

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Wir haben die Seitennummerierung so eingesetzt, dass sie dem Buch entspricht. Damit können sich Leerstellen (zu Beginn oder am Ende) ergeben.

Sie sind eingeladen, Fehler in diesem Buch zu melden oder den fachartikeln Zusätze in Ihrem Namen anzufügen. Dazu können wir Ihnen die Schreibrechte einstellen. Fehlerkorrekturen möchten wir in einem günstigen Arbeitsbuch mit einfließen lassen, sobald die jetzige Form (3.Auflage) ausverkauft ist. Zusatzartikel verbleiben aber hier, da wir die Seiteneinteilung grundsätzlich auch im neuen Buch einhalten wollen.

Kritiken über das Buch finden Sie über www.amazon.de. Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: HEROLD-Oberhaching@t-online.de oder HEROLD@herold-va.de. Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

www.radiomuseum.org

Audion

Das Audion von Lee **de Forest** (1906 bzw. Patent Januar 1907) bildet das erste und einfachste Prinzip der Gleichrichtung mit Verstärkung. Charakteristisch ist der sogenannte **Gitterkomplex**, der aus **Gitterabblockkondensator** (Ladekondensator) und **Gitterableitwiderstand** (Belastungswiderstand [298]) besteht. Der Widerstand liegt direkt am Heizfaden-Pluspol oder parallel zum Gitterkondensator. Bei paralleler Lage gelangt der Strom über die Schwingkreisspule zum Heizfaden-Pluspol. Diese wirkt für den Gitterstrom gleichstrommässig praktisch nicht als Widerstand. Das Audion erhält keine «fremde» Gittervorspannung und eine niedere Anodenspannung; der **Arbeitspunkt** liegt oben, statisch gesehen bei Null Volt, es fließt im Betrieb ein (kleiner) Gitterstrom. Dieser erste **Richtverstärker** nennt sich korrekt **Gitteraudion**.

Man kann einiges über das klassische Audion lesen, doch meistens ist es Unsinn: Oft findet man die Behauptung, es liege (nur) NF-Verstärkung vor oder die Demodulation finde am oberen Knick der Röhre statt. Von NF-Verstärkung spricht man wohl deshalb, weil alle nachfolgenden Anordnungen nur der NF folgen (sollen). Das Audion verstärkt die HF, wobei der Gitterkomplex dafür sorgt, dass die Spitzen der positiven Halbwelle immer etwa die gleiche Spannung annehmen. Damit pulsiert die Hüllkurve im Takt der NF nur noch nach unten und nachfolgende Elemente können dieser Spannungsänderung

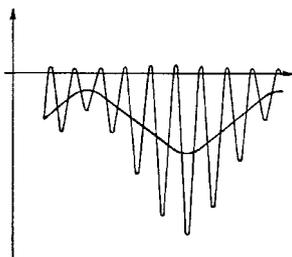


Bild «Z1» T104 [107-53]
HF-Anodenstrom ohne zwei sich gegenseitig aufhebende
Tonfrequenzkurven

folgen. Das ist wohl die kürzeste Erklärung über den bei [107] ausgezeichnet beschriebenen Vorgang.

Um den komplexen Vorgang der durch das Audion selbst erzeugten Gittervorspannung und ihrer Wirkung zu erfassen, hat man den Einschwingvorgang zu beachten: Trifft auf das nicht vorgespannte Gitter eine positive Halbwelle, können Elektronen von der Kathode auf das positivere Gitter aufliegen und den Gitterkondensator etwas aufladen. So behält der Gitterkondensator am Ende der positiven Halbwelle eine negative Ladung (von Elektronen), die das Gitter gegenüber der Kathode etwas vorspannt. Bei der negativen Halbwelle können die Elektronen nicht schnell genug über den hohen Ableitwiderstand nach der jetzt positiveren Kathode abfließen und das Gitter wird um deren Betrag noch negativer. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis schliesslich das Gitter so weit negativ geworden ist, dass die positive Halbwelle knapp mit ihrer Spitze in das positive Gitterspannungsgebiet ragt.

Dynamisch gesehen bleibt nun das Gitter immer negativ vorgespannt, und zwar knapp weniger als um den halben Betrag der HF-Amplitude. Es fließen bei richtig dimensioniertem Gitterkomplex so viele Elektronen ab, wie durch die verbleibenden, ganz kleinen positiven Spitzen der Gitterspannung von der Kathode durch die Röhre hindurch in den Gitterkondensator fließen. Ist dieser Zustand erreicht, entsteht ein gleichmässiger aber amplitudenabhängiger Gitterstrom durch den Gitterableitwiderstand zur Kathode und der Spannungsabfall des Widerstands bildet die dynamische negative Gittervorspannung, die sich der NF anpasst. Auch wenn die eine HF-Halbwelle nicht unterdrückt ist, sind die HF-Schwingungen so nach unten verkrümmt, dass sich daraus eine NF-Wechselspannung ableiten lässt. Im Gegensatz zum Steilaudion nimmt hier der Anodenstrom bei grösser werdenden Amplituden proportional ab und umgekehrt. Nimmt ein kleiner Kondensator die oberen Hälften der Stromspitzen auf und füllt mit dieser Ladung die Lücken, die durch das Kleinerwerden des Anodenstroms entstehen, fällt der mittlere Anodenstrom ohne HF-Anteil an. Man kann im Anodenkreis drei Wege unterscheiden, nämlich den HF-Weg - oft für eine Rückkopplung verwendet - den NF-Weg und den Anodengleichstrom.

Bei den ersten Audion-Schaltungen mit Röhren von niederem Vakuum ist kein Gitterableitwiderstand nötig. Die richtige Wahl der Gitterblock-Elemente bei Hochvakuumröhren ist nicht unkritisch und hängt von der Anodenspannung ab. Der Gitterableitwiderstand hat so gross zu sein, dass die während der positiven Halbwelle in den Gitterkondensator fließende Ladung nicht über den Widerstand zur Kathode abgeflossen ist, wenn die Amplitude wieder den Wert Null erreicht hat. Die HF darf nicht über den Widerstand abfließen. Dieser muss aber klein genug sein, um die negative Ladung abzuführen, damit die Vorspannung der Modulationsfrequenz folgen kann. Nimmt der Gitter- bzw. **Audionkondensator** zuviel Ladung auf, reichen die Spitzen der positiven Halbwelle zu weit in das positive Gitterspannungsgebiet. Dann ist nötig, den Gitterableitwiderstand kleiner zu halten, um die grosse Ladung jeweils rasch genug abzuführen; es treten Verzerrungen auf. Je nach den anderen Parametern rechnet man mit 1-4 Megohm und 100-250 pF für den **Gitterkomplex**. Eine Abschirmung ist heute wegen dem fast überall vorhandenen Netzbrumm wichtig! Die günstigste Anodenspannung dieser Anordnung liegt (röhrenabhängig) bei etwa 40-60 Volt. Beim

Kraftaudion mit etwa doppelter Spannung weist der Gitterblock niedrigere Werte auf.

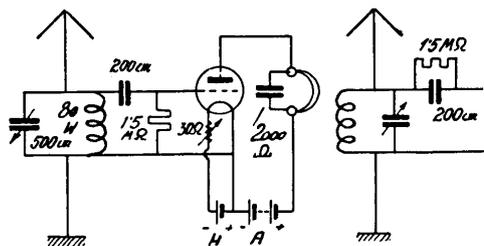


Bild «Z1» T21 [45,10+10a]
Klassisches Audion (Gitteraudion), Arbeitspunkt gegen Null Volt
Gittervorspannung, d.h. durch Amplitude der HF automatisch
gesteuert

Zum Bild ist zu vermerken, dass man **Schaltzeichen für die Batterie** heute umgekehrt darstellt: Der längere Strich gilt als **Pluspol**. Für das Audion gibt es diverse Schaltungen. Sie finden sich in den Geradeausempfängern wieder, wobei bei mehr als einer HF-Stufe statt dem Gitter- das Steilaudion mit sogenannter **Anodengleichrichtung** (engl. **biased detector** oder **anode bend**) zum Einsatz kommt. Das Gitteraudion würde zu grosse Verzerrungen hervorbringen, da der untere Knick miteinbezogen wäre. Auch als erste Stufe entwickelt das Audion Verzerrungen; die **Diodengleichrichtung** wiegt diesen Nachteil grösstenteils auf.

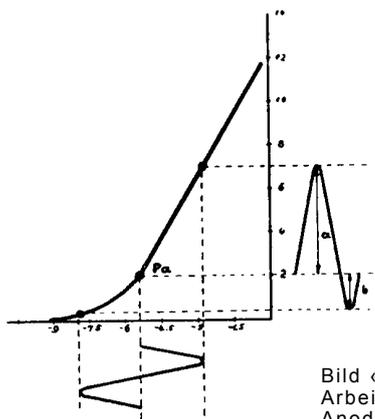


Bild «Z1» T22 [123-54, 69b]
Arbeitspunkt beim Steilaudion mit
Anodengleichrichtung

Das **Steilaudion** verarbeitet höhere Steuerspannungen leistungslos. Durch eine grosse negative Gittervorspannung arbeitet dieses Audion am unteren Knick der Röhrenkennlinie. Es besteht minimale Dämpfung des Kreises [123]. Der **Anodenruhestrom** ist beim Steilaudion (bzw. Anodengleichrichter oder **Richtverstärker**) auf Null einzustellen und eine steile Röhre zu verwenden.

Ab 1913 kann das Audion eine **Rückkopplung** aufweisen. Diese erbringt eine wesentliche Leistungssteigerung. Sie findet sich oft in einem Geradeausempfänger versteckt, koppelt u.U. aber nur einen unkritischen Teil der Energie zurück und ist dann nicht zu bedienen. Sie kommt dort auch mit Bedienungselement vor; die Audionröhre liegt nicht mehr an der Antenne, so dass Störungen anderer Hörer unterbleiben. Deutschland gibt die bedienbare Rückkopplung erst ab 1925 frei.

Rückkopplungs-Audion

Mit der phasengleichen Rückführung eines Teiles der Energie durch Rückkopplung bzw. **Mitkopplung** auf das Gitter re-

duziert sich die Dämpfung bis zur Aufhebung. Bei **Gegenkopplung** hingegen möchte man durch eine phasenverschobene und selektive Wechselspannungsrückführung z.B. Klirrranteile vermindern.

Selektivität und Empfindlichkeit erhöhen sich beim **Rückkopplungs-Audion** (engl. **regenerative receiver, reaction**) stark. Allerdings ist so zu regeln, dass die Anordnung nicht mehr Energie zurückführt als die Dämpfung beträgt, sonst beginnt der Empfänger zu senden. In diesem Fall ertönt ein starkes Pfeifen. Andere Hörer in der Umgebung empfangen dieses Geräusch auf ihrem Apparat, wenn sie die gleiche Station empfangen.

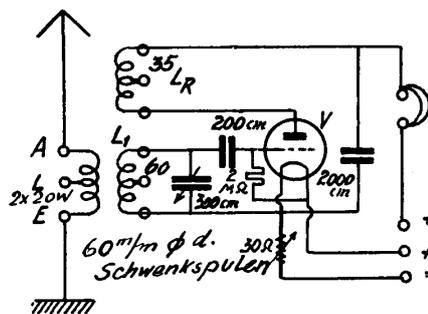


Bild «Z1» T23[45,11
Rückkopplungs-Audion mit Schwenkspule

Das erste Rückkopplungs-Audion von Lee **de Forest** (gemäss Skizzen von 1912), das sogenannte **Ultra-Audion**, funktioniert äusserst einfach. Die Einstellung der Rückkopplung erfolgt durch Ändern der Anoden- oder Heizspannung; die Stabilität lässt zu wünschen übrig. Bald erscheinen dafür bessere Möglichkeiten, doch auch die Veränderung der induktiven Kopplung zeigt Nachteile. Man verwendet dann meist einen **Spulenkoppler** (Spulenschwenker) für Steckspulen wie sie in Detektorgeräten vorkommen.

Darauf folgen vier nach den Erfindern - Radio-Aateure aus den USA - benannte Prinzipien, die alle auf der Einstellung der Rückkopplung mittels Drehkondensator beruhen:

- Reinartzempfänger
- Hartleyempfänger
- Weagantempfänger
- Schnellschaltung

Diese vier Schaltungen unterscheiden sich nur durch die Anordnung des Rückkopplungskondensators in bezug auf Rückkopplungsspule und Schwingkreisspule. Alle diese Schaltungen trennen an der Anode die~ hochfrequente von der niederfrequenten Komponente.

Bei schwierig einzustellenden Rückkopplungs-Empfängern «der ersten Generation» kann eine zusätzliche **Dämpfungsspule** Verwendung finden, über die ein veränderlicher Widerstand von 3-4 Megohm Endstellung liegt. Dieser Kreis ist elektrisch nirgends verbunden. Die Spule legt man in die Nähe der Antennenspule und parallel dazu, überzieht die Rückkopplung etwas und nimmt die Feineinstellung mit dem Rheostat vor [512722]. Durch die heute fast überall vorhandenen **Wechselstromfelder** brummen alte Schaltungen oft, so dass eine **Abschirmung** zumindest der Audionröhre und des Gitterkomplexes notwendig ist, um wie früher reinen Empfang zu erhalten.

Nun kurz zur Charakteristik der vier Schaltungen:

Beim **Reinartzempfänger** liegt der Rückkopplungskondensator mit seinem Rotor nicht an der Kathode. Darum tritt eine ziemlich starke **Handempfindlichkeit** auf; der Kreis verändert sich durch die Annäherung der Hand einer Bedie-

nungsperson und die Rückkopplung reagiert entsprechend. Gitterkreis und Rückkopplungsspule sind in einem Stück gewickelt, die Antennenankopplung erfolgt an der Rückkopplungsspule.

Beim **Hartleyempfänger** gibt es eine autotransformatorische Kopplung zwischen Rückkopplungsspule und Gitterkreisspule. Auch beim Hartley besteht eine gewisse Handkapazität, da weder der Rotor des Rückkopplungskondensators noch der des Abstimmungskondensators an der Kathode liegen. Die beiden genannten Prinzipien weisen eine Mittelabzapfung auf, die mit der Kathode verbunden ist.

Beim **Weagantempfänger** sind beide Rotoren der Drehkondensatoren an die Kathode angeschlossen; eine vollständige Unterdrückung der Handkapazität resultiert. Schnell vertauscht gegenüber der Reinarztzung lediglich Rückkopplungsspule und Rückkopplungskondensator.

Die **Schnellschaltung** zeigt ihre Vorteile durch Trennung von HF und NF hinter der Rückkopplungsspule speziell bei Kurzwellenempfang. Auch diese Schaltung arbeitet handkapazitätsfrei.

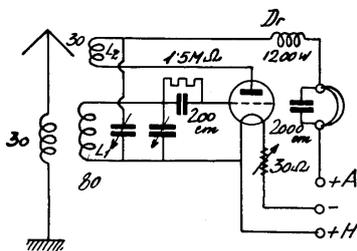


Bild «Z1» T24[45,15]
Schnellschaltung, besonders für KW geeignet

Diese Schaltung eignet sich gut zum Experimentieren. Die Windungszahl des Rückkopplungskreises zu der des Gitterkreises sollte ein Verhältnis von etwa 1:3 aufweisen. Der Wicklungssinn ist einzuhalten. Bei der oben gezeigten Schaltung gilt die Windungszahl für den Rundfunkbereich; der Spulendurchmesser beträgt etwa 5 cm. Die Drossel mit etwa 1200 Windungen lässt die HF nicht passieren. Die Drehkos haben eine Kapazität von etwa 500 pF, die beiden Kondensatoren von 200 pF (Gitter) und 2000 pF. Kurzwellenempfang verlangt wesentlich weniger Windungen (Thomsonsche Schwingungsgleichung) für die Spulen [453307].

Diese Rückkopplungs-Empfänger lassen **Rahmenantennen-Empfang** zu. Die Spulen (mit Mittelabzapfung) oder ein Teil der Antennenspule dienen dazu. Ein voller Rahmen von etwa 30 cm Seitenlänge erhält etwa 20 Windungen. Damit lässt sich Mitte der 20er Jahre ein transportabler «Ausflugsempfänger» bauen. Das Rückkopplungs-Audion ist für Kopfhörerempfang vorgesehen.

Eine interessante Rückkopplungsschaltung bildet der Negadynekreis mit Doppelgitterröhre. Gemäss [638437] steht die **Negadyne-Schaltung** immer im Zusammenhang mit Raumladegitterröhren, wobei das Raumladegitter (Gitter 1!) eine positive Spannung von 2-4 Volt erhält. Das Gitter 2 bildet das Steuergitter. Die Anodenspannung beträgt 12-24 Volt. Vier 4,5-V-Batterien genügen bereits! Die Röhre **RE074d** kommt oft bei dieser Schaltung vor, doch ebenso gut dienen die überaus zahlreichen Ersatzröhren - siehe Aufstellung.

Der Doppelgitterempfänger lässt sich einfacher abstimmen. Seine Schaltung ähnelt der **Meissnerschaltung** mit Eingitterröhre. Ein Variometer dient zur Regelung des Einsatzes. Das Anbringen einer Antennenspule neben der Gitterspule verbessert diesen Primärempfänger zu einem Sekundärempfänger.

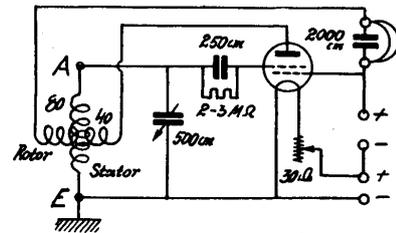


Bild «Z1» T25 [45,25]
Rückkopplungs-Audion mit Doppelgitterröhre

Pendel-Audion

Armstrong entdeckt, dass sich die Rückkopplung mit einer geeigneten Schaltung periodisch «anziehen» und «abfallen» lässt. Weil beim Pendel-Audion (engl. **super-regenerative receiver**) die Rückkopplung nur für Bruchteile von Sekunden überzieht, entsteht kein Pfeifton. Die Schaltung pendelt in rascher Folge um den kritischen Rückkopplungseinsatzpunkt. Einmal ist zuviel Rückkopplung vorhanden, einmal zu wenig. Im Durchschnitt beträgt dies wesentlich mehr als man bei genauester manueller Einstellung schafft, ohne die Energie aufzuschaukeln. Das Pendeln erfolgt in einer schnelleren Folge als das menschliche Ohr wahrnehmen kann, da sonst ein Ton zu hören wäre. Das Prinzip verursacht allerdings einen relativ hohen Rauschanteil.

Bei den ersten UKW-Empfängern und bis in die ersten 50er Jahre kommt das gleiche Prinzip wieder für kurze Zeit zur Anwendung, da u.a. die konventionelle Röhrentwicklung nicht soweit fortgeschritten ist, um für so kurze Wellen genügend Verstärkung zu erreichen.

Detektor mit Vorröhre

Um die Empfindlichkeit des Empfängers zu erhöhen, gibt es Schaltungen mit HF-Vorstufe und Kristall-Detektor, aber auch Exoten. **«Die seinerzeit sehr beliebte Interflexschaltung, die bereits eine Art Reflexschaltung darstellt»** wie ein Autor in **Funkmagazin** [453307] erklärt, entpuppt sich bei näherer Betrachtung als «eine Art» Rückkopplungs-Empfänger. Ohne die Rückkopplungsspule wirkt die Schaltung als NF-Verstärker mit vorheriger Demodulation durch den Detektor. Mit der restlichen HF kommt Rückkopplung zustande. Der Kondensator mit 20 pF leitet die restliche HF je nach Stellung mehr oder weniger ab und regelt damit die Rückkopplung. Im Text heisst es dagegen: **«Das 20-cm-Neutrodon dient zur Vermeidung der unerwünscht starken Schwingneigung und wird so eingestellt, dass letztere ein erträgliches Mass aufweist.»** Eine Reflexschaltung ist es nicht, weil NF- und HF-Sperre nur teilweise realisiert sind, eine übliche Rückkopplungsschaltung auch nicht - aber eben: ein «flexibles Zwischending»!

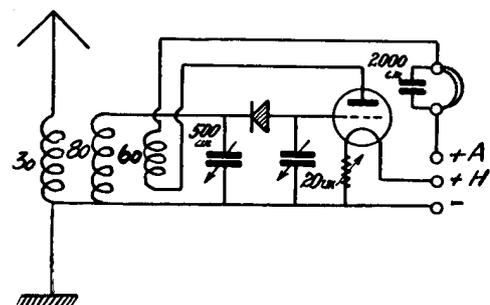


Bild «Z1» T26 [45,27]
Detektor-Interflex

Die Antennenspule erhält etwa 10-15 (30), der Gitterkreis 50 (80) und die Rückkopplungsspule 30 (60) Windungen. Die Kopplung zwischen den Spulen sollte veränderlich sein - heisst es zur Schaltung. Erich **Lörtsch** hat für mich einige Versuche angestellt, wobei er eine **RE084** und eine Ua von 80 Volt verwendete und zu folgenden Aussagen kommt: Antennenspule 30, Gitterkreis (Abstimmspule) 70 und Rückkopplungsspule 24 Windungen auf einem Dreifach-Spulenkoppler. Mit einer höheren Windungszahl bei der Rückkopplungsspule hört das Gerät nicht mehr zu schwingen auf. Der Detektor ist mit einem Widerstand von 2,2 Megohm zu überbrücken, wobei Umkehrung des Detektors lediglich einen anderen Schwingungseinsatzpunkt bei der Rückkopplung ergibt. Nach der groben Einstellung mit dem Spulenkoppler lässt der 20 pF Drehkondensator sehr feine Abstimmung der Rückkopplung zu. Lautsprecherempfang ist bei guter Hochantenne gegeben, mit einer Hilfsantenne von 15 m Länge fallen immer noch 1 Vss Ausgangsspannung an. Bei 20 V Ua resultiert Kopfhörerlautstärke oder leiser Lautsprecherbetrieb.

In der ersten Ausgabe der **Radio-Zeitung** vom 5.12.25 [362501] steht über diese Schaltung geschrieben: **«Als erste dieser neuen Schaltungen möchte ich den von Hugo Gernsback, dem genialen Redakteur der «Radio News», erfundenen Interflex erwähnen. Es handelt sich hier um einen durch den Erfinder als sehr leistungsfähig bezeichneten Einlampenapparat. Charakteristisch für diese Schaltung ist der in den Gitterkreis der Audionröhre eingefügte Kristall-Detektor, dessen Rolle noch nicht vollkommen aufgeklärt zu sein scheint...»!** Heute weiss man, dass eine **Diodendemodulation** weniger Verzerrungen verursacht und bei richtiger Arbeitspunkteinstellung etwa die doppelte Leistung erzielt. Zur Zeit des Kristall-Detektors haben wohl die Nachteile des schwierigen Einstellens überwogen.

Geradeausempfänger

Der Geradeausempfänger findet in Deutschland sehr lange breite Anwendung - bis zur Notzeit nach dem Zweiten Weltkrieg! Es sind sehr verschiedene Schaltungen möglich. Beim Geradeausempfänger verstärken eine oder mehrere, meist abgestimmte Stufen die HF, bevor die Demodulation erfolgt. Im deutschen Sprachraum fasst man unter dem Namen Geradeausempfänger sowohl Geräte ohne als auch mit Rückkopplung zusammen. Im englischen Sprachraum unterscheidet man zwischen abgestimmten (**TRF, tuned-radio-frequency receiver**) und aperiodischen (**RF, untuned radio frequency receiver** bzw. **RFA** für **amplifier**) Geradeausempfängern. Hat der Empfänger eine bedienbare Rückkopplung, heisst das Gerät dort **regenerative-receiver**. Zum Erkennen der Stufen hatte sich eingebürgert, dass das Audion den Buchstaben «V» (C für Kristall-Demodulation) erhält, umrahmt von einer Anzahl Verstärkerstufen davor und dahinter. Das Audion ohne weitere Verstärker gilt als **OV0** oder als **OV1**, wenn es eine NF-Stufe aufweist. Ein Geradeausempfänger mit einer HF-Stufe, dem Audion und zwei NF-Stufen erhält dementsprechend die Bezeichnung 1V2 etc. Die letzte HF-Stufe des Geradeaus bildet meist das Audion zur Detektion des Nutzsignals; auch Diodengleichrichtung oder Rückkopplungs-Audion sind möglich. Danach folgt normalerweise NF-Verstärkung zum Betrieb eines Lautsprechers. Normalerweise benutzt man dazu zwei Stufen der Verstärkung. Zum HF-Teil des Geradeausempfängers: Sogenannte **1-Kreiser** weisen nur einen Selektionskreis auf; die Selektivität ist gering. Bessere

Geräte sind als **2-Kreiser** ausgeführt. Eine Erhöhung der abstimmbaren Kreise darüber hinaus kommt vor, erweist sich wegen der komplizierten Bedienung oder Herstellung aber oft als problematisch. Das Problem der Einstellung der Kreise löst man verschieden wie z.B. Einzeleinstellung der Kreise 2, 3 und 4 beim **DeTeWe** (1925) oder Drehkos auf einer Achse mit Nachregelung der Kreise 2 und 3 beim **Telefunken 9**, Gleichlauferstellung durch separate Trimmer etc. Die normale Grenze der Anzahl Kreise liegt bei 4 (**Philips**). Eine Ausnahme bildet z.B. der **Mende Ultraselektiv** mit 5 Kreisen. Der Wehrmachtsempfänger LO 6 K 39 weist sogar 6 HF-Vorstufen auf, die für verschiedene umschaltbare Empfangsbereiche in Einknopfabstimmung im Gleichlauf sind [298]. Ein wichtiger Nachteil des Geradeausempfängers liegt zudem in seiner grossen Neigung zum Schwingen. Die **Schwingneigung** resultiert sowohl aus der Interelektrodenkapazität der Röhren als auch aus statischen und magnetischen Beeinflussungen in den Leitungen und Schaltelementen. Letztere reduzieren sich mit einem guten Aufbau auf ein Minimum. Die Röhrenkapazität ist mit einer **Gegenkopplung** neutralisierbar. Mehrfache Verstärkung abgestimmter Kreise erschweren die Bedienung und bei den ersten Geräten kommt oft die Bedienung der **Neutralisation** dazu.

Diese Probleme entfallen bei Geräten mit aperiodischer Kopplung, doch sinkt dabei die HF-Verstärkerleistung. Der Gitterkreis des Audions ist nicht abgestimmt; es erfolgt Widerstandskopplung wie bei der NF-Verstärkung.

Meist erfolgt die Neutralisation durch Rückführung von Energie auf das Gitter mit einem veränderlichen Kondensator (Neutrodon). Das **Neutrodon** weist eine Endkapazität von etwa 25 pF auf. Die Gegenkopplung selbst entsteht durch eine mittelabgezapfte Spule, die im Anodenkreis, im Gitterkreis der nächsten Röhre oder an anderer geeigneter Stelle liegen kann.

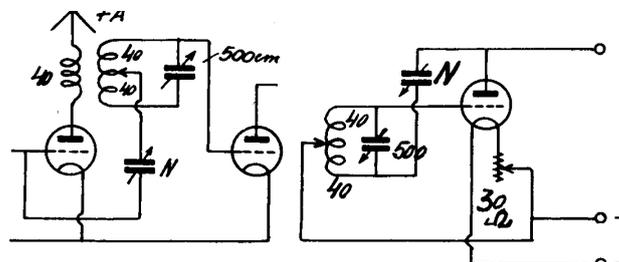


Bild «Z1» T27 [45,34+35]
Gitter- und Anodenneutralisierung

Die **Diffaradschaltung** bringt mittels Drehko C1 und einer weiteren Kapazität C2 die **Interelektrodenkapazität** Gitter-Anode CGA und Gitter-Kathode CGK auf eine **Wheatstonsche Brücke**, in deren Querast der Schwingkreis liegt.

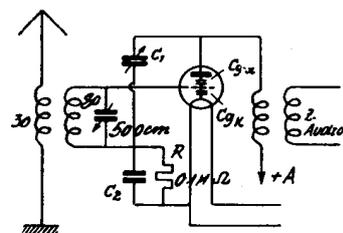


Bild «Z1» T28 [45,36]
Diffarad-Neutralisierung

Bei der **Isosfarad-Neutralisierung** ist zusätzlich zur Spulenabzapfung eine Serienschaltung von zwei 1000-pF-Drehkos (maximale Gesamtkapazität wieder 500 pF) vorgesehen. Damit stimmt das elektrische Mittel auch kapazitätsmässig.

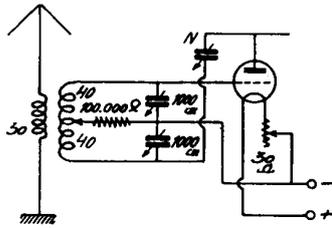


Bild «Z1» T29 [45,37]
Isofarad-Neutralisierung

Die Gegenkopplung mit der sogenannten **Isodyne-Variation** bei Doppelgitterröhren erfolgt über das Raumladegitter. Aus Platzgründen kommen nicht alle Prinzipien zur Sprache. Die folgende Abbildung zeigt eine Schaltung mit der verbreiteten **Hazeltine-Neutralisierung**.

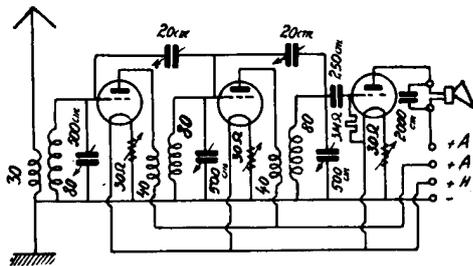


Bild «Z1» T30 [45,46]
Hazeltine-Neutralisierung

Obwohl die Schaltung über keine Rückkopplung verfügt und sehr einfach geschaltet ist, eignet sie sich doch für Fernempfang. Ein ähnliches Prinzip heisst **Doppelneurodyne**, ein weiteres **Solodyne**. Der letzte Name steht in den USA für eine Schaltung mit Raumladegitterröhre ohne separate Anodenspannung.

Bei Mehrgitterröhren entfällt das Problem der Neutralisation trotz der wesentlich höheren Verstärkung weitgehend; die Kapazität der Röhre reduziert sich u.a. durch die Aufteilung auf mehrere Teilkapazitäten. Dafür summieren sich die Probleme des Aufbaus beträchtlich. Wegen schädlicher Kapazitäten und Induktionen (Streifelder) besteht Schwingneigung. Sie ist nur mit einem entsprechendem Aufbau zu vermindern. Allgemein werden nun die Schaltungen mit Mehrgitterröhren komplexer.

Reflexschaltungen

Wie schon kurz erwähnt, kann eine Röhre gleichzeitig zur HF- und NF-Verstärkung dienen, wobei immerhin etwa die anderthalbfache Leistung anfällt [130]. Das Prinzip ist sowohl beim Geradeausempfänger als auch beim Superhet gebräuchlich.

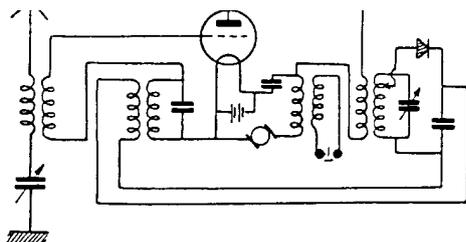


Bild «Z1» T72 [453307]
Frühe Reflexschaltung der Gesellschaft für Drahtlose
Telegraphie (Berlin)

Gemäss [453307] befasst man sich 1913 in den Telefunken-Laboratorien mit dem Reflexprinzip. Erstmals erhält die Reflexschaltung mit der Rundfunkbewegung Mitte der 20er Jahre Popularität. Einige Schaltungen realisiert man in den USA und in Europa mit einem Kristall-Detektor als Demodulator. Häufig führen solche Apparate einen zweifach und umschaltbar ausgeführten Detektor, da bei falscher Abstimmung von L1 in Verbindung mit L2 Schwingungen auftreten können, die zur (lokalen) Taubheit des Kristalls führen. Kristall 2 ist nach korrekter Einstellung zu verwenden.

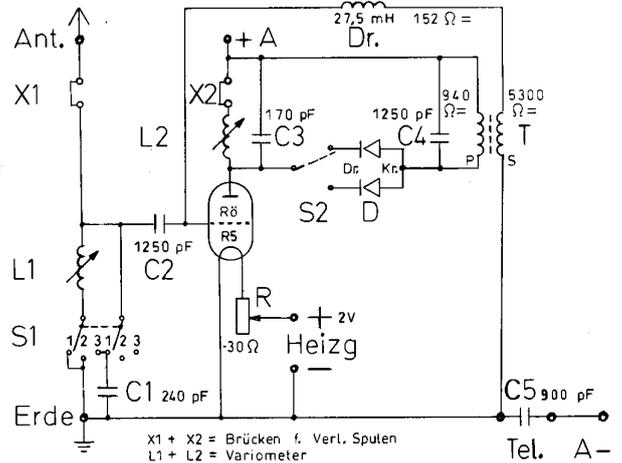


Bild «Z1» T75 [Sammlung Erb-Heigl]
Schema eines Reflexempfängers mit zwei Kristallen.
Radiola 1 aus dem Jahre 1923 von B.T.H., England

Es gilt das folgende Blockschema [638436] für eine vollständige Reflexschaltung:

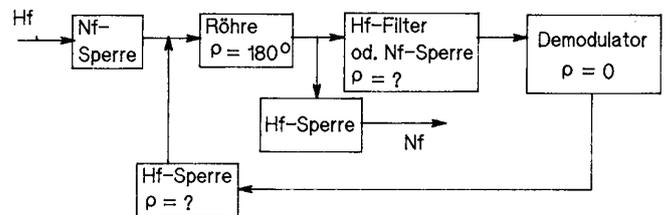


Bild «Z1» T65 [638438]
Blockschema der Reflexschaltung

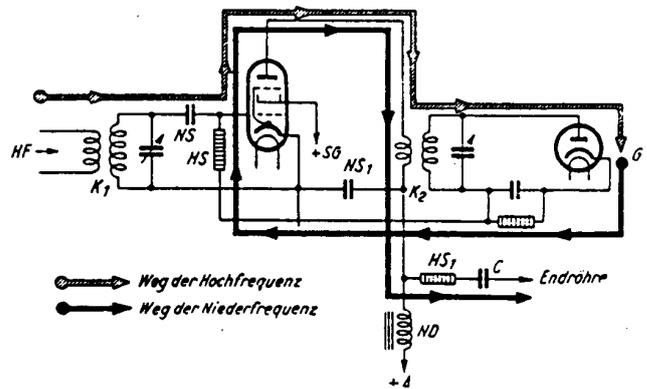


Bild «Z1» T108 [283-113]
Schema einer einfachen Reflexstufe mit Pentode.
Darstellung des Signalweges

Auch beim späteren Einsatz von Tetroden oder Pentoden ergibt sich für die korrekte Reflexschaltung das folgende Schema: Die modulierte HF gelangt vom Eingangskreis (K_1) über eine NF-Sperre (NS) an die Verstärkerröhre, die am Ausgang (Anode) zwei Zweige aufweist, nämlich den Kreis für die Rückführung der NF nach Demodulation und die Abzapfung der verstärkten NF nach Passage einer HF-Sperre (HS_1). Der Kreis für die Demodulation und die Rückführung der NF an das Gitter besteht aus einem HF-Filter (HF-Kreis K_2), dem Demodulator (Gleichrichterröhre, G) und der HF-Sperre (HS). Statt dem HF-Filter kann eine NF-Sperre vorkommen - jedenfalls soll nur die (modulierte) HF passieren.

Natürlich bedingt die Reflexschaltung einen komplizierteren Aufbau. Auch soll die Röhre im linearen Teil arbeiten, obwohl sich der Arbeitspunkt des HF-Verstärkers im Takt der NF auf der Kennlinie verschiebt. Die **Klangqualität** ist geringer als bei schlichter Geradeausschaltung. In den 20er Jahren kosten Röhren zwischen 6 und 14 RM, bei einem Durchschnittslohn eines Arbeiters von -,50 (fünzig Pfennig) pro Stunde. Die Radioindustrie fabriziert darum bis gegen Ende der 20er Jahre Reflexgeräte (z.B. **Telefunken 3** und **3/26** oder **Loewe EA991**). Besonders bei Selbstbaugeräten kommen öfters Detektoren statt Röhren zur Demodulation zum Einsatz. Bei der **Inverse Duplex-Reflexschaltung** realisiert man zwei Trioden-Reflexstufen.

Für einige Jahre spielen Reflexschaltungen keine Rolle mehr, bis 1934/35 in Deutschland wegen der Preisstelle der Industrie, die einen 2-Kreis-Empfänger für RM 200 fordert, praktisch für eine Saison neue Schaltungen aufkommen [638438]. Diese kann man z.B. anhand der folgenden Schaltpläne studieren: **Columbus 170 2/2**, **Körting-Trixor R2200WL**, **Blaupunkt 2W2**, **Lumophon Markgraf WD210**, **Sachsenwerk Olympia-Reflex-Super W** oder **Nora Rienzi W220L** [283].

Die Standardlösung mit Pentode kann wie bei den Geräten von Lumophon (**Markgraf WD210** und **Burggraf WD220**) oder Körting mit einer Hexode erfolgen, wobei Gitter 2 und 4 am Reflexvorgang nicht beteiligt sind und eine konstante Vorspannung erhalten. Die gleiche Röhre übernimmt bei einigen Schaltungen zusätzlich die Signaldemodulation wie es bei den (wahrscheinlich) ersten Geräten des Burggraf WD220 erfolgt (siehe **Lange-Nowisch**). In beiden Fällen arbeitet die **RENS1234** als Reflexröhre, die in bester Kondition zu sein hat, um die Funktionen richtig zu erfüllen. Mit zwei Empfangsröhren entsteht ein 2-Kreiser inkl. starker Endröhre!

Auch in Superhets sind komplexe Reflexstufen möglich. Beispiele bilden **Meistersuper 332W** von **Telefunken**, **37WLK** von Siemens oder **Super Geatron 34WLK** von **AEG**, die aus einer Entwicklung stammen. Die RENS1234 dient in diesem Fall als ZF-Verstärker, Demodulator und NF-Treiber.

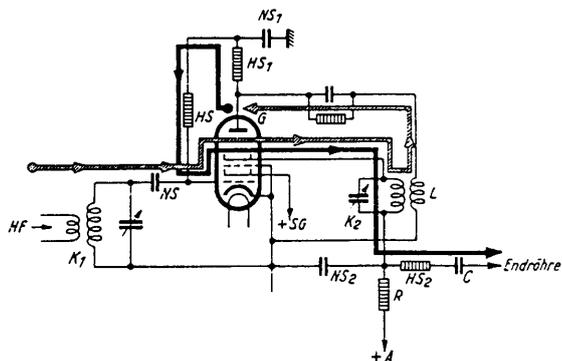


Bild «Z1» T109 [283-117]
Schema einer Reflexstufe mit dreifacher Röhrenausnutzung. Darstellung des Signalweges

In [283] wird eine verstärkte Röhrenabnutzung bei Reflexschaltungen verneint, aber richtigerweise auf die potenzierte (grössere) Leistungsabnahme bei der Röhrenabnutzung hingewiesen. Eine intakte Aussenmetallisierung ist bei der RENS1234 wichtig.

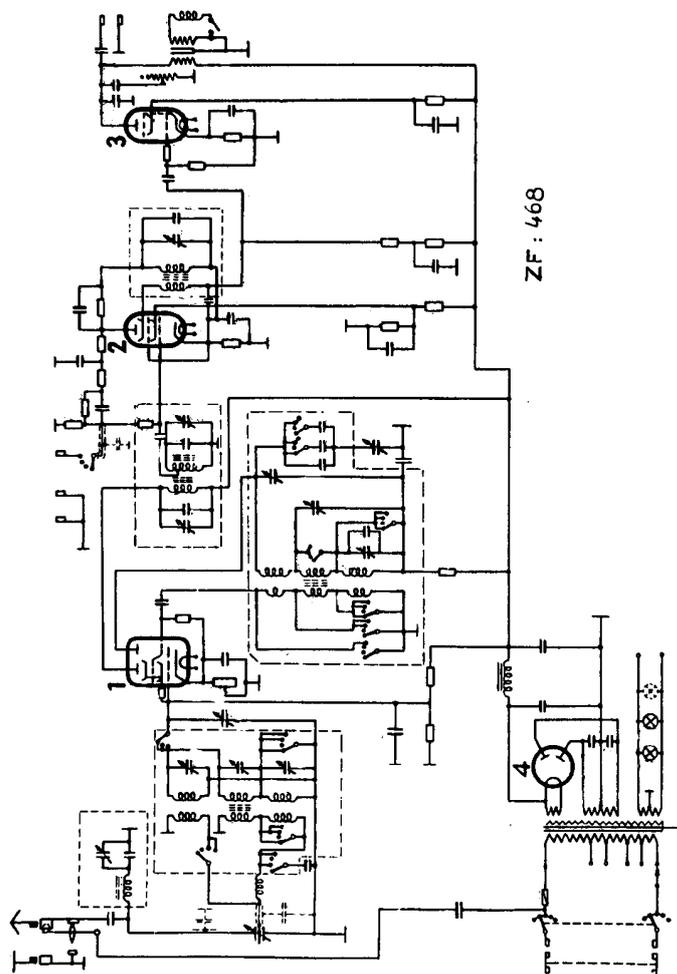


Bild «Z1» T110 [283-122]
Schaltbild aus der Praxis (Telefunken 332 WLK) gemäss obigem Schema

Auch nach dem Krieg entstehen in Deutschland Reflexempfänger, z.B. der **Telefunken T5000** oder **Grundig 4040W**. Diese dritte Reflexgeneration dient in der UKW-Stufe als HF- und ZF-Verstärker. Es lohnt sich für den Interessierten, die detaillierten Erklärungen zu der komplexen Lösung beim **Grundig 4040W** im Artikel [638436] zu verfolgen. Eine vierte Generation von Reflexschaltungen ist in den ersten Transistorgeräten realisiert.

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Copyright Ernst Erb