

SIEMENS-ZEITSCHRIFT



SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT



SCHRIFTFLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

7. HEFT * BERLIN / JULI 1924 * JAHRGANG 4

Das Siemens-Rundfunkgerät

Von Dr. Hans Mayer, Zentrallaboratorium im Wernerwerk.

Nachdem im Herbst 1921 die amerikanische Rundfunkbewegung in so großartigem Umfang eingesetzt hatte, ging sie wie eine unwiderstehliche Flut über alle Länder hinweg. Erst verhältnismäßig spät — im Sommer 1923 — kam die Bewegung auch zu uns und wurde sofort mit Begeisterung aufgegriffen; man kann wohl sagen, daß der drahtlose Empfang mit einem Schlage Gemeingut aller geworden ist.

Auch die Siemens & Halske A. G. hat seit Beginn dieses Jahres die Entwicklung, Fabrikation und den Vertrieb von Rundfunkgerät aufgenommen. Im folgenden sollen die Empfangsapparate beschrieben werden, welche die Siemens & Halske A. G. zur Zeit auf den Markt bringt.

I. Der Rundfunkempfänger Rfe. 1.

Der Rfe. 1 (Bild 1) ist ein sogenannter Primäreinrohrempfänger. Er ermöglichtes, alle Rundfunkmitteilungen auf den Wellen 200 bis 550 bzw. 700 Meter innerhalb eines gewissen Abstandes vom Sender mit dem Kopfhörer aufzunehmen. Über diese Entfernung läßt sich natürlich nichts Bestimmtes angeben, da die Empfangslautstärke außerordentlich von der Antenne, der Lage des Empfängerorts, den atmosphärischen Verhältnissen usw. abhängt. Vieles hängt mit den Eigentümlichkeiten der Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen des Senders zusammen. Man weiß, daß die Empfangslautstärke mit der Entfernung vom Sender rasch abnimmt; bei etwa 100 bis 150 km Entfernung kommt man in eine sogenannte tote Zone, in welcher der Empfang fast ganz verschwindet, während bei Entfernungen über 500 km der Empfang wieder überraschend gut sein kann. So ist es möglich, daß man mit Rfe. 1 die englischen Stationen in Mitteldeutschland, ja sogar in München ohne weiteres aufnehmen kann, dagegen der Berliner Rundfunksender in Magdeburg, Leipzig usw. nicht zu hören ist.

Die Schaltung des Rfe. 1 ist aus Bild 2 ersichtlich. Wie man sieht, stellt der Empfänger ein als Audion geschaltetes Verstärkerrohr in Verbindung mit einem Abstimmkreis für die aufzunehmenden Wellen dar. Der Antennenkreis besteht aus der Antenne und einer kleinen Spule L_0 , welche die Antenne mit der Erde verbindet. Der eigentliche Abstimmkreis, der aus einem Drehkondensator C und einer größeren festen Spule L besteht, ist mit dem Antennenkreis über die Antennenspule L_0 galvanisch gekoppelt. Treffen elektromagnetische Wellen auf die Antenne, so entstehen Ströme in dem aus der Antennenskapazität, der Spule L_0 und Erde gebildeten Kreise. Durch den Spannungsabfall an der Spule L_0 wird der Kreis LC zu Schwingungen angeregt. Die Schwingungsamplitude in diesem Kreis erreicht ein Maximum, wenn seine Eigenwelle mit der ankommenden Wellenlänge übereinstimmt. Es tritt dann an der Spule L, welche die EMK für das Gitter des Elektronenrohres liefert, ein Höchstwert der Spannung auf. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß der Wellenbereich, den man mit dem Empfänger aufnehmen kann, fast unabhängig von der Antenne, d. h. deren Kapazität ist. Denn man kann durch den Kondensator C nur auf solche Wellen abstimmen, die im Abstimmbereich des Kreises LC liegen, und man erhält, gleichgültig ob man mit einer großen oder kleinen Antenne empfängt, eine bestimmte Station fast stets bei derselben Stellung des Drehkondensators.

Man erzielt die größte Lautstärke, wenn die Eigenwelle der Antenne mit der ankommenden Welle übereinstimmt.

Bei höheren Ansprüchen kommt man daher mit sogenannten Ersatzantennen — im Zimmer verspannten kurzen Drähten — nicht aus, da diese Gebilde eine viel zu kleine Eigenwelle haben. Die Eigenwelle λ einer Antenne ist angenähert durch ihre Ge-



Bild 1. Audionempfänger Rfe. 1.

samtlänge l (Länge aller gespannten Drähte plus Länge des Zuführungsdrahtes) gegeben, nämlich

$$(1) \quad \lambda = 4l.$$

Um z. B. die Welle 400 gut aufnehmen zu können, müßte danach die wirksame Antennenlänge ungefähr 100 m betragen. Diese Zahl gilt natürlich nur angenähert; man kann praktisch für den ganzen Wellenbereich der Apparatur mit einer Antenne auskommen, die aus zwei im Abstand von 1 bis 2 m verspannten 25 bis 40 m langen Drähten besteht. Bei Nahempfang erzielt man oft mit der Dachrinne oder der Regengasse ganz gute Resultate; für den Empfang entfernterer Stationen ist dagegen eine gute Hochantenne unbedingt notwendig.

Die im Falle der Abstimmung an der Spule L auftretenden Schwingungen werden dem Gitter G des Verstärkerrohres über einen Blockkondensator C_g von 250 cm Kapazität zugeführt. Zwischen Gitter und Kathode liegt noch ein Silitwiderstand R_g von etwa zwei Megohm. C_g und R_g sind die charakteristischen Elemente der sogenannten Audionschaltung.

Das Audion¹⁾ ist das eigentliche Herz des Empfängers. Ohne Audion ist kein Empfang möglich; Hochfrequenzverstärker und Niederfrequenzverstärker sind nur Hilfsmittel, um an Lautstärke zu gewinnen. Es mag vielleicht ganz

¹⁾ Audion-Gleichrichter. Detektoren sind im gleichen Sinne Gleichrichter, doch kommt beim Audion noch eine beträchtliche Verstärkerwirkung dazu.

nützlich erscheinen, an dieser Stelle auf die Wirkung des Audions näher einzugehen.

Bekanntlich strahlt der Sender elektromagnetische Wellen aus, die sich mit Lichtgeschwindigkeit allseitig im Raume fortpflanzen. Das Kennzeichnende einer solchen Welle ist, daß Wellenberge und Wellentäler regelmäßig abwechseln (Bild 3). Der Abstand zweier Wellenberge ist die sogenannte Wellenlänge λ , und da die Welle mit der Lichtgeschwindigkeit c fortschreitet, treffen z. B. auf einer Antenne in 1 s

$$(2) \quad n = c \lambda$$

einzelne Berge und Täler auf, und ebensooft schwankt die von der Antenne aufgenommene elektrische Energie²⁾.

In Bild 3 ist die Amplitude der ausgestrahlten Wellen konstant gezeichnet. Für die Zwecke der drahtlosen Telephonie wird die Welle „moduliert“, d. h. die Amplitude der Welle ändert sich im Takte der Sprechfrequenz. Bild 4 stellt eine solche modulierte Hochfrequenzwelle dar.

Die Höhe eines musikalischen Tones ist durch seine Schwingungszahl bestimmt, d. h. die Zahl, die angibt, wieviel Berge und Täler der Schallwelle in 1 s auf unser Ohr treffen. Hörbar sind alle musikalischen Töne, deren Schwingungszahl zwischen ungefähr 50 und 20 000 s liegt³⁾.

Trifft ein solcher Wellenzug auf eine Antenne, so schwingt in ihr die elektrische Energie im Takte der Hochfrequenz, und gleichzeitig schwankt die Amplitude der Hochfrequenz im Takte der überlagerten Niederfrequenz. Mit einem zwischen Antenne und Erde gelegten Telephon würde

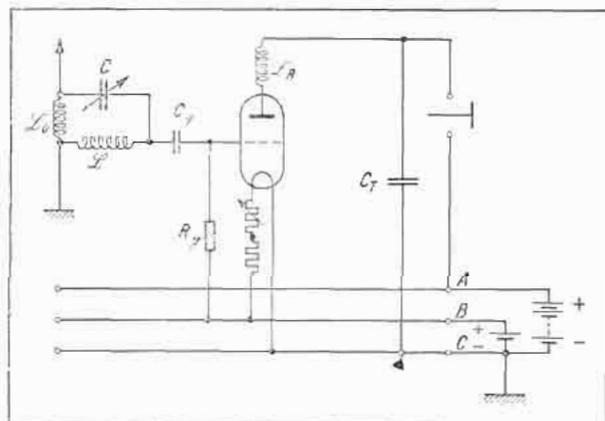


Bild 2. Schaltschema des Rfe. 1.

²⁾ Für eine Wellenlänge von 400 m ist z. B. $n = 750000$.

³⁾ Ein Klavier umfaßt den Bereich von $n = 50$ bis $n = 7000$; eine Geige den Bereich von $n = 400$ bis $n = 4000$.

man aber trotzdem den niederfrequenten Ton nicht hören, da dieser in eine große Zahl von Impulsen zerlegt ist, die in rascher Folge, aber entgegengesetzter Richtung auf die Telephonmembran wirken; infolgedessen hebt ein Impuls, z. B. b, den vorhergehenden a in seiner Wirkung gerade auf, d. h. die Telephonmembran bleibt in Ruhe.

Erst wenn es gelingt, die dem Impuls a entgegenwirkenden Impulse b zu beseitigen, d. h. den Wellenzug gleichzurichten, wie es in Bild 5 dargestellt ist, erfährt die Membran des Telephons Stöße in nur einer Richtung, und man hört jetzt, wie die einzelnen hochfrequenten Impulse im Takte der Sprechfrequenz sich ändern. Bild 6 zeigt den niederfrequenten Strom im Telephon, der sich aus den einzelnen Gleichstromkomponenten der hochfrequenten einzelnen Impulse zusammensetzt.

Die für den drahtlosen Empfang so wichtige Gleichrichtung bewirkt nun das Audion in überraschender Weise. Denkt man sich in Bild 2 an Stelle des Gitterwiderstandes R_g eine veränderliche Spannung E_g , so stellt sich bekanntlich der Anodenstrom J_a des Elektronenrohres in einer Weise dar, wie sie durch Bild 7 gegeben ist. Der Anodenstrom J_a steigt gleichmäßig mit der Gitterspannung E_g an. Bei positiven Werten von E_g fließt außerdem ein Gitterstrom J_g vom Gitter über die Spannungsquelle E_g zur Kathode. Liegt nun in Reihe mit der Spannungsquelle E_g ein großer Widerstand R_g , wie es beim Audion der Fall ist, so erzeugt der Gitterstrom in ihm einen Spannungsabfall von der Größe $J_g \cdot R_g$, welcher der Spannung E_g entgegenwirkt, so daß jetzt der Anodenstrom bei positiven Werten von E_g fast wagerecht verläuft. Man hat also mit Hilfe des Gitterstromes und des Gitterwiderstandes in der Anodencharakteristik einen verhältnismäßig scharfen Knick erzeugt¹⁾. Trifft nun eine elektromagnetische Welle auf das Gitter, so ruft nur die negative Halbwelle eine Schwankung des Anodenstromes hervor (Bild 7), während bei der positiven Halbwelle der Anodenstrom praktisch konstant bleibt. Man erhält

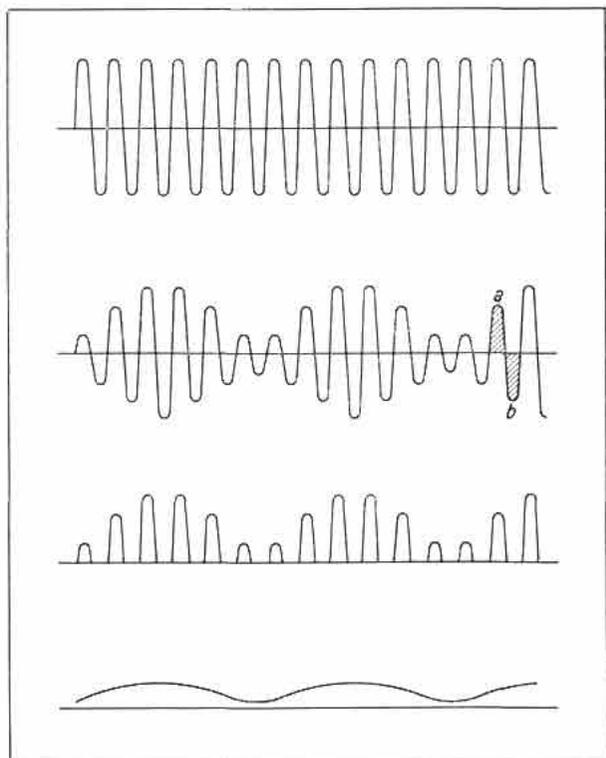


Bild 5-6. Umwandlung der modulierten Hochfrequenz in Niederfrequenz.

also im Anodenkreis einen Wechselstrom, der nur aus einseitig gerichteten hochfrequenten Halbwellen besteht. Die Gleichstromanteile dieser hochfrequenten Halbwelle fließen über das in den Anodenkreis geschaltete Telephon und ergeben dort einen musikalischen Ton, während die hochfrequenten Anteile über den Telephonkondensator C_T zur Kathode abfließen.

Man sieht aus der vorhergehenden Betrachtung, wie außerordentlich wichtig es ist, das Audion so einzustellen, daß der Schwingungsmittelpunkt der Gitterwechselspannung mit dem Einsetzen des Gitterstromes zusammenfällt. Man muß hierzu dem Gitter in der Regel eine positive Vorspannung geben. Die Größe dieser Vorspannung hängt natürlich ganz von der verwendeten Rohrtype ab. Beim Rundfunkempfänger Rfe. 1 ist diese Vorspannung dadurch erzielt worden, daß der Silitstab R_g am positiven Pol der Heizbatterie ansetzt.

und aus diesen Gleichungen folgt

$$(6) \quad J_a = \frac{S_a}{1 + S_g \cdot R_g} \cdot E_g$$

Für negative Werte von E_g , wo kein Gitterstrom fließt ($S_g = 0$), ist die Steilheit der Anodenstromkurve gleich S_a , für positive Werte von E_g dagegen $\frac{S_a}{1 + S_g \cdot R_g}$, d. h. bei großem Widerstand R_g praktisch Null. Die Anodenstromkurve verläuft dann wagerecht.

¹⁾ Die Effektivgitterspannung ist nach dem Obigen

$$(3) \quad E = E_g - J_g \cdot R_g$$

Die Kurve des Gitterstromes J_g läßt sich idealisiert durch eine gerade Linie darstellen, d. h.

$$(4) \quad J_g = E \cdot S_g$$

Andererseits gilt für den Anodenstrom, abgesehen vom Ruhestrom,

$$(5) \quad J_a = E \cdot S_a$$

Im Anodenkreis des Elektronenrohres liegt außerdem eine Spule L_R , die mit der Abstimmspule L_G gekoppelt ist. Hierdurch bewirkt man die sogenannte „Rückkoppelung“, mit der man eine ganz erhebliche Vergrößerung der Empfangslautstärke erzielt. Die Koppelung der beiden Spulen wird mechanisch durch eine Übersetzung von der Achse des Drehkondensators C aus gesteuert, so daß man bei allen Wellen die günstigste Rückkoppelung hat.

Der Empfänger ist überaus einfach zu bedienen. Man legt zwischen die Punkte A und C eine Spannung von 50 bis 100 V (Bild 1 und 2), die man einer Batterie von kleinen Trockenelementen entnimmt, und zwischen die Punkte B und C einen 2 V-Sammler. Dabei muß man sehr darauf achten, daß der Pluspol des Sammlers an den Punkt B angeschlossen ist. Der Minuspol des Sammlers ist außerdem an Erde zu legen. An die mit „Antenne“ bezeichnete Klemme schließt man die Antenne, an die mit „Erde“ bezeichnete Klemme die Erde (z. B. Gas- oder Wasserleitung) an, und zwischen die mit „Telephon“ bezeichneten Klemmen schaltet man ein hochohmiges Telephon. Um eine Welle zu suchen, dreht man an dem mit „Heizung“ bezeichneten Drehknopf in der Richtung des Pfeils so lange, bis der Glühfaden des Rohres schwach hellrot glüht. Ein Durchbrennen des Rohres ist selbst bei vollem Ausschalten des Drehwiderstandes nicht möglich, da sich im Heizkreis noch ein kleiner fester Widerstand befindet. Um zu prüfen, ob der Empfänger

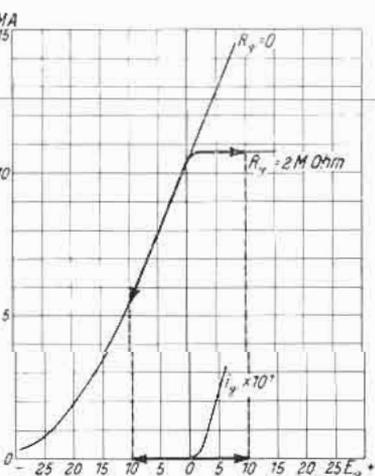


Bild 7. Charakteristik.

Hat man sich so überzeugt, daß der Empfang in Ordnung ist, so stellt man an dem mit „Abstimmung“ bezeichneten großen Drehknopf auf die zu suchende Welle ein.

Die Zahlen auf der Drehscheibe haben mit der Wellenlänge nichts zu tun.

Zweckmäßig eicht man die Skala mit einem sogenannten Wellenmesser.

Bild 8 stellt eine Eichkurve dar, die für alle Rfe. 1 unabhängig von der Antenne ungefähr dieselbe ist. Bei näher gelegenen Stationen kann man auch mehrere Kopfhörer anschließen, die man zweckmäßigerweise in quadratische Gruppen schaltet, z. B. bei neun Kopfhörern je drei in Reihe und die drei Gruppen parallel. Lautsprecher lassen sich dagegen an das Audion in der Regel nicht anschließen.

Abgeschaltet wird der Apparat dadurch, daß man mit dem Drehwiderstand den Heizkreis des Rohres unterbricht. Ein Unterbrechen von Batterieverbindungen ist nicht notwendig.

II. Der Rundfunkverstärker Rfv. 1.

Will man einen Lautsprecher verwenden oder entferntere Stationen mit einem Kopfhörer aufnehmen, so schaltet man zu dem Empfänger noch einen Niederfrequenzverstärker der Type Rfv. 1 (Bild 9). Dies ist ein Zweirohrverstärker, der die Empfangslautstärke auf etwa das 100fache erhöht. Das Gerät ist so gebaut, daß es sich an den Rfe. 1 ohne weiteres anschließen läßt. Außer den Klemmen A, B, C, die den gleichen Klemmen des Audions entsprechen, ist noch eine vierte Klemme D vorhanden. Diese hat den Zweck, den Gittern der beiden Verstärkerrohre negative Vorspannung zu geben. Um nämlich eine unverzerrte Übertragung zu erhalten, muß man auf den gradlinigen Teil der Anodencharakteristik arbeiten, und man erkennt ohne weiteres aus Bild 7, daß man hierzu bei der verwendeten Rohrtype R. E. 84 und einer Anodenspannung von 100 V eine negative Gittervorspannung von etwa 12 V braucht. Die Gittervorspannung ist abhängig von der verwendeten Anodenspannung. So braucht man bei 50 V Anodenspannung nur 6 V Gitterspannung. Die Wirkungsweise des Verstärkers ist aus dem Schalt-

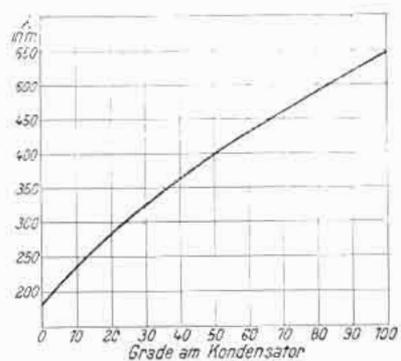


Bild 8. Eichkurve zum Rfe. 1.



Bild 9. Niederfrequenzverstärker Rfv. 1.

bild (Bild 10) ohne weiteres verständlich. Die vom Audion erzeugten niederfrequenten Tonschwingungen werden über den Eingangstransformator T_e dem Gitter des ersten Rohres zugeführt. Der Anodenstrom des Elektronenrohres schwankt in demselben

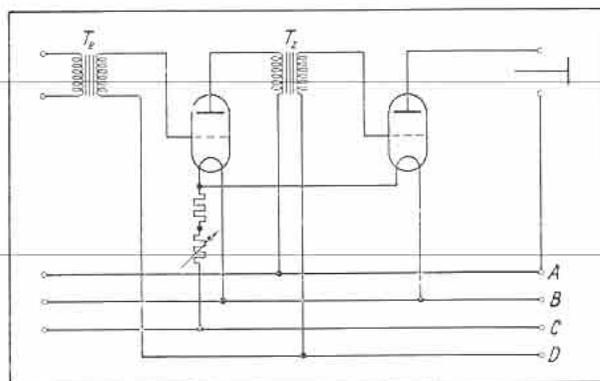


Bild 10. Schaltschema zum Rfv. 1.

Takte wie die Gitterspannung. Diese Schwankungen gehen über einen sogenannten Zwischentransformator T_z auf das Gitter des zweiten Rohres. Das Telephon oder der Lautsprecher liegt unmittelbar im Anodenkreis des zweiten Rohres. Verwendet man einen Lautsprecher in Verbindung mit dem Rfv. 1, so kann es eintreten, daß die Apparatur infolge akustischer Rückkoppelung pfeift. Abhilfe schafft man dadurch, daß man den Lautsprecher in einiger Entfernung vom Empfänger aufstellt, und zwar so, daß die Schallwellen nicht unmittelbar auf die Verstärkerrohre fallen. Häufig rührt das Pfeifen auch daher, daß der Minuspol des Heizsammlers nicht geerdet ist. Auch schlechte Anodenbatterien sind infolge ihres hohen inneren Widerstandes häufig die Ursache des Pfeifens.

III. Der Hochfrequenzverstärker.

Bei sehr entfernten oder schwachen Sendern ist selbst bei Verwendung des Rfv. 1 die erzielte Lautstärke sehr gering. Um größere Lautstärke zu erzielen, könnte man unmittelbar an den ersten noch einen weiteren Verstärker Rfv. 1 anschließen. Man erhält aber dann schon erhebliche Verzerrungen; außerdem neigt eine solche Anordnung außerordentlich stark dazu, zu pfeifen. Mit andern Worten, es hat keinen Zweck, die Niederfrequenzverstärkung über ein gewisses Maß zu treiben. Man muß vielmehr die dem Audion zuzuführenden Hochfrequenzschwingungen verstärken. Dies geschieht durch den Rfv. 2. Sein Anschluß an das Audion ist aus Bild 11 ersichtlich. Man erkennt in der Mitte das Audion,

rechts den Niederfrequenzverstärker und links vom Audion den Hochfrequenzverstärker. Bild 12 zeigt die grundsätzliche Schaltung, wobei zur besseren Übersicht die des Audions noch mitgezeichnet ist. Der Hochfrequenzverstärker enthält nichts weiter als ein Elektronenrohr mit seinem Heizkreis und einem Abstimmkreis I für die Antenne. Dieser Abstimmkreis ist genau der gleiche, wie er als Kreis II im Audion schon vorhanden und früher beschrieben ist. Die Wirkungsweise ist folgende:

Die hochfrequenten Schwingungen, die der Antennenkreis an der Spule L_0 des Kreises I erzeugt, werden unter Abstimmung mit dem Drehkondensator C auf das Gitter des Hochfrequenzverstärkerrohres gegeben. Der Anodenstrom des Hochfrequenzrohres schwankt in demselben Rhythmus wie die Gitterspannung und erzeugt an der Spule L_0 des Kreises II eine verstärkte hochfrequente Wechselfspannung. Diese wird durch Abstimmung mit dem Drehkondensator C entsprechend erhöht und geht über den Gitter-



Bild 11. Hochfrequenzverstärker — Audion — Niederfrequenzverstärker.

kondensator C_g des Audions zum Gitter des Audionrohres, wo sie in bekannter Weise gleichgerichtet wird. Beim Kreis II ist also zum Unter-

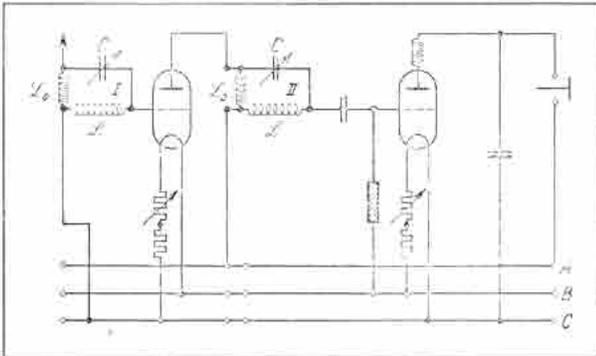


Bild 12. Schaltschema des Hochfrequenzverstärkers mit Audion.

schied von der direkten Schaltung der Antennenstrom durch den Anodenstrom des Hochfrequenz-Verstärkerrohres ersetzt. Um dem Gitter des Hochfrequenzverstärkers eine negative Vorspannung zu geben, ist der Gitterkreis an den Minuspol des Heizsammlers angeschlossen.

Außer einer beträchtlichen Verstärkung hat man den Vorteil der doppelten Abstimmung, da sowohl der Kreis I als auch der Kreis II auf die ankommenden Wellen abgestimmt werden muß. Die Abstimmstärke ist infolgedessen sehr viel größer als bei direktem Empfang, und man ist so von fremden Störern weitgehend frei. Da die Kreise I und II die gleichen Spulen und Kondensatoren enthalten, stimmen die Skalen der beiden Abstimmkondensatoren bezüglich des Wellenbereichs ungefähr überein.

IV. Das Rundfunkrohr R. E. 84.

Die im Vorstehenden beschriebenen Geräte werden mit einem Rohr der Type R. E. 84 be-

trieben. Dieses Rohr enthält einen Oxydfaden und ist unter dem Gesichtspunkt entwickelt worden, mit einer geringen Heizleistung einen möglichst starken Anodenstrom zu liefern. Die Fadenspannung beträgt nur 1,2–1,5 V, so daß man stets mit einem einzigen Sammler auskommt. Dabei ist der Stromverbrauch nur gering, er beträgt für jedes Rohr etwa 0,20–0,25 A.

Die Anodenstrom-Charakteristik des R. E. 84 ist aus Bild 7 zu ersehen. Das Rohr gibt bei $E_g = 0$ einen Anodenstrom von etwa 10–12 mA. Man bezeichnet diesen Strom als den Nullstrom. Entsprechend dieser großen Stromstärke ist auch die Leistung, die das Rohr an den Lautsprecher abgibt, ganz erheblich. Sie beträgt bei 100 V Anodenspannung etwa 100 mW.

Damit ein Lautsprecher eine gute Lautstärke gibt, muß ihm eine nicht unbedeutliche Energie zugeführt werden (für ein mittleres Zimmer etwa 50 mW). Man sieht, daß das R. E. 84 diese Leistung ohne weiteres abgibt.

Unter den R. E. 84-Rohren befinden sich solche, die durch eine rote Kappe gekennzeichnet sind. Diese sind besonders gute Audionrohre. Die Rohre lassen sich nämlich fabrikationstechnisch nicht so gleichmäßig herstellen, daß der Gitterstrom für alle Rohre denselben Verlauf hat. Für das gute Arbeiten eines Rohres als Audion ist aber außerordentlich wichtig, daß der Gitterstrom in der Nähe der Gitterspannung Null mit großer Steilheit einsetzt. Diese Rohre werden durch ein besonderes Prüfverfahren ausgesucht und mit einer roten Tauchkappe versehen. Für Verstärker verwendet man dagegen vorteilhafter keine „Rotkappchen“.

Das Prüf- und Versuchsfeld (P. V. F.) des Dynamowerks der SSW.

Von Dipl.-Ing. G. Bopp und Dipl.-Ing. G. Köhler, Oberingenieure im Dynamowerk der SSW.

Bei der Verlegung des Dynamowerkes der SSW von Charlottenburg nach Siemensstadt galt es, das neue Prüf- und Versuchsfeld so auszustatten, daß es möglichst allen neuzeitlichen Ansprüchen in zweckmäßiger Weise genügen konnte.

Natürlich waren in erster Linie maßgebend die Erzeugnisse, die dem Dynamowerk als Arbeitsgebiet zugewiesen wurden. Der besondere Charakter des Dynamowerkes als desjenigen Werkes der SSW, das die großen Maschinen und infolgedessen Einzel- und Erstkonstruktionen baut,

und zwar für alle Anwendungsgebiete und Stromarten, und das insbesondere auch Entwicklungsarbeit leisten soll, bedingt eine Größe des P. V. F. sowohl räumlich und in der Ausstattung mit Hilfsmitteln als auch an Zahl des Personals, die wesentlich über die Größenverhältnisse des P. V. F. eines Werkes mit normaler Fabrikation hinausgeht.

Im Dynamowerk werden hergestellt in erster Linie Turbogeneratoren und große Maschinen für Gleich- und Wechselstrom, Schnellläufer-Drehstrommotoren, Kaskadenumformer, Einankerumformer, Drehtransformatoren, Bahnmotoren