 10 MHz)
2. Feineinstellung der Frequenz (Abbildung 1: Knopf 50 mHz)

Auf anderen Geräten können Schalter für die Einstellung weiterer Frequenzbereiche (z. B. 0 – 10 kHz) sowie ein Drehregler zur Feineinstellung der Frequenz vorhanden sein.

In der Regel hat der Funktionsgenerator einen oder zwei Ausgänge, an denen das eigentliche Signal anliegt. Diese sind gekennzeichnet durch OUTPUT/AUSGANG oder U. Daneben steht eventuell noch die Maximalspannung U_{pp} , die dieser Ausgang liefern kann (s. Abbildung 1: $U_{pp} = 20 V_{pp}$). V_{pp} steht für peak-to-peak Spannung. Das ist die Differenz zwischen Maximalwert und Minimalwert des Spannungssignals. Außerdem kann am Knopf OFFSET eine Gleichspannung zu dem Signal addiert (Spannungsoffset) oder über den Knopf AMPLITUDE die Amplitude der Spannung eingestellt werden.

Messung von Spannung, Strom und Widerständen: Der Multimeter

Mit dem Multimeter können Strom, Spannung und Widerstände gemessen werden. Bei der Messung von Gleichspannungen und -Strömen (DC-Signal) erscheint auf der Anzeige die gemessene Spannung oder Stromstärke.

Bei Wechselspannungen und -Strömen (AC-Signal) wird der Effektivwert (siehe *Einführung in die Elektrizität*) angezeigt. Der Zusammenhang zwischen dem Effektivwert, z.B. der Spannung U_{eff} und der Amplitude U_0 eines sinusförmigen Signals lautet:

$$U_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_0$$



Abbildung 2: Ein digitaler Multimeter zur Messung von Strom und Spannung.

Bevor die korrekte Schaltung von Multimetern in Stromkreisen erläutert wird, soll im Folgenden auf das Messgerät selbst eingegangen werden. Das Erste, was Sie nach dem Einschalten des Gerätes machen müssen, ist es mit dem Drehregler in der Mitte einzustellen, ob eine DC (= Gleichstrom) oder AC (= Wechselstrom)-Spannung/Strom gemessen werden soll und (falls auf dem Gerät vorhanden) einen möglichst genauen Messbereich vorzugeben. In Abbildung 2 können Sie z.B. zwischen A, mA und μA wählen. Durch diese Einstellung wählen Sie, wie genau der Messwert wiedergegeben wird. Wenn Sie z.B. wie in der oberen Abbildung vier Ziffern zur Verfügung haben und mit der Einstellung A einen Strom messen, werden ausschließlich Ströme oberhalb von 1mA angezeigt. Um auch Ströme unterhalb dieser Grenze bestimmen zu können, müssen Sie den Messbereich anpassen.

Ist dies getan, stecken Sie die schwarze Messleitung in die COM-Buchse am Gerät (siehe Abbildung 2) und die rote Leitung in die Buchse, die mit $V\Omega$ beschriftet ist, falls Sie eine Spannung oder einen Widerstand messen wollen. Soll eine Stromstärke gemessen werden, nutzen Sie die Buchse mit der Beschriftung A bzw. mA (Messung einer Stromstärke im Ampere bzw. im Milliampere-Bereich).

Messung der Spannung

Ein Spannungsmesser wird parallel zum Messobjekt geschaltet. Stellen Sie also mittels der Messleitungen einen parallelen Kontakt zum Stromkreis her. In der Abbildung 3 wird die Spannung gemessen, die über dem Widerstand R abfällt. Ein Messgerät zur Messung von Spannungen sollte einen hohen Innenwiderstand R_i haben: $R_i \gg R$. Daher liegt der Innenwiderstand der meisten Multimeter bei Spannungsmessungen im $M\Omega$ -Bereich.

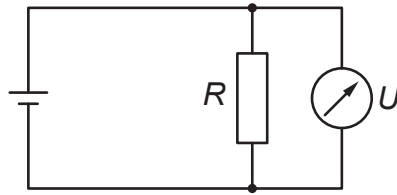


Abbildung 3: Messung des Spannungsabfalls am Widerstand R .

Messung der Stromstärke

Zur Strommessung muss der zu messende Strom durch das Messgerät fließen, daher wird ein Strommesser in Reihe zum Messobjekt geschaltet (siehe Abbildung 4). Verbinden Sie die Messleitungen also seriell mit dem Stromkreis. Messgeräte zur Messung der Stromstärke I sollten einen niedrigen Innenwiderstand R_i besitzen: $R_i \rightarrow 0$.

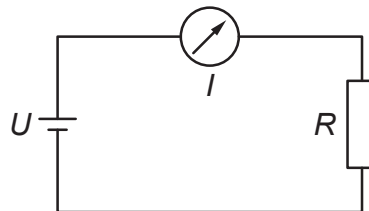


Abbildung 4: Messung des Stromflusses durch den Widerstand R .

Gleichzeitige Messung von Stromstärke und Spannung

Bei der gleichzeitigen Messung von Stromstärke und Spannung in einem Stromkreis (siehe Abbildung 5) tritt ein systematischer Fehler bei der Strommessung durch den Innenwiderstand R_i des Spannungsmessers bzw. bei der Spannungsmessung durch den Innenwiderstand R_i des Strommessers auf.

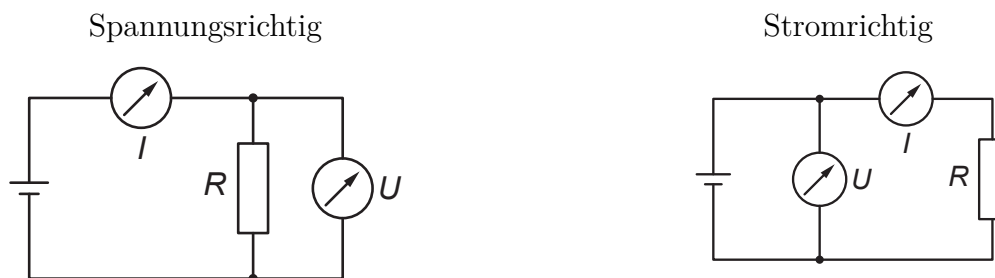


Abbildung 5: Unterschiedliche Arten der gleichzeitigen Messung von Stromstärke und Spannung.

Im Falle der spannungsrichtigen Messung fließt ein Strom I_U durch den Spannungsmesser und ein Strom I_R durch den Widerstand R , der durch den Strommesser bestimmt werden soll. Allerdings wird der Strommesser in dieser Anordnung den Strom $I_{ges} = I_U + I_R$ messen, der gemessene Strom wird also zu groß ausfallen.

In der stromrichtigen Anordnung ist dies nicht mehr der Fall. Nun misst aber der Spannungsmesser nicht die Spannung U_R , die über dem Widerstand abfällt, sondern $U_{ges} = U_I + U_R$. Die Spannung U_I , die über dem Innenwiderstand des Strommessers abfällt, verfälscht das Ergebnis.

Messung/Visualisierung einer Wechselspannung: Das Oszilloskop

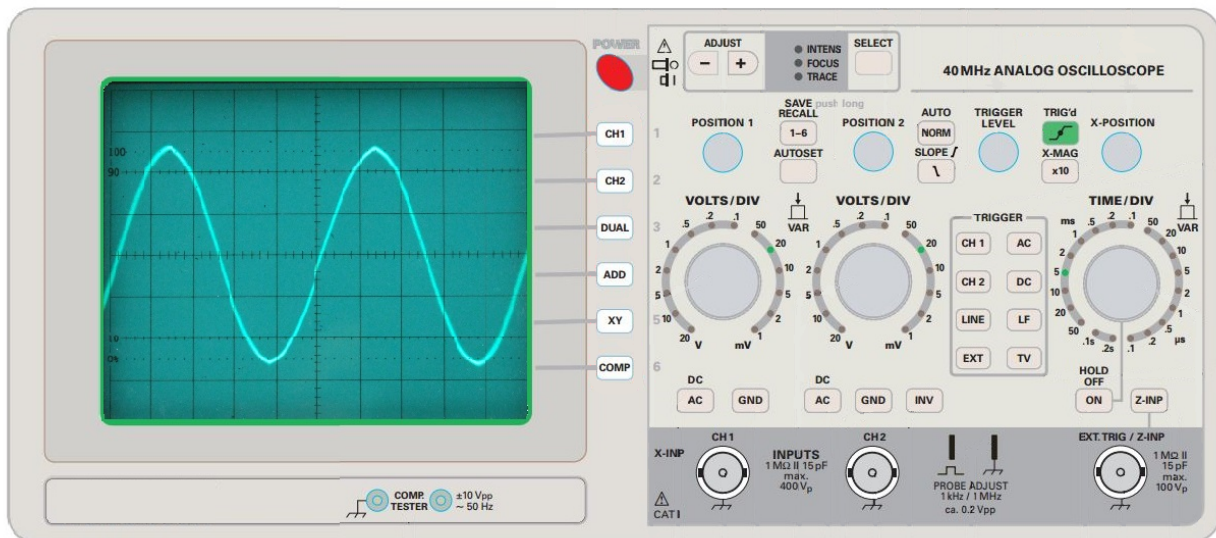


Abbildung 6: Darstellung eines Oszilloskops aus dem Praktikum.

Mit einem Oszilloskop lassen sich zeitabhängige Spannungen auf einem Bildschirm visualisieren. Das Signal wird auf einem Koordinatensystem aufgetragen, wobei die x -Achse die Zeit t und die y -Achse die Spannung U repräsentiert. Der Maßstab dieser Größen kann bezogen auf eine Division = 1 cm (= DIV) eingestellt werden. Dieser Vorgang wird als Festlegung der Basis (Volts bzw. Zeit pro Division) bezeichnet.

Die meisten Oszilloskope besitzen zwei Eingangskanäle (CH1 bzw. CH2). Auf solchen Geräten besteht die Möglichkeit zwei Spannungen unterschiedlicher Amplitude (Volts pro Division können separat eingestellt werden) gleichzeitig darzustellen (DUAL).

Andere wichtige Einstellmöglichkeiten sind z.B. die Helligkeit des Schirmbildes (Intensität), die Schärfe des Kathodenstrahls (Fokus) und die Positionierung des Elektronenstrahls entlang der x -Achse bzw. der y -Achse.

Die Inbetriebnahme des Oszilloskops

- Überprüfen Sie vor dem Einschalten, ob die Stromversorgung gewährleistet ist und bringen Sie alle Regler und Knöpfe auf ihre jeweilige Grundposition (meistens links oder heraus).
- Schalten Sie das Gerät ein, nach spätestens 20 s Aufheizzeit sollte ein Strahl sichtbar werden.
- Stellen Sie die Intensität (INTENS) und den Fokus (FOCUS) des Elektronenstrahls auf die jeweiligen Maximalwerte und regeln Sie sie anschließend wieder runter, so dass das Signal noch gut zu erkennen ist.
- Stellen Sie die Zeitbasis (TIME/DIV) auf 5 ms/cm ein.
- Schalten Sie den genutzten Eingangskanal aus (GND = Ground = Massepotenzial).
- Justieren Sie den Strich auf dem Display in die Bildschirmmitte (POSITION Regler).
- Stellen Sie erneut Intensität und Fokus des Elektronenstrahls ein.
- Schalten Sie den Signaleingang wieder zurück auf Gleichstrom (DC).

Jetzt ist das Gerät betriebsbereit. Wählen Sie nun die Einstellungen entsprechend der im Versuch **E2 Oszilloskop** gestellten Aufgabe.

Die Triggerung

Stellen Sie sich den Elektronenstrahl als einen Stift vor, der auf dem Bildschirm eine Linie malen kann. Kurze Zeit nachdem der Stift über den Bildschirm (von links nach rechts) geschrieben hat, verblasst die Linie wieder. Deshalb muss sie in regelmäßigen Abständen neu gezeichnet werden. Im Allgemeinen untersuchen Sie periodische Spannungsänderungen, z. B. eine Sinuskurve. Damit ein ruhiges, stehendes Bild entsteht, muss der Strahl immer an derselben Stelle auf den Bildschirm schreiben. Dazu sind drei Dinge notwendig:

- Der Spannungswert, bei dem der Strahl am linken Bildschirmrand zu zeichnen beginnt, wird mit dem Knopf **TRIGGER LEVEL** eingestellt (Schwellenwert).
- Die Steigung bei dem Schwellenwert muss immer dieselbe sein. Da innerhalb einer Periode ein Funktionswert z. B. einer Sinuskurve genau zweimal durchlaufen wird (außer im Maximum bzw. im Minimum), kann mit dem Schalter **TRIGGER SLOPE** eingestellt werden, ob die Triggerung auf die steigende (positive Steigung) oder fallende (negative Steigung) Signalflanke erfolgen soll.
- Der Strahl muss beim Zurücklaufen vom rechten zum linken Bildschirmrand ausgeschaltet sein. Dies erledigt das Oszilloskop automatisch (Dunkeltasten).

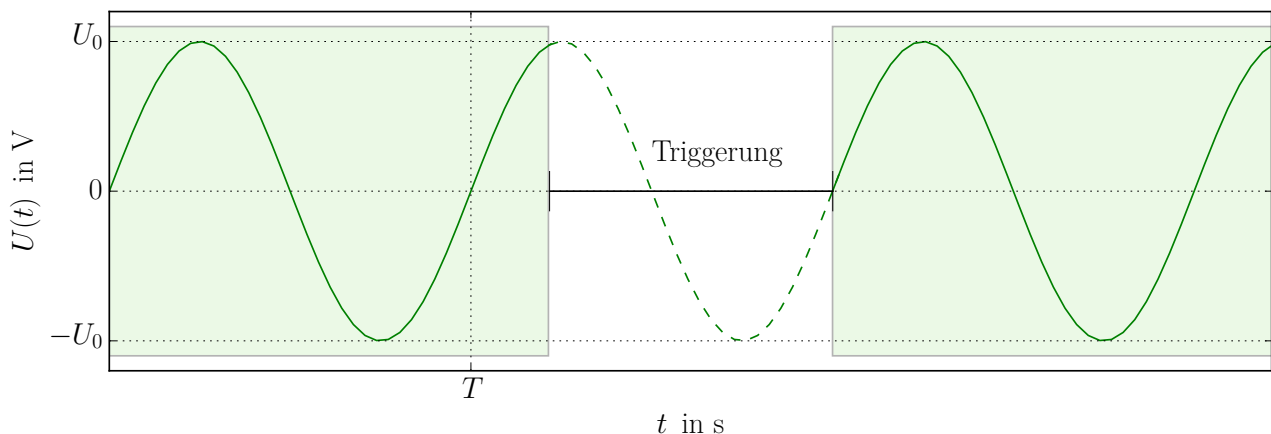


Abbildung 7: Der Strahl schaltet während der Triggerung aus und startet links erst wieder bei dem eingestellten Schwellenwert. Hier ist auf die steigende Signalflanke getriggert worden.