

LEHROSZILLOSKOP

UNTERSUCHUNG DER PHYSIKALISCHEN GRUNDLAGEN ZUR ZEITAUFGELÖSTEN OSZILLOSKOPISCHEN DARSTELLUNG VON ELEKTRISCHEN SIGNALEN.

- Untersuchung der Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem elektrischen Feld.
- Untersuchung der Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem magnetischen Feld.
- Demonstration der oszilloskopischen Darstellung am Beispiel der periodischen Signale eines Funktionsgenerators.
- Kalibrierung des Frequenzstellers des Sägezahngenerators.

UE30700800

05/16 JöS

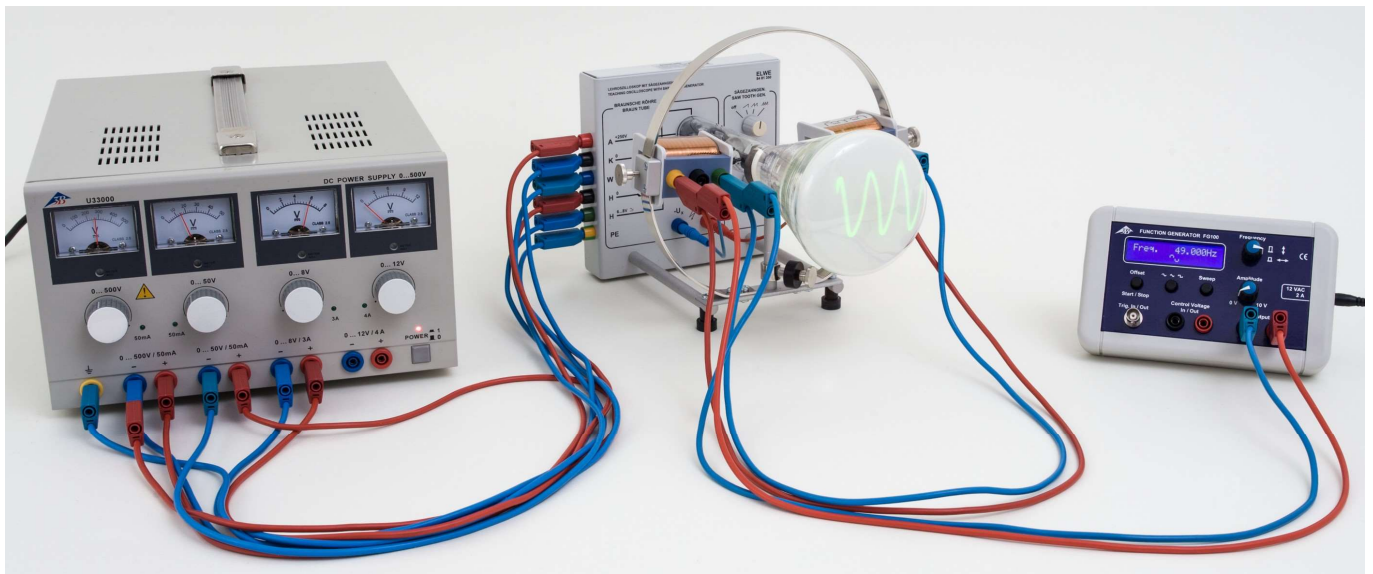


Fig. 1: Messanordnung.

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Eine wichtige Anwendung der Glühelktronenemission im Hochvakuum ist das Kathodenstrahloszilloskop mit der Braun'schen Röhre als wesentlichem Bestandteil. In der Ausführung des Lehroszilloskops bilden eine vom sogenannten Wehnelt-Zylinder umgebene Glühkathode und eine Lochscheibe auf Anodenpotential das von außen einsehbare elektronenoptische System der Braun'schen Röhre. Ein Teil der zur Anode beschleunigten Elektronen durchquert die Lochscheibe und formt einen Strahl, der auf dem Leuchtschirm der Röhre als grüner Leuchtfleck beobachtbar ist. Da die Röhre unter einem geringen Druck mit Neon gefüllt ist, wird der Elektronenstrahl durch Stöße mit den Gasatomen gebündelt und ist gleichzeitig als rötlich leuchtender Faden sichtbar. Zur Bündelung trägt auch das Anlegen einer negati-

ven Spannung an den Wehneltzylinder bei. Auf zusätzliche Einrichtungen zur Nachbeschleunigung und Fokussierung des Strahls, die bei technischen Oszilloskopen üblich sind, wurde zugunsten der Einfachheit und Übersichtlichkeit verzichtet.

Hinter der Anode befindet sich ein parallel zum Elektronenstrahl ausgerichtetes Plattenpaar, das an einen Sägezahn-generator angeschlossen werden kann (siehe Fig 2). Durch das elektrische Feld der Sägezahnspannung $U_x(t)$ wird der Strahl horizontal abgelenkt und wandert auf dem Leuchtschirm mit konstanter Geschwindigkeit von links nach rechts, um dann zum Ausgangspunkt zurückzuspringen.

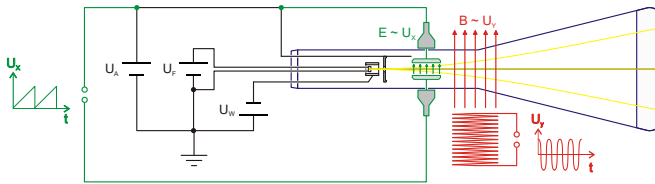


Fig. 2: Schematische Darstellung des Lehrsoszilloskops, von oben betrachtet.

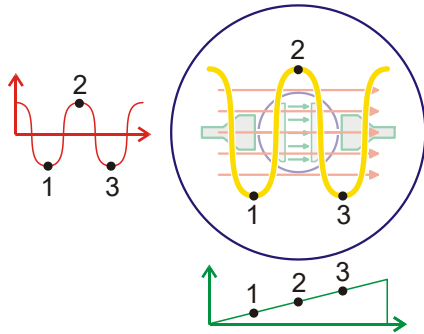


Fig. 3: Zeitaufgelöste Darstellung eines periodischen Signals.

Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch mit einer einstellbaren Frequenz. Während seiner Bewegung von links nach rechts kann der Elektronenstrahl zusätzlich in einem Magnetfeld vertikal abgelenkt werden, indem eine Spannung $U_v(t)$ an die Spule außerhalb der Röhre angelegt wird. Ändert sich diese Spannung zeitabhängig, so wird die Änderung zeitlich aufgelöst auf dem Leuchtschirm sichtbar gemacht (siehe Fig. 3). Solche zeitabhängigen Spannungen können zum Beispiel die periodischen Ausgangssignale eines Funktionsgenerators oder auch die verstärkten Signale eines Mikrofons sein.

GERÄTELISTE

1 Lehrsoszilloskop	1025250
1 DC-Netzgerät 0 – 500 V @230V	1003308
oder	
1 DC-Netzgerät 0 – 500 V @115V	1003307
1 Funktionsgenerator FG 100 @230V	1009957
oder	
1 Funktionsgenerator FG 100 @115V	1009956
1 Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

AUFBAU

Sicherheitshinweise

Das Lehrsoszilloskop wird zum Teil mit Spannungen von über 60 V betrieben.

- Die Beschaltung nur bei ausgeschaltetem Netzgerät durchführen.
- Sicherheitskabel verwenden.

Da die Glasröhre evakuiert ist, besteht Implosionsgefahr.

- Röhre keinen Stößen und mechanischen Belastungen aussetzen.

Das Lehrsoszilloskop funktioniert, abhängig von der eingebauten Röhre, in der Regel bei Anodenspannungen bis ca. 300 V. Die Anodenspannung darf jedoch 350 V nicht überschreiten.

In Schulen und Ausbildungseinrichtungen ist der Betrieb des Gerätes durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.

Inbetriebnahme

- Netzgerät ausschalten.
- Eingänge des Lehrsoszilloskops mit den Ausgängen des Netzgeräts gemäß Fig. 4 mit den angegebenen Spannungen verbinden.
- Netzgerät einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden.

Nach 10-30 s erscheint auf dem Leuchtschirm ein grüner Fleck, der den auftreffenden Elektronenstrahl markiert. Um die Röhre für didaktische Zwecke möglichst einfach und übersichtlich zu halten, wurde auf zusätzliche Einrichtung zur Nachbeschleunigung und Fokussierung des Strahls verzichtet. Aus diesem Grund kann der Strahl in der Regel nicht so scharf wie in messtechnischen Oszilloskopen fokussiert werden.

- Wehneltspannung variieren bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.

Der Elektronenstrahl ist auch in der Röhre als rötlicher Faden sichtbar, jedoch aufgrund der geringen Helligkeit nur im abgedunkelten Raum.

Mit dem Ringmagneten an der mittleren Röhrenhalterung kann der grüne Punkt auf dem Leuchtschirm verschoben werden. Dazu den Magneten nach oben bzw. unten bewegen und/oder um die eigene Achse drehen. Der Magnet sollte stets Richtung Betriebselektronik zeigen.

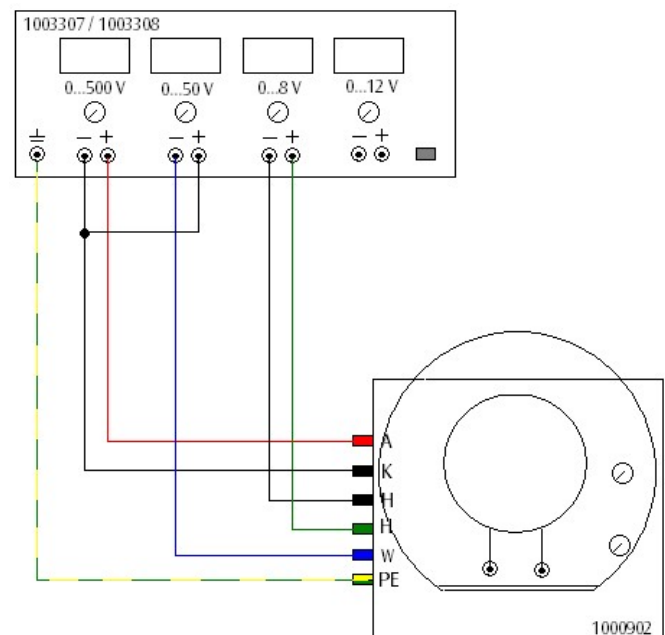


Fig. 4: Anschluss des Lehrsoszilloskops an das Netzgerät.

DURCHFÜHRUNG

Elektrische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Netzgerät ausschalten.
- Beschaltung gemäß Fig. 4 vornehmen.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm. Er wandert periodisch von links nach rechts.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Mithilfe der Feineinstellung die Frequenz ggf. so herunterregeln, dass das Wandern des Punktes klar zu verfolgen ist.

Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Netzgerät ausschalten.
- Eine Spule gemäß Fig. 5 rechts am Metallring befestigen.
- Beschaltung gemäß Fig. 5 vornehmen.
- Ablenkplatten vom Ausgang des Sägezahngenerators trennen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.

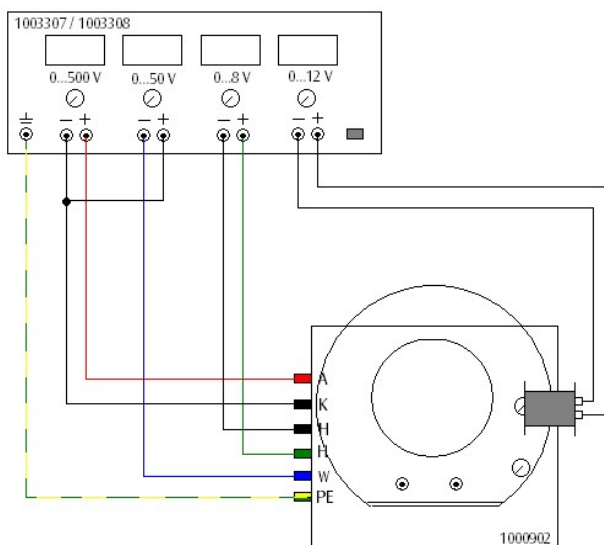


Fig. 5 Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls.

- Den Spulenstrom einschalten und mit dem DC-Netzgerät variieren.
- Polarität, Ausrichtung der Spule und durchflossene Windungszahl verändern und Auswirkungen beobachten.

Oszilloskopische Darstellung am Beispiel der periodischen Signale eines Funktionsgenerators

- Netzgerät ausschalten.
- Eine Spule gemäß Fig. 6 rechts am Metallring befestigen.
- Beschaltung gemäß Fig. 6 vornehmen.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Feineinstellung der Sägezahnfrequenz auf „f_{min}“ stellen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm. Er wandert periodisch von links nach rechts.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Funktionsgenerator einschalten und eine Frequenz von 50 Hz einstellen.
- Mit Hilfe der Feineinstellung der Sägezahnfrequenz und der Amplitude am Frequenzgenerator die oszillographische Darstellung optimieren.
- Versuch z.B. mit 1 kHz am Frequenzgenerator wiederholen. Dabei die Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf größte Stufe stellen und wie bei 50 Hz beschrieben verfahren.

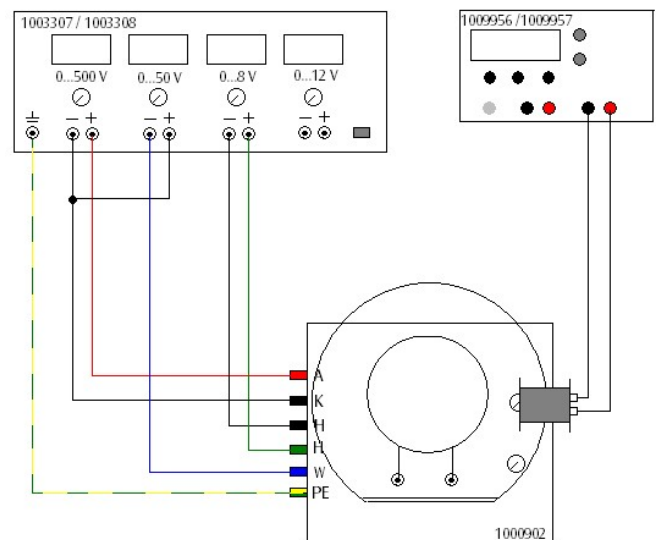


Fig. 6 Oszilloskopische Darstellung periodischer Signale mit einem Funktionsgenerators

Kalibrierung des Frequenzstellers des Sägezahngenerators

- Netzgerät ausschalten.
- Eine Spule gemäß Fig. 6 rechts am Metallring befestigen.
- Beschaltung gemäß Fig. 6 vornehmen.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Feineinstellung der Sägezahnfrequenz auf „f_{min}“ stellen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm. Er wandert periodisch von links nach rechts.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Funktionsgenerator einschalten und eine Frequenz von 100 Hz einstellen.
- Die Feineinstellung so verändern, dass die oszilloskopische Darstellung auf dem Schirm zum Standbild wird.

Der Frequenzsteller ist jetzt auf eine Frequenz von 100 Hz kalibriert.

- Den Versuch mit anderen Frequenzen wiederholen.

AUSWERTUNG

Elektrische Ablenkung des Elektronenstrahls

Der Elektronenstrahl wird in Richtung der Ablenkplatten abgelenkt.

Durch die anliegende Sägezahnfrequenz an den Ablenkplatten wandert der Leuchtpunkt periodisch von links nach rechts.

Durch Erhöhung der Sägezahnfrequenz erscheint auf dem Schirm eine horizontal verlaufende Leuchtlinie.

Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Der Elektronenstrahl wird senkrecht zum Magnetfeld abgelenkt, d.h. bei Anbringung der Spule rechts am Metallring noch oben bzw. nach unten.
- Durch Veränderung der Polarität am DC-Netzgerät wird die Richtung der Ablenkung (nach oben bzw. nach unten) geändert.
- Durch Erhöhung der Stromstärke und durchflossenen Windungszahl der Spule wird die Stärke des Magnetfeldes erhöht. Somit vergrößert sich auch die Ablenkung nach oben und unten.
- Eine Veränderung der Ausrichtung der Spule auf dem Ring hat zur Folge, dass sich die Ablenkrichtung des Strahls ändert. Bei Anbringung der Spule oben am Metallring ist die Ablenkung z.B. horizontal.

Oszilloskopische Darstellung am Beispiel der periodischen Signale eines Funktionsgenerators

- Durch Verwendung der Ablenkplatten in Verbindung mit dem Sägezahngenerator und einem wechselnden Magnetfeld an einer Spule, die mit dem Funktionsgenerator verbunden ist, lassen sich periodische Signale auf dem Schirm darstellen.
- Eine Veränderung der Frequenz am Funktionsgenerator bedarf einer Anpassung der Sägezahnfrequenz an der Röhre, um eine Darstellung gemäß Fig. 1 zu erhalten.

Kalibrierung des Frequenzstellers des Sägezahngenerators

Die Frequenz des Sägezahngenerators lässt sich durch die Verwendung des Funktionsgenerators kalibrieren. Dabei stimmen die beiden Frequenzen nahezu überein, wenn die oszilloskopische Darstellung auf dem Schirm ein Standbild ergibt.