

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

KLEINE SCHALTUNGSLEHRE

Wer sich im Apparat oder Schaltplan zurechtfinden möchte, sollte ausser der Kenntnis über einzelne Bauteile, der Schaltzeichen und wichtigsten Funktionen der Teile etwas über die typischen Schaltungen und ihre Arbeitsweise wissen. Sowohl die Bauteile, die Schaltungstechnik, als auch die Geräte haben sich in den vielen Jahrzehnten des Rundfunks gewaltig verändert. Nur die wichtigsten, immer wieder auftauchenden Anordnungen sind hier aufgeführt.

Stromversorgung und NF-Teil

Bei den Empfangsprinzipien spielt der HF-Teil des Radios (inkl. ZF- und Demodulationsteil) eine Rolle. Damit kann man aber keinen vollen Lautsprecherempfang erreichen. Die NF-Signale sind zusätzlich zu verstärken. Das Ganze funktioniert nicht ohne Stromversorgung. Ab Mitte/Ende der 20er Jahre sorgen separate oder eingebaute Netzteile für die Heiz-, Anoden- und Gitter(vor)spannungen.

Stromversorgung für Batteriegeräte

Für die Empfänger der 20er Jahre benutzt man zuerst Batterie-, später auch Akkumulatorelemente. Mit einem **Rheostat** für die Heizung hat man die je nach Zustand der Zellen unterschiedliche Spannung den gleichfalls unterschiedlichen Bedürfnissen der Röhren anzupassen sowie die Empfindlichkeit dieser bzw. die Lautstärke der Wiedergabe zu verändern. Für die Gitter- und Anodenspannungen kommen dabei Trockenelemente zur Verwendung. Heute erreicht man die Heizleistung mühelos mit modernen Batterien, ohne auf offene, säurehaltige Elemente achten zu müssen. Ein grösseres Problem bildet die Anodenbatterie, die im englischen Sprachgebrauch **B-battery** (und später C-battery als Batterie mit einer grösseren Lebensdauer) heisst - im Gegensatz zur **A-battery**, der Heizbatterie. Verschiedene Batteriehersteller, z.B. **Leclanché** in der Schweiz, stellen die nach dem Zweiten Weltkrieg oft benutzten 67,5-Volt-Batterien her, wenn sie auch im Katalog nicht mehr aufgeführt sind. 90-Volt- oder 120-Volt-Batterien findet man am ehesten in Armeebeständen. Heute kann man sich auch entsprechende Netzteile bauen, die sogar - inkl. Batterie von niedriger Spannung oder Ni-Ka-Akku - in einem Kistchen Platz finden, das die Grösse der alten Batterie nicht überschreitet. Ein Bauvorschlag befindet sich in Nr. 15 und 49 der **Funkgeschichte** [63]. Frühe Apparate dieser Art mit Netzbetrieb nennen sich **Battery-eliminator** oder **A- and B-eliminator** bzw. **Netzanode**. Die gemeinsame Polung der A- und B-Batterie darf man nicht verwechseln, da sonst die Gittervorspannung nicht stimmt. Zur Vermeidung von Schwingneigungen baut man bei Batteriegeräten der späteren 20er Jahre auf der NF-Seite Anodenentkopplungswiderstände und NF-Ableitkondensatoren von 1-2 Mikrofarad ein; der NF-Strom muss nun nicht durch die gemeinsame Anodenbatterie fließen. Dabei kommen **Silitwiderstände** von 30-50 Kiloohm (selten 10-100 K) statt teureren, aber wirksameren Drosseln oder Sperrkreisen zur Blockierung der HF zum Einsatz. Die Ableitkondensatoren führen die NF direkt auf Masse zurück, während die Anodenwiderstände gleichzeitig die Anodenspannung auf den gewünschten Wert herabsetzen und mehrere Anschlüsse für die Anodenbatterie vermeiden. Die Schwingneigung dieser Geräte wird auch durch bifilare Verdrahtung von Heiz- und Anodenstromzuführungen bis zur Batterie bekämpft.

Gleichstrom-Netzteile

In der Anfangszeit der Netzempfänger kommen viele Gleichstromnetze (Strassenbahn) vor. Das Gerät enthält we-

der Netztransformator noch Netzgleichrichter. Die Schaltung der Spannungsversorgung ist leicht überschaubar. Mit einer einfachen externen Schaltung sind Gleichstrom-Netzradios heute auch am Wechselstromnetz zu betreiben. Im Kapitel «Innen» finden Sie unter «AC-DC-Wandler» einen Bauvorschlag.

Wechselstrom-Netzteile

Durch den relativ grossen Netztransformator sind diese Geräte sofort als Wechselstrom-Netzempfänger erkennbar. Zusätzlich hat man die durch Ein- oder Zweiweg-Gleichrichtung erhaltene, pulsierende Anodenspannung zu glätten. Dies erfolgt meistens durch je einen sowohl elektrisch als auch äusserlich relativ grossen Lade- und Siebkondensator. Dazwischen liegt eine Drossel oder ein Widerstand. Dieser funktioniert mit dem Siebkondensator zusammen als RC-Glied. Aus dem Bild mit der Grundschialtung eines Superhets ist diese übliche Anordnung mit C1, C2 und R1 ersichtlich. Den positiven Pol für die Anodenspannung entnimmt man gelegentlich an einer Mittelanzapfung der Heizwicklung für die Gleichrichterröhre.

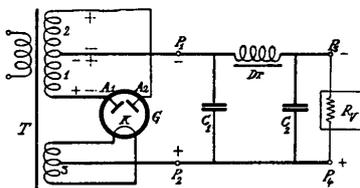


Bild «Z1» T78 [169-83]
Typisches Netzteil eines Empfängers mit Mittelanzapfung bei der Heizwicklung Gleichrichterröhre

Statt des Transformators mit getrennter Primär- und Sekundärwicklung kommen auch Autotransformatoren mit einer Wicklung und mehreren Anschlüssen für die Netz- und Nutzsicherungen vor. Weiter unterscheidet man zwischen Einweg- oder Zweiweg-Gleichrichtung (Vollweg-Gleichrichtung). Ein Beispiel von Einweg-Gleichrichtung ist aus dem Bild mit der Schaltung des Allstrom-Supers ersichtlich.

Apparate mit zusätzlichen Batterien oder Akkus für den netzunabhängigen Betrieb weisen oft etwas komplizierte Verhältnisse, besonders für die Heizung der Röhren, auf. Die besonderen Vorsichtsmassnahmen zum Schutze der Röhren sind im Kapitel «Innen» behandelt.



Bild «Z1» T79 [169-83]
Spannungsverlauf bei Einweg- oder Zweiweg-Gleichrichtung Netzspannung, 50 Spannungsspitzen bei Einweg- bzw. 100 Spitzen bei Zweiweg-Gleichrichtung, geglättete Gleichspannung

Allstrom-Netzteile

Wie die Batterieradios enthalten auch diese Geräte keinen Netztrafo, führen jedoch eine Einrichtung zur Gleichrichtung von Wechselstrom und sind dadurch als Allstromgeräte zu erkennen. Eine typische Schaltung für das Netzteil finden Sie auf dem Bild über den Allstrom-Super.

Stromregleröhren

Da die Heizfäden von Röhren in kaltem Zustand einen wesentlich kleineren Widerstand als im Betrieb aufweisen, ist der Einschaltstrom sehr gross. Dies schadet den Röhren sehr, wobei das in Serie geschaltete Skalalämpchen meist zuerst ausbrennt. Da die in Serie geschalteten Heizungen der Röhren - auch bei höherer Heizspannung der Gleichrichter- und

Endröhre - sich oft nicht ganz bis zur Spannung des Netzes summieren, wählt man bei aufwendigeren Geräten einen röhrenförmigen Eisen-Urdox-Vorwiderstand. Dieser weist in kaltem Zustand einen grösseren Widerstand als im Dauerbetrieb auf. Dadurch begrenzt der **EU-Widerstand** den Strom schon vom Einschaltmoment an richtig. Solche kombinierten Stromregleröhren führen bei **Philips** die Bezeichnung C1-C12, wobei nur C3 im Einschaltmoment strombegrenzend wirkt. Bei **Telefunken** sind die Röhren mit EU, gefolgt von einer römischen Ziffer, bezeichnet. Sie unterscheiden sich in Stromfluss (z.B. 200 mA für C-Röhren) und Spannungsbereich, innerhalb dessen sie regulierend wirken (Details siehe im Kapitel über Technik).

Direktgeheizte Wechselstromröhren

Ältere Apparate für Wechselstrom führen z.T. direktgeheizte Röhren, besonders für die Endstufe. Um Netzbrumm zu vermeiden, ist der Gitterkreis an die «elektrische Mitte» der Heizung (Glühkathode) zu legen. Dies geschieht meist durch eine **Mittelanzapfung** am Heiztransformator. Oft findet man aber auch einen **Entbrummer** in Form eines Widerstandes, der den Heizfaden überbrückt und an dessen Mittelpunkt der Gitterkreis liegt. Bei einigen Geräten findet man eine Einstellmöglichkeit auf der Rückseite und dreht dort auf minimalen Brumm.

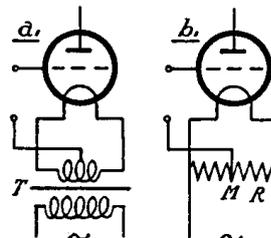


Bild «Z1» T80 [169-83]
Schaltung für direktgeheizte Röhren bei Wechselstrom:
a) Transformator mit Mittelanzapfung Heizwicklung
b) Widerstand als Entbrummer

NF-Verstärker

Die aus dem HF- oder ZF-Signal demodulierte NF reicht normalerweise nicht aus, um einen Lautsprecher zu treiben. Der einfachste NF-Verstärker besteht aus einer Elektronenröhre, in deren Anodenkreis der Lautsprecher eingeschaltet ist und an deren Gitter man die Tonfrequenzwechselfspannung (NF) anlegt. Tatsächlich sind erste Lautsprecher hochohmig ausgeführt und direkt an eine Triode anschliessbar. Später gibt es nahezu ausschliesslich niederohmige Lautsprecher; ein Anpassungstransformator bzw. Ausgangstrafo (NF-Trafo) ist nötig. Das Übersetzungsverhältnis bzw. das Verhältnis der Windungszahlen des NF-Trafos ist gleich der Quadratwurzel aus dem Widerstandsverhältnis; auf Seite der Röhre bestehen viele Windungen, auf Seite des Lautsprechers wenige. Eine Pentode mit dem höheren inneren Widerstand benötigt einen anderen Trafo als eine Triode.

Reicht die verfügbare NF-Wechselfspannung zur Steuerung der Endstufe nicht aus, setzt man weitere Verstärkeröhren ein. Man sorgt mit einer RC-Kopplung oder einem NF-Trafo dafür, dass sich die Wechselfspannung von der Anode auf das Gitter der nächsten Röhre überträgt, gleichzeitig aber der positiven Gleichspannung den Weg verwehrt. Zudem erhält das Gitter eine negative Vorspannung für den gewünschten **Arbeitspunkt**.

Bei der üblichen Verstärkung nach **Klasse A** erhält die Röhre eine Gittervorspannung in der Mitte des geraden Kennlinien-

teils. Man sorgt zudem dafür, dass die **Steuerspannung** nicht höher ist als dieser gerade Teil erlaubt und zudem unter null Volt bleibt, damit kein Gitterstrom fliesst. Die **Sprechleistung** beträgt dabei etwa 20 % der **Anodengleichstromleistung**. Der **A-Verstärker** bietet höchste Verzerrungsfreiheit, doch fliesst ständig ein Anodenruhestrom mit entsprechender Wärmeleistung der Endröhre. Bei fehlender oder zu niedriger Gittervorspannung entstehen nichtlineare Verzerrungen durch das Fließen eines Gitterstromes; die Röhre wird überlastet.

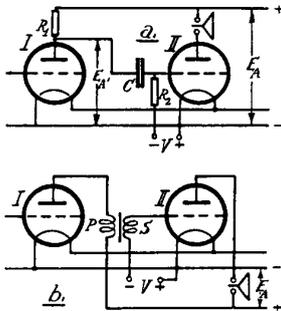


Bild «Z1» T81 [169-95]
Verbindung zweier Verstärkerrohren miteinander:
a) RC-Kopplung (mit R1 und C)
b) Transformatorkopplung

Bei Verstärkung nach **Klasse B** stellt man den Anodenruhestrom durch eine besonders niedrige Gittervorspannung auf ein Minimum ein. Die Röhre arbeitet am unteren Knick und verträgt eine wesentlich grössere Steuerspannung. Praktisch gelangt nur die am Gitter positiv anliegende Halbperiode zur Verstärkung.

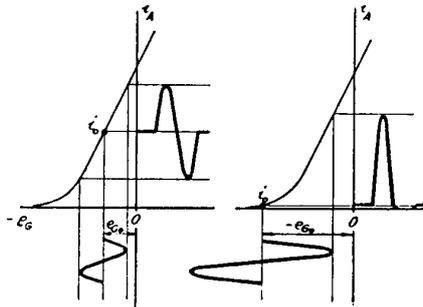


Bild «Z1» T82 [169-93]
Einstellung des Arbeitspunktes bei A- oder B-Verstärkung

Um dennoch eine einigermaßen verzerrungsfreie Wiedergabe zu erhalten, arbeitet man bei dieser Art Verstärkung mit einer **Gegentaktschaltung**. Die Vorröhre - besonders hier **Treiberröhre** genannt - bedient zwei gegeneinander arbeitende Endröhren. Dazu dient meistens ein Trafo mit Mittelabzapfung. Auch Röhren als Phasenumkehrstufe - z.B. **EE1** - kommen zu diesem Zweck vor. Die Vorteile der Gegentaktendstufe sind billigere Ausgangstransformatoren - allerdings mit Mittelabzapfung. Grund: Die intensive Vormagnetisierung und damit die Unterdrückung von tiefen Tönen entfällt, da sich die beiden Anodenruhestrome gegenseitig aufheben. Auch die durch die 2. Oberwelle (vorwiegend bei Triode) hervorgerufenen Klirrschwingungen kommen um 180 Grad phasenverschoben an den Endtrafo und heben sich auf. Schliesslich lässt sich mit billigen, kleineren Endröhren grosse Leistung erzielen, denn der Wirkungsgrad ist wesentlich höher. Als **C-Verstärker** bezeichnet man einen B-Verstärker, der durch einen grossen Ansteuerungsbereich bis in die Sättigung der Endröhre kommt. Der Gitterstrom bedingt eine leistungsfähige Treiberröhre. Der Arbeitspunkt der Endröhre liegt vor Beginn der Kennlinie, also bei Null, während sie beim B-Verstärker zu Beginn liegt.

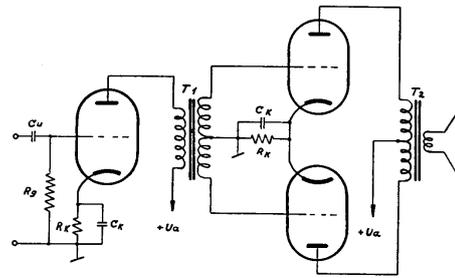


Bild «Z1» T83 [123-151]
Gegentaktschaltung mit Transformatorkopplung

Beim oft verwendeten A-B-Verstärker legt man den Arbeitspunkt nur so weit nach unten, dass kleine Ansteuerung A-Verstärkung garantiert und bei grösserer Lautstärke das Arbeiten im unteren Knick gewisse Verzerrungen hervorruft, die man durch Gegenkopplung vermindert. Bei der NF-Verstärkung ist bei vorhandener Leistungsreserve eine generelle **Bassanhebung** möglich. Man stimmt die Induktivität der Primärwicklung bei Transformatorverstärkern mit einer Kapazität so ab, dass sich für tiefe Frequenzen infolge des Resonanzeffektes eine Spannungsüberhöhung ergibt. Einfacher erfolgt dies bei der RC-Kopplung, wo man durch einen Kondensator (z.B. von 0,05 Mikروفarad) und eine Widerstandskombination (z.B. 15 K und 0,25 M) den Verstärkungsgrad bei höheren Frequenzen reduziert.

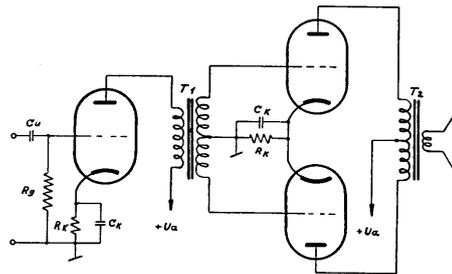


Bild «Z1» T84 [169-100]
Einfache Bassanhebung

AUTOMATISCHE REGELUNGEN

Neben dem in den besseren und neueren Apparaten fast ausnahmslos verwendeten Schwundausgleich und der relativ häufig angewandten Gegenkopplung (siehe Erklärungen bei der Superschaltung) gibt es zahlreiche Schaltungen für das Regeln automatischer Einstellungen. Diese weiteren Möglichkeiten der Empfängerautomatik sind hier lediglich kurz gestreift, da sie relativ selten vorkommen. Normalerweise handelt es sich um die Erzeugung einer Regelspannung als Funktion einer zu korrigierenden Erscheinung und die korrigierende Einwirkung dieser Regelspannung auf regelbare Bauteile, meist Röhren.

Demodulator und AVC

Die Demodulation der HF oder ZF erfolgt entweder durch ein Gitteraudion, das bis 0,2 Volt gut verarbeitet (siehe unter Audion), durch ein Steilaudion mit der Verarbeitung von 0,05-12 Volt oder bei Supern fast ausschliesslich mittels Diode, wobei die Röhrendiode Wechselspannungen von 0,3-200 Volt praktisch verzerrungsfrei demoduliert. Erst bei den letzten beiden Demodulationsarten verwendet man die automatische Regelung. Eine typische Schwundregelung (AVC) sorgt dafür, dass ab einem bestimmten Punkt die Spannung am Demodulator nur

im Verhältnis 1:4 zunimmt, wenn sich die Eingangsspannung um 1:30×000 ändert. Damit kann man sowohl durch Fading hervorgerufene Schwunderscheinungen als auch die durch verschiedene Senderfeldstärken der Sender auftretenden Lautstärkeunterschiede von insgesamt 1:100×000 recht gut ausgleichen [123]. Ganz konstant kann man die Ausgangsleistung nicht halten; um überhaupt einen Regelbereich zu erhalten, hat sich auch die Amplitude der Schwingung zu verändern [107]. Erst die **Vorwärtsregelung**, also eine (zusätzliche) Regelung im NF-Teil, kann auch diese Schwankung auskorrigieren.

Bei Verwendung eines Anodengleichrichters (Steilaudion) erhält das Gitter eine grosse negative Vorspannung, damit der Arbeitspunkt an den unteren Knick der Kennlinie kommt. Treffen keine Schwingungen am Gitter ein, beträgt der Anodenstrom nahezu Null - bei grossen Schwingungen erreicht er ein Maximum. Durch den Anodenwiderstand ergibt sich damit eine kleinere Anodenspannung; die Anode ist negativer.

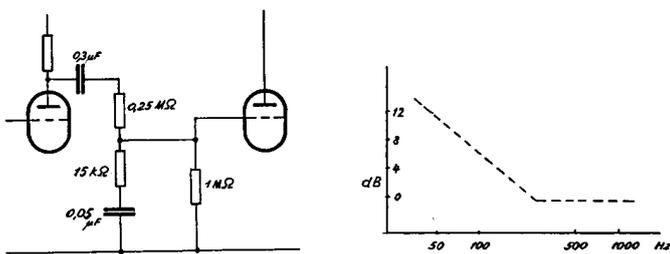


Bild «Z1» T77 [107-132]
Gittervorspannung und automatische Fadingregulierung

Eine Regelröhre verstärkt am kräftigsten, wenn die Gittervorspannung Null ist, hat jedoch Steilheit Null bei z.B. minus 40 Volt Gittervorspannung. Schwankt z.B. die Anodenspannung der Demodulationsröhre um 40 von 80-120 Volt, genügt es, der Regelröhre eine feste Kathodenspannung von 120 Volt zu geben und die Anodenspannung der Demodulationsröhre über ein RC-Glied und einen Widerstand an das Gitter der Regelröhre zu legen. Das RC-Glied glättet die Anodenspannung; die NF verschwindet und übrig bleibt der Gleichspannungsanteil. Der Regelvorgang setzt auch bei kleinen Signalen ein (keine Verzögerung), was gleichzeitig einen Gitterstrom verhindert.

Für die Diodendemodulation gibt es viele verschiedene Schaltungen - mit oder ohne separate Diode für die Erzeugung der Regelspannung. Vor allem unterscheidet man zwischen Reihen- und Parallelschaltung bezogen auf Diode und Belastungswiderstand. Die Parallelschaltung bedämpft den Schwingkreis unter gleichen Verhältnissen mit R/3 (R/2 für Reihenschaltung), hat aber den Vorteil, dass Kathode und Schwingkreise auf gleichem Potential liegen. Der Kondensator zwischen Schwingkreis und Diode schliesst die HF kurz, bildet für die Modulationsfrequenz jedoch einen hohen Widerstand.

Die Spannung zur Erzeugung der Regelspannung entnimmt man beim Super meist am sekundären Teil des letzten ZF-Filters - wie auch die Tonfrequenz, sofern nur eine Diode arbeitet und bei separaten Dioden über einen Kondensator am primären Teil bzw. Anode der ZF-Röhre. Bei verzögertem Schwundausgleich hat die Empfangsgleichrichtung in einer getrennten, nicht verzögerten Diodenstrecke zu erfolgen. Die Diode(n) integriert man später in die NF-Vorröhre oder ZF-Röhre. Modernere Röhren führen sogar drei Dioden, wobei die dritte Diode meistens bei FM-Empfang Verwendung findet.

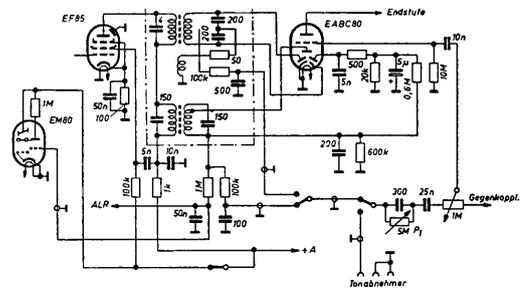


Bild «Z1» T85 [277-83]
Typische Demodulationsschaltung für AM und FM bei Verwendung der Verbundröhre EABC80

In hochwertigen Empfängern ohne FM - z.B. mit der Röhre EAB1 - demoduliert die erste Diode, die zweite liefert die Regelspannung und die dritte die Verzögerungsspannung. Die Schaltung vermeidet Tonverzerrungen, die mit der üblichen verzögerten 2-Diodenschaltung verbunden sind.

Regelspannung und magisches Auge

Eine ziemlich oft anzutreffende Kombination von Triode-Duodiode, Regelspannungserzeugung und magischem Auge zeigt das folgende Bild. Man benutzt nur eine Diode (im Beispiel parallelgeschaltet). Der andere sekundäre Anschluss des Bandfilters liegt über einem Hochohmwiderstand an der Kathode. Der über dem Widerstand pulsierende Gleichspannung entnimmt man den Wechselspannungsanteil über einen Kondensator und führt ihn über den Lautstärkereglер zum Steuergitter (NF-Vorröhre), während der Gleichspannungsanteil über einen Widerstand als Regelspannung dient.

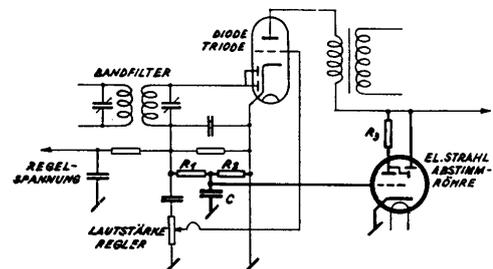


Bild «Z1» T86 [169-178]
Beliebte Demodulatorschaltung und Anschluss eines magischen Auges

Ein Teil der Regelspannung gemäss Spannungsteiler R1 und R2 dient als Steuerspannung für das magische Auge. Entsprechend dieser Spannung fliesst mehr oder weniger Strom durch den Anodenwiderstand R3 (z.B. 0,5 Megohm), so dass die Anodenspannung über ihm einen je nach Signalstärke und Güte der Abstimmung verschieden grossen Spannungsabfall erleidet. Da gleichzeitig mit der Trioden-Anode auch die Elektronenstrahl-Abulenplatte verbunden ist, zeigt sich die Grösse der Signalspannung durch mehr oder weniger ausgedehnte Lichtbedeckung des Fluoreszenzschirms [169-178].

Dynamikentzerrung

Senderübertragungen halten das Verhältnis von grossen Lautstärkeunterschieden nicht aufrecht und erreichen bei AM höchstens ein Verhältnis von 1:300. Um die Dynamik bei der Wiedergabe zu verbessern - immerhin erreichten frühere Medien 1:2000 und die CD-Disk erlaubt eine Dynamik von ca. 90 dB, also 1:1000×000×000 - hat man bei einigen Empfängertypen die Lautstärkeunterschiede durch Expansion erweitert, wobei zwei Möglichkeiten bestehen: Man erhöht die Maxima

und/oder vermindert die Minima. Dies erreicht man wahlweise durch Zuführung einer Regelspannung, veränderliche Kopplung oder durch veränderliche Gegenkopplung. Meistens erhält man die Regelspannung durch Abzweigung der NF am Eingang des NF-Verstärkers, verstärkt das Signal in einem zweiten Kanal, richtet es gleich und führt es der NF-Eingangsregelröhre als Regelspannung zu, um damit die Steilheit zu verändern.

Entstörautomatik

Einerseits stört das Rauschen - besonders bei Apparaten mit automatischem Schwundausgleich - in Sendepausen und bei der Stationswahl und andererseits gibt es bei AM Störgeräusche, deren Zeitdauer nur in Tausendstelsekunden messbar ist. Die erste Art Störungen verhindert man gerne durch Unterdrückung der Demodulation und Sperrung der NF-Verstärkung bei Unterschreitung eines bestimmten Signalwertes. Dazu legt man dem Demodulator eine negative Vorspannung an und verzichtet auf den Empfang von Stationen, die unter dem Störpegel liegen. Allerdings treten an einer negativ vorgespannten Demodulationsdiode Oberwellen auf, die den Klirrgrad erhöhen. Die Unterdrückung kurzfristiger Spitzen kommt praktisch nur in kommerziellen Empfängern, amerikanischen Spitzenempfängern und Amateurgeräten als **noise blanker** vor. Durch Zweikanalverstärkung gewinnt man eine Regelspannung, die man dem ersten Kanal wieder zuführt und den Empfang kurzfristig unterbricht. Diese **Lamb-Entstörung** bedingt eine zweifach regelbare Verstärkerröhre (Fadinghexode oder Pentagrid) im ersten Verstärkerkanal [123].

Automatische Bandbreitenregelung

Die Schaltung strebt an, dass sich beim Empfang starker - also nicht durch Interferenzstörungen beeinträchtigter - Sender eine grosse Bandbreite einstellt und beim Empfang schwacher Sender die grösste **Trennschärfe** und damit kleinste Bandbreite ergibt. Einen Teilerfolg bringt die NF-Regelung. Wie bei der Tonblende schliesst man die höheren Tonfrequenzen durch einen Kondensator in Serie mit einem veränderlichen Widerstand mehr oder weniger kurz. Bei automatischer Regulierung sitzt statt des veränderlichen Widerstands eine Röhre, deren Innenwiderstand von der am Gitter angelegten Regelspannung abhängt.

Alle Anforderungen erfüllt die HF-Regelung, wobei vier Prinzipien vorkommen: Erstens eine Änderung der Dämpfung der Schwingkreise durch parallelschalten einer Röhre bei Bandfiltern unter Berücksichtigung der kritischen Kopplung. Zweitens eine Veränderung der Dämpfung durch Änderung des röhreninneren Widerstandes der vorhergehenden Verstärkerröhre mittels Steuerung des Bremsgitters oder des Dosierungsgitters (g3). Drittens eine Kopplungsvariierung durch gegenseitiges Verstimmen der Schwingkreise zweier Stufen. Viertens die Wahl zweier Empfangskanäle mit verschiedenem Kopplungsgrad.

Bei manueller Bandbreitenregelung verändert man den Kopplungsgrad der ZF-Filter oder verstellt solche Filter gegeneinander, denn die Selektivität für den Sender (**Nahselektivität**) bestimmt beim Super nahezu ausschliesslich die Durchlasskurve der ZF, während die **Spiegelfrequenzunterdrückung (Weitabselektivität)** die Vorkreise übernehmen.

Abstimmautomatik

Besonders Ende der 30er Jahre kommen z.B. zum Ausgleich der Einstellungsungenauigkeiten bei Drucktastensenderwahl Schaltungen mit automatischer Scharfabstimmung vor. Die Korrektur erfolgt meistens im Oszillatorkreis durch elektromechanische Veränderung einer Kapazität oder Selbstinduktion oder durch

Veränderung der Selbstinduktion des Oszillatorkreises selbst. Eine elektromagnetische Korrektur durch Permeabilitätsänderungen oder die Korrektur durch Ausnutzung der dynamischen Röhrenkapazität mittels Regelspannung ist möglich.

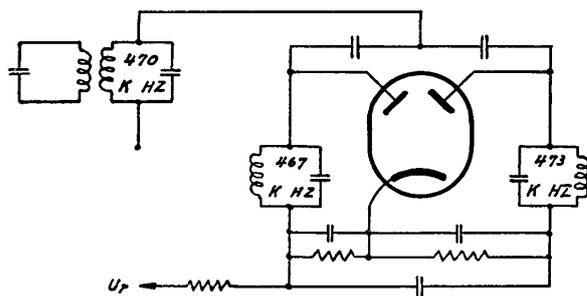


Bild «Z1» T87 [123-168]

Abstimmautomatik mit Erzeugung der Regelspannung durch Differenzgleichrichtung

Eine beliebte Schaltung erzielt die Regelspannung durch Differenzgleichrichtung. Man ordnet dem Regeldoppelgleichrichter zwei ZF-Schwingkreise zu, die je um drei bis vier Kilohertz nach unten bzw. nach oben verstimm sind. Entsprechend der Verstimmung unter oder über der richtigen ZF entsteht eine mehr oder weniger positive bzw. negative Regelspannung.

TYPISCHE EMPFÄNGERSCHALTUNGEN

Anhand erprobter Industrieschaltungen lässt sich die Funktion jedes Bauteils erklären. Auf Grund folgender Hinweise und der oben beschriebenen Bauteile und Baugruppen (Blöcke) sowie deren Wirkungsweise kann man praktisch jeden Schaltplan «lesen», wenn man sich darin vertieft. Mit diesem Verständnis lassen sich auch schwierige Fehler in einem Apparat auffinden und korrigieren. Die Darstellung kompletter Schaltpläne für die beiden grossen Gruppen von Empfängern, «Geradeaus» und «Super», bilden hier den Schluss des Kapitels.

Geradeausempfänger

Diese Empfänger unterscheiden sich in besonders vielen Parametern voneinander: Anzahl der abgestimmten und/oder unabgestimmten Kreise, Rückkopplungsart (wenn vorhanden), Art der Demodulation, Methode der Kopplung zwischen den Kreisen etc. Verschiedene Details um die Rückkopplung und Demodulation (Audion) sind bereits erklärt. Die Diodendemodulation zeigt sich grundsätzlich bei den Super-Schaltungen. Auch die notwendige Unterdrückung der Schwingneigung sowie die Möglichkeiten der Doppelausnutzungen (Reflexprinzip) von Röhren sind behandelt. Gewisse beim Super besprochene automatische Regelvorgänge kommen auch beim Geradeausempfänger vor. Anhand der Beispiele ersehen Sie hier vor allem das Zusammenwirken der einzelnen Kreise eines Empfängers. Ausserdem sind die drei üblichen Kopplungsarten von HF-Kreisen beschrieben.

Kopplung der HF-Stufen

Die drei erwähnten Prinzipien sind **Sperrkreis-kopplung**, **induktive Kopplung mit abgestimmtem Gitterkreis** oder **Drosselkondensatorkopplung**.

Bei der Sperrkreis-kopplung liegt der geschlossene Schwingkreis direkt im Anodenkreis der vorgeschalteten Röhre. Das Gitter der nachgeschalteten Röhre erhält die HF-Spannung über

einen kleinen Kopplungsblock. Die Schaltung hat den grossen Nachteil, dass sowohl Rotor als auch Stator des Drehkos Anodenspannung führen. Bei der Kopplung mit abgestimmtem Gitterkreis stellt die Kopplungsspule die «Primärwicklung eines HF-Transformators» dar. Die Sekundärspule bildet mit dem Drehko den Gitterschwingkreis der folgenden Röhre. Die richtige Bemessung der Kopplungselemente inkl. Anpassung an den inneren Röhrenwiderstand ist wichtig. Durch die Möglichkeit der Herstellung des richtigen Übersetzungsverhältnisses hat diese Kopplungsart - falls richtig berechnet - den höchsten Wirkungsgrad. Die Drosselkondensatorkopplung ist weniger leistungsfähig, aber unkritisch.

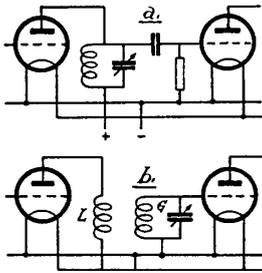


Bild «Z1» T88 [169-163]
Zwei häufige Kopplungen von HF-Stufen
a) Sperrkreiskopplung
b) induktive Kopplung mit abgestimmtem Gitterkreis

Empfänger mit abgestimmten Gitterkreisen und Drosselkondensatorkopplung

Die folgende Schaltung mit drei indirekt geheizten Pentoden und einer Zweiweg-Gleichrichterröhre (AZ1) zeigt sich in ähnlicher Ausführung vor allem in den 30er Jahren immer wieder. Der Apparat besitzt eine **HF-Stufe** (EF5) mit abgestimmtem Gitterkreis, die durch **Drosselkondensatorkopplung** an das **Audion** (EF6) angekoppelt ist. Die Audionstufe weist eine kapazitiv geregelte **Rückkopplung C5** auf. Auf die Audionstufe folgt die End-Pentode (EL3). Das Netzteil besteht aus dem Netztrafo mit Sekundärwicklung und einigen Abgriffen für verschiedene Netzspannungen, der direktgeheizten Gleichrichterröhre, dem Ladekondensator **C13**, der Drosselspule, die gleichzeitig als Erreger für den elektrodynamischen Lautsprecher dient sowie dem Siebkondensator **C14**. C13 und C14 sind Elektrolytkondensatoren von je 8 Mikrofarad. Die Audionröhre erhält eine durch das RC-Glied, bestehend aus **C9** von 0,5 Mikrofarad und **R6** von 10 Kiloohm, nochmals geglättete Anodenspannung.

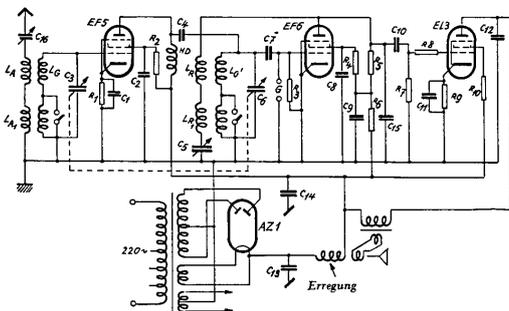


Bild «Z1» T89 [169-165]
Schaltung eines typischen Geradeempfängers

Die mit **C16** anpassbare Antenne ist mittels der Spulen **LA** bzw. **LA1** induktiv an die HF-Stufe angekoppelt. C16 lässt mehr oder weniger HF passieren und dient somit zugleich als Lautstärkereger. Die Rückkopplung kann demselben Zweck dienen, doch verändert sie vor allem die Selektivität; man bleibt in der Stellung kurz vor dem Schwingen. Die beiden Spulensätze **LG**

und **LG1** erlauben durch einen zweipoligen Schalter den Empfang von 200-600 m (MW) oder 800-2000 m Wellenlänge (LW). Die MW- und LW-Spulen sind gegenseitig entkoppelt, da sonst auch bei Kurzschliessung für MW-Empfang Verluste auftreten. Was der Schaltplan nicht zeigt: Die beiden Spulensätze enthalten normalerweise einen HF-Eisenkern zwecks genauem Abgleich.

Die beiden Abstimm Drehkos **C3** und **C6** sind mechanisch miteinander verbunden (gestrichelte Linie). Damit ist Einknopfabstimmung realisiert. Bei solchen Drehkos verwendet man zusätzliche Trimmer zum Abgleich, die bei späteren Modellen meistens auf dem Drehko selbst sitzen. Nicht immer sind sie auch im Schaltplan vermerkt.

Kurzwellen-Empfänger mit Drosselkondensatorkopplung

Der Empfänger besteht aus einer aperiodischen Vorstufe (AF3), der Audionstufe (AC2), einem zweistufigen NF-Teil (AC2 und AL4) und einem Netzteil mit Zweiweg-Gleichrichterröhre (RGN506 oder RGN1054). Die erste Röhre mit dem unabgestimmten Gitterkreis bewirkt zwar fast keine Verstärkung, doch verschiedene Vorteile durch die Entkopplung des Audions von der Antenne.

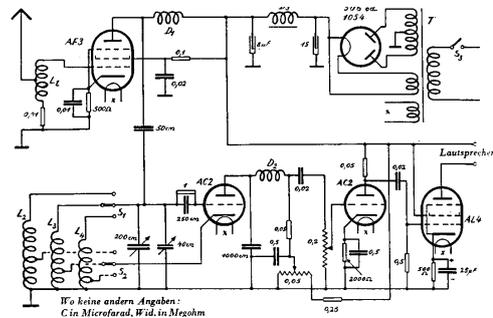


Bild «Z1» T90 [169-161]
Kurzwellen-Empfänger mit aperiodischer Vorstufe.
Kopplung durch Drossel (D1) und Kondensator (50 pF).

Das Schirmgitter der AF3 verhindert die Übertragung von Schwingungen auf die Antenne bei angezogener Rückkopplung. Bei KW-Empfang kommt die Antenne bei bestimmten Frequenzen in Resonanz und entzieht einem direktangeschlossenen Audionkreis soviel Energie, dass er dort nicht zum Schwingen gebracht werden kann. Auch diese Erscheinung der «Schwinglöcher» unterbindet diese Anordnung. Die Rückkopplung bei der AC2 funktioniert nach der **ECO-Schaltung**. Dabei verändert man den Grad der Rückkopplung durch Variation der Anodenspannung am Potentiometer von 0,05 Megohm. Mit den Schwingkreisspulen **L2**, **L3** und **L4** sind verschiedene Kurzwellenbänder selektierbar. Der zum Hauptdrehko von 200 pF (cm) parallelgeschaltete Drehko von 40 pF dient als Bandkondensator zur Feineinstellung der Sender. Für die Frequenzen von 10-100 m Wellenlänge sind folgende Spulen vorgesehen: Auf Calitrohr von 25 mm Durchmesser 1-mm-isolierter Kupferdraht von 12 Windungen (W) mit Anzapfung bei 6 W von **L1**, 22 W und Anzapfung bei 5 W für **L2**, 10 W und Anzapfung bei 3 W für **L3**, 5 W und Anzapfung bei 2 W für **L4**. Die Windungen der Anzapfungen sind jeweils vom geerdeten Ende aus gezählt.

Super der 40er/50er Jahre

Die in Europa vermutlich meistverwendete Super-Schaltung setzt sich aus drei Empfangsröhren, nämlich zwei Heptode-Trioden, einer End-Pentode mit Duodiode und einer Gleichrichterröhre zusammen. **Philips** beginnt Ende der 30er Jahre

mit der Realisation dieses Konzepts. Die Firma entwickelt mit der ECH4 und UCH4 Heptode-Trioden mit separat herausgeführten Gitter 3. Damit kann der gleiche Röhrentyp als ZF-Verstärker und NF-Vorstufe dienen. Auch die UCH5 zeigt diesen Aufbau. In Deutschland nennt man das Konzept **Einheits-Mittelsuper** und fabriziert damit «Exportempfänger» [195] (z.B. Blaupunkt MW41, Loewe-Opta 2367W, Nora 710 oder Telefunken 175WK mit ECH3, ECH4, EBL1, EM1 und AZ1 von 1941 [188]).

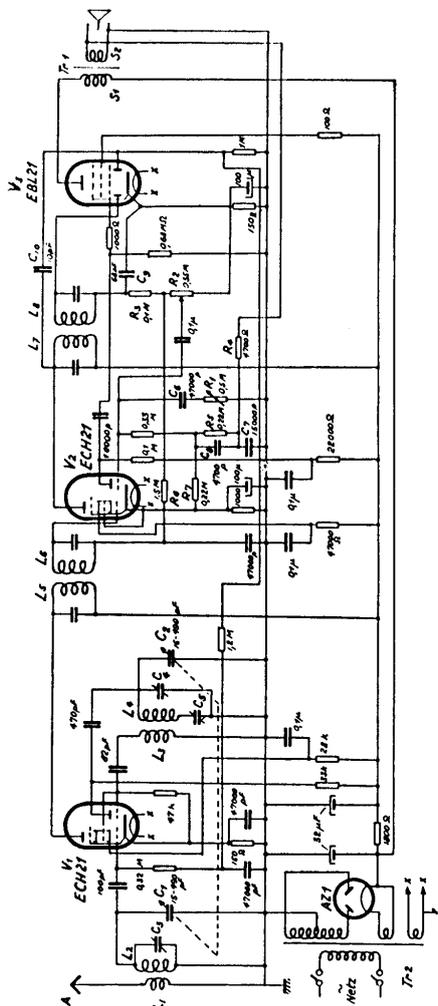


Bild «Z1» T91 [169-176]
Grundschiung eines oft gebauten Superhets

1940/41 bringt **Philips** ausser den mit der ECH4 (UCH4) schaltungsgleichen Schlüsselröhren ECH21 und UCH21 das besonders kompakte Radiomodell 203/204 («Kommissbrot») sowie ähnliche Modelle (z.B. 656A, 656A und U) auf den Markt. Nach Ende des Krieges variieren viele Firmen dieses Konzept und es entstehen etwa hundert sich immer wieder ähnelnde Radiomodelle, die auch ein magisches Auge (z.B. EM4) enthalten können. Mit der 20D4 entsteht auch in den USA dieser Röhrentyp. In Europa setzt man das Konzept mit der ECH71 und UCH71 (baugleich mit den Schlüsselröhren von Philips), der ECH81, UCH81, HCH81 und ECH83 (ECH84, ECH200) fort. Die vorgestellte Schaltung mit 2x ECH21, EBL21 und AZ1 entspricht den Modellen **Philips** 442A und 442AT mit KW, MW und LW. Mit Gegenkopplung versehen gewinnen diese Modelle an Tonqualität. Dieser Zusatz ist nicht ganz typisch für diese eher preisgünstigen Apparate, erweitert aber unser Verständnis für andere Schaltpläne. Die ohne Wellenbereichumschaltung und mit einigen Vereinfachungen

gezeigte Grundschiung aus [169] ist funktionstüchtig und dient einem ersten Überblick. Die Erklärungen beziehen sich auf den Schaltplan des **Philips** 442. Dabei handelt es sich um einen Super mit sechs abgestimmten Kreisen, d.h. dem Vorkreis, dem Oszillatorkreis und vier ZF-Kreisen. Insgesamt enthält der Apparat etwas über hundert elektrische Bauteile, davon 29 Widerstände und 44 Kondensatoren (inkl. Trimmer etc.). In der Folge ist jedes dieser Bauteile mit seiner Bedeutung erwähnt. Das Radio benötigt etwa 50 Watt an 220 Volt Wechselstrom; die Gleichspannung über dem Ladekondensator beträgt ca. 280 Volt - dies zum Vergleich mit den heutigen «Ein-Chip-Radios».

Mindestens ebensooft kommen ähnliche Schaltungen für die Allstromausführung mit 2x UCH21, UBL21 und UY21 oder UY1/N vor. Es handelt sich bei der «UY» um eine indirekt geheizte Einweg-Gleichrichterröhre. Wie das entsprechende Bild zeigt, kommt der Apparat mit etwa 80 % der Bauteile und ohne Netztrafo aus.

Schaltungsanalyse

Zuerst interessiert der Ablauf des Empfangssignals von der Antenne bis zum Lautsprecher inkl. Oszillator. Die Aufgaben der verschiedenen Stufen und Bauteile sowie deren Namen sind durch Plan und Beschreibung leicht überschaubar. Danach untersuchen wir die Anordnungen für Fadingausgleich, Gegenkopplung, Netzteil und die übrigen Bauteile.

Antennenkopplung

Bei unserem Beispiel handelt es sich um eine angepasste, **aperiodische Ankopplung** der Antenne. Eine Vergrößerung der Spiegelfrequenzunterdrückung würde sich durch das Einbeziehen des Antennenkreises in die Abstimmung mittels eines Dreifach-Drehkos ergeben (Super mit sieben abgestimmten Kreisen). Zusätzliche Verstärkung durch eine Vorröhre könnte sowohl Leistung als auch Selektivität weiter steigern und man hätte zudem Reserve für einen perfekten Schwundausgleich.

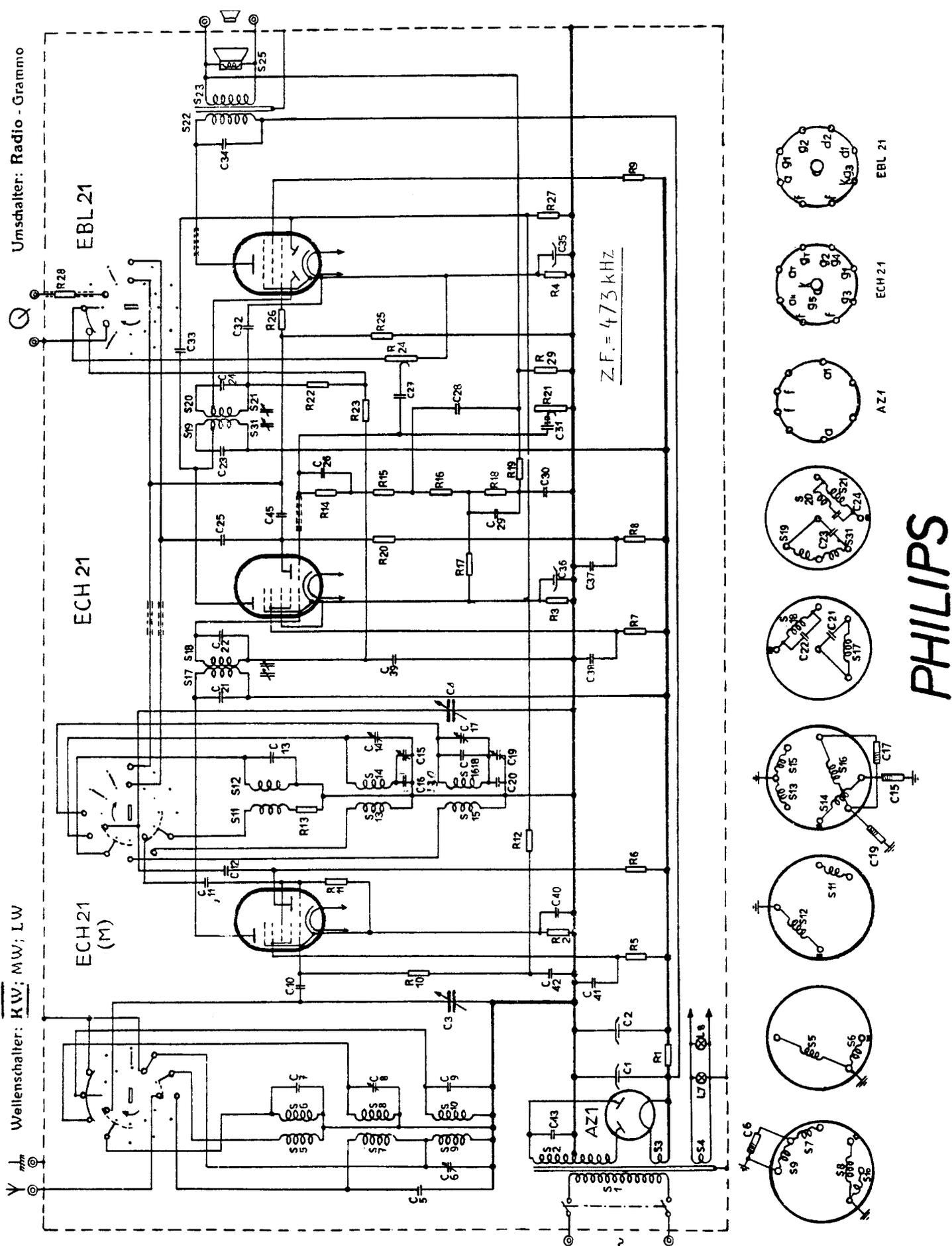
In unserem Fall fließt das Empfangssignal über den Antennenstecker und je nach Stellung des ersten Wellenumschaltersegmentes über die **Antennenkopplungsspule S5** (für KW, wie eingestellt), **S7** (für MW) oder **S7** und **S9** (für LW), wobei bei MW und LW der Kondensator **C5** von 68 pF einwirkt.

Bei LW ist zusätzlich der Trimmer **C6** (bis 200 pF) eingeschaltet (sonst an Masse). Er dient als einfachstes **Spiegelfrequenzfilter**. Beim Abgleichen des Empfängers trimmt man ihn zuletzt bei einem an der Antenne zugeführten Signal von 1106 kHz (2x ZF 473 kHz plus Empfangsstelle) sowie der Einstellung auf LW und 160 kHz auf minimale Ausgangsleistung.

Vorkreis

Der «Vorselektions-Abstimmkreis» besteht aus den Spulen **S6** (KW), **S8** (MW), **S10** (LW) mit den Kondensatoren **C7** von 12 pF und **C9** von 22 pF sowie dem Trimmer **C8** (2,5-20 pF). Mit C8 kann man den Vorkreis bei Mittelwelle (mit 1430 kHz an Antenne) auf maximale Ausgangsleistung trimmen. Die Original-Anleitung schlägt abwechslungsweise Nachstimmen von C8 und C14 vor. Andere Modelle führen Trimmer für jeden Wellenbereich.

Je nach Stellung des ersten Wellenschaltersegmentes kann eine der Vorkreissspulen zusammen mit dem **Drehkondensator**



PHILIPS

Bild T92 (Schaltplan Philips)

C3 (11-490 pF) schwingen; die langwelligeren Spulen sind kurzgeschlossen. Über den **Kopplungsblock** C10 von 100

pF gelangt die selektierte HF-Spannung an das erste Gitter des Heptodensystems der Mischröhre ECH21 (M).

Oszillator

Im Triodenteil der Mischröhre erzeugt der Apparat die Oszillatorschwingung. Dabei arbeitet der Oszillator **mit abgestimmtem Anodenkreis**, der über **C12** von 470 pF angekoppelt ist. Dieser Kreis besteht in der Hauptsache aus den **Oszillatortspulen S12** (KW), **S14** (MW), **S16** (LW) mit Paddings und Trimmern sowie dem mit C3 mechanisch verbundenen **Drehkondensator C4** (11-490 pF). Die Zuschaltung der Spulen erfolgt über das zweite Segment des Wellenumschalters, das zugleich die **Rückkopplungsspule S11, S13** oder **S15** über den Kondensator **C11** von 82 pF zur «Schwingungsanfachung» an das Gitter der Triode legt. C11 dient zum Abblocken der Gittervorspannung, die sonst über den äusserst niedrigen Gleichstromwiderstand der Spule abfliessen könnte. Die Gitterwechselspannung führt man zwecks multiplikativer Mischung auch dem dritten Gitter des Heptodenteils zu. Der Oszillator erzeugt sich durch den Spannungsabfall des durch den Widerstand **R11** von 47 Kiloohm fliessenden Gitterstroms die geeignete Vorspannung. Die **Paddings** dienen zur Erzielung der um die ZF höheren Oszillatorschwingung baugleicher und zusammengebauter Drehkos. Der englische Ausdruck **padding** heisst «polstern» oder «Füllwerk». Diese Paddings finden sich gerne als (verstellbare) **Serienkondensatoren** zum Drehko des Oszillators. Hier ist es der Widerstand **R13** von 15 Ohm für KW, **C16** von 330 pF und parallel dazu der verstellbare **C15** (bis 200 pF) für MW sowie **C20** von 100 pF und wieder parallel dazu der verstellbare **C19** (bis 200 pF). Die Serienkondensatoren C15 und C19 gleicht man bei eingedrehtem Drehko ab.

Die der Spule parallelgeschalteten **Trimmer (Paralleltrimmer) C14** (2,5-20 pF) für MW und **C17** von 32 pF mit dazu parallelem Festkondensator **C18** von 56 pF für LW sind für den Abgleich bei ausgedrehtem Drehko bestimmt - auch wenn die Original-Abstimmweisung das anders ausdrückt. Bei LW ist wegen nichtabgleichbarem Vorkreis zwangsläufig der Oszillatorkreis abzustimmen. Man zieht den Oszillatorkreis mit dem Multivibrator auf maximale Ausgangsspannung und stimmt somit auf den Vorkreis ab. Generell kann man von dem unter den allgemeinen Erklärungen über den Abgleich abgebildeten Prinzip eines Oszillatorteils mit **Verkürzungskondensator** (S) und Parallel- oder Trimmkondensator (P) sprechen. Dabei handelt es sich um getrennte Schwingkreise für drei Bereiche [124]. Bei diesem Modell sind die KW nicht abstimmbare, da weder der **Parallelkondensator C13** von 10 pF im Oszillatorkreis noch der C7 im Vorkreis veränderbar ausgeführt ist. Spulenabgleich ist nur bei den ZF-Kreisen vorgesehen.

ZF-Stufen

Von der Anode des Heptodenteils der Mischröhre gelangen die Empfangsfrequenz, die Oszillatorfrequenz und die aus den beiden Frequenzen resultierenden Mischprodukte an den ersten ZF-Filter, der aus den Spulen **S17** und **S18** sowie den parallelen Kondensatoren **C21** und **C22** von je 103 pF besteht. Dieser **Filter** bevorzugt die ZF von 473 kHz und unterdrückt die anderen Schwingungen stark. Die ZF gelangt ab dem Sekundärkreis direkt an das Steuergitter des als HF-Pentode geschalteten Heptodenteils der zweiten Röhre, wobei der Kondensator **C39** von 47 nF den Abfluss der Gittervorspannung und Regelspannung verhindert, jedoch den Kreis für die ZF schliesst. Die Anode führt die verstärkte ZF-Spannung dem zweiten ZF-Transformator mit den Spulen **S19/S31** und **S20/S21** und den Kondensatoren **C23** und **C24** von je 103 pF zu. Diese etwas kompliziertere

Anordnung wählt man, um den Schwingkreis durch die beiden Dioden nicht voll zu belasten. Die Durchlassbandbreite der beiden ZF-Filter beträgt etwa 9,5 kHz.

Demodulation

Die über der Spule S21 entstehende Spannung speist die **Demodulatordiode** (Signaldiode) der Endröhre. Die ZF gelangt einerseits an diese Dioden-Anode, andererseits über den Kondensator **C32** von 68 pF an die Kathode. Der bei der Demodulation entstehende pulsierende Gleichstrom fliesst über **R22** von 100 Kiloohm und den Lautstärkereger (Potentiometer) **R24** von 350 Kiloohm zur Kathode der Endröhre.

NF-Verstärkung

Die durch die Demodulation erzeugte NF gelangt über den Kopplungsblock **C27** von 100 nF an das Triodengitter der zweiten ECH21. Die Leitung schirmt man gegen Fremdeinflüsse ab. Bei Stellung «Grammophon» des Umschalters gelangt über den Anpassungswiderstand **R28** von 100 Kiloohm die NF einer angeschlossenen Schallquelle in diese Leitung. Durch das Potentiometer **R21** von 0,5 Megohm als **Tonblende** und den frequenzbestimmenden Kondensator **C31** von 47 nF lässt man einen Teil der hohen Tonfrequenzen gegen Masse vernichten.

Von der Anode des Triodensystems als NF-Vorstufe gelangt das verstärkte Signal über den Kopplungsblock **C45** von 470 pF und über den Gitterseriewiderstand **R26** von 1 Kiloohm an das Steuergitter der Endröhre. Das Gitter erhält seine Vorspannung durch den **Gitterableitwiderstand R25** von 0,68 M Ω .

Bei Stellung MW, LW oder Grammophon kommt parallel zum C45 der Kondensator **C25** mit 10 nF zum Einsatz. Der Gitterseriewiderstand R26 unterdrückt die Erregung unerwünschter HF-Schwingungen in der Endröhre. Die Endröhre gibt die Sprechleistung an den Ausgangstransformator mit den Spulen **S22** und **S23** ab. Die Sekundärspule S23 mit einem Gleichstromwiderstand von 0,8 Ohm speist die Schwingungsspule **S25** des permanentdynamischen 4-Ohm-Lautsprechers.

Automatischer Schwundausgleich (ASG)

Diese Einrichtung nennt sich auch automatische Lautstärkeregelung (**ALR**), Fadingausgleich oder **AGC** (automatic gain control) und ist in unserem Beispiel (nur) zweistufig und als **Rückwärtsregelung** ausgeführt.

Mit einer **Zeitkonstante** von normalerweise 0,1 bis 0,3 Sekunden verhütet man, dass die Tonfrequenzen selbst einen Regelungsvorgang bewirken; man glättet den pulsierenden Gleichstrom. Multipliziert man bei den Siebgliedern R12/C42 den Widerstand in Megohm und den Kondensator in Mikrofarad miteinander ($R \times C$), ergibt das Produkt die Zeitkonstante in Sekunden.

Verzögerte Regelspannung:

Die **Regelspannungserzeugung für die Mischröhre** erfolgt durch ZF-Spannung an der ZF-Spule S31, die über **C33** von 10 pF an die zweite (rechte) Dioden-Anode der Endröhre gelangt. Dieses Signal ist um die Spannung über dem Kathodenwiderstand der Endröhre vorgespannt. Dadurch entsteht im zweiten Diodensystem erst dann eine Regelspannung, wenn das ZF-Signal eine gewisse Intensität überschreitet. Das erste Gitter der Mischröhre erhält also über **R10** von 0,82 Megohm (normal 0,32) eine **verzögerte Regelspannung**, damit schwache Sender noch zu empfangen sind. Der Aufbau einer Zeitkonstante ist wichtig, die Verzögerung der Regelung hingegen kann fehlen. Der Kathodenwiderstand der EBL21 mit dem grossen Ableitkondensator sorgt hier (typischerweise) für die Verzögerung. **R27** mit 1 Megohm bildet den Belastungswiderstand der Regeldiode. **R12** mit 1,2 Megohm und **C42** mit 47 nF verhindern

als Siebglieder auch, dass NF in den Gitterkreis der geregelten Stufe gelangt [123]. Über R12 und R10 erhält die Mischröhre auch die minimale Gittervorspannung. Als **zweite Stufe des Schwundausgleichs** gelangt der Mittelwert der Gleichspannung, die über dem Potentiometer auftritt, durch den Filterwiderstand R23 von 1,5 Megohm an das erste Gitter der zweiten Röhre als Regelspannung. S18 bildet für den Gleichstrom praktisch keinen Widerstand und lässt dieses Signal passieren.

Gegenkopplung

Von der Sekundärwicklung des Ausgangstransformators (S23) wirkt die Tonfrequenzspannung über ein relativ kompliziertes **Schaltungsnetzwerk** auf den Gitterkreis der NF-Triode ein. Durch geeignete Wahl der Werte von R29 (33 Kiloohm), R19 (4700 Ohm), R18 (0,22 Megohm), R17 (0,22 Megohm), R16 (68·000 Ohm), C28 (470 pF), C30 (15 nF) und C29 (4700 pF) erreicht man einen bestimmten Grad der Gegenkopplung für verschiedene Tonfrequenzbereiche, um die Gesamtfrequenzkurve günstig zu beeinflussen. Die nicht oder wenig der Gegenkopplung unterliegenden Frequenzen behalten allerdings ihre Oberwellen. Die Gegenkopplung beseitigt vor allem die 3. Oberwelle. Die Ankopplung an das Gitter erfolgt über R15 von 0,33 Megohm, R14 von 1,2 Megohm und C26 von 5600 pF. Bei frühen Schaltungen entnimmt man gelegentlich einer zweiten Sekundärwicklung des Ausgangstransformators die Spannung und erreicht damit eine Gegenkopplung oder eine tonfrequente Rückkopplung je nach Stellung des Lautstärkereglers [195]

Netzteil

Die Stromversorgung des Gerätes enthält einen Netztransformator mit sekundärer Wicklung; dabei gelangt die Netzspannung über einen doppelten Schalter an die Primärspule S1. Die indirekt geheizten Empfangsröhren und die zwei Skalenlampen L7 und L8 erhalten die Spannung von der Heizwicklung S4 für 6,3 Volt. Der Netzgleichrichter für die Anodenspannung verwendet die direktgeheizte Zweiweg-Gleichrichterröhre AZ1. Dabei liegt die Mitte der **Anodenwicklung S2** an Masse und bildet die elektrische Erde. Die Heizwicklung für die Gleichrichterröhre S3 führt gleichzeitig die Anodenspannung. Der **Ladekondensator C1** von 45 Mikrofard und der **Siebkondensator C2** von 32 Mikrofard bringen soviel Kapazität, dass keine Siebdrossel nötig ist, sondern der **Siebwiderstand R1** von 1800 Ohm (1,5 Watt) genügt. C43 von 22 nF wirkt als **Entstörkondensator**. Die an Erde gelegte **Schutzwicklung** zwischen Primär- und Sekundärwicklungen des Netztrafos verhindert zudem den **Modulationsbrumm** durch **Längskapazität** des Trafos

Weitere Bauteile

Die Anoden der Heptodenteile erhalten die volle Spannung über die entsprechende primäre ZF-Spule, die dem Gleichstrom lediglich 7,5 Ohm (bzw. 3 Ohm beim zweiten ZF-Kreis) Widerstand entgegensetzt. Die Anode des Oszillators erhält ihre Spannung über R6 von 33 Kiloohm (1 Watt), die der NF-Vorstufe (Triodenteil der zweiten ECH21) über das **RC-Glied**. Dieses, bestehend aus R8 von 22 Kiloohm und C37 von 100 nF, dient zur weiteren **Siebung** der Anodenspannung. R20 von 100 Kiloohm wirkt mit C37 als RC-Glied zur **Entkopplung** der Apparateile voneinander und verhindert damit, dass auf dem Wege über die Stromversorgung störende gegenseitige Beeinflussungen auftreten. Gleichzeitig setzen die beiden Widerstände den Anodenstrom auf die gewünschte Spannung herab. Die Anode der End-Pentode erhält die volle, noch ungesiebte Spannung über die primäre Wicklung des Ausgangstransformators, wobei die Leistung an dessen Gleichstromwiderstand von

700 Ohm bzw. dessen Arbeitsimpedanz anfällt. Der Kondensator C34 von 4700 pF lässt HF-Reste passieren und dämpft Frequenzprodukte, die über der Durchlasskurve der ZF-Filter liegen. Die Schirmgitter der drei Empfangsröhren erhalten ihre Spannungen über die **Schirmgitter-Vorwiderstände** (Rsg) R5 von 28 Kiloohm (2 Watt), R7 von 47 Kiloohm (1 Watt) und R9 von 100 Ohm. R9 verhindert lediglich das Auftreten von unerwünschten HF-Schwingungen und soll sich in der Nähe des Schirmgitters befinden. C41 und C38 von je 100 nF bilden mit dem entsprechenden Widerstand zusammen wieder ein RC-Glied zur gegenseitigen Entkopplung. Mit zunehmendem Elektronenstrom wächst auch der Schirmgitterstrom und der Spannungsabfall am Rsg steigt; die Schirmgitterspannung sinkt. Mit steigender Regelspannung am Steuergitter erhält damit die Kennlinie der Röhre eine flachere Lage, der gradlinige Teil aber bleibt in seiner Grösse unverändert. Röhren für **gleitende Schirmgitterspannung** vermeiden so nichtlineare Verzerrungen. Alle drei Empfangsröhren besitzen einen **Kathodenwiderstand**, R2 von 150 Ohm, R3 von 1000 Ohm, R4 von 150 Ohm zur Herstellung einer minimalen Gittervorspannung. Parallel dazu finden sich die **Ableitkondensatoren** C40 von 47 nF, C36 und C35 für die Wechselfrequenzen, die beiden letzteren in Form von Elektrolytkondensatoren von je 100 Mikrofard, damit auch bei tiefen Tönen die Gittervorspannung nicht im Takt der NF mitschwingt.

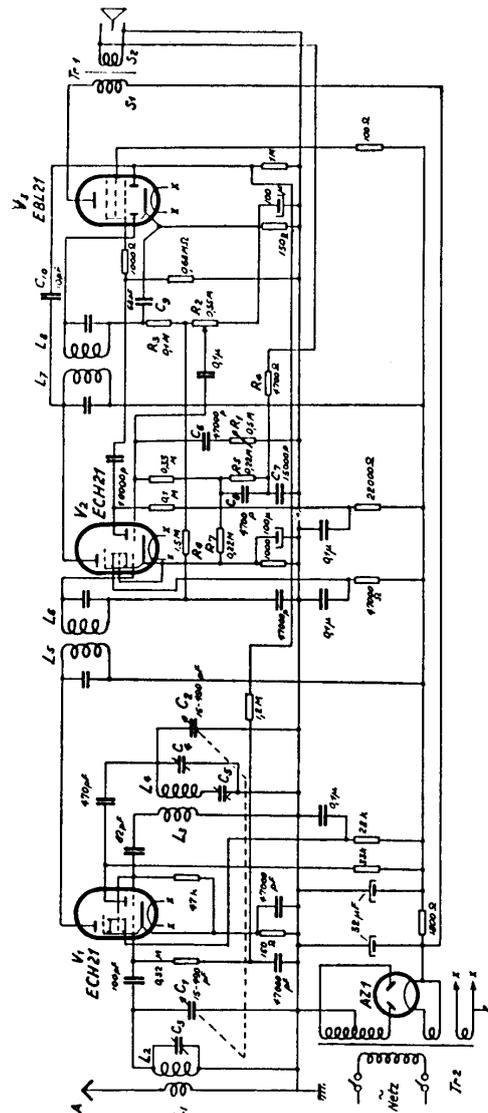


Bild «Z1» T93 [Schema aus Lange-Nowisch]
Schaltplan für das Allstrommodell Philips 204U

Die Mittelabzapfung der Netztrafo-Anodenwicklung bildet immer den negativsten Punkt der Schaltung. Statt mit Kathodenwiderständen gewinnt man die Gittervorspannung oft durch zwei Widerstände - typisch sind 70-80 Ohm und 40 Ohm - vor der Zuführung dieser Spannung an die Masse. Zwischen diesen beiden Widerständen schliesst man die «kalten» Enden des Potentiometers (nicht immer), die sekundären ZF- und Vorkreis- spulen und/oder das Steuergitter der Mischröhre an. In diesem Fall führt das Chassis eine um ca. 6 Volt höhere Spannung als die Mittelabzapfung der Anodenwicklung.

QUALITÄT DER EMPFÄNGER

Die Leistungsfähigkeit eines Radios hängt vom technischen Aufwand ab. Durch Verstimmung, Alterung bzw. Abnutzung - vor allem bei den Röhren - oder leichte Defekte kann der Apparat jedoch einen Grossteil seiner Leistung einbüßen. Es ist schwierig, ein Gerät zu beurteilen, wenn nicht ein tadelloses Vergleichsmodell oder kostspielige Messapparate zur Verfügung stehen. Vor allem differieren die örtlichen Empfangsverhältnisse. Einige Beurteilungen fallen dann leicht, wenn man das Gefühl für die mögliche Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Konstruktionen aus verschiedenen Epochen schon kennenlernen konnte. Uns interessiert hier vor allem die Leistung des HF-Teils im Vergleich zu anderen Schaltungen. Die wichtigsten Parameter sind Empfindlichkeit (inkl. NF-Verstärkung), Selektivität und beim Super zusätzlich die Spiegelfrequenzunterdrückung [169]. Natürlich könnte man auch die Güte der Schwundregelung oder die Frequenzstabilität prüfen. Neben den drei hier behandelten Punkten gibt es zahlreiche weitere, für uns im Zusammenhang mit ins Auge zu fassender Reparatur und/oder Abgleich weniger wichtige Kriterien wie Qualität des NF-Verstärkers, des Lautsprechers, mechanischer Aufbau etc.

Empfindlichkeit

Zur Bestimmung der Empfindlichkeit gibt man ein zu 30 % moduliertes Signal an die Antenne und misst die tonfrequente Ausgangsleistung. Das notwendige Signal in Mikrovolt zur Erzeugung von 50 Milliwatt am Ausgang definiert die Empfindlichkeit. Die bei Röhrenempfängern erreichbare Empfindlichkeit beträgt 1 Mikrovolt. Allerdings ist die Störspannung bei MW und LW grösser und dieser Wert nützt nur bei den höheren Frequenzen der KW, sofern das **Empfängerrauschen** nicht höher liegt. Bei zu hohem Rauschpegel stimmt meistens die Mischstufe nicht. Die Empfindlichkeit sollte zudem überall etwa den gleichen Betrag erreichen. Typisch sind z.B. bei einem Super mit ECH21, 2x EF22 und EBL21 Empfindlichkeiten von 15-50 Mikrovolt im MW- und LW-Bereich und 3-8 Mikrovolt im KW-Bereich [123]. Empfindliche Apparate kann man ohne Messgeräte gut beurteilen, wenn man auf das Störgeräusch zwischen den Sendern achtet. Ist der Apparat an bestimmten Stellen «still», bedeutet das mangelhafte Empfindlichkeit für diese Empfangsstellen. Unter 20 m Wellenlänge fehlt allerdings je nach Tageszeit der Geräuschpegel. Mit Funken (Lichtschalter etc.) lassen sich auch diese Frequenzen beurteilen.

Selektivität

Zur Bestimmung der **Trennschärfe** misst man zunächst die Empfindlichkeit auf der abgestimmten Frequenz und danach bei gleicher Abstimmung bei 9 kHz ober- und unterhalb dieser Frequenz. Das Verhältnis der Empfindlichkeit zwischen dem Emp-

fangspunkt und dem Mittel der Nebenstellen ergibt die Selektivität im Nahfeld. Die Weitabselektivität ergibt das Messen mit entsprechendem Frequenzabstand. Ein typisches Verhältnis für den 6-Kreiser der 40er Jahre ist 1:100 bei 9 kHz und 1:1000 bei 14 kHz Verstimmung. Ohne Messgerät benutzt man den Lokalsender oder einen starken Sender und prüft, ob dieser bei schwachen Stationen «hereindrückt». Dabei hilft ein Vergleichsempfänger, mit dem man abwechselnd die Versuche wiederholt.

Spiegelfrequenzunterdrückung

Bei Superhets ist diese Prüfung auf den KW-Bändern wichtig. Die Unterdrückung ist dort auch schwieriger als auf LW und MW. Man ermittelt mit dem Prüfsender bei fix eingestelltem Empfänger die Empfindlichkeit jeweils auf der Empfangsfrequenz und auf der Spiegelfrequenz, d.h. auf einer Frequenz, die um den zweifachen Betrag der ZF höher ist. Das Verhältnis (Weitabselektion) soll möglichst gross sein. Ein 6-Kreis-Super der 40er Jahre weist folgende typische Werte auf: Bei 200 kHz 1:2000, bei 600 kHz 1:500-1:1000, bei 6 MHz 1:5-1:10. Ohne Messgeräte lässt sich dies, speziell bei KW, schätzen, indem man einen möglichst starken Sender einstellt und sich dessen Einstellung sowie die Art seiner Emission genau merkt. Als Abstimmanzeige kann das magische Auge dienen. Nun verstellt man den Apparat um die doppelte ZF in Richtung zu niederen Frequenzen hin. Wahrscheinlich ist der Sender hier ebenfalls - wenn auch bedeutend schwächer - hörbar. Je schlechter der Empfang dieser Station hier ausfällt, desto besser ist der Apparat. Es empfiehlt sich, das Experiment mit verschiedenen Sendern zu wiederholen. Bei guten Apparaten ist die Norm bei MW ein Verhältnis von 10:000:1 bis 100:000:1 oder besser, wobei es bei zunehmender Frequenz abnimmt und bei 15 m ein Verhältnis von 500:1 hervorragend ist. Nach einigen Versuchen mit gut und schlecht abgestimmten Empfängern erkennen Sie deren Zustand schon nach oberflächlichem Durchdrehen des Stationswählers. Ein Apparat mit besonders schlechter Spiegelfrequenzunterdrückung zeigt an verschiedenen Stellen Interferenzpfeiftöne. Apparate mit mehr als einem abgestimmten Vorkreis weisen eine wesentlich bessere Spiegelfrequenzunterdrückung auf. Beispielsweise kommt öfters ein induktiv angekoppeltes **Bandfilter** im Eingang vor. Um eine annähernd konstante Bandbreite über den gesamten Wellenbereich zu erreichen, verwendet man gerne eine kapazitive Kopplung mit einem Quer- und Längskondensator. Zwei Segmente des Drehkos dienen zur Abstimmung dieser Kreise. Der 7-Kreis-Superhet kann natürlich auch eine Vorröhre enthalten, um die Empfindlichkeit wesentlich zu steigern. Man verwendet meistens ebenfalls den 3fach-Drehko, also 7 abgestimmte (davon 3 abstimmbare) Kreise. Damit lassen sich neben besserer Empfindlichkeit und Spiegelfrequenzunterdrückung auch Reserven für maximale automatische Regelungen, Gegenkopplung etc. schaffen.

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

Copyright Ernst Erb