



Die Schaltungstechnik der 6,3/12,6 V Autoempfängerröhren bei 6,3 V Speisespannung¹⁾

Bei Verwendung gebräuchlicher Empfängerröhren mit den üblichen hohen Betriebsspannungen in „gemischt bestückten“ Autoempfängern gewinnt man die Speisespannung der Röhren durch Transformation der Wagenbatteriespannung mit Hilfe eines Gleichspannungswandlers. Diesen zusätzlichen Aufwand kann man durch Verwendung von Röhren vermeiden, die die gleiche Betriebsspannung wie die Transistoren des NF-Teiles haben und mit diesen gemeinsam direkt aus der Wagenbatterie gespeist werden. Solche Röhren für den direkten Anschluß an 12 V Batterien sind im Ausland bereits eingeführt. In Deutschland jedoch mußte man mit Rücksicht auf die in der Mehrzahl der Kraftfahrzeuge übliche Batteriespannung von 6,3 V und mit Rücksicht auf den UKW-Empfang zusätzliche Entwicklungsarbeit leisten. Das Ergebnis ist die bereits bekannte, aus 5 Röhren bestehende Reihe für 6,3/12,6 V Speisespannung mit den Typen ECC 86, ECH 83, EBF 83, EF 97, EF 98. Inzwischen sind auch mit diesen Röhren gebaute Seriengeräte herausgekommen. Der vorliegende Aufsatz soll einen Überblick über die Gesichtspunkte geben, die für die Auslegung von 6,3 V Schaltungen mit diesen Röhren maßgebend sind; die 12,6 V Schaltungen sind demgegenüber unproblematisch.

1	Einführung	36	4.1.1	HF-Vorstufe	47
			4.1.2	Mischstufe	50
2	Grundsätzliches zur Schaltungstechnik der 6,3 V Röhren	37	4.1.3	Gesamtverstärkung und Störstrahlung der UKW-Eingangsstufe	52
3	AM-Vor- und Mischstufen	38	4.2	Selbstschwingende Mischstufe mit der EF 98	52
3.1	AM-Mischstufe mit der ECH 83	38	4.2.1	Schaltung	53
3.2	Selbstschwingende AM-Mischstufe mit der EF 98.	38	4.2.2	HF-Kreis	53
3.2.1	Allgemeine Gesichtspunkte	38	4.2.3	Oszillatorschaltung und Mischverstärkung	54
3.2.2	Additive Mischung	39	4.2.4	Gesamtverstärkung und Rauschzahl	55
3.2.3	Multiplikative Mischung	41			
3.3	HF-Vorstufe	43			
3.4	Aussteuerbereich und Regelung von AM-Vorstufen	43	5	ZF-Verstärker	55
3.4.1	Schaltung a	44	5.1	Begrenzung in FM-ZF-Stufen	55
3.4.2	Schaltung b	44	5.1.1	Ursachen der Störmodulationserhöhung	55
3.4.3	Schaltung c	45	5.1.2	Schaltungstechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Begrenzung	57
3.4.4	Schaltung d	45	5.2	Aussteuerungsverhältnisse in der letzten ZF-Stufe	58
3.4.5	Schaltung e	46	5.2.1	Letzte AM-ZF-Stufe	58
3.4.6	Weitere Schaltungsmöglichkeiten	46	5.2.2	Letzte FM-ZF-Stufe	60
4	FM-Eingangsstufen	47			
4.1	Eingangsschaltung mit der ECC 86	47			

¹⁾ Diese Übersicht wurde nach Berichten von W. Aschermann, H. Bock, F. Meyer und W. Westendorf aus dem VALVO Applikationslaboratorium zusammengestellt von R. Schulz.

6	NF-Verstärker	61	7.1.1	AM-Teil	6
6.1	Schaltung mit OC 16 Endstufe	61	7.1.2	FM-Teil	6
6.1.1	Endstufe	61	7.1.3	NF-Teil	7
6.1.2	Treiberstufe	62	7.1.4	Blockschaltbild und Pegeldiagramm	7
6.1.3	Vorstufe	63	7.1.5	Stromversorgung	7
6.1.4	Meßwerte	63			
6.2	Schaltung mit 2-OC 30 Gegen- takt-Endstufe	64	7.2	Empfänger B	7
6.2.1	Endstufe	64	7.2.1	AM-Teil	7
6.2.2	Treiberstufe	65	7.2.2	FM-Teil	7
6.2.3	Vorstufe	66	7.2.3	NF-Teil	7
6.2.4	Meßwerte	66	7.2.4	Stromversorgung	7
			7.2.5	Blockschaltbild und Pegeldiagramm	7
7	Gesamtempfänger	67			
7.1	Empfänger A	67			

1 Einführung

Daß man bei den Röhren ECC 86, ECH 83, EBF 83, EF 97 und EF 98 auch mit den niedrigen, für Transistoren üblichen Speisespannungen noch nennenswerte Verstärkungsziffern bei ausreichendem Aussteuerbereich bekommt, ist auf verschiedene, teils konstruktive, teils schaltungstechnische Faktoren zurückzuführen, die z. T. gemeinsam die gewünschten Effekte bewirken. Der wichtigste konstruktive Faktor ist die Ausbildung großer Durchgriffe bzw. kleiner μ -Werte für die Anode und das Schirmgitter. Die Leerlaufverstärkung der ECC 86 ist z. B. nur $\mu = 14$ und bei der EF 98 ist μ_{g2g1} nur 3,6. Diese niedrigen Werte erreicht man durch entsprechend geringe Elektrodenabstände, so daß trotz der kleinen Elektrodenspannungen im Katodenraum Feldstärkeverhältnisse auftreten, die mit denen der üblichen Röhren noch vergleichbar sind und mit denen man, wenn auch niedrigere, so doch noch brauchbare Steilheiten erhält. Nachteilig ist, daß mit der Herabsetzung der Leerlaufverstärkung auch der Innenwiderstand abnimmt. Bei FM-Empfang fällt dieser Nachteil wegen der hier gebräuchlichen, verhältnismäßig niedrigen Kreisimpedanzen allerdings nicht besonders ins Gewicht. Bei AM-Empfang ist dadurch jedoch eine Erhöhung der Röhrenzahl bedingt.

Es ist nicht zu vermeiden, daß bei den niedrigen Anodenspannungen und den dadurch bedingten kleinen Aussteuerbereichen Gitterstrom auftritt. Man stellt bei diesen Röhren allgemein den Arbeitspunkt durch Vorspannungserzeugung mit Hilfe des Gitteranlaufstromes ein. Die Wahl des Gitterwiderstandes ist bestimmt durch einen Kompromiß:

Kleine Widerstandswerte führen zu geringer Vorspannung und damit zu hoher Steilheit, bedingen jedoch, abgesehen von ihrem direkten Einfluß auf vorgeschaltete Kreise, eine hohe Dämpfung durch Gitterstrom; mit wachsendem Widerstand sinkt diese Dämpfung, dafür wandert der Arbeitspunkt jedoch zu niedrigeren Steilheitswerten. Bei der Festlegung des Gitterwiderstandes braucht man auf die sonst vom Betrieb mit hohen Spannungen bekannten Grenzen sehr viel weniger Rücksicht zu nehmen, denn bei 6,3 V Speisespannung sind Gitterströme in Form von Isolations- oder Ionisationsströmen kaum mehr zu befürchten.

Die Größe des Kontaktpotentials zwischen den Gitterwindungen und der Katode ist unkritisch und hat bei Anwendung eines Gitterwiderstandes zur Vorspannungserzeugung keinen Einfluß auf die Verstärkungseigenschaften, da eine Änderung des Kontaktpotentials sowohl die Gitterstromkennlinie als auch die Anodenstromkennlinie in bezug auf die Gitterspannung verschiebt. Eine durch Parallelverschiebung der Gitterstromkennlinie verursachte Änderung der Vorspannung wird dann durch eine gleichzeitige Verschiebung der Anodenkennlinie praktisch wieder wettgemacht.

Dagegen kann man in besonderen Fällen durch Beeinflussung des Kontaktpotentials sehr wohl zu besseren Röhrendaten kommen. Bei der Spangitterkonstruktion der ECC 86 z. B. nimmt der Gitteranlaufstromes einen verhältnismäßig großen Anteil des Gitteranlaufstromes auf. Unterdrückt man diesen Teil des Gitterstromes durch Erhöhung der Austrittsarbeit des Rahmenmaterials, z. B. durch Vergolden, so verschiebt man die Gitterstromkennlinie in

Richtung positiver Werte der Gitterspannung. Die Anodenstromkennlinie bleibt davon unbeeinflusst, weil für diese nur die Kontaktpotential-Differenz zwischen den Gitterwindungen und der Katode maßgebend ist. Für gleichen Gitterwiderstand kommt man also durch Vergolden des Spanngitterrahmens zu höheren Anodenströmen im Arbeitspunkt.

2 Grundsätzliches zur Schaltungstechnik der 6,3 V Röhren

Die Eigenschaften der 6,3 V Autoempfängerröhren sind den Erfordernissen der AM/FM-Empfangstechnik angepaßt.

Die Zweifach-Triode **ECC 86** ist für die UKW-Vor- und Mischverstärkung bestimmt. Sie ist ähnlich wie die **PCC 88** mit Spanngittern ausgerüstet und hat eine zusätzlich herausgeführte innere Abschirmung, die ihre beiden Systeme voneinander trennt. In HF-Verstärkerstufen erreicht die **ECC 86** eine Steilheit von 2,6 mA/V, und die Mischsteilheit einer selbstschwingenden **ECC 86** Mischstufe liegt bei 0,8 mA/V. Die Rauschzahl einer **ECC 86** UKW-Eingangsstufe hat bei den normalen Betriebsdaten mit $F = 5$ ihr Optimum, wenn der an den Röhreneingang transformierte Antennenwiderstand etwa 800 Ω beträgt; die Störstrahlung des Oszillatorteils kann mit Hilfe der vorangeschalteten HF-Stufe auf 2 mV in der Grundwelle gehalten werden.

Die **EF 98** hat sehr vielseitige Verwendungsmöglichkeiten. Sie kann als Pentode oder Tetrode geschaltet für ZF-Verstärkerstufen und als Tetrode oder Triode geschaltet in NF-Treiberstufen verwendet werden. Außerdem ist sie auch als Mischröhre für AM-Empfang gut geeignet, wobei sowohl additive Mischung am Steuergitter wie multiplikative Mischung durch Aussteuerung des ersten und des dritten Gitters möglich sind. Als Triode geschaltet kann sie auch als UKW-Mischröhre benutzt werden. Die Geradeaussteilheit beträgt 1 bis 1,8 mA/V, je nachdem wie hoch die Schirmgitterspannung gewählt wird (3,2 bis 6,3 V). Bei der größeren Schirmgitterspannung erhält man die höheren Steilheitswerte, dafür aber einen kleineren Innenwiderstand. Als Treiberröhre kann die **EF 98** einen Transistor **OC 72** oder **OC 74** aussteuern. Die Mischsteilheit einer **EF 98** UKW-Mischstufe liegt mit ca. 1 mA/V noch etwas höher als die Mischsteilheit der **ECC 86**. Die **EF 98** Mischstufe im Eingang des Empfängers hat jedoch schlechtere Werte in bezug auf Störstrahlung und Grenzempfindlichkeit.

Die Regelpentode **EF 97** kann ähnlich vielseitig verwendet werden wie die **EF 98**. Gegenüber dieser unterscheidet sie sich vor allem durch ihre besseren

Regeleigenschaften, dafür liegen ihre Verstärkungswerte etwas niedriger. Für NF-Verstärkung ist die Röhre nicht geeignet. Bei multiplikativer Mischung wird die Oszillatorspannung dem Bremsgitter zugeführt. Mit einem Effektivwert der Oszillatorspannung von 5 V kommt man bei $U_{g2} = 3,2$ V auf $S_c = 0,25$ mA/V und $r_{ac} = 50$ k Ω . Bei der gleichen Schirmgitterspannung sind die Daten als Geradeausverstärker $S = 0,9$ mA/V und $r_a = 70$ k Ω . Wie bei der **EF 98** kann man bei herabgesetzter Schirmgitterspannung höhere Werte für den Innenwiderstand auf Kosten der Steilheit erreichen. Will man jedoch, z. B. bei gleichzeitiger Verwendung als AM- und FM-ZF-Verstärker, die größere Steilheit für FM-Empfang beibehalten, so muß man bei AM-Empfang das nachgeschaltete Bandfilter anzapfen oder eine größere Kreiskapazität einschalten.

Die **ECH 83** entspricht in ihrer Anwendung der **ECH 81**. Sie ist bei AM-Empfang für den Einsatz als Mischröhre und bei FM-Empfang als ZF-Verstärker vorgesehen. Mit einem Effektivwert der Oszillatorspannung von 1,1 V kommt man auf eine Mischsteilheit von 90 μ A/V, wenn $U_{g2} = 6,3$ V ist. Die Geradeaussteilheit des Heptodenteils beträgt bei der gleichen Schirmgitterspannung 0,35 mA/V.

Die **EBF 83** übernimmt im 6,3 V Empfänger die gleichen Funktionen wie die **EBF 89** im netzbetriebenen Gerät, d. h. sie dient zur ZF-Verstärkung und zur AM-Demodulation. Ihre Steilheit kommt bei 6,3 V Schirmgitterspannung auf 0,45 mA/V.

Die grundsätzliche Schaltungstechnik der 6,3 V Röhren in AM/FM-Empfängern ist die gleiche wie in den üblichen netzbetriebenen Geräten. In einigen Punkten bedingen die Röhreneigenschaften jedoch Abweichungen von den gewohnten Schaltungen. Die bereits erwähnten herabgesetzten Verstärkungsziffern führen zu einer größeren Stufenzahl im Gerät, wobei das Zahlenverhältnis der AM- zu den FM-Stufen im allgemeinen größer ist als bei Netzgeräten. Bei 6,3 V Geräten arbeitet man auch im AM-Teil zweckmäßig mit einer HF-Vorstufe. Zu besonderen Maßnahmen zwingt ferner die kurze Kennlinie der 6,3 V Röhren, was sich besonders auf die Auslegung der Regelschaltung und auf die Begrenzerstufe auswirkt; außerdem kann man bei der niedrigen Anodenspannung nur durch besonders sorgfältige Dimensionierung, bei FM-Empfang sogar nur mit Hilfe einer Aufwärtstransformation durch Anzapfung des Bandfilters, die zur Vollaussteuerung der Endstufe erforderliche Ausgangsspannung der letzten ZF-Stufe erreichen. Auf die mit Rücksicht auf den kleinen Innenwiderstand notwendigen Bandfilteranzapfungen wurde bereits hingewiesen.

Den besten Überblick über die Leistungsfähigkeit der 6,3 V Röhren bekommt man bei der Besprechung

des Aufbaues und der elektrischen Daten der einzelnen Empfängerstufen. Die folgenden Ausführungen werden hierüber anhand von Beispielen Aufschluß geben. Zum Schluß sind zwei vollständige Empfänger beschrieben; für die Wahl der Bestückung dieser Geräte waren allerdings nicht nur Überlegungen in bezug auf optimale Dimensionierung maßgebend, sondern die Schaltungsauslegung war z. T. auch durch vorgegebene Verhältnisse bestimmt, so daß diese Geräte nur als Beispiele neben anderen möglichen Ausführungen zu werten sind.

3 AM-Vor- und Mischstufen

3.1 AM-Mischstufe mit der ECH 83

Eine in der herkömmlichen Art aufgebaute Misch- und Oszillatorstufe mit der ECH 83 zeigt die Abb. 1. Die Schaltung unterscheidet sich grundsätzlich kaum von den bekannten Anordnungen für höhere Speisenspannungen. Der hier gezeigte Mittelwellenbereich enthält im Eingangskreis ein π -Glieder, dessen erster Kondensator zum Ausgleich von Änderungen der Antennenkapazität durch einen Trimmer gebildet wird. Bei UKW-Empfang kann der Heptodenteil der ECH 83 für die ZF-Verstärkung ausgenutzt werden.

Bei niedriger Anodenspannung wäre es günstig, in einer Mischstufe für die AM-Bereiche mit induktiver Rückkopplung des Oszillators zu arbeiten. Bei Autoempfängern mit induktiver Abstimmung bringt die Rückkopplung im Oszillator mit Hilfe einer Rückkoppelspule jedoch Schwierigkeiten mit sich, weil die Kopplungsänderung bei der Abstimmung sowohl die Oszillatoramplitude beeinflusst als auch (durch Änderung der Übersetzung der zur Rückkoppelspule parallelliegenden Schaltkapazitäten in den Kreis) die Einstellung des Gleichlaufes erschwert. Der Oszillator arbeitet daher besser mit kapazitiver Dreipunktschaltung, wobei der Oszillator dann parallel gespeist werden muß.

Bei nur 6,3 V Anodenspannung kann diese Parallelspeisung nur über eine HF-Drossel erfolgen, deren Größe durch die größte Kreisinduktivität bestimmt wird. Diese beträgt am langwelligen Ende des Langwellenbereiches 400 μH . Durch die kapazitive Anzapfung des Kreises liegt die Drossel aber nur zu einem Teil des Kreises parallel, so daß bei dieser

Schaltung die wirksame Kreisinduktivität durch Zuschaltung der Drossel nur geringfügig sinkt.

Die Oszillatorspannung schwankt innerhalb der einzelnen Wellenbereiche etwa um den Faktor 2, sich jedoch nur wenig auf die Mischverstärkung auswirkt; diese hat im Mittel einen Wert von

$$v_c = 11,7$$

Bei langen Versorgungsleitungen oder großem Innenwiderstand der Batterie kann es vorkommen, daß durch den großen Wechselstrom des Endtransistors über den Widerstand der Stromquelle eine Amplitudenmodulation des Oszillators auftritt, die zu Selbsterregung führen kann. In diesem Fall muß die 1 mH Drossel noch ein NF-Siebglied, bestehend aus einem kleinen Widerstand und einem Elektrolytkondensator, geschaltet werden.

3.2 Selbstschwingende AM-Mischstufe mit der ECH 83

3.2.1 Allgemeine Gesichtspunkte

In der Schaltung Abb. 1 wurde die aus der ECH 83 entwickelte ECH 83 verwendet. Wird aber eine stärkere FM-ZF-Verstärkung verlangt, dann verwendet man besser die Pentode EF 97. Für den üblichen Aufbau einer Mischstufe ist dann jedoch ein getrennter Oszillator erforderlich, also entweder eine zusätzliche Röhre oder, nach Umschaltung, eine bei UKW-Empfang nicht benötigte Röhre, z. B. die UKW-Stufentriode oder die Begrenzeröhre.

Im folgenden sollen zwei Schaltungen für selbstschwingende Mischstufen angegeben werden, bei denen der zusätzliche Aufwand des getrennten Oszillators umgangen wird. Eine solche Stufe darf nicht geregelt werden, weil mit sinkendem Anodenstrom die Oszillatorschwingungen abreißen würden.

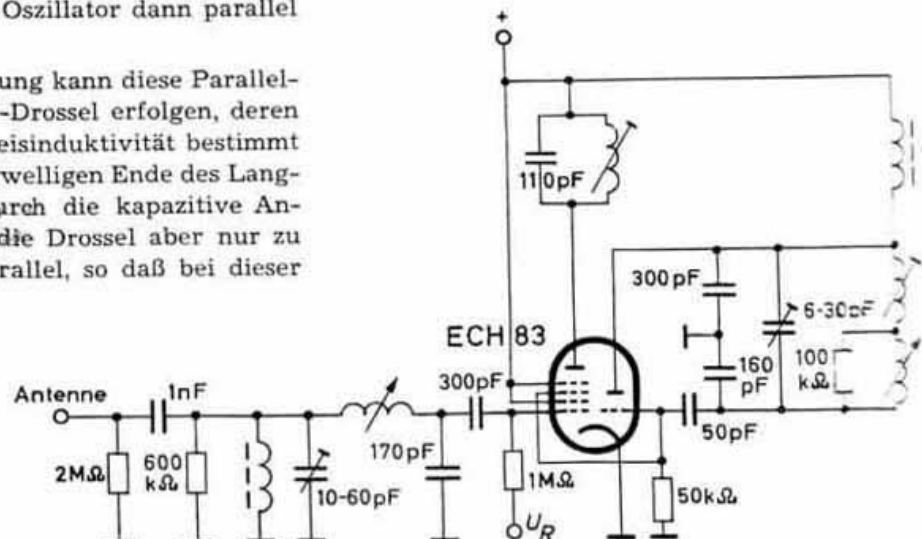


Abb. 1 Misch- und Oszillatorstufe mit der ECH 83 (Mittelwellenbereich)

Vermeidung von Kreuzmodulation ist daher eine ge-regelte HF-Vorstufe notwendig. Dafür kann man dann in der Mischstufe auf die regelbare EF 97 verzichten und die steilere Pentode EF 98 einsetzen.

Die Schaltung der selbstschwingenden Mischstufe erfolgt aus den bereits unter 3.1 angeführten Gründen zweckmäßig in kapazitiver Dreipunktschaltung. Darüber hinaus soll nach Möglichkeit die Katode an Masse liegen, um Störungen durch Änderungen der Kapazität zwischen Faden und Katode bei Fahrzeugschütterungen zu vermeiden.

Unter diesen Gesichtspunkten werden hier zwei Schaltungen angegeben, die sich hauptsächlich durch den Aufbau des Oszillators unterscheiden.

- Die Oszillatorelektroden sind Katode, Steuergitter und Schirmgitter; das Signal wird ebenfalls dem Steuergitter zugeführt; die Mischung erfolgt additiv (Abschn. 3.2.2).
- Die Oszillatorelektroden sind Katode, Bremsgitter und Anode; das Signal liegt am Steuergitter; multiplikative Mischung (Abschn. 3.2.3).

3.2.2 Additive Mischung

ENTKOPPLUNG VON HOCHFREQUENZ- UND OSZILLATORSPANNUNG

Das Hauptproblem bei additiven Mischstufen, bei denen Oszillatorspannung und Nutzsignal der gleichen Elektrode zugeführt werden, liegt in der ausreichenden Entkopplung der beiden Spannungsquellen. Im allgemeinen werden hierzu Brückenschaltungen benutzt, wie sie von additiven Mischstufen im UKW-Bereich bekannt sind.²⁾ Eine entsprechende Brücke läßt sich auch mit Dreipunktoszillatoren aufbauen, wie Abb. 2 zeigt. Der HF-Einspeisepunkt ist frei von Oszillatorspannung, wenn die Brückenbedingung $C_a/C_b = C_2/C_1$ erfüllt ist.

Dagegen ist dieser Einspeisepunkt nicht frei von signalfrequenten Rückwirkungen, die von der Anode bzw. hier vom Schirmgitter stammen. Während nämlich bei induktiver Rückkopplung die HF-Spannung von der Oszillatoranode über die Rückkoppel-

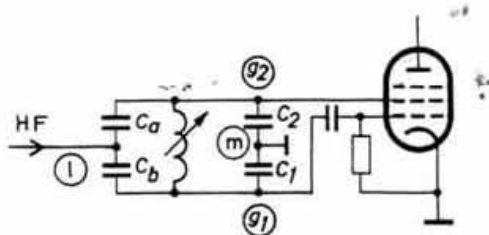


Abb. 2 Kapazitiver Dreipunktoszillator in Brückenschaltung. Der HF-Einspeisepunkt I ist frei von Oszillatorspannung

²⁾ VALVO BERICHTE Bd. I, H. 1, S. 10 ff.

Kreisspule in die Brückendiagonale eingespeist wird, so daß an dem in der anderen Diagonale liegenden HF-Kreis keine Rückwirkung auftritt, erfolgt die Einspeisung bei der Schaltung nach Abb. 2 über den Brückenweig C_2 zwischen den Punkten g_2 und m. Ein Brückenabgleich liegt bei dieser unsymmetrischen Einspeisung nur bei der Resonanzfrequenz des Kreises vor. Diese Bedingung ist nicht erfüllt, da die Signalfrequenz um den Betrag der Zwischenfrequenz neben der Frequenz des Oszillatorkreises liegt. Zeichnet man die Schaltung in der in Abb. 3 dargestellten Weise um, so erkennt man, daß der von der Signalspannung an C_1 in der Mischröhre hervorgerufene Strom I_{HF} das Oszillatorkreis und zum Teil auch den HF-Kreis durchfließt, was sich je nach Ausbildung des Netzwerkes als Dämpfung, Entdämpfung oder Verstimmung des HF-Kreises äußern

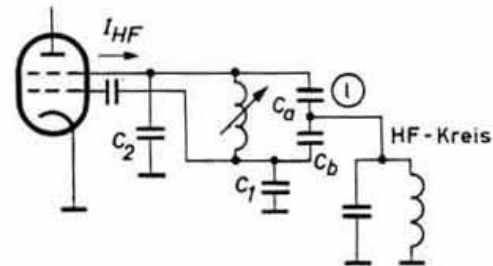


Abb. 3 Brücke nach Abb. 2 in anderer Zeichnungsweise

kann. Außerdem ändert sich diese Rückwirkung mit der Abstimmung, weil sich die Induktivität des Netzwerkes ändert.

Abhilfe bringt hier die Anwendung einer Doppelbrücke, bei der die Einspeisung des Rückwirkungsstromes I_{HF} wieder in einer Brückendiagonale erfolgt. Zu diesem Zweck muß der Austrittspunkt dieses Stromes aus dem Netzwerk zur Katode hin von dem Fußpunkt des HF-Kreises getrennt werden (Abb. 4). Der Oszillatorwechselstrom wird zwischen g_2 und k eingespeist, die maximale Oszillatorspannung entsteht dann durch Resonanztransformation zwischen h und g_1 . Diese Punkte bestimmen also die

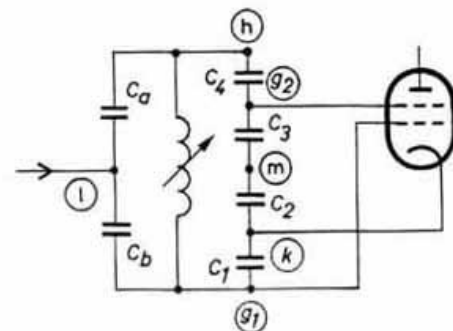


Abb. 4 Bei Anwendung einer Doppelbrücke ist die HF-Einspeisung zwischen I und m frei von oszillator- und empfangsfrequenten Rückwirkungen