

Neue Gesichtspunkte zur Gestaltung des UKW-Teils neuzeitlicher Rundfunkempfänger

Von Eugen Haag, Karlsruhe

Störstrahlungsfreiheit und Chassisaufbau

Aufbau und Schaltung der ersten UKW-Empfänger nach dem Kriege unterschieden sich im Prinzip nicht von den herkömmlichen AM-Empfängern. Die AM-Mischröhre wurde meist in derselben Funktion auch für UKW verwendet. Erst im Zuge der Weiterentwicklung entstanden besondere UKW-Mischteile. Der Wunsch nach größerer Verstärkung brachte die UKW-Vorröhre, für die zunächst eine Pentode, später, aus Gründen niedriger Rauschzahl, die Triode verwendet wurde.

Mit der Einführung des Fernseh-Rundfunks ergab sich als weitere Forderung die Störstrahlungsfreiheit des UKW-Empfängers. Die ersten Messungen zeigten sehr unbefriedigende Ergebnisse, denn die Störstrahlung lag zum Teil über dem 100-fachen Betrag des von der Bundespost empfohlenen Grenzwertes. Den aussichtsreichsten Weg zur Unterdrückung von Störwellen bot zunächst die völlige Kapselung des strahlenden Oszillatorteils in einem getrennten Baustein. Diese Bauweise ist im Hinblick auf die leichte Austauschbarkeit des gesamten HF-Teiles bei auftretenden Fehlern in kommerziellen Geräten von Vorteil. Wegen der erhöhten Baukosten ist sie jedoch nicht ohne weiteres auf den Rundfunkgeräteebau zu übertragen.

Es ergab sich somit die Aufgabe, Störstrahlungsfreiheit selbst bei offener Bauweise unter Verwendung gewöhnlicher Rundfunkempfänger-Chassis zu erzielen. Bei einer solchen Bauweise entfallen alle bei der Kästchenbauart zusätzlich benötigten Bauteile und Lötstellen. Alle Teile sind auch im fertigmontierten Zustand leicht zugänglich, was insbesondere bei späteren Reparaturen einen großen Vorteil bietet.

Als Störstrahlung kommt hauptsächlich die zweite Harmonische im Fernsehband III in Betracht, die auf verschiedenen Wegen abgestrahlt werden kann. Die Störquelle ist die Mischröhre. In ihr entstehen Oberwellen auf zweifache Weise. In der Hauptsache sind Verzerrungen des Anodenstromes der Anlaß. Die von der Oszillatortension durchgesteuerte Röhrenkennlinie verursacht durch ihre parabelähnliche Form einen beträchtlichen Oberwellengehalt des Anodenstromes. Dabei entsteht im wesentlichen die zweite Harmonische, deren Frequenz ins Fernsehband III fällt.

Die Größe des Anodenstromes dieser interessierenden zweiten Harmonischen ist von der Steilheit im Arbeitspunkt und der Größe der durchsteuernden Oszillatortension abhängig. Da die Mischteilheit von den gleichen Größen abhängt, sieht man, daß in der praktischen Dimensionierung ein Kompromiß zwischen größtmöglicher Verstärkung und geringstem Oberwellenstrom geschlossen werden muß.

Vermeidet man jedoch, daß an einem mit der Röhre verkoppelten Widerstand eine Oberwellenspannung erzeugt wird oder daß eine Stromerregung des Chassis stattfindet, dann läßt sich die Mischröhre auch im offenen Aufbau mit den üblichen Arbeitspunkten betreiben, ohne daß sich eine störende Strahlung bemerkbar machen kann. Da die Chassisabmessungen oft in der Größenordnung einer Viertelwellenlänge liegen und daher wie Antennen wirken können, ist es

wesentlich, daß zwischen den Massepunkten der Schaltung keine Chassisströme fließen.

Eine weitere Ursache für die Entstehung von Oberwellen ist die Spitzengleichrichtung am Gitter. Bei niederohmigem Gitterableitwiderstand wird die Kurvenform der Oszillatortension durch die in der Spannungsspitze leitende Gitter - Katodenstrecke verändert. Diese Oberwellen lassen sich jedoch durch Verwendung eines hinreichend großen Gitterableitwiderstandes ($R_g \geq 500 \text{ k}\Omega$) weitgehend vermeiden, wobei allerdings eine geringe Einbuße an Mischteilheit in Kauf genommen werden muß.

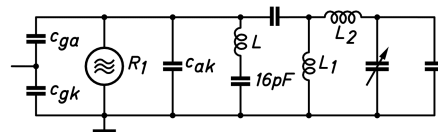


Bild 1. Ersatzschaltbild einer UKW-Mischröhre für die Oberwellen

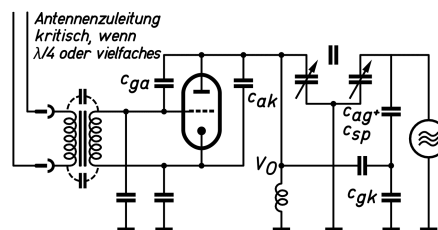
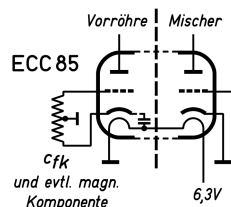


Bild 2. Kopplungswege des Oszillators auf die Vorstufe

Rechts: Bild 3. Kopplung über die Heizung der beiden Systeme



Oberwellenspannungen, die trotz Beachtung dieser Maßnahmen an verschiedenen Stellen der Schaltung auftreten können, lassen sich vermeiden, wenn darauf geachtet wird, daß im gesamten Gerät keine Resonanzgebilde für die zweite Harmonische vorhanden sind. Außerdem ist darauf zu sehen, daß alle Speiseleitungen zum HF-Teil, die auf strahlungsfähige Gebilde koppeln können oder eine größere Länge besitzen, für die zweite Harmonische verriegelt werden.

Bild 1 zeigt das Ersatzschaltbild der Mischröhre für die Oberwellen. Wie ersichtlich, läßt sich ein Kurzschluß dieses Generators durch eine genügend große Anoden-Katoden-Kapazität erreichen. Da einer willkürlichen Erhöhung dieser Kapazität durch die Rückkopplungsbedingungen des Oszillators Grenzen gesetzt sind, läßt sich der Kurzschluß für die Oberwelle mittels einer Serienresonanz durch Abstimmen der Eigeninduktivität des Parallelkondensators verbessern. Wichtig ist dabei eine elektrisch einwandfreie Masseverbindung der Katode; Schaltungen mit hochliegender Katode sind hierfür weniger geeignet. Die räumliche Größe des mit dem 16 - pF - Kondensator gebildeten Saugkreises ist so klein, daß keine nennenswerte direkte Abstrahlung zustande kommt. Der Drehkondensator wird über die Teilwicklungen der angezapften Oszillator-Induktivität L_1 ,

L_2 für Oberwellen verriegelt. Dieser Abgriff muß so liegen, daß L_2 mit den Abstimmkapazitäten und der möglicherweise über die Rückkopplungsinduktivität eingekoppelten Kapazität keinen Resonanzkreis im Oberwellengebiet bildet. Die offene Röhrenanode ist im Verhältnis zu $\lambda/4$ so klein, daß die an ihr noch anstehende Oberwellenspannung keine nennenswerte Abstrahlung verursachen kann, so daß sich eine besondere Abschirmung des Röhrenkolbens erübrigt.

Bei Beachtung aller angeführten Gesichtspunkte kann eine störende Chassisstrahlung ohne angeschlossene Empfangsantenne nicht auftreten. Da der Empfänger aber immer an eine Antennen-Zuleitung angeschlossen ist, die sich u. U. für die Oberwellen in Resonanz befindet, darf die an die Antennenbuchsen gelangende Oberwellenspannung einen bestimmten Wert nicht überschreiten. Bei der heute allgemein üblichen Trioden-Vorstufe (Bild 2) läßt sich eine Kopplung über die Röhren- und Schaltkapazitäten nicht vermeiden. Die in der Mischröhre erzeugten Oberwellen gelangen von Gitter und Anode infolge der kapazitiven und induktiven Verkopplung des Drehkondensators und durch die Kopplung zwischen Kreis und Rückkopplungsspule über die Vorröhre an den Eingangskreis, von wo sie vorzugsweise über die Streukapazitäten des Eingangübertragers an die Antennenbuchsen gelangen können. Ferner kommt noch eine Kopplung über die Heizung der beiden Systeme (Bild 3) zustande, besonders wenn eine Schaltung mit hochliegender Vorröhren-Katode verwendet wird.

Es ist deshalb notwendig, alle Vorstufenanschlüsse für die Oberwelle niederohmig zu halten, eine Kopplung auf den Eingangübertrager zu vermeiden und notfalls durch Resonanzgebilde oberwellenfreie Antennenbuchsen, sowohl zwischen den Antennenanschlüssen als auch von diesen gegen Chassis zu erzwingen. Hierbei können die vorhandenen Abstimmkapazitäten mit verwendet werden.

Bei Verwendung von Resonanzgebilden zur Unterdrückung von Oberwellen ist es im allgemeinen nicht möglich, das gesamte Band zu erfassen. Da die Strahlung meistens nur an einem Bereichsende ansteigt, wird man vorzugsweise dorthin die Eigenfrequenz der Resonanzkreise legen. Der Abriegelung der Vorröhre kann auch eine π -Schaltung dienen, bei der die Vorkreis-Induktivität als Längsglied eines LC-Tiefpasses dient.

Der Weg über die Kapazitäten der Vorröhre ist praktisch nicht zu sperren, da eine Neutralisation im umgekehrten Verstärkungswege nicht wirksam ist. Es wäre lediglich möglich, die Kapazitäten durch Induktivitäten wegzustimmen, was sich jedoch nachteilig auf die Verstärkung der Empfangsfrequenz auswirkt.

Neben der Unterdrückung der zweiten Harmonischen muß auch die Ausstrahlung der Oszillator - Grundwelle, vor allem im Bereich 108 bis 111 MHz, vermieden werden. Maßnahmen hierzu sind: Einwandfreie Einkopplung des Eingangskreises in den neutralen Punkt des Oszillators, Neutralisation der Eingangsröhre und Verhinderung einer direkten Einkopplung auf den Eingangübertrager.

UKW-Empfänger

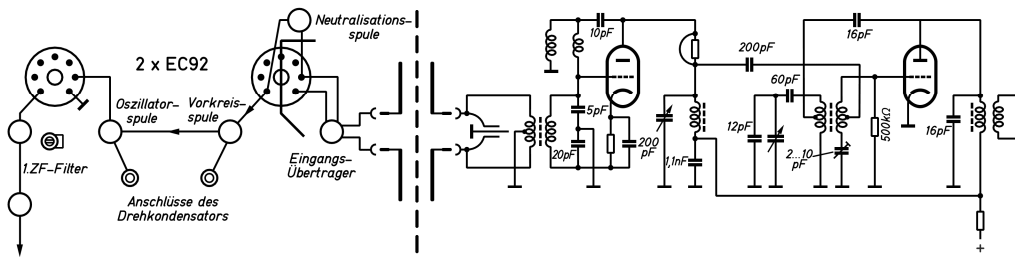


Bild 4. Schaltung eines UKW-Teiles mit zwei Trioden EC 92 (rechts) und konstruktive Anordnung (links)

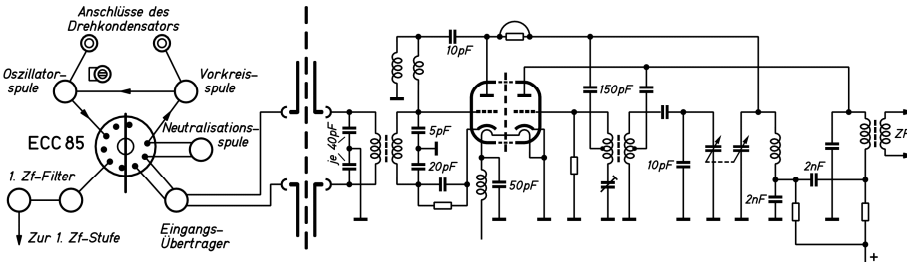


Bild 5. Schaltung eines UKW-Teiles mit einer Doppeltriode (rechts) und konstruktive Anordnung unter Berücksichtigung der hier behandelten Gesichtspunkte (links)

Bei der offenen Chassisbauweise werden zweckmäßig alle Bauelemente in einer Ebene montiert. Bild 4 und 5 zeigen den schaltungstechnischen und konstruktiven Aufbau des UKW-Teiles der nach den erörterten Gesichtspunkten entwickelten Empfangsgeräte, während Bild 6 und 7 den fertig montierten Aufbau wiedergeben.

Frequenzstabilisierung des UKW-Oszillators

Mit den steigenden Selektionsforderungen, verursacht durch den Ausbau des Sendernetzes, gewinnt die Frequenzkonstanz des Oszillators besondere Wichtigkeit. Die Frequenz des Oszillators ändert sich während des Betriebes durch die Erwärmung der Schwingkreiselemente. Dabei sind verschiedene Stadien zu unterscheiden. Während der zuerst eintretenden Erwärmung des Röhrenkolbens ändern sich die inneren Röhrenkapazitäten. Ihr Einfluß auf die Frequenz läßt sich durch einen genügend großen parallel geschalteten Kondensator sowie durch lose Ankopplung der Röhre an den Schwingkreis weitgehend vermeiden. Der zum Kurzschluß der Oberwellen an der Anode liegende Kondensator erfüllt diese Aufgabe

Nach dieser verhältnismäßig kurzen Periode überträgt die Röhre ihre überhöhte Temperatur über die Kontaktstifte und Zuleitungen auf die Schwingkreiselemente. Da hierbei nur ein Teil der Kreiselemente erfaßt wird, tritt als Folge ebenfalls eine Frequenzabweichung auf. Diesem Einfluß begegnet man durch möglichst wenig Verbindungsstellen Röhre — Kreis. Leitungen größeren Querschnitts und damit großer Wärmeableitung sind von Nachteil. Auch sollen die unmittelbar an die Röhre angelöteten Kondensatoren einen leicht negativen Temperaturkoeffizienten haben.

Durch diese Maßnahmen erreicht man eine gewisse Wärmeisolation und damit eine Verzögerung in der Wärmeübertragung auf die beteiligten Bauteile. Diese Verzögerung ist notwendig, um eine möglichst gleichmäßige Erwärmung aller Kreiselemente zu erreichen.

Die Gesamterwärmung des Gerätes setzt nämlich erst nach 10 bis 20 Minuten ein. Während dieser Zeit tritt eine Erwärmung aller Bauteile vornehmlich über das Chassis ein. In diesem Stadium müssen die Temperaturkoeffizienten aller Schwingkreiselemente sich gegenseitig aufheben. Maßnahmen zur Kompensation im zweiten Stadium würden jetzt das Gleichgewicht stören und die Frequenz würde sich laufend ändern.

Bei kapazitiver Abstimmung können im letzten Stadium mit Hilfe von Serien- und Parallelkapazitäten zwei Stellen des Empfangsbereiches kompensiert werden. Nimmt man an, daß der Drehkondensator bei allen Drehwinkeln den gleichen Temperaturkoeffizienten besitzt, dann läßt sich ein gegensinniger Einfluß herbeiführen: Positiver Frequenzgang am unteren und negativer Frequenzgang am oberen Ende. In der Bereichsmitte heben sich beide Einflüsse auf. Bild 8 zeigt als Beispiel den temperaturbedingten Frequenzgang bei den Siemens-Empfängern des Jahrganges 1955/56 als Funktion der Betriebszeit für drei verschiedene Frequenzen. Die insgesamt noch auftretenden Abweichungen sind auch bei sehr schmalbandigen Zf-Filtern belanglos.

Die Röhren-Taschen-Tabelle

des Franzis-Verlages wird ständig auf dem Laufenden gehalten. Nicht nur während des Druckes werden solche Röhren-Typen, die erst in letzter Minute bekannt werden, an auffällig gekennzeichnete Stelle eingefügt, auch später noch bemüht sich der Verlag um die Aufnahme neuer Röhren; sie werden, mit ihren Daten auf zusätzlichen Blättern zusammengestellt, in die jeweils vom Buchbinder aufzubindenden Posten eingeklebt. Diese Nachtragsblätter (Seite 14a bis 14d) werden auf Anforderung auch gern kostenlos abgegeben, wenn ein Freiumschlag eingesandt wird.

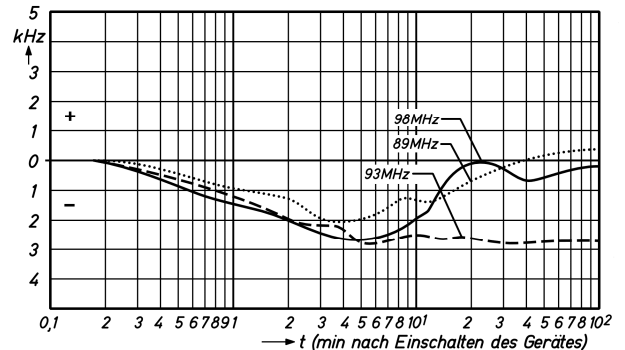


Bild 8. Frequenzgang des UKW-Oszillators bei drei verschiedenen Frequenzen

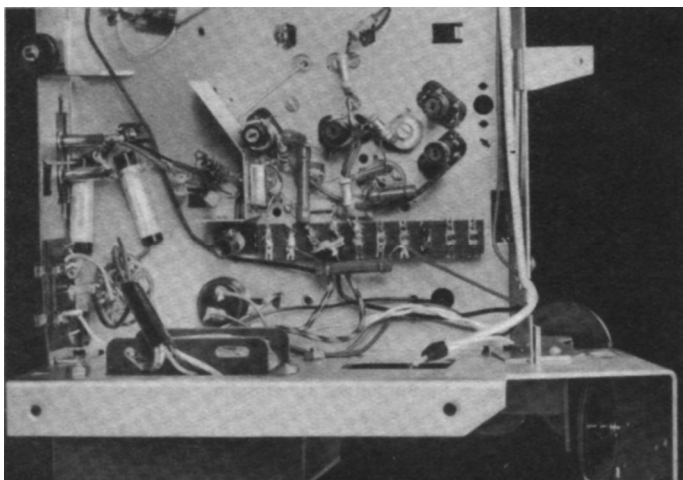


Bild 6. UKW-Aufbau des Siemens-Supers H 53

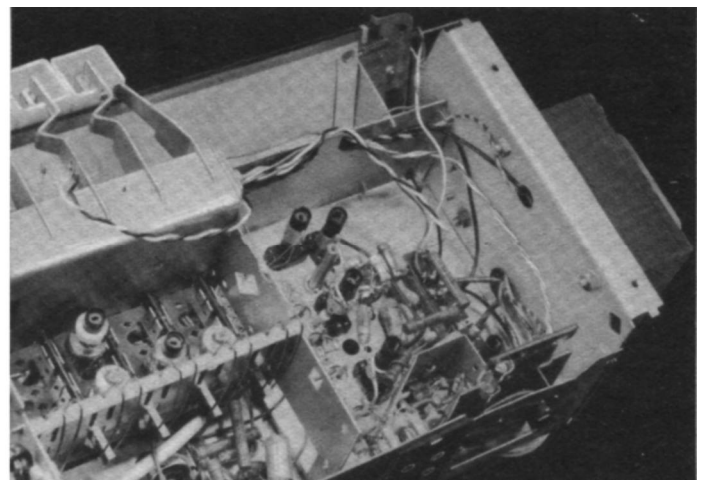


Bild 7. UKW-Aufbau des Siemens-Supers C 40