

Da die gesamte von der Röhre gelieferte Leistung in die Antenne gelangen soll, wird diese ein Maximum der Leistung aufnehmen, wenn die Röhre ein Maximum liefert. Das ist der Fall, wenn der Kombinationswiderstand zwischen Anode und Kathode dem Grenzwiderstand gleicht.

Um den Widerstand $\Re_a = \frac{U_a}{I_a}$ zwischen Anode und Kathode der Abb. 79 zu berechnen, ist zunächst U_a und I_a aus den Gleichungen

$$I_L + I_C = I_a \text{ (Stromverzweigung),}$$

$$U_a = \frac{I_C}{j\omega C_1} = I_L j\omega L_1 + I_{12} j\omega L_{12} \quad \text{(Spannungsbilanz im Zwischenkreis)}$$

$$0 = j\omega L_{12} I_1 + I_2 \left(j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + R_2 \right) \quad \text{(Spannungsbilanz in der Antenne)}$$

zu ermitteln.

Vernachlässigt man wieder R_2 neben den induktiven Widerständen und berücksichtigt man die Resonanzbedingungen

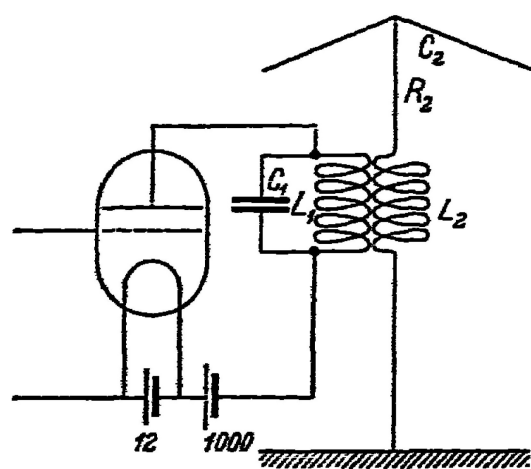


Abb. 79. Wahl der Antennenkopplung.

$$j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} = 0,$$

$$j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = 0,$$

so erhält man schließlich

$$\Re_a = \frac{L_1}{C_1} \frac{R_2}{\omega^2 L_{12}^2}.$$

L_{12} berechnet sich dann aus der Gleichung

$$\Re_a = R_{gr},$$

$$L_{12} = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{L_1 R_2}{C_1 R_{gr}}} = L_1 \sqrt{\frac{R_2}{R_{gr}}}.$$

7. Die Gitterschwinglinienschar bei positiver und negativer Gittervorspannung.

a) Die Konstruktion der Gitterschwinglinienschar.

Die Konstruktion ist quantitativ nach dem unter A, 2, a) S. 56 angegebenen graphischen Verfahren durchzuführen. Man erhält das Diagramm Abb. 80.

Bei negativer Gittervorspannung erhebt sich die Gitterschwinglinie erst, wenn die Amplitude u_g den Wert U_g überschritten hat. Bei positiver Gittervorspannung steigt die Anfangsteilheit der Gitterschwinglinie.

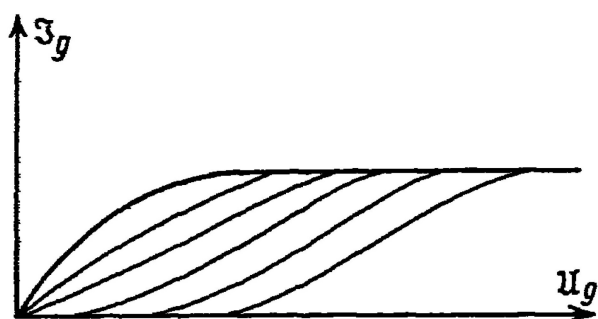


Abb. 80. Gitterschwinglinienschar bei negativer Gittervorspannung.

b) Die Rukopschen Reißdiagramme.

In seinen Reißdiagrammen Abb. 81 trägt Rukop als Abszisse die Gittervorspannung, als Ordinate diejenige Anodenstromamplitude auf, bis zu der der Sender beim Festigen der Rückkopplung springt (dicke Kurve), oder von der an er beim Lockern abreißt (dünne Kurve). Gebiete, in denen der Sender folgt, sind wagerecht schraffiert (stabile Gebiete). Gebiete, die nur durch Lockern der Rückkopplung zu erreichen sind, sind senkrecht schraffiert (halbstabile Gebiete).

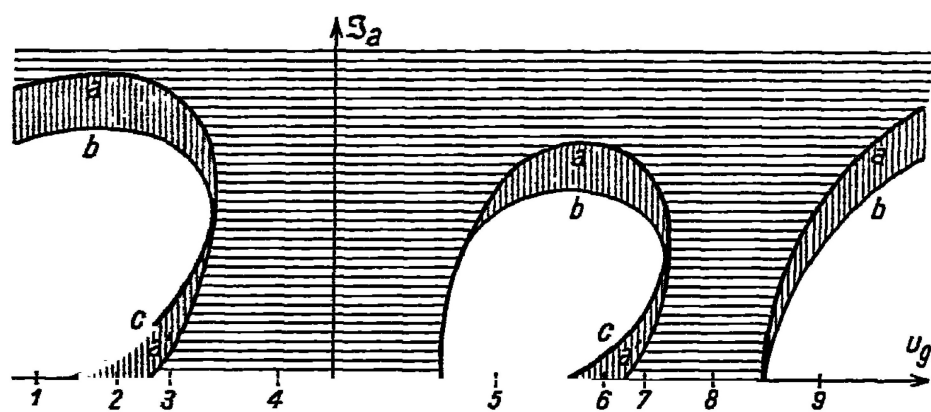


Abb. 81. Rukops Reißdiagramme.

Diese Reißdiagramme können wir nun mit Hilfe unserer Schwinglinien punktweise konstruieren. Die Konstruktionsfiguren sind in Abb. 82, 1—9 qualitativ gezeichnet. Sie lassen sich natürlich auch quantitativ zeichnen, wenn man die Kennlinien der Röhre experimentell quantitativ aufgenommen und die Schwinglinien quantitativ gezeichnet

hat. In den Konstruktionsfiguren (Abb. 82) sind die Schwinglinien $\mathfrak{S}_e$, die Gitterschwinglinien $\mathfrak{S}_g$, und die Anodenschwinglinien $\mathfrak{S}_a$ und die Rückkopplungsgeraden für die Stellungen, in denen der Sender springt oder reißt, eingezeichnet. Alle Einzelheiten lese man aus den Abbildungen ab.

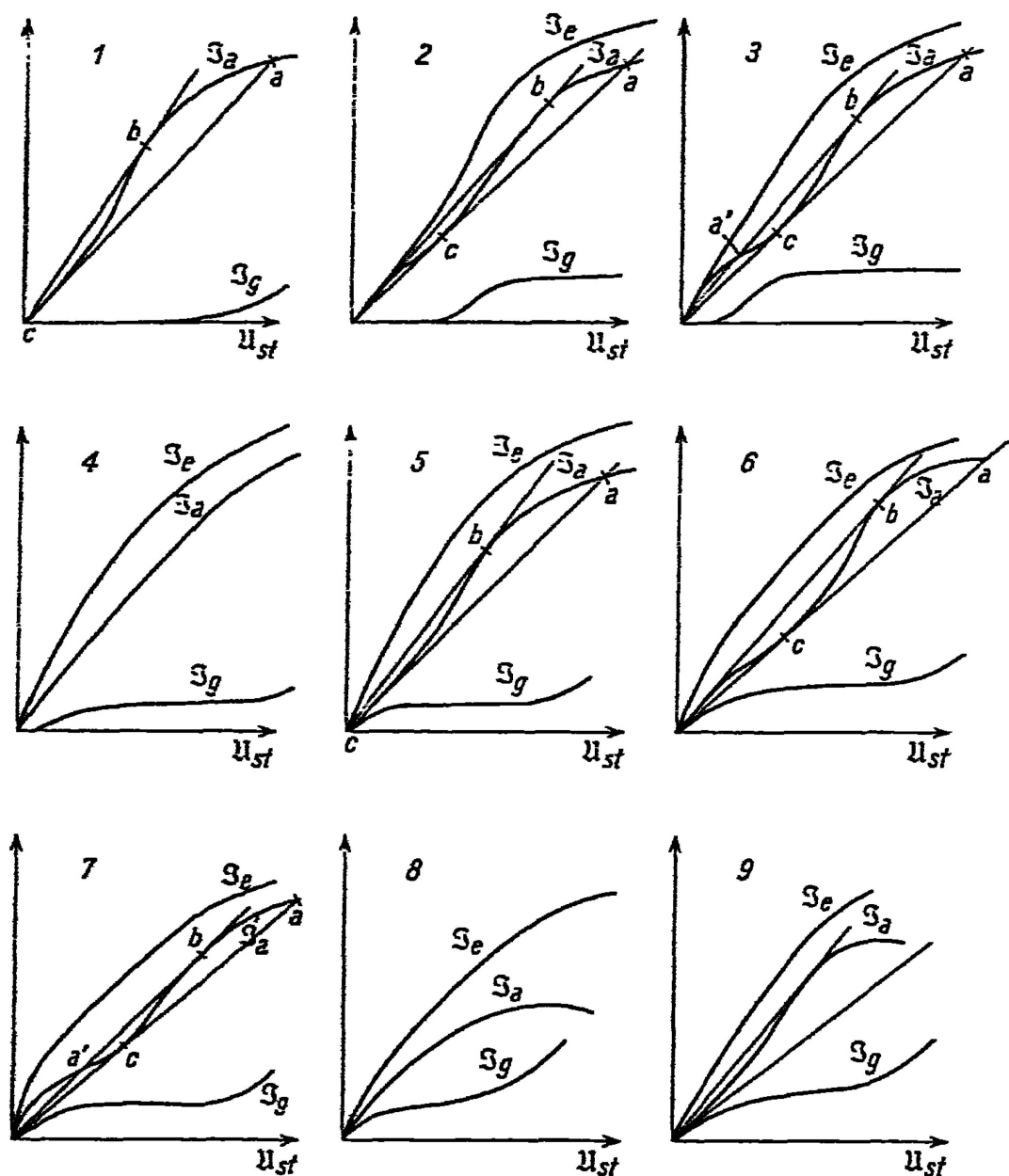


Abb. 82. Schwingliniendiagramme zur Theorie des Reißdiagrammes.

F. Schaltungen für Telephoniesender.

1. Anforderungen an eine Hochfrequenzenergiesteuerung für die Zwecke der Hochfrequenztelephonie.

1. Die zum Steuern nötige Energie soll möglichst gering sein.
2. Es soll eine möglichst große Aussteuerung erreicht werden.
3. Die Schwankungen der Amplituden der Hochfrequenzschwingungen sollen die Spannungsschwankungen der Sprechströme möglichst formgetreu abbilden, damit die Sprache nicht verzerrt wird.

2. Schaltungen.

Zur Steuerung geringer Leistungen genügt es, in den Antennenkreis oder in einen mit der Antenne gekoppelten Energieentziehungs-

kreis ein Mikrofon zu legen. Für größere Leistungen benutzt man an Stelle des Mikrophons eine Lorenzsche Modulationsdrossel.

Ist die Antennenleistung zum direkten Steuern zu groß, so kann man sich nach Abb. 104 eines Steuersenders bedienen. Der Mikrophonkreis dämpft und verstimmt einen Zwischenkreis, der die Energie des

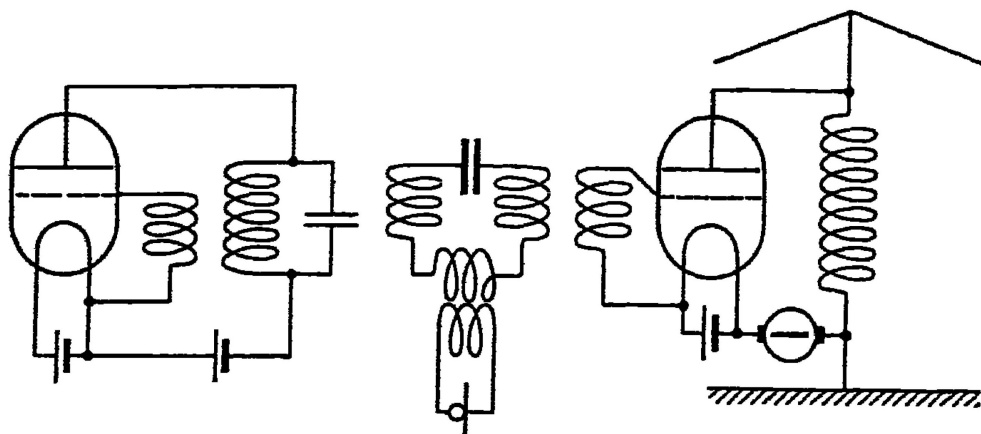


Abb. 104. Fremdgesteuerter Telephoniesender.

mit konstanter Amplitude und Frequenz laufenden Steuersenders an das Gitter des Hauptsenders legt. Die Vorteile dieser etwas komplizierten Schaltung sind: Die Frequenz wird durch die Steuerung nicht beeinflusst, da der Steuersender dauernd konstant weiterarbeitet. Man kann mit kleinen Leistungen im Mikrophonkreis große Leistungen im Antennenkreis steuern. Der Zwischenkreis dient zugleich zur Unterdrückung der Oberwellen.

3. Steuerung durch Veränderung der Gittervorspannung. Gitterbesprechung.

In Abb. 105 werden dem Gitter der Senderröhre neben der hochfrequenten, über die Rückkopplung laufenden Spannung vom Mikrophonkreis aus niederfrequente Spannungen eingeprägt. Um die Wirkungsweise dieser Steuerung zu studieren, greifen wir im Schwingliniendiagramm (Abb. 106) für zwei verschiedene $\Re_k$ ($\operatorname{tg} \alpha_1$ und $\operatorname{tg} \alpha_2$) die Anodenstromamplituden für die verschiedenen Gittervorspannungen ab. In Abb. 107 ist die Abhängigkeit des $\Im_a$ von U_g herausgezeichnet. Die Diagramme zeigen: Für feste Rückkopplungen ist diese Art der Steuerung verhältnismäßig unempfindlich, die Schwingungsamplitude kann nur um wenige Prozent geändert werden. Für lose Rückkopplungen ist hin-

gegen die Steuerung sehr empfindlich, verlangt aber eine sorgfältige Einstellung der Rückkopplung.

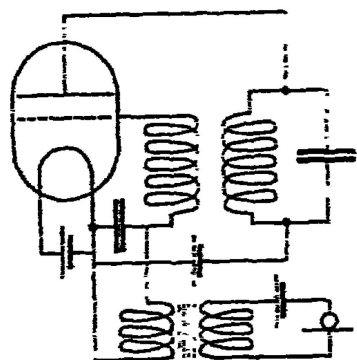


Abb. 105.

Gitterbesprechung des rückgekoppelten Senders.

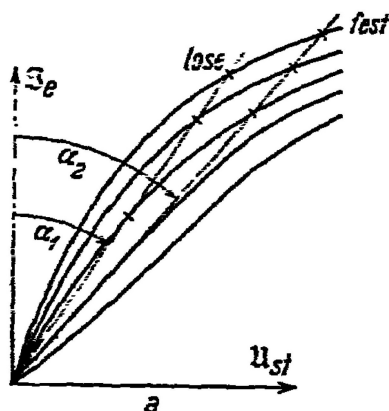


Abb. 106. Schwingliniendiagramm zur Gitterbesprechung.

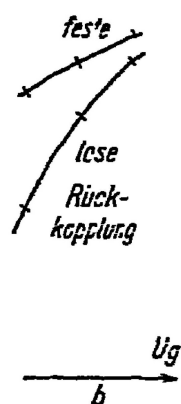


Abb. 107. Steuerung durch Gitterbesprechung.

Benutzt man einen Steuersender, wie in Abb. 108, so kann man mit geringem Aufwand an Steuerleistung große Aussteuerungen erzielen. In Abb. 109 ist das zugehörige Schwinglinienbild und in Abb. 110 der Zusammenhang zwischen Steuervorspannung und Anodenstromamplitude eingetragen.

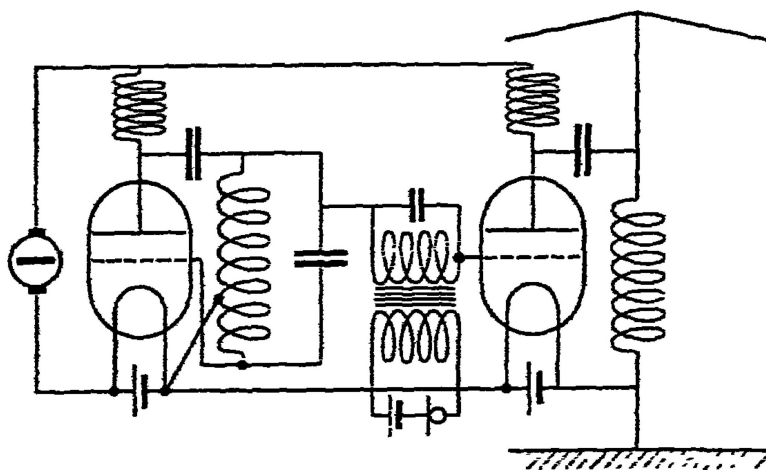


Abb. 108. Gitterbesprechung mit Steuersender.

Die Gitterbesprechung kann auch dadurch erfolgen, daß man einen mit der Sprachfrequenz veränderlichen Widerstand, z. B. eine Röhre, in den Gitterkreis einschaltet. Da zum Verständnis der Wirkungsweise dieser Anordnung die Kenntnis der Gleichrichterwirkung der Röhre erforderlich ist, soll diese bei den Rundfunksendern vielfach verwendete Schaltung erst am Ende des Abschnitts über die Gleichrichtung besprochen werden.

Steuerung durch Anodenbesprechung. Huth-Kühn-Schaltung (Abb. 111). Der von der Dynamomaschine gelieferte Anodenstrom wird durch eine große Drossel konstant gehalten. Die Modulationsröhre M läßt im Takte der Schallschwingungen einen mehr oder weniger großen Teil des Anodenstromes durch. Der Einfachheit halber wollen wir annehmen, daß der Durchgriff der Modulationsröhre sehr klein sei und daß der Anodenstrom der Modulationsröhre von der

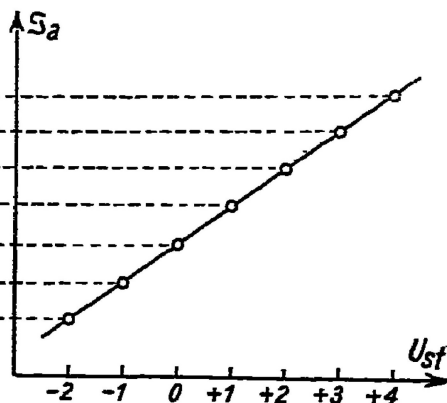
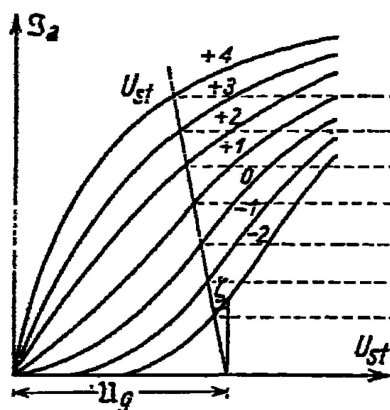


Abb. 109. Schwingliniendiagramm der Gitterbesprechung des fremd-erregten Generators.

Abb. 110. Abhängigkeit der Anodenstromamplitude von der Gittervorspannung.

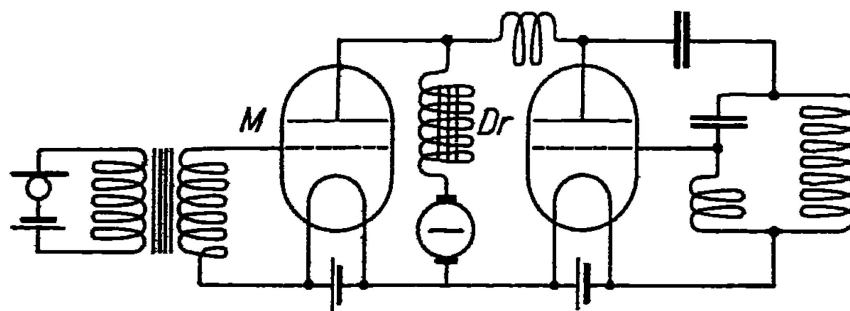


Abb. 111. Anodenbesprechung.

Anodenspannung nicht abhängen. Die Senderröhre erhält dann einen im Takte der Schallschwingungen schwankenden gegebenen mittleren Anodenstrom $\bar{I}_a$. Um Spannungsbegrenzung zu haben, arbeitet man mit so fester Rückkopplung, daß der Betrieb eben unterspannt wird, wenn der Strom in der Modulationsröhre Null und die Spannung an den Röhren am höchsten ist. Die Wirkungsweise dieser Steuerung läßt sich wieder in einfacher Weise im Schwinglinienbilde übersehen. Um den Zusammenhang zwischen dem gegebenen $\bar{I}_a$ und den Amplituden S_a und der Röhrengleichspannung U_a konstruktiv

zu finden, zeichnen wir zunächst das Schwinglinienbild Abb. 112a. Die Rückkopplungsgerade ist eingezeichnet. Für die verschiedenen U_{st} - bzw. $D U_a$ -Werte lesen wir im Schwingliniendiagramm die $\mathfrak{J}_a$ -Werte, und im Leistungliniendiagramm 112b die $\bar{i}_a$ -Werte ab und tragen das Re-

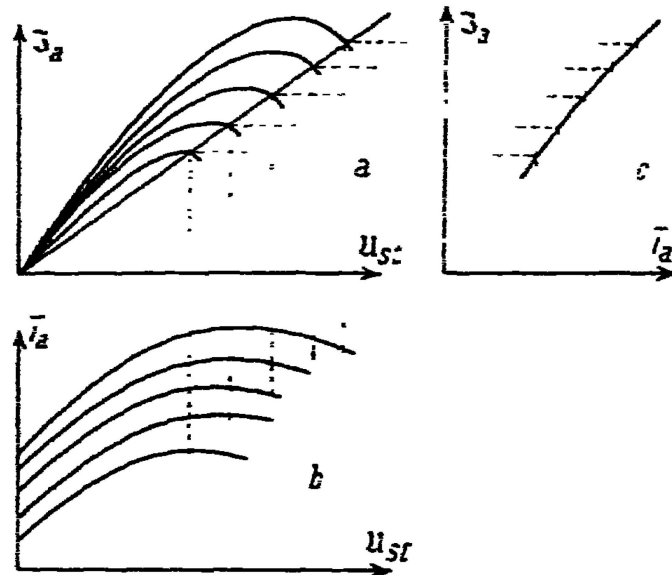


Abb. 112. Diagramm zur Anodenbesprechung.

sultat in Abb. 112c ein. Abb. 112 zeigt, daß die Steuerung in weiten Grenzen durchgeführt werden kann. Der Nachteil der Anordnung besteht darin, daß die Modulationsröhre mindestens ebenso groß wie die Senderröhre sein muß.

g) Rundfunksendersteuerung.

Die Besprechung der Rundfunksendersteuerung war bei der Behandlung der Schaltungen für Telephoniesender auf S. 114 unten zurückgestellt worden, da dort die Kenntnis der Gleichrichtung noch fehlte. Sie sei jetzt nachgeholt.

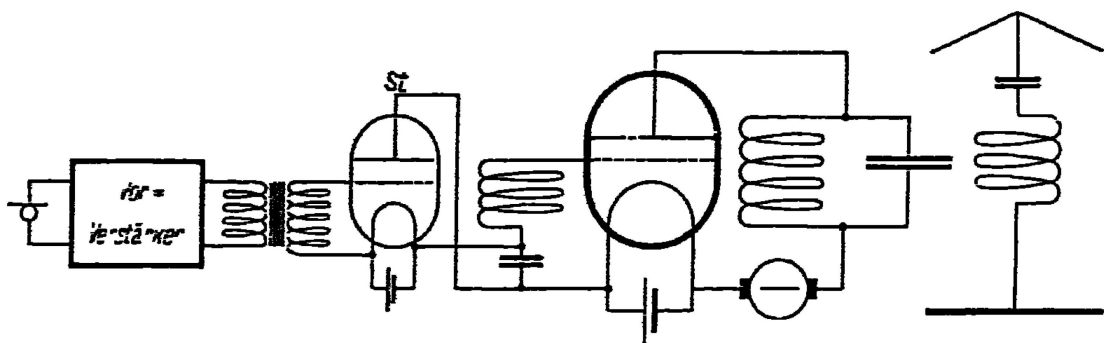


Abb. 173. Rundfunksenderschaltung.

Abb. 173 zeigt die Schaltung. Es wird das Gitter besprochen. Die Gittervorspannung U_g der Senderröhre ist die Anodenspannung u_a der Steuerröhre *St.* Der Gleichrichtereffekt im Gitterkreis der Senderröhre δi_g ist der Anodenstrom der Steuerröhre i_a . Wäre i_a fest gegeben, z. B. $= i_{a1}$, so wäre $u_a = U_g$ aus der Röhrenformel

$$i_a = c(u_g + D u_a)^{3/2}$$

für die vom Vorverstärker gelieferten u_g -Werte leicht zu berechnen und U_g und $\mathfrak{I}_a$ aus Abb. 106, S. 114, abzugreifen. $i_a = \delta i_g$ ist aber nicht konstant, sondern hängt von U_g und U_g ab. Wenn z. B. u_g sinkt und das Steuerrohr dem Gleichrichterstrom $\delta i_g = i_a$ den Weg versperrt, so steigt die negative Gittervorspannung des Senderohres $U_g = u_a$. Da aber hiermit die Amplitude der Senderschwingung und mit ihr $\delta i_g = i_a$ sinkt, so wird diese Steigerung der Gegenspannung verhältnismäßig klein, jedenfalls kleiner, als wenn $\delta i_g = i_a$ konstant bliebe.

Um den Zusammenhang der sich gegenseitig bedingenden Größen: Gitterspannung u_g der Steuerröhre, Anodenstrom i_a der Steuerröhre = Gittergleichrichtereffekt δi_g der Senderröhre, Anodenspannung u_a der Steuerröhre = Gittervorspannung U_g der Senderröhre, und der Gitterspannungsamplitude der Senderröhre, zu finden, nehmen wir zunächst experimentell den Gittergleichrichtereffekt δi_g in Abhängigkeit von U_g und U_g auf. Das Resultat dieser Messung sei in Abb. 174 aufgetragen. Abb. 175 entspricht der Abb. 106, enthält nur noch neben U_{st} auch U_g und U_g statt U_{st} als Parameter. Um den gesuchten Zusammenhang zwischen der Senderschwingungsamplitude $\mathfrak{A}_a$ und der

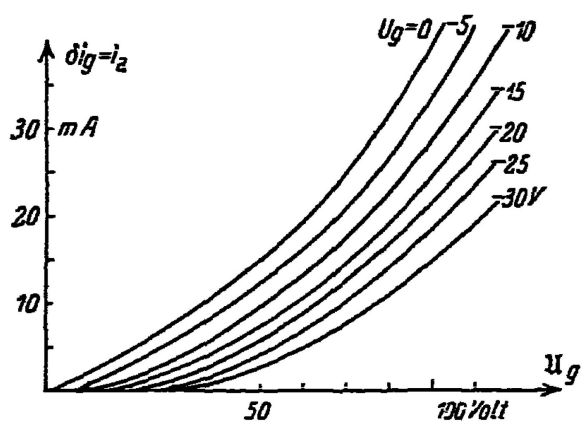


Abb. 174. Gittergleichrichtung δi_g in Abhängigkeit von der Gitterspannungsamplitude U_g und der Gittervorspannung U_g .

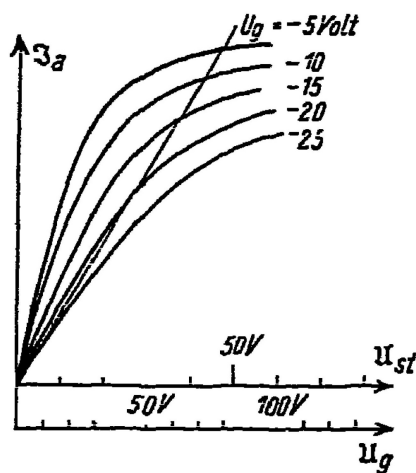


Abb. 175. Schwinglinienschar mit U_g und U_{st} als Abszissen- und U_g als Parameter.

Gitterspannung u_g der Steuerröhre zu finden, gehen wir von $\mathfrak{A}_a$ aus, greifen in Abb. 175 zu den verschiedenen gegebenen $\mathfrak{A}_a$ -Werten die zugehörigen U_g -Werte (Abszissen) und U_g -Werte (Parameter) ab, greifen dann in Abb. 174 für diese U_g - und U_g -Werte die $\delta i_g = i_a$ ab und berechnen die u_g -Werte nach der Röhrenformel für die Steuerröhre.

Diese kurz skizzierte Theorie zeigt uns eine sehr wertvolle Eigenschaft der Rundfunksendersteuerung: Schwankt u_g , einem hohen Ton entsprechend, rasch, so klingt die Amplitude der Senderschwingung und damit die von U_g nicht sofort ab. $\delta i_g = i_a$ bleibt höher als im eingeschwungenen Zustande. Die sperrende negative Gittervorspannung der Senderröhre fällt höher aus als bei langsam schwankendem u_g (tiefen Tönen). Die Steuerung ist also bei hohen Tönen besonders energisch, die Sprache also recht klar.

Eine Theorie der Frequenzabhängigkeit der Modulation der Rundfunksender läßt sich auf Grund der auf S. 66 abgeleiteten Formeln für den Empfang modulierter Wellen leicht entwickeln, wenn man an Stelle der Fernerregung δu_{st} die Veränderung von u_{st} infolge des Überganges auf eine Schwinglinie mit anderem U_g

$$\delta u_{st} = \frac{d u_{st}}{d U_g} \cdot \delta U_g$$

eingührt.