

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Trichter oder Konus?

Von

Dr.-Ing. A. Koies, M. I. R. E.

Wenn man die Entwicklung der modernen Lautsprecher betrachtet, so muß man feststellen, daß der Weg zu immer größerer Wiedergabegüte stark von der Mode beeinflusst wird. Vor etwa 5 Jahren gab es nur Trichterlautsprecher.

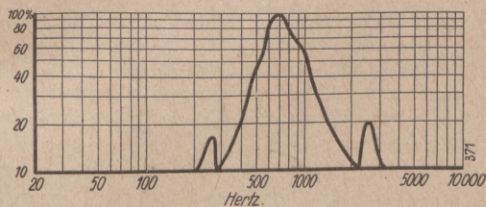


Abb. 1. Lautsprecher mit kleinem Trichter.

Als Antriebssysteme kannte man, mit einer Ausnahme des Magna-Vox-Lautsprechers, nur elektromagnetische Systeme. Die Qualitätsunterschiede waren in der Hauptsache durch die Form und Größe der Trichter gegeben. Später kamen dann die Konuslautsprecher auf den Markt. Man verwandte dieselben Antriebssysteme wie beim Trichter, nur koppelte man sie mittels einer Konusmembran mit der umgebenden Luft. Im allgemeinen wurde durch diese Maßnahme der Tonumfang dem Trichter gegenüber auch verbessert; aber durchaus nicht in allen Fällen. Trotzdem beherrschte der Konuslautsprecher absolut das Feld. Er war eben Model! Trichterlautsprecher waren unverkäuflich geworden, weil „man“ eben Konuslautsprecher verwendete. Das ist natürlich gar kein Gütemaßstab, und die Messung an einigen der damaligen Lautsprecher zeigt auch sofort, daß es Trichterlautsprecher gab, deren Kurve besser aussieht als die von Konuslautsprechern. Trotzdem war natürlich das Urteil richtig, daß die Konuslautsprecher im Durchschnitt besser waren als die damaligen Trichterlautsprecher.

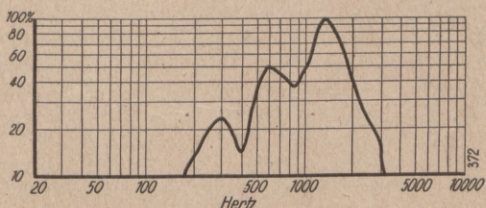


Abb. 2. Sehr weit verbreiteter Konuslautsprecher.

Abb. 1 zeigt als Beispiel die Frequenzkurve eines schlechten Trichterlautsprechers. Der Tonumfang ist außerordentlich gering. Man kann eigentlich nur von einer Resonanzstelle sprechen, und es erscheint sehr wunderbar, daß man bei einer solchen schlechten Wiedergabe überhaupt noch Sprache verstehen und Musik genießen kann. Daß es der Fall ist, ist lediglich ein Beweis für die fast unglaubliche Anpassungsfähigkeit des menschlichen Ohres. Übrigens muß

man zugeben, daß es oft schwer fällt, einen solchen Lautsprecher zu verstehen.

Ein etwas besseres Bild gibt aber schon der Konuslautsprecher, dessen Kurve in Abb. 2 wiedergegeben ist. Der Tonumfang ist hier schon beträchtlich gewachsen. Aber gegenüber dem Tonumfang des Gehörs bzw. dem der Musikinstrumente ist er auch hier noch verschwindend klein.

Eine weitere Verbesserung zeigt der Lautsprecher, dessen

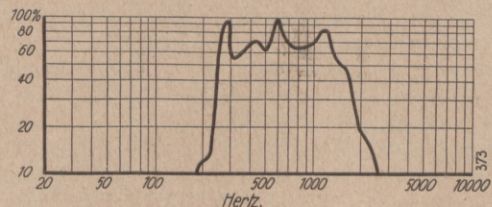


Abb. 3. Großer Trichterlautsprecher.

Kurve Abb. 3 gibt. Es ist dies ein Lautsprecher mit besonders großem Trichter.

Im Verlauf der weiteren Entwicklung schien es aber, wie gesagt, so, als ob der Trichterlautsprecher endgültig das Rennen verloren hätte. Die Güte der modernen Großflächenlautsprecher mit magnetischem Antrieb, für den Abb. 4 ein Beispiel gibt, oder gar mit elektrodynamischem Antrieb, dessen Kurve Abb. 5 ähnelt, scheint im ersten Moment nicht mehr zu übertreffen oder auch nur zu er-

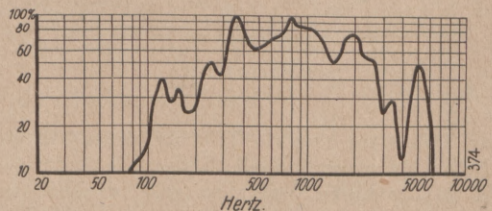


Abb. 4. Großflächenlautsprecher.

reichen zu sein. Aber wenn man den heutigen Markt überblickt, so findet man doch wieder Trichterlautsprecher, und man hört sogar die Meinung, daß die Zukunft dem Trichterlautsprecher gehöre.

Wie die praktischen Ergebnisse gezeigt haben, können auch Trichterlautsprecher sehr gute Tonqualität liefern. Es fragt sich aber, mit welchen Mitteln sich diese Güte erzielen läßt. Nun genügt es aber nicht, festzustellen, daß auch der Trichterlautsprecher qualitativ sehr hochwertig sein kann, und daß man bei richtiger Berechnung aller Teile einen bestimmten Tonumfang erzielt, sondern das Ziel muß mit vernünftigen Mitteln erreicht werden. Wenn nämlich bei der Untersuchung herauskommen sollte, daß eine wirklich gute Wiedergabe nur mit Trichtern von mehreren Metern

Länge und riesigen Öffnungen möglich ist, so ist der Trichterlautsprecher nur sehr beschränkt praktisch verwendbar.

Zunächst seien einmal die theoretischen Grundlagen für die Konstruktion eines Trichters untersucht.

Der Zweck des Trichters ist es, die Schwingungen der Membran in Luftschwingungen umzusetzen, d. h. er ist das Kopplungsglied zwischen Membran und Luft. Es soll mit einer verhältnismäßig kleinen Membran eine möglichst große Luftmasse in Bewegung gesetzt werden. Es fragt sich jetzt, ob etwa die Form des Trichters von Einfluß ist, oder ob es nur auf die Länge ankommt. Wie die Untersuchungen von Clinton R. Hanna und Dr. Slepian im Laboratorium der Westinghouse Co. gezeigt haben, erfüllt der Exponential-

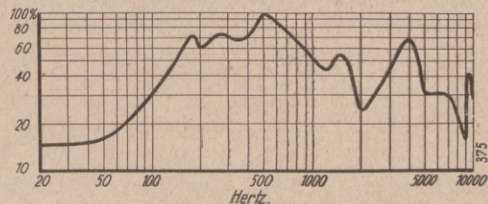


Abb. 5. Dynamischer Konuslautsprecher.

oder logarithmische Trichter alle Forderungen, die man stellen kann.

Wir verlangen die Wiedergabe eines möglichst großen Tonbereichs ohne Resonanzstellen. Wir können diese Forderungen auch mit anderen Trichterformen erreichen, aber von allen Trichtern, die den gleichen Tonbereich decken, ist der Exponentialtrichter der kürzeste. Außerdem hat er den Vorteil, frei von Resonanzen zu arbeiten.

Ein Exponentialtrichter ist ein Trichter, dessen Querschnitt sich in gleichen Längenabständen verdoppelt. Also z. B., wenn der kleinste Querschnitt 2 cm² ist, und ½ m vom Ende ist er 4 cm², so ist der Querschnitt 1 m vom Ende 8 cm², 1½ m vom Ende 16 cm², 2 m vom Ende

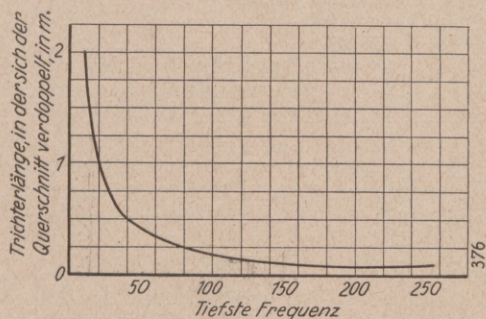


Abb. 6.

32 cm² usw. Das wäre also ein Trichter, dessen Querschnitt sich alle halbe Meter verdoppelt. Diese Abstände brauchen aber nicht gerade halbe Meter zu sein, es könnten auch 25 cm oder 1 m sein, der Trichter wäre stets ein Exponentialtrichter. Welchen Einfluß die Steigung auf die Wiedergabe hat, werden wir gleich sehen. Sie ist nämlich maßgebend für die untere Grenze des Bereichs. Diese Beziehung zeigt Abb. 6.

Wir hätten so also die eine Grenze des Tonbereichs festgestellt und wenden uns zunächst der oberen Grenze zu. Hierfür ist hauptsächlich der engste Querschnitt des Trichters maßgebend. Die Membran pumpt Luft durch den Trichter, und es ist eine Eigenschaft des Trichters, daß dabei ein Druck entsteht, wenn die Frequenz größer ist als die untere Grenzfrequenz des Trichters. Dieser Druck ist proportional der Geschwindigkeit, mit der sich die Luftteilchen unter der Einwirkung der als Pumpe wirkenden Membran bewegen. Wollen wir diese Geschwindigkeit also groß machen, so müssen wir den Querschnitt des Trichters möglichst klein machen. In praxi richtet er sich meistens

nach dem Durchmesser der Öffnung des Antriebssystems, das verwendet wird. In den wenigstens Fällen werden spezielle Antriebssysteme dafür entwickelt, 15 bis 20 mm Durchmesser sind gute Werte.

Damit wäre das dünne Ende des Trichters bestimmt und ebenso seine Steigung. Es fragt sich jetzt, wie lang nun der

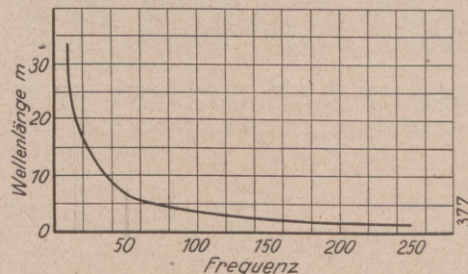


Abb. 7.

Trichter wird? Um das Ergebnis vorwegzunehmen: die Länge ist ganz unwesentlich! Maßgebend sind nur drei Größen:

1. Halsdurchmesser,
2. Steigung,
3. Maulöffnung.

Die Maulöffnung (der größte Durchmesser des Trichters) wird dadurch bestimmt, daß im Frequenzbereich keine Resonanzen auftreten können. Hier muß man ein Kompromiß schließen. Die Forderung läßt sich nicht so ganz ideal verwirklichen, aber wenn man den Durchmesser des Trichters gleich einer Viertelwellenlänge der unteren Grenzfrequenz des Trichters macht, so ist man sicher, daß die Resonanzen erträglich klein sind. Den Zusammenhang zwischen Frequenz und Wellenlänge zeigt Abb. 7. Wir lesen z. B. ab, daß 15 Perioden eine Wellenlänge von etwa 20 m haben. Wollen wir also einen Trichter bauen, der 15 Perioden noch voll wiedergibt, so müßte er eine Öffnung von $\frac{20}{4} = 5$ m

haben! Derselbe Trichter müßte seinen Querschnitt auf je 1,35 m verdoppeln. Lassen wir den Trichter mit 2 cm Durchmesser beginnen, so würde er etwa 18 m lang werden! immerhin ist dabei zu bedenken, daß die Forderung, 15 Hertz noch voll wiederzugeben, außerordentlich anspruchsvoll ist. Trotzdem kann sie erfüllt werden. Der Trichter wird allerdings sehr groß, so groß, daß man ihn praktisch nicht ausführt, selbst wenn große Räume, wie Kinos usw., zur Verfügung stehen.

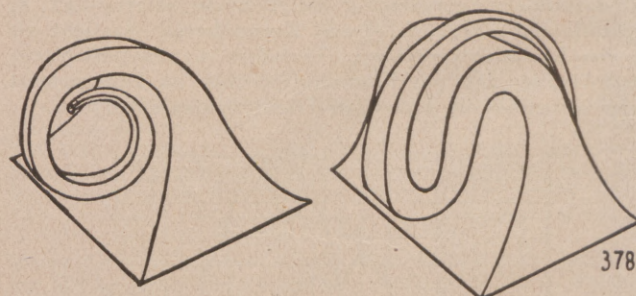


Abb. 8. Trichterform der Western Electric Compagnie.

In Abb. 5 ist die Kurve eines dynamischen Konuslautsprechers wiedergegeben, die auch nicht bei den ganz tiefen Frequenzen die volle Lautstärke zeigt. Es ist die Kurve eines der besten auf dem Markt befindlichen Lautsprecher. An sich kann auch er noch viel tiefere Töne voll wiedergeben, aber bei ihm ist die Größe des Schallschirms begrenzt und damit eine untere Grenze gegeben. Als untere Grenzfrequenz können wir in der Kurve Abb. 5 125 Hertz ablesen.

Welcher Trichter würde nun dieselben Daten geben?

Nehmen wir wieder den Halsdurchmesser mit 2 cm an, so erhalten wir die Maulöffnung nach Abb. 7 mit etwa 75 cm. Die Steigung müßte so angesetzt werden, daß sich der

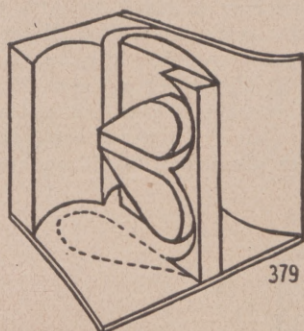


Abb. 9. Trichterform der American Telephone and Telegraph Co.

Querschnitt alle 15 cm verdoppelt. Die Gesamtlänge des Trichters ergibt sich dann zu etwa 150 cm. Einen derartigen Trichter kann man sehr wohl ausführen.

Es ist übrigens durchaus nicht nötig, daß der Trichter gerade ausgeführt wird. Man kann den Trichter beliebig aufrollen oder falten. Er braucht auch nicht rund im Querschnitt zu sein, er kann quadratisch oder rechteckig sein, nur die eine Bedingung muß erfüllt sein, die die Definition des logarithmischen Trichters war: der Querschnitt muß sich in gleichen Abständen verdoppeln. So zeigt Abb. 8 zwei Formen von Exponentialtrichtern, wie sie die Western Electric Co als Kinolautsprecher verwendet.

Man kann noch viel weitergehen und die Tonführung teilen und wieder vereinigen. So zeigt Abb. 9 eine Trichterform der American Telephone and Telegraph Co., bei der die Tonführung zweimal geteilt und wieder vereinigt ist, um Platz zu sparen.

Zum Schluß noch ein paar Worte über das Antriebssystem, mit dem wir den Trichter betreiben wollen. Natürlich nützt der beste Trichter nichts, wenn das Antriebssystem versagt. Was nützt uns der Trichter, der bis 15 Hertz heruntergeht, wenn das System unter 150 Hertz versagt! Am besten eignet sich ein dynamisches System. Ein gutes symmetrisches Magnetsystem, das richtig betrieben wird, liefert jedoch auch gute Ergebnisse.

Versuche mit ultrakurzen Wellen

Von
H. Heineck

Trotz vieler Veröffentlichungen über Sender und Empfänger für ultrakurze Wellen steht die große Zahl der Funkvereine diesem Gebiet der Funktechnik meist ablehnend gegenüber. Dieses passive Verhalten entsteht meist aus der irrigen Annahme, daß die Versuche kostspielig und äußerst schwierig seien. Beide Vorurteile sind verfehlt. Die „vorausgeahnten“ großen Kosten sind nirgends zu entdecken, denn allein eine flüchtige Betrachtung der Abbildungen der Geräte zeigt ein wahres Minimum an Materialbedarf. Auch der Betrieb eines Senders mit einem so geringen Energiebedarf, wie er hier gefordert wird, belastet den kleinsten Geldbeutel kaum. Und das zweite Vorurteil? — Auch dieses läßt sich nicht aufrechterhalten, vorausgesetzt daß der Experimentierende die einfachsten Grundbegriffe der Funk- und Elektrotechnik beherrscht und kein Neuling im Gerätebau ist. Allerdings müssen noch zwei Forderungen gestellt werden: etwas Geduld bei den Ausführungen der ersten Versuche und vor allem planmäßige Arbeit — kein „Herumwursteln“! Die Versuche des Verfassers, die meist in der Bastelstube des Berliner Radio-Clubs unternommen wurden, erstrecken sich über den Zeitraum November 1927 bis Februar 1928 und Januar bis April 1929.

Der Sender.

Die für den Sender verwendete Schaltung (Gegentaktsprinzip) zeigt Abb. 1. Ihre Hauptvorteile für den Bastler sind die hochfrequenzfreien Zuführungsleitungen, vorausgesetzt daß auf symmetrischen Aufbau geachtet wird. Es brauchen mithin keine Drosselspulen benutzt werden. Erwähnt sei, daß zur Überbrückung größerer Entfernungen Gitter- und Anodendrossel von Vorteil sind. Weitere Vorteile der Gegentaktschaltung sind große Stabilität der erzeugten Frequenz bei Änderungen der Heiz- und Anodenspannung, also gute Wellenkonstanz und Tongüte. Der Nachteil, daß zwei Röhren erforderlich sind, verschwindet bei der Benutzung von Empfängerröhren, da sich hierdurch die Leistung des Senders erhöht und die Versuchung der Überlastung verringert wird. Stehen größere Röhrentypen (Endröhren) zur Verfügung, so lassen sich mit der Einröhrenschaltung (Dreipunkt) ebenfalls gute Resultate erzielen. Abb. 2 und 3 zeigen den Aufbau des Gegentaktsenders. Die Bezeichnungen stimmen mit denen der Abb. 1 überein.

LA = Selbstinduktion des Anodenschwingungskreises — 170 mm Durchmesser, 6 mm-Kupferrohr oder 3- bis 4 mm-Kupferdraht. LG = Selbstinduktion des Gitterkreises — 150 mm Durchmesser, aus dem gleichen Material wie LA. Sp = Sprechtransformator, S = Summerbrettchen und W = Regulierungswiderstand. Summer und Sprechtransfor-

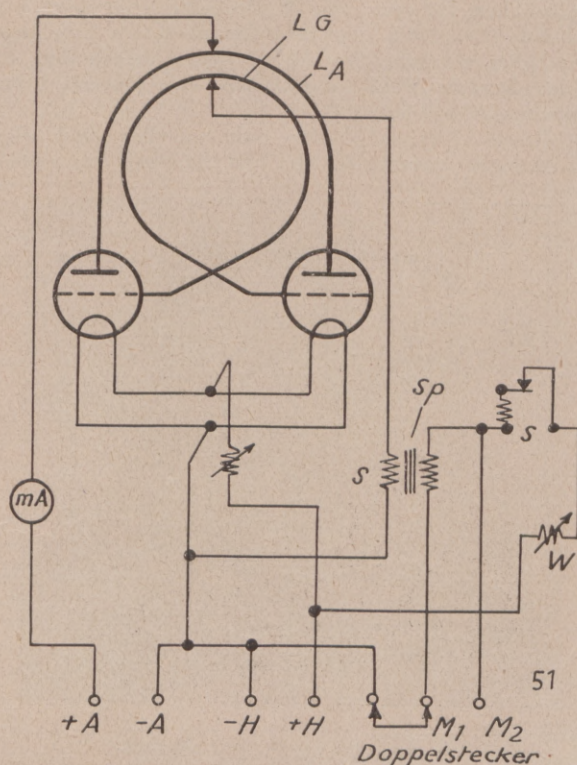


Abb. 1. Gegentaktsender für ultrakurze Wellen.

LA = 170 mm Durchmesser, 3- bis 4 mm-Kupferdraht oder 6 mm-Kupferrohr, LG = 150 mm aus gleichem Material, Sp = Sprechtransformator, S = Summer, W = Regulierungswiderstand für den Summerstrom. M1 und M2 Anschlußstellen für den Mikrofonkreis.

mator können beim Betrieb des Senders an einem Wechselstromnetz entfallen. Bei Gleichstrom- oder Batteriebetrieb oder Telephonieversuchen sind diese Einzelteile erforderlich. Der Widerstand W ist so abzugleichen, daß der Summer

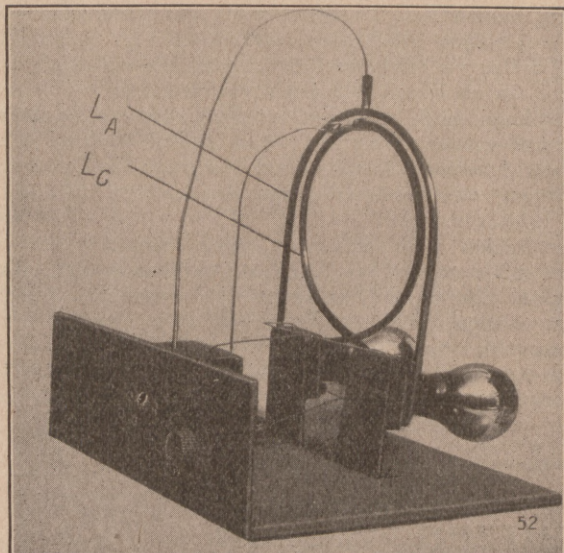


Abb. 2. Seitenansicht des Gegentaktsenders.

einen klaren, reinen Ton gibt. Bei zu hoher Spannung tritt ein schnarrendes Geräusch auf, während im umgekehrten Falle die Lautstärke des Summertones kleiner wird. Erwähnt sei hier, daß ganz besonders auf guten Kontakt der Röhrenfüße in den Buchsen der Sockel zu achten ist. Häufig ist ein Fehler an dieser Stelle die Ursache, daß der Sender keine Schwingungen erzeugt. Die angegebenen Selbstinduktionsdaten ergeben, je nach der Gitter-Anode-Kapazität der gewählten Röhren, eine Wellenlänge von etwa 3 bis 4,5 m, z. B. UL 430 L = 4,4 m, während ältere Empfängerröhren 3,2 m ergaben. Die Abb. 2 und 3 zeigen den Aufbau des Senders wohl so gut, daß eine besondere Baubeschreibung überflüssig ist.

An diesem „Rohbau“ lassen sich natürlich noch einige Verfeinerungen vornehmen, um die Leistung zu erhöhen.

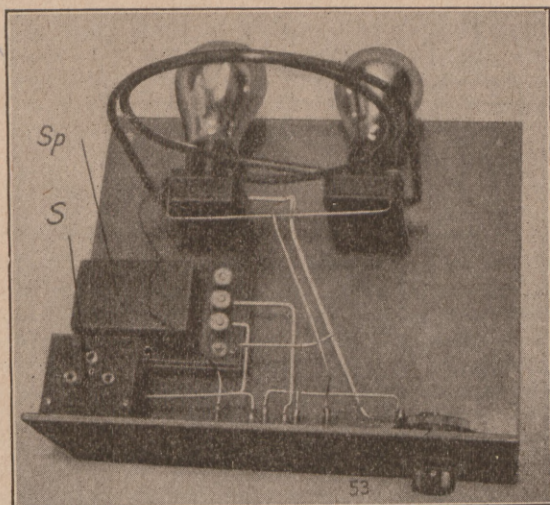


Abb. 3. Sender von oben gesehen.

Hier ist zu erwähnen die Abstimmung des Anodenkreises mit Hilfe eines variablen Kondensators (0 — 15 cm). Bei der Verwendung von Anoden- und Gitterdrosselspulen ist zu beachten, daß nur durch Versuche die günstigsten Windungszahlen bestimmt werden können, denn nicht immer gibt die

ganze Drossellänge ein Maximum an Wirkung. Bei hohen Anodenspannungen ist ein Gitterableitwiderstand oder eine Gittervorspannung in den Gitterkreis einzuschalten.

Anschließend sei hier an Hand der Abb. 4 die Herstellung einer Drosselspule beschrieben. Als Material wird $1\frac{1}{2}$ mm starker Kupferdraht verwendet. Für den Wellenbereich von 3 bis 5 m dürften 30 Windungen auf etwa 25 mm Durchmesser bei einem Windungsabstand von 5 mm ein günstiges Verhältnis ergeben. Der Draht wird nach dem Strecken auf einen Holzzylinder (Besenstiel usw.) von etwa 27 mm Durch-

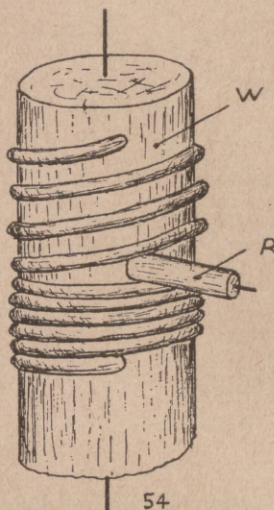


Abb. 4.

W = Wicklungskörper, R = Zwischenstück zur Erzeugung des Windungsabstandes.

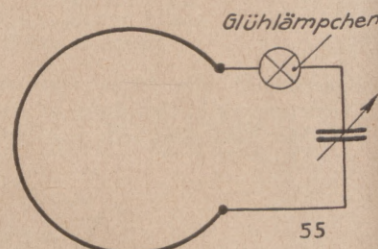


Abb. 5. Absorptionskreis. Der Indikator (Glühlämpchen) leuchtet bei Resonanz mit dem Sender auf.

messer aufgewickelt. Die Drahtspirale hat nach dem Abziehen den gewünschten Durchmesser. Um nun den erforderlichen Windungsabstand zu erhalten, wird die Spirale um den Wicklungskörper W gedreht und zwischen das

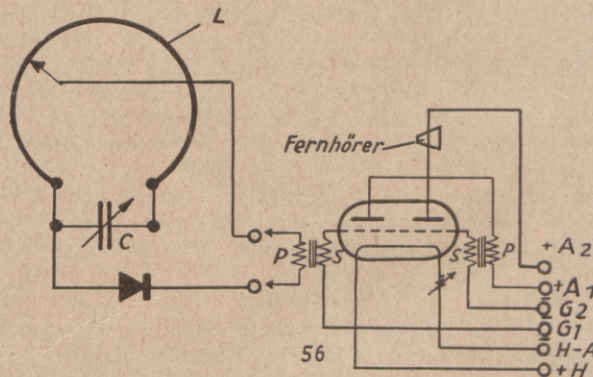


Abb. 6. Kristalldetektorempfänger mit Niederfrequenzverstärker.

L = 180 mm Durchmesser, 3- bis 4 mm-Kupferdraht, C = Neutrodon (Plattendurchmesser 2,7 cm).

obere Ende der Spule ein Stück Rundholz oder -messing R (Isolierstück eines Bananensteckers) gezwängt, dessen Durchmesser etwa 7 mm beträgt. Während also R fest an den Wicklungskörper gepreßt wird, muß die Spirale, wie schon erwähnt, gedreht werden. Mit Hilfe dieser einfachen Mittel ist eine saubere Herstellung möglich.

Um die Wirkung von Schaltungsänderungen am Sender zu beobachten, wird in den Detektorkreis an Stelle des Fernhörers ein Galvanometer eingeschaltet; steht dieses Instrument nicht zur Verfügung, so kann auch ein Milliampere-meter (0 bis 2 mA) verwendet werden. Bei 4 Watt

sind in einer Entfernung von 45 cm etwa 1,5 mA nachweisbar. Auch ein Absorptionskreis nach Abb. 5 läßt sich hierfür verwenden. Wird der Raum, in dem die Versuche ausgeführt werden, verdunkelt oder über das Lämpchen eine Papierhülle gesetzt, so lassen sich auch kleinere Stromänderungen beobachten, allerdings wird immer eine Rückwirkung durch die bedingte feste Kopplung eintreten. Bei der Ausführung dieser Versuche darf der Körper des Experimentierenden oder einer anderen Person nicht zwischen den Geräten stehen, da sonst Fehlresultate nicht zu vermeiden sind.

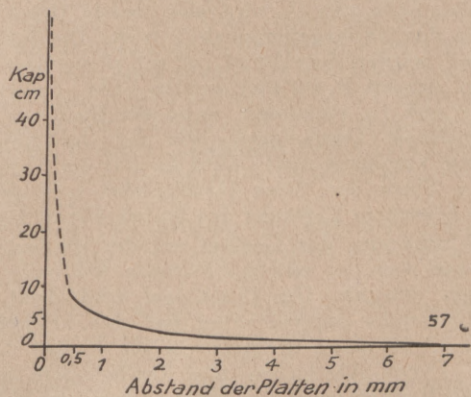


Abb. 7.

Auch treten Beeinflussungen auf, wenn Personen in einiger Entfernung neben oder dicht hinter oder vor dem Sender oder Empfänger sich befinden. In Richtung der Spulenebene ist durch das Nähern einer Person eine „Antennenwirkung“ nachweisbar. Einen Beweis, wie groß eine derartige Beeinflussung sein kann, möge der folgende Versuch erbringen. In einem Aufsatz¹⁾ in der „CQ“ führte ich an, daß eine Überbrückung von 30 m ohne Antennen am Sender und Empfänger möglich sei. Bei Wiederholung mißlang der Versuch; irgendwelche Fehler konnten aber an den Geräten nicht entdeckt werden. Das Experiment wurde wiederholt,

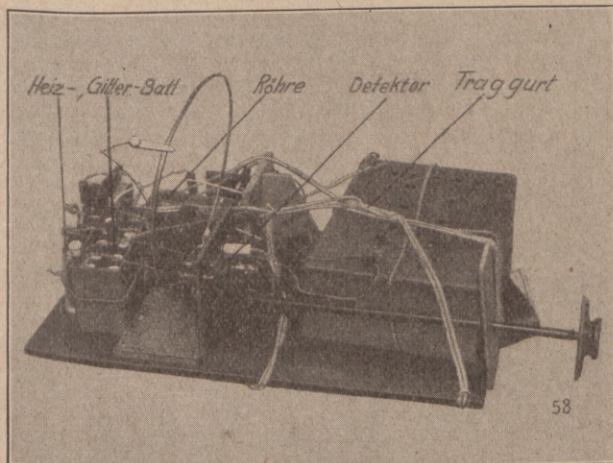


Abb. 8. Ansicht des tragbaren Empfängers.

und plötzlich trat der erwünschte Erfolg ein. Durch ein seitliches Herantreten des Experimentierenden, um den Detektor einzustellen, erfolgte die oben erwähnte „Antennenwirkung“ und damit der Empfang. Auf die Wahl des Standortes muß also gut geachtet werden, der am besten senkrecht zur Spulenebene in einiger Entfernung zu wählen ist. Auch treten durch Schaltungsänderungen an den Geräten Wellenlängenverschiebungen auf, so daß immer nachgestimmt werden muß.

¹⁾ Vgl. den Aufsatz „Empfangsversuche mit Kristalldetektor auf kurzen und ultrakurzen Wellen“ von DE 0448 in Heft 14 der „CQ“, Jahr 1928.

Die angeführten Mittel zur Leistungserhöhung am Sender sind für die Reichweiten, wie sie in der Bastelstube zur Verfügung stehen, völlig überflüssig, und es genügt der einfache Aufbau. Nun die wichtige Frage des Bedarfes an Meßinstrumenten und Stromquellen. Steht dem Bastler das Lichtnetz, aber kein Netzanschlußgerät zur Verfügung, so ist ein Milliampereometer im Anodenkreis notwendig, um: 1. die Größe der Vorschaltwiderstände zu bestimmen und die Röhren vor Überlastung zu schützen, 2. bei der Benutzung von Glühlampen als Widerstände ist an der Veränderung der Helligkeit beim Berühren des Gitterkreises deutlich zu ersehen, ob der Sender Schwingungen erzeugt. Weitere Instrumente erübrigen sich, wenn zur Heizung der Röhrenfäden Akkumulatoren oder bei Netzheizung das Anodeninstrument mit einem Shunt benutzt wird. Auch mit Trockenbatterien lassen sich diese Versuche ausführen; allerdings muß die Energie des Senders klein gehalten werden, um keinen hohen Stromverbrauch zu bekommen. Bei Benutzung von Empfängerröhren konnten noch bei 40 Volt Anodenspannung und 4 mA Anodenstrom Schwingungen erzeugt werden.

Der Empfänger.

Zur Überbrückung kleinerer Entfernungen und als Kontrollempfänger ist der Kristalldetektorempfänger das Ideal

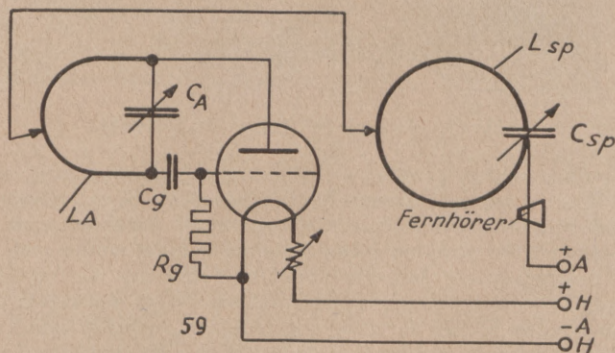


Abb. 9. Röhrenempfänger für ultrakurze Wellen.

$L_A = L_{sp} = 160$ mm Durchmesser aus 3- bis 4 mm-Kupferdraht, $C_A = C_{sp} = 20$ cm, $C_G = 250$ cm, $R_G = 3$ bis 5 Megohm.

in bezug auf Materialbedarf und Bedienung. Abb. 6 zeigt die verwendete Schaltung mit angeschaltetem Verstärker. Die Daten des Schwingungskreises sind $L = 180$ mm Durchmesser, 3 mm-Kupferdraht, $C =$ Neutrodon (Plattendurchmesser 27 mm, Abstand von 0 bis 7 mm variabel). Wellenbereich etwa 3 bis 5 m. Wie aus Abb. 6 ersichtlich, ist der Detektor galvanisch angekoppelt. Durch diese Kopplung wird die Dämpfung des Schwingungskreises geringer, und somit steigt auch die Lautstärke und die Abstimmungsschärfe. Die günstigste Lage des Abgriffes ist durch Versuche zu bestimmen. Zur Beseitigung der Handempfindlichkeit muß an dem Kondensator ein Verlängerungsstab von 15 bis 20 mm befestigt werden. Bei der Überbrückung des Fernhörers mit einem Blockkondensator wurde beobachtet, daß sich die Lautstärke verringerte. Wird als Abstimmkondensator ein Neutrodon benutzt, dessen eine Platte durch eine Schraube axial beweglich ist, so muß, um eine leichte Abstimmung zu erhalten, auf die Selbstinduktion des Schwingungskreises geachtet werden. Deren Größe, d. h. der Durchmesser, ist so zu wählen, daß der Plattenabstand nicht kleiner als etwa 5 mm wird. Bei kleineren Werten steigt, wie Abb. 7 zeigt, die Kapazität sehr stark an.

Nun wird die Frage auftauchen, wie der Schwingungskreis des Empfängers auf die Senderwelle abzustimmen ist. Bei Anodenleistungen bis etwa 3 Watt ist durch Änderungen des Ausschlags am Anodenstrominstrument oder im Notfalle, wenn der Sender moduliert ist, durch das Verschwinden des Tones im Detektorempfänger die Resonanzlage zu beobachten. Die Kopplung zwischen dem abzustimmenden Kreis und dem Sender soll nicht zu fest sein, etwa 20 bis 25 cm.

Bei geringer Leistung muß loser gekoppelt werden. Stehen 4 Watt und mehr zur Verfügung, so muß in den Schwingungskreis ein Lämpchen (Taschenlampenbirne) eingesetzt werden, das bei Resonanz aufleuchtet (s. Abb. 5). Ist durch unrichtige Dimensionierung des Kreises dieser nicht auf die Grundwelle abgestimmt, so ist die Intensität der Änderungen bzw. des Leuchtens viel geringer.

Der Aufbau des Detektorempfängers mit angeschlossenem Verstärkerteil ist aus Abb. 8 ersichtlich. Als Verstärkerröhre wurde, um einen gedrängten Aufbau zu erhalten, eine

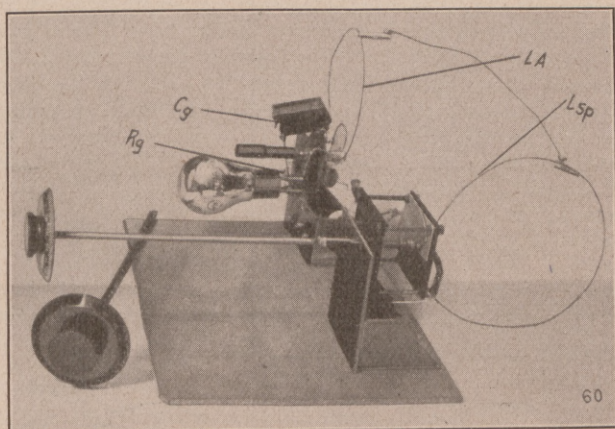


Abb. 10. Aufbau des Röhrenempfängers.

Zwillingsröhre gewählt. Bei einer Anodenleistung von 3 Watt waren mit diesem Empfangsgerät in 80 m Entfernung Zeichen noch aufzunehmen. Hierzu ist zu erwähnen, daß am Standort des Gerätes keine Antenne benutzt wurde und die Anodenspannung für die Verstärkerröhre nur 60 Volt betrug. Bei allen Reichweitenversuchen ist zu beachten, daß an einigen Stellen der Empfang plötzlich ausbleibt und nach dem Verlassen dieser „Empfangslöcher“ die normale Lautstärke wieder erscheint (z. B. beim Durchlaufen eines großen Wohnhauses mit dem Empfangsgerät usw.). Für die ersten Versuche ist diese Erscheinung zu beachten, da meist der Detektor als Schuldiger „erkannt“ und dann ohne Erfolg stark „bearbeitet“ wird. Zum Empfang des Senders kann auch ein vorhandener Kurzwellenempfänger benutzt werden. Mit guter Lautstärke sind die Vielfachen der erzeugten Frequenz im 50, 40, 30, 20 und 10 m-Bereich hörbar. Zum guten Gelingen des Versuches ist eine präzise Feineinstellung und eine restlose Beseitigung der Handempfindlichkeit erste Vorbedingung. Interessanter und technisch wichtiger sind die Versuche mit einem Empfänger, der auf der Grundwelle arbeitet. Das Schaltschema zeigt Abb. 9. Dieses einfachste Prinzip der Röhrenempfänger für ultrakurze Wellen, ohne Superregenerativzusatz oder getrenntem Audion und Kurzwellenempfängerröhre, genügt für den Bedarf des Bastlers völlig. Dem Nachteil der geringeren Empfindlichkeit stehen einfacher Aufbau, geringerer Materialbedarf und leichte Bedienbarkeit als Vorteil gegenüber. Der Aufbau dieses Gerätes ist in Abb. 10 dargestellt.

LA = Selbstinduktion des Abstimmkreises für 4,5 m Wellenlänge und 20 cm Kapazität, etwa 160 mm Durchmesser, 3- bis 4 mm-Kupferdraht;

CA = Abstimmkondensator, max = 20 cm;

Lsp = Selbstinduktion des Sperrkreises für die gleichen Daten, wie LA, etwa 160 mm Durchmesser;

Csp = max 20 cm, Cg = 250, Rg = 3 bis 5 M Ω .

Die Kondensatoren CA und Csp lassen sich leicht aus „alten“ Drehkondensatoren herstellen. Die Stator- und Rotorplatten werden bis auf je eine entfernt. Der Abstand, der die maximale Kapazität bestimmt, kann aus einer der bekannten Kapazitätsformeln ermittelt werden.

Die Drahtbügel der Schwingungskreise werden direkt auf

die Deckplatten der Kondensatoren montiert; allerdings läßt sich diese Methode nur bei Endplatten aus Isoliermaterial anwenden. Hierdurch ist nur die Verbindung zum Rotor notwendig, die in Form einer Spirale aus Kupferfolie ausgeführt wird. Die Kondensatoren müssen zur Beseitigung der Handempfindlichkeit mit 20 bis 25 cm langen Verlängerungsstäben versehen werden. Aus Abb. 11 ist eine einfache Ausführung ersichtlich. Die Kondensatorachse KA wird mit einem Messingstift M₁ versehen, an dem die Hülse H₁, die mit einem Schlitz versehen ist, angreift. An dem freien Ende von H₁ wird eine zweite Hülse H₂ angelötet, die den Verlängerungsstab V trägt. Die Hülse H₂ und der Stab V werden durchbohrt und mit einem Messingstift M₂ versehen, der mit H₂ verlötet werden kann. Selbstverständlich läßt sich H₂ vermeiden, wenn ein Stab von gleichem oder größerem Durchmesser, wie der der Kondensatorachse, zur Verfügung steht. Wird das auf die Achse KA geschobene Stück der Hülse H₁ möglichst lang gewählt, so ist eine besondere Lagerung des Stabes überflüssig.

Die Abstimmung des Gerätes auf die jeweilige Senderwelle kann nach der gleichen Methode wie beim Detektorempfänger erfolgen. Der Drahtbügel wird dicht an einer Befestigungsstelle aufgeschnitten und das Lämpchen (nach Abb. 5) mit je einem Kontakt an die beiden Enden angelötet. Durch Abstimmen des Kondensators und durch eventuelle Verkleinerung oder Vergrößerung des Bügels kann sowohl der Sperrkreis als auch der Abstimmungskreis des Audions mit dem Sender in Resonanz gebracht werden. Hierbei ist, wie schon erwähnt, die zur Verfügung stehende Energie (mindestens 4 Watt) maßgebend. Bei der Abgleichung des Audionkreises braucht die Röhre nicht entfernt zu werden. Wird der Kreis ohne Röhre abgestimmt, so ist darauf zu achten, daß die Gitter-Anode-Kapazität dem Abstimmkondensator beim Einsetzen parallel geschaltet wird und die Abstimmung verschiebt.

Ist die Abgleichung erreicht, so wird der Sperrkreis in einer Entfernung von 20 cm neben dem Audion montiert und die beiden Spulen durch eine Leitung verbunden. Um induktive Kopplung zu vermeiden, müssen die Spulenachsen senkrecht zueinander stehen. Über die einfache Bedienung des Empfängers ist nur zu erwähnen, daß, wie bei allen Kurzwellengeräten, der Abstimmkondensator sehr langsam bewegt werden muß. Die Klemme am Abstimmkreis wird ungefähr in der Mitte der ersten Hälfte gegen das Gitter zu sitzen. Durch Verschieben des zweiten Abgriffes am Sperrkreis

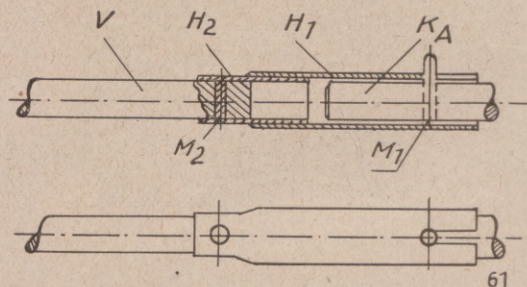


Abb. 11. Befestigung für Verlängerungsstäbe.
KA = Kondensatorachse, M₁ = Anschlagstift, H₁ = Führungshülse mit Schlitz, H₂ = Verbindungshülse zwischen H₁ und V, V = Verlängerungsstab, M₂ = Haltestift.

kann die Kopplung der beiden Kreise geändert werden, bis noch gerade ein Schwingungseinsatz zu erreichen ist.

Die „Reichweite“ der beschriebenen Geräte, bestehend aus dem Gegentaktsender (etwa 4 Watt) und dem Audion mit einstufigem Verstärker, betrug zur Zeit des Abschlusses der Versuche etwa 1,5 km. Die Lautstärke war zur Aufnahme der Zeichen völlig ausreichend, so daß die Annahme berechtigt erscheint, daß die „Reichweite“ noch bedeutend größer ist. Zu diesen Versuchen ist zu bemerken, daß sie nicht etwa auf freiem Gelände vorgenommen wurden.

Antennen.

Als Sendeantenne wird ein Dipol benutzt, dessen Länge etwa der halben Wellenlänge des Senders entspricht. Hierfür eignen sich ineinander schiebbare Messingröhren. Die Abstimmung läßt sich bei kleineren Leistungen durch Beobachtung des Anodenstrominstrumentes vornehmen oder behelfsmäßig, wie bei der Abstimmung des Detektorkreises schon erwähnt, durch das Verschwinden des Tones im Kontrollem Empfänger. Der Dipol wird, um die Resonanz zu finden, dem Anodenkreis etwa 7 bis 8 cm seitlich genähert und die Länge verkürzt bzw. verlängert, bis maximale Beeinflussung erreicht ist. Diese Änderung wird bei einigen loseren Kopplungen wiederholt. Bei Leistung von mindestens 5 Watt läßt sich die Resonanz der Antenne durch Aufleuchten eines Lämpchens nachweisen, das in die Mitte des Dipols eingeschaltet wird. Durch eine Vorheizung des Lämpchens ist auch bei kleineren Leistungen das Leuchten gut sichtbar; allerdings müssen in die Batteriezuführungen Drosselspulen gelegt werden.

In einfacher Weise kann der ungefähre Antennenstrom bestimmt werden. Die Anordnung ist im Schema in Abb. 12 dargestellt.

Durch Regulieren des Widerstandes R lassen sich die Helligkeiten der Lämpchen L_1 und L_2 auf gleiche Werte bringen. Ist diese Abgleichung erreicht, so kann unter Vernachlässigung der verschiedenen Fadeneigenschaften der angezeigte Strom am Milliampereometer gleich dem Antennenstrom gesetzt werden. Bei diesen Versuchen ist, um Fehlergebnisse auszuschalten, jede Annäherung an die Antenne zu vermeiden, da der Antennenstrom durch Verringerung des Strahlungswiderstandes steigt und das Lämpchen heller leuchtet. Für den Empfänger ist die Antennenform ohne Einfluß auf die Lautstärke und Reichweite, wie sie für den Bastler in Betracht kommen. Die Antenne (längere Drähte, vorhandene Antennen oder Dipole) kann induktiv gekoppelt werden. Durch Versuche ist der Grad der Kopplung zu bestimmen, nicht immer gibt die festeste Kopplung die größte Lautstärke.

Wellenlängenmessung.

Für kleine Energien hat die folgende Methode (Lecher-System) zur Wellenlängenbestimmung sich gut bewährt. In einer Entfernung von 5 bis 10 cm werden zwei 8 bis 12 m

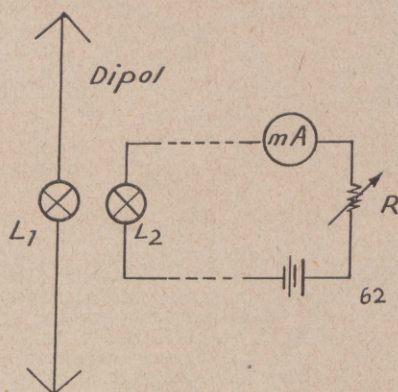


Abb. 12. „Messung“ des Antennenstromes ohne Hitzdraht-ampereometer.

L_1 und L_2 = Glühlämpchen, R = Regulierungswiderstand.

lange und gut gestreckte Kupferdrähte gespannt. Ein freies Ende wird mit einem Drahtbügel und einem Abstimmkondensator versehen und das System mit dem Sender gekoppelt und abgestimmt. Die Abstimmung ist mit den gleichen, schon erwähnten Mitteln nachweisbar. Nach erfolgter Resonanz wird die Kopplung loser gemacht und auf den Drähten eine Brücke, bestehend aus einem U-förmig gebogenen Kupferdraht, bewegt. An einer Stelle des Systems werden die Schwingungen abgelesen. Dieser Zustand kann ebenfalls mit einem Anodenstrominstrument oder dem Emp-

fänger beobachtet werden. Durch Regulieren der Kopplung ist eine scharfe Einstellung zu erreichen. Der gewonnene Punkt wird an den Drähten markiert und die Brücke weiter bewegt, bis eine erneute maximale Beeinflussung eintritt. Die Entfernung zwischen den beiden Marken ist gleich der halben Wellenlänge.

Mit diesen Geräten läßt sich eine große Zahl von Versuchen unternehmen. Die beschriebenen Geräte des Berliner Radio-Clubs, Detektor und Sendergerät, wurden verschiedentlich ausgestellt und erhielten die Silberne Plakette des D. F. T. V.

Ein praktischer Umschalter

Überzählige oder durchgebrannte Heizwiderstände sind wohl bei jedem Amateur zu finden. Aus einem solchen läßt

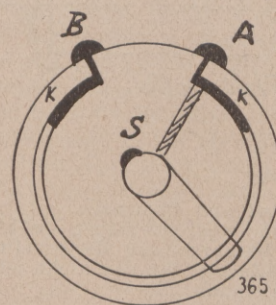


Abb. 1.

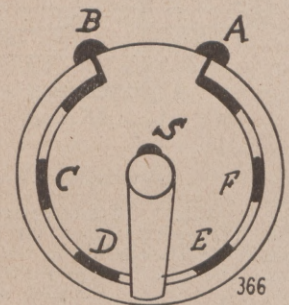


Abb. 2.

sich mit leichter Mühe ein Ein- und Ausschalter oder auch Umschalter herstellen. Man entfernt zu diesem Zweck zunächst den Widerstandsdräht von dem isolierenden Widerstandskörper. Weiterhin muß die Verbindung des Schleifers S mit dem Kontakt A (vgl. Abb. 1) unterbrochen werden. Der Widerstandskörper, der gewöhnlich aus Pertinax besteht, wird an beiden Enden mit etwas Kupferfolie (K) umwickelt. Diese Folie wird mit den entsprechenden Kontakten A und B verbunden.

Eine mit dem Schleifer S verbundene Leitung kann auf diese Weise nach A oder B umgelegt sowie auch abgeschaltet werden, wenn der Schleifer zwischen die Kontakte A und B gedreht wird.

Die Anzahl der Kontakte läßt sich natürlich auch noch vergrößern, indem man den Widerstandskörper an mehreren Stellen mit einem Streifen Kupferfolie umwickelt (Abb. 2). Die einzelnen Kontakte sind in der Zeichnung durch die schwarzen Stellen auf dem Widerstandskörper angedeutet. Da bei den Kontakten C , D , E und F keine Verschraubungsmöglichkeit besteht, muß der jeweilige Anschlußdraht an diesen Stellen angelötet werden.

W. Klop.

*

Erlaß von Rundfunkgenehmigungsgebühren

Auf Antrag können die Rundfunkgebühren künftig auch solchen Personen erlassen werden, die infolge schwerer körperlicher Leiden in ihrer Bewegungsmöglichkeit und im Besuch von öffentlichen Vorführungen dauernd ernstlich behindert sind und sich gleichzeitig in bedrängter wirtschaftlicher Lage befinden. Antragsteller, die — nötigenfalls durch amtliche Bescheinigungen — glaubhaft nachweisen können, daß die Voraussetzungen auf sie zutreffen, richten ihre Anträge an die zuständigen Postanstalten.

Zwei starke spanische Rundfunksender

Seit Mitte Oktober hat der zweite Sender von Barcelona, „Radio Catalana“, seine Sendungen wieder aufgenommen. Der Sender arbeitet täglich von 19.00 bis 20.30 Uhr auf Welle 375 m und mit einer Energie von 10 kW in der Antenne. Der Sender „Radio-Barcelona“ verfügt nur über 7,5 kW Antennenleistung, ist aber gleichfalls gut in Deutschland zu hören.

Bildfunk von Radio-Paris

Am 15. November d. J. wird Radio-Paris mit täglichen Bildübertragungen nach dem Sférograph-System beginnen.

Bau einer Klangfilm-Wiedergabeapparatur

Von
Dipl.-Ing. J. Keßler

Die vielen Verfahren, die es ermöglichen, Tonfilme herzustellen, hat Eduard Rhein in den Heften 30, 31, 33 u. 34 des „Funk-Bastler“ 1929 ausführlich geschildert. Heut soll nun eine Apparatur beschrieben werden, die es dem Bastler ermöglicht, selbst Experimente mit Tonfilmen anzustellen. Es handelt sich jedoch dabei nur um die Möglich-

wobei aber angenehmerweise die Nadelgeräusche wegfallen.

Bau der Klangfilmwiedergabevorrichtung.

Die folgende Baubeschreibung gibt selbstverständlich nur einen Weg an, man kann noch auf mancherlei andere Art die Konstruktion durchführen, sie soll aber, da sie ausprobiert wurde und sich bewährte, genau wiedergegeben werden, um ein Mißlingen des Baues für den weniger erfahrenen Bastler zu verhüten. Der Apparat gestattet die Reproduktion von etwa 30 m Film. Hauptsächlich ist er zur Vorführung endloser Bänder gedacht. Wollte man größere Filmstücken vorführen, so müßte der Wiedergabeapparat nicht nur durch einen Vor- wie Nachwickler (wozu gegebenenfalls eine einzige Zahntrommel benutzt werden kann), ergänzt werden, sondern es müßte noch durch eine Aufwickelvorrichtung dafür gesorgt werden, daß das abgelaufene Filmband sich automatisch wieder aufspult.

Das schwere Schwungrad Sch (vgl. Abb. 5) soll einen möglichst gleichmäßigen Lauf des Filmbandes verbürgen, um Schwankungen der Tonhöhe zu vermeiden; daher darf auch die Kupplung mit dem Motor nicht starr sein. Sie wird bei dem beschriebenen Gerät dadurch elastisch gemacht, daß als Transmissionsschnur eine Spiralfeder verwendet wird (vgl. Abb. 9). Aus dem nämlichen Grunde werden an der Motorwelle die vier Flügel eines alten Ventilators angebracht, die aber so zugebogen werden müssen, daß die Flügelebene parallel der Motorachse ist.

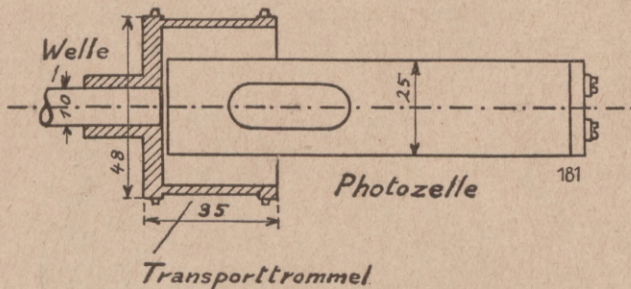


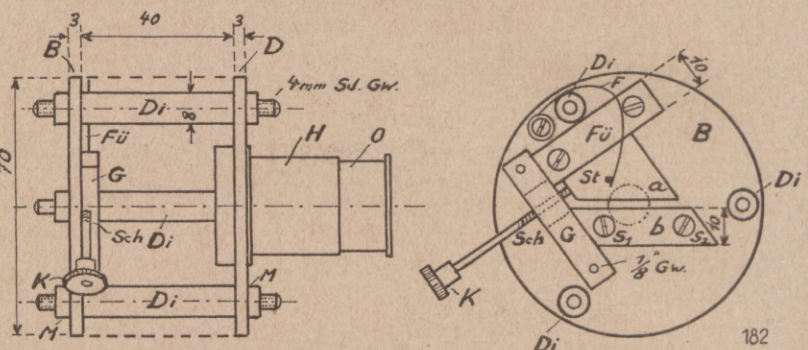
Abb. 1. Transporttrommel und Photozelle.

Die Transporttrommel ist geschnitten gezeichnet, während die Photozelle in ihrer Vorderansicht dargestellt ist. Die ovalförmige Eintrittsöffnung für das Licht ist deutlich zu erkennen.

keit, den Klangfilm wiederzugeben und nicht aber auch gleichzeitig den Bildfilm¹⁾. Die Apparatur ist zur Wiedergabe von Klangfilmen berechnet, die die Intensitäts- bzw. die Dichteschrift besitzen (vgl. „Funk-Bastler“ 1929, Heft 33, Seite 517). Die hier beschriebene Tonfilm-richtig gesagt Klangfilmwiedergabevorrichtung ist von mir bereits schon vor 1½ Jahren gebaut und unter anderem auch für Lautsprecher- sowie Verstärkeruntersuchungen, wozu sie sich gut eignet, verwendet worden.

Da jetzt im Handel geeignete Photozellen (sogar in letzter Zeit etwas billiger geworden) leicht zu erhalten sind, und da der Tonfilm in vielen Kine-theatern eingeführt ist²⁾, so dürfte eine Beschreibung für den Selbstbau willkommen sein. Die Wiedergabe kann mit jedem guten Lautsprecher erfolgen, wobei lediglich vor den Verstärker (z. B. einen zweifachen Gegentakt-Kraftverstärker) ein zweistufiger Vorverstärker geschaltet werden muß, um die sehr, sehr schwachen Photozellenströme zu verstärken.

Da es schwierig ist, alle Bedingungen, die für eine exakte Wiedergabe der Musik erforderlich wären, beim Selbstbau zu berücksichtigen (ich möchte an dieser Stelle auf das interessante Buch³⁾ über den Tonfilm von Dr. Engl, einem der drei Erfinder des Tri-Ergon-Verfahrens, verweisen; das Buch zeigt, welche Mühe es bereitet, einwandfreie Aufnahme wie Wiedergabe zu bewerkstelligen), so darf man keine zu hohen Anforderungen an die Wiedergabe stellen. Es entspricht die Güte der Wiedergabe etwa der einer guten Sprechmaschine,



von der Seite

von vorne ;

Teil D, Hu, O nicht gezeichnet!

Abb. 2. Spaltanordnung.

Darin bedeutet: B Bodenplatte (Material Messing), Fü Führungschiene, G Gewindeteil (vgl. Abb. 3), a den verschiebbaren Spaltteil, b den festen, St Messingstift von 1,5 mm Durchmesser (vgl. Abb. 3), S₁ u. S₂ Befestigungsschrauben, F Stahldrahtfeder, Di Drei Distanzbolzen, M Schlitzmutter zur Befestigung derselben, Sch Stell-schraube mit 3 mm SI-Gewinde, K Stellknopf, H Hülse, O Objektiv.

Die Lichtbilder Abb. 9 und Abb. 10 lassen die Anbringung dieses primitiven Geschwindigkeitsreglers deutlich erkennen.

Als Filmtransporttrommel eignet sich eine Nachwicklertrommel mit 2 × 32 Zähnen, die aber hohl sein muß, um die Photozelle unterbringen zu können⁴⁾ (vgl. Abb. 1). Als Objektiv habe ich ein altes Okular von einem Mikroskop verwendet; es eignet sich aber jedes Objektiv, das achromatisch korrigiert ist und eine Brennweite, die kleiner als 2,5 cm ist, besitzt.

⁴⁾ Es wurde dazu eine gebrauchte Nachwicklertrommel von einem Krupp-Ernemann-Stahlprojektor-Imperator verwendet. Eine solche ist in Kinoreparaturwerkstätten für etwa 1 bis 3 M. zu erhalten.

¹⁾ Man könnte auch ohne allzu große Schwierigkeiten ein Hauskino für Normalfilm zur Vorführung von Tonfilmen, d. h. gleichzeitig für Wiedergabe von Bild und Ton, sich selbst durch ein Zusatzgerät einrichten. Daß dieser Gedanke nicht ganz abwegig ist, zeigt, daß Zeiß-Ikon plant, Hauskino zu bauen; der Preis des Apparates soll etwa 700 M. betragen.

²⁾ Daher wird es für den Bastler leichter sein, in Besitz eines Stück Abfalltonfilms zu gelangen; 1½ m genügen schon, um einige Versuche ausführen zu können; wenn möglich, beschafft man sich aber etwa 8 m.

³⁾ Jo Engl: „Der tönende Film“. Verlag Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig.

Die Beleuchtungsvorrichtung, die dazu verwendet wurde, ist die gleiche wie die für das in diesen Heften beschriebene Fernsehmodell (vgl. „Funk-Bastler“ 1929, Heft 16, Abb. 11). Der Bau bzw. Kauf einer derartigen Be-

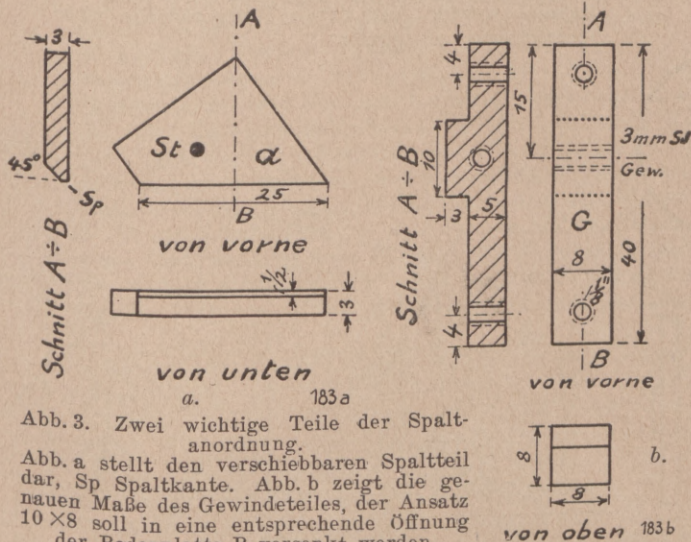


Abb. 3. Zwei wichtige Teile der Spaltanordnung.

Abb. a stellt den verschiebbaren Spaltteil dar, Sp Spaltkante. Abb. b zeigt die genauen Maße des Gewindeteiles, der Ansatz 10×8 soll in eine entsprechende Öffnung der Bodenplatte B versenkt werden.

Liste der Einzelteile.

- 1 Grundbrett, 480×350×10.
- 2 Leisten, 40×60×350.
- 2 Hartholzbretter, 27 mm stark, 30×120 und 90×210.
- 2 Lagerböcke, 55 mm Achslochhöhe, 10 mm Bohrung.
- 1 Welle Silberstahl, 10 mm Durchmesser, 140 mm lang.
- 1 Transporttrommel, 2×32, Zähne (hohl).
- 1 Schwungrad, etwa 150 mm Durchmesser (Gewicht mindestens 2½ kg).
- 2 Walzen mit Nut und Führungsrollen nach Bedarf.
- 1 Spaltanordnung mit Objektiv.
- 1 Beleuchtungsvorrichtung (Lampe, Lampenhaus, Dreifachkondensor).
- Messingrohr, 12 mm Außen-, 10 mm Innendurchmesser, 1200 mm lang.
- 4 mm Silberstahl, 500 mm lang.
- Diverse Stativklammern und sonstige kleine Zubehörteile.

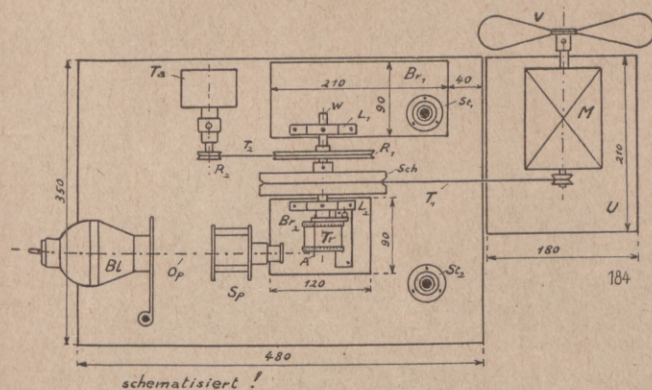


Abb. 4. Skizze des Klangfilm-Wiedergabeapparates. M Motor, V Ventilatorflügel, U Unterlageklotz, T₁ u. T₂ Spiralfederschnur, Br₁ u. Br₂ Hartholzbretter, 27 mm dick, L₁ u. L₂ Lagerböcke, W Welle (aus Silberstahl), Sch Schwungrad, Tr Transporttrommel, A Achse für Walze mit Nut (vgl. Abb. 6), R₁ u. R₂ Schnurläufe, Ta Tachometer, Sp Spaltanordnung, Bl Beleuchtungsvorrichtung, Op Optische Achse, St Ständer für Führungsrollenhalter, H, St₂ Stativ zum Befestigen der Photozelle.

leuchtungsvorrichtung dürfte sich wegen ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeit wohl lohnen.

Da mit dem Klangfilmapparat hauptsächlich musikalische Versuche angestellt werden sollen, ist es notwendig, einen verstellbaren Spalt zu verwenden. Wer den

Apparat lediglich zur Musikwiedergabe benutzen will, kann mit einem festen Spalt auskommen, der wesentlich leichter zu bauen ist. Wie ein beweglicher Spalt gebaut werden kann, zeigt Abb. 2. Bei der Anfertigung muß mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, besondere Geduld muß auf das Einschleifen der Spaltkante verwendet werden (sie ist in Abb. 3 mit Sp bezeichnet). Beim Schleifen wird folgendermaßen vorgegangen: Auf eine gut ebene Unterlage (am besten aus Metall) legt man feinkörniges Schmirgelpapier, über das man die Spaltkante hin und her bewegt, wobei man das Messingstück a bzw. b senkrecht halten muß. Sind beide Teile (a sowie b) gut eingeschliffen (man soll zuletzt rotes Politurpapier verwenden), so darf man, wenn man beide Spaltkanten aufeinander und gegen eine starke Lichtquelle hält, keinen Lichtschimmer dazwischen bemerken (sonst noch nachschleifen). Beim Zusammenbau der Spaltanordnung wird, bevor der Teil D (vgl. Abb. 2) befestigt wird, der Spaltteil a eingelegt, den eine Feder F aus Stahldraht (0,5 mm) an die Führungsschiene Fü anpreßt, und der durch die Schraube Sch verschoben werden kann. Mittels dieser wird die Spaltkante des Teiles a bis in die Mitte des Blendenloches L (10 bis 12 mm Durchmesser) verschoben, darauf der Spaltteil b derart festgeschraubt, daß die Spaltkanten genau (Prüfung wie vorher) aufeinanderpassen. Um diese Einstellung erreichen zu können, sind die Löcher für die Schrauben S₁ und S₂ um 1 mm größer als der Schrau-

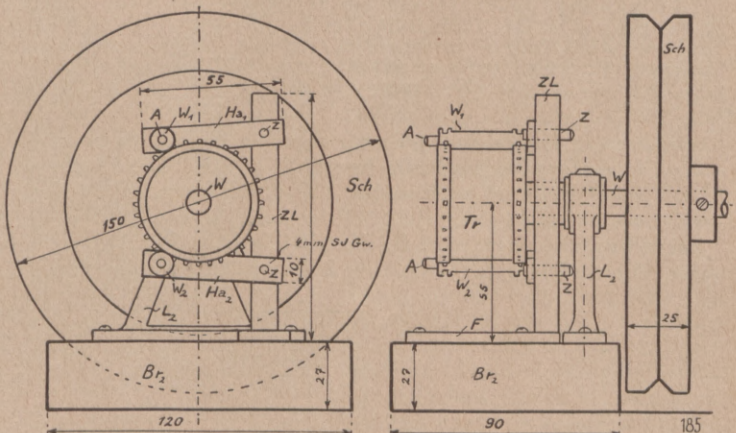


Abb. 5. Zusammenbau von Schwungrad, Lager, Transporttrommel, Walzengabel, Sockel.

ZL Zapfenlagerständer, F Fuß dafür, Ha₁ Messingschiene, Z Zapfen, 4 mm Durchmesser aus Silberstahl, W Walze mit Nut (vgl. Abb. 6), A Achse für diese aus Silberstahl, 4 mm Durchmesser. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie in Abb. 4.

benhals zu bohren. Die übrige Konstruktion geht wohl aus der Abb. 2 genügend klar hervor. Es sei noch bemerkt, daß diese Art der Spaltanordnung sowohl technisch wie optisch nicht ganz korrekt ist, aber sie hat sich praktisch bewährt und ist leichter zu bauen als eine vollkommen einwandfreie.

Als Lager für die 140 mm lange, 10 mm starke Welle aus Silberstahl, die sehr gut „laufen“ muß, haben sich hier ebenfalls zwei Lagerböcke von 55 mm Achslochhöhe, 10 mm Bohrung (vgl. „Funk-Bastler“ 1929, Heft 16, Abb. 10) bewährt.

Die Stative St wie der Führungsrollenhalter (vgl. Abb. 8) wurden aus 12 mm starkem Messingrohr von 1 mm Wandstärke angefertigt. Die diversen Stativklammern sind z. B. in einer Lehrmittelhandlung erhältlich.

Ein Reißbrett mit Hirnleisten, 480×350, benutzte ich als Montagebrett; es ist praktisch, zwei Leisten 40×60×350 als Füße unter dem Grundbrett zu befestigen (vgl. Abb. 9).

Die Anordnung der Teile auf dem Montagebrett gibt skizzenhaft die Abb. 4 wieder.

Die Abb. 5 zeigt die Anordnung der so wichtigen Transporttrommel, des Schwungrades und auch der beiden

Walzengabeln. Eine Spiralfeder (in Abb. 4 nicht zu sehen) sorgt dafür, daß die beiden Walzen W_1 und W_2 mit Nut den Film an die Transporttrommel pressen. Letztere darf nicht die geringsten Schwankungen in radialer Richtung

sehr bequem zur Kontrolle der Durchlaufgeschwindigkeit des Films.

Die Beleuchtungslampe (25 Watt 6 Volt) muß möglichst mit einer Akkubatterie von 6 Volt (wenn die Wiedergabe zu leise, Lampe mit 8 Volt überheizen) gespeist werden, um durch Netzgeräusche nicht beeinträchtigt zu werden.

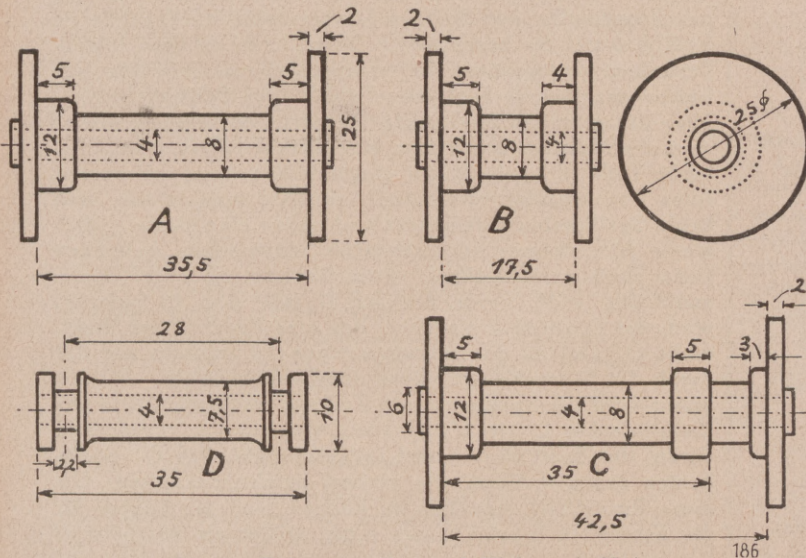


Abb. 6. Führungsrollen und Walze mit Nut.

A Führungsrolle für Normalfilm (Tobis-Tonfilm), B Rolle für Tri-Ergon-Klangfilm (siehe diesen in Abb. 7), C Führungsrolle für Tri-Ergon-Tonfilm, D Walze mit Nut zum Andrücken des Films an die Transporttrommel.

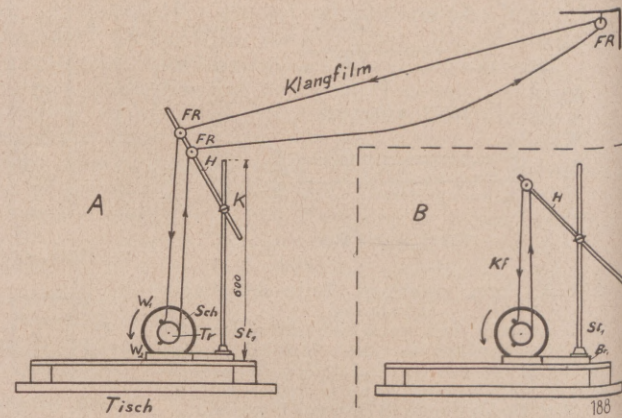


Abb. 8. Filmvorführungen.

Abb. A für längere endlose Bänder, Abb. B für kürzere Filme, K Stativklammer, FR Führungsrollen, H Halter für letztere.

ausführen, d. h. sie muß genau zentrisch laufen, da sonst die Tonwiedergabe ungünstig beeinflusst würde. Die Photozelle nebst Hülle ist auch in der Abb. 5, der besseren Übersicht wegen, nicht dargestellt. Wie die Abb. 9 u. 10 deutlich erkennen lassen, wird die Metallhülle (zum Abschirmen) der Photozelle (eine Zelle von Loewe-Radio wurde ver-

Der Vorverstärker.

In Abb. 11 erblicken wir die Schaltung des Photozellen-vorverstärkers und sehen, daß der Bau nicht schwierig ist. Der ganze Vorverstärker muß unbedingt allseitig (also auch von unten) durch Zink- oder Aluminiumblech abgeschirmt werden, auch die Zuführung zur Photo-

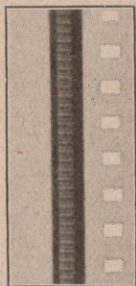


Abb. 7.
Klangfilm
(Tri-Ergon).

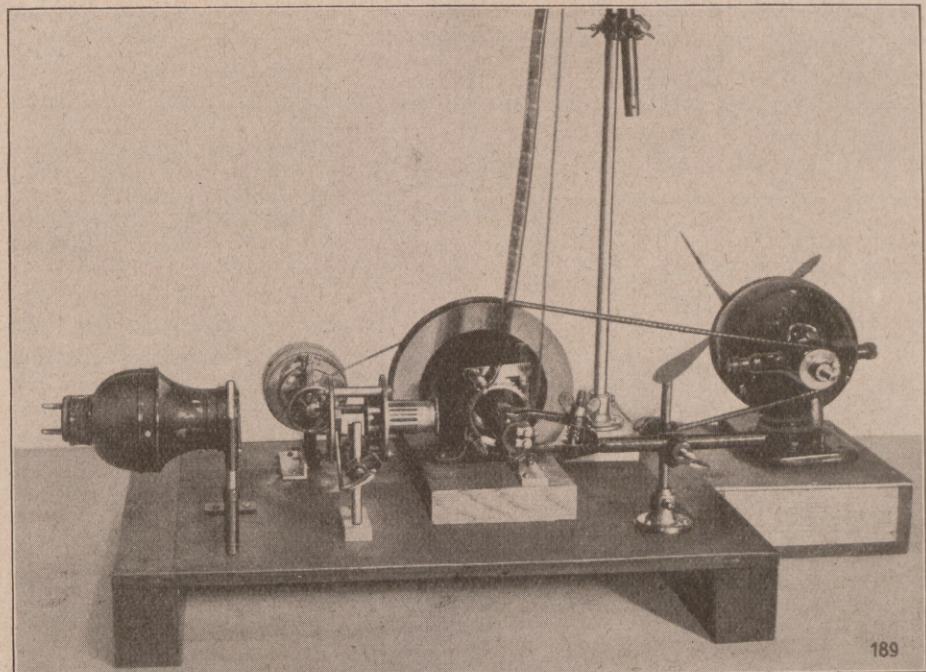


Abb. 9. Der betriebsfertige Apparat (Seitenansicht).

wendet) einfach mittels einer Klammer, die wiederum mit einer Winkelklemme (Doppelmuffe) am Stativ St_2 (vgl. Abb. 9) befestigt wird, so angebracht, wie es Abb. 1 zeigt. Das Tachometer Ta ist zwar nicht unbedingt nötig, aber

zelle muß durch einen Metallschlauch vor statischen Einwirkungen geschützt werden. Als wünschenswert hat es sich auch erwiesen, den Hauptverstärker abzuschirmen, um von außen kommende Störungen fernzuhalten. Für be-

scheidene Ansprüche genügt es, auch mit einem einzigen Verstärker zu arbeiten, der wie der Verstärker in Abb. 19, „Funk-Bastler“ 1929, Heft 19, geschaltet und ebenfalls abgeschirmt wird.

Wichtig ist es ferner, den Zellenkreiswiderstand R_z nicht größer als 0,5 Megohm zu wählen, am besten nimmt man für R_z einen Hochohmwiderstand von 0,3 Megohm; als Kopplungskondensatoren C und C_1 in Abb. 11 wurden Vakuumkondensatoren von 5000 cm Kapazität verwendet. Auch soll der Gitterableitwiderstand R_{g1} für die erste Röhre nicht größer als 2 Megohm sein, um lineare Verzerrungen zu vermeiden. Aus demselben Grunde wäre es vorteilhaft, für C_2 einen Blockkondensator von $0,1 \mu F = 90\,000$ cm zu benutzen, der aber die allerbeste Isolation besitzen muß, dann ist aber R_{g2} etwa 0,5 Megohm zu wählen. R_a wird 0,1 und R_g wird $2 \div 0,5$ Megohm groß genommen. Die Anodenspannung für die Photozelle muß beträchtlich

Frage kommt, ausgegangen werden, das ist die Frequenz $10\,000^5$.

Bei einer Filmgeschwindigkeit von 400 mm pro Sekunde (der genaue Wert ist 432; vgl. „Funk-Bastler“, Jahr 1929, Heft 33, Seite 517) benötigt eine Periode der Frequenz $10\,000 \frac{1}{400}$ mm Filmlänge. Da nun auf eine Periode zwei Halbwellen (Wechsel) entfallen, so darf die Breite der Lichtlinie, wenn diese Frequenz noch wiedergegeben werden soll, nur $2 \frac{1}{100}$ mm betragen. Die Gründe dafür kann man sich leicht aus der Abb. 12 ableiten.

Die Kurve 1 der Abb. 12 stellt den Verlauf des Glimmlampenstromes und damit ihres Lichtwellenstromes dar (idealisiert). Der Einfachheit wegen ist eine Rechteckkurve⁶⁾ angenommen und aus dem gleichen Grunde volle Aussteuerung der Lampe. Unter dieser Kurve ist die zugehörige Klangfilmaufnahme K (Photogramm; vgl. auch „Funk-Bastler“, Jahr 1929, Heft 30, Seite 474, und Heft 31,

Seite 486) dargestellt, die sich bei unserer Annahme einfach als eine Aneinanderreihung von schwarzen und weißen Rechtecken ergibt (falls eine Lichtlinie von allergrößter Feinheit zur Aufnahme verwendet wurde). Unter dem Photogramm wiederum ist sowohl eine Lichtlinie von $2 \frac{1}{100}$ mm Breite (stark vergrößert, wie auch die übrigen Teile der Abb. 12) gezeichnet sowie außerdem noch eine zweite Lichtlinie von der Breite $4 \frac{1}{100}$ mm (b in Abb. 12). Denkt man sich nun die Lichtlinie⁷⁾ a nach rechts bewegt, was wegen der Relativität der Bewegung dasselbe ergibt, als würde der Klangfilm bzw. Photogramm (nach links) sich bewegen, was praktisch ja meist der Fall ist, so erhält man einen Lichtwellenstrom von der Form der Kurve 2a, der somit, wie man erkennen kann, nicht mehr in seiner Form dem der ursprünglichen Kurve 1 gleicht (er ist also verzerrt), jedoch die gleiche Frequenz (10 000) besitzt. Bewegt

man dagegen die Lichtlinie b (Breite $4 \frac{1}{100}$ mm), so erhält man keinen Lichtwellenstrom mehr, sondern ein dauernd gleichmäßiges Licht, weil die Summe von „Hell“ und „Dunkel“ konstant bleibt. Unsere Kurve wird daher zu einer Geraden, zur Abzissenachse (Kurve 2b). Es wird also die im Klangfilm noch aufgezeichnete Frequenz 10 000 nicht mehr wiedergegeben von einem Spalt von $4 \frac{1}{100}$ mm Breite. Durch analoge Betrachtungen erhält man folgende Beziehungen:

Die Frequenz 10000	kann nicht mehr durch eine Lichtlinie von	$\frac{4}{100}$ mm Breite
„ „ 5000	„ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{8}{100}$ mm „
„ „ 2000	„ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{2}{10}$ mm „
„ „ 1000	„ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{4}{10}$ mm „
„ „ 100	„ „ „ „ „ „ „ „	4 mm „

wiedergegeben werden.

⁵⁾ Für ganz hohe Ansprüche müßte bis zur Frequenz 15 000 gegangen werden, aber da diese die meisten Rundfunklautsprecher nicht mehr amplitudengetreu wiedergeben, hat es für Amateure keinen Zweck, so hoch zu gehen.

⁶⁾ Eine Rechteckkurve enthält zwar unendlich viele Sinusschwingungen, die aber alle über ihrer Grundfrequenz, hier 10 000, liegen.

⁷⁾ Zur besseren Veranschaulichung kann man sich die Rechtecke („Lichtlinien“), a wie b, in je ein Kartonblatt einschneiden und die Öffnung in demselben über das Querstreifenbild K in Abb. 12 bewegen.

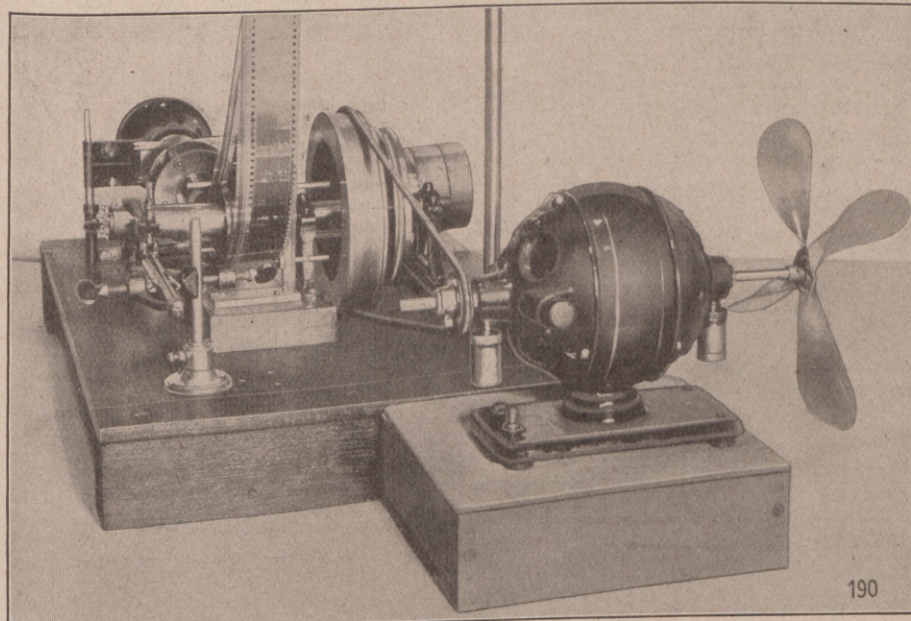


Abb. 10. Der betriebsfertige Apparat (Vorderansicht).

unter ihrer Glimmspannung liegen, um eine möglichst gerade Arbeitskennlinie zu erhalten, damit das Auftreten von nichtlinearen Verzerrungen verhindert wird, wenn auch dadurch die Lautstärke der Wiedergabe etwas sinkt.

Die Saugspannung für die Photozelle kann aus derselben Batterie bezogen werden, aus der die Anodenspannung für die Röhren entnommen wird (vgl. Abb. 11).

Die Photozelle selbst muß ebenfalls unter allen Umständen geschirmt werden. Um eine Selbsterregung der ganzen Verstärkeranordnung zu vermeiden, ist es nötig, die negativen Pole der Heizbatterien und damit die Schirmungskästen einwandfrei zu erden (d. h. gute Erdleitung benutzen), wie auch den Metallschlauch und die Photozellenhülle. Die in Abb. 11 mit A_1 und A_2 bezeichneten Klemmen werden mit dem Eingangstransformator (möglichst einem Konzerttransformator) des schon erwähnten zweistufigen Hauptverstärkers verbunden. Als Lautsprecher möchte ich einen elektrodynamischen, guten Fabrikates, empfehlen.

Versuche mit Klangfilmen.

Zum Verständnis des interessantesten Experimentes (dritter Versuch), das mit dieser Wiedergabevorrichtung ausgeführt werden kann, ist es unbedingt erforderlich, sich über den Einfluß der Spalt- und damit der Lichtlinienbreite auf den Frequenzumfang klarzuwerden. Es soll hierbei von der höchsten Frequenz, die für gute Musikwiedergabe in

Für die Versuche ist es vorteilhaft, nur mit endlosen Filmbändern zu arbeiten, wobei es für manche Experimente gut ist, kurze ($1\frac{1}{2}$ bis 2 m lange) Bänder zu verwenden, während es für andere günstiger ist, einen Film von 7 bis 10 m zu einem endlosen Band zusammenzukleben. Letzterer muß wegen seiner Länge dann über zwei Hilfsrollen führen, von denen die eine an dem Ständer, die andere an der Zimmerdecke leicht drehbar befestigt wird. Die Filmbandführung in beiden Fällen ist aus der Abb. 8 zu ersehen.

Erster Versuch.

Der Spalt wird für diesen Versuch so klein als möglich eingestellt, um noch die höchsten Frequenzen wiedergeben zu können. Das Objektiv wird so in der Hülse H verschoben, daß sich eine ganz scharfe Lichtlinie auf dem Film abbildet. Die Motordrehzahl wird zunächst so einreguliert, daß das Schwungrad drei Umdrehungen pro Sekunde (180 pro Minute) ausführt und also die Durchlaufgeschwindigkeit des Films 24 Bilder pro Sekunde beträgt, was man durch Zählen der Touren eine Minute lang oder bequemer durch ein Tachometer Ta (vgl. Abb. 4) kontrollieren kann.

Als Klangfilm verwendet man dabei am besten einen Film, der Orchestermusik wiedergibt; auch Gesangs- und Soloinstrumenten-Aufnahmen eignen sich hierfür noch. Ist der Apparat in Ordnung, so muß nach Einschalten der beiden Verstärker und der Beleuchtungslampe klar und deutlich die Musik aus dem Lautsprecher ertönen. Voraussetzung natürlich, daß die Klangfilmaufnahme einwandfrei ist. Erniedrigt man jetzt langsam die Umdrehungszahl, so wird nicht nur das Tempo des Stückes sich verlangsamen, sondern die Tonlage immer tiefer und tiefer werden, so daß z. B. die schnellen Läufe einer Flöte tief und bedächtig klingen und der ganze Charakter des Musikstückes infolge des ungewohnten Hervortretens der Obertöne⁸⁾ und der tief gewordenen Grundtöne ganz eigenartig verändert ist⁹⁾.

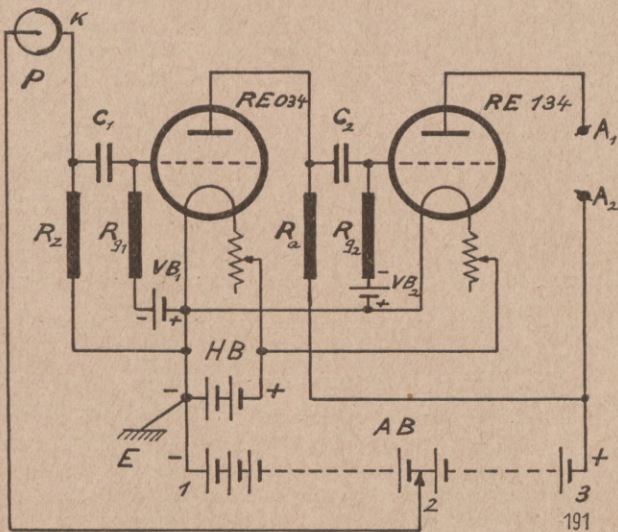


Abb. 11. Photzellenverstärker.

P Photozelle, K Kaliumschicht, AB Gemeinsame Anodenbatterie, Spannung zwischen Punkt 1 u. 2 etwa 60 Volt und 1 u. 3 100 bis 150 Volt, VB Vorspannbatterie, —1,5 Volt, VB₂ Vorspannbatterie, —3 bis —6 Volt. Schirmungskasten und Metallschlauch nicht dargestellt.

Zweiter Versuch.

Obwohl dieser Versuch einen mehr spielerischen Eindruck macht, ist er sehr interessant. Man läßt den Klangfilm ver-

kehrt laufen (umgekehrt einlegen!), so daß die Musik oder Sprache „rückwärts“ wiedergegeben wird. Den Einfluß auf den Musikcharakter zu beschreiben ist nicht gut möglich.

Dritter Versuch.

Die Einstellung erfolgt wie beim ersten Versuch. Es wird aber die Filmgeschwindigkeit unverändert gelassen, dagegen die Spaltbreite allmählich vergrößert und dabei gleichzeitig der Lautstärkeregler

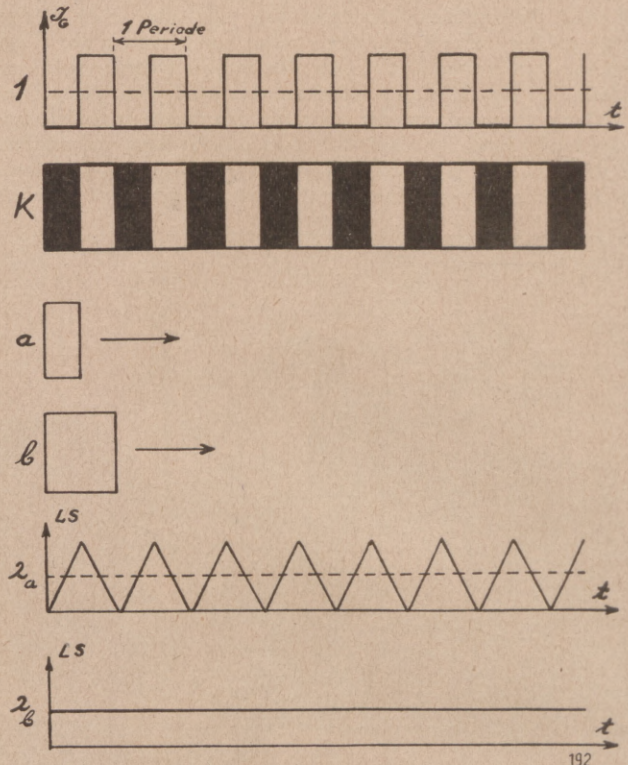


Abb. 12. Kurven, Photogramm (Klangfilm) und „Lichtlinien“.

schwächer gestellt, damit die Lautstärke der Wiedergabe trotz der Erhöhung der Photowellenstromamplitude ungeändert bleibt.

Die Veränderung des Klangbildes ist diesmal eine ganz andere wie beim ersten Versuch. Infolge der ungeänderten Filmgeschwindigkeit bleibt sowohl das Tempo wie auch die Tonlage eines Stückes unverändert, aber trotzdem scheint es, als würde die Tonlage tiefer, weil die Obertöne wegzufallen beginnen. Bei weiterer Spaltvergrößerung fallen sogar die hohen Instrumente, z. B. Flötenstimmen, fort, und schließlich sind nur noch die Bässe (ganz verändert in ihrer Klangfarbe) zu hören. Bei einem Cello-Solo z. B. verliert das Instrument seinen tremolierenden Klangcharakter und klingt recht nüchtern.

Die Sprache beginnt, wenn die Lichtlinie breiter als $\frac{2}{10}$ mm wird, unverständlich zu werden, bei etwa $\frac{4}{10}$ mm verwandelt sich der Vokal e sogar in o und i in u infolge des Wegfalles des oberen Formantbereiches, der bei e um 2000 und bei i etwa bei der Frequenz 2500 liegt¹⁰⁾.

Zum Schluß sei erwähnt, daß man, wie schon bemerkt, mit der Klangfilm-Wiedergabevorrichtung Verstärker- wie Lautsprecheruntersuchungen anstellen kann, wozu aber das lange Filmband benutzt werden soll. Der Vorteil, mit Hilfe der Apparatur die erwähnten Prüfungen auszuführen, liegt darin, daß sich immer wieder die gleiche Musikstelle in kleinen Zeitabständen wiederholt, wodurch die Beurteilung sehr erleichtert wird.

¹⁰⁾ Der dritte Versuch läßt sich mit einer Sprechmaschine überhaupt nicht ausführen. Er ähnelt aber dem elektrischen Versuche, Verwandlung der Sprache bzw. Musik mit Hilfe von Drosselketten.

Empfänger- und Verstärkerschaltungen für totalen Netzanschluß

Von
Ing. H. Reppisch

Vielen Funkfreunden wird es nicht ohne weiteres möglich sein, ihre Geräte auf einmal durch die Verwendung von Wechselstromröhren zu modernisieren, um sich dadurch aller Batterien zu entledigen. Es gibt aber auch erprobte, z. T. sehr einfache Empfänger- und Verstärkerschaltungen, die unter Verwendung der üblichen Röhren für totalen Netzanschluß geeignet sind, bei denen also sämtliche Spannungen aus dem jeweils vorhandenen Starkstromnetz entnommen werden. Es wird vorausgesetzt, daß Empfänger und Verstärker fast ausschließlich zur Lautsprecherwiedergabe dienen; für diesen Fall können dann die Stromreinigungselemente (Drosselspulen und Kondensatoren) schwächer dimensioniert werden, womit auch ein geringerer Kostenaufwand verbunden ist. Selbstverständlich kann man diese Schaltungen auch für Kopfhörerempfang verwenden, jedoch sind dann die Drosselketten für diesen Zweck zu bemessen.

Zweck sind niedrigerkerzige Kohlenfadenlampen sehr gut geeignet. Da aber Endröhren im allgemeinen mehr Heizstrom als die Vorröhren benötigen, so müssen den Röhren mit geringem Heizstrom Widerstände parallel geschaltet werden, die den Heizstromüberschuß aufnehmen. Diese Parallelwiderstände werden ebenfalls als feste Widerstände ausgeführt, wodurch eine weitere Vereinfachung und Verbilligung des Gerätes eintritt. Für Verstärkerstufen nötige negative Gittervorspannungen werden vom Heizstromkreis als Spannungsabfall über die Heizfäden der Röhren und auch — wenn diese Spannungen nicht ausreichen sollten (z. B. Vorspannung für die Endröhre) — an zusätzlich in den Heizstromkreis eingeschalteten Widerständen abgegriffen und den Gitterkreisen über eine Kombination aus Hochohmwiderstand und Blockkondensator zugeführt.

Zur Unterdrückung der störenden Strompulsationen (die

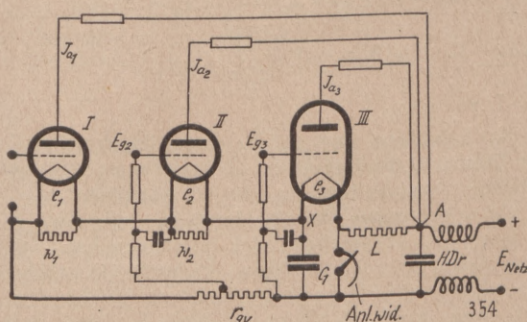


Abb. 1.

Die normalen Empfänger- und Verstärkerröhren mit geringem Heizstrom ermöglichen einen wirklich wirtschaftlichen Gleichstromnetzanschluß¹⁾. Ferner ist es mit Hilfe der modernen Glühkathodengleichrichterröhren, die Gleichspannungen von 100 bis 300 Volt bei einer Gleichstromentnahme von 100 bis 300 mA (je nach Fabrikat) liefern, leicht möglich, auch aus dem Wechselstromnetz Gleichstrom zu erhalten, der zur Heizung der Röhren in ähnlicher Weise wie beim Gleichstromanschluß benutzt wird. Beachtet man, daß Röhren für die Anfangsstufen (Hochfrequenz, Audion und Vorverstärker) mit 70 bis 80 mA Heizstrom bei 3,5 bis 4 Volt Fadenspannung in oft ganz verschiedenen Schaltungen sehr gute Resultate liefern und ferner sehr beträchtliche Leistungen mit Endröhren, die etwa 140 bis 160 mA Heizstrom benötigen, erreicht werden, so erkennt man, daß sich mit solchen Röhren ein Netzanschluß immer noch wirtschaftlich rechtfertigen läßt. Für größere Leistungen, etwa 2 bis 4 Lautsprecher, verwendet man allerdings Endröhren mit Wechselstromheizung; dadurch ergeben sich dann kombinierte Schaltungen.

Um den aus einem Gleichstromnetz oder Gleichrichter entnommenen Gleichstrom möglichst niedrig zu halten, werden sämtliche Röhrenheizfäden in Reihe geschaltet. Ein fester Vorschaltwiderstand wird so bemessen, daß der Spannungsüberschuß an ihm als Spannungsabfall auftritt; für diesen

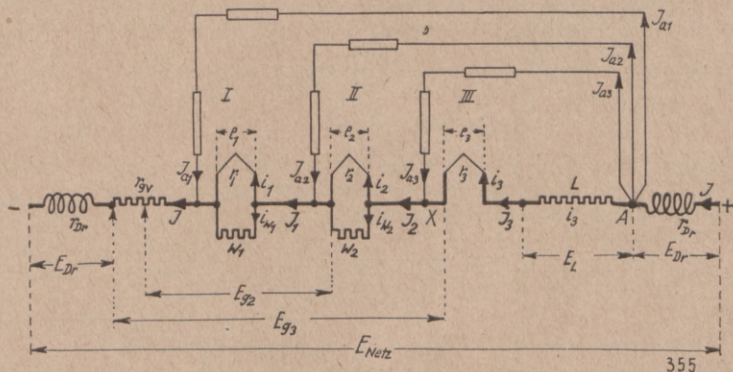


Abb. 2.

aus dem Gleichstromnetz oder aus dem Gleichrichter stammen) dient eine einstufige Drosselkette, deren Drosselspule möglichst große Induktivität bei kleinem Drahtwiderstand besitzen soll.

Das bei Wechselstromnetzanschluß nötige Gleichrichtergeschaltbild besteht aus einem Transformator und einer leistungsfähigen Gleichrichterröhre, die rund 200 bis 300 mA liefern kann. Grundsätzlich ist bei allen diesen Netzanschlußschaltungen zu beachten, daß auch die Anodengleichströme der Röhren mit über den Heizstromkreis fließen; dieser Tatsache ist deshalb Beachtung zu schenken, weil die Röhren der Anfangsstufen normalerweise einen verhältnismäßig geringen Heizstrom besitzen und der Anodengleichstrom der Endröhre mit seinem Wert in die Größenordnung des Heizstromes der Vorröhren fällt. Für die Dimensionierung der Parallel- und Gittervorspannungswiderstände sind also sämtliche Ströme im Heizkreise maßgebend. An einem dreistufigen Empfänger, dessen erste Röhre ein rückgekoppeltes Audion, die zweite Röhre eine Spannungsverstärkerstufe und die dritte Röhre die Leistungsstufe ist, soll das näher erläutert werden. Das Prinzipschaltbild (Abb. 1) zeigt die drei in Reihe geschalteten Röhrenheizfäden mit den Parallelwiderständen, der Drosselkette usw. Für die Berechnung der Widerstände vereinfacht man das Prinzipschaltbild so, daß sich das in Abb. 2 dargestellte Stromlaufbild ergibt. Dabei wird angenommen, daß der gesamte Anodengleichstrom jeder Röhre nach dem negativen Ende (links) des Heizfadens fließt. Aus den Röhrendaten und den Kennlinien entnehmen wir Heizfadenspannung, Heizstrom, Gittervorspannung und den tatsächlichen Anoden-

¹⁾ Netzanschlußgeräte, die einen totalen Netzbetrieb von Empfängern und Verstärkern ermöglichen, sind in dem soeben, in zweiter Auflage erschienenen Sonderdruck „Netzanschlußgeräte“ des „Funk“ angegeben; dort finden sich auch moderne Mittel zur Störungsbeseitigung.

ruhestrom²⁾. Die sehr einfachen Rechnungen werden hier allgemein geführt, damit die erhaltenen Formeln auf jeden beliebigen Röhrentyp angewendet werden können.

In den Formeln bedeuten:

i_1, i_2, i_3 die Heizströme (wobei i_3 größer als i_1 oder i_2 ist),

J_{a1}, J_{a2}, J_{a3} die tatsächlichen Anodengleichströme,

e_1, e_2, e_3 die Heizfadenspannungen; dann ist

$r_1 = \frac{e_1}{i_1}$ der Heizfadenwiderstand (im Betrieb) der Röhre I,

$r_2 = \frac{e_2}{i_2}$ derjenige der Röhre II und

$r_3 = \frac{e_3}{i_3}$ derjenige der Röhre III.

Der aus dem Netz oder Gleichrichter nach dem Punkt A (Abb. 1 und 2) hinfließende Strom sei mit J bezeichnet, der sich aus folgenden Einzelströmen zusammensetzt:

$$i_3 + J_{a3} + J_{a2} + J_{a1} = J.$$

Aus der Abb. 2 ersieht man nun, daß folgende Beziehungen gelten:

$$\begin{aligned} J_3 &= i_3, \\ J_2 &= J_3 + J_{a3} = i_3 + J_{a3} = i_2 + i_{w2} \quad \text{und} \\ J_1 &= J_2 + J_{a2} = J_3 + J_{a3} + J_{a2} = i_1 + i_{w1}. \end{aligned}$$

In parallelen Widerständen verhalten sich bekanntlich die sie durchfließenden Ströme umgekehrt wie diese Widerstände, und es wird daher $\frac{i_2}{i_{w2}} = \frac{w_2}{r_2}$, woraus sich ergibt:

$$w_2 = r_2 \cdot \frac{i_2}{i_{w2}},$$

aus der Formel $i_2 + i_{w2} = i_3 + J_{a3}$ erhalten wir $i_{w2} = i_3 - i_2 + J_{a3}$; dies in die Formel für i_{w2} eingesetzt, ergibt den zur zweiten Röhre parallelen Widerstand

$$w_2 = r_2 \cdot \frac{i_2}{i_3 - i_2 + J_{a3}}.$$

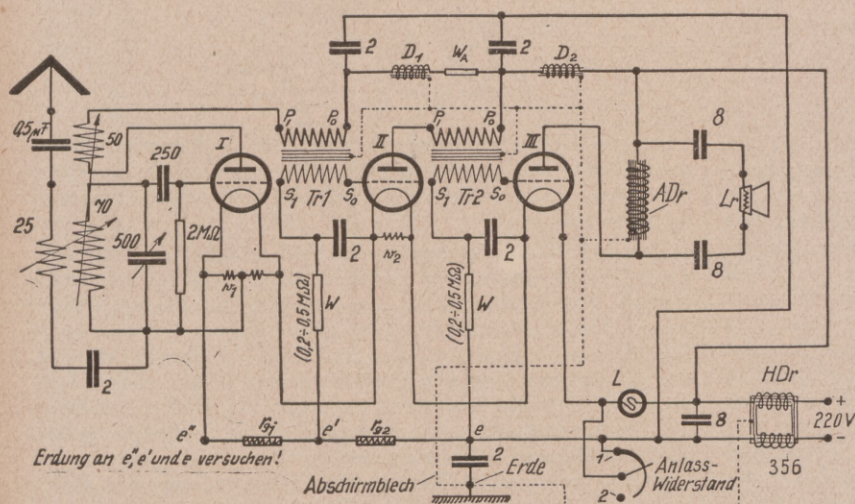


Abb. 3.

Wiederholt man in ähnlicher Weise die gleiche Rechnung für die erste Röhrenstufe, dann wird der zur ersten Röhre gehörige Parallelwiderstand

$$w_1 = r_1 \cdot \frac{i_1}{i_3 - i_1 + J_{a3} + J_{a2}}.$$

²⁾ Unter dem tatsächlichen Anodengleichstrom ist derjenige zu verstehen, der bei der gegebenen Anodenspannung über den im Anodenkreis liegenden Verbraucher (und damit auch über die zugehörige Röhre) fließt; man kann also den aus den Kennlinien ersichtlichen Anodenstrom nicht ohne weiteres in die Rechnungen einführen, sondern muß die durch den Ohmschen Spannungsabfall des im Anodenkreis liegenden Verbrauchers bewirkte Kennlinienverflachung berücksichtigen.

Damit hätten wir die Formeln für die zu den beiden Vorröhren parallel zu schaltenden Widerstände.

Die Endröhre (III) benötigt eine negative Vorspannung von E_{g3} Volt; wenn wir auf den Punkt X (negatives Heizfadene) die Vorspannung beziehen, dann haben wir über die beiden Vorröhren bereits einen negativen Spannungsabfall von $(e_1 + e_2)$ Volt, der aber im allgemeinen zu klein sein dürfte. Ist nun E_{g3} größer als $(e_1 + e_2)$, dann müssen wir an einem Widerstand r_{gv} durch den Strom J einen so großen Spannungsabfall hervorrufen, daß $e_1 + e_2 + J \cdot r_{gv} = E_{g3}$ wird; daraus läßt sich nun der noch vor die beiden Röhren (I und II) zu schaltende Widerstand r_{gv} berechnen.

Die letzte Formel ergibt ihn zu

$$r_{gv} = \frac{E_{g3} - (e_1 + e_2)}{J}.$$

Benötigt die Röhre (II) als Verstärker³⁾ schon eine größere Vorspannung (E_{g2}), als der Spannungsabfall an der ersten Röhre ausmacht, so greift man noch einen Teil von dem am Widerstand r_{gv} herrschenden Spannungsabfall ab, so daß man die richtige Gittervorspannung für die Vorverstärker-röhre erhält.

Zur Bestimmung des Vorschaltwiderstandes (L) muß der Ohmsche Widerstand r_{Dr} der Drosselspule HDR bekannt sein, weil es dann leicht ist, den Vorschaltwiderstand L auszurechnen. Für den Betriebszustand ergibt sich dieser, wenn E_{Netz} die Netz- oder Gleichrichterspannung ist, zu:

$$L = \frac{E_L}{i_3} = \frac{E_{Netz} - (2 \cdot E_{Dr} + e_3 + e_2 + e_1 + J \cdot r_{gv})}{i_3},$$

$$L = \frac{E_{Netz} - (2 \cdot E_{Dr} + e_3 + E_{g3})}{i_3},$$

wobei $E_{Dr} = J \cdot r_{Dr}$ ist.

Damit ist die Schaltung nun gleichstrommäßig bestimmt. Um eine alte Erfahrung bezüglich der Röhrenbeanspruchung beim stoßweisen Einschalten zu berücksichtigen, wird zweckmäßig ein sogenannter Anlaßwiderstand (vgl. Abb. 3 und 4) vorgesehen. Bei Inbetriebnahme des Gerätes schließt man dadurch sämtliche hintereinanderliegende Röhrenheizfäden zuerst kurz (Stellung 1, Abb. 3), legt den Apparat ans Netz und dreht langsam den Anlaßwiderstand, bis er auf „offen“ (Stellung 2, Abb. 3) steht; inzwischen haben die Röhren allmählich ihre volle Spannung erhalten⁴⁾.

Von dem betrachteten Prinzipstromkreis in Abb. 1 und 2 kann man je nach den vorhandenen Mitteln und dem Verwendungszweck des Apparates in der Konstruktion mehr oder weniger abweichen, wie dies an Hand einiger praktisch ausgeführter Typen erläutert werden soll.

Der in Abb. 3 dargestellte Netzanschlußempfänger besteht aus einem rückgekoppelten Audion und einem zweistufigen, mittels Transformatoren gekoppelten Niederfrequenzverstärker. Die Schaltung kann sowohl an einem Gleichstromnetz als auch an einem Wechselstromnetz verwendet

werden; in diesem Falle ist ein einfacher, noch zu beschreibender Gleichrichter nötig. Bei einem Gleichstromnetzanschluß ist zu beachten, daß häufig ein Leiter oder die Mitte dieser Netzart geerdet ist. Aus verschiedenen Gründen ist es sehr ratsam, einen Ausgangstransformator oder (vgl. Abb. 3) eine Drossel mit zwei Blockkondensatoren zu verwenden. Ferner ist bei dieser Netzstromart unbedingt Erfordernis, daß Antenne und Erde nur über span-

³⁾ Die Vorspannung dieser Röhre ist ja kleiner als die der Endröhre III.

⁴⁾ Vgl. auch: Sonderdruck des „Funk“, 4. Heft, „Netzanschlußgeräte“; Kapitel über Netzspannungsregulierung.

nungssichere Blockkondensatoren mit dem Empfänger verbunden werden⁵⁾).

Die Audionröhre I erhält ihre Anodenspannung über eine kleine Drosselspule D_1 , die auf der Transformatorseite durch einen Blockkondensator von $2\mu F$ nach der Minusleitung überbrückt ist; da diese kleine Drosselspule in ihren Ausmaßen etwa so groß wie ein normaler Niederfrequenztransformator ist und nur von einem geringen Gleich-

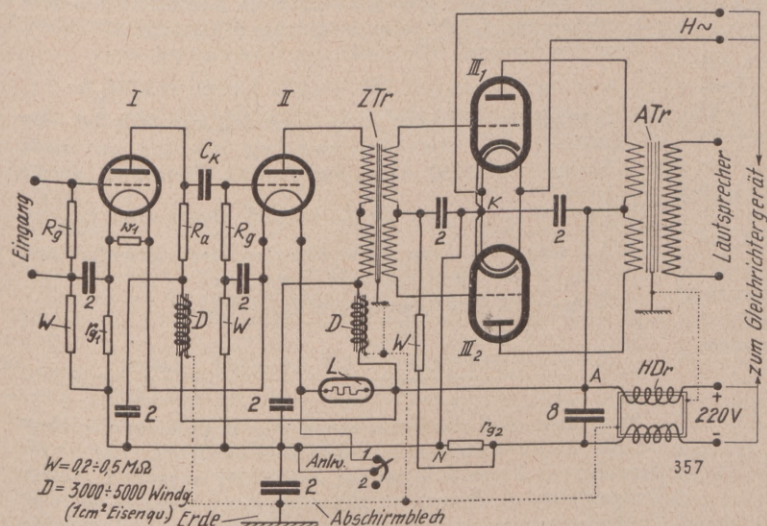


Abb. 4.

strom durchflossen wird, besitzt sie selbst bei kleinen Konstruktionsmaßen (2000 bis 3000 Windungen) eine Induktivität. Sie verhindert bei mehrstufigen Verstärkern eine Rückwirkung der zweiten auf die erste Röhre.

Bei Audionschaltungen ist es gut, wenn der Parallelwiderstand einen Mittelabgriff, eventuell auch deren mehrere, besitzt; der eine Pol des Gitterschwingungskreises bzw. der des dazu parallel liegenden Gitterableitwiderstandes wird an denjenigen Abgriff von w_1 angelötet, bei dem die Audionröhre am besten arbeitet. Es kann sich auch die günstigste Arbeitsweise des Audions daraus ergeben, wenn der Anschluß des Gitterableitwiderstandes (2 Megohm) direkt an das eine oder andere Heizfadenende erfolgt.

Im Heizstromkreis hinter der Vorschaltlampe L (bzw. einem Vorschaltwiderstand L) liegt der schon erwähnte Anlaßwiderstand, der zur Schonung der Röhren beim Anschalten an das Netz oder den Gleichrichter dient; der Schleifer muß dann auf Punkt 1 stehen, wird allmählich über den Widerstandsdraht nach Punkt 2 gebracht, auf dem er im Betrieb stehen bleibt.

Die für die Röhre II notwendige Gittervorspannung wird von dem Spannungsabfall über Röhre I und demjenigen über r_{g1} gebildet; sie wird dem Gitter der Röhre II über den Hochohmwiderstand W mitgeteilt. Am Verbindungspunkt mit der Sekundärwicklung des Transformators ist ein $2\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensator angeschlossen, der mit seinem anderen Pol am Heizfaden der Röhre II liegt (vgl. Abb. 3).

Als Vorschaltwiderstand dient eine Metall- oder Kohlefadenlampe⁶⁾. Die weiteren Einzelheiten gehen aus dem mit Daten versehenen Schaltbild wohl deutlich hervor; verschiedene Angaben sind noch in dem nachfolgenden Zahlenbeispiel genannt. Die mit e, e' und e'' bezeichneten Punkte in Abb. 3 sind (jeder für sich) für die Erdung über einen spannungssicheren 2 μ F-Blockkondensator geeignet; die jeweilig beste Erdung ist auszuprobieren.

Zahlenbeispiel zu Schaltung Abb. 3.

1. Röhre I: $e_1 = 3,6 \text{ V}$; $i_1 = 0,080 \text{ Amp}$ ($= 80 \text{ mA}$); J_{a_1} vernachlässigbar klein; die Audion-Anodenspannung soll etwa $60 \div 80 \text{ V}$ sein, die wir dadurch erreichen, daß im Anodenstromkreis ein Hochohmwiderstand W_A von $50\,000 \Omega$ eingeschaltet wird. Durch verschiedene große Widerstände W_A können wir dann dem Audion auch verschiedene Anodenspannungen geben. Der Transformator zwischen Röhre I und Röhre II hat ein Windungsverhältnis von $1:4$ bis $1:6$; man wählt am besten gekapselte Typen (Supremo o. ä.).
2. Röhre II: $e_2 = 3,6 \text{ V}$; $i_2 = 0,080 \text{ Amp}$ ($= 80 \text{ mA}$); $J_{a_2} = 0,008 \text{ Amp}$ ($= 8 \text{ mA}$); Anodenspannung etwa 200 V . Die Gitterspannung soll etwa $6 \div 8 \text{ V}$ betragen; da hierbei der Spannungsabfall über

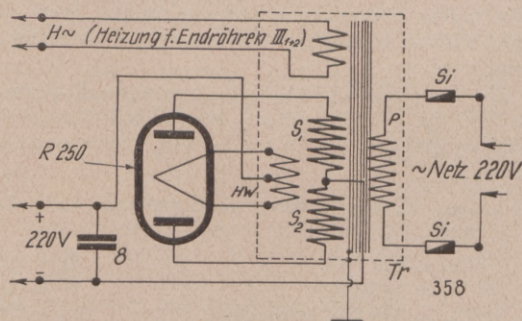


Abb. 5.

die Röhre I nicht allein ausreicht, so ist der Widerstand r_{g1} im Heizstromkreis nötig. Die Größe desselben wollen wir jedoch erst bei Berechnung der Gittervorspannung für die Röhre III bestimmen. Für den Transformator Tr_2 wählt man ein Windungsverhältnis von 1:3 bis 1:4.

3. Röhre III: $e_3 = 3,6$ V; $i_3 = 0,160$ Amp (= 160 mA); $J_{a3} = 0,030$ Amp (= 30 mA); Anodenspannung etwa 200 V; $E_{g3} = 20$ V.

Die Drosselspule soll einen Ohmschen Widerstand r_{Dr} von $40 \, \Omega$ je Wicklung haben. Sodann errechnen sich die verschiedenen nachfolgend angeführten Widerstände aus den angenommenen Werten⁷⁾ zu:

$$r_1 = r_2 = \frac{e_1}{i_1} = \frac{e_2}{i_2} = \frac{3,6 \text{ V}}{0,080 \text{ A}} = 45 \, \Omega; \quad r_3 = \frac{e_3}{i_3} = \frac{3,6 \text{ V}}{0,160} = 22,5 \, \Omega.$$

Daraus ergeben sich dann weiter: Parallelwert zur Röhre II:

$$w_2 = 45 \cdot \frac{0,080}{0,160 - 0,080 + 0,030} = 45 \cdot \frac{0,080}{0,110} = 32,7 \, \Omega,$$

also rd. 33 Ω . Parallelwert zur Röhre I:

$$w_1 = 45 \cdot \frac{0,080}{0,160 - 0,080 + 0,030 + 0,008} = 45 \cdot \frac{0,080}{0,118} = 30,5$$

Die Gittervorspannung für Röhre III beträgt 20 V; es wird ein zusätzlicher Widerstand nötig, der hier (nach Abb. 3) die Summe der beiden Widerstände $r_{g1} + r_{g2} = r_{gv}$ ist. Nach unserer früheren Formel wird dieser

$$r_{gv} = \frac{20 - (3,6 + 3,6)}{0,198} = \frac{12,8}{0,198} = 65 \, \Omega,$$

wobei $0,198 = J$ ist. Da Röhre II eine Vorspannung von 6 bis zu 8 V erhalten soll, so muß $r_{g1} = \frac{8 - 3,6}{0,198} = 22 \Omega$ sein; es ist also, da $r_{gv} = 65 \Omega$ ist,

$$r_{g2} + r_{gv} - r_{g1} \quad 65 - 22 = 43 \, \Omega.$$

5) Die Starkstromnetze sind, soweit sie für den Netzanschlußbastler von Interesse sind, im Sonderdruck „Netzanschlußgeräte“ beschrieben.

⁶⁾ Im Handel werden solche als Illuminationslampen mit Kleingewinde bezeichnet (Nitra-Röhrenlampen).

7) Es sind hier keine Typen der Röhren genannt, da sich alle für Audion- und Vorstufen geeignenden Röhren der verschiedensten Fabrikate mit ihren Daten in obigen Heiz- und Anodenstromtabelle bewegen; ebenso entsprechen die Daten der Endröhre III denjenigen der handelsüblichen Endröhren (siehe Sonderdruck „Moderne Empfänger- und Verstärker-röhren“).

Der Vorschaltwiderstand L ergibt sich dann aus der letzten Formel. Da die Drosselspule HD : etwa $2 \cdot 40 \Omega$ haben sollte und der Gesamtstrom $J = 0,198$ Amp ist, so ist $2 \cdot E_{Dr} = 2 \cdot 40 \cdot 0,198$, etwa $15,8$ V. Somit wird nun

$$L = \frac{220 - [15,8 + 3,6 + 20]}{0,160} = \frac{180}{0,160} = 1125 \Omega.$$

Verwenden wir eine Glühlampe, so muß sie demnach bei 180 V einen Strom von 160 mA verbrauchen; dies entspricht etwa einer 20 - bis 25 Watt-Lampe.

Zum Schluß soll noch eine kombinierte Netzanschlußschaltung in ihren wesentlichen Teilen beispielsweise berechnet werden. Der in Abb. 4 dargestellte Verstärker mit Gegentaktendstufe würde bei Parallelschaltung der Endröhrenheizfäden nicht mehr wirtschaftlich sein; man geht in diesem Falle zur Wechselstromheizung der Endröhren über. Die beiden Vorröhren sind in C-W-Kopplung geschaltet; zu beachten ist auch hier, daß jede der Vorröhren ihre eigene kleine Anodendrossel besitzt, weil dadurch eine sehr wirksame Störungsbeseitigung mit geringen Mitteln erzielt wird.

Die Eisenkerne sämtlicher Drosseln und Transformatoren, sowie die Blechbecher der Blockierungskondensatoren werden geerdet, die Minusleistung über einen $2\mu F$ -Kondensator.

Zahlenbeispiel zu Schaltung Abb. 4.

1. Röhre I:

$$\begin{aligned} e_1 &= 3,6 \text{ Volt}, & R_g &= 0,5 \text{ M}\Omega, \\ i_1 &= 0,080 \text{ A}, & W &= 0,3 \text{ M}\Omega, \\ J_{a1} &= 0,003 \text{ A vernachlässigbar}, & R_a &= 0,08 \text{ M}\Omega, \\ & & C_k &= 0,05 \mu F, \\ E_{gv} &= 3,6 \text{ V}, & R_g &= 0,5 \text{ M}\Omega. \end{aligned}$$

2. Röhre II:

$$\begin{aligned} e_2 &= 3,6 \text{ V}, & \text{Z Tr Körtling 1:6,} \\ i_2 &= 0,160 \text{ A}, & \text{D kleine Drosselspule hier etwa} \\ & & \text{3} \div \text{5000 Windungen bei } 1 \text{ cm}^2 \text{ Eisen-} \\ & & \text{querschnitt und mittlerer Eisenweg-} \\ & & \text{länge } 12 \div 15 \text{ cm,} \\ J_{a2} &= 0,020 \text{ A}, & W &= 200 \text{ 000 bis } 500 \text{ 000 Ohm,} \\ E_{g2} &= 7,5 \text{ V.} \end{aligned}$$

3. Röhre III_1 und III_2 in Gegentaktschaltung. Kombinierte Schaltung für große Ausgangsleistung⁸⁾. Ultra-Sinus E für Wechselstromheizung; Röhren mit Äquipotentialkathode (Mittelstift mit Schelle). Daten: $2,5$ Amp Heizstrom; $1,8$ V Heizfadenspannung; Anodenstrom je Röhre $J_{a3} = 0,040$ Amp; $2 \cdot J_{a3} = 0,080$ Amp; der Spannungsabfall über den Ausgangstransformator ist sehr gering und kann normalerweise vernachlässigt werden. Die Drosselspule HD soll wieder 40Ω Widerstand pro Wicklung besitzen.

In dieser Schaltung fließt der Anodengleichstrom der beiden Endverstärkerröhren nicht über die Röhren I und II; wie aus Abb. 4 hervorgeht, fließt derselbe von Punkt A über den Ausgangstransformator, durch die beiden Röhren III_1 und III_2 und kehrt vom K-Punkt über N und den Widerstand r_{g3} nach dem Minuspol an der Drossel HD zurück. Der von A über die Vorschaltlampe L und die beiden Vorverstärkerröhren bis Punkt N fließende Strom ist also um den Anodenstrom der Endröhren kleiner als der Gesamtstrom über HD aus dem Gleichrichter. Der zum Heizfaden der Röhre I parallel zu schaltende Widerstand w_1 berechnet sich daher einfach aus

$$\frac{e_1}{i_2 + J_{a2} - i_1} = w_1 = \frac{3,6}{0,160 + 0,020 - 0,080} = \frac{3,6}{0,100} = 36 \Omega.$$

⁸⁾ Vgl. auch: H. Reppisch, Großleistungskaskaden-Gleichrichter, „Funk-Bastler“ 1929, Heft 33. Dort wird ein zweistufiger Kraftverstärker mit Gegentakt-Endstufe für totalen Netzbetrieb angegeben. Der Körtling-Ausgangstransformator besitzt zwei Lautsprecherwicklungen (elektromagnetische und elektrodynamische Lautsprecher).

Über den Widerstand r_{g1} fließen:

$$J_{a1} + i_2 + J_{a2} = 0,160 + 0,020 = 0,180 \text{ A,}$$

(J_{a1} hatten wir als vernachlässigbar bezeichnet.) Da nun die Röhre I eine Vorspannung von $3,6$ V erhalten soll, so muß

$$r_{g1} = \frac{3,6 \text{ V}}{0,180 \text{ A}} = 20 \Omega$$

werden; die Vorspannung für die Röhre II ist dann, weil der Spannungsabfall über Röhre I noch zu dem an r_{g1} hinzukommt, etwa $7,2$ V, also ausreichend.

Über die Drossel HD fließt ein Gleichstrom von

$$i_2 + J_{a2} + 2 \cdot J_{a3} = 0,160 + 0,020 + 0,080 = 0,260 \text{ A;}$$

der Spannungsabfall über eine Wicklung von HD ist also $40 \cdot 0,260 = 10,4$ V. Am Widerstand r_{g2} erzeugen wir durch den Strom von $0,260$ Amp die für die Endröhren nötige

Gittervorspannung von 26 V, so daß dieser (r_{g2}) $\frac{26 \text{ V}}{0,260 \text{ A}} = 100 \Omega$ sein muß. Nun ergibt sich der Vorschaltwiderstand L , da $E_{g1} = 3,6$ V und $E_{g3} = 26$ V war, zu

$$L = \frac{E_{\text{Netz}} - [2 \cdot E_{Dr} + e_1 + e_2 + E_{g1} + E_{g2}]}{i_2}$$

$$= \frac{220 - [2 \cdot 10,4 + 3,6 + 3,6 + 3,6 + 26]}{0,160} = \frac{162,4}{0,160} = 1015 \Omega.$$

Man sieht, daß die Berechnung der Widerstände leichter ist, als sie auf den ersten Augenblick erscheint. Die Größe der übrigen Einzelteile ist im Schaltbild angegeben. Beim Ausgangstransformator ist allerdings zu beachten, welcher Lautsprechertyp an ihn angeschlossen werden soll; bei den elektrodynamischen Lautsprechern kommt eine starke Stromtransformation in Betracht. Für solche Fälle kommen dann spezielle Ausgangstransformatoren in Anwendung, die ein zum Lautsprechertyp passendes Übersetzungsverhältnis haben.

Das Zusatzgerät für Wechselstrom besteht, wie Abb. 5 zeigt, aus einem Transformator mit vier Wicklungen (Primär-, Sekundär-, Apparat- und Gleichrichter-Heizwicklung), einer Doppelweg-Gleichrichterröhre und einem möglichst großen Ausgleichskondensator (etwa $8 \mu F$). Berechnungen für Kleintransformatoren wurden im „Funk-Bastler“ schon wiederholt angegeben, so daß hier nur darauf verwiesen zu werden braucht.

Die hier im Prinzip beschriebenen Geräte wurden mit Telefunken-, Valvo- und Ultraröhren als Empfänger- und Verstärkerröhren mit sehr gutem Erfolg betrieben; als Gleichrichterröhre arbeitete die Rectron 250.

KURZWELLEN-NACHRICHTEN

Neue Kurzwellensender in Afrika

In Bamako (Franz.-Westafrika) und in Brazzaville (Franz.-Äquatorialafrika) werden zwei Kurzwellenstationen errichtet. Rufzeichen der ersten ist FZN auf Welle $14,7$, $19,5$, $30,7$ und $70,9$ m, der zweiten FZI auf Welle $16,2$, 25 , $29,8$ und $72,9$ m.

*

Ein neuer Kurzwellensender in Paris

In Paris ist von einer Radiofirma ein Kurzwellensender in Betrieb genommen worden, der auf Welle $31,65$ m mit einer Energie von 1 kW täglich nach 22 Uhr MEZ. Schallplattenkonzerte sendet und Gegensprecherverkehr mit ausländischen Kurzwellenamateuren tätigt. Der Sender meldet sich: „Ici Paris Expérimental-Radio.“

*

Der Eiffelturm auf kurzer Welle

Die Kurzwellenversuche des Eiffelturms finden zur Zeit Dienstags und Donnerstags von $21,15$ bis 22 Uhr statt.