

Schülerexperimentier-gerät

SEG

„HALBLEITER – HOCHFREQUENZ“

Teilgerät des Systems physikalischer Schülerexperimentiergeräte

Phylatex PHYSIK GERÄTE

VEB POLYTECHNIK KARL-MARX-STADT
9023 Karl-Marx-Stadt, Melanchthonstraße 4-8

ANLEITUNG

zum

Schülerexperimentiergerät

„HALBLEITER – HOCHFREQUENZ“

verfaßt von Wolfgang Brunstein
unter Mitarbeit von Josef Fischer

Prylatex PHYSIK GERÄTE

VEB POLYTECHNIK KARL-MARX-STADT
9023 Karl-Marx-Stadt, Melanchthonstraße 4-8

Schülerexperimentiergerät „Halbleiter – Hochfrequenz"

Das Gerät ermöglicht die Durchführung aller Versuche, die zu den Stoffgebieten Halbleiter- und Hochfrequenzelektronik in der Schule als Schülerexperiment oder Praktikumsversuch durchzuführen sind. Darüberhinaus können auch anspruchsvollere Schaltungen mit ihm zusammengestellt und erprobt werden.

Das SEG „Halbleiter-Hochfrequenz" gehört als Teilgerät zum Gesamtsystem der Schülerexperimentiergeräte. Mit ihm wird das in dem SEG „Elektrik" eingeführte System des Aufbaus elektrischer Schaltungen fortgeführt und erweitert. Es ist kein selbständiges Gerät, da für die Versuchsaufbauten eine Reihe von Aufbau- und Schaltelementen aus dem SEG „Elektrik" erforderlich sind.

Das SEG „Halbleiter-Hochfrequenz" besteht aus drei Teilen:

1. Grundausstattung G

   Diese dient zur Ausführung von Schülerexperimenten in gleicher Front bis zur Klasse 10.

2. Zusatzausstattung P 10

   Hier sind Teile für Praktikumsversuche in Klasse 10 zusammengestellt. Die Zusatzausstattung P 10 wird von 10-klassigen Schulen in geringerer Stückzahl als die Grundausstattung benötigt. Für das 11. und 12. Schuljahr soll sie jedoch in gleicher Stückzahl wie die Grundausstattung vorhanden sein.

3. Zusatzausstattung P 12

   Sie enthält Teile für Praktikumsversuche in den Klassen 11 und 12. Sie wird in geringerer Stückzahl als G und P 10 in der erweiterten Oberschule benötigt.

Verzeichnis der Einzelteile

1. Grundausstattung

2 Grundbretter, 5-buchsig
1 Röhrenbrett, Triode EC 92
1 Schablone (Diode)
1 Röhre EC 92
1 Germaniumdiode OA 625
1 Transistor GC 115
1 Schichtwiderstand 5,1 kOhm
1 Schichtwiderstand 10 kOhm
1 Schichtwiderstand 200 kOhm
1 HF-Spule, fest
1 Kondensator 0,1 µF
1 Kondensator 1 µF
1 Kondensator 4 µF
1 Kondensator 100 pF
1 Drehkondensator 500 pF
1 Elektrolyt-Kondensator 20 µF
10 Brückenstecker 20 mm
5 Brückenstecker 40 mm
1 Paar Kopfhörer
1 zweiadriges Verbindungskabel

2. Zusatzausstattung P 10

1 Flächengleichrichter GY 112
1 Spule 2500/500 Wdg.
2 Spulenzwischenstecker
1 HF-Spule mit Abgriff
1 HF-Spule, schwenkbar
1 Potentiometer 100 Ohm, 0,3 W
1 Potentiometer 1 kOhm, 0,3 W
1 Schichtwiderstand 1 kOhm
1 Schichtwiderstand 510 kOhm
1 Schichtwiderstand 1 Megohm
1 Kondensator 220 pF
1 Drehkondensator 500 pF

3. **Zusatzausstattung P 12**

1 Röhrenbrett, Pentode EL 83
2 Schablonen (Triode, Duodiode)
1 Röhre EL 83
1 Transistor GF 105 (ab 1968 GF 108)
1 Schichtwiderstand 2 kOhm
1 Schichtwiderstand 5,1 kOhm
1 Schichtwiderstand 24 kOhm
1 Schichtwiderstand 39 kOhm
1 Schichtwiderstand 62 kOhm
1 Schichtwiderstand 100 kOhm
1 Kondensator 4700 pF
1 Elektrolyt-Kondensator 50 µF
1 RC-Kombination 200 Ohm/20 µF
4 Brückenstecker 20 mm
4 Brückenstecker 40 mm
1 zweiadriges Verbindungskabel

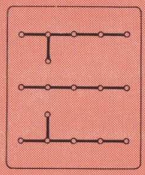
4. **Notwendige Teile aus dem SEG „Elektrik"**

6 Grundbretter, 3-buchsig
2 Lampenfassungen E10 mit Glühlampen
1 Hebelschalter
1 Hebelumschalter
1 Taste
1 Relais
1 Widerstand 50 Ohm, 5 W
1 Drehwiderstand 50 Ohm, 50 W
1 Spule 750/250 Wdg.
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Heißleiter
1 Satz Verbindungskabel
6 Brückenstecker 40 mm

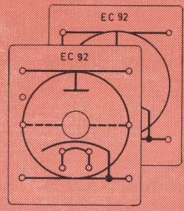
dazu:

1 Schülerstromversorgungsgerät
1 Schülervielfachmeßinstrument „Polyzet"

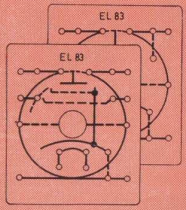
(Lieferant: Staatl. Kontor f. Unterrichtsmittel u. Schulmöbel, Leipzig)



GRUNDBRETT 5-buchsig



RÖHRENBRETT mit SCHABLONE



RÖHRENBRETT mit SCHABLONE

Beschreibung der Einzelteile

Grundbretter

Aus dem SEG „Elektrik" werden die dreibuchsigen Grundbretter verwendet. Hinzu kommen mit der Grundausstattung zwei fünfbuchsige Grundbretter, die ähnlich gebaut sind, und die Parallel- und Reihenschaltung von zwei Schaltelementen auf einem Grundbrett zulassen.

Röhrenbretter

In der Grundausstattung befindet sich ein Röhrenbrett, auf dem eine Röhre EC 92 als Triode oder als Diode benutzt werden kann. Für die Verwendung der Röhre als Diode ist eine Schablone mit dem Diodenschaltbild auf das Röhrenbrett aufzulegen und das Gitter durch einen Brückenstecker mit der Anode zu verbinden. Auf der Schablone gibt eine unterbrochene Linie an, wo der Brükkenstecker einzusetzen ist. Obwohl die Nennspannung der Röhre 250 V beträgt, liefert sie auch mit der für Schülerexperimente zulässigen Spannung von 42 V einwandfreie Versuchsergebnisse. Die Anschlüsse für die Heizspannung von 6,3 V sind doppelt vorhanden, um eine Parallelschaltung mehrerer Röhren zu ermöglichen.

Die Praktikumsaustattung P 12 enthält ein Röhrenbrett, zu dem die Pentode EL 83 gehört. Die Katode kann wahlweise mit einem Brückenstecker oder einer RC-Kombination an die untere Querleitung des Brettes angeschlossen werden. Für die Verwendung der Pentode EL 83 als Triode wird eine Schaltbildschablone geliefert. Es ist ein weiterer Brückenstecker einzusetzen, der das Gitter 2 mit der Anode verbindet.

Auf das gleiche Brett kann die Duodiode EZ 81 gesetzt werden. Nur die entsprechende Schablone wird mitgliefert. Es ist auch möglich, die EZ 81 als einfache Diode zu benutzen und die notwendige Schablone selbst zusätzlich anzufertigen.

Aufsteckteile

Alle Schaltelemente sind mit Ausnahme der RC-Kobination und der Transistoren auf Steckerbrettchen mit einem Steckerabstand von 40 mm montiert. Soweit es technisch möglich ist, sind sie mit durchsichtigen Plastkappen geschützt, auf denen die elektrischen Werte vermerkt sind.

Alle Teilsätze enthalten eine Reihe von Schichtwiderständen und Kondensatoren, deren Werte entsprechend der Versuche zweckmäßig ausgewählt sind. Die Schichtwiderstände besitzen eine Nennverlustleistung von 0,25 W.

Als veränderliche Widerstände werden mit der Zusatzaustattung P 10 zwei Potentiometer geliefert, deren Abgriff an einer kurzen flexiblen Leitung mit einem Bananenstecker liegt. So können sie leicht wahlweise als Spannungsteiler- oder Vorwiderstände eingesetzt werden.

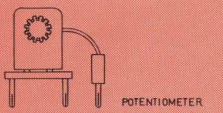
Die Spule aus dem SEG „Elektrik" und die Spule 2500/500 Wdg. können mit Hilfe der Spulenzwischenstecker auf die Grundbretter gesteckt werden. Um die Übersicht bei dieser Verwendung zu sichern, tragen die Spulen auf der Rückseite Markierungen der Windungszahlen und der Anschlüsse. Bei der Spule 2500/500 Wdg. ist der Abgriff auf der Rückseite an eine Buchse gelegt, um Dreipunktschaltungen zu ermöglichen. Der Wicklungssinn dieser Spule ist so eingerichtet, daß es möglich ist, Rückkopplungsschaltungen ohne Leitungskreuzung aufzubauen.

Zwei HF-Spulen sind feststehend, eine davon mit einer Anzapfung. Die dritte Spule (schwenkbar) ist als Rückkopplungsspule zu verwenden. Die Spulen sind für Empfängerschaltungen im Mittelwellenbereich (120 Wdg.) ausgelegt.

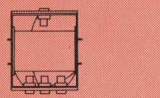
Der Germanium-Flächengleichrichter GY 112 ist mit einer Kühlfläche ausgerüstet, so daß er bis zu einer Stromstärke von 1 A belastet werden kann.



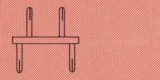
AUFSTECKTEIL mit SCHUTZKAPPE



POTENTIOMETER



SPULE 2500/500 Wdg.



SPULENZWISCHENSTECKER





TRANSISTOREN

Die Transistoren sind zwischen zwei Platten montiert und tragen auf der Ober- und Unterseite jeweils das Schaltbild und drei Stecker. So können sie zwischen zwei Grundbrettern in Emitter- oder Basisschaltung eingesetzt werden.

Zubehör

Zur Verbindung der Grundbretter dienen die Schaltelemente, Brückenstecker oder Verbindungsleitungen. Für die Heizung der Röhren sind verdrillte zweiadrige Verbindungskabel vorgesehen. Weiter gehört zum Satz ein Paar Kopfhörer, die auch die Funktion eines Mikrofons übernehmen können. Zur Stromversorgung werden das Schülerstromversorgungsgerät und als Meßinstrument das Schülervielfachmeßinstrument „Polyzet" empfohlen.

PAHL

Bemerkungen zur Arbeit mit dem Gerätesatz

Während bei der Arbeit mit dem SEG „Elektrik" eine freie Schaltungstechnik bevorzugt wird, in der die mit Schaltelementen bestückten Grundbretter durch Verbindungsleitungen miteinander verbunden werden, soll diese Schaltungstechnik in der Hochfrequenz- und Halbleitertechnik nur bei den einfachsten Versuchen beibehalten werden.

Die Grund- und Röhrenbretter sind so gestaltet, daß der Aufbau von Versuchsanordnungen in einer engeren und festeren Art möglich ist. Die Bretter werden durch Schaltelemente und Brückenstecker fest aneinandergefügt. Verbindungsleitungen werden innerhalb der Schaltungen nur selten benötigt, sie dienen meist nur dem Anschluß von Meßgeräten und Spannungsquellen. So entstehen Versuchsanordnungen, die weitgehend mit der Anordnung der Schaltelemente in den Schaltbildern übereinstimmen. Trotz dieser stärker gebundenen Schaltungtechnik kommt es zu keinem schablonenhaften Arbeiten. Es bestehen genügend Möglichkeiten, die Versuchsanordnungen verschiedenartig zu gestalten und die schöpferischen Fähigkeiten der Schüler zu entfalten.

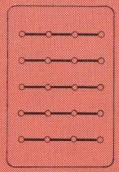
Für die Unterrichtsversuche reicht es aus, die Grund- und Röhrenbretter in einer Reihe nebeneinander anzuordnen. Es ist jedoch möglich, mehrere Reihen zu einer größeren Schaltfläche zusammenzustellen und so umfangreichere Schaltungen aufzubauen. Dazu sind dann aber im allgemeinen mehrere Gerätesätze erforderlich.

In Schülerversuchen soll die Anodenspannung von 42 V nicht überschritten werden. Die Kondensatoren besitzen zum Teil nur eine wenig größere Spannungsfestigkeit, und die Widerstände sind so ausgewählt, daß sie die bei dieser Spannung auftretenden Stromstärken zulassen. Darum sollen auch bei Versuchen, die der Lehrer ausführt, keine höheren Spannungen angelegt werden. Zur Aufnahme von Röhrenkennlinien ist es zu empfehlen, die Heizspannung auf etwa 4 V herabzusetzen.

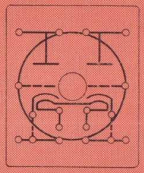
Da das Gerät den Aufbau von Schaltungen zur Erzeugung von HF-Schwingungen verschiedener Frequenzen ermöglicht, ist es im Sinne der gesetzlichen Bestimmungen als Hochfrequenzstörquelle zu betrachten. Die grundsätzliche Genehmigung für die Verwendung des Gerätes liegt vor. Bei der Benutzung des Gerätes ist darauf zu achten, daß die gesetzlichen Bestimmungen nicht verletzt werden. (Funkentstörungsordnung, Gesetzblatt der DDR I S. 498 vom 3. 4. 59 und DDR-Standard TGL 20 885, Blatt 5)

Achtung: Funkentstörungsordnung!

Gesetzblatt der DDR 1967 Teil II Nr. 28 Seite 169 vom 6. 4. 1967
und DDR-Standard TGL 20885, Blatt 5.



GRUNDBRETT für komplizierte Schaltungen



DOPPELTRIODE

Hinweise für Ergänzungen

Es ist verhältnismäßig leicht, den Gerätesatz für besondere Praktikumsversuche und den Einsatz in Arbeitsgemeinschaften durch Selbstbauteile zu erweitern.

Für weitere Schaltelemente kann man Steckkörper aus Pertinax fertigen, in die Stifte von Bananensteckern geschraubt werden.

Für komplizierte Schaltungen sind Grundbretter mit fünf Reihen von je fünf miteinander verbundenen Buchsen zu empfehlen. Auch ein Röhrenbrett für eine Doppeltriode ist zweckmäßig.

Weiterhin ist es möglich, das System durch Komplexbausteine zu vervollständigen, indem man im Format der Grund- oder Röhrenbretter transistor- oder röhrenbestückte Bausteine aufbaut, bei denen die Schaltelemente unter den Brettern fest eingelötet werden, z. B. Verstärker, Tongenerator, Kippgenerator, Multivibrator usw. Die Bretter kann man aus Plastmaterial in U-Form biegen, oder es werden ebene Platten an den Ecken mit Füßen versehen, so daß die Höhe mit den Grund- und Röhrenbrettern übereinstimmt.

Hinweise zu den Versuchsanleitungen

Anschließend zeigen einige ausgewählte Versuchsbeschreibungen die Aufbaumöglichkeiten für die wichtigsten Versuche, die als Schülerexperimente oder als Praktikumsaufgaben durchgeführt werden können. Damit sind die Versuchsmöglichkeiten, die der Gerätesatz bietet, bei weitem nicht erschöpft.

Da dieses Anleitungsheft zur Orientierung für den Lehrer dienen soll, beschränken sich die Beschreibungen auf das Aufbauschema, die Geräteliste und knappe Hinweise zur Versuchsdurchführung.

Hinter der Überschrift der einzelnen Versuche ist durch Kurzzeichen angegeben, aus welchen Gerätesätzen Teile erforderlich sind, z. B. SEG „Elektrik" (E), Teilsätze des SEG „Halbleiter-Hochfrequenz" (G, P 10, P 12)

In der Geräteliste sind die notwendigen Brückenstecker, Verbindungsleitungen und Zwischenstecker für die Spulen nicht aufgeführt. In einer Reihe von Versuchsanordnungen werden mehrere Meßinstrumente benötigt, so daß es empfehlenswert ist, zu jedem Satz noch ein zweites Schülermeßinstrument anzuschaffen. Der Gebrauch als Volt- oder Amperemeter wird jeweils durch den mit dem Meßinstrument angegebenen Meßbereich ersichtlich.

Zu den Versuchsanordnungen werden im allgemeinen die prinzipiellen Schaltungen gegeben, die das Grundsätzliche der Funktionsweise der Schaltung zeigen. Auf technische Exaktheit, z. B. Stabilisierung der Transistoren, genaue Einstellung der Arbeitspunkte und ähnliches, wird aus methodischen Gründen verzichtet, um das Wesentliche hervorzuheben.

Die zeichnerische Darstellung ist halbschematisch und entspricht nicht in allen Einzelheiten den Normen für elektrische Schaltbilder. Auf den Grund- und Röhrenbrettern der abgebildeten Versuchsschaltungen sind alle Buchsen, die durch Stecker besetzt sind, durch einen ausgefüllten Kreis kenntlich gemacht. Dagegen fehlen die Kreise an Abzweigpunkten, die in der Verdrahtung der Bretter liegen.

Die Größe der Schaltelemente ist in der Zeichnung angegeben. Neben den Symbolen der Meßgeräte findet man die Meßbereiche, die am „Polyzet" zu wählen sind.

VERZEICHNIS DER VERSUCHE

1. Wirkungsweise von Elektronenröhren

1.1 Nachweis des glühelektrischen Effektes
1.2 Einweggleichrichtung mit Röhrendiode und Wirkung der Siebkette
1.3 Einweggleichrichtung mit Röhrendiode
1.4 Zweiweggleichrichtung mit Röhrendiode
1.5 Wirkungsweise und I_a-U_g-Kennlinie der Triode
1.6 Verstärkerwirkung der Triode

2. Wirkungsweise von Halbleiterbauelementen

2.1 Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstandes
2.2 Temperaturabhängigkeit eines metallischen Leiters
2.3 Wirkungsweise von Halbleitergleichrichtern
2.4 Einweggleichrichtung mit Ge-Flächengleichrichter
2.5 Kennlinien des Transistors in Basisschaltung
2.6 Kennlinien des Transistors in Emitterschaltung

3. Erzeugung elektrischer Schwingungen

3.1 Laden und Entladen eines Kondensators
3.2 Bestimmung des kapazitiven Widerstandes und der Kapazität
3.3 Resonanz im Reihenschwingkreis
3.4 Resonanz im Parallelschwingkreis –Thomsonsche Schwingungsgleichung
3.5 Erzeugung gedämpfter elektrischer Schwingungen
3.6 Meißnersche Rückkopplungsschaltung für eine Tonfrequenz mit einer Triode
3.7 Dreipunktschaltung für eine Tonfrequenz mit Triode
3.8 Rückkopplungsschaltung mit Transistor
3.9 Dreipunktschaltung mit Transistor
3.10 Erzeugung von hochfreqenten Schwingungen

4. Empfang Hertzscher Wellen

4.1 Diodenempfänger
4.2 Diodenempfänger mit Röhrenverstärker
4.3 Diodenempfänger mit Transistorverstärker
4.4 Audionempfänger (Röhrenschaltung)
4.5. Verstärkerstufe zum Audion – R-C-Kopplung
4.6 Verstärkerstufe zum Audion – NF-Übertrager
4.7 Transistoraudion
4.8 Verstärkerstufe zum Transistoraudion

V E R S U C H E

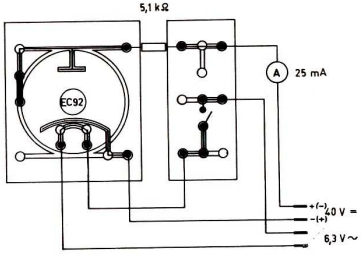
1. Wirkungsweise von Elektronenröhren

1.1 Nachweis des glühelektrischen Effektes (E, G)

1 Röhrenbrett EC 92 mit Diodenschablone
1 Röhre EC 92
1 Grundbrett (3-buchsig)
1 Hebelschalter
1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
1 Meßinstrument (25 mA)
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V=)

Bei eingeschalteter Anodenspannug wird der Heizstrom ein- und ausgeschaltet. Der Anodenstrom ändert sich mit der Temperatur der Katode.

Durch Umpolen der Anodenspannung wird nachgewiesen, daß nur die Katode Elektronen emittiert.

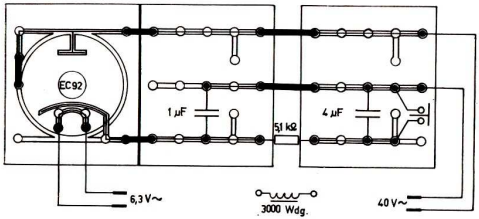


1.2 Einweggleichrichtung mit Röhrendiode und Wirkung der Siebkette ⟨G, E, (P 10)⟩

1 Röhrenbrett EC 92 mit Diodenschablone
1 Röhre EC 92
2 Grundbretter (5-buchsig)
1 Kondensator (1 µF)
1 Kondensator (4 µF)
1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V~)

Der Aufbau erfolgt stufenweise, zunächst ohne die Siebkette, dann mit einem Glättungskondensator und schließlich mit vollständiger Siebkette. Hier kann wahlweise ein Widerstand oder

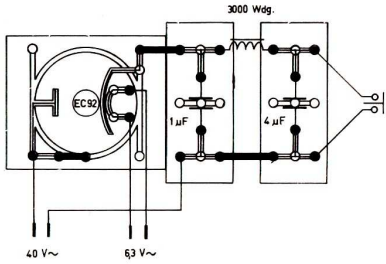
eine Drossel eingesetzt werden. Die Beobachtung erfolgt durch die Tonänderung im Kopfhörer. Zum Nachweis der Gleichrichtung ist ein Drehspulmeßgerät geeignet. („Polyzet" mit ausgeschaltetem Gleichrichter)



1.3 Einweggleichrichtung mit Röhrendiode (E, G, P 10)

1 Röhrenbrett EC 92 mit Diodenschablone
1 Röhre EC 92
2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Kondensator (1 µF)
1 Kondensator (4 µF)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V~)

Der Versuchsaufbau entspricht voll 1.2 und soll zeigen, wie es mit dem Gerätesatz möglich ist, die gleiche Schaltung in verschiedener Weise aufzubauen.

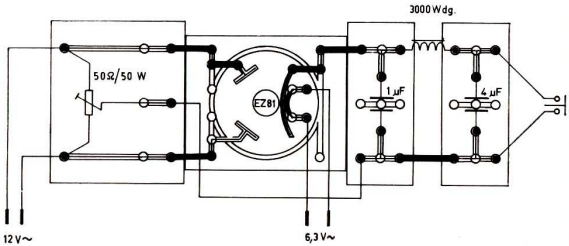


1.4 Zweiweggleichrichtung mit Röhrendiode (E, G, P 10, P 12)

- 1 Röhrenbrett EL 83 mit Duodiodenschablone
- 1 Röhre EZ 81
- 2 Grundbretter (3-buchsig)
- 1 Kondensator (1 µF)
- 1 Kondensator (4 µF)
- 1 Drehwiderstand (50 Ohm, 50 W)
- 1 Spule (3000 Wdg.)
- 1 U-Kern
- 1 Kopfhörer
- 1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 12 V~)

Die Versuchsdurchführung wie bei 1.1. Die Unterbrechung einer Anodenleitung läßt den Unterschied der Einweg- und Zweiweggleichrichtung durch einen Summton mit 50Hz bzw. 100Hz hörbar werden.

Der I-Kern soll zwecks besserer Wiedergabe des Summtones nicht verwendet werden. Der bewegliche Abgriff des Drehwiderstandes ist auf etwa 25 Ohm (Mitte) einzustellen.



1.5 Wirkungsweise und I_a-U_g Kennlinie der Triode (E, G)

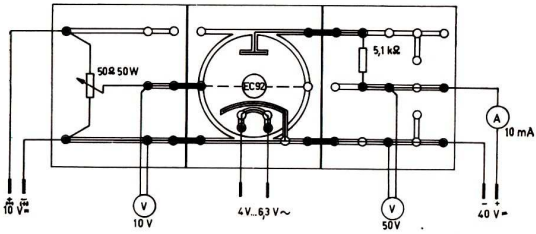
1 Röhrenbrett EC 92 oder EL 83 mit Triodenschablone (P 12)
1 Röhre EC 92 oder EL 83
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
3 Meßinstrumente (10 mA, 10 V, 50 V)
1 Drehwiderstand (50 Ohm, 50 W)
1 Stromversorgungsgerät (4V...6,3V~, 10V=, 40V=)

Die Wirkung des Gitters in der Triode kann zunächst qualitativ durch Anlegen einer positiven oder negativen Gitterspannung nachgewiesen werden.

Um die Zusammenhänge quantitativ in der I_a-U_g-Kennlinie zu erfassen, empfiehlt es sich, die Heizspannung der Röhre auf 4 V herabzusetzen, damit bei der kleinen Anodenspannung durch geringere Elektronen-Emission auch der obere Knick der Kennlinie erreicht wird.

Kennlinie der EL 83 bei $U_a = 40$ V=

U_g / V		I_a / mA
− 3,0	+ 0,5	0	8,5
− 2,0	+ 1,0	0,1	9,0
− 1,5	+ 1,5	0,5	9,4
− 1,0	+ 2,0	1,9	9,45
− 0,5	+ 2,5	4,0	9,48
0	+ 3,0	5,9	9,5

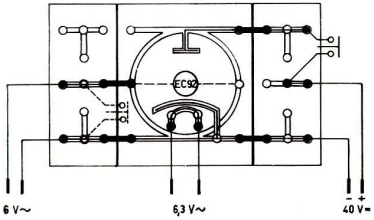


1.6 Verstärkerwirkung der Triode (E, G)

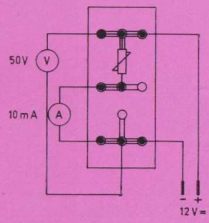
1 Röhrenbrett EC 92
1 Röhre EC 92
2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3V~, 40V=, 6V~)

Zunächst wird der Kopfhörer direkt an eine Wechselspannung von 6 V gelegt. Es ist nur ein leises Brummen zu hören. Dann wird er nach dem Schaltbild in den Anodenstromkreis der Röhre gelegt. Durch die Verstärkung der am Gitter liegenden Wechselspannung ergibt sich ein lautes Brummen im Kopfhörer.

Es ist auch möglich, ein zweites Kopfhörerpaar als Mikrofon an Gitter und Katode anzuschließen.



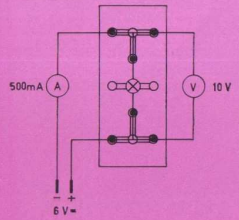
2. Wirkungsweise von Halbleiterbauelementen



2.1 Temperaturabhängigkeit eines Halbleiter-Widerstandes (E, G)

1 Grundbrett (3-buchsig)
1 Heißleiterwiderstand
2 Meßinstrumente (10 mA, 50 V)
1 Stromversorgungsgerät (12 V=)

Durch das Anfassen des Heißleiters mit den Fingern kommt es schon zu einer Verringerung des Widerstandes und einem Anwachsen der Stromstärke. Noch besser ist der Vorgang zu beobachten, wenn man ein brennendes Streichholz in unmittelbare Nähe des Heißleiters bringt.



2.2. Temperaturabhängigkeit eines metallischen Leiters (E, G)

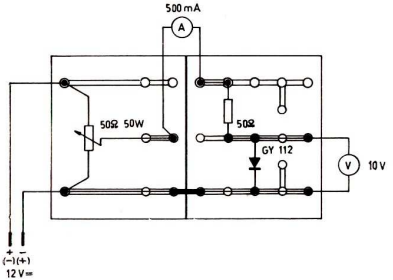
1 Grundbrett (3-buchsig)
1 Glühlampe (6 V, 0,5 A)
1 Lampenfassung E 10
2 Meßinstrumente (500 mA, 10 V)
1 Stromversorgungsgerät (6 V=)

Die Spannung wird stufenweise von 1 V bis 6 V erhöht. Man mißt jeweils Spannung und Stromstärke und errechnet daraus den Widerstand, der mit steigender Temperatur wächst.

2.3 Wirkungsweise von Halbleitergleichrichtern (E, G, ⟨P 10⟩)

1 Ge-Gleichrichter OA 625
1 Ge-Flächengleichrichter GY 112
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Schichtwiderstand (1 kOhm)
1 Widerstand (50 Ohm)
1 Drehwiderstand (50 Ohm, 50 W)
2 Meßinstrumente (10 V, 1 mA, 25 mA oder 500 mA)
1 Stromversorgungsgerät (12 V=)

Mit dieser Schaltung kann die Wirkungsweise von Ge-Dioden und Ge-Flächengleichrichtern untersucht werden. Vor dem Gleichrichter liegt ein Schutzwiderstand (1 kOhm für OA 625 oder 50 Ohm für GY 112), der so bemessen ist, so daß die für den Gleichrichtertyp zulässige Höchststromstärke nicht überschritten wird. Der Meßbereich des Amperemeters ist bei Polung in Sperrichtung 1 mA, in Durchlaßrichtung 25 mA für die Diode OA 625 oder 500 mA für den Flächengleichrichter GY 112 zu wählen.

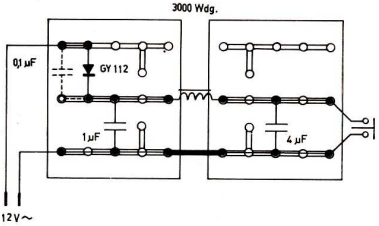


2.4 Einweggleichrichtung mit Ge-Flächengleichrichter (E, G, P 10)

2 Grundbretter (5-buchsig)	1 U-Kern
1 Ge-Gleichrichter GY 112	1 I-Kern
1 Kondensator (1 µF)	1 Kopfhörer
1 Kondensator (4 µF)	1 Stromversorgungsgerät (12 V⎓)
1 Spule (3000 Wdg.)	

Versuchsdurchführung nach 1.2.

Die Glättung des Gleichstromes kann wesentlich verbessert werden, wenn man als Sieb- und Ladekondensator die Elektrolytkondensatoren (20 µF) und (50 µF) einsetzt. Beim Betrieb von Empfängerschaltungen mit dieser Gleichrichterschaltung kann zur Beseitigung des Netzbrummens parallel zum Gleichrichter ein Kondensator von (0,1 µF) geschaltet werden, damit das Netz für die Hochfrequenz kurzgeschlossen wird und nicht als Antenne wirken kann.



2.5 Kennlinien des Transistors in Basisschaltung (E, G, P 10)

4 Grundbretter (3-buchsig)	1 Potentiometer (100 Ohm)
1 Transistor GC 115	1 Potentiometer (1 kOhm)
1 Schichtwiderstand (1 kOhm)	6 Meßinstrumente (1 V, 2 x 10 V, 3 x 1 mA)
1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)	1 Stromversorgungsgerät (9 V⎓)

Einzelne Teiluntersuchungen der funktionalen Zusammenhänge am Transistor können mit weniger Meßgeräten vorgenommen werden.

Folgende qualitativen Teiluntersuchungen sind anzustellen:

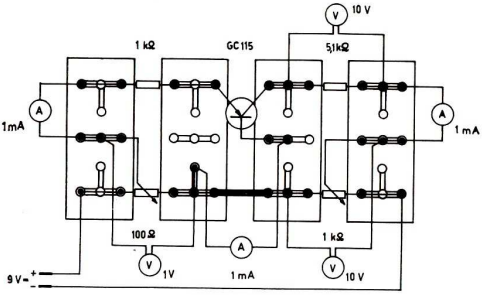
a) Kollektorkreis ist in Sperrichtung gepolt. Liegt nur die Kollektorspannung an, so fließt kein Strom.

b) Emitterkreis ist in Durchlaßrichtung gepolt. Liegt nur die Emitterspannung an, so fließt ein Emitter-Basisstrom.

c) Liegen Emitter- und Kollektorspannung an, so fließt ein größerer Strom vom Emitter zum Kollektor und ein kleinerer vom Emitter zur Basis.

d) Nachweis der Spannungsverstärkung erfolgt dadurch, daß eine kleine Änderung der Emitterspannung eine größere Änderung der Spannung über dem Arbeitswiderstand von 5,1 kOhm zur Folge hat.

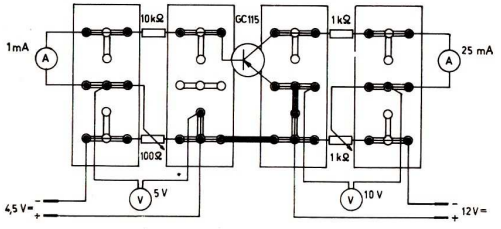
Zur Aufnahme eines Kennlinienfeldes können bei verschiedener Kollektorspannung Meßreihen mit veränderlicher Emitterspannung aufgenommen werden.

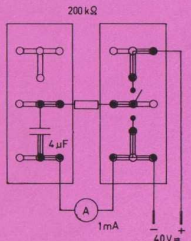


2.6 Kennlinien des Transistors in Emitterschaltung (E, G, P 10)

4 Grundbretter (3-buchsig)
1 Transistor GC 115
1 Schichtwiderstand (1 kOhm)
1 Schichtwiderstand (10 kOhm)
1 Potentiometer (100 Ohm)
1 Potentiometer (1 kOhm)
4 Meßinstrumente (5 V, 10 V, 1 mA, 25 mA)
1 Stromversorgungsgerät (12 V⎓, 4,5 V⎓)

Versuchsdurchführung erfolgt analog zu 2.5. Qualitativer Nachweis der Stromverstärkung erfolgt, indem eine kleine Änderung des Basisstromes eine größere Änderung des Kollektorstromes zur Folge hat.



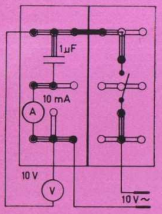


3. Erzeugung elektrischer Schwingungen

3.1 Laden und Entladen eines Kondensators (E, G)

2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Kondensator (1 µF)
1 Kondensator (4 µF)
1 Schichtwiderstand (200 kOhm)
1 Hebelumschalter
1 Meßinstrument (1 mA)
1 Stromversorgungsgerät (40 V=)

Zum Laden wird der Kondensator über den Umschalter an die Spannungsquelle angeschlossen. Durch den Widerstand von 200 kOhm erfolgt die Ladung langsam.
Zum Entladen wird der Hebelschalter umgeschaltet. Bei Verwendung des Meßinstrumentes „Polyzet" ist keine Umpolung des Gerätes erforderlich.



3.2 Bestimmung des kapazitiven Widerstandes und der Kapazität eines Kondensators (E, G)

2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Kondensator (1 µF)
1 Hebelschalter
2 Meßinstrumente (10 V, 10 mA)
1 Stromversorgungsgerät (10 V~)

Der kapazitive Widerstand wird aus der Stromstärke- und Spannungsmessung berechnet:

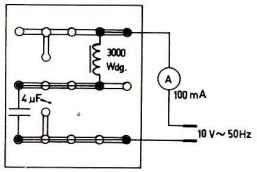
$$X_c \approx \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$$

Daraus ergibt sich die Kapazität:

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c}$$

3.3 Resonanz im Reihenschwingkreis (E, G, P 10)

1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Kondensator (4 µF)
1 Meßinstrument (100 mA)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Stromversorgungsgerät (10 V~)



Resonanz zur angelegten Wechselspannung liegt vor, wenn die Stromstärke ein Maximum erreicht. Dieser Punkt wird durch Verschieben des I-Kernes, also durch Änderung der Induktivität, eingestellt.

3.4 Resonanz im Parallelschwingkreis – Thomsonsche Schwingungsgleichung (E, G, P 10)

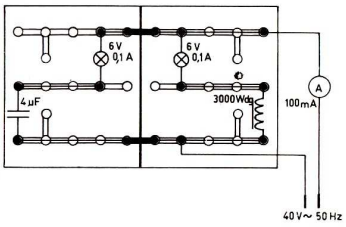
2 Grundbretter (5-buchsig)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
2 Glühlampenfassungen
2 Glühlampen (6 V, 0,1 A)
1 Kondensator (4 µF)
1 Meßinstrument (100 mA)
1 Stromversorgungsgerät (40 V~)

Durch Verschieben des I-Kernes wird Resonanz mit dem Minimum der Stromstärke eingestellt. Dabei leuchten beide Glühlampen gleich hell und weisen dadurch nach, daß im Resonanzfall der induktive und kapazitive Widerstand gleich groß sind. Daraus ergibt sich die Thomsonsche Schwingungsgleichung:

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

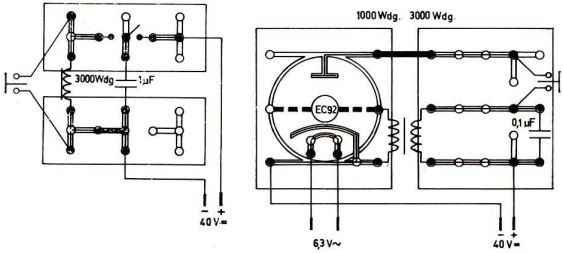
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$



3.5 Erzeugung gedämpfter elektrischer Schwingungen (E, G, P 10)

2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Kondensator (1 µF)
1 Kondensator (4 µF)
1 Hebelumschalter
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (40 V⎓)

Durch Betätigung des Umschalters kann der Kondensator geladen und dann der Schwingkreis geschlossen werden. Die kurzzeitig entstehende gedämpfte Schwingung ergibt einen Ton. Eine Veränderung der Induktivität und der Kapazität durch Verschieben des I-Kerns bzw. durch Auswechseln des Kondensators führt zu unterschiedlichen Frequenzen und damit zu verschiedener Tonhöhe.



3.6 Meißnersche Rückkopplungsschaltung für eine Tonfrequenz mit einer Triode (E, G, P 10)

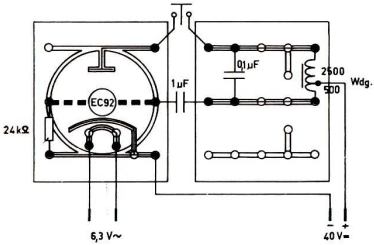
1 Röhrenbrett EC 92
1 Röhre EC 92
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Spule (1000 Wdg.)
1 Kondensator (0,1 µF)
1 Kondensator (1 µF)
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V⎓)

Die Frequenz der entstehenden ungedämpften Schwingung ist durch Verschieben des I-Kerns oder Auswechseln des Kondensators zu verändern.

3.7 Dreipunktschaltung für eine Tonfrequenz mit Triode (E, G, P 10, P 12)

1 Röhrenbrett EC 92
1 Röhre EC 92
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Spule (2500/500 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Kondensator (1 µF)
1 Kondensator (0,1 µF)
1 Kondensator (4,7 nF)
1 Schichtwiderstand (24 kOhm)
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V=)

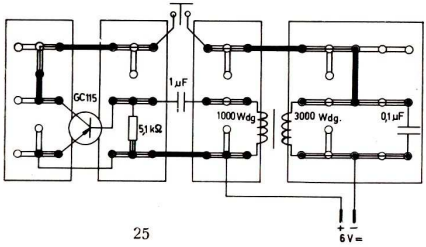
Versuchsdurchführung entspricht 3.6. Bei höheren Frequenzen ist der Kondensator 0,1 µF kleiner zu wählen.



3.8 Rückkopplungsschaltung mit Transistor (E, G, P 10)

3 Grundbretter (3-buchsig)
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Transistor GC 115
1 Spule (1000 Wdg.)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
1 Kondensator (0,1 µF)
1 Kondensator (4,7 nF)
1 Kondensator (1 µF)
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6 V=)

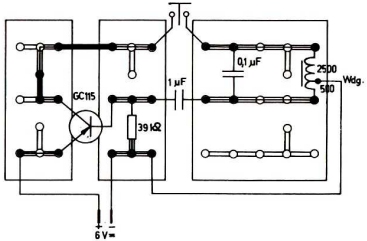
Versuchsdurchführung entspricht 3.6.



3.9 Dreipunktschaltung mit Transistor
(E, G, P 10, P 12)

2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Transistor GC 115
1 Spule (2500/500 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Kondensator (0,1 µF)
1 Kondensator (4,7 nF)
1 Kondensator (1 µF)
1 Schichtwiderstand (39 kOhm)
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6 V=)

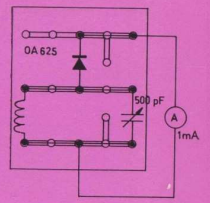
Versuchsdurchführung entspricht 3.8.



3.10 Erzeugung von hochfrequenten Schwingungen
(E, G, P 10, P 12)

Nach den Schaltbildern zu 3.6 bis 3.9 können auch HF-Generatoren mit Frequenzen im Mittelwellenbereich des Rundfunks aufgebaut werden. An Stelle der Spulen mit Eisenkernen sind die HF-Spulen zu verwenden. In den Schaltungen mit Transistor ist der GF 105 einzusetzen. Als Schwingkreiskondensator wird ein Drehkondensator (500 pF) benötigt. In den Dreipunktschaltungen wird ein Gitterkondensator von 100 pF gewählt und ein Gitter- bzw. Basiswiderstand von 39 kOhm. Der Kopfhörer wird durch einen Widerstand von 1 kOhm ersetzt. In der Rückkopplungsschaltung mit Transistor GF 105 muß ein Gitter-Kondensator von 4,7 nF verwendet werden.

Der Nachweis der HF-Schwingungen ist durch einen in die Nähe gestellten Rundfunkempfänger möglich. Es kann aber auch nebenstehende Schaltung mit Resonanzschwingkreis, Ge-Diode und Meßgerät zum Nachweis der HF-Schwingungen benutzt werden.



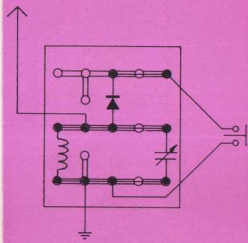
Dazu gehören folgende Teile:

1 Grundbrett (5-buchsig)
1 HF-Spule
1 Drehkondensator (500 pF)
1 Ge-Diode OA 625
1 Meßinstrument (ca. 1 mA)

Bei diesen Versuchen sind die gesetzlichen Bestimmungen über Funkentstörung zu beachten.

4. Empfang Hertzscher Wellen

4.1 Diodenempfänger (G)



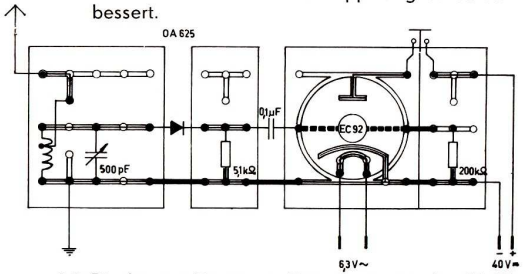
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 HF-Spule
1 Drehkondensator (500 pF)
1 Ge-Diode OA 625
1 Kopfhörer

Mit Hochantenne und guter Erdung sind starke Sender bis zu einer Entfernung von etwa 50 km noch leise zu empfangen. Die Trennschärfe ist schlecht.

4.2 Diodenempfänger mit Röhrenverstärker (E, G)

- 2 Grundbretter (3-buchsig)
- 1 Grundbrett (5-buchsig)
- 1 Röhrenbrett EC 92
- 1 Röhre EC 92
- 1 HF-Spule
- 1 Drehkondensator (500 pF)
- 1 Ge-Diode OA 625
- 1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
- 1 Schichtwiderstand (200 kOhm)
- 1 Kondensator (0,1 µF)
- 1 Kopfhörer
- 1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V=)

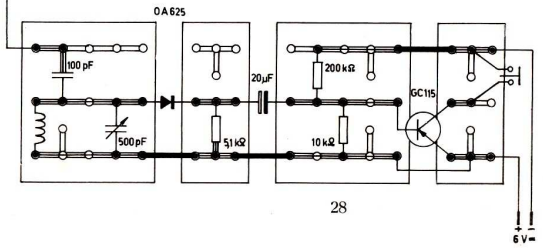
Empfangsmöglichkeiten wie bei 4.1. Die Verstärkung ergibt aber größere Lautstärke. Trennschärfe durch Antennenankoppelung etwas verbessert.



4.3 Diodenempfänger mit Transistorverstärker (E, G)

- 2 Grundbretter (3-buchsig)
- 2 Grundbretter (5-buchsig)
- 1 HF-Spule
- 1 Drehkondensator (500 pF)
- 1 Kondensator (100 pF)
- 1 Ge-Diode OA 625
- 1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
- 1 Elektrolyt-Kondensator (20 µF)
- 1 Schichtwiderstand (10 kOhm)
- 1 Schichtwiderstand (200 kOhm)
- 1 Transistor GC 115
- 1 Kopfhörer
- 1 Stromversorgungsgerät (6 V . . . 9 V=)

Versuchsmöglichkeiten wie in 4.2. Die Lautstärke ist geringer.



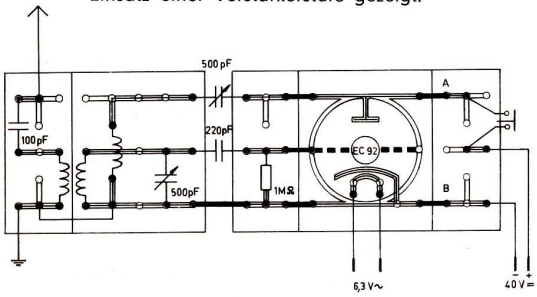
4.4 Audionempfänger (Röhrenschaltung) (E, G, P 10)

3 Grundbretter (3-buchsig)
1 Grundbrett (5-buchsig)
1 Röhrenbrett EC 92
1 Röhre EC 92
1 Kondensator (100 pF)
1 Kondensator (220 pF)
2 Drehkondensatoren (500 pF)
3 HF-Spulen
1 Schichtwiderstand (1 Megohm)
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V=)

Mit Zimmerantenne und guter Erdung ist auch der Empfang schwächerer Sender noch möglich. Der induktiv gekoppelte Antennenkreis kann fortgelassen, und Antenne und Erde können direkt an den Abstimmkreis angeschlossen werden. Dadurch wird die Trennschärfe aber wesentlich schlechter.

Beim Aufbau arbeitet man zweckmäßig zunächst ohne Rückkopplung und baut diese erst nachträglich ein, um ihre Wirkung deutlich werden zu lassen.

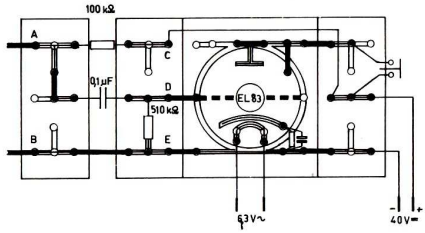
In 4.5 und 4.6 werden Möglichkeiten für den Einsatz einer Verstärkerstufe gezeigt.



4.5 Verstärkerstufe zum Audion –
R-C-Kopplung (E, G, P 10, P 12)

2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Röhrenbrett EL 83 mit Triodenschablone
1 Röhre EL 83
1 RC-Kombination
1 Schichtwiderstand (100 kOhm)
1 Schichtwiderstand (510 kOhm)
1 Kondensator (0,1 µF)
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V=)

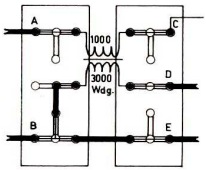
Die Audionschaltung nach 4.4 ist durch eine Verstärkerstufe zu ergänzen. An Stelle des Kopfhörers kann ein hochohmiger Lautsprecher eingesetzt werden. Es ergibt sich Empfang mit Zimmerlautstärke. Falls nur P 10 vorhanden ist, kann für die EL 83 eine zweite EC 92 benutzt werden. Es ist auch möglich, die EL 83 als Pentode zu schalten.



4.6 Verstärkerstufe zum Audion –
NF-Übertrager (E, G, P 10, P 12)

2 Grundbretter (3-buchsig)
1 Röhrenbrett EL 83 mit Triodenschablone
1 Röhre EL 83
1 RC-Kombination
1 Spule (1000 Wdg.)
1 Spule (3000 Wdg.)
1 U-Kern
1 I-Kern
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6,3 V~, 40 V=)

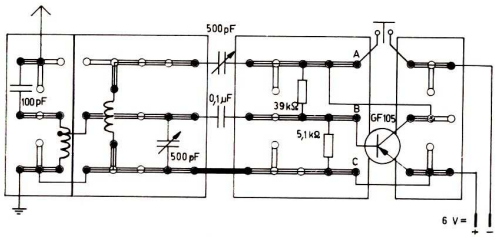
Versuchsdurchführung wie in 4.5. Die Kopplung mit NF-Übertrager liefert schlechtere Klangqualität infolge der schlechteren Übertragung der höheren Frequenzen.



4.7 Transistoraudion (E, G, P 10, P 12)

2 Grundbretter (3-buchsig)
2 Grundbretter (5-buchsig)
1 Kondensator (100 pF)
1 Kondensator (0,1 µF)
2 Drehkondensatoren (500 pF)
2 HF-Spulen
1 Schichtwiderstand (39 kOhm)
1 Schichtwiderstand (5,1 kOhm)
1 Transistor GF 105
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (6 V=)

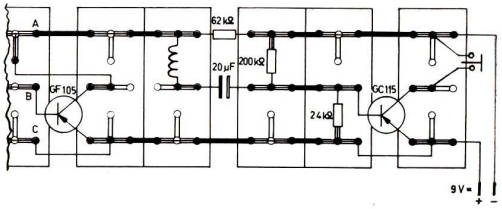
Der Aufbau der Schaltung ist etwas kritisch. Infolge der Exemplarstreuung der Transistoren kann es erforderlich sein, den Basisspannungsteiler mit veränderten Widerstandsgrößen aufzubauen. Die Arbeitsweise der Schaltung als Audion ist am Einsetzen des Rückkopplungspfeifens zu erkennen. Die Funktion der Audionschaltung ist auch von der angelegten Spannung abhängig.



4.8 Verstärkerstufe zum Transistoraudion (G, E, P 10, P 12)

5 Grundbretter (3-buchsig)
1 HF-Spule
1 Schichtwiderstand (62 kOhm)
1 Schichtwiderstand (200 kOhm)
1 Schichtwiderstand (24 kOhm)
1 Elektrolyt-Kondensator (20 µF)
1 Transistor GC 115
1 Kopfhörer
1 Stromversorgungsgerät (9 V=)

Durch die Ankopplung einer Verstärkerstufe ist eine größere Lautstärke zu erzielen. Die HF-Spule dient in der Schaltung als HF-Drossel.



Phylatex
PHYSIK — GERÄTE

VEB POLYTECHNIK KARL-MARX-STADT
9023 Karl-Marx-Stadt, Melanchthonstraße 4-8

(138) Buchdruckerei H. Wende, Dimitroffstr. 48 *Bw 118 67 5,6*