

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Vom elektrischen Sprechmaschinenprinzip

Von
Dr. Karl Teucke

Die sinnfälligsten praktischen Eigenschaften der elektrischen Schallplattenwiedergabe gegenüber der mechanischen sind: 1. die Möglichkeit, eine Platte gleichzeitig an mehreren Stellen, z. B. in mehreren Räumen, zum Vortrag zu bringen; 2. die räumliche Trennungsmöglichkeit von Platte und Wiedergabegerät (Lautsprecher) und 3. die Verstärkung der aus Schallplatten- und Nadelbewegung verfügbaren akustischen Energie. Diese Eigenschaften haben vor allem den Grund gelegt für die Entwicklung der Kraftverstärkeranlagen, wie sie in Restaurants, Vortragssälen und dergleichen verwendet werden. Vorwiegend die gleichen Merkmale spielen auch bei der Aufnahme von Platten eine Rolle.

Damit allein wäre aber noch nicht entschieden, ob es auch für andere Zwecke, z. B. für gewöhnliche Zimmerausrüstungen, angebracht ist, das frühere rein mechanische Prinzip durch das elektrische, und zwar insbesondere bei der Wiedergabe, zu ersetzen. Es hat beim Aufkommen der Sprechmaschinen mit elektrischer Wiedergabe an Stimmen nicht gefehlt, die hierin lediglich eine Umständlichkeit und eine Verteuerung der Geräte obendrein erblickten. Die Praxis hat indessen bereits gezeigt, daß außer den genannten äußeren Eigenschaften als weiterer wichtiger Faktor die Qualitätsverbesserung auftritt. Sie äußert sich besonders in einem Abnehmen des Verzerrungsgrades und der Frequenzabhängigkeit.

Die praktischen Eigenschaften einzelner Teile dieser Systeme, insbesondere der Tonabnehmer, sind in der letzten Zeit von zahlreichen Seiten aus empirisch festgestellt worden¹⁾. Im folgenden sei indessen diskutiert, welches die Grundeigenschaften der einzelnen elektrischen Systemteile an sich sind, und welche Möglichkeiten und Grenzen hinsichtlich einer völlig amplituden- und frequenzgetreuen Reproduzierung des natürlichen Klanges für ihr Zusammenwirken gegeben sind. Behandelt seien dabei in erster Linie die elektrisch-mechanischen Wechselwirkungen der einzelnen Systeme, vorwiegend unter Berücksichtigung ihrer frequenzabhängigen Eigenschaften.

Die qualitativen Mängel des mechanischen Verfahrens seien kurz angeführt: Sie äußern sich vornehmlich in der starken Selektivität der bei der Aufnahme und bei der Wiedergabe gewollt oder ungewollt mechanisch schwingenden Teile, also der Membranen und der Tonführungen. Bei ersteren muß z. B. Wert auf möglichst große Schallstärke gelegt werden; infolgedessen kann die gleichzeitige Resonanzfreiheit erst in zweiter Linie berücksichtigt werden. Die Tonführungen neigen teils zum selektiven Mitschwingen, teils erzeugen sie, insbesondere bei der Aufnahme, durch Reflexion Interferenzen.

Die Frequenzabhängigkeit des elektrischen Aufnahme- und Wiedergabeprozesses ist vorwiegend durch die drei

Geräte: Schreiber, Tonabnehmer und Lautsprecher bedingt. Dazu kommen noch das Aufnahmehäufigkeit, ferner Verstärker usw., deren Einfluß indessen für die nachfolgenden Betrachtungen außer acht gelassen werden soll, da die meisten Verstärker (Widerstandsverstärker) praktisch frequenzunabhängig und amplitudenverzerrungsfrei arbeiten. Auch die für gewöhnlich verwendeten Kontaktmikrophone (z. B. Reisz-Mikrofon) und ebenfalls die elektrostatischen Mikrophone sind praktisch frequenzunabhängig, da sie nur auf den Schalldruck und nicht auf die Geschwindigkeitsamplitude des Schalles (Produkt aus Schalldruck mal Frequenz) reagieren. Für den Schreiber kommt im wesentlichen das elektromagnetische oder das elektrodynamische Prinzip in Betracht, für den Tonabnehmer ebenfalls das magnetische oder dynamische, dazu aber noch das elektrostatische Prinzip oder das Kontaktmikrofon. Bezüglich des Lautsprechers seien das magnetische, das dynamische und das elektrostatische Prinzip behandelt. Hieraus ergeben sich zahlreiche Kombinationen, die wieder in mehrere Gruppen mit im wesentlichen gleicher resultierender (theoretischer) Frequenzabhängigkeit zerfallen. Die einzelnen Geräte arbeiten entweder frequenzunabhängig oder sie weisen mit steigender Frequenz einen zunehmenden oder einen abnehmenden Wirkungsgrad auf. Es besteht infolgedessen die Möglichkeit, die Frequenzabhängigkeit des einen Gerätes durch die eines oder der beiden anderen aufzuheben.

Der Schreiber.

Die Aufgabe des elektromagnetischen Schreibers besteht in der Umsetzung der durch ein Mikrofon aufgenommenen und durch einen Verstärker verstärkten Sprechströme in mechanische Energie, und zwar mittels eines Ankers, der in einem durch den Sprechstrom gesteuerten Magnetfeld schwingbar angeordnet ist. Der Anker steht dabei unter dem Einfluß der Anziehungskraft des Magneten und einer entgegengesetzt gerichteten mechanischen Kraft, der „Richtkraft“, und befindet sich zwischen beiden in einem stabilen Gleichgewichtszustand. Wird nun, bei Änderung des den Magneten (oder auch den Anker) umfließenden Stromes, die Feldstärke geändert, so wird hierdurch der Gleichgewichtspunkt verlagert, wobei die räumliche Differenz zwischen der ursprünglichen und der neuen Gleichgewichtsstellung — genügend leichte Beweglichkeit (nicht zu große Masse) des Ankers vorausgesetzt — nur von der Größe der Stromänderung abhängt, nicht aber von der Zeit, in der diese Stromänderung erfolgt. Praktisch bedeutet dies also, daß die mechanischen Schwankungen des Ankers in ihrer Amplitude nur von der Amplitude der steuernden Sprechströme abhängig sind, nicht aber von deren Frequenz. Es gilt daher für den elektromagnetischen Schreiber:

$$\begin{aligned} s_0 &= c \cdot i_0 \\ s &= c \cdot i_0 \cdot \sin \omega t, \end{aligned} \quad (1)$$

¹⁾ Z. B.: Meyer-Just: E. N. T. 1929, Heft 7, Seite 264; Just: „Funk-Bastler“ 1929, Heft 40, Seite 643.

wobei s die Schwingungsamplitude des Ankers und des mit ihm verbundenen Aufzeichnungsstiftes, i die Amplitude des steuernden Wechselstromes, s_0 und i_0 die entsprechenden Scheitelwerte, ω die Kreisfrequenz des Steuerstromes und c eine Konstante, in der die übrigen Daten des Systems enthalten sind, bedeuten. Die aus Gleichung 1 an sich hervorgehende Amplitudenunabhängigkeit wird in der Praxis allerdings dadurch beeinträchtigt, daß die Richtkraft eine ziem-

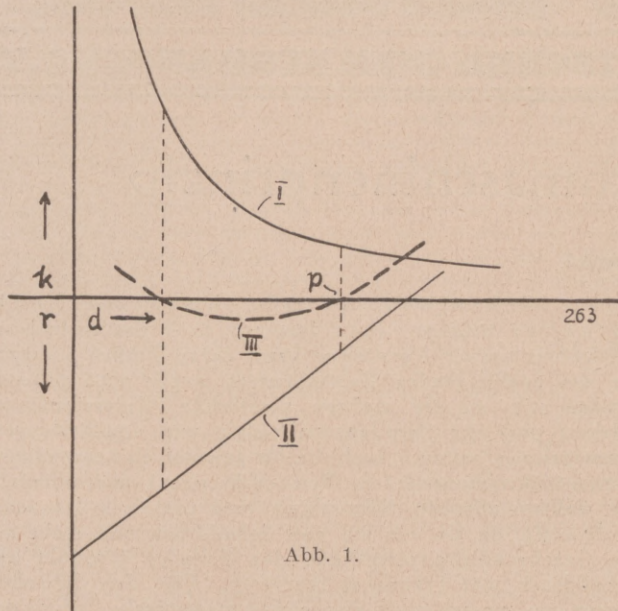


Abb. 1.

lich starre Lagerung des Ankers bedingt und dadurch ein mechanisches Resonanzgebiet hervorruft. Für die Richtkraft ist wiederum der aus Abb. 1 ersichtliche Verlauf der auf den Anker ausgeübten elektromagnetischen Anziehungskraft maßgebend: Der Anker steht unter dem Einfluß einer magnetischen Anziehungskraft vom Werte:

$$k = c \cdot N \frac{1}{d^2}$$

wobei k die Anziehungskraft, N die Feldstärke (Kraftliniendichte) und d den Ankerabstand von den Polen bedeuten. Die Kraft k wird in ihrer Abhängigkeit von d durch die Kurve I, also eine Hyperbel, veranschaulicht. Da nun hier nach der Anker sofort an die Magnetpole herangezogen und dadurch schwingungsunfähig würde ($d = 0$), so wird er unter dem Einfluß einer entgegengesetzt gerichteten mechanischen Kraft r , dargestellt durch die nach unten aufgetragene Kurve II, gebracht. Die aus der magnetischen Anziehungs- und der mechanischen Richtkraft resultierende Kraft III ist nun in zwei Punkten = 0. Der dem größeren d -Wert entsprechende dieser beiden Punkte (p) stellt ein stabiles Gleichgewicht dar, d. h. bei einer Näherung des Ankers an die Pole überwiegt die entgegengerichtete Richtkraft, bei einer Entfernung von den Polen überwiegt die nach den Polen zu gerichtete magnetische Anziehungskraft. Der dem kleineren d -Wert entsprechende Nullpunkt der Kurve III bedeutet hingegen ein labiles Gleichgewicht und darf daher beim Schwingen des Ankers nicht überschritten werden. Je stärker die Richtkraft r ist, desto höher liegt die Eigenfrequenz des schwingenden Ankers. Man kann die mechanische Richtkraft so stark machen, daß das durch sie bedingte Resonanzgebiet bei relativ hohen Frequenzen liegt; in diesem Falle kann die Frequenzkurve des magnetischen Schreibers für den größten Teil ihres Verlaufes als nahezu wagerecht angenommen werden.

Anders liegen die Verhältnisse beim elektrodynamischen Schreiber. Bei diesem erfolgt das Umsetzen von elektrischen in mechanische Schwingungen nach dem Gesetz, daß ein von einem Strom durchflossener Leiter in einem Magnetfelde eine Bewegung erfährt. Diese fortbewe-

gende Kraft wirkt, falls keine sonstigen Gegenkräfte wirksam sind, und solange der Leiter im Magnetfelde bleibt, ebensolange, wie der Strom im Leiter fließt; der vom Leiter beschriebene Weg ist demnach nicht nur von der Amplitude des in ihm fließenden Stromes, sondern auch von seiner Zeitdauer abhängig. Das bedeutet, daß, falls der steuernde Strom ein reiner Wechselstrom ist, die Bewegungsamplituden des Leiters um so größer sind, je geringer die Frequenz des Wechselstromes — bei gleichbleibender Amplitude — ist, da in diesem Falle jede einzelne Halbwelle dieses Stromes eine längere Zeit wirksam ist als bei einer höheren Frequenz. Im einzelnen gilt zunächst, daß die auf den bewegten Leiter (für gewöhnlich eine Spule) ausgeübte Kraft proportional dem durchfließenden Strom i ist, also:

$$k = c \cdot i,$$

d. h. falls i ein sinusförmiger Wechselstrom ist:

$$k = c \cdot i_0 \cdot \sin \omega t. \tag{2}$$

Für diese Kraft und die durch sie der Spule erteilte Beschleunigung gilt nun:

$$k = m \frac{d^2 s}{dt^2} \text{ oder } \frac{d^2 s}{dt^2} = \frac{k}{m},$$

wobei m die Masse des bewegten Leiters und s die Schwingungsamplituden bedeuten. Setzt man hier für k den Wert aus Gleichung 2 ein, so erhält man:

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = \frac{c}{m} \cdot i_0 \cdot \sin \omega t;$$

durch zweimalige Integration entsteht hieraus:

$$s = - \frac{1}{\omega^2} \cdot \frac{c}{m} \cdot i_0 \cdot \sin \omega t \tag{3}$$

(das negative Vorzeichen besagt, daß k und s um 180° phasenverschoben sind).

Aus Gleichung 3 folgt, daß die Amplitude der mechanischen Schwingung s dem reziproken Quadrat der Frequenz proportional ist, wenn i_0 für alle Frequenzen konstant ist (Abb. 2). Die tiefen Frequenzen werden mithin sehr stark bevorzugt. Selbstverständlich gelten diese Bedingungen nur für den Fall eines völlig frei beweglichen Leiters. Sie sind daher praktisch nur so weit verwirklicht, als nicht noch sonstige, der Bewegung entgegenwirkende Kräfte vorhanden sind. In erster Linie kommt hierfür die Spannkraft der Spulenlagerung in Betracht, die sich, obwohl sie an sich

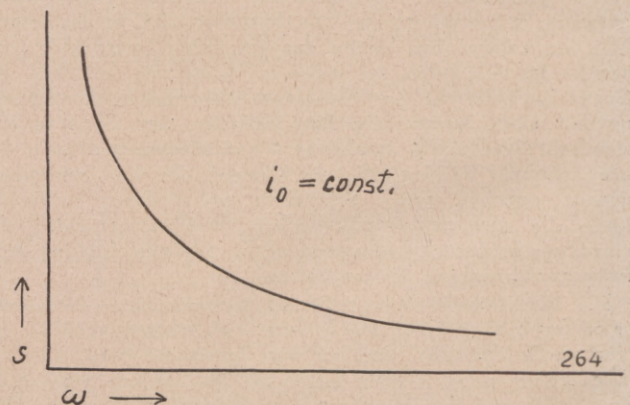


Abb. 2.

geringer ist als beim elektromagnetischen System, gerade bei den großen Amplituden der tiefen Schwingungen sehr stark bemerkbar macht, indem sie diese herabsetzt. Trotzdem bleiben die tiefen Frequenzen im Vergleich zu anderen Systemen merklich bevorzugt.

Der Tonabnehmer.

Der elektromagnetische Tonabnehmer beruht auf dem Prinzip der Induzierung eines Stromes durch Veränderung

des Flusses in einem Magnetfelde. Zu diesem Zwecke ist ein die Abnahmenadel tragender Magnetanker zwischen oder vor den Polen eines Magneten angebracht, in dessen Felde sich die Stromspule befindet (entweder den Magneten oder den Anker umgebend). Wird nun der Kraftlinienfluß um einen bestimmten Betrag geändert, so wird in der Spule eine Spannung induziert, die außer von der Kraftflußänderung an sich auch von der Zeit, in der diese Änderung stattfindet, abhängig ist. Die induzierte elektromotorische Kraft ist dann:

$$E = c \cdot \frac{dN}{dt} = c' \cdot \frac{ds}{dt}$$

wobei N den Kraftfluß und s die Amplitude der Ankerschwingung bedeuten und die vereinfachende Annahme gemacht ist, daß der Kraftfluß von der Ankerstellung linear abhängig ist (was praktisch für die in Betracht kommenden Schwingungsamplituden auch der Fall sein dürfte). — Wird nun dem Anker durch die in der Platte laufende Nadel eine sinusförmige Bewegung erteilt:

$$s = s_0 \cdot \sin \omega t;$$

so folgt hieraus und aus obiger Gleichung:

$$E = c' \cdot s_0 \cdot \omega \cdot \cos \omega t. \quad (4)$$

Die induzierte Spannung E ist also bei konstanter Scheitelamplitude s_0 des Ankers proportional der Frequenz; in diesem Falle werden daher die höheren Schwingungen gegenüber den tieferen bevorzugt, und es ergibt sich die in Abb. 3 gezeigte (theoretische) Kurve a.

Der praktische Verlauf einer solchen Kurve weicht selbstverständlich von dem theoretischen verschiedentlich ab. So entsteht in der Nähe der mechanischen Eigenresonanz des Ankers (der wie beim elektromagnetischen Schreiber zur Überwindung der magnetischen Anziehungskraft eine ziemlich starre Lagerung nötig hat) eine Ausbeulung. Ferner treten bei höheren Frequenzen auch Eisenverluste auf, die die induzierte Spannung und den induzierten Strom herabsetzen (siehe Abb. 3, gestrichelter Teil). Es ist von Interesse, diese theoretischen Kurven mit den beispielsweise von Meyer²⁾ empirisch gefundenen Kurven von elektromagnetischen Tonabnehmern zu vergleichen. Letztere sind mit Versuchsplatten nach Meyer-Salinger aufgenommen. Diese Platten enthalten einen von 100 bis 6000 Hertz in der Frequenz kontinuierlich veränderlichen Ton aufgezeichnet. Da hierbei das Produkt aus Amplitude mal Frequenz für akustische Verhältnisse praktisch ziemlich konstant ist, so müßte (vgl. Gleichung 4 für den Fall $s_0 \omega = \text{konstant}$) die induzierte Scheitelspannung E_0 unabhängig von der Frequenz sein. Die tatsächlich erhaltenen Kurven weichen hiervon aber zum Teil beträchtlich ab; sie zeigen beispiels-

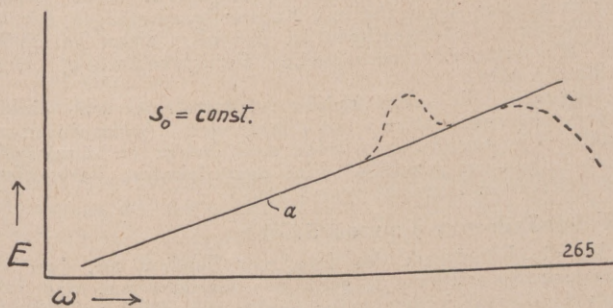


Abb. 3.

weise etwa den in Abb. 4 gezeigten Verlauf, aus dem hervorgeht, daß der Einfluß der mechanischen Eigenfrequenz des Ankers sehr groß ist, und daß auch die Verringerung von E nach hohen Frequenzen hin, vermutlich infolge von Eisenverlusten usw., sich stark bemerkbar macht. Nach dem heutigen Stand der Praxis wird das Nachlassen des Wirkungsgrades eines elektromagnetischen Tonabnehmers mit steigender Frequenz zunächst noch begrüßt, da die

Platte selbst kaum Schwingungen über etwa 5000 Hertz enthält und darüber hinaus nur die lästigen Kratzgeräusche der Nadel vernehmen läßt.

Die Amplitudenabhängigkeit des (wohl kaum gebräuchlichen) Prinzips des elektrostatischen Tonabnehmers von der Frequenz ist theoretisch an sich konstant, da die Kapazitätsänderung eines Kondensators nur von dem Betrag der Plattenbewegung, nicht aber von der Geschwindigkeit



Abb. 4.

dieser Bewegung abhängig ist. Eine Frequenzabhängigkeit tritt im wesentlichen nur dann auf, wenn die Anpassung des Kondensatorwiderstandes an den Widerstand des mit ihm verbundenen Schaltelementes eine Rolle spielt. Hat man z. B. eine Niederfrequenzschaltung, so ändert sich bei gleichbleibender Schwingungsamplitude für den erzeugten Wechselstrom die Spannungsverteilung zwischen Kondensator und Abnahmewiderstand in Abhängigkeit von der Frequenz, da der Kondensatorwiderstand mit steigender Frequenz abnimmt. Je nachdem also, ob der Widerstand des mit dem Kondensator verbundenen Schaltelementes, für eine mittlere Frequenz betrachtet, höher bzw. niedriger ist als der Kondensatorwiderstand, wird bei den tiefen bzw. den hohen Tönen eine bessere Anpassung und somit ein besserer Wirkungsgrad vorhanden sein. Bei Hochfrequenzschaltungen fällt diese Erscheinung übrigens fort, da der Wechselstromwiderstand des Kondensators nur von der konstant bleibenden Trägerfrequenz abhängig ist.

Die beste theoretische und auch praktische Frequenzkurve dürfte der als Kontaktmikrophon ausgebildete Tonabnehmer besitzen. Elektrisch betrachtet arbeitet er frequenzunabhängig, da die Widerstandsänderung nur von der Lagenänderung der die Körnerkammer abschließenden schwingenden Membran oder dgl. abhängig ist und nicht von der Geschwindigkeit dieser Änderung. Außerdem ist die mechanische Frequenzabhängigkeit der mit der Schallnadel verbundenen Membran oder dgl., da diese nicht unter einer Richtkraft zu stehen hat, sehr gering. Die schon von zahlreichen Seiten aufgenommenen Frequenzkurven für gute Kontaktmikrophone bestätigen diese Behauptungen.

Der Lautsprecher.

Da es sich hier wieder um die Umsetzung von elektrischer Energie in mechanische handelt, so kehren hier auch die gleichen Verhältnisse wieder wie beim elektrischen Schreiber. Die Frequenzkurve für den elektromagnetischen Lautsprecher verläuft — theoretisch betrachtet — wagrecht und wird in der Praxis im wesentlichen nur durch die infolge der mechanischen Richtkraft auftretende Eigenfrequenz des schwingenden Ankers beeinträchtigt. Ferner kommen natürlich auch hier frequenzabhängige Verluste durch Eisen oder dgl. in Betracht, und auch die Frage der Anpassung des Lautsprecherwiderstandes an den Widerstand der vorgeschalteten Verstärkerröhre spielt eine um so größere Rolle, je größer das Verhältnis des induktiven Widerstandes zum Ohmschen Widerstand der Lautsprecherwicklung ist. Gegenüber dem Schreiber sind beim Lautsprecher auch die akustischen Strahlungseigenschaften der Membran, die Wirkung des Gehäuses usw. auf die Frequenzabhängigkeit von Einfluß.

²⁾ E. N. T. 1929, Heft 7.

Beim elektrodynamischen Lautsprecher finden wir wieder, ähnlich wie beim elektrodynamischen Schreiberprinzip, theoretisch (s. Abb. 2) wie praktisch eine starke Bevorzugung der tiefen Frequenzen, beeinträchtigt bzw. gemildert im wesentlichen nur durch die auftretenden mechanischen Richtkräfte der Spulenlagerung sowie die Strahlungseigenschaften der Membran. — Beim elektrostatischen Lautsprecher ist die Frequenzabhängigkeit praktisch im wesentlichen nur durch die Frage der Anpassung des Wechselstromwiderstandes und in geringerem Maße durch Membraneigenschaften bedingt.

Aus den genannten elektrischen und mechanischen Einflüssen auf die Frequenzabhängigkeit bei den einzelnen Elementen der elektrischen Schallplattenaufnahme und -wiedergabe ergeben sich naturgemäß viele Möglichkeiten der Kombinierung, bei denen die Frequenzabhängigkeit des einen Elementes durch die des anderen kompensierbar ist, so daß die effektive Frequenzkurve der ganzen Anlage praktisch wagerecht verläuft. Diese Möglichkeit liegt beim mechanischen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren nicht vor. Die gebräuchlichsten elektrischen Wiedergabesysteme, bei denen der Tonabnehmer elektromagnetisch und der Lautsprecher elektrodynamisch arbeitet, erfüllen diese Aufgabe theoretisch sehr gut und auch praktisch in ausreichendem Maße, da der Tonabnehmer — allerdings nur unterhalb 5000 bis 6000 Hertz — nach höheren, der Lautsprecher nach tieferen Frequenzen hin einen zunehmenden Wirkungsgrad aufweist.

Allerdings gilt dies alles nur unter der Voraussetzung, daß die Aufzeichnung auf der Schallplatte ein amplitudentreues Abbild der ursprünglichen Schallwellen darstellt. Diese Bedingung ist aber in der heutigen Schallplattentechnik bei weitem noch nicht erfüllt. Insbesondere fehlen die den Klangcharakter vieler Instrumente bestimmenden hohen und höchsten Oberschwingungen bzw. die zuweilen ebenfalls hochliegenden Formanten gewisser Sprachlaute, deren Amplituden oftmals so gering sind, daß die gebräuchlichen mechanisch schwingenden Teile, insbesondere die Anker von Schreiber und Tonabnehmer, für ihre Übertragung zu grob und schwer sind und das Plattenmaterial zu rau ist. — Aber auch die insbesondere bei den tiefen Frequenzen auftretenden großen Amplituden sind kaum in ihren richtigen Verhältnissen aufzeichnbar, da den in den einzelnen Schallplattenrillen unterbringbaren Amplituden eine viel zu enge Grenze gesetzt ist. Am stärksten tritt dieser Übelstand bei dem Berliner System auf, bei dem die Ebene der eingegrabenen Schallkurve in der Plattenebene liegt. Die Schallrille, die zum Zwecke einer möglichst langen Spieldauer sehr schmal bemessen ist, läßt nur relativ geringe Amplituden zu. Besser liegen diese Verhältnisse bei dem amerikanischen Aufzeichnungsverfahren, bei dem immerhin ein gewisser Teil der Plattendicke für die aufzeichnenden Amplituden zur Verfügung steht.

Bei den elektrischen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren besteht indessen die Möglichkeit, auch diese Nachteile der Schallplatte zu vermindern, dadurch, daß man die Aufnahmeelemente gewissermaßen als Amplitudenbegrenzer, die Wiedergabeelemente als Amplitudenerweiterer ausbildet. Die Schallplatte enthält dann einen künstlich konzentrierten Amplitudenbereich. Die Amplitudenbegrenzung bzw. -erweiterung erfolgt am besten frequenzunabhängig durch Dämpfen der Amplituden in der Weise, daß bei der Aufnahme die Dämpfung bei zunehmender Amplitude zunimmt (z. B. durch die bekannte Gitterpotentialverlagerung in Abhängigkeit von dem Effektivwert der Ausgangsspannung eines Röhrenverstärkers). Bei der Wiedergabe ist es dann entsprechend umgekehrt.

Weniger aussichtsreich ist die Beseitigung der Nadelgeräusche. Ihr Nachteil beruht weniger darin, daß sie an sich überhaupt hörbar sind (bei der Reproduktion mittlerer und tieferer Töne sind die Nadelgeräusche kaum störend), sondern darin, daß sie mindestens so stark oder stärker sind, als die in den gleichen Frequenzgebieten liegenden

Oberschwingungen zahlreicher Töne, wodurch deren Wiedergabe vereitelt wird. Wie schon oben angedeutet, muß man sich in der Praxis zumeist noch damit zufrieden geben, daß diese hohen Frequenzen (etwa 6000 Hertz und mehr) durch den Tonabnehmer abgeschnitten werden. Die Wirkung ist zwar eine geräuschfreie, aber keine natürliche Wiedergabe, da der Klangcharakter der meisten Töne durch die in jenen Frequenzgebieten liegenden Schwingungen sehr stark mitbestimmt wird. — Hier gilt es darum, noch dasjenige Plattenmaterial ausfindig zu machen, das keine Kratzgeräusche hervorruft, wenigstens nicht im Bereich von etwa 6000 bis 12000 Hertz. Augenblicklich kann selbst der akustisch gänzlich Unerfahrene ohne weiteres die Schallplattenwiedergabe von der natürlichen Musik und Sprache unterscheiden. Die elektrischen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren haben trotz vielen akustischen Verbesserungen an dieser Tatsache nichts ändern können. Sie setzen zwar die Frequenzabhängigkeit gegenüber dem mechanischen Prinzip herab, aber noch nicht in einem solchen Maße, daß man sie praktisch als beseitigt ansehen könnte. Auch sind die Aufnahmeverfahren noch keineswegs imstande, die Entstehungsursachen der Nadelgeräusche zu beseitigen, ohne daß die in den entsprechenden Frequenzgebieten liegenden akustischen Schwingungen der wiederzugebenden Laute mit unterdrückt werden. Trotzdem kann nach dem Vorstehenden mit Bestimmtheit angenommen werden, daß das letzte Ziel der Sprechmaschinenteknik — die amplituden- und frequenzgetreue Reproduzierung der natürlichen Laute (wenigstens für die subjektive Feststellung) —, wenn überhaupt erreichbar, nur mit Hilfe der elektrischen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren erreicht werden kann.

Funkreportage mittels kurzer Wellen

Bei Übertragungen aktueller Ereignisse, die in der letzten Zeit immer häufiger von den einzelnen Rundfunkgesellschaften vorgenommen werden, hat sich die Notwendigkeit herausgestellt, für das Mikrophon eine größere Bewegungsfreiheit zu erhalten. Eine derartige Notwendigkeit ergibt sich insbesondere bei Übertragung aller auf dem Wasser stattfindenden Wettkämpfe, wie Ruder-, Segel- und Motorbootregatten, und bei Übertragung aus Flugzeugen, überhaupt bei allen Übertragungen von Orten, in deren Nähe sich kein Fernsprechanschluß befindet oder ein solcher überhaupt nicht in Betracht kommt.

In allen diesen Fällen kann als Zwischenvermittler eine Kurzwellenapparatur eingesetzt werden. Eine solche besteht zunächst aus einem Kurzwellensender kleiner Leistung, der mit dem dazugehörigen Mikrophon an dem Platz, von dem die Übertragung stattfindet, aufgestellt wird. Weiter gehört zu der Apparatur ein Kurzwellenempfänger, der auf die Senderwelle abgestimmt ist und über einen Verstärker an die nächste vorhandene Fernsprechleitung angeschlossen wird.

Versuche, die vom Reichspostzentramt und einigen Rundfunkgesellschaften mit derartigen Apparaturen in letzter Zeit ausgeführt worden sind, haben verhältnismäßig gute Ergebnisse gezeitigt. Eine ausgedehntere Verwendung ist deshalb in Aussicht genommen.

Wellenänderung London 5 GB?

Da die Interferenz des Londoner Senders mit dem von Langenberg fortbesteht, geht das Gerücht um, daß London 5 GB beabsichtigt, seine Welle von 479,2 auf 398,5 m herabzusetzen. Dieser Schritt würde jedoch für die südlichen Hörer des Londoner Sendebezirkes neue Sorgen hervorrufen, die schon jetzt während des Versuchsbetriebes Schwierigkeiten haben, den Brookman's Park-Sender auszuschalten, wenn sie das zweite Londoner Programm hören wollen.

Genügt der 9 Kilohertz-Abstand?

Die Wireless-World gibt der Befürchtung Ausdruck, daß der in Prag festgesetzte Wellenabstand von 9000 Hertz während der Wintermonate unzureichend ist, wie eine Beobachtung der europäischen Wellen während der letzten 14 Tage ergeben haben soll.

Dreiröhren-Kurzwellenempfänger „Atlantic 29“

Im Bastelwettbewerb der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft mit einem 1. Preis prämiert

Von

Ing. F. Maecker

Beim Bau eines Gerätes, das nicht nur den kurzen Wellenbereich, sondern auch den Rundfunkwellenbereich beherrscht, ist auf eine besonders verlustfreie Konstruktion Bedacht zu nehmen; daher weicht der mechanische Aufbau des hier beschriebenen Empfängers von der üblichen Bauweise der Empfangsgeräte ab.

Die Schaltung.

Als Grundlage diente die bekannte Leithäuserschaltung, bei der aber außer der kapazitiven Regelung auch eine induktive vorgesehen wurde. Das prinzipielle Schaltschema zeigt die Abb. 1. Diese Schaltung zeichnet sich als außerordentlich empfangsempfindlich, stabil und genügend selektiv

frequenzverstärker besitzt Transformatoren als Kopplungselemente und besteht aus zwei Stufen. Der Transformator Tr. 1 hat eine Übersetzung von 1:4, der Transformator Tr. 2 eine solche von etwa 1:2,15. Die Sekundärseite des Eingangstransformators ist durch den Hochohm-Widerstand R3 von 0,5 Megohm überbrückt. Zwischen der Minusleitung und der Anodenleitung der ersten Niederfrequenzröhre liegt der Blockkondensator C7 von 3000 cm, desgleichen in den Leitungen der Endröhre der Blockkondensator C8 von 5000 cm Kapazität.

Diese Blockkondensatoren sollen etwa vorhandene Hochfrequenz an die Minusleitung ableiten. Die Minusleitung ist über den Blockkondensator C9 von 1 μ F Kapazität ge-

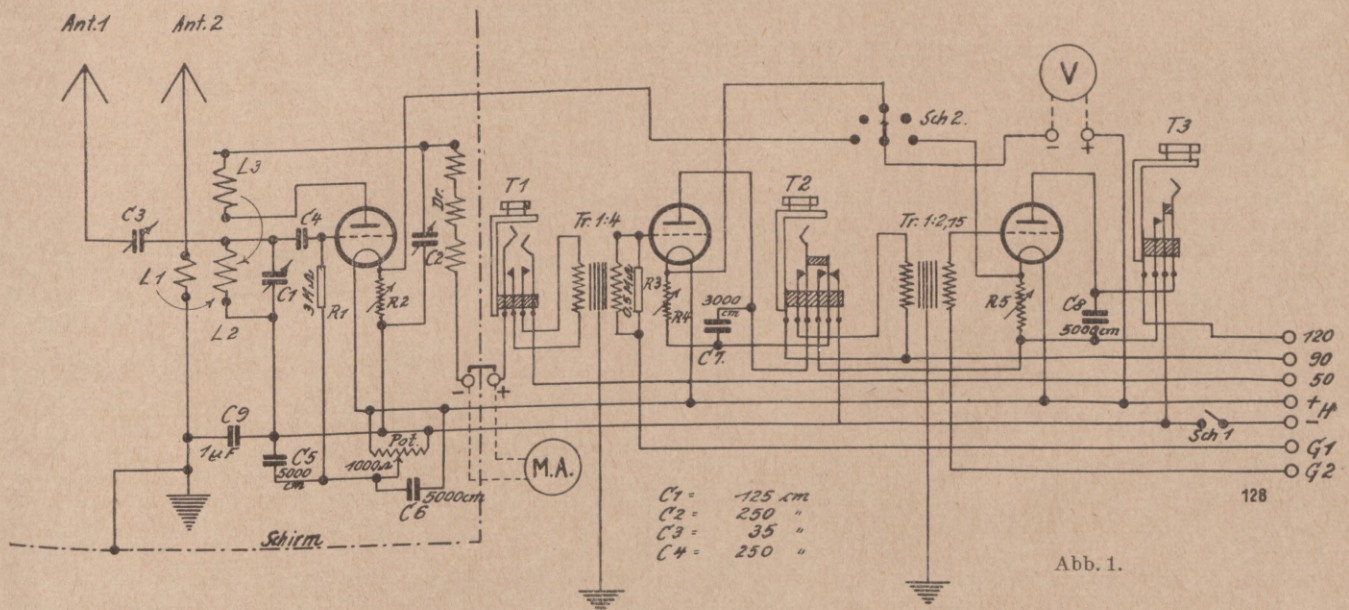


Abb. 1.

aus und hat den Vorteil einer leichten Bedienbarkeit. Der Drehkondensator C1 stimmt die Gitterspule L2 ab und hat eine Kapazität von 125 cm. Drehkondensator C2 dient zur kapazitiven Regelung der Rückkopplung und hat 250 cm Kapazität. Der Drehkondensator C3 liegt in der Antenne und hat eine Kapazität von 35 cm. Es sind zwei Antennenanschlüsse vorhanden. Bei Ant. 2 kann die Antenne aperioidisch-induktiv, bei Ant. 1 über C3 kapazitiv angekoppelt werden.

Durch den Drehkondensator C3 ist es möglich, die Eigenschwingung der Antenne zu ändern und ein etwa vorhandenes Schwingloch an eine andere Stelle der Abstimmkala von C1 zu verschieben. Dieses kann bei Benutzung von Ant. 2 auch durch Loserkoppeln von L1 erreicht werden. Wird der Antennenanschluß Ant. 1 benutzt, so braucht die Spule L1 nicht eingesteckt zu werden. In dem Anodenstromkreis liegt eine Hochfrequenzdrossel mit ganz geringer Kapazität, deren Herstellung weiter unten beschrieben ist.

Der Gitterableitungswiderstand hat 3 Megohm, dem Gitter der Empfangsröhre wird über ein Potentiometer von 1000 Ohm die Vorspannung zugeführt. Um eine Drosselwirkung des Potentiometers aufzuheben, sind zwischen dessen Abgreifer und Plus- und Minusheizleitung die Blockkondensatoren C5 und C6 von je 5000 cm gelegt. Der Gitterkondensator C4 hat eine Kapazität von 250 cm und ist ein gekapselter Luftblockkondensator. Der Nieder-

erdet. Der Zweck dieses Kondensators wird später erläutert. Jede Röhre hat eine eigene Anodenleitung und die Niederfrequenzverstärkerröhre getrennte Gittervorspannungen.

Der Aufbau.

Wie erwähnt, weicht der Aufbau des Gerätes von der üblichen Bauart der Empfangsgeräte ab. Wie die Abb. 3 und 4 zeigen, sind die Abstimmkondensatoren auf ein zweites Paneel montiert. Dies zweite Paneel, das 75 mm von der Frontplatte entfernt ist, wird durch 4 Hartgummiröhren von 14 mm \varnothing gehalten. Die genaue Anordnung zeigt die Schnittzeichnung Abb. 2. Der Empfangsteil des Gerätes ist gegen den Niederfrequenzverstärker und gegen die Frontplatte durch 1 mm starke Aluminiumbleche abgeschirmt. Durch die Abschirmung sind nur die allernotwendigsten Leitungen, wie Anodenstrom- und Heizleitungen, für die Empfangsröhre isoliert durchgeführt. Die Abstimmkondensatoren C1 und C2 sind an das zweite Paneel, um Verspannungen zu vermeiden, nicht durch die Zentralschrauben, sondern durch die Rahmenschrauben befestigt. Durch die Anordnung des zweiten Paneels bekommen die Abstimmkondensatoren und der Bedienungsgriff für die Rückkopplungsspule lange Achsen. Für die Verlängerungen der Achsen an den Kondensatoren C1 und C2 wurde Rundmessing 6 mm \varnothing verwendet. Es konnte hier unbedenklich Metall gewählt werden, da die Rotoren der Kondensatoren Erdpotential haben. Für die Verlänge-

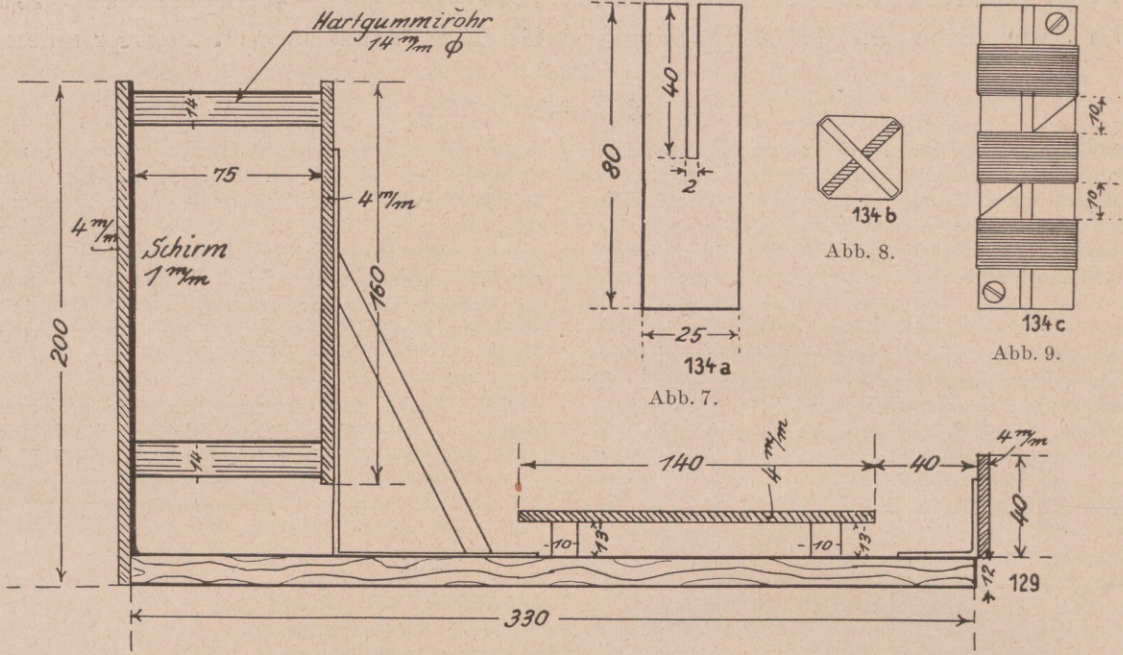


Abb. 2.

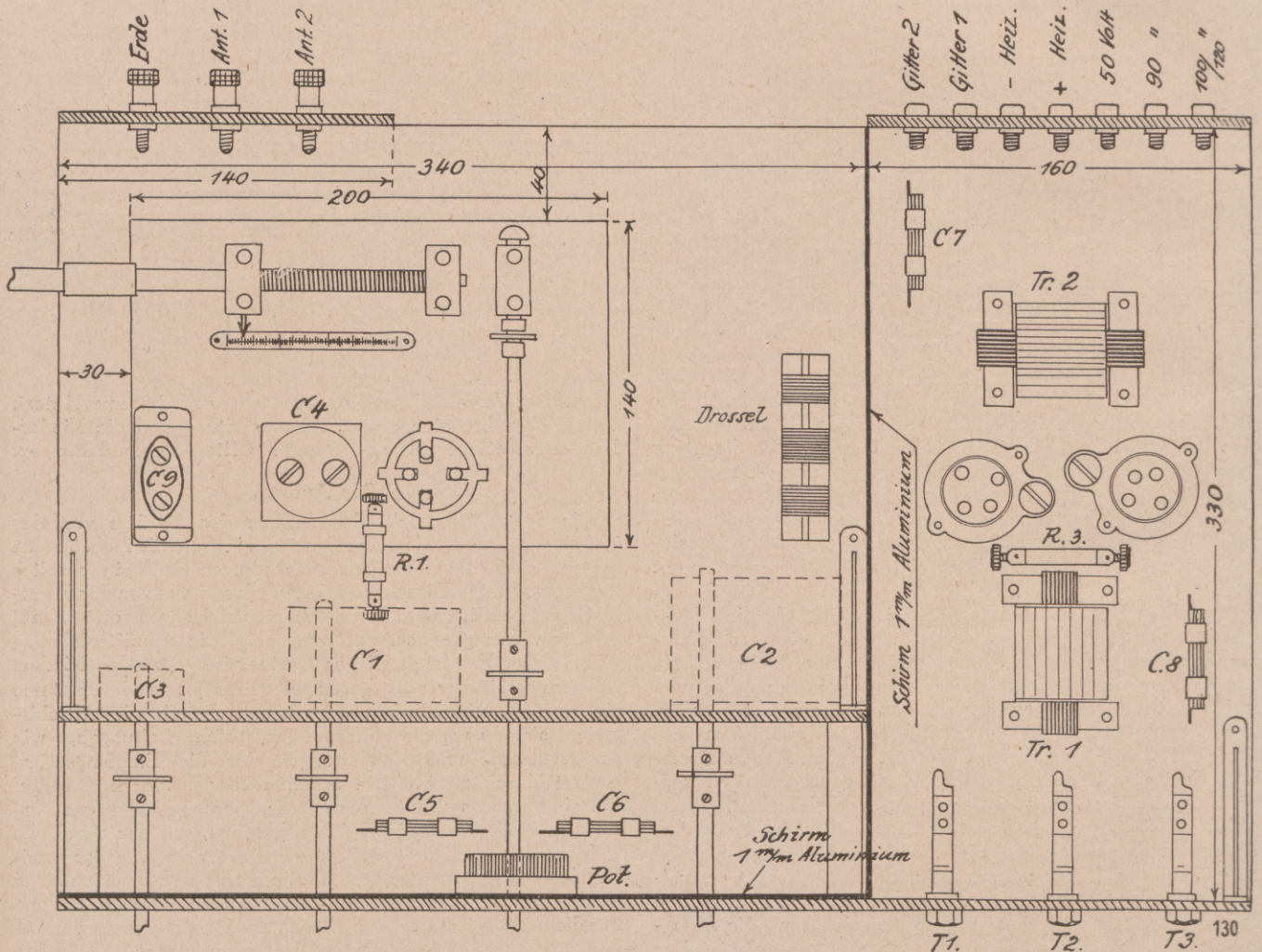


Abb. 3.

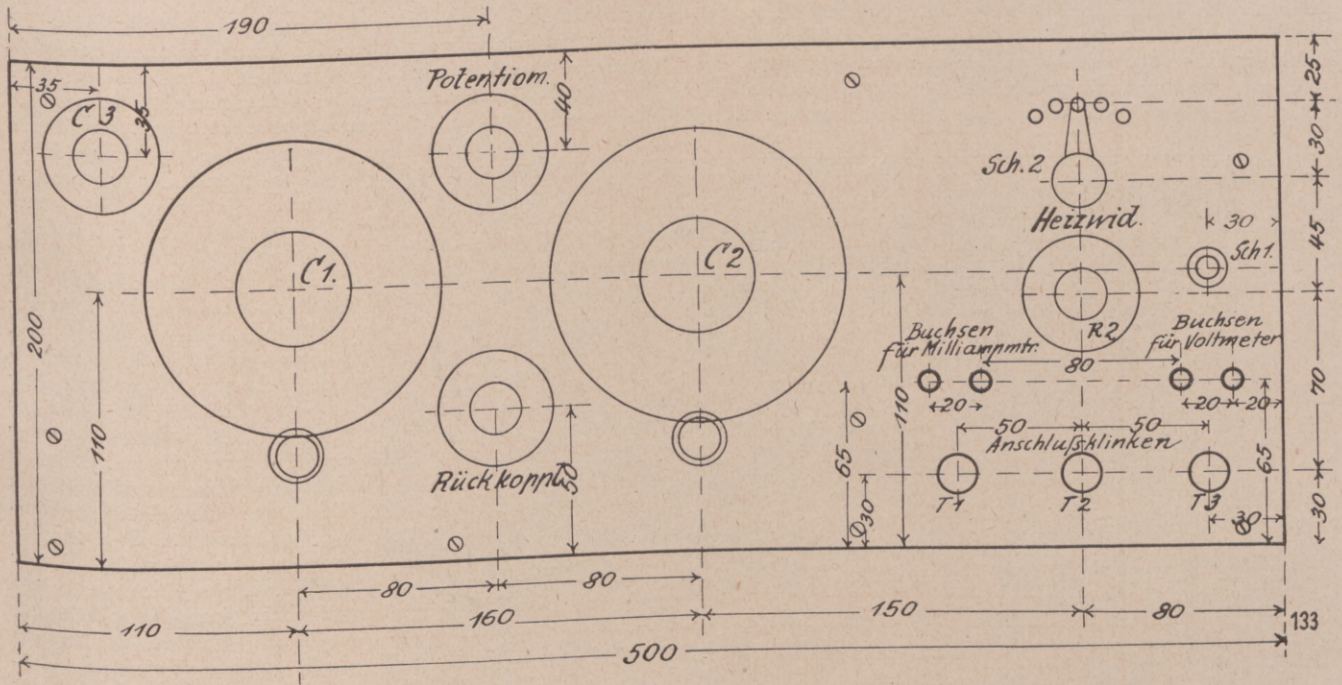


Abb. 6.

Die Spulensockel stehen auf einer besonderen Hartgummiplatte, die isoliert auf dem Grundbrett befestigt ist. Auf dieser Platte sind ferner der Gitterblock C4, der Blockkondensator C9 und der Röhrensockel für die Empfangsröhre befestigt. Innerhalb des Röhrensockels ist die Hartgummiplatte kreisrund ausgeschnitten, um Verluste durch Kriechströme infolge Staubbildung zu vermeiden.

Sämtliche Bedienungsgriffe sind mit Ausnahme des Knopfes

Bei der Montage des zweiten Panels ist folgendes zu beachten. Nachdem man sämtliche Bohrlöcher auf der Vorderplatte nach Abb. 6 angerissen hat, bohre man

erst die Löcher für die Befestigungsschrauben. Dann werden die vordere Abschirmplatte und das zweite Panel mit der Frontplatte mit sogenannten Montage-schrauben dicht aufeinander geschraubt und die Löcher für die durchgehenden Achsen mit einemmal durch alle drei Platten senkrecht gebohrt. Durch diesen Vorgang ist bei senkrechter Bohrstellung eine genaue Lage der Löcher zueinander gegeben. Es ist zweckmäßig, von dem Bohrplan Abb. 6 und dem Lageplan der Grundplatte Abb. 3 Zeichnungen in natürlicher Größe zu fertigen, um eine genaue Lage der Bohrlöcher und der Einzelteile kontrollieren zu können.

Nachdem sämtliche Löcher gebohrt sind, wird das zweite Panel an der Vorderplatte, hinter der das vordere Abschirmblech liegt, mittels der Hartgummiröhren montiert. Nun wird die Vorderplatte genau im rechten Winkel an das Grundbrett angeschraubt und das Ganze durch drei Montagewinkel gestützt. Die Lage der Winkel zeigen die Abb. 3 und 4 und im Schnitt die Abb. 2. Bei der Montage des Potentiometers achte man darauf, daß keine stromführenden Teile mit der Abschirmplatte in Berührung kommen, da sonst Kurzschluß entsteht, eventuell das Potentiometer durchbrennt; man vergesse also nicht, eine dünne Isolations-scheibe dazwischenzulegen.

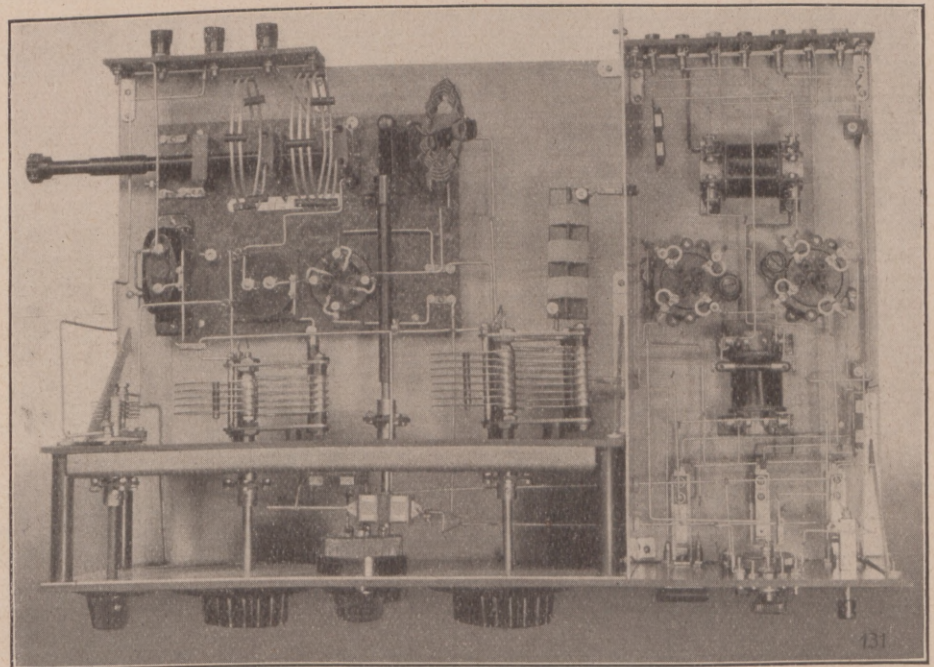


Abb. 4.

für die Kopplung der Antennenspule auf der Frontplatte angebracht. Die Achse dieser Antennenkopplung steht senkrecht zur Achse des Rückkopplungsspulengriffes. Die Empfangsröhre hat einen eigenen Heizwiderstand R2. Bei den Sockeln der Niederfrequenzverstärkeröhren sind die Heizwiderstände in die Röhrensockel eingebaut. Grund-

sätzlich sind für die dunkel brennenden Röhren Heizwiderstände kaum noch nötig, sie gestatten aber die Verwendung beliebiger Röhrentypen und bekämpfen durch richtige Einstellungen die beim Kurzwellenempfang häufig auftretende Heulneigung des Verstärkers. Die Abschirmung, die Kerne

kondensatoren C 7 und C 8 sehr gut sein, da sie sonst die Anodenbatterie kurzschließen. Für die Feinstellung der Drehkondensatoren C 1 und C 2 wurden Feinstellknöpfe verwandt. Für die genaue Einstellung der Antennenspule ist auf der Hartgummiplatte, welche die Spulensockel trägt, eine Skala angebracht, an welcher der jeweilige Stand der Antennenspule abgelesen werden kann.

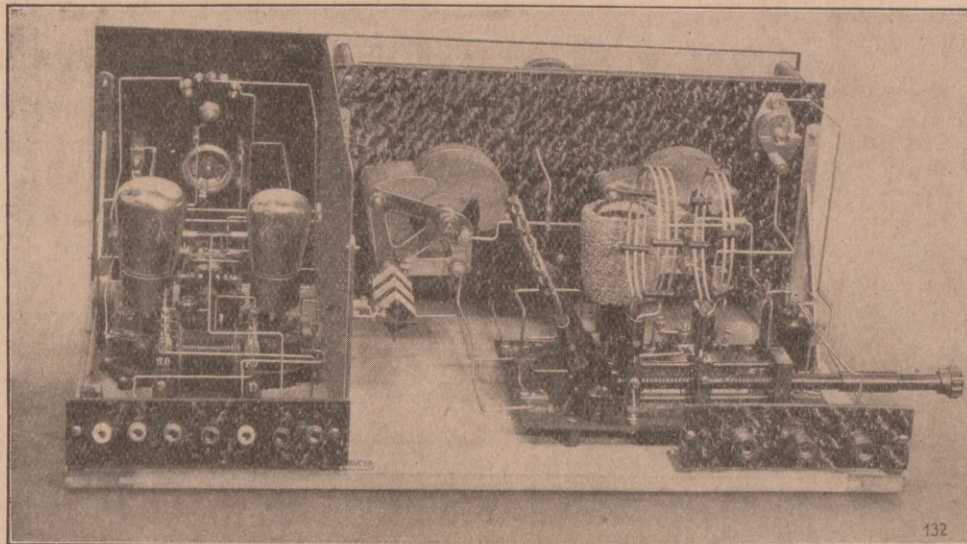


Abb. 5.

der Niederfrequenztransformatoren und die Stützwinkel sind direkt an Erde gelegt. Die Minusleitung und die Rotoren der Drehkondensatoren C 1 und C 2 sind über den Blockkondensator C 9 geerdet, damit die Abschirmung usw. gleichstromfrei ist. In der Anodenstromleitung der Empfangsröhre sind an der Frontplatte zwei Buchsen für ein Milliampere-meter (Mavometer) angebracht, um den Schwingungseinsatz zu kontrollieren und ein leichteres Einstellen des Empfängers zu erreichen. Bei Nichtbenutzung eines Instrumentes sind die Buchsen durch einen Stecker kurzzuschließen. Das Gerät hat hinter jeder Röhre einen Telephonanschluß. Für

den Niederfrequenztransformatoren und die Stützwinkel sind direkt an Erde gelegt. Die Minusleitung und die Rotoren der Drehkondensatoren C 1 und C 2 sind über den Blockkondensator C 9 geerdet, damit die Abschirmung usw. gleichstromfrei ist. In der Anodenstromleitung der Empfangsröhre sind an der Frontplatte zwei Buchsen für ein Milliampere-meter (Mavometer) angebracht, um den Schwingungseinsatz zu kontrollieren und ein leichteres Einstellen des Empfängers zu erreichen. Bei Nichtbenutzung eines Instrumentes sind die Buchsen durch einen Stecker kurzzuschließen. Das Gerät hat hinter jeder Röhre einen Telephonanschluß. Für

Drossel und Spulen.

Die Hochfrequenzdrossel ist als Kreuzspule mit ganz geringer Kapazität ausgebildet. Zur Herstellung werden zwei Pertinaxstreifen von 2 mm Stärke nach Abb. 7 gefertigt. Die Streifen werden kreuzweise mittels der Schlitze ineinandergesteckt, so wie Abb. 8 im Querschnitt zeigt. Auf diesen Spulenkörper bringen wir drei Wicklungen von je 40 Windungen bei einem Abstand von je 10 mm zwischen

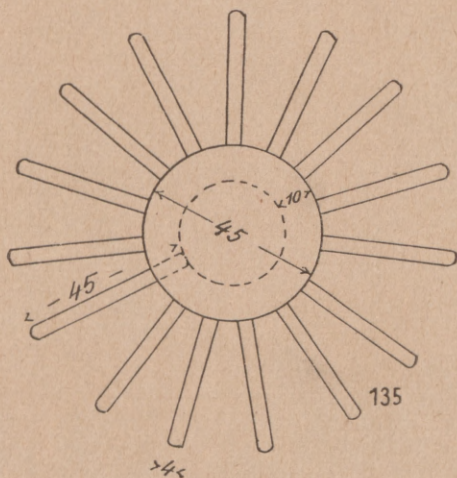


Abb. 10.

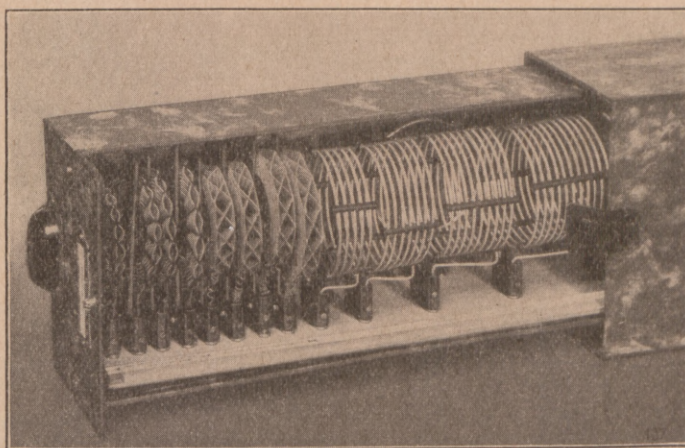


Abb. 12.

die Telephonanschlüsse sind Klinken verwendet, die zugleich den Heizstrom für die Niederfrequenzröhren durch den Klinkenstecker selbständig je nach Benutzung einschalten.

Das Ein- und Ausschalten des Stromes besorgt der Schalter Sch. 1. Zur Kontrolle der Heizspannungen ist ein Rastenschalter Sch. 2 vorgesehen. Zwei weitere Buchsen an der Frontplatte gestatten die Anschaltung eines beliebigen Voltmeters. Zu beachten ist, daß der Gitterableitungswiderstand von besonders guter Qualität ist. Ebenso müssen die Block-

den Wicklungen auf. Der Draht hat 0,25 mm \emptyset und ist zweimal mit Seide besponnen. Die fertige Hochfrequenzdrossel zeigt Abb. 9. Um den großen Wellenbereich des Empfängers in Verbindung mit der kleinen Abstimmkapazität von C 1 beherrschen zu können, hat das Gerät mehrere auswechselbare Spulen.

Für die kurzen Wellen benötigen wir:

- a) Antennen- und Gitterspulen. 8 Stück mit 1, 2, 2, 3, 5, 7, 9 und 11 Windungen;

b) Rückkopplungsspulen. 6 Stück mit 6, 7, 8, 10, 12 und 15 Windungen.

Die Antennen- und Gitterspulen sind aus 2 mm starkem, versilbertem Kupferdraht freitragend hergestellt. Es sind Zylinderspulen, die einen Durchmesser von 80 mm haben. Die Steigung beträgt 5 mm. Hartgummistäbe dienen zur Verstärkung. Zur Herstellung spulen wir den 2 mm starken Draht auf einen Pappzylinder von 70 mm Durchmesser zu einer Spirale auf und schneiden nun die gewünschten Windungen ab. Es ist zweckmäßig, den Draht vor dem Aufspulen leicht mit Zapon zu überziehen, um ein Oxydieren zu verhüten. Für die Sockel sind 22 mm hohe Zweifachstecker verwandt worden.

Die Rückkopplungsspulen sind aus 1,2 mm starkem Kupferdraht, zweimal mit Baumwolle besponnen, freitragend nach dem Korbbodenschritt gewickelt.

Für die Herstellung fertigen wir uns eine Wickelform nach Abb. 16. Der Draht wird nun einmal vor und einmal hinter die Stäbe der Wickelform gelegt, bis die gewünschte Windungszahl erreicht ist. Die Spule wird nun mit Garn gebunden und die Stäbe herausgezogen. Sie sind ebenfalls mit 22 mm hohen Zweifachsteckern gesockelt. Die genaue Anordnung der Spulen zeigt die Anordnung in Abb. 11. Für die Rundfunkwellen benötigen wir 4 Spulen mit 25, 35, 50 und 75 Windungen und für die „Deutsche Welle“ auf 1635 m 250 Windungen für die Gitterspule und 75 Windungen als Rückkopplungsspule.

Die Spulen für den Rundfunkwellenbereich sind gewöhnliche Spulen nach Ledionart und käuflich erworben. Sie sind jedoch nach Maßgabe der Kurzwellenspulen umgesockelt. Um die Spulen handlich beieinander zu haben und vor Beschädigung zu schützen, sind sie, wie Abb. 12 zeigt, in einem Kartothekkasten untergebracht.

Der Wellenbereich der Kurzwellenspulen umfaßt nach folgender Tabelle ungefähr die Bereiche:

| Wellenbereich m | Antennenspule Windungen | Gitterspule Windungen | Rückkopplungsspule Windungen |
|--------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 10—20 | 2 | 2 | 6 |
| 20—30 | 2 | 3 | 7—8 |
| 30—40 | 2 | 5 | 8—10 |
| 40—50 | 2 | 7 | 10 |
| 50—65 | 2 | 9 | 12 |
| 60—80 | 2—3 | 11 | 15 |

Liste der Einzelteile.

- 1 Frontplatte, Hartgummi, 500×200 mm, 4 mm stark.
- 1 Hartgummiplatte, 340×160 mm, 4 mm stark.
- 1 Hartgummiplatte, 200×140 mm, 4 mm stark.
- 1 Hartgummistreifen, 160×40 mm, 4 mm stark, für Batterieanschluß.
- 1 Hartgummistreifen, 140×40 mm, 4 mm stark, für Erd- und Antennenanschlüsse.
- C 1: Frequenz-Drehkondensator, 125 cm (Länge).
- C 2: Frequenz-Drehkondensator, 250 cm (Länge).
- C 3: Frequenz-Drehkondensator, 35 cm (N. S. F.).
- Pot.: Potentiometer, 1000 Ohm.
- R 2: Heizwiderstand, 30 Ohm.
- C 4: Gitterblock, gekapselt, 250 cm.
- C 5, C 6 und C 8: Blockkondensator, 5000 cm.
- C 7: Blockkondensator, 3000 cm.
- C 9: Blockkondensator, 1 µF.
- R 1: Hochohmwiderstand, 3 MΩ, Polywatt, Universal.
- R 3: Hochohmwiderstand, 0,5 MΩ, Konstant, Universal.
- Tr 1: Niederfrequenztransformator, 1 : 4.
- Tr 2: Niederfrequenztransformator, 1 : 2,15.
- 3 Anschlußklinken.
- 1 Röhrensockel, gefedert.
- 2 Röhrensockel, gefedert, mit eingebautem Heizwiderstand 30 Ohm (Braun).
- 1 Ausschalter.
- 1 Rastenschalter mit 5 Stufen.
- 1 Aluminiumplatte, 330×200 mm, 1 mm stark.
- 1 Aluminiumplatte, 340×200 mm, 1 mm stark.
- 1 Holzplatte, 500×330 mm, 12 mm stark.

- 3 Messing-Montagewinkel mit Strebe.
- 4 Messing-Montagewinkel für die Anschlußleisten.
- 4 Ausgleichkupplungen (N. S. F.).
- 11 Buchsen mit Kappen.
- 35 cm Hartgummirohr, 14 mm Durchmesser.
- 2 Pertinaxstreifen, 80×25 mm, für die Drossel.
- 25 cm Rundmessing, 6 mm Durchmesser, für die Verlängerung der Achsen.
- 3 m Schaltdraht, 2 mm Durchmesser, versilbert.
- 5 m Schaltdraht, 1,5 mm Durchmesser, versilbert.
- 15 m 0,2 mm-Draht, zweimal Seide, für die Drossel.
- Verschiedene Schrauben und Muttern.
- 2 Skalenscheiben, 110 mm Durchmesser.
- 1 Skalenscheibe, 45 mm Durchmesser.
- 4 Drehknöpfe, 40 mm Durchmesser.
- 2 Feinstellknöpfe.
- 1 Spulenhalter (Parallelkoppler), 2fach.
- 1 Spulenhalter (Schwenkkoppler), 1fach, mit Feineinstellung.
- 1 Kurzschlußstecker.
- 1 Stecker für die Klinken.
- 1 Valvoröhre, A 408.
- 1 Valvoröhre, N 406.
- 1 Valvoröhre, L 414.
- 15 m Draht, 2 mm stark, versilbert, für die Spulen.
- 10 m Draht, 1,2 mm stark, zweimal Baumwolle, für die Spulen.
- 1 m Hartgummirohr, 2 mm, gelocht, für die Spulen.
- 19 Zweifachstecker, 22 mm hoch, für die Spulen.
- 11 Pertinaxstreifen, 2 mm stark, 140 mm lang, 11 mm breit, für die Spulen.

Bedienung und Allgemeines.

Die Bedienung des Gerätes ist nicht schwer. Nach Einsetzen der entsprechenden Spulen wird die Rückkopplungsspule durch die Schwenkkoppler bis kurz vor den Schwingungseinsatz gebracht, der Rückkopplungskondensator ist dabei auf einen mittleren Wert zu stellen.

Der Kondensator C 1 wird langsam durchgedreht und die Rückkopplung durch den Kondensator C 2 fein eingeregelt.

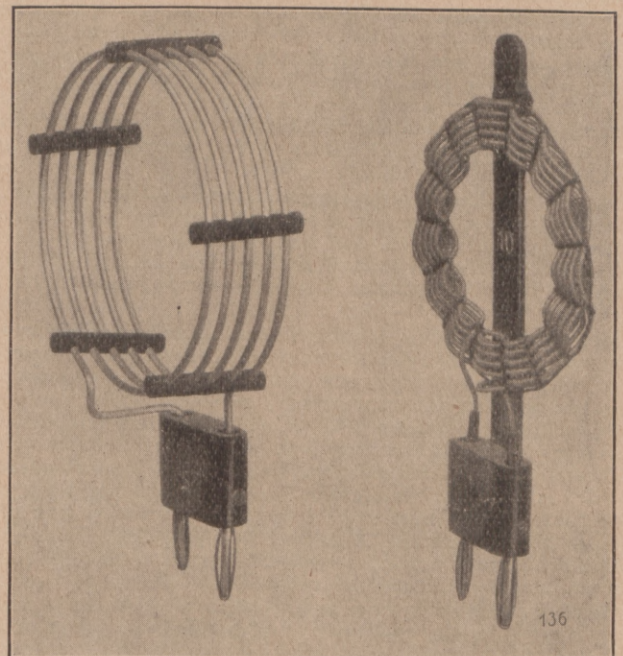


Abb. 11.

Das Potentiometer ist am besten im Sinne positiver Vorspannung anzustellen. Etwaige niederfrequente Heultöne lassen sich durch sorgfältige Potentiometereinstellung beseitigen.

Beim Suchen einer Telephoniestation lasse man den Empfänger keinesfalls lange schwingen, da das Rückkopplungspfeifen auf Kilometer zu hören ist und die Nachbarn er-

hebt sich. Die einmal gefundene Station notiere man sich, wodurch das Auffinden benachbarter Stationen wesentlich erleichtert wird.

Bei dem Empfang mit der Antennenspule muß der Kondensator C3 auf Null stehen.

An Röhren wurden folgende Fabrikate verwandt:

1. Empfangsröhre A 408, Valvo. Die günstigste Heizspannung für diese Röhre ist 2,8 bis 2,9 Volt mit einer Anodenspannung von 50 Volt.
2. 1. Niederfrequenzröhre Valvo N 406.
3. 2. Niederfrequenzröhre Valvo L 414.

Zum Empfang der Rundfunkwellen wird zweckmäßig die Antenne kapazitiv angekoppelt. Drehkondensator C3 wird ganz hineingedreht und die Rückkopplung lediglich induktiv getätigt. Als Rückkopplungsspule kommen für den Wellenbereich bis 500 m nur 25 Windungen in Frage. Durch die geringe Abstimmkapazität des Drehkondensators C1 ist eine Trennung der Stationen im kritischen Wellenbereich von 230 bis 290 sehr leicht. Durch die in der Antenne befindliche kleine Kapazität von C3 werden die Störungen durch benachbarte Maschinen sowie Hochfrequenzheißgeräte usw. auf ein kleines Maß herabgedrückt.

Empfangsergebnisse.

Der Empfänger brachte in Berlin den ganzen Sommer über fast regelmäßig die Stationen:

- Bandoeng, Java, Niederländisch-Indien, auf den Wellen 15,74 und 17,7;
- Schenectady, Amerika, auf den Wellen 19,56; 21,96 und 31,48;
- Chelmsford auf Welle 25,53;
- Pittsburg, Amerika, auf den Wellen 25,40 und 62,5;
- Eindhoven, Holland, auf Welle 31,4;
- Wien, U.O.R., Österreich, auf Welle 49,40;
- Cincinnati, Ohio, Amerika, auf Welle 49,50;
- sowie zahlreiche Versuchssender und französische Kurzwellenstationen.

Zum Empfang wurde eine gewöhnliche Rundfunkantenne von etwa 35 m Länge benutzt.

Bei normalem Funkwetter ist die Lautstärke des Empfängers mittels Lautsprecher bei den obengenannten Stationen für ein großes Zimmer völlig ausreichend.

Ein Kurzwellenempfänger verlangt aber eine verständige Bedienung und für den Anfänger Geduld und Übung, um das Letzte aus dem Gerät herauszuholen.

Gedanken zum Schirmgitter-Superhet

Von

Cai Wendelbo-Jensen

Dr. Cyprians Aufsatz in Heft 28 d. J.: „Schirmgitterröhre im Ultradyne“, veranlaßt mich zu einigen Bemerkungen und Vorschlägen, daß die Gitterwechselspannung des Oszillators, wie Dr. Cyprian festgestellt hat, bereits als Anodenspannung für die Schirmgitter-Modulatorröhre genügt, ist freilich sehr bemerkenswert. Am nächsten läge es jedoch, die Oszillatorschwingungen nicht am Gitter, sondern an der Anode der Oszillatorröhre abzugreifen. Man erhält dann ohne weiteres auch die anzustrebende hohe Gleichspannung an der Anode der Schirmgitterröhre, und eine entsprechende Verbesserung der Leistung wäre zu erwarten. Die Regelung der Anodenspannung für die Modulatorröhre erfolgt dann selbstverständlich durch die Regelung der Anodenspannung der Oszillatorröhre.

Schon eine gewöhnliche Doppelgitterröhre wird in dieser Schaltung sicher mehr als eine Eingitterröhre leisten; nur muß man darauf achten, daß man — im Gegensatz zu Lardelli — den Rahmenanschluß an das erste Gitter legt. Die Doppelgitterröhre muß also im Sinne der Schirmgitterröhre verwendet werden.

Die Schirmgitterröhre scheint aber außerdem, im Zwischenfrequenzteil angewendet, die seinerzeit zuerst von mir vorgeschlagene Anwendung von nur einer Stufe Zwischenfrequenz neu in Erinnerung bringen zu sollen. („Der Jensen-Superhet“, Funk-Bastler 1927, Heft 14). Unter den vielen Varianten meiner Schaltung (vgl. auch „Der Superhet als Volksempfänger“, Funk-Bastler 1928, Heft 43), in Verbindung mit den Aufsätzen über die richtige Anwendung von Schirmgitterröhren (Funk-Bastler 1928, Heft 41 u. 45) wird man für entsprechende Versuche Anregung genug finden. Vielleicht bleibt doch die von mir im Funk-Bastler 1927, Heft 14, vorgeschlagene Drosselkopplung¹⁾ zwischen Zwischenfrequenz und Audion das Gegebene, da es ja auf möglichst hohe Induktanz ankommt. Will man indessen den besonderen schalttechnischen Anforderungen der Schirmgitterröhre voll gerecht werden, könnte man diese Kopplungsart im Sinne der Abb. 5 „Funk-Bastler“ 1928, Heft 41, Seite 631, ergänzen, indem man diese Schaltung, ganz wie sie dasteht, als Zf-Verstärker einsetzt, wobei dann die Antennenspule, von einem kleinen Blockkondensator (50 bis 100 cm) überbrückt, die Rolle der Primärseite des Filters übernimmt.

Eine durchgreifende Neuerung in dem Überlagerungs-empfang, bei welchem bisher wegen der geringen Verstär-

kung die Zweckmäßigkeit der Transponierung in Frage stand, scheint mir heute ebenfalls durch die Schirmgitterröhre im Bereich des praktisch Möglichen gerückt zu sein. Ich denke dabei an das Abwärtstransponieren („Sub-Superhet“, „Inradyne“) auf eine Welle zwischen 90 und 200 m, wodurch der große Hauptfehler des Superhets; die Doppel-einstellungen und der daraus folgende Ausfall mehrerer Stationen bzw. das Auftreten von Überlagerungspfeifen wegfällt. Dies war bisher nur durch die Anlegung einer für die Verstärkung heute überflüssigen und wegen des Zuwachses an Bedienungsrufen lästigen Vorröhre möglich.

Außerdem erübrigt sich dann jede Umschaltung des Oszillators bei dem Wechsel des Wellenbereiches, und Langwellensender werden ebensogut wie die Rundfunksender verstärkt. Ferner würde eine Umschaltung am Oszillator den Empfang der Kurzwellensender ermöglichen.

Wenn auch die Schirmgitterröhre erst bei langen Wellen ihre höchste Leistungsfähigkeit zeigt, so darf man auf einer Zwischenfrequenz von 90 bis 200 m (die Pessimisten wählen eben 150 bis 200 m) doch immer noch eine Verstärkung erwarten, die die einer normalen Zwischenfrequenzstufe mit Eingitterröhre um ein Mehrfaches übertrifft.

Man sollte daher einmal das „Sub-Superhet“-Prinzip in der Praxis probieren. Die „Sub“-Schaltung ist mit der „Super“-Schaltung identisch. Nur sind natürlich für Filter und Drossel (bzw. Sperrkreis oder Ausgangstransformator) entsprechend kleinere Spulen zu verwenden, die selbstredend als verlustarme Zylinderspulen auszubilden sind. Da die Verstärkung auf einer so kurzen Welle stattfindet, gilt es hier erst recht, daß die besonderen schalttechnischen Anforderungen der Schirmgitterröhre berücksichtigt werden sollten. Ob die Rückkopplung von dem Audion auf die Drossel (bzw. Sperrkreis oder Ausgangstransformator) beizubehalten ist, käme auf einen Versuch an. Für die Bestimmung der Oszillatorfrequenz sei auf „Funk-Bastler“ 1929, Heft 11, Seite 171, hingewiesen²⁾.

Schließlich möchte ich eine Beobachtung bei Zwischenfrequenzempfang, welche meines Wissens bisher nicht veröffentlicht wurde, bekanntgeben, jedoch ohne zu behaupten, daß die von mir beobachteten Fälle sich verallgemeinern lassen: Ich mußte bei verschiedenen Superhets feststellen, daß die Schwingenergie des Oszillators in Beziehung zu dem Dämpfungszustande des Zwischenfrequenzverstärkers

¹⁾ Vielleicht ist diese Bezeichnung nicht ganz korrekt, da ich ja die „Drossel“ im Sinne eines Sperrkreises ohne Kapazität benutze.

²⁾ H. Kottas bringt im gleichen Aufsätze auf Seite 173 bereits auch praktische Daten. Ein Drahtdurchmesser von 0,3 mm wäre jedoch für die volle Ausnutzung einer Schirmgitterröhre viel zu gering.

steht, und zwar so, daß eine Zunahme der Oszillatoramplitude eine Abnahme der Schwingneigung im Zwischenfrequenzteil zur Folge hat, und umgekehrt.

Hierdurch findet auch die Tatsache eine Erklärung, daß das Drehen des Oszillatorkondensators oft die Schwingneigung im Zwischenfrequenzteil verändert, denn durch dieses Drehen ändert man ja nicht nur die Frequenz der Hilfswelle, sondern auch ihre Amplitude.

Offenbar vermögen die Oszillatorschwingungen in solchen Fällen das Gitter des zweiten Audions direkt zu beeinflussen, wodurch der Effekt zu erklären wäre. Jedenfalls hat die erwähnte Beobachtung mir seit Jahren ein wertvolles Mittel in die Hand gegeben, Superhets zu stabilisieren. Ist z. B. bei Empfang der Rundfunkwellen die Schwingneigung im Zwischenfrequenzteil gerade richtig, während bei Langwellenempfang die Schwingneigung zu groß ist und zum Verstellen des Potentiometers (oder der Rückkopplung) zwingt, so war eben die Schwingenergie des Oszillators für

die langen Wellen zu klein. Man braucht dann nur die Oszillator-Langwellenspulen fester miteinander zu koppeln, um die Schwingneigung im Zwischenfrequenzteil auf das richtige Maß herabzusetzen.

Bei fertiggekauften Oszillatoraggregaten müßte daher zukünftig die Kopplung des einen Spulenpaares regelbar sein. Selbstverständlich ist diese Einregulierung nur eine einmalige, weshalb es unnützlich wäre, diese Kopplung von außen bedienbar zu machen.

Zuletzt richte ich an Interessenten höflichst die dringende Bitte, von Anfragen zu diesem Aufsatz absehen zu wollen, da es meine Zeit mir leider noch nicht erlaubt hat, entsprechende Experimente anzustellen. Diese Zeilen sind lediglich als eine Anregung für diejenigen gedacht, die es nicht nötig haben, über Spulendaten u. dgl. nachzufragen. Vielleicht entsteht dann eines Tages der praktisch durchgebildete Sub-Superhet mit genauen Angaben zum Nachbauen für jedermann.

Ein Widerstandsgerät als Parallel-Ohmmeter für Feldstärkemessungen

Von
Alfred Stier

Das hier dargestellte und beschriebene Gerät ist ein nützliches Hilfsmittel für jeden kritischen Funkbastler. Die Ausführungen sollen in erster Linie als Anregung dienen, denn die Anwendungsbeispiele können beliebig ergänzt

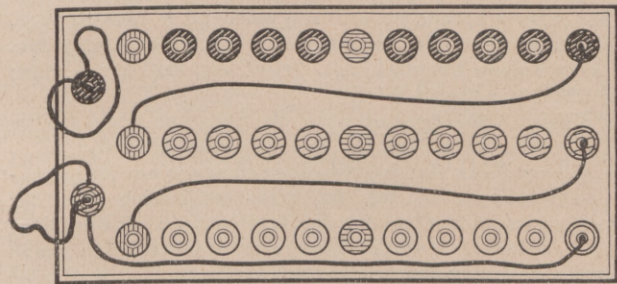


Abb. 1.

werden. Das Gerät empfiehlt sich besonders für das Inventar der Vereinsbastelstuben, in denen es reichlich ausgenutzt werden kann.

Zunächst sei kurz auf die Parallel-Ohm-Methode eingegangen. Man benutzt bekanntlich oft einen dem Lautsprecher parallel liegenden, variablen Widerstand zur Lautstärkenbegrenzung. Macht man nun den Widerstand sehr klein, nur wenige Ohm, so verschwindet der Empfang ganz.

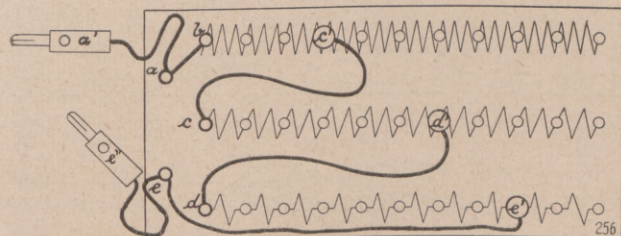


Abb. 2.

Je stärker der Empfang ist, um so kleiner muß der Widerstand gemacht werden, damit nichts mehr zu hören ist. Zu Meßzwecken verwendet man an Stelle des Lautsprechers einen Kopfhörer. Ein guter Lautsprecherstärke entsprechender Empfang verschwindet erst bei 0 bis 5 Ohm, während man bei leisem Detektorempfang mehr als 100 Ohm parallel schalten muß, um noch etwas zu hören.

Auf diese Weise ist es möglich, eine Art Messung der Empfangsintensität (Feldstärke) vorzunehmen. Diese Parallel-Ohm-Methode ist die älteste und einfachste Arbeitsweise; sie ergibt bei einiger Übung recht brauchbare Resultate. Mit Hilfe dieses Meßinstrumentes kann man nun z. B. in Verbindung mit einem Empfangsgerät, das mit einer Rahmenantenne arbeitet, innerhalb eines Senderbezirkes die günstigsten und die weniger günstigen Empfangszonen feststellen; daneben kann man aber auch beim Apparatebau die geeignetsten Einzelteile meßtechnisch bestimmen.

Das zweite Anwendungsgebiet ist für den Bastler das wichtigere. Es ließen sich z. B. die Vorteile des variablen Gitterableitwiderstandes, die Wirkung verschieden gewickelter Spulen usw. feststellen und die Ergebnisse in Kurven festhalten.

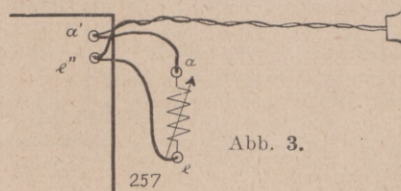


Abb. 3.

Das Widerstandsgerät ist in der Hauptsache eine Anordnung von Widerständen, wie sie in Abb. 1 in ihrem Äußeren mit den Aufbaubuchsen und den Steckern und in Abb. 2 als Schaltplan zu sehen ist.

Drei Reihen Buchsen von je 11 Stück liegen zwischen 10 Widerstandsspulen. Die erste Reihe (schwarze Isolationsbuchsen) hat je 10-Ohm-Spulen von 0—100 Ohm, die zweite Reihe (rote) je 1-Ohm-Spulen von 0—10 Ohm und die dritte Reihe (gelbe) je 0,1-Ohm-Spulen von 0—1 Ohm. Die „Null-Buchsen“ b, c und d sind von blauer Farbe (senkrecht gestrichelt!), und die fünfte Buchse in jeder Reihe ist von grüner Farbe (wagrecht gestrichelt). Die Farbgebung ist eine psychologische Hilfe und erspart eine Beschriftung.

Die Widerstände werden durch straffsitzende Stecker bester Konstruktion, die vorteilhaft noch mit einer 4 mm-Buchsenbohrung für weitere Anschlüsse versehen und an gummiisolierten Litzen angebracht sind, miteinander verbunden, und zwar bringt der schwarze Stecker c' (= Stecker) die 10-Ohm-Werte an die zweite Reihe her, der rote Stecker d' die einfachen Werte an die dritte Reihe und der

gelbe Stecker e' noch die Zehntelwerte der letzten Reihe an die Buchse e. So lassen sich sämtliche Zehntelwerte zwischen 0—111 Ohm schalten.

Für den Gebrauch als Parallel-Ohmmeter werden die Buchsen a und e mit dem Empfänger verbunden; die Kopfhörerstecker kann man im parallelen Sinne an den Steckern a' und e'' anbringen (Abb. 3).

Als Widerstandsdraht wurde Kupferdraht verwendet, der bei einer Länge von 16 cm für 0,1 Ohm genauestes Arbeiten gewährleistete. Der Kupferdraht stammt von einer jetzt billig zu erhaltenden „200-Ohm-Postspule“. Da ich nicht den Durchmesser dieses Drahtes messen konnte, um nach

der bekannten Formel $w = s \cdot \frac{1}{q}$ die Länge des Drahtes für die benötigten Ohmwerte bestimmen zu können, wickelte ich die ganze Spule auf eine feste Pappe mit genau parallelen Seiten. Für 10 Ohm berechnete ich nun eine Länge von 15,25 m; erhielt aber aus drei Messungen nur einen Durchschnitt von 9,52 Ohm. Nach der Gleichung

$$9,25 \text{ Ohm} : 15,25 \text{ m} = 10 \text{ Ohm} : x$$

hatte ich nun den Wert von 10 Ohm mit 16,02 m festgestellt.

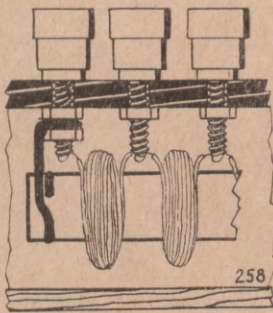


Abb. 4.



Abb. 5.

Um induktionsfreie Spulen zu erhalten, fängt man beim Wickeln in der Mitte des Drahtes an und spult beide Schenkel gleichzeitig auf. Diese 10-Ohm-Spulen, mit Faden und Paraffin zusammengehalten, kommen auf eine Hartgummileiste, und die Anschlüsse werden an den Schraubenenden der Aufbaubuchsen angelötet. Die Abb. 4 läßt außerdem noch erkennen, wie die Hartgummileiste an ihren Enden mittels starker Drahtbügel zwischen den Muttern mechanisch festgehalten wird.

Während man den 2 × 8,01 m langen Draht für eine 10-Ohm-Spule am besten auf der Diele aufspannt, kann man den Draht für die 1-Ohm-Spulen in der halben Länge von 80,1 cm + 3 mm für die Lötstellen auf einem langen Brett aufspannen. Nachdem dies geschehen ist (Abb. 5), steckt man bei der halben Länge, bei b, d, f usw., einen trockenen Holzstab durch die Drahtwinkel, befestigt diese mit einem Faden und wickelt die Drähte gemeinsam auf, so wie es in der Abb. 6 darzustellen versucht wurde. So hat man die Anschlußenden gleich zusammenhängend und in dem notwendigen Abstände und kann bequem anlöten.

Die 0,1-Ohm-Spulen hängen in Linsengröße und mit einem Tropfen Paraffin zusammengehalten frei zwischen ihren Lötstellen. Für die 33 Lötstellen ist folgende einfache Arbeitsweise zu empfehlen:

1. Anlöten an das innere Schraubenende der Aufbaubuchsen. Die einzelnen Phasen werden

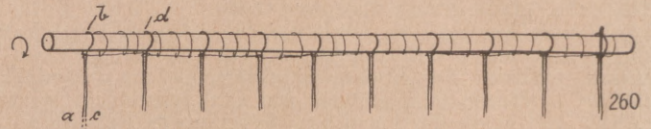


Abb. 6.

durch die einzelnen Bilder der Abb. 7 dargestellt. Die Schraubenenden werden glatt abgefeilt, mit etwas Lötlötfett versehen, das blanke Drahtende wird mit einer Zange so gebogen, daß es von allein hält, ein kleines 5—8 mm³ großes Stück Lötzinn, das vorher mit der Zange ganz flach gedrückt worden war, wird darauf gelegt, mit dem heißen Kolben berührt, und das Lötzinn fließt zu einer kleinen Kugel zusammen.

2. Anlöten an 0,8 mm starke Kupferdrahtenden. Hat man nach Abb. 4 die 10-Ohm-Spulen angebracht, so ist es schwer möglich, die 1-Ohm-Spulen an dem Holzstäbchen ebenfalls an den Schraubenenden der Aufbaubuchsen anzulöten, weil man nicht mit dem LötKolben dazu gelangen kann. Man befestigt daher an jeder Schraube durch eine zweite Mutter mindestens 0,8 mm starke Kupferdrahtstücke und biegt an diese kleine horizontale Drahtschlingen von nur 2 mm Durchmesser (Abb. 8). Nachdem man nun den Holzstab an seinen Enden mit starkem Draht (wie bei Abb. 4 bereits geschildert) mechanisch befestigt hat, bringt man die von der Seide befreiten Enden a, c, e, g usw. in je eine solche Drahtschlinge, fettet ein, legt ein kleines Stück Lötzinn auf und lötet.

Bei diesen Arbeitsweisen braucht man nur eine ruhige Hand, die den LötKolben an das Zinn heranbringt.

Ein solches Widerstandsgerät, das jeden kleinen Zwischenwert einzustellen gestattet, ist selbstverständlich noch für andere Zwecke, vor allem für die Berechnung kleinster Ohmwerte, benutzbar. Zum Messen von Widerständen kann man zwar die Wheatstonesche Brücke benutzen, aber eine solche geeichte Brücke ist recht teuer und erfordert außerdem noch ein Galvanoskop. Kleinere Bastlergemeinschaften dagegen sind froh, wenn sie sich ein einwandreies Meßinstrument (Mavometer) angeschafft haben. In der Gebrauchsanweisung zum Mavometer ist die Messung kleinster Widerstände angegeben, und ich möchte hier nur betonen, daß es mit dem beschriebenen Widerstandsgerät gelingt, den Widerstand so zu bemessen, daß der Zeiger voll ausschlägt, um möglichst recht unterschiedliche Ablesungen zu erhalten.

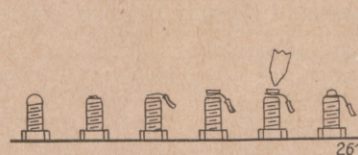


Abb. 7.

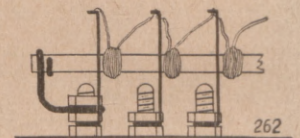


Abb. 8.

Auf diese Weise wurde das gebaute Gerät selbst nachgemessen, und es ergaben sich folgende Werte, alles in Ohm:

| | | |
|------|-------|--------|
| 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 0,11 | 1,00 | 10,1 |
| 0,21 | 1,98 | 20,0 |
| 0,32 | 3,01 | 30,05 |
| 0,42 | 4,02 | 40,1 |
| 0,53 | 5,00 | 50,07 |
| 0,63 | 6,01 | 59,98 |
| 0,73 | 6,99 | 70,04 |
| 0,84 | 8,01 | 80,1 |
| 0,95 | 9,01 | 90,12 |
| 1,05 | 10,02 | 100,08 |

Bei der Bemessung der Abstände der einzelnen Aufbau-
buchsen wurde außerdem berücksichtigt, daß die Vorschalt-
widerstände des Mavometers noch zwischen der letzten
schwarzen und letzten gelben Buchse angeschraubt werden
können. Auch sind genügend Stecker vorhanden, um diese
Widerstände mit ihrem tatsächlichen Werte anzuschließen
oder noch mit Zusatzohmwerten zu versehen.

Zum Schluß sei nur noch erwähnt, daß die Hartgummi-

platte mit den an ihr befestigten Widerstandsspulen auf
einem kleinen Holzkästchen ruht. Die Stecker müssen bei
jedem Anschluß straff sitzen. Von Schleiffedern muß man
bei einem solchen Widerstandsgerät, an das man in bezug
auf Objektivität große Anforderungen stellt, vollständig ab-
sehen, weil die Schleiffedern, wie nachgemessen wurde,
einen ungewollten bzw. ungemerkten Widerstand bis zu
10 Ohm verursachen können.

Ein Tropadyne-Kurzwellen-Vorsatzgerät

Die Schwierigkeiten, die sich bei einer wirksamen Hoch-
frequenzverstärkung kurzer Wellen ergeben, haben dazu
geführt, daß man im allgemeinen für den Kurzwellen-
empfang auf besondere hochfrequente Verstärkung ver-
zichtet und sich mit dem einfachen rückgekoppelten Audion
als Eingangsstufe begnügt. Dieser Verzicht auf hoch-

Drehkondensator mit einem drehbaren Plattensatz
und zwei festen isolierten Plattensätzen. Diese Kondensatoren
sind in jedem Spezialgeschäft erhältlich (Kapa-
zität = etwa 50 cm). Die Heizung der Röhre V wird durch
den Heizwiderstand W_3 reguliert. Im Anodenkreis der
Röhre V schwingt nun die Überlagerungsfrequenz, die

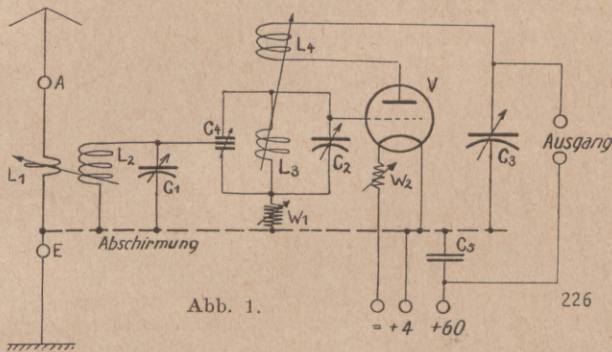


Abb. 1.

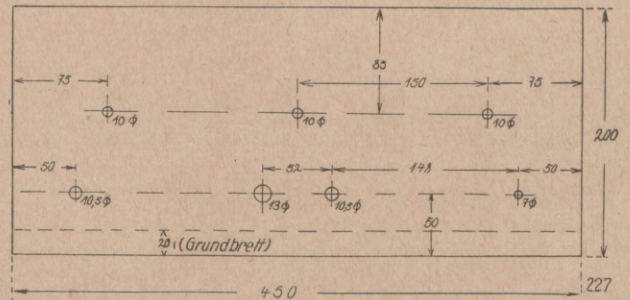


Abb. 2.

frequente Verstärkung ließ sich infolge der großen Reich-
weiten kurzer Wellen durchführen, bringt aber gewisse
Nachteile mit sich. Es ist daher wiederholt der Vorschlag
gemacht worden, auch für die kurzen Wellen die sonst nur
für den normalen Rundfunkbereich verwendete
Frequenzwandlung zu benutzen. Der vorliegende Aufsatz
gibt die Beschreibung eines für den Kurzwellenempfang
bestimmten besonderen Vorsatzgerätes, mit dem die Um-
wandlung der kurzen Wellen auf etwa die Größe normaler
Rundfunkwellen erfolgen soll. Dadurch wird es ermöglicht,
das Vorsatzgerät in Verbindung mit einem beliebigen Fern-
empfänger für Rundfunkwellen zu benutzen. Der Verfasser
benutzte für diese Versuche einen üblichen Neutrodyne-
Empfänger.

Die Abb. 1 zeigt das prinzipielle Schaltbild eines Tropadyne-Kurzwellen-Vorsatzgerätes. Die Röhre V arbeitet als Misch- und Schwingungserzeugerröhre. Wir haben es also mit einer normalen Tropadyneanschaltung zu tun. Die hier benutzte unterscheidet sich von der normalen dadurch, daß der elektrische Mittelpunkt der Abstimmspule L_2 äußerst bequem durch einen Differential-Kondensator C_1 eingestellt werden kann. Ein Abgriff der Spule L_3 ist also hier nicht erforderlich. Das gesamte Gerät wird aperiodisch an die Antenne angekoppelt. Am besten ist der Empfang mit einer normalen Zimmerantenne, doch kann auch jede beliebige Hochantenne angeschlossen werden. Der Anschluß der Antenne erfolgt bei A, der der Erde bei E. Die aperiodische Antennenspule L_1 überträgt alle empfangenen Schwingungen zur Spule L_2 , die auf den Sender durch den Kondensator C_1 abgestimmt wird. In dem Kreis L_3-C_2 wird durch die Rückkopplungsspule L_4 die zusätzliche Überlagerungsschwingung erzeugt. Der Differential-Kondensator C_1 ist ein kleiner

einer Wellenlänge von einigen hundert Metern entspricht, und deren Größe von der jeweiligen Abstimmung der Kreise L_2-C_1 und L_3-C_2 abhängt. C_3 ist ein gewöhnlicher Frequenzplatten-Kondensator mit 500 cm Kapazität, der im Verein mit einer an die Ausgangsklemmen anzuschließenden Spule einen Schwingungskreis ergibt, der auf die Zwischenfrequenzwelle abgestimmt wird. Die Spule wird mit zwei flexiblen Litzen, die nicht zu lang sein sollen, an das Vorsatzgerät angeschlossen, und sie wird später beim Betrieb einfach neben die erste Gitterkreisspule des als Zwischenfrequenz- und Niederfrequenzverstärker wirkenden Empfängers gestellt, der sonst zum Empfang der normalen Rundfunksender dient. Auf diese Weise wird das Vorsatzgerät mit dem Empfänger gekoppelt, und es brauchen nun nur sämtliche Abstimmkreise des Rundfunkempfängers zusammen mit dem Kondensator C_3 einmal auf die Zwischenfrequenzwelle abgestimmt zu werden, wonach dann nichts an dem Empfänger verändert zu werden braucht.

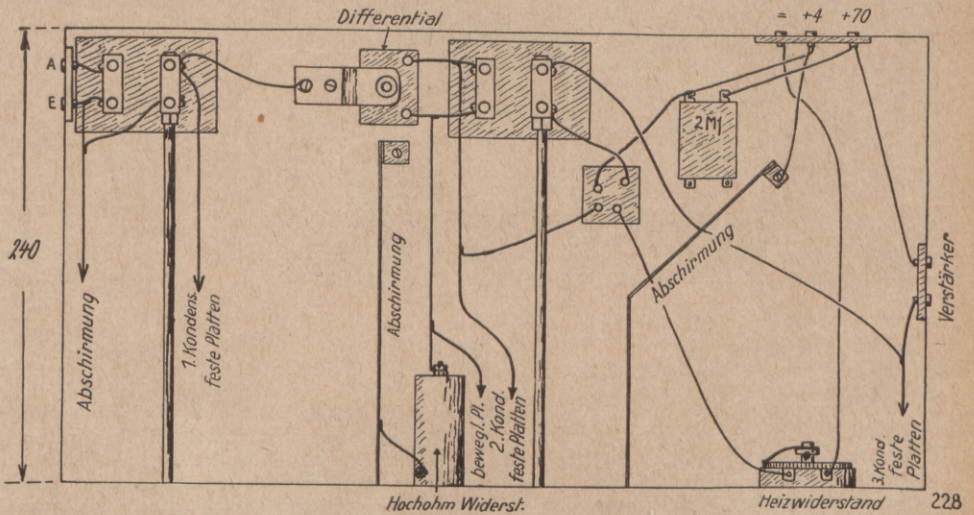


Abb. 3.

Als Spulen im Vorsatzgerät verwendet man die normalen Kurzwellenspulen; man hat lediglich darauf zu achten, daß die Spule L_2 immer eine Windung mehr hat als die Spule L_3 , während die Spule L_1 der jeweilig vorhandenen Antenne angepaßt werden muß. In den meisten Fällen wird man für L_1 eine bis drei Windungen wählen. Die Spulen L_2 und

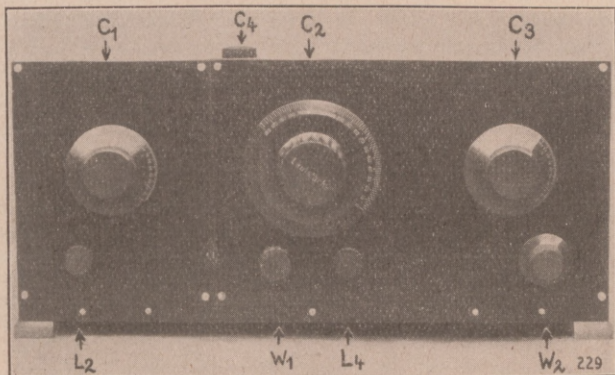


Abb. 4.

L_3 bestimmen den Wellenbereich, der mit den Kondensatoren C_1 und C_2 bestrichen wird. Die Spule L_4 muß so groß sein, daß auf dem gesamten Bereich des Kondensators C_2 die Röhre V schwingt. Das kann man leicht daran erkennen, daß man in den Anodenkreis, also z. B. zwischen der unteren Ausgangsklemme und Plus 60 ein Milliampere-meter mit einem Meßbereich von 0 bis 5 Milliampere einschaltet. Ist die Spule L_4 von der Spule L_3 weit entfernt, ist die Rückkopplung also überhaupt nicht vorhanden oder sehr gering, so zeigt das Milliampere-meter einen ziemlich starken Anodenstrom an. Nähert man die Spule L_4 der Spule L_3 , so fällt das Milliampere-meter bei einer bestimmten Stellung plötzlich ruckartig stark zurück: die Röhre V schwingt. Während der Empfangsversuche muß man dann immer darauf achten, daß die Röhre schwingt, da sonst die Entstehung der Zwischenfrequenzwellen verhindert wird.

Der Bau des Gerätes ist denkbar einfach und geht aus den Abb. 2 bis 6 deutlich hervor. Zunächst sei auf den Bohrplan der Frontplatte hingewiesen, der genau so gezeichnet wurde, wie es die bei dem Modellgerät verwendeten Teile erforderten. Man wird in vielen Fällen nicht dieselben Teile erhalten und muß dementsprechend die Durchmesser der Bohrlöcher ändern, ebenso kann die Höhe der Platte etwas von der Vorlage abweichen. Die Abb. 2 soll

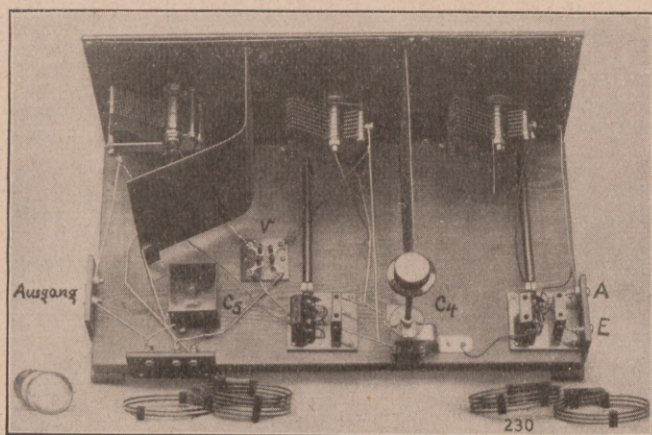


Abb. 5.

nur als Anhalt für die Verteilung der Knöpfe auf der Frontplatte dienen. Genau so verhält es sich mit der Abb. 3, bei der die Anordnung der Einzelteile auf der Grundplatte gezeigt ist. Geringe Abweichungen hiervon spielen keine Rolle, lediglich die Anordnung ist von Wichtigkeit. Wir sehen links oben die Anschlüsse für Antenne und Erde, daneben den Spulhalter für die Spulen L_1 und L_2 (rechts). Es folgt dann der Differentialkondensator, in dessen Höhe

eine Abschirmplatte verläuft, die den eigentlichen Abstimmkreis von dem Audionkreis trennen soll. Darauf folgt der Spulhalter für die Spulen L_3 und L_4 (rechts), der Röhrensockel, eine weitere geknickte Abschirmplatte und schließlich der große Blockkondensator zur Überbrückung der Anodenstromquelle und der Heizwiderstand. Die Abb. 1

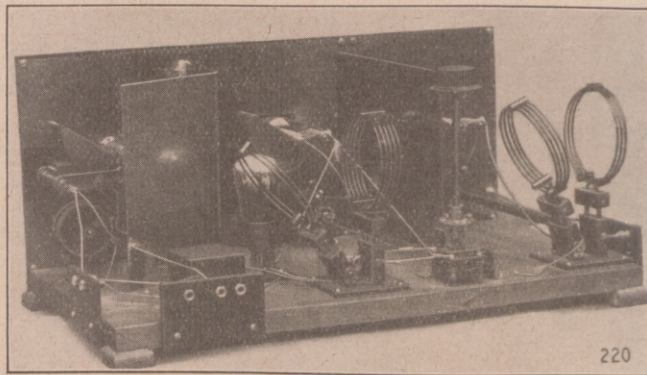


Abb. 6.

bis 3 werden ergänzt durch die Abb. 4 bis 6, mit deren Hilfe der Nachbau sicher leicht gelingen wird.

Zu erwähnen ist noch, daß der Differentialkondensator mit Hilfe eines Messingblechwinkels auf dem Grundbrett aufgeschraubt wird, und daß er mittels einer Kupplung eine Verlängerung der Drehachse durch einen Hartgummistab erfährt. Sehr wichtig ist, daß bei der Montage darauf geachtet wird, daß das drehbare Plattenpaket des Kondensators links auf der Frontplatte in leitender Verbindung mit der Abschirmplatte, die sich hinter der Frontplatte befindet, steht. Dies ist auch aus dem Schaltplan Abb. 1 ersichtlich. Das drehbare Plattenpaket von C_2 dagegen muß isoliert sein, während das drehbare Paket des Kondensators C_3 wieder in Verbindung mit der Abschirmplatte stehen muß. Alle Verbindungen, die nach Abb. 3 und auch nach Abb. 1 gemacht werden, können aus normalem, blankem Schaltdraht hergestellt werden.

Stückliste:

| Pos. | Anzahl | Gegenstand | Größe |
|------|--------|---|------------------------------------|
| 1. | 2 | Kurzwellen-Drehkondensatoren . . . | max 150 cm |
| 2. | 1 | Frequenzplatten-Drehkondensator . . | 500 cm |
| 3. | 1 | Heizwiderstand | 30 Ω |
| 4. | 1 | Veränderlicher Hochohmwiderstand | 0,1—5 M Ω |
| 5. | 2 | Zweiteilige Spulhalter mit Zahnradübersetzung und 20 cm langen Einstellachsen | |
| 6. | 1 | Differentialkondensator | 50—100 cm |
| 7. | 1 | Blockkondensator | 2 μ F |
| 8. | 3 | Anschlußleisten aus Turbonit | |
| 9. | 1 | Frontplatte | 200 \times 450 \times 4 mm |
| 10. | 1 | Grundbrett | 450 \times 240 \times 20 mm |
| 11. | 3 | Drehknöpfe mit extra großem Knopf | |
| 12. | 7 | Steckbuchsen | 4 mm |
| 13. | 1 | Röhrensockel | |
| 14. | 1 | Satz Kurzwellenspulen | 1—10 Wind. |
| | | Holzschrauben, Abschirmblech aus Messing (0,3 mm), Metallschrauben, Schaltdraht | |

Über die Einstellung und Bedienung des Gerätes sei folgendes gesagt: In die Leitung, die an die positive Spannung der Anodenbatterie führt, wird ein Milliampere-meter eingeschaltet. Die Spulhalter werden mit den Spulen nach den gemachten Angaben besetzt, und der Heizstrom wird eingeschaltet. Als Röhren benutzte ich entweder die RE 074 oder A 408. Nachdem Antenne und Erde angeschlossen sind, wird an die Ausgangsbuchsen des Vorsatzgerätes mittels zweier einzelner kurzer Litzen eine normale Lichtsteckdose geschaltet, in die eine Flachspule

mit etwa 75 Windungen gesteckt ist. Diese Spule stellt man nun neben die erste Gitterkreisspule eines Neutrodyne-Empfängers, den man vorher betriebsfertig gemacht hat. Am Neutrodyne-Empfänger dürfen natürlich weder Antenne noch Erde angeschlossen werden, jedoch kann für beide Geräte die gleiche Batterie verwendet werden. Sind im Empfänger Zylinderspulen benutzt, dann legt man die Kopplungsspule des Vorsatzgerätes auf den ersten Transformator des Neutrodyne-Empfängers. Auf jeden Fall muß der Zweck, das Zusatzgerät mit dem Empfänger zu koppeln, erreicht werden. Sehr wichtig ist nun, sämtliche Abstimmkreise des Empfängers auf genau die gleiche Welle abzustimmen. Hierfür sucht man sich erfahrungsgemäß am besten eine Welle aus, die etwa bei 300 m liegt. Diese Einstellung ist jedoch nicht kritisch. Man stimme also zunächst den normalen Empfänger (Neutrodyne-Empfänger) in üblicher Weise auf eine etwa bei 300 m liegende Station ab, dann nimmt man die Kopplung mit dem Vorsatzgerät vor. Besitzt das Neutrodyne-Gerät eine Rückkopplung, so muß diese so weit angezogen werden, daß der Empfänger beinahe zu schwingen beginnt. Jetzt verändert man den ersten Kondensator ein wenig, bis der Empfänger ins Schwingen kommt, löst die Rückkopplung etwas und verändert diesen Kondensator wieder, bis der Empfänger wieder schwingt, und so fort, bis durch das Drehen des ersten Kondensators kein Schwingen mehr zu erreichen ist. Die Stellung, bei der der erste Kondensator auf die anderen Kreise abgestimmt ist, kennzeichnet sich durch ein charakteristisches Rauschen. Ähnlich verfährt man mit den übrigen Abstimmkondensatoren, so daß man endlich alle Abstimmkreise auf genau dieselbe

Welle einreguliert hat. Die Rückkopplung wird jetzt so stark gemacht, daß der Empfänger gerade anfängt zu schwingen. Nun wird am Vorsatzgerät der Kondensator C_2 langsam durchgedreht und auf die Stellung eingestellt, bei der die Schwingungen im Empfänger aussetzen. Dies ist das Zeichen dafür, daß auch der Kopplungsschwingungskreis C_2 — Kopplungsspule — auf die Welle des Empfängers eingestellt ist. An dem Kondensator C_3 sowie an sämtlichen Abstimmgriffen des Empfängers wird dann während des ganzen Kurzwellen-Empfangs nichts geändert.

Der Differentialkondensator wird annähernd auf Mitte gestellt und das Vorsatzgerät durch Ablesen am Milliamperemeter zum Schwingen gebracht. Jetzt brauchen nur noch die Kondensatoren C_1 und C_2 (wobei durch C_2 die eigentliche Abstimmung auf den Sender erfolgt) reguliert zu werden, um die verschiedenen Kurzwellensender einzustellen. Hat man einen Sender gefunden, so läßt man C_2 stehen, reguliert mit C_1 nach und stellt einmalig am Neutrodyne-Empfänger auf größte Lautstärke ein. Jetzt hat man die Gewißheit, daß sämtliche Kreise auf das genaueste abgestimmt sind, und man kann nun allein mit den Kondensatoren C_1 und C_2 Kurzwellensender suchen. Sollte bei einer bestimmten Stellung der Kondensatoren C_1 und C_2 ein Schwingen des Vorsatzgerätes nicht zu erreichen sein, so braucht man nur den Hochohmwiderstand W_1 und das Differential zu verändern, um sicher zum Schwingen der Schaltung zu kommen.

Mit dem Vorsatzgerät war es möglich, die entferntesten Kurzwellensender außerordentlich gut zu empfangen. *St.*

Eine Induktivitäts- und Kapazitätsmeßbrücke

Von Dr. G. Zickner

Von großer Wichtigkeit für den experimentierenden Bastler ist die Kenntnis der Kapazitäten und Selbstinduktionen seiner Apparate, da durch diese beiden Größen die Fre-

quenzen bzw. Wellenlängen der schwingenden Kreise wesentlich bestimmt sind. Während die hinreichend genaue Messung von Kapazitäten mit Hilfe der allgemein eingeführten, handlichen Kapazitätsmeßbrücken ohne Schwierigkeit ausführbar ist, fehlte bisher ein entsprechender Apparat für Selbstinduktionsmessungen. Man half sich entweder mit Erfahrungswerten, was aber nur als unzuverlässiger Notbehelf angesehen werden kann, oder man griff zur Berechnung der Selbstinduktion aus den Dimensionen der Spule. Dieser Weg ist jedoch nicht in allen Fällen gangbar und selbst bei relativ geringen Genauigkeitsansprüchen infolge des meist komplizierten Formelbaues zeitraubend. Die im folgenden beschriebene Meßanordnung gestattet es, in kürzester Zeit jede Selbstinduktion zwischen 10^4 und 10^8 cm (0,01 bis 100 Millihenry) zu messen. Der Apparat hat überdies den Vorzug, daß er sich durch eine Schalterdrehung in eine Kapazitätsbrücke umwandeln läßt, mit welcher Kapazitäten von etwa $50 \mu\text{F}$ bis zu etwa $1 \mu\text{F}$ in bekannter einfacher Weise gemessen werden können. Die Meßgenauigkeit beträgt für Induktivitäten sowohl wie für Kapazitäten etwa ein bis einige Prozent. Der Apparat ist auch

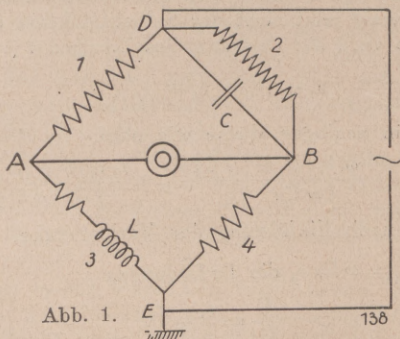


Abb. 1.

138

im Handel zu haben, doch kann er ohne große Schwierigkeit von einigermaßen geschickten Bastlern auch im Selbstbau hergestellt werden.

Schaltung¹⁾.

Der Apparat ist eine Anwendung der bekannten Maxwell'schen Brückenschaltung. Zwei einander gegenüberliegende Zweige der Brücke enthalten nur Widerstände, während im dritten ein Drehkondensator mit parallel geschaltetem, im vierten die Spule mit in Reihe geschaltetem Widerstande liegt (Abb. 1). Der Drehkondensator umfaßt einen Kapazitätsbereich von etwa 50 bis etwa $1100 \mu\text{F}$. Der Widerstand im Zweige 1 beträgt 10 000 Ohm; im Zweige 4 sind vier Widerstände von 10 000, 1000, 100 und 10 Ohm durch einen Schalter auswechselbar. Der Apparat besitzt daher vier Meßbereiche, von denen jeder eine der vier Dekaden zwischen

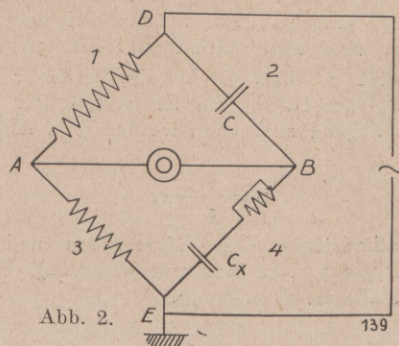


Abb. 2.

139

10^{-5} und 10^{-1} Henry umfaßt. Die Erregung der Brücke geschieht mit Hilfe eines Summers, welcher primär auf einen Transformator arbeitet. Die Sekundärklemmen des letzteren

1) Frühere, z. T. ausführlichere Veröffentlichungen d. Verf. über den gleichen Gegenstand siehe Zeitschrift für Fernmelde-technik 8, S. 59, 1927; Archiv für Elektrotechnik 19, S. 49, 1927; Experimental Wireless 5, S. 280, 1928; Radio-Handel und -Export 1929.

sind mit den Stromzuführungspunkten der Brücke verbunden. Als Indikator für das Gleichgewicht der Brücke dient ein Telephon (200 Ohm).

Wie bei jeder Wechselstrombrücke ist die Erfüllung zweier Bedingungen erforderlich; die eine wird durch Einstellung des Drehkondensators, die andere angenähert durch Änderung des ihm parallel geschalteten hochohmigen Widerstandes erfüllt. Dieser ist zwischen 10^4 und 10^7 Ohm stufenweise veränderbar und dient zur Grobeinstellung. Die Feineinstellung geschieht alsdann mit dem kleinen Widerstand (maximal 100 Ohm) im Selbstinduktionszweige, welcher seinerseits noch mit einer besonderen Feinregulierung (maximal 1 Ohm) versehen ist. Man hat daher abwechselnd den Kondensatorvergriff und die Widerstandsgriffe zu bedienen, bis ein völliges Schweigen im Brückentelephon erreicht ist.

Durch Betätigung eines Umschalters können die beiden Zweige 3 und 4 miteinander vertauscht und dadurch der Apparat in eine normale Kapazitätsmeßbrücke nach Art der Abb. 2 verwandelt werden. Der zu messende Kondensator wird in diesem Falle an die sonst für die Prüfspule vorgesehenen Klemmen angeschlossen. Der vorgeschaltete Widerstand ist dann in der Regel kurzzuschließen, der dem Drehkondensator parallel liegende Hochohmwiderstand zu entfernen.

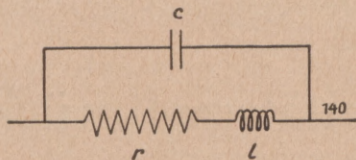


Abb. 3.

Theorie.

Für die Maxwellsche Brückenschaltung gelten, wie bekannt, die Gleichgewichtsbedingungen²⁾

$$\frac{L}{C} = r_1 \cdot r_4, \quad (1)$$

$$r_1 \cdot r_4 = r_2 \cdot r_3 \quad (2)$$

unter der Voraussetzung, daß sämtliche Widerstände winkelfrei sind³⁾. Diese Voraussetzung kann wohl für manche der im Handel erhältlichen Widerstandsstäbchen als erfüllt angesehen werden, nicht aber für Drahtwiderstände. Diese müssen jedoch in den Zweigen 1, 3 und 4 verwendet werden, da stäbchenförmige Widerstände häufig nicht genügend konstant und außerdem in so kleinen Werten, wie hier benötigt, nicht zu haben sind. Auf hohe Konstanz des Widerstandes r_2 braucht kein Wert gelegt zu werden, da sein Betrag in die entscheidende Brückengleichung (1) nicht eingeht. Hier sind also Widerstandsstäbchen am Platze.

Die Kapazität c eines Drahtwiderstandes r kann als diesem parallel geschaltet, die Selbstinduktion l als mit ihm in Reihe liegend angesehen werden (vgl. Abb. 3). Der Ausdruck

$$\theta = \frac{1}{r} - cr \quad (3)$$

heißt die Zeitkonstante des Widerstandes und bestimmt neben der Frequenz seine Phasenverschiebung. Für winkelfreie Widerstände ist $\theta = 0$, also

$$\frac{1}{c} = r_2. \quad (4)$$

²⁾ r_3 bezeichnet den Widerstand im Zweige 3 (Abb. 1) einschließlich des Spulenwiderstandes.

³⁾ Winkelfrei heißt ein Widerstand, dessen Kapazität und Selbstinduktion sich kompensieren, so daß der Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom verschwindet.

Bei kleineren Widerständen ist θ meist positiv, bei größeren negativ. Nun kann der Widerstandsoperator eines Gebildes nach Abb. 3 für Tonfrequenzen auf die Form gebracht werden:

$$a + jb = r(1 + j\omega\theta)^4. \quad (5)$$

Beachtet man, daß $\theta_2 = 0$ ist, so erhält man für die Operatoren der vier Brückenarme:

$$a_1 + jb_1 = r_1(1 + j\omega\theta_1), \quad (6)$$

$$a_2 + jb_2 = r_2(1 + j\omega\theta_2), \quad (7)$$

$$a_3 + jb_3 = r_3 + j\omega(L + l_3), \quad (8)$$

$$a_4 + jb_4 = r_4(1 + j\omega\theta_4). \quad (9)$$

Die Gleichsetzung der Produkte der Operatoren gegenüberliegender Brückenarme ergibt die Beziehung

$$r_1 r_4 (1 + j\omega\theta_1)(1 + j\omega\theta_4) = \frac{r_2(r_3 + j\omega[L + l_3])}{1 + j\omega Cr_2}. \quad (10)$$

Hieraus erhält man nach Trennung der reellen und imaginären Terme und unter Vernachlässigung der kleinen Größen zweiter Ordnung nach einigen Umformungen die Brückenbedingungen:

$$L + l_3 = r_1 r_4 \left(C + \frac{\theta_1 + \theta_4}{r_2} \right), \quad (11)$$

$$r_1 r_4 = r_2(r_3 + \omega^2[L + l_3][\theta_1 + \theta_4]). \quad (12)$$

Man hat also durch besondere Wicklungsverfahren die Zeitkonstanten der Widerstände so klein zu halten, daß die Korrektur $\frac{\theta_1 + \theta_4}{r_2}$ gegen C nicht in Frage kommt (vgl.

Gleichung 11), was man auch dadurch begünstigen kann, daß man r_2 nach Möglichkeit groß wählt. Auf diese Weise erreicht man gleichzeitig eine kleine Korrektur l_3 . Somit ergibt sich für die Eichkurve die lineare Beziehung

$$L = r_1 r_4 C - l_3. \quad (13)$$

Für $\theta_1 = 0$, $\theta_4 = 0$ und $l_3 = 0$ gehen die Gleichungen (11) und (12) in die Gleichungen (1) und (2) über.

Für die Schaltung als Kapazitätsmeßbrücke müssen die Indizes der Zweige 3 und 4 miteinander vertauscht werden. Da im Meßzweig jetzt statt der Selbstinduktion eine Kapazität liegt, so wird der Operator des Zweiges 4 (vgl. Abb. 2)

$$a_4 + jb_4 = r_4 + \frac{1}{j\omega C_x}. \quad (14)$$

Man erhält in analoger Weise wie oben

$$\frac{r_1(1 + j\omega\theta_1)(1 + j\omega C_x r_1)}{j\omega C_x} = \frac{r_2 r_3(1 + j\omega\theta_3)}{1 + j\omega C r_2} \quad (15)$$

und hieraus nach Einführung der Verlustwinkel $\tan \delta_2 = \frac{1}{\omega C r_2}$

$C r_3$ und $\tan \delta_4 = \omega C_x r_4$ die Bedingungen

$$\frac{C}{C_x} = \frac{r_3}{r_1} - \frac{r_4}{r_2}, \quad (16)$$

$$\delta_2 - \delta_4 = \omega(\theta_1 - \theta_3). \quad (17)$$

Der Quotient $\frac{r_4}{r_2}$ ist eine Korrektionsgröße, er charakterisiert den Einfluß von Verlustwinkeln der Kondensatoren sowie von Widerständen in den Zweigen 2 und 4. Sofern der zu prüfende Kondensator nicht extrem hohe Verluste hat,

kann $r_4 \ll r_2$, also $\frac{r_4}{r_2} = 0$ gesetzt werden. Gleichung (16) erhält somit die bekannte Form

$$C_x = C \frac{r_1}{r_3}. \quad (18)$$

Die Gleichung (17) ist praktisch irrelevant, solange die Verluste der Kondensatoren nicht sehr hoch sind, was im allgemeinen zutrifft. Die Gleichungen (13) und (18) sind maßgebend für die Eichkurven als Induktivitäts- bzw. Kapazitätsmeßbrücke. (Fortsetzung folgt.)

⁴⁾ $j = \sqrt{-1}$, $\omega = 2\pi f$, f = Frequenz in Hertz, l_3 = Selbstinduktion des Zusatzwiderstandes im Zweige 3.