

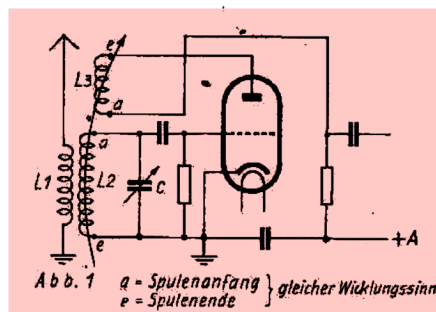
Betrachtungen über die Rückkopplung

Erfahrungsgemäß macht bei selbstgebaute Empfangsgeräten das einwandfreie Arbeiten der Rückkopplung oft erhebliche Schwierigkeiten. Es werden daher im folgenden die Wirkungsweise der Rückkopplung besprochen und Hinweise gegeben, wie man die auftretenden unerwünschten Erscheinungen verhindern und beseitigen kann.

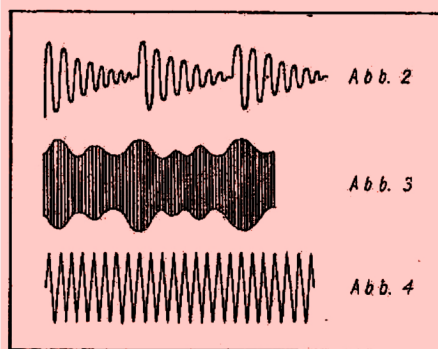
Schwingungskreise besitzen durch ihre unvermeidbaren Verluste in den Einzelteilen eine mehr oder minder große Dämpfung. Ohmsche Widerstände, dielektrische und andere Verluste in den Schwingkreiselementen verbrauchen Leistung, was diesen Kreis um so mehr dämpft, je größer diese Verluste sind; denn nicht die gesamte kinetische Energie wird in potentielle Energie umgesetzt, sondern es wird ein Teil davon in Wärme verwandelt und geht damit verloren. Will man also größere Spannungen am Schwingungskreis erreichen, so muß man entweder die Eingangsspannung durch Vergrößerung der Senderleistung oder durch Vorschaltung einer oder mehrerer Hochfrequenzverstärkerstufen im Empfänger erhöhen, oder man muß die Verluste des Schwingungskreises herabsetzen. Durch die zweite Maßnahme wird der Schwingungskreis auch trennschärfer. Um höchste Leistungen zu erreichen ist es notwendig, nur beste verlustarme Isolierstoffe in Kondensatoren und Einzelteilen zu verwenden. Außerdem ist zu beachten, daß durch genügend große Abstände der Spulen von umgebenden Metallmassen Wirbelstromverluste vermieden werden¹⁾. Als Wicklung für die Spulen sind geeignete Drahtdurchmesser aus gut leitendem Material zu verwenden, also Kupferdraht oder Litze, möglichst Seide umspinnen (kleineres $\tan \delta$ als CuL). „Hochfrequenzlitze“ ist besonders zu empfehlen. Auf diese Weise kann man zwar die Dämpfung auch nicht ganz beseitigen, jedoch läßt sich ein Mindestwert erreichen. Die restlose Entdämpfung ist nur in Form der Rückkopplung möglich, die einen Teil der in der Röhre verstärkten Hochfrequenzenergie dem Schwingkreis wieder zuführt. Meist wendet man die Rückkopplung in der Gleichrichter (Audion)stufe an. Durch richtige Ankopplung wird erreicht, daß die zurückgeführte Energie die Verluste im Gitterschwingkreis voll deckt und diesen entdämpft; damit steigen Trennschärfe und Empfindlichkeit. Aber auch die Anwendung der Rückkopplung bedingt, daß der Aufbau der Kreise möglichst verlustarm sein soll, da sonst nicht die höchste Trennschärfe erreicht werden kann.

Um die beabsichtigte Wirkung der Rückkopplung zu erreichen, muß die

Spule so gepolt werden, daß der Hochfrequenzstrom im Rückkopplungskreis die Wirkung des ankommenden Hochfrequenzstromes unterstützt; bei falscher Polung tritt eine zusätzliche Dämpfung ein und die Lautstärke im Empfänger wird mit festerer Kopplung zurückgehen. Koppelt man die Spulen L_2 und L_3 (Abb. 1) fester, so wird durch die rückgekoppelte Energie vom Anodenkreis L_3 auf den Gitterkreis L_2 am Gitter die Hochfrequenzspannung erhöht, bei gleichzeitiger Versteilung der Resonanzkurve (zunehmende Selektivität). Man erreicht schließlich einen Punkt, wo die zurückgeführte Energie gleich oder größer ist als die Verluste



im Gitterkreis, und es entsteht eine Selbsterregung, d. h. die Röhre schwingt und erzeugt selbst hochfrequente Schwingungen. Wirkt die Rückkopplung unmittelbar auf die Antenne, so wird diese die erzeugten Schwingungen, deren Frequenz von L_2 und C bestimmt wird, ausstrahlen und durch das entstehende Überlagerungspeifen benachbarte Empfänger stören, sofern diese auf die gleiche Frequenz abgestimmt sind. Da aber meist eine nicht abgestimmte Antenne mit wenigen Windungen der Spule L_1 an die Gitterspule L_2 angekoppelt wird, ist die Ausstrahlung auch bei fester Rückkopplung gering. Trotzdem ist die Rückkopplung in jedem Falle mit Vorsicht zu bedienen. Sollen mit einem Geradeausempfänger unmodulierte Telegrafiesender empfangen werden, z. B. Amateursender, so ist dies ohne Rückkopplung nicht möglich. Man kann mit einem Audion ohne Rückkopplung oder mit einem Detektorempfänger zwar gedämpfte Schwingungen empfangen und hören (Abb. 2)



und auch solche mit Sprache oder Musik modulierte (Abb. 3), aber keine ungedämpften (Abb. 4), da der Kopfhörer oder Lautsprecher nur niederfrequente Töne hörbar machen kann, die durch Schwankungen der Hochfrequenzamplitude (Amplitudenmodulation) übertragen werden. Wird der Empfänger mit Hilfe der Rückkopplung zum Schwingen gebracht, so können auch ungedämpfte Telegrafiezeichen empfangen und gehört werden, da die Antenne die Schwingungen f_1 aufnimmt und die Röhre mit L_2 C eine fast gleich große Schwingung f_2 erzeugt. Im Hörer ist dann die Differenz $f_1 - f_2$ oder, wenn f_2 größer als f_1 , die Differenz $f_2 - f_1$ zu hören. Beträgt die Differenz der beiden Frequenzen z. B. 1000 Hz, so hört man die Zeichen im Hörer mit einer Tonfrequenz von 1000 Hz, beträgt die Differenz nur 300 Hz, so hört man eben Zeichen nur mit 300 Hz. Man kann durch Veränderung des Abstimm-drehkondensators im Empfänger die Tonhöhe bei Telegrafieempfang beliebig einstellen.

Empfang modulierter Rundfunksender

Sollen modulierte Rundfunksender (Abb. 3) empfangen werden, so darf die Rückkopplung nicht so fest angezogen sein, daß die Röhre schwingt, sondern sie ist so einzustellen, daß bei maximaler Entdämpfung eine Selbsterregung gerade noch nicht auftritt. Man hat dann am Gitter der Röhre die größtmögliche Hochfrequenzspannung und die bestmögliche Trennschärfe. Bei zu starker Rückkopplung kann, ohne daß der Empfänger schwingt, die Resonanzkurve so spitz werden, daß eine Beschneidung der Modulationsseitenbänder erfolgt und dadurch die hohen Töne nur mangelhaft wiedergegeben werden; Wiedergabe klingt dann dumpf. Bei Fernempfang ergibt sich dabei der Vorteil einer sehr spitzen Resonanzkurve und damit einer guten Trennschärfe neben einer Verringerung der Störungen bei den hohen Tonfrequenzen. Dies kann besonders beim Kurzwellenempfang vorteilhaft sein.

Ortsempfang

Beim Ortsempfang kann die Entdämpfung ohnehin nicht so nahe bis an den Einsatzzpunkt der Schwingungen getrieben werden, da das Gerät bei großen Amplituden, also beim Auftreten von Spannungsspitzen, anschwängt. Der Kopplungsgrad ist so zu wählen, daß die kritische Grenze auch beim Auftreten größter Amplituden nicht erreicht wird, weil sonst Verzerrungen nicht zu vermeiden sind. Man kann daher bei Fernempfang etwas fester koppeln als bei Ortsempfang.

(Fortsetzung auf Seite 477)

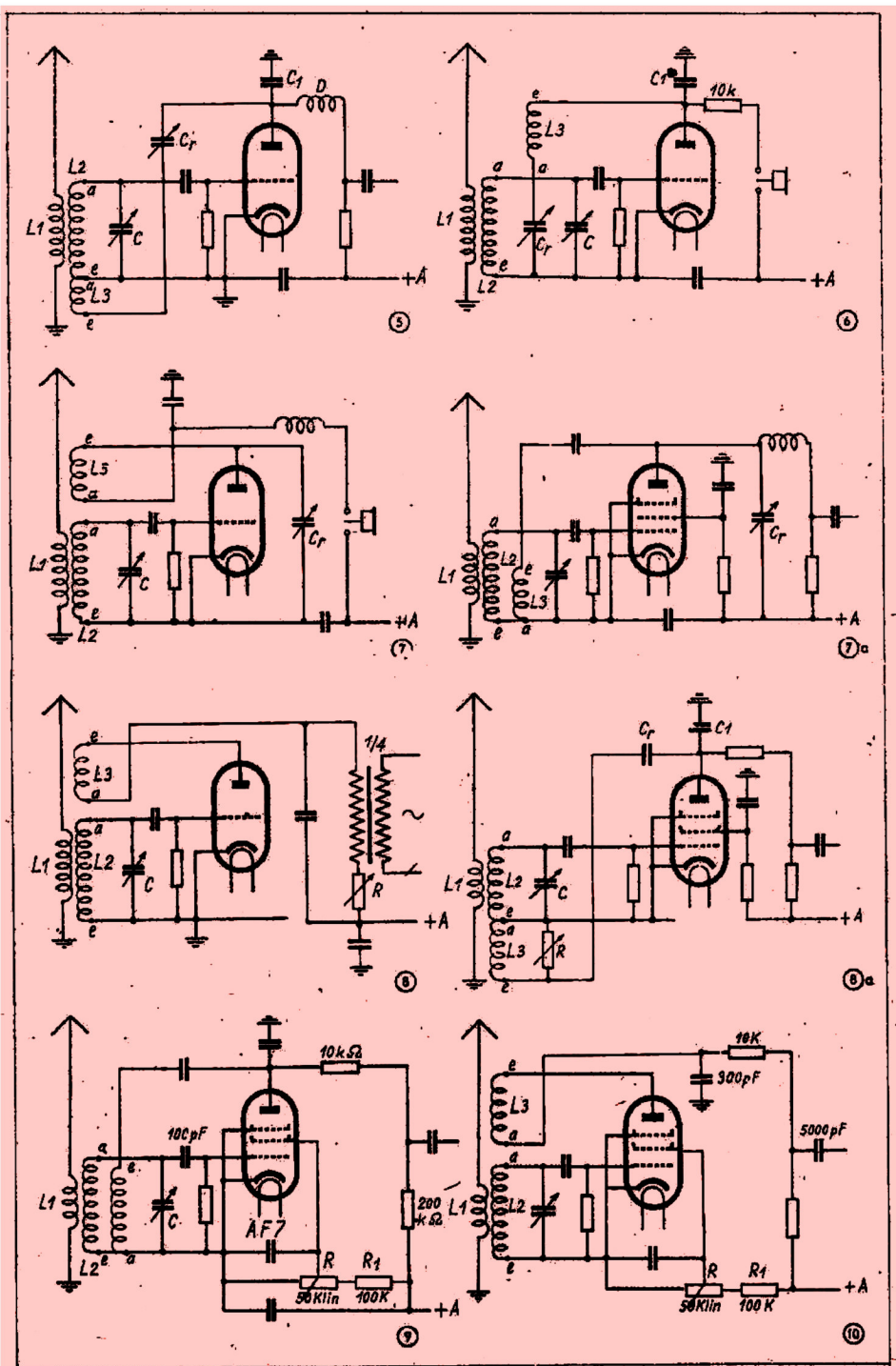
¹⁾ Abnahme der Spulengüte um ca. 10 ... 15 % bei Abstand des Schirmes in Achsenrichtung gleich der Spulenlänge und Abstand von der Seite gleich dem halben Spulendurchmesser.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich bereits, daß die Rückkopplung sich sehr fein regeln lassen muß. Meistens arbeiten die Rundfunkempfänger mit rein induktiver Rückkopplung und verwenden verschiedene Arten der Regelung.²⁾

Die einfachste und älteste Form der Rückkopplungsregelung zeigt Abb. 1. Hier wird die Rückkopplung durch Schwenken oder Drehen der Rückkopplungsspule L_3 geändert. Die Schaltung hat den Nachteil, daß sich mit der Regelung der Rückkopplung auch die Abstimmung des Schwingkreises $L_2 C$ stark ändert, so daß jedesmal, wenn die Rückkopplung bedient wird, der Schwingkreis nachgestimmt werden muß. Umgekehrt ändert sich auch beim Verändern der Abstimmung die Einstellung der Rückkopplung.

Besser ist die Regelung der Rückkopplung mit einem Drehkondensator C_r nach Abb. 5. In dieser Schaltung sind die beiden Spulen L_2 und L_3 fest und unveränderbar gekoppelt und in Dreipunktschaltung an die Röhre angeschlossen. Eine Hochfrequenzdrossel D (oder ein Widerstand von $5 \dots 10 \text{ k}\Omega$) sperrt der Hochfrequenz den Weg in den Niederfrequenzkreis. Der Rückkopplungskondensator C_r hat in der Regel eine Endkapazität von $250 \dots 350 \text{ pF}$ und regelt durch Veränderung der Kapazität die Stärke des Hochfrequenzstromes in der Spule L_3 , es ist also eine induktive Rückkopplung mit kapazitiver Regelung. Die Kopplung ist um so fester, je weiter der Drehkondensator eingedreht ist, da dann der größte Hochfrequenzstrom durch die Spule L_3 fließen kann. Mit dem Drehkondensator C_r ist eine sehr feine Regelung der Rückkopplung möglich. Der Blockkondensator C_1 von der Anode der Audionröhre zur Erde hat eine Kapazität von etwa $50 \dots 300 \text{ pF}$. Er verhindert eine Stauung der Hochfrequenz bei ausgedrehtem Kondensator C_r und läßt die Rückkopplung weicher einsetzen. Der günstigste Wert ist von Fall zu Fall durch Probieren festzustellen. Der Kondensator C_1 ist dann notwendig, wenn die Spule L_3 zu viele Windungen hat und die Rückkopplung zu früh und zu scharf einsetzt. Abb. 6 zeigt die gleiche Schaltung wie Abb. 5, jedoch liegt hier der Rückkopplungskondensator C_r mit dem Rotor an Erde und das Ende der Rückkopplungsspule ist unmittelbar mit der Anode der Röhre verbunden. Dadurch ergibt sich oft eine geringere Handempfindlichkeit, bedingt jedoch, daß die Spulen L_2 und L_3 elektrisch getrennt werden.

2) Für alle folgenden Schaltungen gilt grundsätzlich, daß Gitter- und Rückkopplungsspule gleichsinnig (im gleichen Drehsinn z. B. rechts herum) gewickelt sind. Der Wicklungssinn der Antennenspule ist gleichgültig, erfolgt aber meist ebenfalls in der gleichen Richtung.



Hier liegt der Rückkopplungsdrehkondensator C_r parallel zur Röhre zwischen Anode und Katode. Je größer die eingestellte Kapazität von C_r , desto mehr Hochfrequenzenergie geht der Rückkopplungsspule durch den Nebenweg verloren, weil der Drehkondensator C_r als veränderbarer Ableitwiderstand wirkt. Da in dieser Schaltung der Rotor von C_r an Erde liegt, ist die Schaltung auch wenig handempfindlich und wird deshalb gerne in Kurzwellenempfängern angewendet.

Besonders bei Kurzwellengeräten ist eine sehr feine Regelmöglichkeit und eine möglichst geringe Rückwirkung der Rückkopplung auf die Abstimmung erwünscht. Abb. 8 zeigt eine übertrageregekoppelte Audionstufe, bei der eine feine Regelung durch Veränderung der

Anodenspannung mit dem Widerstand R im Anodenkreis möglich ist.

Eine andere häufig angewendete Schaltung bringt Abb. 8a; hier erfolgt die Regelung der Rückkopplung durch einen Drehwiderstand R von etwa 2000 Ohm im Rückkopplungsweg parallel zur Spule L_3 . Man kann den Widerstand auch in Reihe mit der Spule schalten. In Abb. 8a ist C_r ein Blockkondensator von etwa 100 ... 300 pF.

Bei modernen Schirmgitterröhren ist eine Regelung der Rückkopplung durch Veränderung der Schirmgitterspannung möglich. Sie erfolgt hier nach Abb. 9 und 10 durch den Spannungsteiler R (und R_1) und erlaubt eine sehr feine, fast rückwirkungsfreie Einstellung. Der Regelwiderstand R hat eine Größe von etwa 50 kOhm linear. (Fortsetzung folgt)

Betrachtungen über die Rückkopplung

(Forts. a. FUNK-TECHNIK Bd. 3/1948, S. 477)

Eine weitere gute Regelung der Rückkopplung, insbesondere für Kurzwellen, die auch bei kleinen Anodenspannungen und unstabilen Netzverhältnissen gut arbeitet, zeigt die Eco-Schaltung (Abbildung 11). Diese Schaltung gewinnt durch ihre besonderen Vorteile auch im Empfängerbau immer mehr an Bedeutung. Bei dieser Schaltung ist zu beachten, daß die Katode nicht Nullpotential hat, sondern „heiß“ ist, also gegenüber der Erde ein Hochfrequenzpotential führt. Die Regelung der Rückkopplung erfolgt wieder durch Veränderung der Schirmgitterspannung (vgl. FUNK-TECHNIK, Bd. 2 (1947), Nr. 15, S. 10).

Eine elegante Art der Rückkopplungsregelung ist aus Abb. 12 zu ersehen. Es ist eine Vereinigung der Regelarten nach Abb. 7a und 5. In dieser Schaltung wird mit Hilfe eines Differentialkondensators sowohl der Strom in der Rückkopplungsspule als auch die Ableitung von der Anode zur Katode parallel zur Spule geregelt. Der Kondensator hat eine Größe von etwa 2×150 pF.

Es läßt sich nicht vermeiden, daß durch die Regelung der Rückkopplung mit der Kapazität C_r in Abb. 5 bis 9 auch eine Phasenverschiebung eintritt. Es kann daher bei ungeeigneter Bemessung von L_3 und C_r die kapazitive Phasenverschiebung so groß werden, wie die durch die Spule L_3 allein gegebene, so daß im Rückkopplungskreis Resonanz auftritt und sich dadurch Schwinglöcher ergeben. Bei noch größerer Kapazität C_r tritt wieder ein Phasenwinkel auf, der jedoch entgegengesetzt gerichtet ist. Dadurch entsteht bei einer bestimmten Einstellung statt der Entdämpfung trotz richtig gepolter Rückkopplungsspule eine Dämpfung. Das Umpolen der Spule bringt in diesem Falle keinen Erfolg, da die kapazitive Belastung des Kreises L_3 C_r so stark wird, daß sich auch der Gitterkreis nicht mehr richtig abstimmen läßt. Dieser Fehler kommt meist vor, wenn die Rückkopplungsspule zu lose gekoppelt ist und dadurch zu viele Windungen haben muß. Es hilft dann nur eine Verringerung der Rückkopplungswindungen und festere Kopplung

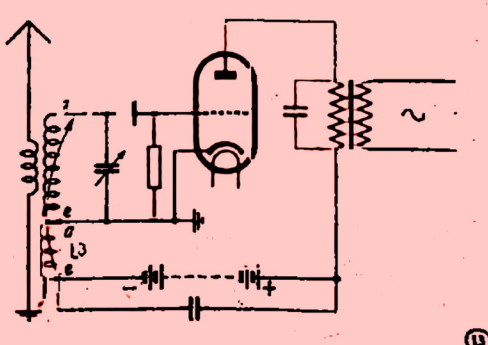
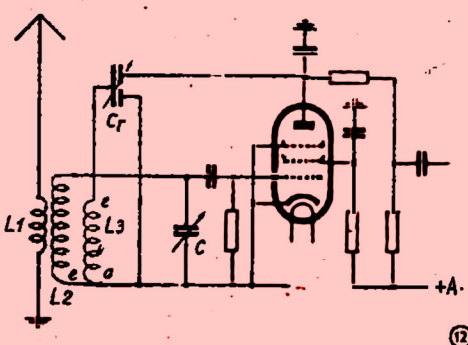
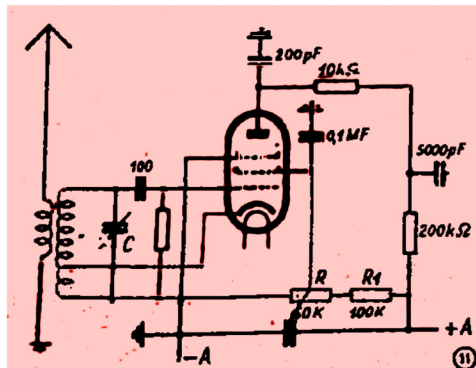
sowie eine kleinere Kapazität des Rückkopplungskondensators C_r .

Man darf also die Rückkopplungsspule auch nicht zu lose koppeln und den Energieverlust durch Mehraufbringen von Windungen auszugleichen versuchen, sondern man koppelt, besonders bei Kurzwellenspulen, möglichst fest und macht die Windungszahl so klein wie möglich. Bei Kurzwellen im hohen Frequenzbereich stellt man oft fest, daß bei Schaltungen nach Abb. 9 und 10 die Rückkopplung nicht oder nur mangelhaft einsetzt bzw. zu früh abreißt. Auch hier zeigt eine Erhöhung der Windungszahl für die Rückkopplung meist keine Verbesserung oder bringt zumindest Schwinglöcher. Durch die räumlichen Abmessungen der Spule kann aus mechanischen Gründen nicht fester gekoppelt werden. Man umgeht die Schwierigkeit durch gleichzeitiges Zusammenwickeln der Drähte für die Gitter- und Rückkopplungsspule auf den Spulenkörper oder man wickelt die Rückkopplungsspule aus dünnem Draht (0,10 ... 0,30 CuL) in oder auf die Rillen der Gitterspule aus dickerem Draht (meist 0,50 ... 1,0 CuSS). Die Drähte müssen natürlich gut isoliert und zur Vermeidung dielektrischer Verluste am besten mit Seide umspunnen sein. Durch das enge Zusammenliegen der Gitter- und Rückkopplungswicklung ist die Kopplung nun fest genug und die Rückkopplung wird an allen Stellen weich einsetzen und leicht zu bedienen sein.

Werden Spulen selbst gebaut in der Art, daß sich die Rückkopplungswindungen L_3 unter oder über der Gitterspule L_2 befinden, kann besonders beim Empfang der langen Wellen eine Phasenverschiebung auftreten, indem die Rückkopplung am schwächsten bei einer mittleren Stellung des Kondensators C_r wird und nach beiden Seiten hin zunimmt oder aber der Schwingungseinsatz ist überhaupt nicht zu unterbrechen. Der Grund dafür sind die beiden durch die Wicklungen gebildeten Metallflächen, die sich bei diesem Aufbau in engem Abstand gegenüberstehen und wie ein Kondensator wirken, der die Phase verschiebt. Man wickelt daher am besten die Spulen immer so, daß die Wicklungen nebeneinander liegen. Es ist auch darauf zu achten, daß der Anfang der

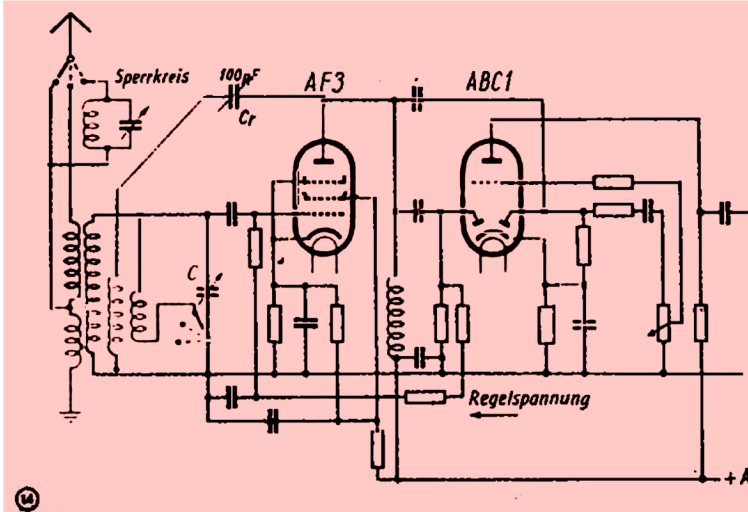
Gitterspule L_{2a} in Abb. 5 und 10 und die dazugehörigen Windungen nicht zu nahe am Ende der Rückkopplungsspule L_{3e} liegen. Dann kann eine ungünstige kapazitive Beeinflussung nicht stattfinden. Bei ungünstiger Wahl des Arbeitspunktes der Röhre können Störungen auftreten, die ein einwandfreies Einsetzen der Rückkopplung unmöglich machen und die Bedienung erschweren. Macht man die Rückkopplung fester, so erfolgt der Schwingungseinsatz hart und plötzlich mit einem scharfen Knack ohne Übergang; geht man mit der Rückkopplung zurück, so erfolgt bei einer anderen Einstellung des Kondensators C_r mit einem scharfen Knack ein plötzliches Abreißen der Schwingungen (Zieherscheinung). Der Fehler kann meist durch richtige Wahl der Anodenspannung behoben werden. Letztere ist oft zu hoch und muß durch einen Widerstand im Anodenkreis herabgesetzt werden. Bei Batterieempfängern wird der Gitterableitwiderstand auch aus diesem Grunde gern an den Pluspol der Heizbatterie angeschlossen. Ein kleinerer Gitterableitwiderstand (bis 500 k Ω) vermindert ebenfalls den harten Einsatz der Rückkopplung. Auch eine Verkleinerung des Außenwiderstandes (meist ist $R_a = 200$ k Ω) ergibt oft einen weichen Schwingungseinsatz; zum gleichen Ergebnis führt eine Verminderung der Kapazität des Rückkopplungskondensators, die 250 ... 350 pF nicht überschreiten soll. Die Zieherscheinungen sind besonders stark ausgeprägt bei Anwendung einer Rückkopplung bei Anodengleichrichtung mit nachfolgender Widerstandskopplung. In dieser Schaltung sind die Fehler nicht zu beheben, und daher ist die Rückkopplung für die Anodengleichrichtung ungeeignet.

Die in Kurzwellenempfängern häufig durchgeführte Regelung der Rückkopplung mit einem veränderlichen Schirmgitterspannungsteller bringt zwar den Vorteil, daß die Abstimmung beim Anziehen der Rückkopplung verhältnismäßig konstant bleibt. Man kann jedoch hierbei nicht die volle Empfindlichkeit des Kurzwellenaudions ausnutzen, weil der Einsatzzpunkt der Rückkopplung nicht bei der Schirmgitterspannung eintritt, welche die größte Empfindlichkeit



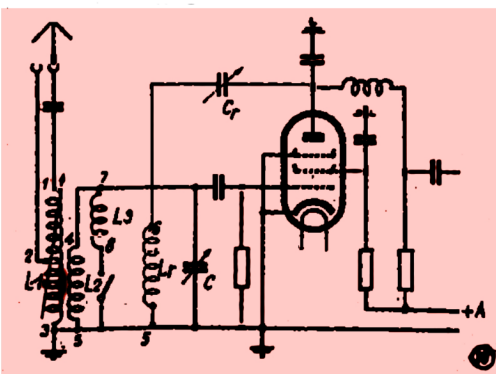
des Audions ermöglicht. Besser ist es deshalb, eine doppelte Regelung vorzusehen, die es — einmal mit Hilfe eines Drehkondensators in der Anodenleitung und zum anderen durch Veränderung der Schirmgitterspannung — gestattet, den Einsatzpunkt der Rückkopplung in den Betriebszustand der größten Empfindlichkeit zu legen.

Um den Hochfrequenzwiderstand der Anodenspannungsquelle herabzusetzen, überbrückt man diese zweckmäßig immer mit einem Blockkondensator von



mindestens $2 \mu\text{F}$. Besonders bei Batteriegeräten ergeben sich dadurch oft geringere Schwierigkeiten und eine bessere Geräuschfreiheit. Aus Abb. 13 ist zu ersehen, daß es auch völlig gültig ist, an welcher Stelle des Anodenkreises sich die Rückkopplungsspule L_3 befindet. Man kann also z. B. auch die Rückkopplungsspule hinter die Anodenspannungsquelle schalten. Sonst entspricht die Schaltung Abb. 13 im Prinzip genau der Schaltung nach Abb. 1. Ein häufig auftretender Fehler ist bei netzbetriebenen Geräten zu beobachten. Der Empfänger arbeitet vollkommen ruhig, jedoch beim Anziehen der Rückkopplung wird ein störender Brummlon hörbar. Eine Vergrößerung der Siebkondensatoren bringt keinen Erfolg, da es sich um das Eindringen von Hochfrequenz über das Netzgerät handelt, die durch nichtlineare Widerstände (z. B. Gleichrichter) mit der einfachen oder doppelten Netzfrequenz moduliert wird. Abhilfe schaffen eine oder mehrere folgender Maßnahmen:

bei Einweggleichrichtung Einschalten eines Kondensators von 10 000 bis 100 000 pF zwischen der Anode und Katode der Gleichrichterröhre;



bei Vollweggleichrichtung je einen Kondensator von 10 000 pF von jeder Anode zum Mittelabgriff des Netztransformators schalten; einen Selengleichrichter mit einem Kondensator von etwa 5 ... 10 μF überbrücken; die Primärseite des Netztransformators mit $2 \times 0,1 \mu\text{F}$ überbrücken und die Mitte beider Kondensatoren an Erde legen.

Außerdem kann man noch in beide Netzzuleitungen Hochfrequenzdrosseln einschalten.³⁾ Bei Kurzwellenempfängern kommt es oft vor, daß das Gerät auf mehreren Empfangsbereichen gut arbeitet und z. B. nur im 20-m-Band beim Anziehen der Rückkopplung brummt. Das sind Resonanzerscheinungen, die meist durch einen Kondensator von etwa 10 000 pF zwischen Katode und Heiz-

faden zu beseitigen sind. Diese Maßnahme ist auch bei Rundfunkempfängern von Vorteil. Gleichmäßig störendes Netzbrummen ist mit einfachen Mitteln durch besonders gute Abschirmung des Gitterkreises und, wenn nötig, durch eine geeignete Brummkompensation, z. B. am Schirmgitter der Audionröhre, zu beseitigen.

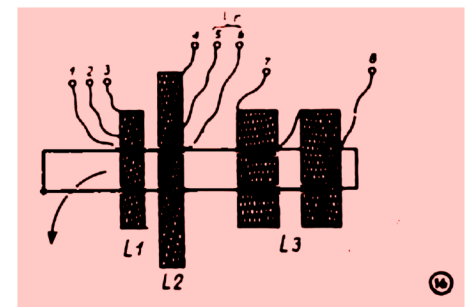
Es ist noch darauf hinzuweisen, daß häufig durch unsachgemäßen Aufbau und Leitungsführung unbeabsichtigt eine besondere Art der Rückkopplung auftritt, die unangenehme und unerwünschte Folgen zeigt. Es ist die von Sendern her bekannte Huth-Kühn-Schaltung, bei der die Rückkopplung durch die Kapazität zwischen Gitter und Anode der Röhre bzw. der Kapazität von zu nahe zusammenliegenden Gitter- und Anodenleitungen verursacht wird. Diese Leitungen sind daher bei der Verdrahtung immer besonders sorgfältig zu verlegen und unter Umständen abzuschirmen. Alle bisher besprochenen Schaltungen wenden die Rückkopplung in der Gleichrichterstufe (Audion) an. Grundsätzlich kann die Rückkopplung jedoch auch in jede Hochfrequenzverstärkerstufe eingeschaltet werden. Dies ist unter Umständen besonders dann angebracht, wenn als Demodulator in einem Geradeausempfänger eine Zweipolstrecke dient oder Anodengleichrichtung angewendet wird. Als praktisches Beispiel zeigt Abb. 14 eine Eingangsschaltung mit regelbarer Hochfrequenzverstärkerstufe und Zweipolstrecke als Gleichrichter, die vom Verfasser bereits seit Jahren mit

³⁾ Besonders zweckmäßig ist immer eine geerdete Schutzwicklung zwischen Primär- und Sekundärwicklung des Netztransformators, wie z. B. in FUNK-TECHNIK, Bd. 2, 1947, Nr. 13, S. 10, Abb. 2.

gutem Erfolg zum Betrieb eines Breitbandempfängers mit Kraftendstufe verwendet wird.⁴⁾ Die Rückkopplung in der Hochfrequenzstufe wird kapazitiv mit einem Trimmer geregelt, der einmal fest eingestellt wird; sie ist also nicht zu bedienen. Natürlich kann sie, sofern das Gerät auch für Fernempfang verwendet werden soll, auch mit einem Drehkondensator von 250 pF einstellbar gemacht werden. Als Spulensatz wurde die DKE-Spule nach Abb. 15 und 16 verwendet.

Man kann auch zur Erhöhung der Trennschärfe über mehrere Stufen rückkoppeln, also z. B. eine Rückkopplung vorsehen für die Hochfrequenzstufe und eine für das Audion und beide Kreise entdämpfen, oder man kann in besonderen Fällen die für die Rückkopplung benötigte Energie einer anderen nachfolgenden Stufe entnehmen. Im letzteren Falle ist nur zu beachten, daß unter Umständen die Rückkopplungsspule umgepolt werden muß, weil zwischen Strom in der Rückkopplungsspule und Spannung in der Gitterspule eine Phasendifferenz von 180° besteht und sich bei zwei Stufen eine solche von 360° ergibt, die eine Umpolung notwendig macht. Im allgemeinen werden aber Rückkopplungen über mehrere Stufen hinweg selten angewendet.

Auch beim Kleinsuper, der beim kleinsten Aufwand höchste Trennschärfe und Empfindlichkeit erreichen soll, wird in der Zwischenfrequenz eine fest eingestellte unveränderbare Rückkopplung



vorgesehen. Man erreicht damit trotz beschränkter Zwischenfrequenzverstärkung eine große Empfindlichkeit, allerdings auf Kosten geringerer Bandbreite (vgl. FUNK-TECHNIK, Bd. 2, 1947, Nr. 2, S. 8, Abb. 4).

Meist werden Spulensätze für den Empfang der Mittel- und Langwellen gebaut. Die bekannteste Bauart ist die Empfängerspule für den DKE, dessen Schaltung Abb. 15 bringt. Den Aufbau der Spule zeigt Bild 16. Alle Einzelspulen sitzen auf einer Achse; beide Wellenbereiche (Mittel- und Langwellen) haben eine gemeinsame Rückkopplungsspule L_r , die mit der Langwellenspule L_2 zusammenentwickelt ist. Die Antennenspule L_1 ist beweglich; L_3 ist die Gitterspule für Mittelwellen.

Man ordnet auch häufig die Rückkopplungsspule gesondert zwischen der Mittel- und Langwellenspule an.

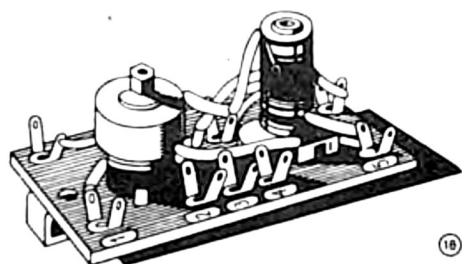
(Fortsetzung folgt)

⁴⁾ Die Pegelregelung war in vorliegendem Falle aus bestimmten örtlichen Gründen notwendig, dürfte aber im allgemeinen bei einem Einkreisempfänger überflüssig sein.

Betrachtungen über die Rückkopplung

(Schluß a. FUNK-TECHNIK, Bd. 3/1948, S. 609)

Bei anderen Spulensätzen sind die Spulen für Mittel- und Langwellen je auf einen Kern aus Hochfrequenzeisen gewickelt. Es ergibt sich dann eine Schaltung nach Abb. 17, in der ebenfalls eine Umschaltung der Rückkopplungsspulen bei Bandwechsel nicht notwendig ist, weil für beide Spulen getrennte Spulenkörper verwendet werden, die weitgehendst entkoppelt sind. Abb. 18 zeigt den Aufbau eines Spulensatzes für Kurz- und Mittelwellen. Man kann hierbei nach Abb. 17 beide Spulen in Reihe schalten und bei Empfang der Kurzwelle die Mittelwellenspule kurzschließen. Eine Umschaltung der Rückkopplung ist nicht notwendig. Eingehende Versuche haben jedoch ergeben, daß beim Kurzwellenempfang eine völlige Tren-



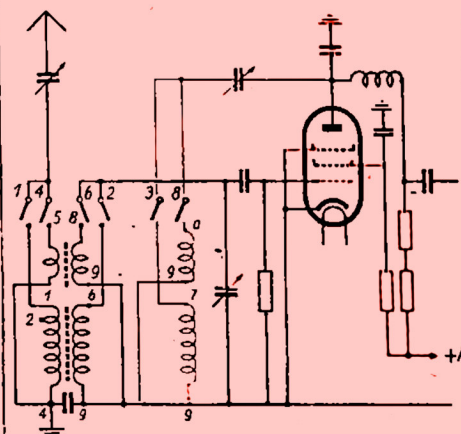
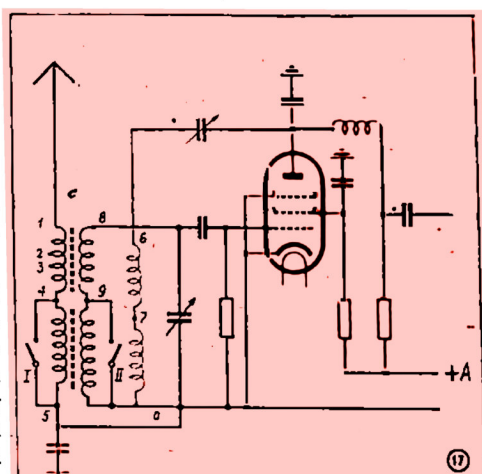
nung der Spulen nach Abb. 19 die besten Ergebnisse liefert. Auch eine Parallelschaltung beider Spulen bei Kurzwellenempfang nach Abb. 20, ist möglich, bringt aber nicht die besten Ergebnisse und besonders bei Verwendung mangelhafter Bauteile (schlechte Isolierstoffe) häufig Schwierigkeiten mit der Rückkopplung.

Verwendet man einen Spulensatz für Kurz-, Mittel- und Langwellen, und ist jede Spule auf einen besonderen Körper gewickelt, so schaltet man das Gerät

zweckmäßig nach Abb. 21 (Schalterdiagramm nach Abb. 19). Sämtliche Spulen können jedoch auch in Reihe geschaltet und beim Kurzwellenempfang die Spulen für Mittel- und Langwellen einschließlich der Rückkopplungsspulen für diese Bereiche kurzgeschlossen werden (Abb. 22). Erfahrungsgemäß genügt diese Schaltung allen Anforderungen.

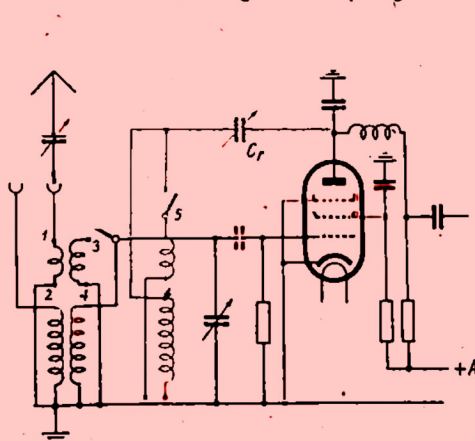
Bei handelsüblichen Spulensätzen sind die Rückkopplungswindungen so bemessen, daß auch einfache Dreipolröhren geringer Steilheit noch gut schwingen. Es ergeben sich daher häufig bei Verwendung von Schirmgitterröhren mit großer Steilheit Schwierigkeiten durch zu feste Rückkopplung. Man kann sich hierbei aber immer leicht helfen durch geeignete Wahl eines Blockkondensators zwischen Anode der Audionröhre und Erde. Außerdem kann auch in den Rückkopplungsweg oder parallel zur Rückkopplungsspule ein Widerstand geschaltet und der Schwingungseinsatz gedämpft werden. Bei Kombination Kurz-, Mittel- und Langwellen kann man durch Parallelschaltung von kleinen Kondensatoren und (oder) Widerständen zu den Rückkopplungsspulen für Mittel- und Langwellen erreichen, daß ein Umschalten der Rückkopplungsspulen bei Wellenwechsel nicht notwendig ist. Es ist jedenfalls durchführbar, daß in allen Bereichen die Rückkopplung leicht und weich einsetzt und so regelbar ist, daß man dicht am Schwingungseinsatz arbeiten kann.

Auf die Pendelrückkopplung wird in diesem Zusammenhang nicht eingegangen, da diese Schaltungen praktisch keine große Bedeutung haben und nur in Sonderfällen befriedigend arbeiten.

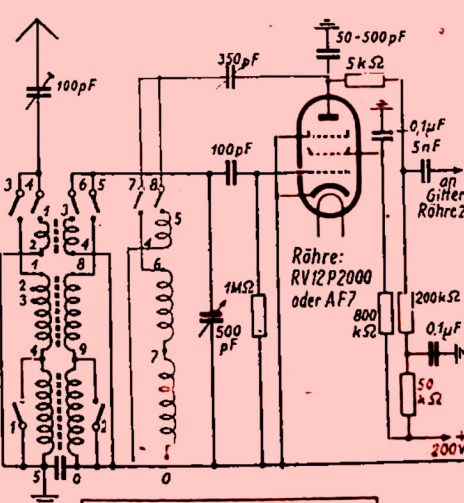


Schalterdiagramm								
Stellung	1	2	3	4	5	6	7	8
A Aus								
B Mittel								
C Kurz								
D Aus								

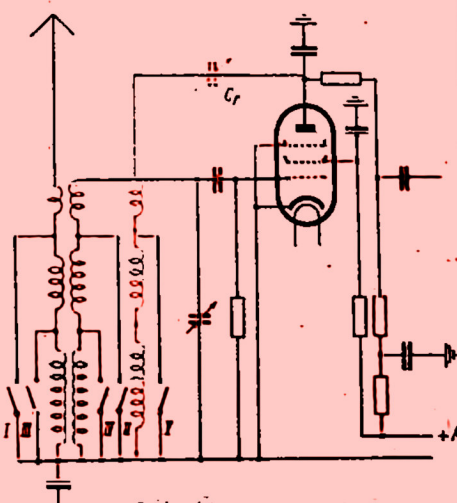
Verschiedene Spulensätze für Kurz-, Mittel- und Langwellenempfang



Schalter			
I	II	III	



Schalterdiagramm								
Stellung	1	2	3	4	5	6	7	8
A Aus								
B Mittel								
C Kurz								
D Aus								



Schalter					
Stellg.	I	II	III	IV	V
Kurz					
Mittel					
Lang					