

stehen und die Rechteckwellenmodulation folgenden Forderungen genügen:

a) Die Anstiegs- oder Abfallzeit der Anstiegskante von 10 auf 90% soll nicht größer als ein Fünftel der des Empfängers sein;

b) das Tastverhältnis soll etwa 1:1 sein;

c) die Impulsfrequenz soll möglichst gleich der zweifachen Zeilenfrequenz sein (synchronisiert mit der Zeilenfrequenz);

d) Impulsform: Dach und Grundlinie der Rechteckwelle sollen innerhalb 1% horizontal verlaufen.

Signal-Rauschverhältnis

Definition

Das Signal-Rauschverhältnis ist das Verhältnis zwischen dem Schwarz-Weiß-Spannungssprung an den Bildrohren Elektroden, von Spitze zu Spitze gemessen, entsprechend dem Normalbild und dem Effektivwert der Rauschspannung an den Bildrohren Elektroden, der bei 50% Bildmodulation auftritt.

Meßmethode

An die Eingangsklemmen des Empfängers wird ein HF-Signal gelegt, das den Schwarzpegel, den Weißpegel und den mittleren Graupegel enthält. Hierzu kann ein Bildmustergenerator oder ein ent-

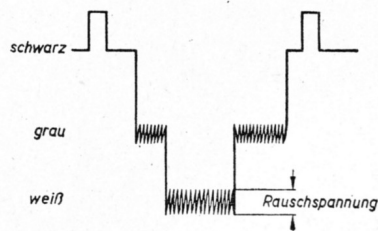


Bild 3: Ermittlung der Empfänger-Rauschspannung mit einem Oszillografen

sprechend eingestellter Fernsehmeßsender verwendet werden (Bild 3).

Der Empfänger ist immer auf Normausgangsspannung einzustellen. Der Pegel des Eingangssignales wird in Stufen gesteigert und bei jeder Stufe der Effektivwert der Rauschspannung, der bei einer Bildmodulation von 50% auftritt, mit einem Oszillografen gemessen. Der Rauschspannungseffektivwert kann auf diese Weise nicht genau bestimmt werden, und es wird empfohlen, daß die Beziehungen zwischen Rauschspannungseffektivwerten und den beobachteten Bereichen auf dem Oszillografen vor der Messung festgelegt werden. Dafür kann eine Rauschspannung von bekanntem Effektivwert an den Oszillografen angelegt werden. Die Bandbreite des Oszillografen muß größer als die Bandbreite des Empfängers sein. Wenn sie kleiner ist, muß sie bekannt sein und in Rechnung gestellt werden. Das Signal-Rauschverhältnis erhält man hierbei als Funktion der Eingangsleistung.

Die Definition der Tonempfindlichkeit nach den IEC-Empfehlungen ist für AM-Empfänger ausgelegt und daher für unsere frequenzmodulierten Fernsehsysteme nicht anwendbar. Wird fortgesetzt

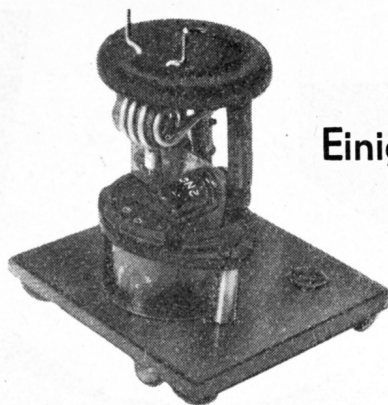


Bild 1: Laboraufbau des FM-Kleinsenders vom Werk für Bauelemente „Carl von Ossietzky“

Es soll in diesem Beitrag über einige praktische Anwendungsmöglichkeiten von Transistoren berichtet werden. Dabei wird vorausgesetzt, daß einem großen Teil der Leser dieser Zeitschrift die prinzipielle Wirkungsweise des Transistors bekannt ist. Vielleicht wird auch bei dem einen oder anderen Praktiker durch die Beschreibung konkreter Schaltungen das Interesse für die zunächst etwas „graue Theorie“ der Halbleiter geweckt.

QRP-Sender mit Transistor

Bild 2 zeigt die Schaltung eines QRP-Senders, den ein westdeutscher Kurzwellenamateur mit einem Spitzentransistor der Firma Intermetall für das 3,5- und 7-MHz-Amateurband aufgebaut hat [1]. Der frequenzbestimmende Schwingkreis liegt hier in der Blockleitung des Transistors. Man nutzt die Tatsache aus, daß Transistorschaltungen zwischen zwei Punkten der aufgetrennten Blockleitung eine ausgesprochene Dynatronkennlinie mit negativer Widerstandscharakteristik zeigen, sofern die Stromverstärkung α größer als eins ist. Der kleine Trimmer zwischen Emittor und Kollektor wirkt noch als zusätzliche Rückkopplung. An dem 1,5-k Ω -Widerstand in der Blockleitung, der durch einen Kondensator von

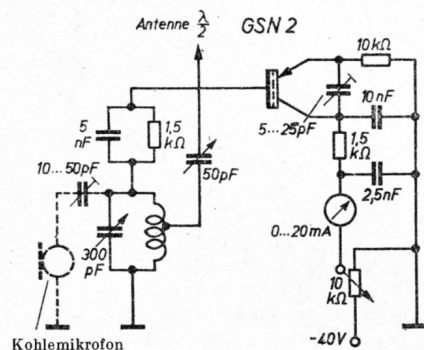


Bild 2: Transistorkleinsender eines westdeutschen Kurzwellenamateurs

5 nF überbrückt ist, erzeugt der Kollektorstrom einen Spannungsabfall, der seinerseits über den 10-k Ω -Widerstand in der Emittorzuleitung einen kleinen Vorstrom durch die Emittor-Block-Strecke treibt und das Anschwingen des Senders erleichtert. Die Modulation (Schmalband-FM) erfolgt durch den mit dem Schall-

Einige praktische Beispiele für Transistoroszillatoren

druck veränderlichen Widerstand eines einfachen Kohlekörnermikrofons, das die Kapazität eines kleinen Trimmers, der mit dem Mikrofon in Reihe liegt, am Schwingkreis mehr oder weniger stark in Erscheinung treten läßt. Der Transistor wurde mit einer Kollektorverlustleistung von 100 mW betrieben und gab eine Hochfrequenzleistung von 1 bis 2 mW ab. Für gewisse Zwecke ist das ausreichend.

AM-Kleinsender

Im Bild 3 ist die Schaltung eines Kleinsenders dargestellt, der als „drahtloser Plattenspieler“ vom Ossietzky-Werk Teltow zu Demonstrationszwecken auf der Leipziger Herbstmesse 1954 vorgeführt wurde [2]. Hier wird eine „äußere Rückkopplung“ mit Hilfe der Dreipunktschaltung angewendet, die sich von der bekannten Dreipunktschaltung mit Röhren nur dadurch unterscheidet, daß die Anzapfung der Spule nicht an Masse, sondern am Emittor liegt. Diese Maßnahme ergibt sich aus den Phasenverhältnissen: Nehmen der Emittorstrom und die Emittorspannung im positiven Sinne zu, so steigt der (in bezug auf den Block) negativ gerichtete Kollektorstrom ebenfalls an. Das hat ein Absinken der negativen Kollektorspannung zur Folge und bedeutet, daß das Kollektorpotential sich ebenso wie das des steuernden Emitters im positiven Sinne verändert. Bei dem Verstärkungsvorgang im Transistor erfolgt also im Gegensatz zu den uns geläufigen Vorgängen in der Elektronenröhre keine Vorzeichen- oder Phasenumkehr. Der 200- Ω -Widerstand in der Blockleitung erfüllt dieselbe Funktion wie der entsprechende Widerstand im Bild 2. Der 10-k Ω -Widerstand in der Kollektorzuführung dient als HF-Sperre und ergibt außerdem eine Amplitudenbegrenzung. An der Schwingkreisspule liegt die Anzapfung für den Kollektor bei etwa der Hälfte der Windungszahl, während die Emittoranzapfung so tief liegt, daß sich zum Kollektor hin ein Windungsverhältnis von 1:7 ergibt. Dadurch wird der Emittorwiderstand von annähernd 200 Ω nahezu optimal an den Kollektorwiderstand von 10 k Ω angepaßt. Die Stabantenne ist direkt an das heiße Ende des Schwingkreises angeschlossen. Auf eine Anpassung wurde verzichtet. Der Modulationsstrom wird über einen kleinen Übertrager in den Emittorkreis eingespeist. Auf der Primärseite des Modulationstransformators ist an 10 k Ω eine Niederfrequenzspannung von etwa 0,2 V_{eff} erforderlich, um eine Amplitudenmodulation von etwa 10 bis 15% zu erreichen. Dabei tritt dann — wie Bild 4 zeigt —

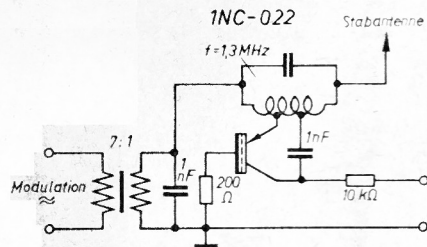


Bild 3: Amplitudenmodulierter Kleinsender mit dem Spitzentransistor Typ 1 NC-022

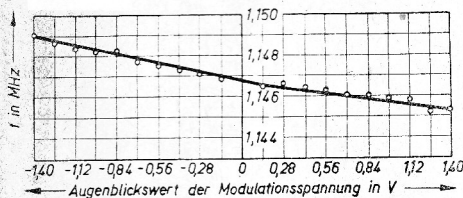


Bild 4: Parasitäre Frequenzmodulation beim AM-Kleinsender nach Bild 3

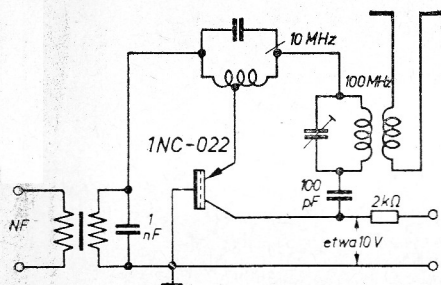


Bild 5: Frequenzmodulierter Kleinsender mit Transistor, 10/100 MHz, Eingangsleistung 100 mW

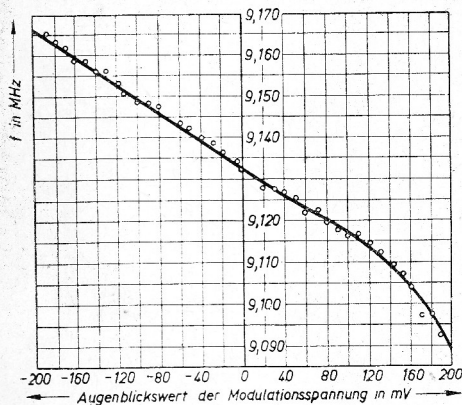


Bild 6: Modulationskennlinie des Transistoroszillators nach Bild 5

eine unerwünschte Frequenzmodulation von nahezu ± 500 Hz auf, was für diesen Fall gerade noch tragbar war, wenn die Bandbreitenregelung des benutzten Rundfunkempfängers auf „breit“ gestellt wurde. Trotz eines relativ starken Störpegels konnten mit dem kleinen Sender Schallplatten- und Tonbanddarbietungen über Entfernungen mehrerer Zimmerbreiten in annehmbarer Qualität übertragen werden. Bei fehlendem Störpegel waren die Reichweiten entsprechend größer.

Versuche und orientierende Messungen zeigten jedoch, daß die einwandfreie Amplitudenmodulation eines selbsterregten Transistorsenders infolge gewisser Schwierigkeiten nicht ohne weiteres zu lösen ist.

FM-Kleinsender

Aus diesem Grunde wurde ein frequenzmodulierter Sender entwickelt (Bilder 1 und 5). Hier erregt der Transistor zunächst einen 10-MHz-Schwingkreis. Aus dem stark verzerrten Kollektorstrom wird durch einen 100-MHz-Schwingkreis die 10. Oberwelle ausgesiebt und auf einen Faltdipol gekoppelt. Der Modulationsstrom wird dem Emitter über einen Übertrager zugeführt. Die starken Rückwirkungen des Transistors auf den Schwingkreis ergeben eine ausgezeichnete Frequenzmodulation. Im Bild 6 ist die Modulationskurve, die recht geradlinig verläuft, dargestellt. In der Praxis wird die Modulationskennlinie (auf der Sekundärseite des Übertragers an 200 Ω gemessen) nur maximal mit etwa 15 mV_{eff} angesteuert. Man erzielt damit einen Hub von $\pm 7,5$ kHz, der nach der Verzehnfachung den in der Rundfunktechnik üblichen Hub von 75 kHz ergibt. Aus Bild 7 entnimmt man, daß die parasitäre Amplitudenmodulation nur etwa 6% beträgt. Sie wird im Ratiodetektor des Empfängers vollkommen unterdrückt. Der kleine FM-Sender wurde anlässlich einer Transistor-Informationstagung im Juli vergangenen Jahres im Werk für Bauelemente, Carl v. Ossietzky, Teltow, vorgeführt. Die Übertragungsqualität wurde selbst von kritischen Beobachtern als ausgezeichnet anerkannt.

Drahtlose Redneranlage

Die Bilder 8 und 9 zeigen den Versuchsaufbau und die Schaltung einer drahtlosen Redneranlage. Im Schaltbild erkennen wir den bereits bekannten

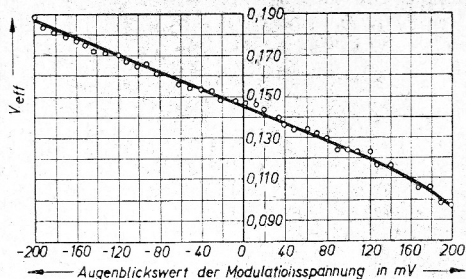


Bild 7: Parasitäre Amplitudenmodulation des Transistoroszillators nach Bild 5

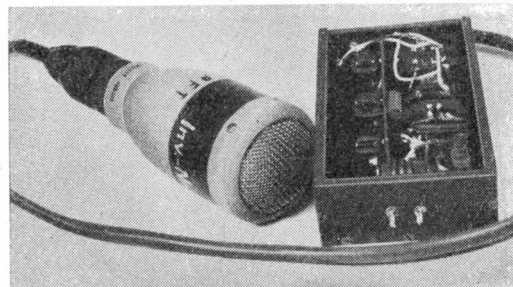


Bild 8: Ansicht vom Versuchsaufbau des Transistorsenders mit Modulationsverstärker

Transistor-FM-Sender nach Bild 5, dem ein zweistufiger Niederfrequenzverstärker mit Spitzentransistoren vorgeschaltet ist. Letzterer verstärkt die von einem dynamischen Reportermikrofon gelieferten Sprechströme auf die zur Modulation des Senders erforderliche Stärke. Der Redner trägt Batterien und Sender in den Rocktaschen, während er das Mikrofon um den Hals hängt und die Antenne in die Rockärmel eingenäht ist. Er kann sich beispielsweise zwischen Rednerpult und Tafel frei bewegen und sprechen. Der kleine, tragbare Sender wird mit einem FM-Empfänger guter Qualität empfangen und die gewonnene Niederfrequenz über einen Kraftverstärker und Lautsprecher im Saal hörbar gemacht. Bei der Vorführung und Erprobung der Anordnung ergaben sich allerdings einige Mängel. Für den Aufbau derartiger Anlagen fehlen uns zur Zeit noch betriebssichere Miniaturstückverbindungen! Weiterhin zeigte sich, daß die gewählte Frequenz von annähernd 100 MHz, die mit Rücksicht auf vorhandene Rundfunkempfänger mit FM-Teil gewählt wurde, für den vorliegenden Zweck gewisse prinzipielle Nachteile aufweist.

Fortsetzung auf Seite 23

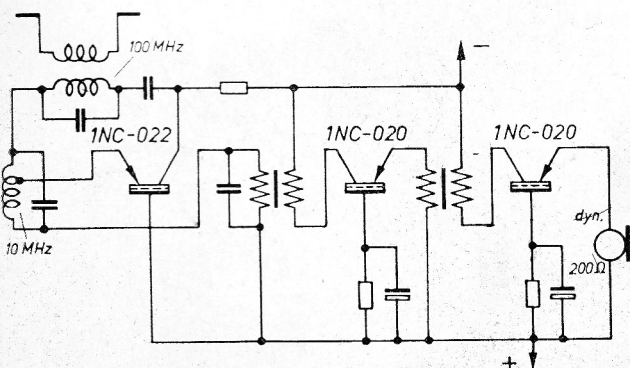


Bild 9: Transistorsender mit Modulationsverstärker

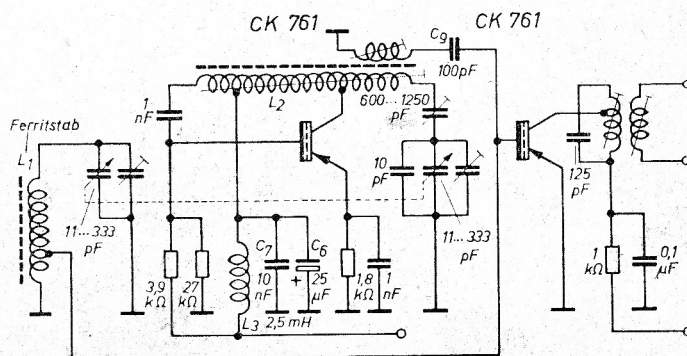
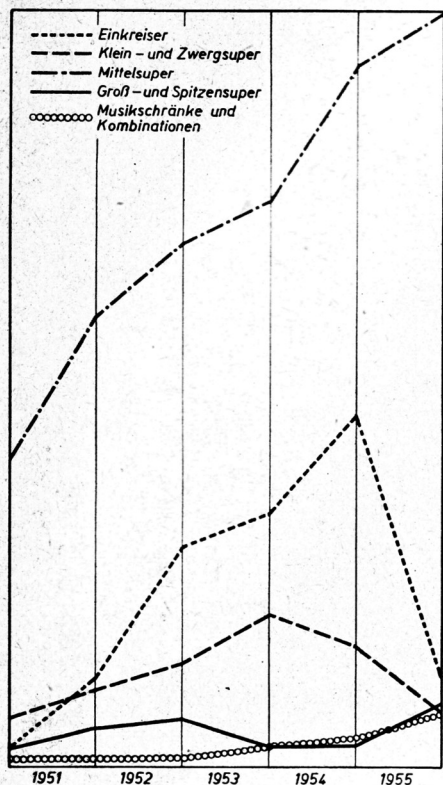


Bild 10: Oszillator- und Mischstufe eines Transistorempfängers



Entwicklung der produzierten Stückzahlen der einzelnen Geräteklassen

sich laufend steigenden Produktion, sondern besonders auch in der technischen Vervollkommenung und Steigerung der Leistungsfähigkeit der Geräte. Die Gegenüberstellung einiger Daten läßt erkennen, daß auf diesem Gebiet von der Industrie ebenfalls beachtliche Fortschritte gemacht wurden (siehe Tabelle).

Neben den technischen Verbesserungen wurden die Gehäuseformen geschmackvoller gestaltet, und die Verarbeitung von Edelhölzern veränderte das Äußere der Empfänger wesentlich. In den ersten Jahren wurden noch sehr häufig Preßstoff- und gebeizte Holzgehäuse von der Rundfunkindustrie verarbeitet. Heute erfreuen uns durchweg hochglanzpolierte Gehäuse mit ansprechenden Verzierungen. Durch die wesentliche Erweiterung des Sortiments wird jedem Geschmack weitgehend Rechnung getragen. Der Kunde, der im Jahre 1950 zwischen 10 bis 15 Gerätetypen wählen konnte, hat heute die Möglichkeit, unter 30 verschiedenen RFT-Geräten seine Auswahl zu treffen.

Eine beachtliche Anzahl neu entwickelter Geräte wird auch weiterhin unter Berücksichtigung der neuesten Technik von den volkseigenen Entwicklungsstellen der Industrie zur Übernahme in die Serienfertigung zur Verfügung gestellt. In immer größerem Umfang schenkt man der Standardisierung von kompletten Gerätebauteilen Aufmerksamkeit mit dem Ziel, in Zukunft noch rentabler zu fertigen.

Es besteht kein Zweifel, daß unsere volkseigene Rundfunkindustrie auch im zweiten Fünfjahrplan im In- und Ausland ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen wird.

Christoph

Fortsetzung von Seite 21

Insbesondere in modernen Gebäuden mit Betonkonstruktionen bilden sich nämlich durch Reflexionen an den Wänden stehende Wellenfronten aus, die in gewisser Weise Chladnischen Figuren ähneln. Bewegt sich der Redner im Raum, so kann es vorkommen, daß der Empfangsdipol in einem Wellenminimum liegt und daß die Modulation zeitweise verschwindet. Man wird also bei derartigen Anlagen doch zu Wellenlängen übergehen müssen, die groß zu den Raumabmessungen sind. Vielleicht bringt auch schon eine räumlich ausgedehnte Empfangsantenne Abhilfe.

Zur Information ist noch im Bild 10 die Oszillator- und Mischstufe eines amerikanischen Koffersupers dargestellt. Hier werden in beiden Stufen Oberflächen-sperrschichttransistoren in Emitterschaltung verwendet. In dieser Schaltung findet zwischen der Steuerelektrode (Block) und Kollektor ebenso wie bei der Röhre eine Phasenumkehr statt, so daß bei der Dreipunktschaltung die Spulenanzapfung an Masse gelegt werden muß.

Transistoroszillator kleinster Leistung

Auf der 6. Elektrotechnikertagung in Weimar führte Herr Dr. Falter, Entwicklungsleiter im WBN C. v. Ossietzky, Teltow, einen mit einem Flächentransistor bestückten Kleinoszillator vor, der mit einer Frequenz von etwa 1 kHz schwingt. Als Stromquelle diente ein Siliziumfotoelement, das Dipl.-Physiker G. Schmidt aus dem Grundlagenlabor desselben Werkes zur Verfügung stellte. Beim Demonstrationsversuch wurde das Fotoelement mit dem Lichtstrahl einer Mikroskopierlampe angeleuchtet. Die abgegebene Niederfrequenzspannung reichte zur Aussteuerung eines Rundfunkempfängers am Tonabnehmer Eingang aus. Bei Beleuchtung mit Sonnenlicht im Juli und August um die Mittagszeit ergaben sich etwa die gleichen Verhältnisse.

Schließt man statt des Fotoelementes Drähte aus zwei verschiedenen Metallen an, zum Beispiel Kupfer und Eisen, so beginnt der Oszillator bereits zu schwingen, wenn die Drähte mit angefeuchteten Fingern berührt werden. Betreibt man das kleine Gerät über Spannungsteiler

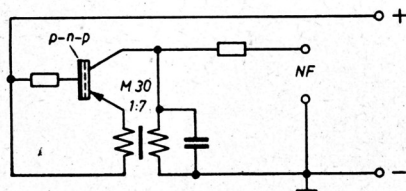


Bild 1: Schaltung des Kleinoszillators mit Flächentransistor

aus einer Batterie, setzen die Schwingungen bereits bei einer Speisespannung von 70 mV (!) und einem Speisestrom von $8 \mu A$ (!) ein. Das entspricht einer Leistungsaufnahme von $N = 5,6 \cdot 10^{-7} W$! Die Demonstration sollte zeigen, mit welcher geringen Leistungen sich Transi-

Es ist ferner bemerkenswert, daß die Transistorelektroden an relativ niedrigen Anzapfpunkten der Schwingkreisspule liegen, um die Bedämpfung und die Beeinflussung des Kreises möglichst niedrig zu halten. Das letztere ist zur Erreichung eines einwandfreien Parallellaufes zwischen Vor- und Oszillatorkreis notwendig.

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß Versuche mit strahlenden Oszillatoren, wie sie hier erwähnt worden sind, nach den Gesetzesbestimmungen über Fernmelde- und Funkanlagen verboten sind. Lediglich Inhabern von Amateursendelizenzen sind auf den ihnen zugewiesenen Frequenzbändern auch Versuche mit Transistorsendern erlaubt. Über die Amateurolganisation der Gesellschaft für Sport und Technik sollen den Amateuren in beschränktem Umfang auch Spitzen-transistoren zur Verfügung gestellt werden.

Electronus

Literatur

- [1] Lennartz, Amateursender mit Transistoren, Funkschau Heft 20 (1954).
- [2] Nachrichtentechnik Heft 1 (1955).

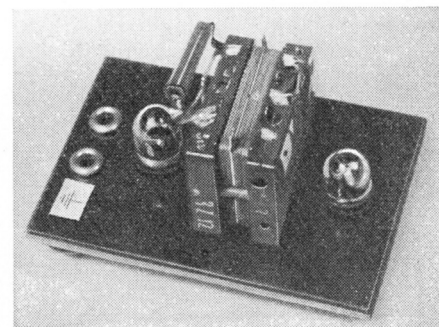


Bild 2: Ansicht des Versuchsmodells

Der Schichttransistor war eines der ersten Entwicklungsmuster aus dem Laboratorium des Ossietzky-Werkes und ist — ebenso wie das Siliziumfotoelement — zur Zeit noch nicht lieferbar. Electronus

Im Februar 1956

sollen wieder Qualifizierungskurse zur Vorbereitung für die Meisterprüfung sowie ein UKW- und Fernsehkursus beginnen. Dauer der Kurse etwa 6 Monate. Zur Abschlußprüfung des letztgenannten Lehrganges werden nur Rundfunkmechanikermeister zugelassen. Interessenten erhalten bei der Handwerkskammer Groß-Berlin, Berlin NW 7, Neustädtische Kirchstraße 67, Tel. 225271, oder durch den Kursusleiter, Kollegen Kurt Weinert, Obmann der Fachgruppe Rundfunk im Elektrowerk Groß-Berlin, Berlin NW 54, Brunnenstraße 163, Tel. 423028, Auskunft.

Die Redaktion