

rator liefert Sägezahnspannungen im Frequenzbereich von 3,5 bis 650 Hz mit einer Amplitude von 100 V bezogen auf das Anodenpotential.

3. Technische Daten

Anodenspannung:	200...350 V DC
Anodenstrom:	max. 1 mA
Heizspannung:	6...12 V DC
Wehneltspannung:	-50...0 V DC
Größe d. Ablenkplatten:	12 x 20 mm ²
Plattenabstand:	14 mm
Ablenkspulen:	300 + 300 Wdg. R _i = 4,2 Ω L = 6 mH
Sägezahnspannungen:	V _{pp} = 100 V f = 3,5..650 Hz

4. Bedienung

4.0 Betriebselektronik

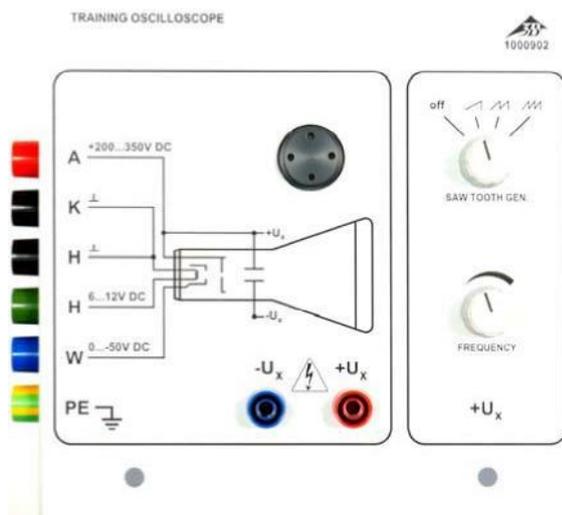


Fig. 1: Betriebselektronik.

Eingänge:	
A	Anode
K	Kathode
H	Heizung
W	Wehneltzylinder
⊥	Masse
PE	Schutzerde
Ausgänge:	
-U _x	Ablenkplatte links
+U _x	Ablenkplatte rechts
Sägezahngenerator:	einfache Frequenz doppelte Frequenz dreifache Frequenz Sägezahnfrequenz
Frequenz:	

4.1 Inbetriebnahme

Zur Stromversorgung des Lehrsoszilloskops werden Netzgeräte benötigt, die die folgenden Spannungen liefern:

- 200-350 V DC regelbar,
- 0-50 V DC regelbar, 6-12 V DC.

Hierfür eignen sich besonders die Netzgeräte 1001011 / 1001012 und 1003307 / 1003308, welche all diese Spannungen zur Verfügung stellen.

Hinweis:

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.

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

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.

4.2 Ablenkeinrichtungen

4.2.1 Elektrische Ablenkung

Über die in der Röhre befindlichen Ablenkplatten kann der Elektronenstrahl durch anlegen einer Spannung von max. 100 V horizontal abgelenkt werden. Für die meisten Anwendungen wird diese Spannung dem Sägezahngenerator entnommen. Der Strahl wandert dann von links nach rechts und springt anschließend zurück, was sich mit einer einstellbaren Frequenz wiederholt. So können periodische vertikale Ablenkungen, beispielsweise durch ein magnetisches Wechselfeld zeitlich aufgelöst sichtbar gemacht werden.

4.2.2 Magnetische Ablenkung

An dem Metallring, der den Röhrenhals umgibt werden die Spulen befestigt. Zwischen zwei benachbarten Anschlussbuchsen liegen jeweils 300

Windungen. Werden die beiden äußeren Buchsen beschaltet, so fließt der Strom durch alle 600 Windungen. Der Elektronenstrahl wird rechteckig senkrecht zu Magnetfeld und Flugrichtung abgelenkt. Wenn die Spulen nach innen weisend montiert werden, machen sich schon kleine Ströme von einigen Milliampere bemerkbar.

4.2.3 Strahljustierung

An der mittleren Röhrenhalterung ist ein Ringmagnet beweglich und über eine Schraube feststellbar angebracht. Dieser dient dazu, den Strahl bei abgeschalteter Ablenkung auf den gewünschten Punkt auf dem Leuchtschirm zu justieren.

4.3 Sägezahngenerator

Die Ausgänge des Sägezahngenerators befinden sich unter dem hinteren Befestigungspunkt der Röhre und sind mit $-U_x$ bzw. $+U_x$ beschriftet.

Eine Sägezahnspannung (häufig auch als „Rampe“ bezeichnet) ist eine zeitlich periodische veränderte Spannung, die von einem Anfangswert linear bis zu einem Endwert ansteigt bzw. abfällt und anschließend zurückspringt.

Vorsicht: Die Sägezahnspannung bezieht sich auf das Anodenpotential von +250 V.

Am oberen Regler wird der Generator eingeschaltet und die Grobeinstellung der Frequenz vorgenommen. Die Feineinstellung erfolgt am unteren Regler.

5. Versuchsbeispiele

5.1 Elektrische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Beschaltung gemäß Fig. 2 vornehmen.
- Spannungsversorgung des Lehrsilloskops abschalten.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Elektronenstrahl an den linken Rand (ca. 1 cm Abstand) des Leuchtschirms justieren.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Spannungsversorgung einschalten.

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

- Mithilfe der Feineinstellung die Frequenz ggf. so herunterregeln, dass das Wandern des Punktes klar zu verfolgen ist

5.2 Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Beschaltung gemäß Fig. 3 vornehmen.
- Eine Spule an dem Metallring befestigen.
- Anschlüsse der Spule mit dem DC-Netzgerät verbinden.
- Elektronenstrahl auf die Mitte des Leuchtschirms justieren.
- DC-Netzgerät einschalten und Spulenstrom variieren.

Der Strahl wird senkrecht zu Flug- und Magnetfeldrichtung abgelenkt.

- Polarität, Ausrichtung der Spule und durchflussene Windungszahl verändern und Auswirkungen beobachten.

5.3 Zeitliche Auflösung einer Wechselspannung

Zusätzlich benötigte Geräte:

1 Funktionsgenerator (50 Ω , wenn möglich mit Verstärker) oder AC-Netzgerät, optional: 1 Multimeter mit Frequenzmesser (Maximalspannung min. 150 V).

- Beschaltung gemäß Fig. 4 vornehmen.
- Den Anweisungen aus Versuch 5.1 folgen, Frequenz jedoch nicht herunterregeln und Grobeinstellung auf die mittlere Stufe setzen. Falls ein frequenzzählendes Multimeter vorhanden ist, dieses vor dem Einschalten der Spannungsversorgung parallel zu den Ablenkplatten an die Ausgänge des Sägezahngenerators anschließen. (Vorsicht: die Sägezahnspannung ist berührungsfählich).
- Eine Spule an dem Metallring befestigen.
- Anschlüsse der Spule mit dem Funktionsgenerator verbinden (wenn vorhanden mit dem verstärkten).
- Am Funktionsgenerator eine Frequenz zwischen 30 und 100 Hz einstellen.

Der Strahl wird während seiner Bewegung vom linken zum rechten Rand vertikal abgelenkt.

- Ggf. Ausgangsspannung erhöhen um eine größere Ablenkung zu erzielen.

Durch die schnelle Wiederholung ist die Form der Wechselspannung nur schwer erkennbar, da die Aufzeichnung in der Regel nicht an einem festen Punkt innerhalb der Periode (bei fester Phase) beginnt und sich somit viele gegeneinander verschobene Bilder überlagern. Dieses Problem tritt nicht auf, wenn die Sägezahnfrequenz mit der Frequenz des Eingangssignals aus dem Funktionsgenerator übereinstimmt.

- Mit der Feineinstellung die Frequenz suchen, bei der ein scheinbar stehendes Bild erscheint, welches eine Schwingungsperiode zeigt.

Bei welchen Sägezahnfrequenzen erscheint ebenfalls ein stehendes Bild?

5.4 Lissajous-Figuren

Zusätzlich benötigte Geräte:

1 Funktionsgenerator (50 Ω , wenn möglich mit Verstärker) und 1 AC-Netzgerät oder 2 Funktionsgeneratoren.

- Beschaltung gemäß Fig. 5 vornehmen.
- Eine Spule nach innen weisend mit horizontal ausgerichteter Achse am Metallring montieren
- Eingänge (grün, gelb) mit dem AC-Netzgerät oder dem zweiten Funktionsgenerator (eingestellt auf eine 50 Hz-Sinusspannung) verbinden. Amplitude so wählen, dass der auf dem Schirm erscheinende Strich etwa halb so lang ist, wie der Durchmesser des Schirms.
- Mit dem Ringmagnet den Strich mittig und horizontal ausrichten.
- Eine weitere Spule nach innen weisend mit vertikal ausgerichteter Achse am Metallring montieren.
- Eingänge (grün, gelb) mit dem ersten Funktionsgenerator (eingestellt auf eine 50 Hz-Sinusspannung) verbinden.

Es erscheint eine Ellipse, die sich je nachdem, wie gut die Frequenzen der Eingangssignale übereinstimmen, langsamer oder schneller verformt. Dabei wird pro Zyklus zweimal die Form einer geneigten Geraden angenommen.

- Amplitude des ersten Funktionsgenerators so anpassen, dass die Neigung der Geraden 45° beträgt und während des Übergangs ein Kreis entsteht.

Es werden bereits die einfachsten Lissajous-Figuren beobachtet. Die Formen hängen vom Verhältnis der Frequenzen und von der Phasenverschiebung ab. Durch eine geringe Abweichung von der exakten Sollfrequenz bei einem der beiden Funktionsgeneratoren (in der Regel genügt schon die Ungenauigkeit der Geräte) läuft die Phasenverschiebung automatisch durch und alle Figuren zu einem Frequenzverhältnis können nacheinander betrachtet werden.

- Frequenz des ersten Funktionsgenerators auf Vielfache der Horizontalfrequenz (50 Hz) einstellen.

Es sind die Lissajous Figuren zu den Frequenzverhältnissen 2:1, 3:1, 4:1,... zu beobachten.

Weitere Lissajous-Figuren entstehen bei gebrochenen Vielfachen der Horizontalfrequenz (z.B. 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7 Hz).

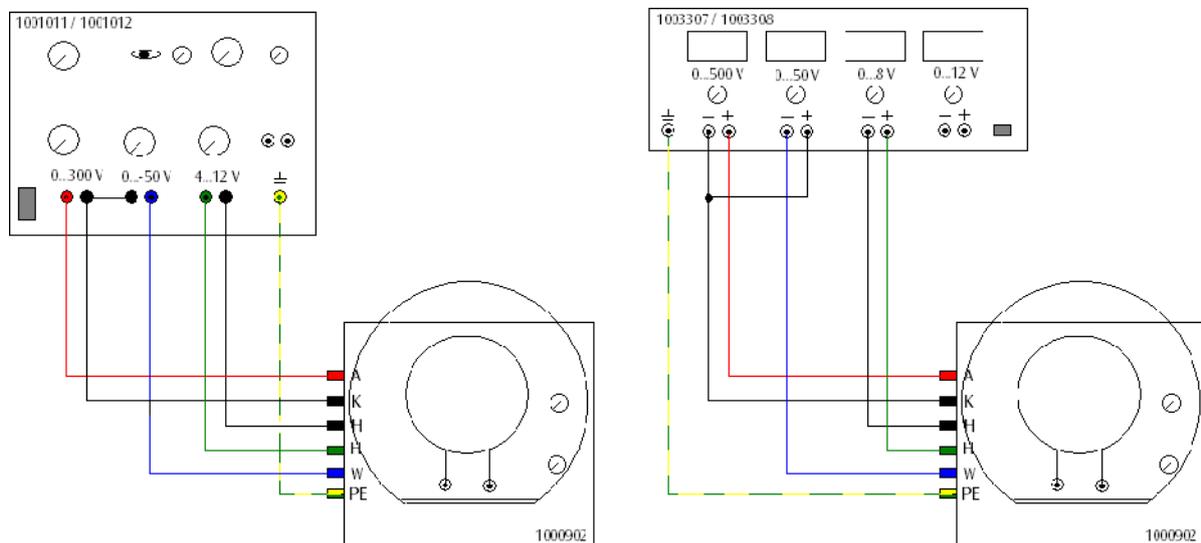


Fig.2 Elektrische Ablenkung des Elektronenstrahls (links: mit Netzgerät 1001011 / 1001012, rechts: mit Netzgerät 1003307 / 1003308).

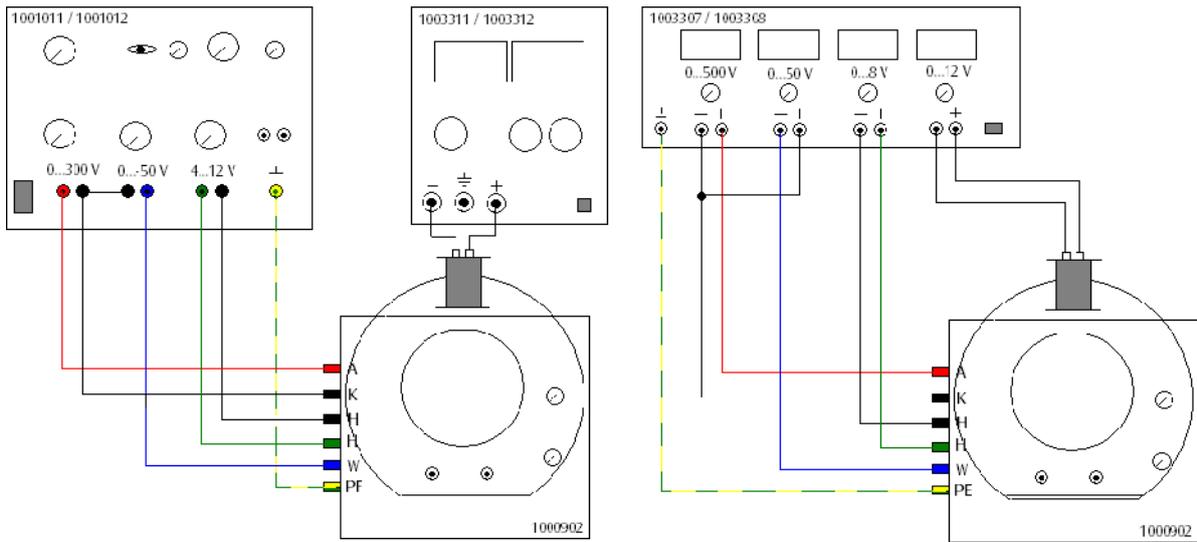


Fig.3 Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls (links: mit Netzgerät 1001011 / 1001012 und Netzgerät 1003311 / 1003312, rechts: mit Netzgerät 1003307 / 1003308).

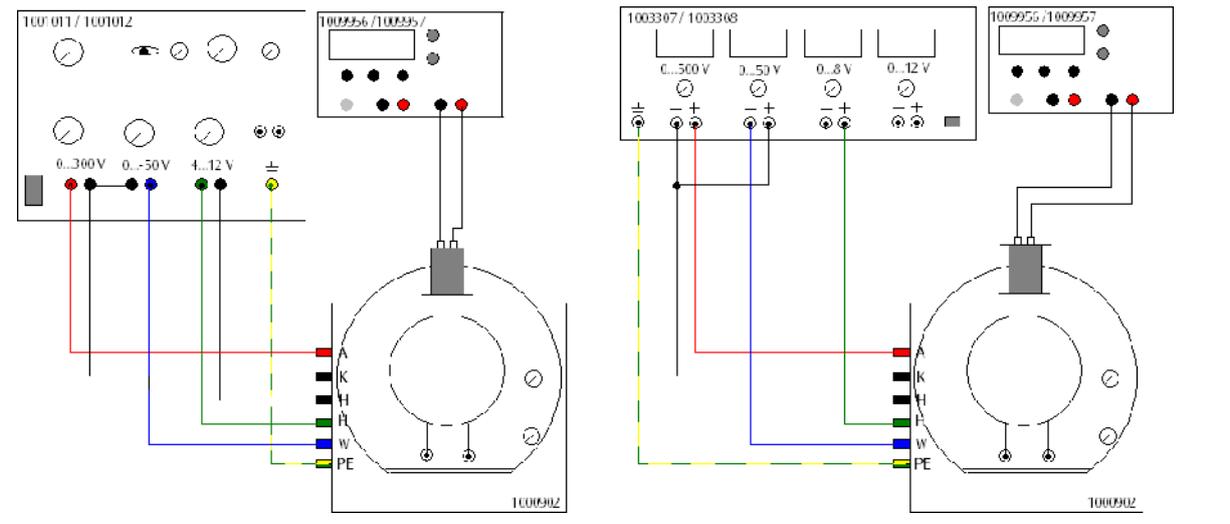


Fig.4 Zeitliche Auflösung einer Wechselspannung (links: mit Netzgerät 1001011 / 1001012 und Funktionsgenerator 1009956 / 1009957, rechts: mit Netzgerät 1003307 / 1003308 und Funktionsgenerator 1009956 / 1009957).

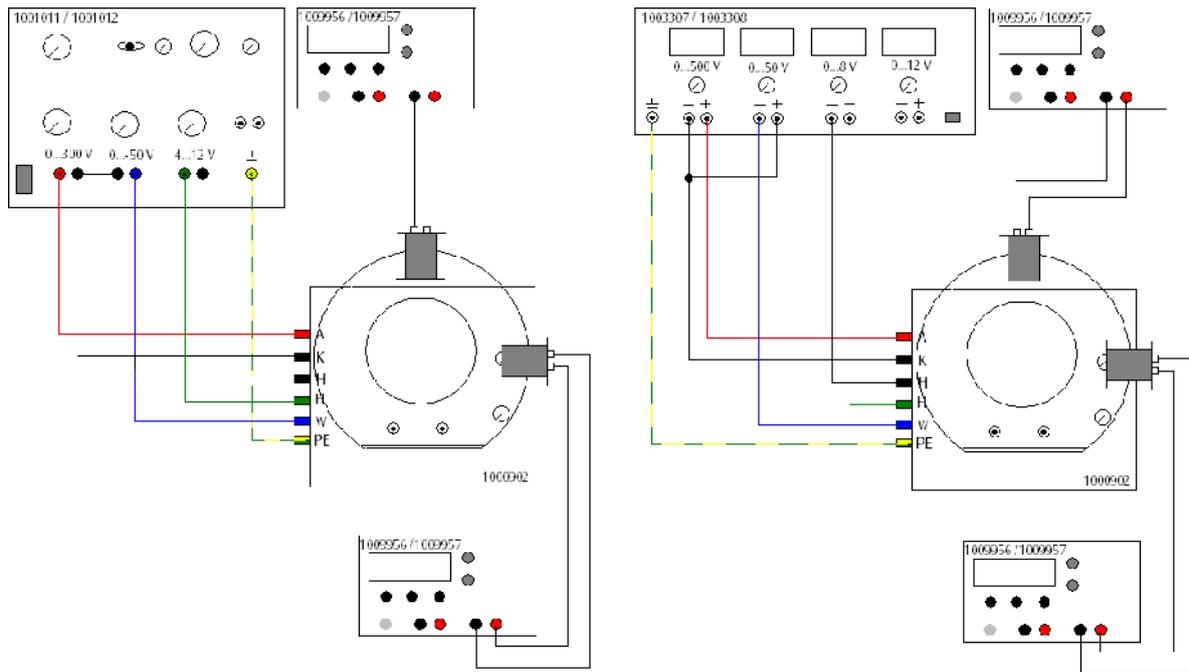


Fig.5 Erzeugung von Lissajous-Figuren (links: mit Netzgerät 1001011 / 1001012 und 2x Funktionsgenerator 1009956 / 1009957, rechts: mit Netzgerät 1003307 / 1003308 und 2x Funktionsgenerator 1009956 / 1009957).