

# FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

## Fernsehen in natürlichen Farben

Ein Blick in die Zukunft. — Die verschiedenen Methoden.

Der folgende Aufsatz behandelt ein Problem, dessen Verwirklichung noch in sehr, sehr weiter Ferne liegt, obgleich theoretisch das Fernsehen in natürliche Farben bereits möglich ist. Wir wollen zufrieden sein, wenn das Fernsehen erst einmal die Stufe erlangt, auf der heute der Film steht, und wenn es eines Tages endlich Filme in natürlichen Farben gibt, dann können wir vielleicht auch mit dem Fernsehen in natürlichen Farben rechnen.

Kaum, daß zur Zeit Bildübertragung und Fernsehen die Klippen zu meistern suchen, die das Hörbild, des Rundfunks, mühsam überwunden hat, bringt Amerika, das Land der angeblich „unbegrenzten Möglichkeiten“, das Fernsehen in natürlichen Farben. Nach den amerikanischen Behauptungen bieten die Einrichtungen zum farbigen, zum „natürlichen“ Fernsehen keine größeren technischen Schwierigkeiten als die zur Zeit bestehenden Einrichtungen zum Schwarz-Weiß-Sehen. Die verschiedenen Methoden, das „natürliche Fernsehen“ zu erreichen, lassen jedoch Schwierigkeiten deutlich erkennen. Die Einrichtungen müssen nicht nur grundsätzlich das Bild so abtasten wie bisher, sondern auch noch die Bildpunkte in den richtigen Intensitätsverhältnissen in die Farbelemente zerlegen — und „natürlich“ auf der Empfangsseite alles wieder zum natürlichen Bild zusammensetzen. Daß diese Schwierigkeiten nicht gering sind, geht ferner aus der Forderung hervor, daß die Frequenzbänder eine wesentlich größere Breite haben müssen.

\*

Die Wege, die zur Erreichung des Zieles beschritten wurden, sind grundsätzlich voneinander verschieden, schmiegen sich jedoch in ihrer Eigenart sehr eng den Methoden an, die sich für den Buntdruck, den Farbfilm und die Farbenphotographie bewährt haben.

Die eine Methode bestände in dem gleichzeitigen Zusammenwirken dreier vollständiger, einfarbiger Bilder, deren Grundfarben objektive Farbbilder ergeben, die andere in einem nacheinanderfolgenden Zusammenwirken vollständiger, einfarbiger Bilder, deren genügend rasche Folge subjektiv dem Auge den natürlichen Farbeindruck erstehen läßt.

Grundlegend für alle Methoden ist die Tatsache, daß jeder mit weißem Licht beleuchtete Gegenstand nur diejenigen Lichtwellenlängen reflektiert, die seiner Farbe entsprechen, während alle anderen Lichtwellen absorbiert werden.

### Die gleichzeitige Übermittlung.

Die erste und die für das natürliche Fernsehen technisch kaum lösbare Methode besteht darin, drei vollkommen genau gleiche Übertragungseinrichtungen zu benutzen. Das reflektierte Licht des Gegenstandes wird nun von den drei Photozellen, die schon möglichst je für einen bestimmten Lichtwellenbereich besonders empfindlich gemacht werden, so zugeleitet, daß es einen vor jeder Zelle angebrachten Farbfilter durchlaufen muß. Da die drei Filter nur die Licht-

wellen der Grundfarben: Rot, Gelb und Blau durchlassen, werden für ein bestimmtes Bildelement entsprechend dem Mischungsverhältnis der drei Farben drei verschiedene große photoelektrische Effekte ausgelöst. Ist z. B. das reflektierte Licht orangefarben, dann ist der ausgelöste Photostrom der Rotfilterzelle besonders stark, der der Blaufilterzelle weit geringer, während der der Gelbfilterzelle Null bzw. winzig klein ist. Reflektiert der Gegenstand nur reines einfarbiges Licht, z. B. Blau, welches einer Farbe der Filter genau entspricht, so wird einzig und allein nur die Blaufilterzelle einen Photostrom liefern, welcher in seiner Größe durch die Intensität des blauen Lichtes bestimmt ist, während weißes Licht, die Farbe aller Lichtwellenlängen, alle drei Zellen beeinflusst. Bei verschiedener Intensität des Lichtes sind die Photoströme verschieden groß, derart, daß stets das Mischungsverhältnis der Grundfarben gewahrt bleibt. Das Bild wird also nicht nur nach der Intensität des Lichtes, sondern jeder Bildpunkt auch noch nach dem Verhältnis der Farbenzusammensetzung abgetastet.

Das ist jedoch erst die Abtastung! Die drei Bilder, die die drei Einrichtungen liefern, müssen nun wieder verschiedenartig sein, also ebenfalls durch drei Farbfilter projiziert und dann noch genau zur Deckung gebracht werden. Damit nicht genug, müssen auch die Verstärker, denn die drei Bilder werden voneinander getrennt übermittelt, genau gleich sein, um „Fehlfarben“ zu vermeiden. Und nun die letzte und zugleich größte Forderung: Alle drei Systeme, sowohl sende- als auch empfangsseitig, genügend zu synchronisieren, bietet Schwierigkeiten, die technisch kaum zu bewältigen sind. Schon ein winziger Schlupf nur eines der rotierenden Teile bedingt außer den mehr oder weniger schnell wechselnden falschen Farben, daß die beiden restlichen Bilder durch das „schlüpfende“ zerstört werden. Diese Methode dürfte praktisch kaum über einen Versuch hinauskommen; es brauchen daher hier Einzelheiten nicht weiter erörtert zu werden.

### Nacheinanderfolgende Übermittlung.

Die zweite Methode benutzt, wie auch eine dritte, ein einziges Übertragungssystem. Die Abtastung geschieht auf die übliche Art mittels Lochscheibe und Photozelle. Zur Verstärkung der Photoströme dient ein Widerstandsverstärker, der die Steuerung bzw. Modulation des Senders bewirkt. Da nur ein einziges System zur Verfügung steht, ist der vorher geschilderte Weg, die gleichzeitige Aufnahme des Bildes durch drei mit Farbfiltern versehene Photozellen, nicht mehr möglich. Die Farbenanalyse muß deshalb zeitlich nacheinander erfolgen, und zwar durch wechselnde Beleuchtung des Gegenstandes mit einfarbigem Licht. Es ist jedoch nicht beliebig, in welchen Zeitabständen die wechselweise Beleuchtung in den drei Grundfarben stattfindet. Infolge der Nachwirkung bestimmter Lichteindrücke kann das Auge nur solche zu einem einheitlichen Ganzen zusammenfassen, die in mindestens einer sech-

zehntel Sekunde aufeinanderfolgen; d. h. der Gegenstand muß also schon beim einfarbigen Fernsehen in weniger als einer sechzehntel ( $\frac{1}{16}$ ) Sekunde vollständig abgetastet sein, um einen zusammenhängenden Bildeindruck hervorzurufen. Für die farbige Übermittlung muß, da jedes Teilbild sich wieder aus drei farbigen Bildern zusammensetzt, das Bild

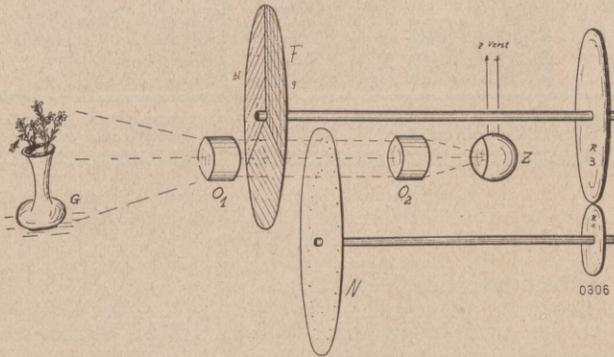


Abb. 1.

also in etwa einer fünfzigstel ( $\frac{1}{50}$ ) Sekunde vollständig abgetastet sein. Damit ist jedoch erst die unbedingt nötige Geschwindigkeit zur Erzielung eines ganzen, farbigen Bildes erreicht.

Der Farbenwechsel der Beleuchtung in der Reihenfolge rot, gelb, blau darf weder schneller noch langsamer erfolgen, als die Folge der Abtastung des ganzen Bildfeldes stattfindet. Dies muß zwangsläufig geschehen, so daß die Photozelle innerhalb einer sechzehntel Sekunde die Ströme entsprechend den Lichtintensitäten der Bildpunkte eines rot, eines gelb und eines blau beleuchteten vollständigen Gegenstandes dem Verstärker zuführt. Zur Zusammenziehung des Bildes und der Farben besitzt der Empfänger farbige Lichtquellen, die in Abhängigkeit vom Synchronismus nacheinander entsprechend den Lichtintensitäten auf der Sendeseite gesteuert werden. Sowohl die Bewegungen der Lochscheibe als auch die der Umschaltung der Lichtquellen müssen synchron erfolgen. Da die Umschaltung ebenfalls zwangsläufig mit der Drehung der Lochscheibe möglich ist, bedarf es nur der Synchronisierung eines Teiles: der Lochscheibe des Empfängers, also genau so, wie es beim normalen Fernsehen geschieht. Da der Amerikaner, soweit es zu erkennen ist, offenbar weiß leuchtende Lichtquellen verwendet, die durch Kerrzellen oder ähnliche Einrichtungen gesteuert werden, gestaltet sich der Empfänger noch relativ einfach. Die Vorschaltung der Farbfilter muß dann in gleicher Reihenfolge geschehen, wie auf der Sendeseite der Wechsel der farbigen Beleuchtung erfolgt.

Damit ist die dritte und zugleich einfachste Methode gegeben, nämlich die, den Gegenstand nicht wechselnd mit einfarbigem Licht, sondern mit weißem Licht zu beleuchten und die Farbfilter wechselnd vor die Photozelle zu bringen. Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau des Gebers.

Das reflektierte Licht des weiß beleuchteten Gegenstandes G wird zunächst durch die Optik O<sub>1</sub> parallel gerichtet

und dann durch die Optik O<sub>2</sub> der Photozelle Z zugeleitet. Im Strahlengang zwischen O<sub>1</sub> und O<sub>2</sub> rotieren nun zwei zwangsläufig gekoppelte Scheiben, die zur Abtastung dienende bekannte Nipkowsche Scheibe N und die vorerwähnte Filterscheibe F, die entsprechend den Grundfarben in einen Rotfilter r, einen Gelbfilter g und einen Blaufilter bl aufgeteilt ist. Da der Filterwechsel nach jeder vollständigen Abtastung eintreten muß, stehen die Drehzahlen der Filter und der Nipkowschen Scheibe im Verhältnis 1:3. Die Photoströme werden nun nach der üblichen Verstärkung zur Modulation des Senders benutzt.

Der Empfänger (Abb. 2) ist genau gleichartig; er enthält die im Verhältnis 1:3 synchron rotierende Filterscheibe F und Lochscheibe N, die Optik O<sub>1</sub>—O<sub>2</sub>, jedoch statt der Photozelle die vom Empfänger gesteuerte weiß leuchtende Lichtquelle L. Das Bild B wird auf eine Mattscheibe projiziert. Die Loch- und Filterscheibe unterbrechen den Strahlengang zwischen O<sub>1</sub> und O<sub>2</sub>.

Die tatsächlich bestehenden Schwierigkeiten liegen also nicht in dem mechanischen Aufbau begründet, was bedeuten würde, daß das Fernsehen in natürlichen Farben nur unwesentlich schwieriger möglich wäre, sondern sind in erster Linie rein elektrischer Natur.

Da moderne Empfänger sowohl möglichst selektiv sein sollen als auch entsprechende Güte der Wiedergabe haben müssen, bergen diese für den normalen Rundfunk schon einen Kompromiß, der zwar wenig angenehm, aber technisch nicht anders zu lösen ist, als die Sender so weit auseinander zu halten, daß die Seitenbänder noch genügende Breite aufweisen können. Schon der Abstand von 10 kHz ist etwas gewalttätig. Die Erhöhung der Selektivität, die dem Beschneiden der Seitenbänder gleichkommt, vermindert die

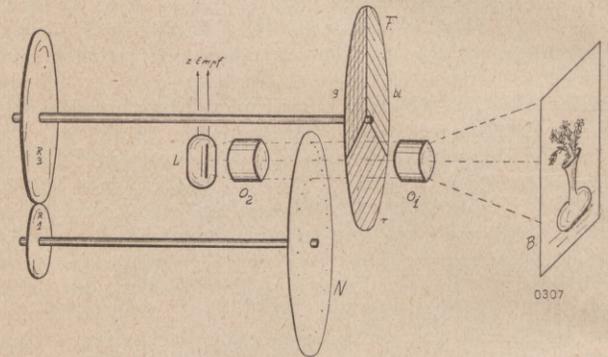


Abb. 2.

Güte der Wiedergabe. Das Fernsehen verlangt wesentliche Erweiterung der Seitenbänder, so daß dafür nur kurze Wellen zur Übertragung benutzt werden können. Entsprechend der sehr viel höheren Modulationsfrequenz, die das Fernsehen in natürlichen Farben erfordert, bleiben nur sehr kurze Wellen zur Übertragung zur Verfügung. Wellen von etwa 75 m dürften die obere Grenze darstellen, zumal auch Halbtöne genügend vorhanden sein müssen. Ing. F-r.

**Was der „Funk-Bastler“ bringen wird:**

Der Sommer ist, entgegen allen Behauptungen, keineswegs eine bastelfeindliche Zeit, ist vor allem die Zeit der Vorbereitungen und Pläne für die kommende „Saison“. Denn wenn die Abende wieder länger werden, beginnt die emsige Tätigkeit am Basteltisch. Um daher den Ansprüchen und vielen Wünschen aller unserer Leser gewachsen zu sein, werden wir bereits in den Sommermonaten besonders ausführliche Baubeschreibungen veröffentlichen, die dann im gegebenen Augenblick fertig vorliegen, so daß die Arbeit der Bastler frisch von der Hand wird gehen können.

Die nächsten Hefte des „Funk-Bastler“ werden nun, abgesehen von der kurzen Ergänzung zum „Reiseempfänger Kobold 1929“, die den Einbau in den Koffer erläutert, die groß angelegte Baubeschreibung eines „Fernempfängers mit aperiodischer Hochfrequenzverstärkung“ von Eduard Rhein bringen. Besonders dieser Aufsatz wird lebhaftes Interesse beanspruchen müssen, da er die erste Veröffentlichung in Europa ist, die eine Anleitung zum vollständigen Selbstbau des modernsten aller Empfänger gibt. Nebenher werden sich Aufsätze mit dem aktuellen Problem der „Beseitigung von „Luftstörungen beim Rundfunkempfang“, mit „Neuen Bauprinzipien für Lautsprecher“, mit dem „Selbstbau eines Großflächenlautsprechers“ beschäftigen, und weiter sind Beiträge aus dem Gebiet der Schirmgitterröhren-Empfänger vorgesehen. Für experimentierfreudige Bastler sollen interessante Anleitungen zur Sichtbarmachung von Tönen und Wellen folgen.

Mit Rücksicht auf die allgemeine Urlaubs- und Reisezeit wird

**in der Zeit vom 1. Juli bis 15. August**

**die mündliche Auskunftsstunde nur Mittwochs von 17.00 bis 19.00 Uhr abgehalten werden.**

# Sperrkreis und Kurzschlußkreis

Von

Prof. Dr. W. Burstyn.

Obwohl in Bauanleitungen wiederholt auf die Vorteile hingewiesen ist, die sich aus der Benutzung eines sogenannten Sperr- oder Kurzschlußkreises besonders für den Empfang in der Nähe des Ortsenders ergeben, bestehen über die Wirkungsweise derartiger Kreise offenbar immer noch Unklarheiten. Das zeigt sich u. a. darin, daß die Angaben über die günstigste Ankopplung solcher Kreise manchmal einander widersprechen. Die nachfolgenden Darlegungen sollen diese Widersprüche aufklären und werden auch dem erfahrenen Bastler manches Neue bieten. Denen, die den theoretischen Darlegungen nicht zu folgen vermögen, sei geraten, die Einleitung bis zum Beginn des Abschnitts A und ferner die Abschnitte B 3, B 4 und C zu lesen. Für diese Leser sei noch bemerkt, daß die in dem Aufsatz gewählte Ausdrucksweise für „dicke und dünne Kreise“ ihre Erklärung im ersten Absatze des Abschnittes A 4 findet.

An die Selektivität eines Empfängers werden die höchsten Ansprüche gestellt, wenn mit ihm in der Nähe eines starken Senders ein ferner Sender wenig verschiedener Abstimmung empfangen werden soll. Drei Mittel gibt es, um eine höhere

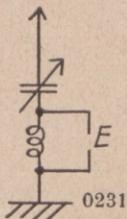


Abb. 1.

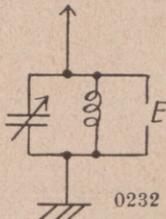


Abb. 2.

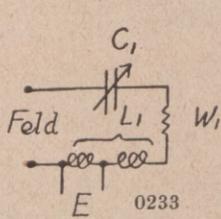


Abb. 3.

Selektivität zu erhalten: Das erste ist die Anwendung mehrerer in Kaskade geschalteter Abstimmkreise, gegebenenfalls mit Rückkopplung oder Überlagerung; doch darf man bekanntlich die Abstimmstärke nicht ungestraft beliebig erhöhen, sonst wird die Wiedergabe der hohen Töne beeinträchtigt; überdies ist entweder die Herstellung oder Bedienung eines solchen Empfängers schwierig. Das zweite Mittel ist die Ausnutzung der Richtwirkung eines Rahmens; es ist nicht ganz einfach und setzt einen Empfänger mit hoher Verstärkung voraus. Das dritte Mittel, das sich auch bei einfachen Empfängern gebrauchen läßt, ist die Schwächung des störenden Empfanges durch einen Sperr- oder einen Kurzschlußkreis. Von ihm wird, trotzdem es sehr bequem ist, noch viel zu wenig Gebrauch gemacht.

Die folgende Untersuchung soll darlegen, wie solche Kreise wirken, was sie leisten und wie sie zu bemessen sind.

Es sei

	für den	
	gewünscht. Sender	störenden Sender
Wellenlänge . . .	$\lambda_1$	$\lambda_2 = (1 + b) \lambda_1$
Kreisfrequenz . . .	$\omega_1$	$\omega_2 = \frac{\omega_1}{1 + b}$
am Empfänger wirksame Spannung .	$v_1$	$v_2 = \frac{v_1}{s}$

Es bedeutet also  $s$  die wirksame Selektion für einen Unterschied  $b$  beider Wellenlängen.

## A. Einfacher Selektionskreis.

Wir wollen annehmen, daß Störsender und gewünschter Sender am Empfangsorte die gleiche Feldstärke liefern, und daß ihre Wellenlängen ähnlich sind, d. h. sich zwar merkbar, aber nicht zu sehr voneinander unterscheiden, etwa um 0,5 bis 15 v. H. Das ist gerade das in Betracht kommende Gebiet. Ferner sei am Empfänger nur ein abgestimmter Kreis vorhanden. Welche Selektion ergibt sich, wenn dieser Kreis a) als Abstimmkreis; b) als Kurzschlußkreis; c) als Sperrkreis benutzt wird?

## 1. Der Abstimmkreis.

Die Abb. 1 und 2 stellen eine Empfangsantenne in der Schaltung „kurz“ bzw. „lang“ dar. E bedeutet den Eingang des eigentlichen Empfängers, z. B. das als dämpfungsfrei gedachte Gitter einer Verstärkerröhre. In der Schaltung „lang“ wirkt der geschlossene Kreis nicht etwa als Sperrkreis für  $\lambda_1$ ; vielmehr ist die Kapazität der Antenne parallel zu der des Kreises schwingend zu denken. Beide Schaltungen lassen sich daher durch die Ersatzschaltung Abb. 3 wiedergeben.

Auf den Kreis  $L_1 C_1$  wirken die Felder beider Sender und erzeugen in ihm die Ströme  $i_1$  bzw.  $i_2$ . Sie verhalten sich zueinander verkehrt wie die Scheinwiderstände, die beide Wellen in der Antenne finden.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (1)$$

Es ist  $S_1 = W_1$

$$S_2 = \omega_2 L_1 - \frac{1}{\omega_2 C_1} + j W_1$$

Eine Trennung der Wellen ist nur möglich, wenn  $W_1$  gegenüber den anderen Summanden vernachlässigt werden kann.

$$S_2 = \omega_2 L_1 - \frac{1}{\omega_2 C_1} = \frac{\omega_2^2 - \frac{1}{C_1 L_1}}{\omega_2 C_1} = \frac{1}{1 + b} \omega_1 C_1$$

$$= - \frac{2b}{1 + b} \cdot \frac{1}{\omega_1 C_1} = - \frac{2b \omega_1 L_1}{1 + b} \quad (2)$$

Da  $b \ll 1$ , ist

$$S_2 \approx 2b \omega_1 L_1 \quad (3)$$

und

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{2b \omega_1 L_1}{W_1} = \frac{2\pi b}{d_1} \quad (4)$$

da nach bekannter Formel das Dekrement

$$d = \frac{\pi W}{\omega L}$$

Die Spannungen, die in der gleichen, E parallel liegenden Selbstinduktion entstehen, verhalten sich zueinander wie die Ströme.

$$s = \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_1}{i_2} \quad (5)$$

Wir finden somit die Selektion

$$s = \frac{2\pi b}{d_1} \quad (6)$$

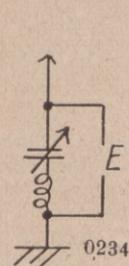


Abb. 4.

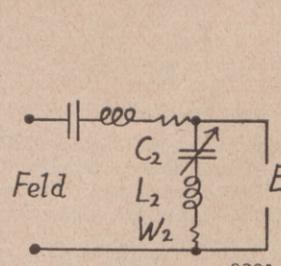


Abb. 5.

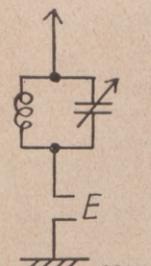


Abb. 6.

Sie ist also dem prozentualen Wellenunterschiede und dem Reziproken des Dekrements  $d_1$  proportional.

## 2. Der Kurzschlußkreis.

Die Schaltung zeigt Abb. 4, die Ersatzschaltung Abb. 5. Die Antenne ist „aperiodisch“ zu denken, d. h. weit von  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  abgestimmt. Daher ist  $i_1 = i_2$ , und die Empfangsspannungen verhalten sich wie die Scheinwiderstände des Kurzschlußkreises.

$$s = \frac{v_1}{v_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

Darin ist  $S_2 = W_2$  und, nach (3)

$$S_1 = 2b \omega_1 L_2, \tag{7}$$

somit

$$s = \frac{2\pi b}{d_2}. \tag{8}$$

Ein Beispiel: Wenn man das Dekrement des geschlossenen Kreises zu 0,02 annimmt und der gewünschte Sender 10mal schwächer als der störende Ortssender wirkt und eine um 10 v. H. verschiedene Welle besitzt, so wird man ihn mit Hilfe des Kurzschlußkreises dreimal stärker hören als den Ortssender.

**3. Der Sperrkreis.**

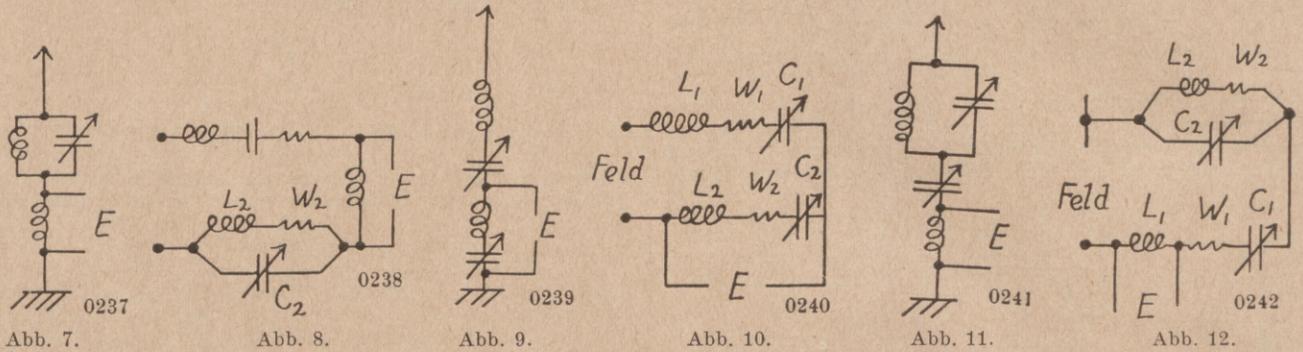
Das Gegenstück zu Abb. 4 wäre eigentlich Abb. 6, wobei E einen stromempfindlichen Empfänger verschwindenden Widerstandes zu bedeuten hätte. Da es einen solchen aber nicht gibt, muß in die Antenne nach Abb. 7 eine Selbstinduktion und ihr parallel der Empfänger gelegt werden. Die An-

rechnen läßt, beträgt bei Abstimmung die Verstärkung etwa das  $\frac{\pi}{d_1}$  fache, in den beiden anderen Fällen die Schwächung das  $\frac{1}{2b}$  fache, so daß sich die Empfangsstärken zueinander verhalten wie  $\frac{\pi}{2b d_1}$ . Selbstverständlich läßt sich dies nicht etwa dadurch gutmachen, daß man einen völlig lose gekoppelten Kreis, z. B. den der nächsten Röhre, abstimmt. Wir wollen untersuchen, ob sich das auch so verhält, wenn man Kurzschluß- oder Sperrkreis in Verbindung mit einer abgestimmten Antenne benutzt.

**B. Selektionskreis in abgestimmter Antenne.**

**1. Kurzschlußkreis.**

Die Schaltung Abb. 9 wird durch die Ersatzschaltung Abb. 10 wiedergegeben. Die Antennenströme beider Wellen



tenne ist wieder „aperiodisch“. Abb. 8 stellt die Ersatzschaltung dar.

Die an E auftretenden Spannungen für  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  verhalten sich zueinander wie die auftretenden Antennenströme und diese verkehrt wie die in der Antenne wirksamen Scheinwiderstände.

$$s = \frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}. \tag{9}$$

Für beide Wellen bildet der Sperrkreis den maßgebenden Widerstand. Es ist

$$S_1 \cong \frac{1}{\frac{1}{\omega_1 L_2} - \omega_1 C_2} = \frac{\omega_1 L_2}{1 - (\frac{\omega_1}{\omega_2})^2} = \frac{1}{1+b} \cdot \omega_2 L_2 = -\frac{\omega_2 L_2}{2b} \tag{10}$$

und nach der bekannten Sperrkreisformel

$$S_2 = \frac{L_2}{C_2 W_2}. \tag{11}$$

Demnach ist

$$s = \frac{2b}{\omega_2 C_2 W_2} = \frac{2\pi b}{d_2}. \tag{12}$$

**4. Vergleich.**

Aus den drei Formeln 6, 8 und 12 erkennt man, daß Kurzschluß- und Sperrkreis eine höhere Selektion ergeben können als ein Abstimmkreis, und zwar deswegen, weil bei ersteren nur das Dekrement des geschlossenen Kreises, nicht aber auch das von der Antenne und vom Empfänger verursachte maßgebend ist. In keinem der drei Fälle kommt es darauf an, wie im Selektionskreis das Verhältnis der Kapazität zur Selbstinduktion gewählt wird. Wir wollen weiterhin Kreise mit großer Kapazität und kleiner Selbstinduktion als „dick“, solche der umgekehrten Eigenschaft als „dünn“ bezeichnen, wobei z. B. an die Drahtstärke zu denken ist. Dicke und dünne Kreise ergeben also bei gleichem Dekrement dieselbe Selektion.

Bei Kurzschluß im Sperrkreis ist daher besonders auf möglichst kleines Dekrement zu achten. In dieser Hinsicht wird oft gesündigt. Man soll gute Spulen und keine Kondensatoren mit festem Dielektrikum verwenden.

Kurzschluß- und Sperrkreis haben aber einen bedeutenden Nachteil gegenüber dem Abstimmkreise; letzterer verstärkt nämlich gegenüber aperiodischem Empfang die gewünschte Welle, die beiden ersten schwächen sie. Wie sich leicht be-

verhalten sich zueinander verkehrt wie die entsprechenden Scheinwiderstände der Antenne, und die Spannung beider Wellen am Kurzschlußkreis wie diese Ströme multipliziert mit den zugehörigen Scheinwiderständen des Kurzschlußkreises:

$$s = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{Scheinwiderstand der Antenne für } \lambda_2}{\text{Scheinwiderstand der Antenne für } \lambda_1} \times \frac{\text{Scheinwiderstand des Kurzschlußkreises für } \lambda_1}{\text{Scheinwiderstand des Kurzschlußkreises für } \lambda_2} = \frac{2b \omega_2 L_1}{W_1 + W_2} \cdot \frac{2b \omega_1 L_2}{W_2} = \frac{(2\pi b)^2}{d_1 d_2 (1 + \frac{W_2}{W_1})}. \tag{13}$$

Die Selektion ist also ungefähr gleich dem Produkt derer nach (6) und (8).

Wie steht es aber mit der Empfangsstärke? Wir wollen die Spannung, die man für  $\lambda_1$  am Kurzschlußkreis erhält, mit jener vergleichen, die man an  $L_1$  bekäme, wenn kein Kurzschlußkreis in der Antenne läge. Das Verhältnis („Güte“) ist

$$g = \frac{\text{Strom mit Kurzschlußkr.} \times \text{Scheinwid. des Kurzschlußkr.}}{\text{Strom ohne Kurzschlußkr.} \times \text{Scheinwid. von } L_1} = \frac{\frac{1}{W_1} \cdot \omega_1 L_1}{\frac{1}{W_1 + W_2} \cdot 2b \omega_1 L_1} \cong \frac{(W_1 + W_2) L_1}{W_1 \cdot 2b L_2}. \tag{14}$$

Das besagt für die Wahl der Dicke des Kurzschlußkreises, dessen Dekrement dabei als konstant angesehen wird, folgendes: Solange  $W_2 < W_1$ , gewinnt man durch Vergrößern von  $L_2$ , weiterhin aber nur wenig. Der Kurzschlußkreis soll also etwas dünner als die Antenne sein. Auch dann findet eine wesentliche Schwächung der Empfangsstärke statt, ebenso wie oben bei der aperiodischen Antenne. Setzt man  $W_2 = W_1$  in die Formeln 13 und 14 ein, so ergibt sich

$$s = \frac{1}{2} s_{\text{max}} \text{ und } g \cong b. \tag{15}$$

**2. Sperrkreis.**

Die Schaltung Abb. 11 wird durch das Ersatzschema Abb. 12 wiedergegeben. Hier ist die Selektion einfach gleich dem Verhältnis der Antennenströme beider Wellen:

$$s = \frac{i_1}{i_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Dabei ist als  $S_2$  angenähert nur der Widerstand des Sperrkreises zu berücksichtigen.

$$S_2 = \frac{\omega_2^2 L_2^2}{W_2} \quad (16)$$

Hingegen ist  $S_1$  wegen der eingestellten Resonanz gleich der Summe der Wirkwiderstände in der Antenne. Als Wirkwiderstand des Sperrkreises ist aber nicht etwa  $W_2$  zu setzen. Für „ähnliche“ Wellen ist nämlich der Wirkwiderstand eines Sperrkreises angenähert um das Quadrat der Zahl  $\frac{1}{2b}$  größer als der Ohmsche Widerstand, da nach

Formel 10 der Strom im Sperrkreise  $\frac{1}{2b}$  mal größer ist als der in der Antenne.

$$R_1 = W_2 \frac{1}{4b^2} \quad (17)$$

Somit ist

$$s = \frac{S_2}{W_1 + R_1} = \frac{\omega_2^2 L_2^2}{W_2 (W_1 + W_2 \frac{1}{4b^2})} = \frac{\pi^2}{d_2^2 (\frac{W_1}{W_2} + \frac{1}{4b^2})} \quad (18)$$

Die Selektion läßt sich also durch Dünnermachen des Sperrkreises steigern, bis zur Größe

$$s_{\max} = \left(\frac{2\pi b}{d_2}\right)^2$$

die der für den Kurzschlußkreis gefundenen ähnlich ist.

Von  $W_2 = W_1 \cdot 4b^2$  angefangen, gewinnt man aber nicht mehr viel.

Die Güte der Schaltung, d. h. das Verhältnis von Empfangsstärke mit und ohne Sperrkreis, ist gleich dem Verhältnis der Antennenwirkwiderstände in beiden Fällen.

$$g = \frac{W_1}{W_1 + R_1} = \frac{W_1}{W_1 + W_2 \frac{1}{4b^2}} = \frac{1}{1 + \frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{1}{4b^2}} \quad (19)$$

Umgekehrt wie beim Kurzschlußkreis zwingt hier die Rücksicht auf die Güte,  $W_2$  möglichst klein zu wählen, und zwar wird man zweckmäßig

$$W_2 \cong W_1 \cdot 4b^2$$

für das kleinste verlangte  $b$  nehmen. Dann wird für dieses  $b$

$$s = \frac{1}{2} s_{\max}$$

Für jedes größere  $b$  kann man aber günstigere Verhältnisse erzielen, wenn man  $W_2$ , d. h. die Dicke des Sperrkreises, anpaßt.

### 3. Vergleich zwischen Kurzschluß- und Sperrkreis bei Abstimmung.

Aus den gewonnenen Formeln geht hervor, daß Kurzschlußkreis und Sperrkreis nicht als gleichwertig anzusehen sind. Der Kurzschlußkreis hat zwar den Vorteil, bei ge-

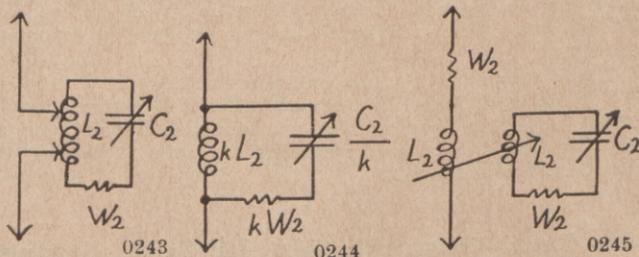


Abb. 13.

Abb. 14.

Abb. 15.

gebener Dicke für jedes  $b$  denselben Bruchteil der maximalen Selektion zu ergeben, aber den Nachteil, den Empfang sehr zu schwächen. Der Sperrkreis hat den meist ausschlaggebenden Vorteil, die Empfangsstärke sehr wenig herabzusetzen. Er erfordert aber je nach der Größe von  $b$  verschiedene Dicke, um das mögliche Optimum an Selektion zu liefern.

Da ein Kurzschlußkreis eher dünner als die Antenne sein soll, läßt er sich einfach aus einer gewöhnlichen Spule und einem gewöhnlichen Drehkondensator bilden. Ein Sperrkreis hingegen muß viel dicker als die Antenne sein, so daß man ihn bei Anwendung eines üblichen Drehkonden-

sators in der Regel nicht unmittelbar in diese legen darf, sondern ihn durch induktive Kopplung anpassen muß. Diese Anpassung ist übrigens nicht nur mit Rücksicht auf die Empfangsstärke erforderlich, sondern auch, weil die Antenne sonst sehr unbequem abzustimmen ist. Wie aus Formel 12 hervorgeht, bietet nämlich ein Sperrkreis ähnlichen Wellen

einen Scheinwiderstand, der  $\frac{1}{b}$  mal größer ist als der seiner tatsächlichen Selbstinduktion oder Kapazität. Wählt man daher den Sperrkreis nicht von vornherein hinreichend dick, so macht er die Antenne in der Nähe seiner Welle so dünn, daß man zu sehr großer Selbstinduktion bzw. sehr kleiner Kapazität greifen muß, um die Antenne abstimmen zu können. Besonders unangenehm ist dies, wenn die Störwelle in der Mitte des zu empfangenden Wellenbereiches liegt.

Ein Vorteil des Sperrkreises gegenüber dem Kurzschlußkreis besteht darin, daß er die Störwelle in der Antenne

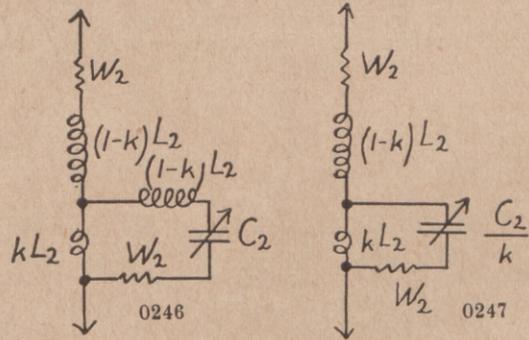


Abb. 16.

Abb. 17.

überhaupt nicht erst entstehen läßt, so daß sie auf weitere Empfängerkreise nicht einwirken kann. Man muß nur dafür sorgen, daß nicht der Sperrkreis selbst, in dem die Störwelle stark ausgebildet ist, auf den Empfänger induziert.

### 4. Die Anpassung eines Sperrkreises.

#### Transformation oder lose Kopplung?

Die Anpassung eines in eine Antenne eingefügten Sperrkreises zum Zwecke, ihn als dickeren Kreis wirken zu lassen, kann durch Transformation bei fester Kopplung oder durch lose Kopplung erfolgen. In der Literatur werden hier und in ähnlichen Fällen entweder beide Mittel als gleichwertig betrachtet, oder es wird das zweite sogar als überlegen angesehen. Durch ein sehr einfache Betrachtung läßt sich zeigen, daß das Gegenteil richtig ist.

Abb. 13 stellt den Fall dar, daß von der Selbstinduktion  $L_2$  des Sperrkreises der eine Teil  $kL_2$  in die Antenne eingefügt ist, also ein Autotransformator mit der Kopplung  $\sqrt{k}$  gebildet wird. Nach den bekannten Transformator-gesetzen läßt sich dies durch das Ersatzschema Abb. 14 wiedergeben. Wir erhalten also in der Antenne einen dickeren Kreis, dessen Dekrement nach der Formel  $d = \frac{\pi W}{\omega L}$  ebenso groß ist wie das des Kreises  $L_2 C_2$ .

Die lose Kopplung eines Sperrkreises nach Abb. 15 (primär und sekundär sind gleiche Spulen vorausgesetzt) ist hingegen stufenweise durch die Schaltungen Abb. 16 und 17 zu ersetzen. Denn die Scheinwiderstände von  $(1-k)L_2$  und  $C_2$  heben einander bis auf den Rest  $\frac{C_2}{k}$  auf:

$$\omega_2 (1-k) L_2 - \frac{1}{\omega_2 C_2} = \frac{\omega_2^2 C_2 L_2 (1-k) - 1}{\omega_2 C_2} = \frac{k}{\omega_2 C_2}$$

Der Ersatzkreis sieht daher ähnlich aus wie Abb. 14, nur enthält er  $W_2$  statt  $kW_2$ , hat also ein Dekrement, das  $\frac{1}{k}$  mal größer ist. Überdies verbleibt die Selbstinduktion  $(1-k)L_2$  und auch der Widerstand  $(1-k)W_2$  in der Antenne, was ebenfalls höchst unerwünscht ist.

Es ist also falsch, die Anpassung eines Sperrkreises durch lose Kopplung vorzunehmen. Sie soll vielmehr durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses bei fester Kopplung erfolgen, und das geschieht am einfachsten dadurch, daß man die Spule des Sperrkreises mit einer Anzahl Anzapfungen versieht und sie mit Steckerbuchsen verbindet.

**C. Allgemeines über die Schaltung von Kurzschluß- und Sperrkreis.**

Ob bei einer abgestimmten Antenne der Abstimmkreis in der Antenne selbst liegt oder mit ihr (nicht ganz lose) gekoppelt ist, spielt für die Wirkung von Sperr- oder Kurzschlußkreis keine Rolle. Hingegen ist es sehr unzweckmäßig, letztere Kreise mit dem Abstimmkreis zu koppeln, wie es häufig empfohlen wird. Abb. 18 stellt eine solche Schaltung dar. Es geht dann gerade der Hauptvorteil verloren, nämlich der, daß man die Abstimmung beim Empfang verschiedener Sender nicht zu ändern braucht. Bei einer anderen als Kurzschlußkreis bezeichneten Schaltung (Abb. 19) liegt die Sache noch verwickelter. Es hängt nämlich von der gegenseitigen Lage der drei Spulen ab, ob der linke Kreis als Sperrkreis oder als Kurzschlußkreis wirkt.

Um einen Sperrkreis abzustimmen, geht man am besten folgendermaßen vor: Man schließt ihn zunächst kurz und stellt den Empfänger so ein, daß man die Störwelle mit guter, aber nicht zu großer Lautstärke erhält. Dann öffnet man den Kurzschlußkreis und stimmt ihn so ab, daß der Störsender verschwindet. Weiterhin ist nur eine An-

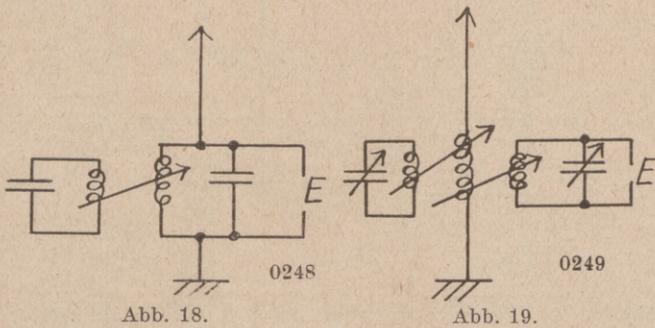


Abb. 18.

Abb. 19.

passung des Sperrkreises nötig, indem man von seiner Spule so wenig Windungen in die Antenne legt als die Selektion, und so viel als die Lautstärke erlaubt.

Es ist auch möglich, Kurzschluß-, Sperr- und Abstimmkreis nach Abb. 21 gleichzeitig anzuwenden, wodurch man dreifache Selektion erhält. Eine solche Anordnung könnte

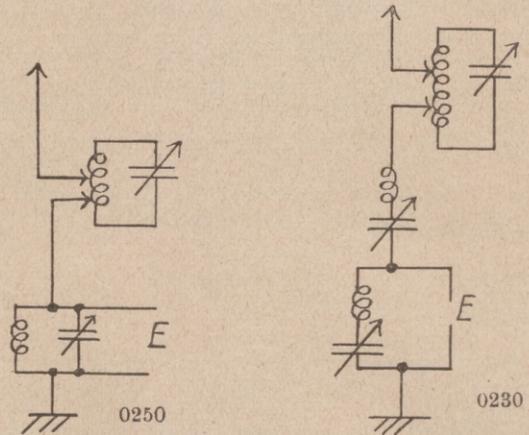


Abb. 20.

Abb. 21.

in Verbindung mit einem guten aperiodischen Hochfrequenzverstärker durchaus zweckmäßig sein, namentlich dann, wenn man eine Rahmenantenne zu vermeiden wünscht.

**Zusammenfassung.**

Kurzschlußkreis und Sperrkreis gestatten die Befreiung von der Störung durch den Ortssender ebenso gut oder besser wie ein nicht rückgekoppelter Abstimmkreis. Mit Rücksicht auf die Empfangsstärke ist der Sperrkreis vorzuziehen. Er muß aber für beste Wirkung dem Unterschied der zu empfangenden Welle von der Störwelle angepaßt werden, und zwar durch Veränderung des Übersetzungsverhältnisses bei fester Kopplung, nicht durch Ändern der Kopplung.

**Zusatzverstärker mit Gleichstromnetzanschluß.**

Eine Zuschrift von Ing. Hans Bergner macht mich auf ein Manko in meiner Beschreibung im „Funk-Bastler“, Heft

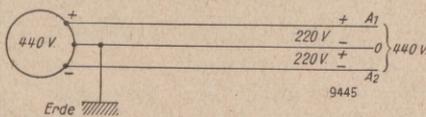


Abb. 1.

19, 1929, S. 299 ff., aufmerksam. Bei den mit Gleichstrom beschickten Stromversorgungsbezirken wird eine Maschinenspannung von  $2 \times 220 = 440$  Volt einem „Dreileitersystem“ (Abb. 1) zugeführt. Zwischen den „Außenleitern“ ( $A_1, A_2$ ) besteht also eine Spannung von 440 Volt, zwischen jedem Außenleiter und dem sogenannten „Nulleiter“ (0), der

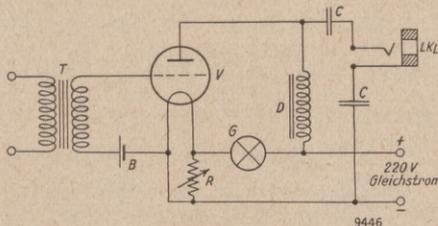


Abb. 2.

bei fast allen Netzen geerdet ist (!), besteht also eine Spannung von 220 Volt. Hat man nun in der Wohnung 0 und  $A_1$  liegen, so liegt die negative Leitung (0) an Erde, und man kann die mit ihr verbundene Lautsprecherrückleitung (vgl. Abb. 2 und 4 des Aufsatzes in Heft 19 des „Funk-Bastler“)

berühren, ohne daß etwas geschieht. Anders liegt der Fall, wenn man den Außenleiter  $A_2$  und 0 hat. In diesem Falle liegt der negative Pol nicht an Erde, und bei seiner Berührung verdeutlicht er das durch Erteilung eines 220 Volt-Schlages recht unliebsam. Es ist also in der Schaltung mit Ausgangsdrössel unbedingt ratsam, in der in Abb. 2 gezeigten Art auch in die Lautsprecherrückleitung einen Kondensator von 4 bis 8  $\mu F$  zu schalten, um Schläge bei der Berührung der Lautsprecheranschlüsse zu vermeiden. Steht fest, daß der Nulleiter Minuspol ist, kann man diesen Sicherungskondensator fortlassen, muß dann aber von Zeit zu Zeit die Polung und Erdung kontrollieren, da in manchen Fällen vom Elektrizitätswerk Umschaltungen vorgenommen werden.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die RE 604 nur 12 Watt maximale Anodenverlustleistung verträgt, daß diese also nie überschritten werden darf, womit auch gesagt ist, daß die Gittervorspannung nie unter Belastung umgestöpselt werden darf.

Rolf Wigand.

\*

**Das Bastel-Preisausschreiben der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft.**

In den Bedingungen zur Beteiligung an dem in Heft 17 des „Funk-Bastler“ bekanntgegebenen Bastel-Preisausschreiben der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft hat sich eine Unklarheit in § 3 c ergeben. In diesem wird von dem Bewerber die eidesstattliche Versicherung verlangt, daß er sich nicht gewerbsmäßig mit der Herstellung von Funkgerät befaßt. Streng genommen wären so sämtliche Angestellten der Funkindustrie vom Wettbewerb ausgeschlossen. Da dies nicht die Absicht des Preisausschreibens ist, wird bekanntgegeben, daß unter Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen „gewerbsmäßig“ und „berufsmäßig“ allen Angestellten der Funkindustrie gestattet ist, sich an dem Wettbewerb der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft zu beteiligen.

# Schirmgitterröhren in Hochfrequenzstufen

Von  
**Fritz Kunze.**

Über das Prinzip der Schirmgitterröhren ist in früheren Aufsätzen des „Funk-Bastler“ bereits das Notwendige gesagt. Die Röhren zeichnen sich durch eine äußerst geringe Gitter-Anoden-Kapazität aus, die eine Neutralisierung nicht

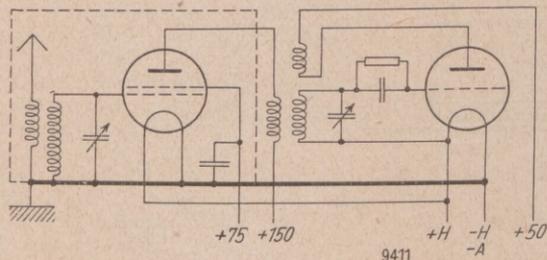


Abb. 1.

nur überflüssig, sondern sogar unmöglich macht. Weiterhin ist der Durchgriff sehr klein (0,1 bis 0,6 v. H.) und damit der Verstärkungsfaktor sehr groß. Wenn man auch schon von vornherein nicht den theoretischen Verstärkungsfaktor von 500 bis 1000 in die Rechnung einsetzte, so glaubte man doch, bei Hochfrequenzverstärkung mit Schirmgitterröhren mit einer 100fachen Verstärkung rechnen zu können, d. h. mit einer einzigen Schirmgitterröhrenstufe eine größere Verstärkung zu erreichen als mit zwei normalen Eingitterröhren-Hochfrequenzstufen. Die Praxis hat aber gezeigt, daß auch diese Ziffer zu hoch gegriffen wurde; bei verlustfreistem Aufbau dürfte man im Gebiet der Rundfunkwellen nicht über eine 30- bis 40fache Verstärkung kommen. Als Zwischenfrequenzröhre dagegen leistet die Schirmgitterröhre Vorzügliches.

Noch eine andere Eigentümlichkeit der Schirmgitterröhren darf nicht unerwähnt bleiben, auf die meist wenig hingewiesen wird, über die aber jeder Besitzer eines Schirmgitterröhrenempfängers klagt: Es werden nicht nur die ankommenden Wellen der Rundfunksender, sondern auch die elektrischen Störer und die atmosphärischen Störungen sehr energisch verstärkt. Sender, die man mit anderen Hochfrequenzgeräten und mit Zwischenfrequenzempfängern noch sehr gut hört, gehen beim Schirmgitterröhrenempfänger in den Störungen unter. Dieser Übelstand zeigt sich auf dem

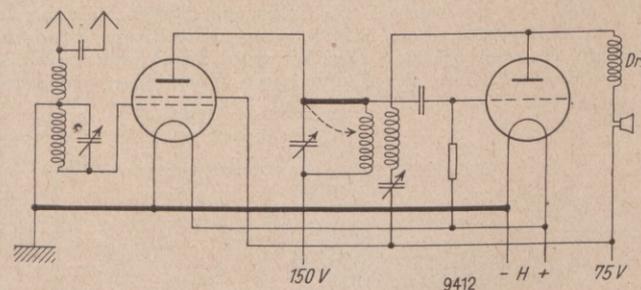


Abb. 2.

Lande fast gar nicht, um so mehr aber in der Großstadt. Hier machen sich die zahlreichen elektrischen Störungen sehr unangenehm bemerkbar<sup>1)</sup>. Für die Großstadt kann ich deshalb den Bau eines Hochfrequenzverstärkers nicht empfehlen, hier ist ausschließlich der Zwischenfrequenzverstärker am Platze. Auf dem Lande dagegen ist auch der Hochfrequenzverstärker angebracht.

Den Schirmgitterröhrenempfänger betreibt man, wie alle Hochfrequenzschaltungen, am besten nicht an Rahmenantenne, sondern an Hoch- oder Innenantenne. Mit normalen Mitteln läßt sich nur eine einfache Hochfrequenzverstärkung einwandfrei betreiben, bei doppelter Hochfrequenz-

verstärkung geraten trotz aller Vorsichtsmaßregeln, wie vollständiger Abschirmung, reichlicher Verwendung von Hochfrequenzdrosseln und Kondensatoren, die Hochfrequenzstufen meist ins Schwingen. Und damit wird der Empfang ganz bedeutend verschlechtert. Hier stehe ich mit meiner Ansicht und Erfahrung durchaus nicht allein. So steht z. B. sogar in den Mitteilungen der Philips-Gesellschaft<sup>2)</sup> — d. h. also einer Gesellschaft, die selbst Herstellerin von Schirmgitterröhren ist —: „Bei den hohen Verstärkungsgraden, die man theoretisch mit doppelter (Schirmgitterröhren-) Hochfrequenzverstärkung erzielen sollte, müßte einwandfreier Rahmenempfang leicht durchführbar sein. Für lange Wellen, über 1000 m, bei denen diese Röhre praktisch mit einem sehr guten Verstärkungsgrad arbeitet, ist dies auch zutreffend, am Rahmen können sehr gute Empfangsergebnisse verzeichnet werden; dagegen werden die Rundfunkwellen unter 1000 m trotz aller Vorsichtsmaßnahmen nicht hinreichend verstärkt, und auch bei guter Abschirmung gerät der Empfänger bei Verwendung dreier Abstimmkreise in Selbstschwingun-

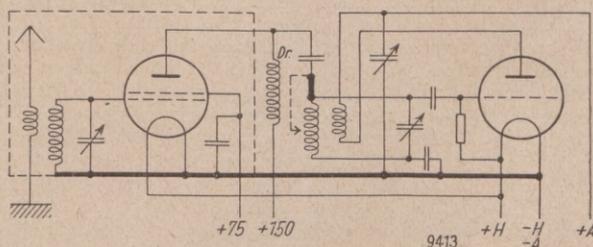


Abb. 3.

gen. Der Aufbau wird kompliziert, und Rahmenempfang kommt praktisch nicht in Frage... Wenn man die aufgewandte Arbeit und die Kosten eines doppelten Hochfrequenzverstärkers mit den erzielten Erfolgen vergleicht, so arbeitet er am Rahmen zu schlecht gegenüber dem Superheterodyne und an Drahtantenne zu gut gegenüber dem einfachen Hochfrequenzverstärker.“ Und auch Telefunken beurteilt die Schwierigkeiten bei Hochfrequenzschaltungen mit Schirmgitterröhren ähnlich<sup>3)</sup>.

Trotzdem das eigentliche Anwendungsgebiet der Schirmgitterröhre die Zwischenfrequenzverstärkung ist, will ich in diesem Aufsatz die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Schirmgitterröhre im Hochfrequenzverstärker behandeln, denn sie gestatten dem Funkfreund, der nicht gerade in der elektrisch verseuchten Großstadt wohnt, sich mit einer einzigen Hochfrequenzstufe einen Empfänger zu bauen, der an Hochantenne praktisch alles heranzieht, was man von ihm ihm erwarten kann. Um das Höchste aus dem Empfänger herauszuholen, ist es notwendig, ihn so verlustfrei

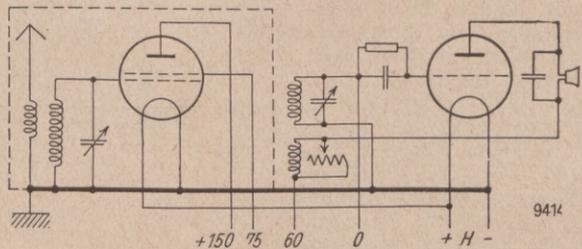


Abb. 4.

wie irgend möglich zu bauen, also kürzeste Leitungsmöglichkeiten, vollständige Abschirmung des Hochfrequenzverstärkers,

<sup>1)</sup> Vgl. auch Hasenberg: „Ein Fernempfänger in Gegentakt-schaltung mit Schirmgitterröhren“, „Funk-Bastler“, Jahr 1929, Heft 22, S. 341.

<sup>2)</sup> „Philips-Radio“, Funktechnische Monatschrift, Jahrgang 1929, Heft 1, Seite 18.

<sup>3)</sup> Vgl. „Funk-Bastler“, Jahr 1929, Heft 21, Seite 336: „Schirmgitterröhren-Schaltungen“.

außerdem günstigste Ankopplung an die folgende Röhre. Diese Ankopplungsmöglichkeiten will ich zunächst untersuchen, und dann sollen die von den verschiedenen Seiten vorgeschlagenen praktischen Lösungen betrachtet werden.

Die Übertragung der (verstärkten) Energie einer Röhre auf eine andere kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen:

sich bekanntlich für den idealen Fall, daß der äußere Widerstand unendlich groß wird. Sie wäre dann gleich dem reziproken Durchgriff der Röhre. Dieser Idealfall tritt aber nie ein, denn selbst bei verlustfreistem Aufbau eines Sperrkreises und bei günstigster Dimensionierung wird man kaum über einen Wechselstromwiderstand des Sperrkreises von 100 000 bis 200 000 Ohm (je nach der Frequenz) im Resonanzfalle hinauskommen.

Die Dämpfung des Sperrkreises und des Hochfrequenztransformators kann man wesentlich herabsetzen durch Einführung einer Rückkopplung des Audions auf den Sperrkreis bzw. Hochfrequenztransformator. Dadurch wird die Spannungsverstärkung wesentlich gesteigert. Die Art der Rückkopplung spielt dabei keine Rolle. In den Schaltzeichnungen habe ich, um die verschiedensten Möglichkeiten anzudeuten, stets eine andere Art gewählt. Auf die Rückkopplung soll man aber nicht verzichten, weil dadurch erst die Schirmgitterröhre wirklich zur Geltung kommt, und weil dadurch die Selektivität erhöht wird. Ein einfaches Audion ohne Rückkopplung ist hier nicht am Platze. Die Anwendung der Anodengleichrichtung empfiehlt sich nicht. Sorgfältigste Abschirmung der Schirmgitterstufe ist stets am Platze, auch bei einer einzigen Hochfrequenzstufe; die Selbsterregung durch Widerstände oder dergleichen zu bekämpfen, bedeutet, künstlich Verluste zu schaffen.

Für die Sperrkreiswirkung ist es praktisch gleich, ob der Sperrkreis im Anodenkreis der Schirmgitterröhre liegt oder im Gitterkreis der Audionröhre. Liegt er im Anodenkreis der Schirmgitterröhre, so liegt er an +150 Volt, es ist infolgedessen nicht möglich, seinen Kondensator mit dem anderen Kondensator auf eine gemeinsame Achse zu setzen, auch macht sich dann die Handkapazität sehr störend bemerkbar. Um diesen Übelstand zu vermeiden, kann man der Anode der Schirmgitterröhre die Anodenspannung über eine Drossel zuführen und den Weg zum Sperrkreis für Gleichstrom durch einen Blockkondensator blockieren. Beste Qualität dieses Kondensators (Luftblock) ist Vorbedingung, wenn man Verluste vermeiden will (vgl. Abb. 3). Auch hier kann man natürlich die Sperrkreisspule anzapfen.

Eine neue Art der Ankopplung von Schirmgitterröhren empfiehlt Dr. Borchardt-Berlin in den Dralowid-Nachrichten Nr. 2 (vgl. Abb. 4). Er koppelt die Schirmgitterröhre galvanisch an den Gitterkreis des Audions, aber nicht direkt, sondern über die Anodenbatterie. Der Minuspol der Anodenbatterie ist nicht direkt mit der Heizbatterie verbunden, sondern

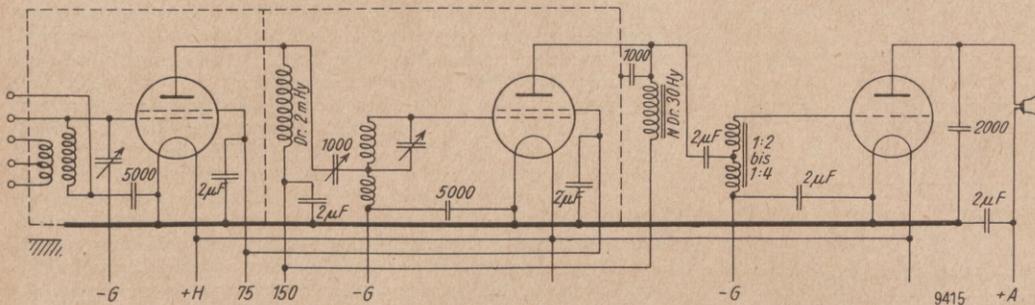


Abb. 5.

induktiv durch Transformator, oder galvanisch-kapazitiv direkt zum Gitter der folgenden Röhre über einen Abriegelungskondensator.

Betrachten wir zunächst die Verstärkung durch Hochfrequenztransformator (siehe Abb. 1). Bedingung für gute Verstärkung ist, daß der äußere Widerstand im Anodenkreis entsprechend dem großen inneren Röhrenwiderstand der Röhren möglichst groß ist. Das ist aber schwer zu erreichen. Es ist zu bedenken, daß der auf Resonanz abgestimmte Kreis nicht im Anodenkreis der Schirmgitterröhre, sondern im Gitterkreis der folgenden Röhre liegt. Im Anodenkreis der Schirmgitterröhre liegt lediglich eine Spule. Die Primärseite des Transformators abzustimmen und die Sekundärseite nicht, geht auch nicht an, denn der Hochfrequenzwiderstand im Gitterkreis der folgenden Röhre muß auch möglichst hoch sein. Beide Seiten des Hochfrequenztransformators abzustimmen, empfiehlt sich aus verschiedenen Gründen nicht. Es bleibt nur übrig, die Sekundärseite des Transformators allein abzustimmen. Durch feste Kopplung und gleiche Primär- und Sekundärinduktivität ist der höchstmögliche Verstärkungsfaktor zu erzielen. Lose Kopplung bedeutet zwar erhöhte Selektivität, gleichzeitig sinkt aber damit die Verstärkung. Also nicht Ankopplung durch die üblichen Hochfrequenztransformatoren, wie Bechertransformatoren, die lose durch eine Windung gekoppelt sind, sondern Primärspule in ihrem ganzen Umfange dicht über die Sekundärspule! Die dann erzielbare Verstärkung entspricht dann ungefähr der mit Sperrkreis.

Für Primär- und Sekundärseite eines Transformators müssen nicht unbedingt zwei verschiedene Wicklungen zur Verfügung stehen. Man kann auch eine einzige Wicklung hierfür nehmen und diese erforderlichenfalls anzapfen. Man kommt so zu dem sogenannten Spar- oder Autotransformator (siehe Abb. 2, gestrichelte Verbindung). Damit findet die Energieübertragung auf die nächste Röhre nicht mehr induktiv, sondern direkt, galvanisch statt. Um die hohe Anodenspannung von dem Gitter der nächsten Röhre fernzuhalten, fügt man in diesen Weg einen Blockkondensator von 300—500 cm Kapazität ein, der möglichst verlustfrei sein soll (also ein Luftblockkondensator). Dieser Kondensator regelt nur den Gleichstrom ab, ist für Hochfrequenzströme aber kein sonderliches Hindernis. Die Gitteraufladungen der folgenden Röhre werden über einen Hochohmwiderstand abgeleitet. Ist die Übersetzung des Autotransformators 1:1, so haben wir einen Sperrkreis vor uns.

So sind wir zwangsläufig von der Transformatorkopplung zur Sperrkreisverbindung gekommen (Abb. 2, fett ausgezogene Verbindung). Die größtmögliche Verstärkerwirkung ergibt

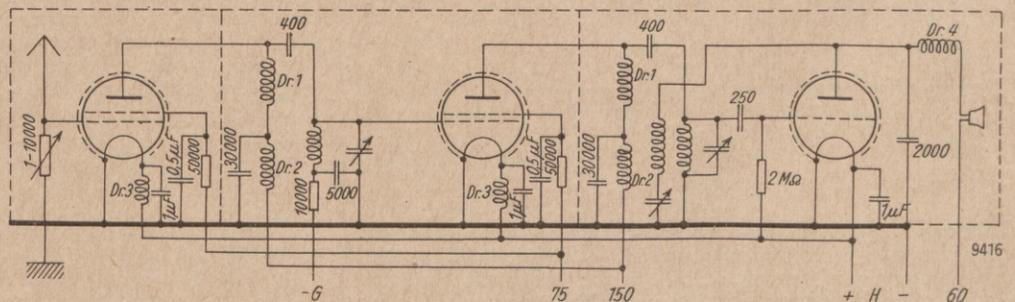


Abb. 6.

liegt an einem Ende der Gitterkreisspule, der Minuspol der Heizbatterie am anderen Ende. Die beiden Röhren sind also durch die Anodenbatterie miteinander gekoppelt. Die durch diese Kopplung einsetzenden Rückkopplungsschwingungen werden durch eine Rückkopplungsspule mit parallel geschaltetem veränderlichen Widerstande so weit aufgehoben, daß man gerade vor dem Schwingungseinsatz arbeitet. Diese Schaltung soll nach Angabe des Autors den üblichen Sperrkreisschaltungen überlegen sein. Inwieweit

das zutrifft, kann ich nicht bestätigen, da ich mit dieser Schaltung noch nicht gearbeitet habe.

Eine andere interessante Schaltung empfiehlt Physiker Lachner im österreichischen „Radioamateur“, Juni 1928 (siehe Abb. 5). Sie ähnelt in ihrem Aufbau der Schaltung Abb. 3. Der Kopplungskondensator ist ein veränderlicher

Widerstandskopplung handelt, die allerdings durch den Sperrkreis am Gitter der zweiten Röhre günstiger gestellt ist als bei reiner Widerstandskopplung. Gitterkreis der ersten Röhre, Gitterkreis der zweiten Röhre und Anodenkreis der dritten (Audion-) Röhre koppeln aber aufeinander. Um Rückwirkungen zu vermeiden, genügt es bei dieser

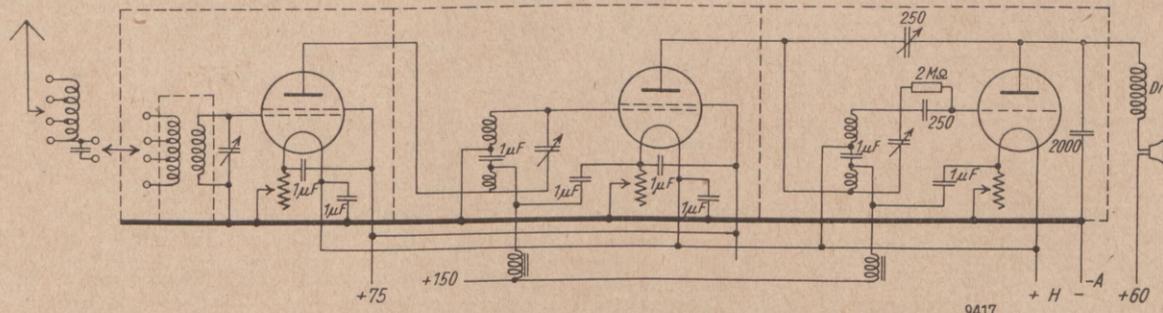


Abb. 7.

Luft-Drehkondensator von 1000 cm und gestattet, die Streureaktanz des Autotransformators und den Einfluß der Anodendrossel zu kompensieren. Eine zweite Schirmgitterröhre ist als Audion in Richtverstärkerschaltung geschaltet und in Drosselkopplung mit der Endröhre verbunden. Für diese Schaltung werden Röhren mit einem inneren Widerstande von 150 000 Ohm empfohlen.

In Abb. 6 ist eine von Ing. Hasenberg entwickelte Sperrkreisschaltung („Funk-Bastler“, Jahr 1928, Heft 41) zu sehen, die in bezug auf Trennung der Hoch- und Niederfrequenzwege als vorbildlich bezeichnet werden muß. Es sind zwar zwei Hochfrequenzstufen vorhanden, die erste wird aber nicht abgestimmt; die Antenne wird über einen (in der

Schaltung nicht mehr, die Schirmgitterstufe abzuschirmen, sie muß extra gebaut werden und in mindestens einem halben Meter Entfernung vom eigentlichen Empfänger Aufstellung finden. Unter dieser Art der Ankopplung muß die Selektivität leiden. Wenn trotzdem diese Art der Ankopplung bei Vorführungen gute Resultate zeitigt, so ist zu bedenken, daß hier die Schirmgitterröhre nicht einem Audion, sondern einer Vierröhrenschialtung, und noch dazu einer der besten, vorgeschaltet wird. Und ein Urteil über die Selektivität kann man sich auch nicht bilden, da weder an Hochantenne noch an Innenantenne empfangen wurde, auch nicht am Rahmen, sondern an einer Spule als Antenne, d. h. an einer sehr kurzen Antenne, die einen selektiven Empfang verbürgt.

Neuerdings hat Ing. W. Hasenberg eine neue interessante Schaltung ausgearbeitet<sup>4)</sup>, die mit der Deuks-Schaltung verwandt ist. Auch hier handelt es sich um eine Widerstandsverstärkerschaltung. Es sind aber zwei Schirmgitterröhren im Gegentakt geschaltet. Die Selektivität ist besser, und die Störungen sind geringer, die Verstärkung ist aber nur doppelt so groß wie bei einer Schirmgitterröhre. Es fragt sich, ob der Erfolg den erhöhten Materialaufwand rechtfertigt.

Zusammenfassend kann noch einmal gesagt werden, daß Hochfrequenzschaltungen mit Schirmgitterröhren nicht mehr wie zwei abgestimmte Kreise haben sollen. Sie erfüllen zwar nicht die hochgespannten Erwartungen, die man zur Zeit ihrer Entstehung hegte, sie sind trotzdem aber natürlich den Eingitterröhren weit überlegen. Für das Land und die Kleinstadt sind sie der gegebene Empfänger, für die elektrisch versuchte Großstadt aber empfiehlt es sich, die Schirmgitterröhren nur im Zwischenfrequenzverstärker zu verwenden. Schirmgitterröhrenempfänger sind keine Rahmenempfänger, sondern an Hoch- oder Innenantenne zu betreiben. Widerstandsverstärkung ist nicht zu empfehlen, Schirmgitterröhrenempfänger sind transformatorisch oder durch Sperrkreis zu koppeln, bei sorgfältigstem Aufbau sind beide un-

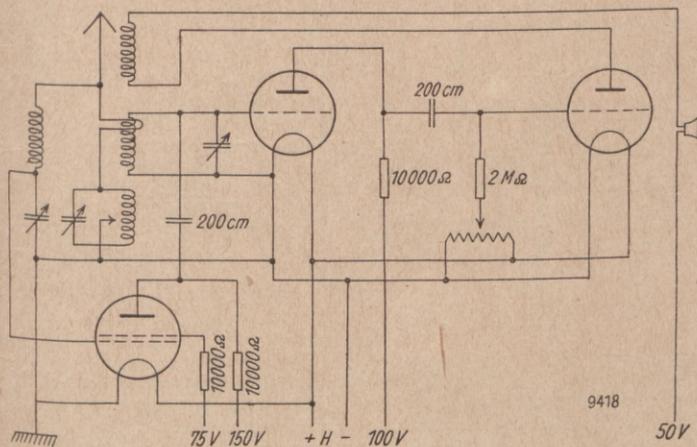


Abb. 8.

Größe auszuprobierenden) Widerstand an die erste Schirmgitterröhre angekoppelt. Dadurch bleibt es bei zwei abgestimmten Kreisen. Wenn man den Eingangskreis auch abstimmt, treten schon wieder, trotz sorgfältigster Abschirmung und sauberster Trennung der Hochfrequenzwege, unerwünschte Rückwirkungen auf. Kritisch in ihren Dimensionen sind die Kopplungskondensatoren (400 cm Luftblock) und die Drosseln Dr. 1. Anodenspannung, Schirmgitterspannung und positive Heizspannung sind mit großen Kondensatoren zur Minusleitung überbrückt, in der Anoden- und in der Heizleitung liegen Hochfrequenzdrosseln, die eine Kopplung der Röhren über die Batterien verhüten sollen.

Abb. 7 zeigt die Radix-Hochfrequenzschaltung mit Schirmgitterröhren. Es handelt sich hier um eine Autotransformatorschaltung mit kapazitiver Rückkopplung, die auch hochfrequenztechnisch gut durchgearbeitet ist. Da sie aber drei abgestimmte Kreise hat, ist es nur bei sauberstem Aufbau möglich, alles aus ihr herauszuholen. Besser ist es, die Antenne aperiodisch an die erste Röhre anzukoppeln.

In Abb. 8 ist die Deuks-Vierrohrschaltung mit vorgesetzter Schirmgitterröhre dargestellt. In Abb. 9 ist sie aufgelöst. Man sieht daraus, daß es sich hierbei um eine Art

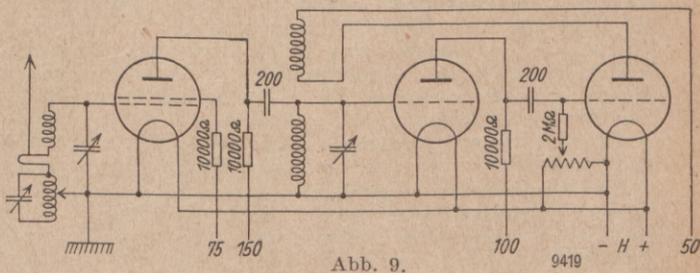


Abb. 9.

gefähr gleichwertig. Saubere Trennung der Hochfrequenzwege mit verschiedenem Potential und Überbrückung gegen Nullpotential durch große Kondensatoren, Fernhaltung der Hochfrequenz von den Batterien durch Einschaltung von Hochfrequenzdrosseln, vollständige Abschirmung der Hochfrequenzstufe ist Grundbedingung jeder Schirmgitterröhrenschaltung.

<sup>4)</sup> Vgl. „Funk-Bastler“, Jahr 1929, Heft 22, Seite 341 ff.

## Die elektrische Reproduktion von Schallplattenmusik

### Erwiderungen und Ergänzungen.

Der Aufsatz von Ing. W. Hasenberg hat bei der Absicht, ein dem Funkwesen vorläufig nur locker verbundenes Gebiet in zusammenfassender, populärer Darstellung zu behandeln und dem Bastler nahezubringen, mehrere Zuschriften verursacht, die beachtliche Ergänzungen enthalten. Am ausführlichsten beschäftigt sich Dr. Wilhelm Hagemann mit den Hasenbergschen Ausführungen; diese Zuschrift veröffentlichen wir daher, soweit der Inhalt von allgemeinem Interesse ist, an erster Stelle.

Zusammenfassende Aufsätze über ein bestimmtes Wissensgebiet sind stets zu begrüßen, besonders wenn es sich um verhältnismäßig neuartige Dinge handelt, und wenn die Veröffentlichungen auf diesem Gebiet in verschiedenen Schriften verstreut sind. Voraussetzung ist aber, daß solche zusammenfassende Referate auch den neuesten Stand des Wissens erfassen und die neuesten Erfahrungen berücksichtigen. Auch die in den Heften 19 und 21 des „Funk“ erschienenen Aufsätze von Ing. W. Hasenberg über „Die elektrische Reproduktion von Schallplattenmusik“ gingen vermutlich von der Absicht aus, einen Überblick über dies Gebiet zu geben. Aber der Fachmann erfährt hier nichts Neues, und die Bastler werden vielfach genauere Angaben vermissen. Einige Unrichtigkeiten der Darstellung seien im folgenden erweiternd berichtet.

Zunächst gibt es heute keine Grammophon-„Walzen“ mehr, sondern nur Grammophon- bzw. Sprechmaschinen-„Platten“ oder Phonographen-„Walzen“. Diese Walzen bestehen auch ebensowenig wie die Platten aus „Hartgummi“, sondern aus Wachskompositionen, während der Hauptbestandteil der Platten Schellack ist.

Auch über die Physiologie des Hörens sind dem Verfasser einige Irrtümer unterlaufen, denn es dürfte kaum erwiesen sein, daß das Trommelfell des menschlichen Ohres alle Schwingungen von 16 bis 16000 pro Sekunde fast gleichmäßig gut ausführen kann. Die Empfindlichkeitskurve des Ohres hat zum wenigsten ein ausgeprägtes Maximum.

Die Grundlage für jede Schallplattenmusik ist die Schallplatte selbst; auf diesem Gebiet scheinen dem Verfasser jegliche Erfahrungen zu fehlen. Während er anfangs stets von der Tiefschrift spricht, wird in Abb. 1 ein schematisches Bild der Seitenschrift wiedergegeben, das aber ebenso wie der dazugehörige Text den Eindruck erweckt, als wenn die Tonschrift in eine schon vorhandene Rille eingraviert würde. Dies ist unrichtig; Rille und Tonschrift sind in Wirklichkeit identisch. Der Aufnahmestift graviert sich seine Rille selbst, die dann gleichzeitig durch ihre Ausschläge die Tonschrift darstellt.

Die in Abb. 2 jenes Aufsatzes schematisch dargestellte elektrische Schalldose zeigt eine Ausführungsform, die nicht arbeiten kann. Es ist keinem Bastler zu raten, diese Abbildung als Vorbild für eine praktische Ausführung zu wählen. Abgesehen davon, daß im Text einmal von Polschuhen und einmal von Schenkeln des Magneten gesprochen wird, was zu Unklarheiten führt, wäre es interessant zu erfahren, warum die Stärke des magnetischen Feldes zwischen den beiden Polschuhen sich beim Ankerbewegen verändert. Wenn in einem homogenen Magnetfeld ein Eisenstück parallel zu den Kraftlinien bewegt wird, so ändert sich damit nicht der Kraftfluß. In dem angegebenen Beispiel kommt eine Änderung des Kraftflusses nur durch die Streulinien zustande.

Die Wirkung der abgebildeten Dose wäre sofort eine bessere geworden, wenn der Drehpunkt des Ankers weiter nach oben bis an den Stahlmagneten gelegt worden wäre. Statt dessen hätte man auch, wie in Abb. 1 dieses Aufsatzes, einen Eisenstab anbringen können, der dazu dient, die Kraftlinien zu schließen. Bei guten Konstruktionen von Elektroden wird jedoch heute fast stets eine Ausführungsform gewählt, wie sie in Abb. 2 angedeutet ist.

Die Ausführungen über den Lautstärkenregler sind gleichfalls kaum geeignet, dessen Anwendung zu klären. Warum ist ein Parallelwiderstand stets zu empfehlen, wenn man gleich hinter der Dose regulieren will, und warum wird die Potentiometerschaltung nur auf der Sekundärseite eines Eingangstransformators verwendet? Diese Behauptung ist

zum mindesten irreführend, denn von der Potentiometerschaltung wird in der Praxis beinahe stets Gebrauch gemacht, auch zwischen Elektrode und Verstärker. Eine Erklärung wäre hier richtiger gewesen als die Beschreibung der Potentiometerschaltung, die eigentlich als bekannt vorausgesetzt werden kann.

Auch mit der Bemerkung über die Nadelstärke hat der Verfasser eine Auffassung bekanntgegeben, der man widersprechen muß. Dünne Nadeln vernachlässigen eher die hohen Töne als die tiefen, und es ist richtiger, mit stärkeren Nadeln zu arbeiten und die Lautstärke durch den (Potentiometer-) Regler einzustellen, als die Lautstärke durch Wahl der Nadeln zu bemessen und mit dem Regler nur die „Tonstärkenunterschiede der verschiedenen Plattenfabrikate auszugleichen“.

Für die elektrische Wiedergabe sind elektrisch aufgenommene Platten den akustisch aufgenommenen nicht nur „vorzuziehen“, sondern akustisch aufgenommene sind wegen ihrer bekannten Mängel für Verstärkungszwecke nicht zu gebrauchen.

Dann wird angeraten, den Tonabnehmer nicht so zu schalten, daß seine Spule von einem Teil des Anodenstromes der Audionröhre durchflossen wird, weil dies „auf die Dauer für das System des Tonabnehmers ungünstig wirken kann“. Ein Gleichstrom in der Tonabnehmerspule würde dessen Anker sofort verlagern und die Wiedergabe

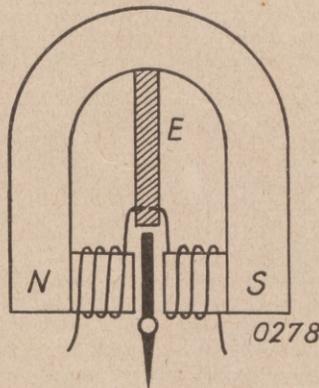


Abb. 1.

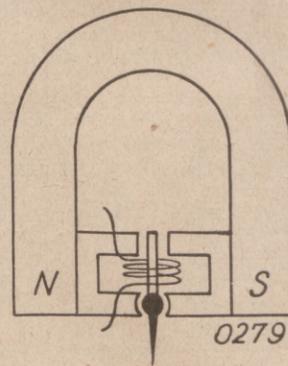


Abb. 2.

unbrauchbar machen. Diese Erscheinung wäre aber schon sofort und nicht erst „auf die Dauer“ zu erkennen. Vermutlich ist eine Schwächung des permanenten Magneten gemeint, die aber, wenn sie überhaupt durch zu starken Gleichstrom auftritt, ebenfalls sofort wirkt.

In der Zusammenfassung wird schließlich behauptet, daß bei dem heutigen Stande der Technik die erzeugten Wechselspannungen (im Tonabnehmer) den Tonschwingungen der Originaldarbietung relativ gut entsprechen. Es wäre aber sehr wichtig, wenn der Verfasser gesagt hätte, bei welcher Dose dies der Fall ist; bei der in Abb. 15 erkennbaren Dose dürfte die Behauptung sicher nicht zutreffen.

Dr. Hagemann.

\*

In einer weiteren Zuschrift nimmt Oswald Scharfenberg im wesentlichen im gleichen Sinne zu dem Aufsatz Stellung. Da sich seine Ausführungen zum Teil mit den vorstehenden inhaltlich decken, geben wir aus dieser Zuschrift nur folgendes auszugsweise wieder.

Ing. Hasenberg schlägt im „Funk-Bastler“, Heft 21, vor, stets zwischen Verstärkereingang und Schalldose einen Lautstärkenregler zu schalten. Wohin man den Lautstärkenregler schaltet, hängt von der Lautstärke der Schalldose und der Leistung des Vorverstärkers ab. Legt man Wert darauf, auch die hohen und höchsten Frequenzen auf den Lautsprecher zu bekommen, auf einer guten Schallplatte sind Frequenzen von 10 000, ja sogar 12 000 noch vorhanden,

so ist es, meinen Erfahrungen nach, ratsamer, den Lautstärkenregler zwischen Vorverstärker und Endstufe zu schalten und ersteren, um Übersteuerungen zu vermeiden, lieber etwas reichlicher zu dimensionieren. Die Regelung der Lautstärke erfolgt dabei durch ein hochohmiges Potentiometer, das an Stelle eines festen Widerstandes in den Anodenkreis der letzten Vorstufe gelegt wird, und dessen Greifer, bei Widerstandskopplung, mit dem Gitterblock der Endröhre verbunden wird. Auch bei Kopplung der Endröhre durch einen Transformator läßt sich eine ähnliche Schaltung verwenden, die dann außerdem noch den Vorteil hat, daß der Transformator primärseitig nicht durch den Anodenstrom der vorhergehenden Röhre belastet ist. In jedem Fall bietet diese Schaltung den Vorteil, daß weder Schalldose noch Eingangstransformator, falls ein solcher verwendet wird, durch Widerstände belastet sind, die die Übertragung der höheren Frequenzen schwächen.

Auch der Behauptung, daß ein wahrer Genuß elektrisch übertragener Schallplattenmusik erst bei einer Verstärkerleistung von 1 Watt zu erreichen sei, muß widersprochen werden. Ich bin jedenfalls in der Lage, mit einem gut angepaßten dynamischen Lautsprecher etwas anderes zu beweisen.

Für einen Bastler dürfte übrigens eine Anlage, wie sie Ing. Hasenberg in Abb. 15, Heft 21, des „Funk-Bastler“ zeigt, ihres hohen Preises wegen wohl kaum in Frage kommen. Und schließlich ist es für den Bastler kein Ideal, sich mit fertigen erhältlichen Verstärkereinheiten eine Einrichtung für Schallplattenübertragung zusammenzustellen.

O. Scharfenberg.

Schließlich erhalten wir noch eine Zuschrift von Albrecht Forstmann, die weniger berichtigen als den Aufsatz ergänzen will. Naturgemäß könnte man über das Thema „Hören“ und „Verstärker“ noch weit ausführlicher schreiben; schließlich wird jede populäre Darstellung, auf die man sich in einem kurzen Aufsatz beschränken muß, immer unvollkommen bleiben.

Es kommt bei Membranen nicht nur darauf an, daß die Eigenschwingung außerhalb des Hörbereiches liegt, sondern mit Rücksicht auf die Abhängigkeit der Bewegungsamplitude von der Resonanzfrequenz ist es vom Einzelfall abhängig, ob die Eigenfrequenz unterhalb oder oberhalb des Hörbereiches liegen muß.

Auf die Aufteilung der Anodenbelastung nach Strom und Spannung ist das Lautsprechersystem gänzlich ohne Einfluß, dieses ist lediglich bestimmend für das Übersetzungsverhältnis des Ausgangstransformators, dessen Eingangswiderstand im übrigen phasenrein und groß gegenüber dem inneren Röhrenwiderstand der Endröhre sein soll. Was übrigens mit einer größenordnungsmäßigen Aufteilung von Strom und Spannung gemeint sein soll, ist diesseits nicht erkennbar.

Die Behauptung, bei elektrostatischen Lautsprechern seien die Ströme von vernachlässigbarer Größe, ist falsch. Wie alle anderen Lautsprecher, so gibt auch der elektrostatische Lautsprecher eine bestimmte Schallenergie ab, es muß ihm also auch eine entsprechende elektrische Energie zugeführt werden, mit Spannungen allein kann er nichts anfangen.

A. Forstmann.

## Der Empfänger und Sender für ultrakurze Wellen

Von

**Dr. Ernst Busse, Jena,**

Assistent am Physikalischen Institut der Universität Jena.

Hiermit wird ein Aufsatz nachgeholt, der eigentlich vor der in Heft 21 des „Funk-Bastler“ gegebenen Baubeschreibung hätte veröffentlicht werden müssen. Um aber seinerzeit den Bastlern Gelegenheit zum baldigen Beginn ihrer Arbeit zu geben, wurde zunächst die Bauanleitung für ein Ultrakurzwellen-Gerät von Otto Schmidt zum Abdruck gebracht, dessen Konstruktion auf den Untersuchungsergebnissen von Dr. Ernst Busse beruht.

In Heft 15 und 16 des „Funk-Bastler“ wurden die Grundlagen der Pendelrückkopplungsschaltung erörtert, und in Heft 20 des „Funk-Bastler“

wurde bereits eine Bauanleitung für einen Ultrakurzwellen-Empfänger und -Sender gegeben. In dem folgenden Aufsatz sollen nun die theoretischen Gesichtspunkte gezeigt werden, wie man am zweckmäßigsten eine Pendelrückkopplungsschaltung aufbaut, und wieso man den Empfänger unter gewissen Voraussetzungen auch als Sender benutzen kann. Schließlich wird auch noch angegeben, wie man mit Hilfe eines einzigen Schalters das Gerät vom Empfang auf Senden umschalten kann. Dabei kann nicht nur Telegraphie, sondern auch Telephonie gesendet werden.

Als Ausgangspunkt unserer Betrachtungen sei der Empfangskreis für ultrakurze Wellen gewählt. Der Kreis besteht aus Kapazität (C.) und Selbstinduktion (L.). Um auf Wellen von etwa 3 bis 6 m abstimmen zu können, müssen wir sehr kleine Kapazitäten und Selbstinduktionen verwenden. Als Abstimmkapazität verwende man einen kleinen Drehkondensator von etwa 3 bis 20 cm Kapazität. Den Kondensator

kann man sich selbst herstellen, man kann aber auch eines der handelsüblichen Neutrodome verwenden, sofern die Verstellung fein genug erfolgen kann. Die Einstellgriffe des Abstimmkondensators sollen zur Vermeidung von Handempfindlichkeit nicht in zu großer Nähe des Kondensators angebracht werden. Man verlängert die Abstimmgriffe durch zwischengesetzte Isolierstücke.

Die Selbstinduktion des Kreises wird durch eine einzige Windung gebildet. Man kann diese Windung kreisförmig oder eckig herstellen. Letzteres empfiehlt sich aus prak-

tischen Gründen insofern, als man die dicken Drähte leichter rechtwinklig biegen kann als zu einem gleichmäßig geformten Kreise. Außerdem ist aus Gründen der Platzersparnis die rechteckige Form vorteilhafter. Die Größe des Rechteckes richtet sich nach dem zu empfangenden Wellenbereich. Für 3 bis 4½ m verwende ich ein Rechteck von etwa 6 × 7 cm Seitenlänge. Für längere Wellen wird es entsprechend größer. Will man mit dem gleichen Empfänger Wellen über 6 m empfangen, so empfiehlt sich die Verwendung von Spulen. Da die Abstimmkapazität sehr klein ist, muß eine genügend große Anzahl von Spulen vorgesehen werden. Ebenso muß man dann

eine besondere Antennenkopplung vorsehen. Der Empfänger eignet sich bis zu Wellen von etwa 60 m ebenfalls sehr gut. Doch das nebenbei.

Die Rechtecke, die den Empfangskreis bilden, werden aus kräftigem Material gebogen (Kupfer oder Messing von 4 bis 5 mm Stärke). Wenn man Gelegenheit hat, diese



Dr. Busse vor dem Ultrakurzwellen-Empfänger und -Sender.

Stücke zu vernickeln oder zu versilbern, so ist das zu raten. Anderenfalls soll man die Drähte bzw. Stäbe möglichst blank halten, denn Verunreinigungen an der Oberfläche geben zu nennenswerten Verlusten Anlaß.

Der Empfängskreis liegt, wie Abb. 1 zeigt, zwischen Gitter und Anode einer Röhre (vgl. die stark ausgezogenen Teile

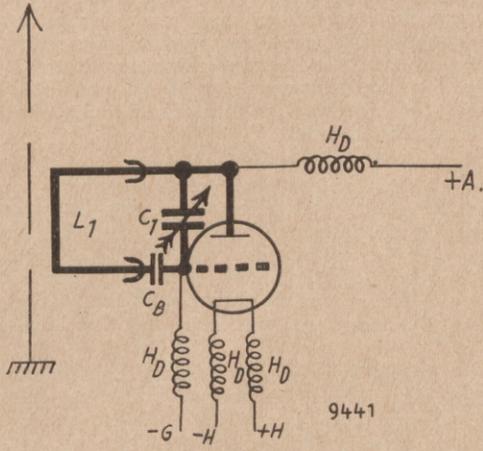


Abb. 1. Schaltung der Empfängerröhre.

in Abb. 1). Um die Anodenspannung vom Gitter fernzuhalten, muß zwischen Gitter und Anode ein kleiner Blockkondensator  $C_B$  eingeschaltet werden. Dieser Blockkondensator soll besonders gut isoliert sein, also bestes Fabrikat. Er muß außerdem mindestens eine Gleichspannung von 250 Volt aushalten. Glimmer- und Dubilierkondensatoren haben sich gut bewährt. Liegt an dieser Stelle ein mangelhafter Kondensator, so kann er leicht bewirken, daß die Röhre nicht zum Schwingen zu bringen ist. Die Größe des Kondensators kann 50 bis 5000 cm oder auch mehr betragen. Macht man ihn noch kleiner, so kann man etwa bis zur Grenze der inneren Röhrenkapazität herabgehen. Man verändert damit die Wellenlänge nach kleineren Werten hin. Die Anordnung des Kondensators innerhalb des Schwingungskreises geschah nur aus praktischen Gründen, nämlich um einen möglichst gedrängten räumlichen Aufbau zu erzielen. Er kann selbstverständlich auch zwischen Schwingungskreis und Gitter eingebaut werden.

Die Röhren brauchen nicht entsockelt zu werden. Die Arbeit des Entsockelns macht sich nicht durch eine nennenswerte Kapazitätsersparnis bezahlt. Als Röhre verwendet man, wie schon im ersten Teil der Arbeit begründet wurde, eine Lautsprecherröhre. Der Durchgriff beträgt am

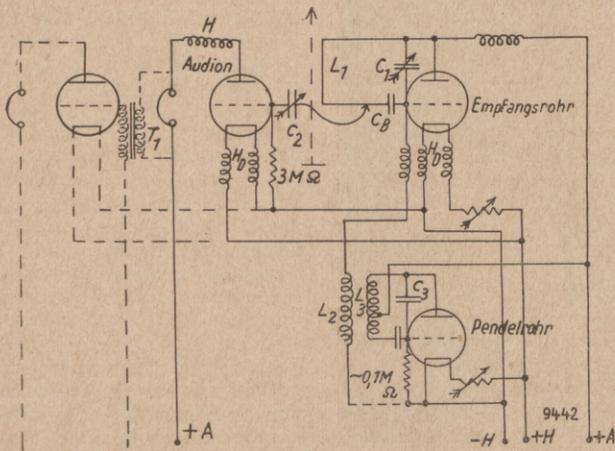


Abb. 2. Schaltung des Empfängers.

besten 8 bis 10 v.H. (oder mehr, aber nicht weniger!). Es eignen sich die Typen VT 129, RE 134 und RE 084.

Diese Empfängerröhre soll nun, wie in dem ersten Teil der Arbeit begründet wurde, in den Momenten, in denen der Widerstand des Empfängerkreises infolge der Rückkopplung negativ ist, möglichst kräftige Schwingungen ausführen

können. Es ist infolgedessen darauf zu achten, daß dem Schwingungskreis möglichst wenig Energie entzogen wird. Auf verlustfreien Aufbau hatte ich schon hingewiesen. Es können dem Schwingungskreis aber noch durch die Batterieleitungen der Röhre erhebliche Energiemengen entzogen werden, die sogar so groß sein können, daß das Schwingen überhaupt unmöglich gemacht wird. Infolgedessen werden in alle Zuleitungen der Röhre Hochfrequenzdrosseln  $H_D$  eingeschaltet.

Auf eine besondere Einstellungsmöglichkeit für die Rückkopplung wird verzichtet. Der günstigste Arbeitspunkt läßt

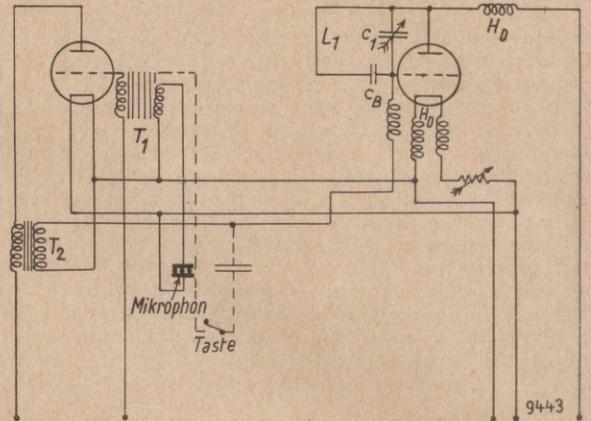


Abb. 3. Senderschaltung.

sich verhältnismäßig leicht durch Einstellung der Gitter- und Anodenspannung festlegen. Außerdem ergeben sich noch Einstellmöglichkeiten durch die Regulierung der Heizung und den später zu behandelnden Ankopplungskondensator des Audions und der Antenne.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß wir hier eine Schwingungsschaltung für ultrakurze Wellen vor uns haben.

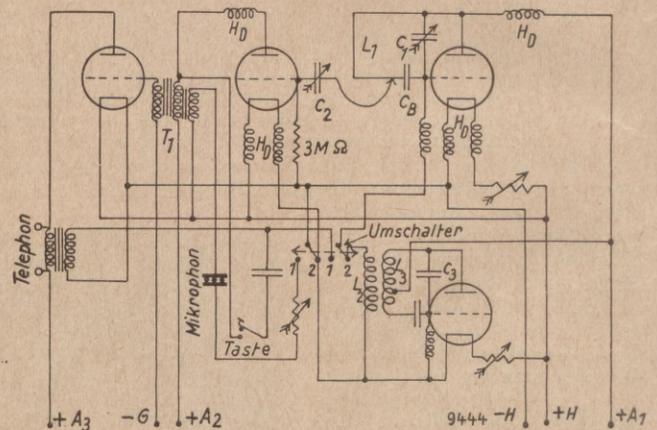


Abb. 4. Vollständige Schaltung.

Die Lautsprecherröhre soll möglichst kräftig schwingen können. Da man nun für Entfernungen bis zu 40 km, für günstige Verhältnisse sogar bis zu 70 km, mit der Energie, die eine Lautsprecherröhre liefert, vollkommen ausreicht, lag natürlich der Gedanke nahe, diese Empfängerröhre auch als Senderöhre zu benutzen. Davon wird im folgenden Gebrauch gemacht werden.

Wir wenden uns jetzt der Erzeugung der Pendelrückkopplung zu. Es soll auf irgendeine Art und Weise bewirkt werden, daß die Schwingungen der Empfängerröhre rhythmisch ein- und aussetzen. Man kann das, wie schon im Teil I auseinandergesetzt wurde, entweder durch Änderung der Anodenspannung oder aber der Gitterspannung erreichen. Zur Änderung der Anodenspannung sind verhältnismäßig große Energien erforderlich, um die Änderungen groß genug zu machen. Man benötigte in diesem Falle also eine Röhre von großer Leistung. Das Audion entnimmt der

Anodenbatterie im schwingenden Zustand schon bis zu 40 mA! Nimmt man gleichen Verbrauch für die Superregenerationsröhre an, so wird die Belastung der Anodenbatterie auf ganz unnötige Werte gesteigert. Es empfiehlt sich daher, die Pendelrückkopplung durch rhythmische Änderung der Gittervorspannung zu erreichen. Es wird in die Gitterleitung eine Spule  $L_2$  geschaltet, die mit dem Schwingungskreis der Röhre  $L_1 C_1$ , die die Pendelfrequenz erzeugt, gekoppelt wird (vgl. Abb. 2). Die Schwingschaltung der „Pendelröhre“ dürfte ohne weiteres verständlich sein. Sie ist eine Abart der allgemein bekannten Dreipunktschaltung. Die in der Pendelröhre erzeugten Schwingungen werden durch die mit  $L_2$  gekoppelte Spule  $L_2$  in die Gitterzuleitung der Empfangsröhre übertragen und rufen daher rhythmische Schwankungen der Gittervorspannung hervor. Dadurch wird die Schwingungserzeugung in der Empfangsröhre periodisch unterbrochen.

Als Pendelfrequenz wählen wir etwa 50 000 Schwingungen pro Sekunde. (Das entspricht also einer Wellenlänge von 6000 m.) Diese Pendelfrequenz ist erstens unhörbar hoch, stört also im Telephon nicht als hörbarer Dauerton, zweitens genügt sie, um nicht nur Sprache, sondern auch Musik mit der erforderlichen Natürlichkeit erscheinen zu lassen. Die hohen Töne werden nicht zu stark geschwächt.

Die während jeder Pendelperiode entstehenden Schwingungen der Empfangsröhre müssen nun zur Hörbarmachung der Modulation gleichgerichtet werden. Das kann theoretisch mit jedem Detektor geschehen. Praktisch verwende ich jedoch eine Art Audionschaltung. Das Gitter einer dritten Röhre wird über einen kleinen Kondensator  $C_2$  mit dem Schwingungskreis der empfangenden Röhre gekoppelt. Der Koppelkondensator muß verlustfrei und durchschlagssicher sein. Der Abgriffspunkt am Schwingungskreis wird veränderlich gemacht. Der Gittergleichstrom der Röhre wird in bekannter Weise über einen hochohmigen Widerstand (etwa 3 Megohm) abgeleitet. Es ergibt sich dann eine Art von Audiongleichrichtung. Da nun das Gitter der Audionröhre kapazitiv mit dem Heizfaden und der Anode gekoppelt ist, müssen die Zuleitungen der Audionröhre zur Vermeidung von Verlusten ebenfalls über Hochfrequenzdrosseln  $H_D$  geführt werden (vgl. Abb. 2). An Stelle des Telefons hinter dem Audion kann noch ein Niederfrequenztransformator  $T_3$  gesetzt werden, so daß in einer vierten Röhre noch eine Stufe Niederfrequenzverstärkung hinzugefügt wird. Damit ist die Empfangsschaltung vollständig entwickelt (vgl. Abb. 2).

Beim Empfang verfährt man folgendermaßen: Zunächst heize man Audion und Verstärkeröhre und stelle fest, ob beide Röhren arbeiten, und beseitige etwaige Fehler. Dann wird die „Empfangsröhre“ eingesetzt und geheizt. Man regle nun die Anoden- und Gitterspannung so weit, daß die Röhre kräftig schwingt. Ein Instrument, das den Anodenstrom der Empfangsröhre anzeigt, läßt, wenn man den Schwingungskreis mit einem feuchtgemachten Finger berührt bzw. zum Teil kurzschließt, einen deutlichen Rückgang des Stromes erkennen. Im Telephon hört man das typische Knacken. Man überzeuge sich auch davon, ob die Empfangsröhre auch über den ganzen Kondensatorbereich schwingen kann. Der Koppelkondensator  $C_2$  dient eventuell zur Regelung. Je kleiner er ist, desto leichter schwingt die Röhre. Nun endlich heize man auch die Pendelröhre. Sowie diese Röhre genügend stark schwingt, muß im Telephon deutlich ein Rauschen hörbar werden. Das ist ein Zeichen dafür, daß die Anlage empfindlich und empfangsbereit ist. Nun beginne man mit der Abstimmung. Mit  $C_2$  regelt man jeweils auf stärkstes Rauschen.

Soll der Apparat als Sender benutzt werden, so muß man zunächst die Pendelröhre ausschalten, die sonst die Sendung dauernd modulieren würde. Die Empfangsröhre wurde ja, wie schon beschrieben, auf Schwingen eingestellt. Der Sender ist also nach Ausschalten der Pendelröhre bereits in Betrieb. Das angekoppelte Audion stört nur sehr wenig. Nun muß die Sendung irgendwie moduliert werden. Das geschieht am einfachsten durch Änderung der Gitterspannung der Senderröhre, in unserem Falle über einen Transformator ( $T_2$ ). Die sekundäre Seite des Transformators liegt in der Gitterleitung der Senderröhre. Die Primärseite des Transformators liegt in der Anodenleitung einer Verstärkeröhre. Das Gitter der Verstärkeröhre wird über einen Transformator  $T_1$  mit Hilfe eines Mikrophons besprochen (vgl. Abb. 3).

Will man nicht Telephonie, sondern Telegraphie senden, so geschieht das am bequemsten dadurch, daß man den Sender im Rhythmus der Morsezeichen mit einem bestimmten Ton moduliert. Überlagerungsempfang ist nämlich bei ultrakurzen Wellen äußerst schwierig.

Zur Erzeugung des tonfrequenten Wechselstromes zur Modulation benötigt man keinen besonderen Summer. Es dürfte allgemein bekannt sein, daß ein Niederfrequenzverstärker bei schlechtem Aufbau pfeift. Wir benutzen dieses sonst unerwünschte tonfrequente Pfeifen nun zur Modulation. Zu diesem Zwecke braucht man nur die beiden Transformatoren der zur Telephoniesendung benutzten Verstärkeröhre passend rückzukoppeln und in die Rückkopplungsleitung die Telegraphietaste einzuschalten (siehe den gestrichelten Teil von Abb. 3). Verwendet man nun noch die Niederfrequenzverstärkeröhre des Empfängers als Modulationsverstärkeröhre des Senders, so ist die Schaltung unseres „Empfängersenders“ vollständig. Das Schaltbild des fertigen Apparates gibt die Abb. 4.

Aus dem Schaltbild geht hervor, daß man mit einem einfachen Umschalter vom „Empfang“ auf „Senden“ übergehen kann. Sowohl zum Empfang wie besonders zum Senden empfiehlt sich die Verwendung einer kleinen Antenne, die mit dem Schwingungskreis der Kurzwellenröhre gekoppelt wird. Zum Senden verwendet man am besten einen Metallstab von der Länge einer halben Wellenlänge. Zum Empfang ist unter Umständen eine längere Antenne mit Vorteil zu gebrauchen. Beide können jedoch gleichzeitig mit dem Apparat gekoppelt werden.

Selbstverständlich kann man die Pendelfrequenz der Kurzwellenröhre auch über die Anodenleitung zuführen, also die Anodenspannung modulieren. Es läßt sich dann in ähnlicher Weise, wie bisher beschrieben, eine Umschaltungsmöglichkeit in der Art treffen, daß auch mit Anodenspannungsmodulation (Heysingschaltung) gesendet werden kann. Jedenfalls bleibt das Prinzip das gleiche. Man trennt die eigentliche Empfangsröhre vom Audion und der Pendelröhre ab und benutzt sie sowohl zum Senden als zum Empfang. Vor Kunstschaltungen, z. B. daß man Pendelröhre und Niederfrequenzröhre in eine vereinigt, warne ich ausdrücklich. Alle diese Kombinationen arbeiten instabil und unzuverlässig.

Damit ist nun auch der theoretische Teil über den „Senderempfänger“ geschlossen.

## Der neutralisierte Superhet.

Als langjähriger Superhetbastler verfolge ich natürlich alle im „Funk-Bastler“ erscheinenden Aufsätze über Transponierungsempfänger. So las ich auch den Aufsatz von Dr. Lentze in Heft 9 des „Funk-Bastler“. Es fällt mir dabei immer wieder auf, daß sich die darin gemachten Angaben vorwiegend auf den Lardelli-Oszillator beziehen. Obwohl der seinerzeit auch von mir benutzte Lardelli-Oszillator ausgezeichnete Ergebnisse ergab, bin ich doch, um Röhren zu sparen, zur schon vorher einmal benutzten einfacheren Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung zurückgekehrt. Sie arbeitet genau so gut wie der Lardelli-Oszillator, obwohl Dr. Lentze in Heft 3, Jahr 1928, behauptet, die damit erzielten Ergebnisse bei der Leistungsprüfung des Eingangssystems bei keinem anderen System gehabt zu haben. Durch den in Heft 9 veröffentlichten Aufsatz wieder an die Leistungsprüfung des Oszillators erinnert, machte ich mich daran, eine solche vorzunehmen. Die dabei erzielten Erfolge waren überraschend.

Die Stationen Budapest, Wien, Langenberg, Frankfurt, Kattowitz, Leipzig, Prag, Posen, Gleiwitz, Breslau, Kaiserslautern, Köln, Kalundborg und Warschau waren bei Verwendung eines Rahmens mit Rückkopplung von etwa 65 cm Seitenlänge und zwei Röhren, komb. Oszillator und Modulator RE 73 d, Audion L 414, ohne Verwendung eines Niederfrequenzverstärkers gut zu hören. Sprache und Musik waren klar und verständlich. Ebenso ist mir der Empfang französischer Kurzwellen-Telephonie-Stationen mit der ganzen Apparatur schon wiederholt gelungen. Bemerken möchte ich noch, daß die beiden Gitter der RE 73 d durch einen kleinen Neutrokondensator abgeglichen sind.

Kurt Ackermann.

# Grenzen beim Rahmenempfang

Meßergebnisse mit einem abgeschirmten Rahmen.

VON

**Manfred v. Ardenne.**

In einem vorhergehenden Aufsatz<sup>1)</sup> war Mitteilung über die Konstruktion eines elektrostatisch abgeschirmten Rahmens gemacht, der durch Beseitigung der Antennenwirkung besonders gute Richtwirkung ergibt. Im folgenden soll über mit einem solchen Rahmen ausgeführte Richtungsmessungen berichtet werden.

## Die Änderung der Einfallsrichtung der Wellen.

Von der Funkpeilung her sind konstante und plötzliche Richtungsänderungen der elektrischen Wellen bekannt. Falls es sich darum handelt, die Richtwirkung der Rahmenantennen nur zur Ausschaltung von Störsendern, speziell des Ortssenders, auszunutzen, so sind die konstanten Richtungsänderungen, die auf Einflüsse des Zwischengeländes sowie der Umgebung des Empfangsortes (Antennen und andere metallische Gebilde) zurückzuführen sind, bedeutungslos, sofern nicht die horizontale Einfallsrichtung stark geändert oder Drehfelder hervorgerufen werden. Dagegen können periodische und plötzliche Richtungsänderungen der einfallenden Wellen die Einstellung eines sauberen Minimums außerordentlich erschweren bzw. ganz unmöglich machen, da ein dauerndes Nachdrehen des Rahmens erforderlich wird. Während früher Richtungsänderungen erst in größerer Entfernung vom Sender (40 bis 50 km) angenommen wurden, sind sie für lange Wellen (13 000 und 18 000 m) bereits in 20 km Entfernung, d. h. im Abstände von reichlich einer Wellenlänge, beobachtet worden<sup>2)</sup>. Die Zeit der Beobachtungen spielt dabei eine bedeutende Rolle. Besonders starke Änderungen, bis zu zehn und zwanzig Grad (und mehr) zu beiden Seiten der wahren Richtung, treten beim Sonnenuntergang auf, wobei die Wetterlage eine starke Rolle spielt. Im allgemeinen wurden am Tage stets nur geringe Schwankungen festgestellt, die im Höchstfalle  $\frac{1}{3}$  v. H. betragen. Praktisch stellt dieser Wert gleichzeitig etwa die Genauigkeit dar, mit der ein Rahmen überhaupt von Hand ohne Einstellmechanismus eingestellt werden kann. Bei Rundfunkwellen sind mit normalen Geräten bisher nur selten merkliche Richtungsänderungen festgestellt worden, was zum Teil dem breiteren Wellenspektrum gegenüber rein ungedämpft arbeitenden Sendern zugeschrieben wurde.

## Messungen der Richtungsschwankungen.

Die Schwierigkeiten, die sich einstellen, als bei Fernempfang mittels Rahmen der Ortssender unter Resonanz-

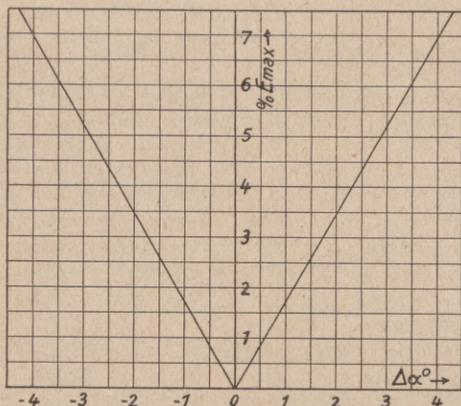
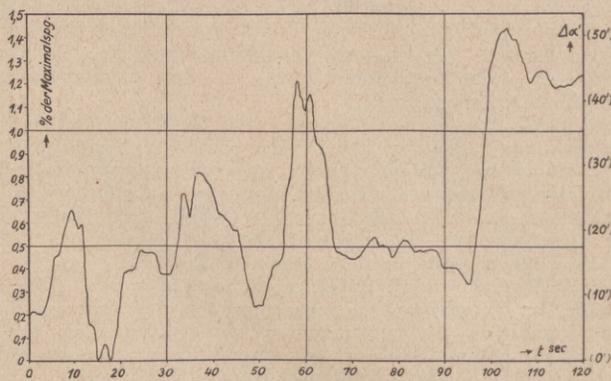


Abb. 6.

elektrischen Wellen in der Nähe eines Senders messend zu verfolgen. Empfangsort war hierbei Lichterfelde-Ost (etwa 8 km Entfernung vom Berliner Sender). Rein theoretisch ergibt sich, daß ein Sender bereits mit 1 v. H. seiner Maxi-



Schwankungen der Horizontal Komponente im Minimum. Rahmen vertikal und fest. 9392

Abb. 7.

malspannung erscheint, wenn der ideale Rahmen nur um  $\frac{2}{3}$  v. H. aus der absoluten Nullstellung verdreht wird. Den Zusammenhang zwischen der Rahmenspannung in Prozenten der Maximalspannung und der Verdrehung aus dem absoluten Minimum vermittelt Abb. 6.

Wird — unter Ausschluß einer zirkularen Polarisation — als Polarisationsebene diejenige Ebene betrachtet, die auf der Fortpflanzungsrichtung senkrecht steht, so ist der Empfang Null, wenn die Rahmenebene mit der Polarisationsebene zusammenfällt. Richtungsänderungen der einfallenden Wellen sind demnach gleichbedeutend mit Änderungen der Polarisationsebene. Die Änderungen der Polarisationsebene sind zweifacher Art. Einmal kann sich die Einfallsrichtung der Wellen in der Horizontalebene ändern, was gleichbedeutend ist mit einer Drehung der Polarisationsebene um eine vertikale Achse. Ferner kann die Einfallsrichtung gewisse Abweichungen von der Horizontalen aufweisen, was einer Drehung der Polarisationsebene um die horizontale Achse entspricht. Beide Erscheinungen wurden beobachtet.

Die Messungen, die am Rahmen unter Verwendung eines aperiodischen Hochfrequenzverstärkers in Verbindung mit einem empfindlichen Röhrenvoltmeter vorgenommen wurden, ergaben sehr interessante Resultate. Es zeigte sich, daß ein absolutes Minimum praktisch nicht aufrechterhalten werden kann, weil die elektrischen Wellen des Ortssenders schon in dieser geringen Entfernung dauernden Richtungsänderungen unterliegen.

Die Messungen erfolgten in der Weise, daß ein abgeschirmter Rahmen mit ausgezeichneter Richtwirkung aufs Minimum eingestellt wurde. Die Richtungsänderungen äußerten sich dann am Röhrenvoltmeter als Schwankungen der Empfangsintensität, die in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen wurden.

## Die Größenordnung der Schwankungen.

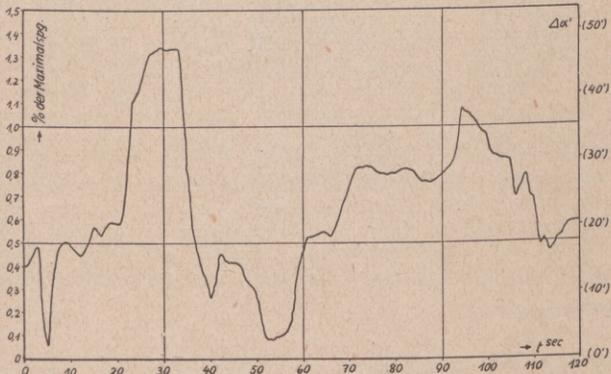
Abb. 7 zeigt eine Kurve, die mit vertikalem und feststehendem Rahmen aufgenommen wurde. Die Spannungsschwankungen der Hochfrequenz sind in Prozenten der Maximalspannung (bei optimaler Einstellung) des Rahmens aufgetragen. Deutlich konnte entsprechend der Zunahme der Spannungen eine gleichzeitige Zunahme der Lautstärke am Lautsprecher beobachtet werden. Hierbei wurden jedoch, da die Messungen während der Pausen stattfanden, nur die Lautstärkenschwankungen des Störpegels beobachtet. Die Messung während der Pausen vorzunehmen, erwies sich als notwendig, da sich schon bei den ersten Versuchen gezeigt hatte, daß die der Modulation entsprechenden Seitenwellen aus einer etwas anderen Rich-

abstimmung vollständig ausgepeilt werden sollte, geben Veranlassung, die angedeuteten Richtungsänderungen der

<sup>1)</sup> Vgl. „Funk-Bastler“, Jahr 1929, Heft 24, Seite 383 ff.

<sup>2)</sup> Vgl. A. Esau, „Richtungsänderungen der elektrischen Wellen“ in F. Banneitz: Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.

tung einfallen als die Trägerwelle. Beim Empfang mit Modulation macht sich diese interessante Erscheinung in der Weise bemerkbar, daß erhebliche Verzerrungen eintreten. Diese Art Verzerrungen sind überall dann zu beobachten, wenn die Trägerwelle abgeschwächt oder ausgeschaltet ist und die beiden Seitenwellen zur Interferenz



Schwankungen der Vertikalkomponente im Minimum. Rahmen horizontal und fest. 9393

Abb. 8.

kommen. Die Wiedergabe klingt dann sehr hoch und abgehackt, da unter diesen Verhältnissen eine quadratische Abhängigkeit der Lautstärke von der Modulationsstärke gegeben ist. Diese Verzerrungen ähneln daher den Verzerrungen, die häufig während der Minima der Fadingperioden beim Fernempfang und die bei Versuchen mit entdämpfenden Sperrkreisen zu beobachten sind.

In der Abb. 7 ist durch die Ordinatenbeziehung an der rechten Seite versucht worden, unter Benutzung der Abb. 6 auf die zugehörige horizontale Winkeldrehung der Einfallsrichtung einen Schluß zu ziehen. Diese Angaben sind jedoch nur sehr annähernd richtig, da gleichzeitig mit der Drehung um die Vertikale auch eine Drehung der Polarisationssebene um die Horizontalachse auftritt. Diese Neigungsänderungen gegen die Vertikale sind mit horizontal liegendem Rahmen aufgenommen und in Abb. 8 wiedergegeben. Der Kurvencharakter ist annähernd derselbe, jedoch ist der Verlauf im ganzen merklich langsamer, und die ganz kleinen Schwingungen sind weniger ausgeprägt. Leider konnten die Kurven Abb. 7 und Abb. 8 nicht gleichzeitig aufgenommen werden, da nur eine Meßeinrichtung sehr großer Empfindlichkeit zur Verfügung stand. Sehr interessant ist der Charakter der Kurven, die sehr denjenigen ähneln, die bei Fadingmessungen erhalten wurden. In Abb. 9 ist zum Vergleich eine Fadingkurve wiedergegeben, die nach Einbruch der Dunkelheit in Lichterfelde von dem Sender Hamburg erhalten wurde. Beim oberflächlichen Vergleich der Kurven ist nur zu be-

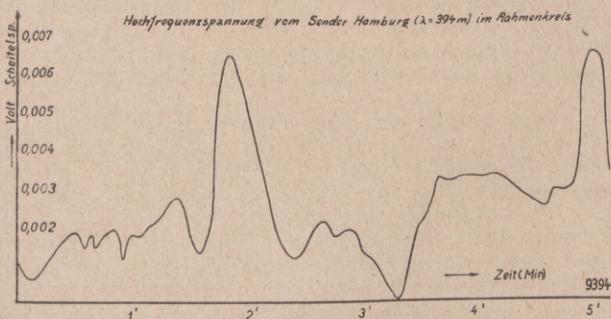


Abb. 9.

achten, daß in Abb. 9 etwa der doppelte Zeitmaßstab gewählt ist.

Hinsichtlich der Aufzeichnung, die punktweise mit der Hand vorgenommen wurde, da es sich ja nur darum handelt, den allgemeinen Charakter der Erscheinungen zu zeigen, ist zu bemerken, daß einzelne starke atmosphärische Störungen bei der hohen Empfindlichkeit große Spitzen verursachen. Diese ließen sich im Lautsprecher sogleich als solche erkennen und konnten daher ohne weiteres vernachlässigt werden. Gegenüber einer Aufnahme mit einem

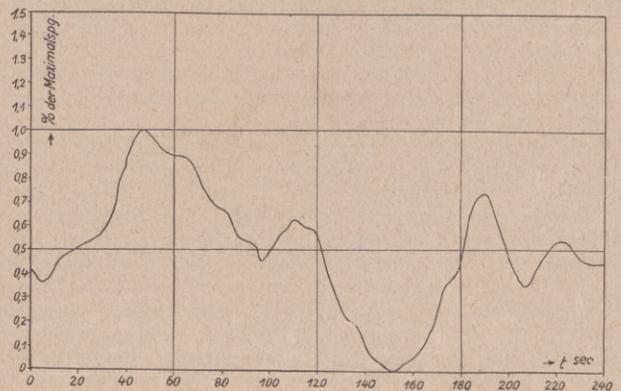
Oszillographen, der alles registriert, bedeutet dies natürlich einen gewissen Vorteil. Denn eine aus beliebiger Richtung einfallende Störung könnte, wenn sie nicht als solche erkannt wird, eine plötzliche starke Richtungsänderung vortäuschen.

Da beide Schwankungen der Einfallsrichtung anscheinend recht unregelmäßig sind, so vollführt die Polarisationssebene ganz unregelmäßige Bewegungen um eine mehr oder weniger stabile Ruhelage. Es ist klar, daß eine vorhandene Neigung der Polarisationssebene gegen die Vertikale das Entstehen eines absoluten Minimums unmöglich macht, solange der Rahmen senkrecht steht und nur um eine vertikale Achse drehbar ist. Ab. 10 läßt erkennen, inwieweit sich durch Nachdrehen des vertikalen Rahmens überhaupt ein Minimum erreichen läßt.

Die Verbesserung durch das Nachdrehen ist, wie aus einem Vergleich der Kurven hervorgeht, nicht wesentlich. Die Bedienung des Rahmens beim praktischen Empfang ist daher nicht empfehlenswert. In dem meisten Teil der Zeit ist die Schärfe des Minimums gegeben durch die erwähnte, wenn auch geringe Neigung der Einfallsrichtung der Wellen gegen die Horizontale. In sehr großer Nähe des Senders ist die Begrenzung des Minimums durch die stärkere Neigung bereits kritischer, so daß es sich in solchen Fällen empfiehlt, den Rahmen etwa so schräg aufzustellen, daß ein auf der Rahmenfläche errichtetes Lot auf die Antenne des nahen Senders zeigt.

**Wie weit kann ein Sender durch die Verwendung einer Rahmenantenne ausgeschaltet werden?**

Selbst bei bester Rahmenrichtwirkung ist nach den angeführten Beobachtungen das erreichbare Minimum begrenzt durch die Pendelbewegungen der Polarisationssebene,



Erreichbare Schärfe der Minima bei nachgedrehtem vertikalem Rahmen 9395

Abb. 10.

die unregelmäßig in Perioden von einigen Sekunden bis einigen Minuten erfolgen. Die Größenordnung der Richtungsschwankungen ist jedoch verhältnismäßig klein und beträgt, in Graden ausgedrückt, durchschnittlich weniger als  $\pm 1^\circ$ . Die durch die Richtungsschwankungen bedingte Grenze ist daher nur wenig größer als die bereits oben genannte Grenze für die Mechanik einfacher Rahmenkonstruktionen. Legt man den Wert von  $1^\circ$  als untere Grenze zugrunde, so kann entsprechend der Abb. 6 ein Sender praktisch auf etwa 1,7 v. H. abgeschwächt werden. Diese Abschwächung hat an den meisten Empfangsorten zur Folge, daß der Ortsender nur etwa mit der Stärke einer fernen Station in Erscheinung tritt. Ebenso wie die fernen Stationen nach Einbruch der Dunkelheit weist der Ortssender dann unregelmäßige Intensitätsschwankungen auf<sup>3)</sup>.

**Der Unterschied zwischen der Beseitigung von Interferenzstörungen und Störungen eines Ortssenders.**

Die beim Rahmenempfang praktisch mögliche Verringerung der Intensität eines Störsenders auf etwa 1,7 v. H. des Maximalwertes reicht für die Ausschaltung des Ortssenders beim Empfang aller der Stationen aus, die nicht mit dem

<sup>3)</sup> Vgl. M. v. Ardenne, „Streifzüge durch die Empfangstechnik“ bzw. „Einige Messungen über die Hochfrequenzspannungen an der Eingangsseite von Empfängern“, Jahrbuch, Band 32, Heft 6, 1928.

Ortssender einen hörbaren Interferenzton ergeben. Nur unter außergewöhnlich ungünstigen Verhältnissen wird auch in einem weiteren Bereich die Aufnahme entfernter Sender gestört werden. Ein interessanter Unterschied ergibt sich zwischen der Ausschaltung von Interferenzstörungen und der Ausschaltung starker Stationen mit größerem Frequenzabstand als 10 000 Hertz. Wird beispielsweise die Amplitude eines Störsenders mit größerem Frequenzabstand bei der eingestellten Empfangswelle auf ein Zehntel reduziert, so geht infolge des quadratischen Gleichrichtergesetzes die Hörbarkeit auf ein Hundertstel zurück. Wird dagegen die Hochfrequenzspannung einer Station, die bereits einen hörbaren Interferenzton mit der zu empfangenden Station ergibt, durch Rahmendrechung auf 10 v. H. verringert, so nimmt die Stärke des Pfeiftones nur auf ein Zehntel ab, weil unter diesen Verhältnissen der Wirkungsgrad des Empfangsgleichrichters durch die Amplitude der zu empfangenden Station im wesentlichen bestimmt ist und daher konstant bleibt. Die Ausschaltung der Pfeifstörungen stellt daher besondere An-

forderungen. Die bei Vorhandensein einer guten Richtwirkung mögliche Verminderung der Spannung eines Störsenders reicht, wie die praktischen Beobachtungen gezeigt haben, aus, um in vielen Fällen die Pfeifstörungen hinreichend zu reduzieren. Daß bisher die Rahmenantenne kaum zur Beseitigung der Interferenzstörungen herangezogen wurde, dürfte sicherlich darauf zurückzuführen sein, daß die üblichen Anlagen den besonders hohen Anforderungen dieser Empfangsmethode noch nicht entsprochen haben. In diesem Zusammenhang soll noch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß nicht in allen Fällen der Rahmenempfang zum Ziel führt, weil nicht immer die lokalen Verhältnisse die ideale Richtcharakteristik zustande kommen lassen, und weil nicht immer die Stationen in einer für die Ausschaltung vorteilhaften Richtung zueinander liegen. Trotz dieser Einschränkungen gibt jedoch im allgemeinen eine Rahmenantenne mit guter Richtwirkung so viele neue Möglichkeiten für den Fernempfang, daß es sich wohl lohnt, durch entsprechende Versuche sich hierüber zu informieren.

## Funktelegraphie im Seeverkehr.

Von Ministerialrat H. Giess.

Das erste und vornehmste Verwendungsgebiet der Funktelegraphie war von jeher die Übermittlung von Nachrichten nach und zwischen Schiffen auf See. Eine besondere wichtige Rolle spielt dabei das Herbeirufen von Schiffen zur Hilfeleistung in Seenotsfällen. Schon bei dem ersten Versuch, die Funktelegraphie zwischenstaatlich zu regeln, bei der Besprechung, die auf Veranlassung der deutschen Reichsregierung zwischen den Hauptschiffahrtsländern 1903 in Berlin stattfand, hat man neben den Grundsätzen für den Funkverkehr insbesondere auch den Seenotverkehr behandelt. Die späteren zwischenstaatlichen Funkverträge — Berlin 1906 und London 1912 — haben jene grundsätzlichen Richtlinien über Nachrichten- und Seenotverkehr aufgenommen und weiter ausgebaut.

Einen besonderen Anlaß, sich mit der Frage der Sicherheit des Lebens auf See besonders zu beschäftigen, gab das furchtbare Schiffsunglück der „Titanic“. Dieses 46 000 Bruttoregistertonnen große Schiff der White Star-Linie verließ am 10. April 1912 den Hafen von Southampton mit 1300 Fahrgästen und 885 Mann Besatzung. Vier Tage später lief es nachts auf einen Eisberg und war nach 3½ Stunden gesunken; etwa 1500 Menschenleben gingen dabei zugrunde. Die Rettung der übrigen war lediglich der aufopfernden Tätigkeit der beiden Funktelegraphisten zuzuschreiben, denen es gelang, eine Anzahl von Schiffen an den Ort des Unglücks herbeizurufen. Die deutsche Reichsregierung gab sofort die Anregung, eine internationale Konferenz einzuberufen, um Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit auf See zu besprechen und international zu vereinbaren. Diese Konferenz trat am 12. November 1913 in London zusammen. Am 20. Januar 1914 wurde der „Internationale Vertrag zum Schutze des menschlichen Lebens auf See“ unterzeichnet, der zur Erhöhung der Sicherheit auf See in vier Abschnitten Vorschriften gibt für: Sicherheit der Seefahrt, Schiffskonstruktion, Funktelegraphie und Rettungsmittel.

Dieser Vertrag wurde infolge des Kriegsausbruchs nur von wenigen Ländern ratifiziert, und die Regierungen erließen in der Folgezeit unabhängig voneinander Vorschriften, wie sie den Bedürfnissen ihrer eigenen Schifffahrt gerade entsprachen. Die Vorbereitung zu der Weltfunkkonferenz Washington 1927 gab Veranlassung, die funktelegraphischen Fragen aus dem Schiffsicherheitsvertrag zu behandeln, und das führte zu einer zweiten Schiffsicherheitskonferenz, zu der die englische Regierung im September 1927 einlud.

Die deutschen Vorschläge zu den einzelnen Abschnitten des Vertrages wurden unter Führung des Reichsverkehrsministeriums in einzelnen Kommissionen vorbereitet; die Funkvorschläge in einem besonderen Ausschuß unter Führung des Reichspostministeriums. Zu der neuen Konferenz vereinigten sich in London am 16. April 1929 18 Hauptschiffahrtsländer. Sie unterzeichneten am 31. Mai den neuen Vertrag, der am 1. Juli 1931 in Kraft tritt.

Das umfangreiche Gebiet des Funkwesens, dem im Hinblick auf den Untergang der „Vestris“ vor einigen Monaten allgemein eine hohe Bedeutung beigegeben wurde, wurde in einer besonderen Kommission unter deutscher Führung (den Vorsitz führte der Verfasser) bearbeitet und hat einschneidende Änderungen erfahren. Die Zahl der Schiffe, die auf internationalen Reisen Funkgerät führen müssen, wurde erheblich erhöht, sie wurde auf alle Frachtschiffe von 1600 Tonnen Brutto Rauminhalt ab aufwärts und auf alle Fahrgastschiffe (Schiffe mit mehr als 12 Fahrgästen) ausgedehnt. Als Frachtschiffe gelten dabei alle Schiffe, die nicht Fahrgastschiffe sind. Erleichterungen für die Schifffahrt während einer Übergangszeit sowie gewisse Ausnahmen sind vorgesehen. Für die deutsche Schifffahrt ist wichtig, daß die Regierung für die ganze Ostsee und einen Teil der Nordsee die Befreiung von der Ausrüstungspflicht aussprechen kann.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Neuregelung der Sicherheitswachen, d. h. Zeiten, in denen die Bordfunkstellen Hörbereitschaft für Notrufe abhalten müssen. Allen Fahrgastschiffen über 3000 Tonnen und allen Frachtschiffen über 5500 Tonnen Brutto Rauminhalt ist ununterbrochene Wache auferlegt. Frachtschiffe zwischen 3000 und 5500 Tonnen haben täglich mindestens 8 Stunden zu wachen; für alle übrigen Schiffe (unter 3000 Tonnen) bestimmen die Regierungen die Wachzeiten. Alle diese Wachen sollen von Bordfunkern ausgeübt werden oder von sogenannten Hörleuten, das sind Mitglieder der Schiffsbesatzung, die eine gewisse Funkausbildung genossen haben. Praktisch kann man aber damit rechnen, daß in einigen Jahren auf den meisten Schiffen eine ununterbrochene Wache abgehalten wird, und zwar mit Hilfe eines selbsttätigen Seenotempfangsgeräts, des „Auto-Alarm“, der die Alarmzeichen von Schiffen in Seenot selbsttätig aufnimmt und den Bordfunker zur Aufnahme der Verbindung mit dem Schiff in Not veranlaßt.

Im weiteren trifft der neue Vertrag Bestimmungen über Einrichtungen und Reichweite der Bordfunkstellen (mindestens 100 Seemeilen) und der Hilfssender (50 bis 80 Seemeilen), Verbindung des Funkraums mit der Brücke und Beschaffenheit des Empfangsgeräts.

Er regelt ferner die technischen Einzelheiten über selbsttätiges Seenotempfangsgerät und Funkpeiler (mit dem künftig Fahrgastschiffe von 5000 Tonnen und mehr ausgerüstet sein müssen) und gibt Vorschriften über die Ausbildung der Hörleute, die erheblich weitergehen als diejenigen des alten Vertrages.

Der Kapitän eines jeden Schiffes, bei dem Seenotzeichen eingehen, ist verpflichtet, den in Seenot befindlichen Personen mit größter Beschleunigung Hilfe zu bringen, wenn nicht etwa nach der Lage seines eigenen Schiffes oder aus anderen Gründen ein solches Beginnen unzweckmäßig oder unnötig wäre, worüber er sich aber stets mit dem Schiff in Not zu verständigen hat.