

DAS FARVIMETER DER FERNSEH G.M.B.H.

und sein Einsatz bei der Reparatur
von Rundfunkgeräten

Herausgegeben von der Fernseh G.m.b.H., Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	5
Der Aufbau des Farvimeters	7
Allgemeines.	
Generatorteil.	
Meßteil.	
Die Durchführung der Messungen	10
A. Gleichstrommessungen	10
Spannungsmessung.	
Messung des Stroms aus dem Spannungsabfall.	
Messung der Regelspannung.	
Messung der Oszillatorspannung.	
Strommessung.	
Erweiterung der Meßbereiche.	
B. Wechselstrommessungen	15
Spannungsmessung.	
Strommessung.	
C. Tonfrequenzmessungen	18
Messung der Ausgangsspannung und -leistung.	
Nachbildung des Außenwiderstandes.	
Prüfung der Lautsprecherpassung.	
Die Brummspannung.	
Verstärkungsmessungen.	
Messung von Verzerrungen.	
D. Messungen an Einzelteilen	27
Messung von Widerständen.	
Messung von Kapazitäten bis 6000 pF.	
Messung großer Kapazitäten bis 40 µF.	
Messung von kleinen Induktivitäten in Stellung C_1C_2 .	
Messung großer Induktivitäten.	
E. Hochfrequenzmessungen	37
1. Resonanzmessungen an Schwingungskreisen	37
Messung kleiner Induktivitäten in Stellung 4 V.	
Die Resonanzüberhöhung.	
Die schädliche Kapazität des Röhrenvoltmeters.	
Gütemessungen an Schwingungskreisen.	
Der Abgleich eines Serienresonanzkreises.	
Der Vorabgleich von Bandfiltern.	
2. Hochfrequenzmessungen an Rundfunkgeräten	48
Allgemeines über den Abgleich eines Rundfunkempfängers.	
Nachstimmen eines Zweikreis-Geradeusempfängers.	
Nachstimmen eines Überlagerungsempfängers.	
Zwischenfrequenzabgleich.	
Erdung und Anschluß des Farvimeters an das Rundfunkgerät.	
3. Praktische Durchführung eines Superabgleichs	54
Bemerkungen zu der Abgleichanweisung.	

Einleitung

Das Farvimeter hat sich dank seiner konstruktiven Vorzüge und seiner Beständigkeit bei Dauerbetrieb seit seinem Erscheinen in Fachkreisen außerordentlich gut eingeführt und erfreut sich auch noch heute, nachdem es seit 4 Jahren in praktisch unveränderter Form hergestellt wird, steigender Beliebtheit. Von seiten zahlreicher Besitzer des Gerätes ist nun der Wunsch an uns herangetragen worden, eine ausführliche Anleitung herauszubringen, die den Einsatz des Gerätes bei der praktischen Empfängerreparatur ausführlich erläutert. Jedem Farvimeter wird zwar eine Bedienungsanweisung mitgegeben, jedoch enthält diese lediglich die technischen Daten und eine Beschreibung der äußeren Handhabung, die nur für den wirklichen Fachmann ausreichend sind. Wir kommen daher dem Wunsch nach einer ausführlichen Schrift gerne nach, zumal wir uns bewußt sind, daß die Schulungsmöglichkeiten für den Nachwuchs heute noch sehr beschränkt sind. Darüber hinaus hoffen wir, auch dem erfahrenen Fachmann noch einige Kunstgriffe vermitteln zu können.

Das Farvimeter ist dank seiner Genauigkeit nicht nur für die Rundfunkwerkstatt, sondern auch für wissenschaftliche Messungen im Laboratorium geeignet. Es befindet sich jedoch hier in der Hand von Spezialisten, denen bessere Ausbildungsmöglichkeiten als dem Geräteinstandsetzer zur Verfügung stehen. Diese Schrift beschränkt sich daher auf die Verwendung des Farvimeters in der Rundfunkreparaturwerkstätte.

Die Reparatur von Rundfunkgeräten ist im wesentlichen ein Problem der Meßtechnik; denn nur mit deren Hilfe ist es möglich, den Fehler zu erkennen und seine ordnungsgemäße Beseitigung durchzuführen bzw. zu überwachen. Die in einem Rundfunkgerät auftretenden elektrischen Werte sind sehr vielseitiger Art. Man bedenke nur, daß dort Spannungen von wenigen Mikrovolt bis zu 600 Volt und Frequenzen von 50 Hz bis 20 MHz auftreten, ganz abgesehen von den Gleichströmen und -spannungen, deren Werte ebenfalls mehrere Größenordnungen umfassen. Dazu kommt die Vielfalt der elektrischen Bauelemente, aus denen sich ein Empfänger zusammensetzt. Um unabhängig von der Antenne arbeiten zu können, sind ferner besondere Frequenzgeneratoren notwendig, deren Ausgang regelbar sein muß. Entsprechend diesen mannigfaltigen Anforderungen gehörte bisher eine Vielzahl von Einzelgeräten zur Ausrüstung einer gut eingerichteten Rundfunkwerkstatt, und zwar Instrumente zur Messung von Gleich- und Wechselfspannungen bzw.

-strömen, ferner ein Hochfrequenzmeßsender, ein Tonfrequenzgenerator, ein Röhrenvoltmeter und Geräte zur Messung von Widerständen, Kapazitäten und Selbstinduktionen.

Die Fernseh-GmbH. hat nun unter der Markenbezeichnung „Farvimeter“ ein Gerät herausgebracht, das alle diese Funktionen in idealer Weise in sich vereinigt und damit zu einem kompletten Meßplatz für die Rundfunkwerkstätte wird. Die Tendenz, mehrere Meßmöglichkeiten in einem Vielfachgerät zu vereinigen, besteht zwar schon lange, jedoch hat man eine solche Zusammenfassung bisher nicht annähernd so weit getrieben. Das beruhte zum Teil darauf, daß gegen Mehrzweckgeräte ein gewisses Vorurteil bestand, da sie im allgemeinen unübersichtlich und schwierig zu bedienen sind. Das Farvimeter stellt jedoch eine glückliche Vereinigung von universeller Verwendbarkeit und einfacher Bedienungsweise dar. Dies ist vor allem dadurch gelungen, daß nur ein einziges Meßklemmenpaar vorhanden ist und alle bei Wechsel des Meßbereiches notwendigen Änderungen in den Bereichscharter verlegt wurden.

Das Farvimeter hat gegenüber einer Vielzahl von Einzelgeräten den außerordentlichen Vorteil, daß der Arbeitsplatz übersichtlich bleibt und nicht beengt wird. Der zweite ebenfalls nicht zu unterschätzende Vorzug ist der des Preises. Denn das Universalgerät ist nicht einfach eine Zusammenfassung von für sich selbständigen Einzelgeräten in einem gemeinsamen Gehäuse, sondern die Einzelteile werden mehrfach ausgenutzt, so daß eine wesentliche Verbilligung möglich war. So läßt sich z. B. ohne großen Aufwand der HF-Generator für die Erzeugung einer Tonfrequenz ausnützen, indem die Hochfrequenz mit einem Hilfsgenerator zur Überlagerung gebracht wird. Noch geringer ist der zusätzliche Aufwand, wenn man den HF-Generator zur Messung von Kapazitäten oder Induktivitäten heranzieht, da diese nichts weiter als eine Resonanzmessung darstellt. Ferner kann das eingebaute Röhrenvoltmeter, das für Hochfrequenzmessungen erforderlich ist, gleichzeitig auch zur Messung von Tonfrequenz und technischer Wechselspannung benutzt werden. Schließlich läßt sich das im Röhrenvoltmeter notwendige empfindliche Gleichstrominstrument zur Messung von Gleichströmen und -spannungen und zur Widerstandsmessung ausnützen. Auf diese Weise wird das Farvimeter zu einer organischen Einheit und zu einem neuem Meßgerätetyp, welcher in allen Teilen durchkonstruiert und auf die Anforderungen der Rundfunk-Werkstatt abgestellt ist.

Der Aufbau des Farvimeters

Allgemeines. Bei der Vielfalt der elektrischen Werte im Rundfunkgerät sind die meßtechnischen Probleme, die bei der Reparatur auftreten, außerordentlich zahlreich. Sie lassen sich nach dem Grade der Schwierigkeit zwanglos in folgende 5 Gruppen einteilen:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| A. Gleichstrommessungen | C. Tonfrequenzmessungen |
| B. Wechselstrommessungen | D. Prüfung von Einzelteilen |
| | E. Hochfrequenzmessungen |

Während bei den Messungen der Gruppen A und B der Rundfunkempfänger die Quelle der zu messenden Spannung ist, wird für die Messungen der Gruppen C bis E die Meßspannung vom Farvimeter selbst geliefert, und es wird nur untersucht, welche Änderung diese Spannung durch den zu untersuchenden Empfänger bzw. den zu prüfenden Bauteil erfährt, wobei das Wort Änderung in weitestem Sinne aufzufassen ist und auch Vorgänge, wie Gleichrichtung und Verstärkung einschließt. Das Farvimeter muß demnach Spannungsquellen für Gleichspannung, Wechselspannung von 50 Hz, Tonfrequenz und Hochfrequenz enthalten. Während die beiden ersteren aus dem Netzgerät des Farvimeters ohne weiteres zur Verfügung stehen, zeigt es sich, daß der Generator für die Hochfrequenz aufwandsmäßig den größten Teil des Farvimeters beansprucht. Dadurch wird das Gerät seinem Wesen nach zu einem Hochfrequenzmeßgerät. In Abb. 1 ist der prinzipielle Aufbau des Farvimeters dargestellt. Man erkennt daraus deutlich, daß es aus zwei voneinander unabhängigen Teilen besteht, dem Generatorteil und dem Meßteil.

Generatorteil. Der Hochfrequenzgenerator des Farvimeters ist entsprechend den üblichen Wellenbereichen beim Rundfunkempfänger umschaltbar auf die Bereiche "Kurz" (6 - 19 MHz bzw. 50 - 15,8 m, "Mittel" 450 - 1700 kHz bzw. 660 - 175 m) und "Lang" (40 - 500 kHz bzw. 2140 bis 600 m). Die Bereiche "Mittel" und "Lang I" reichen beiderseits etwas über die von den üblichen Rundfunkgeräten ausgenutzten Wellenbänder hinaus, so daß z. B. auch noch die Wellenlängen erfaßt werden, die nach dem neuen Wellenplan unter 200 m liegen. Die Hochfrequenz kann mit 400 Hz moduliert werden, wobei der Modulationsgrad 30 % beträgt.

Außer dem Bereich "Lang I" ist noch ein Bereich "Lang II" von 100 - 140 kHz vorgesehen, der zur Hauptsache dazu dient, eine T o n f r e q u e n z zu erzeugen. Dies geschieht dadurch, daß der HF-Generator mit einem zweiten Generator, der auf 100 kHz eingestellt ist, zur Überlagerung gebracht wird und die Differenzfrequenz im nutzbaren Tonbereich von 0 - 12 kHz ausgesiebt wird.

Durch eine besondere Schaltung zur Bereichdehnung, die in den ersten Mustern noch nicht vorgesehen war, ist dafür Sorge getragen, daß dieses Ton-

frequenzband auf nahezu die gesamte Länge der zur Verfügung stehenden Skala verteilt ist. Bei späteren Mustern ist außerdem noch eine mit Schraubenzieher bedienbare Korrektur des 100-kHz-Generators vorgesehen, durch die der Schwebungsnullpunkt nachgestellt werden kann.

Die Hochfrequenz kann an zwei Buchsen abgenommen werden, und zwar steht an der oberen die gesamte Spannung von 1 V zur Verfügung, während an der unteren mit Hilfe eines Spannungsteilers eine stufenweise regelbare Spannung zwischen 100 mV und 10 μ V abgenommen werden kann. Diese Spannung steigt von Stufe zu Stufe um den Faktor $\sqrt[4]{10} = 1,78$ so daß durch Weiterschalten um 4 Stufen von jeder beliebigen Stellung des Schalters aus die Spannung auf das 10-fache erhöht bzw. auf 1/10 herabgesetzt werden kann. Der Innenwiderstand beträgt an der oberen Buchse 700 Ω , an der unteren Buchse dagegen, unabhängig von der Stellung des Stufenschalters nur 80 Ω . Die Tonfrequenzspannung wird an den Buchsen NF-Ausgang abgenommen und beträgt ca. 0 - 1 V. Dabei ist der Innenwiderstand bei voll aufgedrehtem Regler 5 k Ω , der bei Zurückdrehen des Reglers mit der Spannung auf Null zurückgeht.

Meßteil des Farvimeters. Es wurde bereits erwähnt, daß alle Messungen an einem einzigen Meßklemmenpaar vorgenommen werden. Dieser Umstand vereinfacht die Bedienung außerordentlich, so daß Bedienungsfehler praktisch ausgeschlossen sind, da man nur auf die Stellung des Meßschalters zu achten hat. Für diesen Schalter stehen 11 Stellungen zur Verfügung, denen im einzelnen die folgenden Meßmöglichkeiten zugeordnet sind:

1. Kapazitätsmessung von 10 - 6000 pF mit Hochfrequenz.
(Induktivitätsmessungen von 0,02 - 2 mHy).
2. Kapazitätsmessungen von 6000 pF bis 0,4 μ F mit technischem Wechselstrom.
3. Kapazitätsmessungen von 0,4 - 40 μ F (einschließlich der Elektrolytkondensatoren) mit technischem Wechselstrom.
4. Wechselstrommessungen 0 - 400 mA.
5. Wechselspannungsmessungen 0 - 400 V. | 150 Hz - 10 kHz
6. Wechselspannungsmessungen 0 - 4 V, | 50 Hz - 1 MHz.
7. Gleichspannungsmessungen 0 - 500 V und 0 - 50 V.
8. Gleichstrommessungen 0 - 500 mA.
9. Widerstandsmessungen 0,1 M Ω - 100 M Ω .
10. Widerstandsmessungen 1 k Ω - 500 k Ω .
11. Widerstandsmessungen 10 Ω - 5000 Ω .

In Stellung 1 - 6 dient als Meßinstrument das eingebaute Röhrenvoltmeter, während in den Stellungen 7 - 11 das im Röhrenvoltmeter verwendete Gleichstrominstrument allein als Anzeigeorgan benutzt wird.

Dieses Gleichstrominstrument ist ein sehr empfindliches Drehspulinstrument mit einem Vollausschlag bei nur 50 μ A. Es läßt sich daher als hochohmiger

Spannungsmesser und niederohmiger Strommesser verwenden, worauf im einzelnen weiter unten noch näher eingegangen wird.

Mit dem Röhrevoltmeter können Spannungen von 0 - 4 Volt direkt gemessen werden; die Skala ist etwa logarithmisch geteilt. Die logarithmische Teilung hat bekanntlich den Vorzug, daß kleine Werte mit der gleichen Genauigkeit abgelesen werden können wie große, so daß Spannungen von 1/100 des Vollausschlages noch einwandfrei meßbar sind, was bei einer linearen Skala nicht mehr der Fall ist. Um diese Form der Empfindlichkeitskurve zu erreichen, bedurfte es eines besonderen schaltungsmäßigen Kunstgriffes, der in Abb. 2 an Hand eines Prinzipschaltbildes des Röhrevoltmeters erläutert sei. Die zu messende Wechselspannung wird zunächst in einer Regelpentode verstärkt und dann im Diodenteil der Röhre gleichgerichtet. Diese Gleichspannung wird mit Hilfe des Instruments gemessen und gleichzeitig nach erfolgter Siebung an das Gitter des Verstärkersystems zurückgeführt, um hier die Verstärkung zu regeln. Die Verstärkung ist also umso geringer, je größer die Eingangsamplitude ist, d. h. mit wachsender Meßspannung nimmt die Empfindlichkeit des Instruments ab.

Das Röhrevoltmeter ist praktisch beliebig überlastbar und zwar nicht nur im 400 V-Bereich, sondern auch im. 4 V-Bereich, da die Spannung an der Diode durch die vollständige Aussteuerung des vorausgehenden Verstärkersystems begrenzt ist.

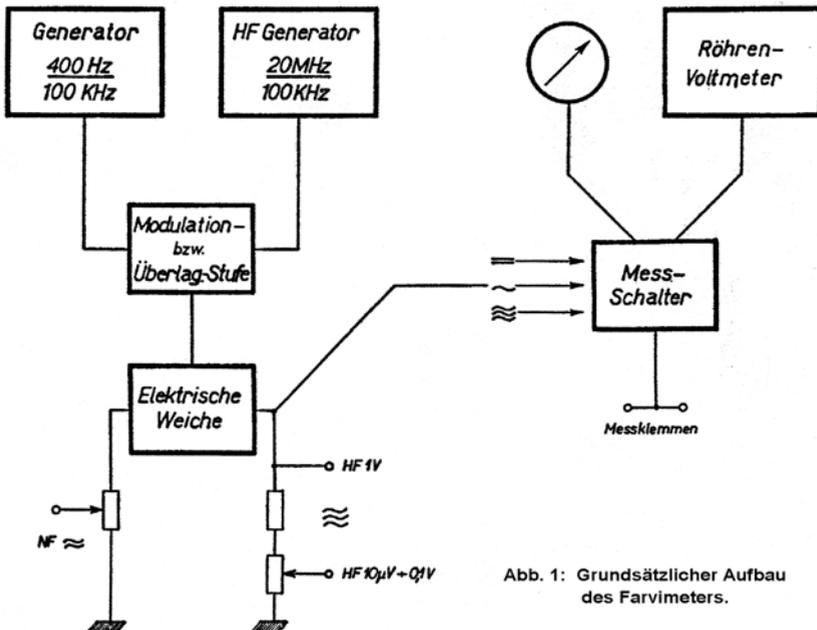
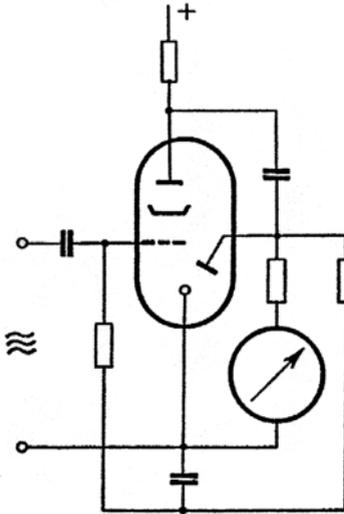


Abb. 1: Grundsätzlicher Aufbau des Farvimeters.



Auch sonst sind im Farvimeter weitgehend Schutzmaßnahmen gegen etwaige Bedienungsfehler vorgesehen. So kann z. B. der 50 V-Bereich nur durch einen besonderen Druckknopf und der 5000 Ω -Bereich nur nach Betätigung eines Sperrknopfes eingeschaltet werden. Schließlich ist das Gerät noch durch drei Schmelzsicherungen geschützt, von denen zwei die Folgen etwaiger Bedienungsfehler verhüten sollen.

Abb. 2: Prinzipschaltbild des Röhrevoltmeters mit logarithmischer Skala.

Im folgenden sollen nun die Meßmöglichkeiten im einzelnen an Beispielen erläutert werden und zwar in der Reihenfolge der eingangs gegebenen Gruppeneinteilung. Dabei soll besonders auf diejenigen Eigenschaften eingegangen werden, die das Farvimeter vor anderen Maßgeräten auszeichnen. Die wesentlichsten dieser Merkmale sind:

Die Spannungsmesser für Gleich- und Wechselspannung sind so hochohmig, daß in praktisch allen Fällen keine Belastung des Meßkreises eintritt. Die Strommesser sind so niederohmig, daß der auftretende Spannungsabfall immer vernachlässigt werden kann. Das Auftrennen der Stromkreise zur Messung von Strömen kann fast immer umgangen werden.

Die Durchführung der Messungen

A. Gleichstrommessungen.

Messung von Spannungen. Für die Messung von Gleichspannungen steht ein Bereich von 500 V mit einem Widerstand von 10 $M\Omega$ und - nach Drücken eines Knopfes - ein weiterer Bereich von 50 V mit einem Innenwiderstand von 1 $M\Omega$ zur Verfügung. Dies entspricht einem Widerstand von 20 $k\Omega/V$, während die üblichen Laboratoriumsinstrumente (Mavometer, Multizet usw.) Innenwiderstände zwischen 300 und 1000 Ω/V haben. Der Vorteil dieses hohen Innenwiderstandes besteht darin, daß man auch an hochohmigen Schaltungen genaue Meßergebnisse erzielt. Dies sei an einem Beispiel erläutert. Es möge sich z. B. darum handeln, die Anodenspannung einer Widerstandsverstärkerstufe zu messen (Abb. 3a). Da der Anodenwiderstand 200 $k\Omega$

beträgt, würde durch einen Instrumentenwiderstand von $250\text{ k}\Omega$, wie ihn beispielsweise ein Mavometer im 500 V -Bereich besitzt, das Anodenpotential stark verfälscht und die Messung sinnlos werden. Dagegen hat der Spannungsmesser im Farvimeter mit $10\text{ M}\Omega$ einen 50 mal höheren Widerstand als der Anodenwiderstand, so daß hier eine nennenswerte Verfälschung des Anodenpotentials nicht mehr eintritt. Ähnliche Verhältnisse liegen bei der Messung von Schirmgitterspannungen vor, besonders dann, wenn das Schirmgitter nicht an einem Spannungsteiler liegt, sondern über einen Vorwiderstand gespeist wird (gleitende Schirmgitterspannung).

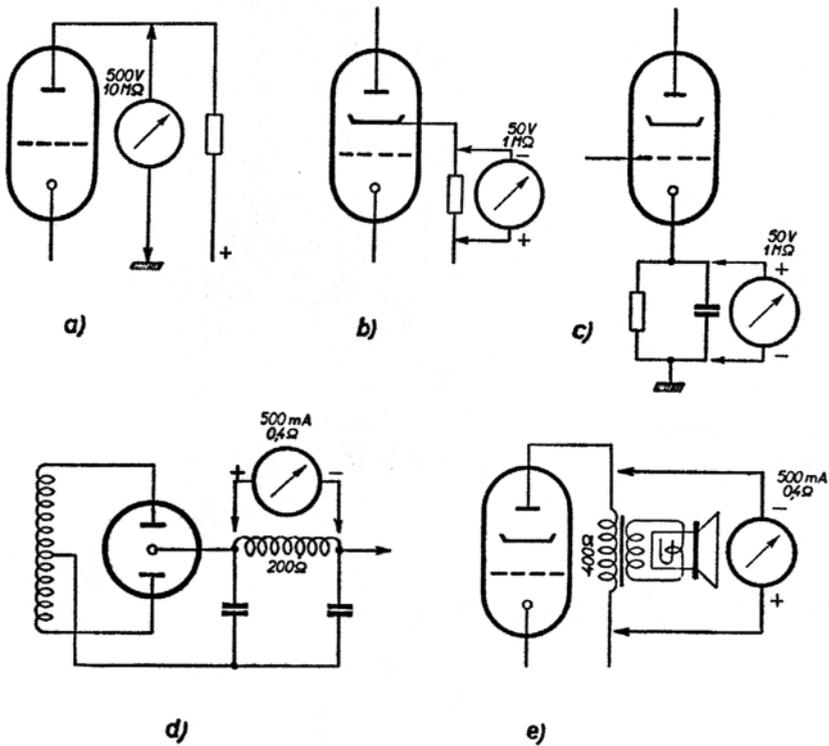


Abb. 3: Gleichspannungs- und Gleichstrommessungen.
 a) Spannungsmessungen an hochohmigen Kreisen.
 b) - e) Strommessung ohne Auftrennen von Leitungen.

Ermittlung des Stromes aus dem Spannungsabfall. Der 50 V -Bereich ist geeignet, Ströme auf dem Umweg über den Spannungsabfall an einem bekannten Widerstand zu messen. Diese Methode hat den Vorteil, daß

keine Leitung aufgetrennt zu werden braucht. Abb. 3b zeigt dafür ein Beispiel. An einen Schirmgittervorwiderstand von $50\text{ k}\Omega$ werde z. B. ein Spannungsabfall von 30 V gemessen, dann beträgt der Schirmgitterstrom $30/50 = 0,6\text{ mA}$. Da bei dieser Messung der Instrumentenwiderstand noch 20 mal höher ist als der Schirmgittervorwiderstand, wird der Stromkreis durch das Anlegen des Instrumentes nicht beeinflusst. Auf ähnliche Weise kann man auch den Emissionsstrom einer Röhre aus dem Spannungsabfall am Kathodenwiderstand ermitteln. (Abb. 3c.) Beträgt z. B. der Spannungsabfall an einem Kathodenwiderstand von $150\ \Omega$ $6,0\text{ V}$, so muß der Strom 40 mA betragen.

Messung der Regelspannung. Der 50 V -Bereich kann ferner für die Messung der Regelspannung in einem Empfänger mit Fading-Regulierung benützt werden. Bei der meßtechnischen Erfassung des Regelvorganges genügt es im allgemeinen, den Anodenstrom der geregelten Röhre zu verfolgen: Gelegentlich interessiert jedoch auch die Höhe der Regelspannung, besonders wenn der Verdacht besteht, daß sie durch fehlerhafte Siebkondensatoren in der Regelleitung geschwächt wird. Bei dieser Messung kann nun allerdings der Innenwiderstand des Spannungsmessers nicht mehr vernachlässigt werden, da der Regelkreis sehr hochohmig ist. In Abb. 4 ist eine Prinzipschaltung

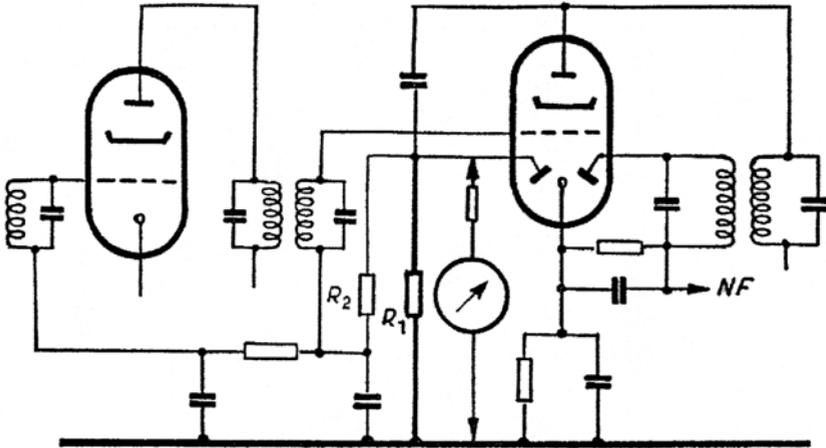


Abb. 4: Messung der Regelspannung.

der Regelung dargestellt. Besteht z. B. der Wunsch, die Regelspannung zu messen, die am Gitter der ZF-Röhre herrscht, so liegt es nahe, diese Messung am Fußpunkt des Eingangskreises vorzunehmen. In diesem Falle würde jedoch eine Spannungsteilung zwischen R_2 und dem Innenwiderstand des Span-

nungsmessers stattfinden, so daß nicht mehr die wirkliche Spannung gemessen wird. Noch ungünstiger sind die Verhältnisse, wenn man diese Messung an der Mischröhre, also hinter einem weiteren Siebglied, vornehmen würde. Man geht deshalb mit der Messung bis an den Ursprung der Regelspannung, nämlich an den Diodenrichtwiderstand R_1 , zurück. Durch die Anschaltung des Instruments an R_1 wird zwar der wirksame Richtwiderstand verkleinert (in dem vorliegenden Beispiel von 1 auf 0,5 M Ω), die Diode liefert aber entsprechend mehr Strom nach, so daß die alte Spannung am Richtwiderstand wieder erreicht würde, wenn nicht durch den stärkeren Energieentzug die Dämpfung des die Diode speisenden Kreises vergrößert würde. Der Dämpfungswiderstand geht dadurch von $R_1/3$ auf $1/3$ des durch die Parallelschaltung von R_1 und $R_{instr.}$ sich ergebenden Widerstandes zurück, d. h. auf $R_1/6$. Ein weiterer Fehler wird durch den der Meßleitung vorgeschalteten Widerstand von 100 k Ω hervorgerufen, der eine Verstimmung des Kreises durch die Meßleitung verhindern soll. Man kann nun beide Fehler in einem angenäherten Korrekturfaktor 1,4 zusammenziehen, mit dem der am Instrument abgelesene Wert zu multiplizieren ist, um die wirkliche Regelspannung zu erhalten.

Messung der Oszillatorspannung. Eine weitere Anwendung des 50 V-Bereiches ist die Messung der Oszillatorspannung im Überlagerungsempfänger. Will man sich nur überzeugen, ob der Oszillator schwingt, so genügt es, das Kathoden- oder Schirmgitterpotential der Triode-Hexode (oder Oktode) zu beobachten und ein Schwingen z. B. durch Kurzschließen des Oszillatordrehkondensators*) unmöglich zu machen. Zeigt sich dabei eine Änderung des Kathoden- bzw. Schirmgitterpotentials, so schwingt der Oszillator. Will man die Größe der Oszillatorspannung wissen, so kann man in bekannter Weise den Strom i_g durch den Gitterwiderstand mit Hilfe eines Mikroamperemeters oder eines Milliampèremeters mit höchstens 3 mA Vollausschlag messen. Die Scheitelspannung ergibt sich dann als $i_g \cdot R_g$ und soll etwa 8 - 16 Volt betragen. Man kann sich aber diese Rechnung und das Auftrennen des Gitterkreises ersparen, wenn man den Spannungsmesser des Farvimeters im 50 V-Bereich verwendet. Die Messung erfolgt parallel zum Gitterwiderstand, wobei der Meßleitung auf der Gitterseite ein 100 k Ω -Widerstand vorgeschaltet wird (Abb. 5), um ein Verstimmen und eine zusätzliche Dämpfung durch die Meßleitung zu vermeiden. Die Gleichspannung ist dann ungefähr gleich dem Scheitelwert der Oszillatorspannung, wenn man den 10%igen Spannungsverlust durch den Schutzwiderstand vernachlässigt. Die Oszillatorspannung ist im Langwellenbereich meist größer als im Mittelwellenbereich und hier wieder größer als im Kurzwellenbereich. Innerhalb der einzelnen Bereiche nimmt sie gegen das kurzwellige Ende zu, da der Resonanzwiderstand mit abnehmender Kapazität größer wird.

*) Darf nur angewandt werden, wenn Stator kein Anodenpotential führt.

Strommessungen. Unmittelbare Strommessungen können in der Schalterstellung 500 mA durchgeführt werden. Der Strommesser besitzt hier einen Innenwiderstand von nur $0,4 \Omega$ und kann daher ohne merklichen Spannungsabfall in der üblichen Weise auch in niederohmige Stromkreise eingefügt werden. Auch hier lassen sich viele Messungen ohne Auftrennen der Stromkreise durchführen, und zwar in allen Fällen, wo eine geringe Spannungsänderung den Strom nicht beeinflusst, z. B. im Anodenkreis von

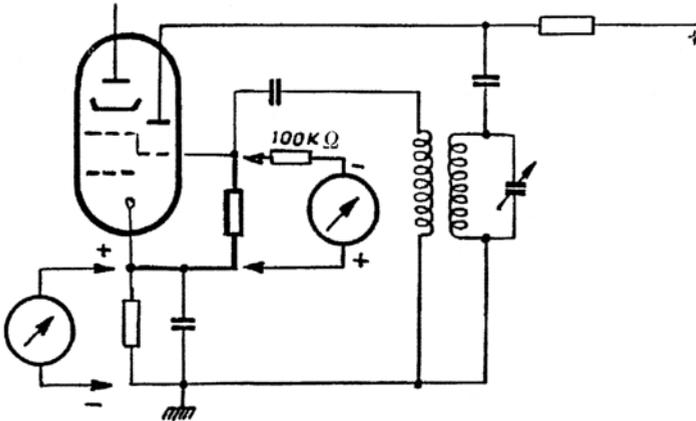


Abb. 5: Messung der Oszillatorspannung.

Pentoden. So kann man z. B. nach Abb. 3c den Strom einer Endpentode dadurch messen, daß man den Strommesser parallel zu den Primärklemmen des Übertragers legt. Es entsteht dann eine Stromverzweigung zwischen $0,4$ und ca. 400Ω , so daß der Anodenstrom bis auf 1 ‰ durch den Strommesser fließt. Auch die Gleichstromabgabe eines Netzgerätes läßt sich auf ähnliche Weise ermitteln, indem man den Strommesser parallel zur Netzdrossel legt. Da deren Widerstand einige Hundert Ohm beträgt, also gegenüber $0,4 \Omega$ sehr groß ist, ist diese Messung genügend genau (Abb. 3d).

Erweiterung der Meßbereiche. Für die unmittelbare Gleichstrommessung steht nur ein Bereich von 500 mA zur Verfügung. Gelegentlich besteht aber der Wunsch, auch größere Ströme zu messen, beispielsweise wenn es sich um die Stromaufnahme eines Kraftwagenempfängers handelt. Man kann dann durch Aufstecken eines Nebenwiderstandes von $0,049 \Omega$ auf die Meßklemmen den Meßbereich auf 5 A erweitern. Meßbereiche unter 500 mA lassen sich auf der Schalterstellung R_3 , die normalerweise für Widerstandsmessungen von $0 - 5000 \Omega$ dient, herstellen*). Der Meßbereich beträgt in dieser Stellung $1,5 \text{ mA}$ für Vollausschlag bei einem Innenwiderstand von 210Ω . Durch Aufstecken eines Parallelwiderstandes von $89,5 (6,48) \Omega$ erhält

*) Hierbei muß Farvimeter ausgeschaltet sein und es darf außer den Meßleitungen keine Verbindung zwischen Farvimeter und Empfängerchassis bestehen.

man 5 (50) mA Vollausschlag. Es ist also möglich, mit dem Farvimeter Gleichströme von ca. 0,2 mA bis 5 A und darüber hinaus lückenlos zu messen.

Der Abgleich von Nebenwiderständen ist ohne fremde Hilfsmittel auf folgende Weise möglich: Man stelle mittels des Meßstromes genau Vollausschlag (500 mA) ein, dann steckt man den Nebenwiderstand an und gleicht ihn so lange ab, bis der Ausschlag am Instrument auf genau 50 mA zurückgegangen ist. Damit ist der Bereich auf den 10fachen Wert erweitert.

Die Spannungsbereiche lassen sich nach höheren Werten durch Vorwiderstände in der 500 V-Stellung erweitern. Ein Vorwiderstand von 10 (20) M Ω ergibt Vollausschlag bei 1000 (1500) V. Zu einer Meßmöglichkeit für kleinere Spannungen kommt man durch Vorschalten eines Widerstandes von 6480 Ω auf Schalterstellung R₃). Vollausschlag ist in diesem Falle 10 Volt, wobei allerdings der Innenwiderstand ungünstiger ist (648 Ω /V) als bei Messungen im 500/50 V-Bereich.

Die Nebenwiderstände führt man zweckmäßig nach Abb. 6 aus, jedenfalls vermeide man es, Nebenwiderstände unter die Meßbuchsen des Farvimeters zu klemmen, da sonst bei unbeabsichtigter Lockerung das Instrument gefährdet wird.

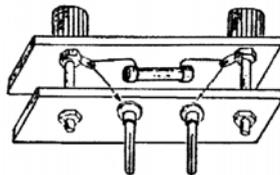


Abb. 6: Praktische Ausführung eines Nebenwiderstandes.

B. Wechselstrommessungen

Für die **Messung der Wechselspannung** sind die Bereiche 0-400 V und 0-4 Volt vorgesehen. Bei dem letzteren wird das Röhrenvoltmeter unmittelbar benutzt, während im ersten Falle ein hochohmiger Spannungsteiler von 1:100, dessen Querwiderstand 1 M Ω beträgt, vorgeschaltet ist. Das ist auch der Grund dafür, daß die Spannungsmessung im 400 V-Bereich nur bis zum Tonfrequenzgebiet gilt, während im 4 V-Bereich Frequenzen bis zu 1 MHz noch richtig gemessen werden.

Entsprechend der Natur des Röhrenvoltmeters (siehe Abb. 2) lassen sich damit grundsätzlich nur Spannungen messen, deren einer Pol auf dem Wechselpotential Null liegt, also galvanisch oder kapazitiv mit Masse verbunden ist. Eine der Meßklemmen, und zwar die linke, ist daher bei Wechselspannungsmessungen über einen Kondensator von 2 μ F im Innern des Farvimeters an Masse gelegt. Diese Tatsache führt zu Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, Spannungen zu messen, deren Massebezugspunkt mehr oder minder symmetrisch zwischen beiden Polen liegt; denn im allgemeinen ist das Chassis des Rundfunkgerätes mit der Masse des Farvimeters verbunden, sei es durch eine besondere Leitung oder durch die Abschirmung des HF-Kabels oder auf dem Umweg über eine beiden Geräten gemeinsame

¹⁾ Siehe Fußnote Seite 14

Erdleitung. Diese Verbindung muß daher in dem obengenannten Fall aufgetrennt werden, wie an dem nachstehenden Beispiel näher erläutert ist (Abb. 7). Es möge sich z. B. darum handeln, die Heizspannung in einem Wechselstromempfänger zu messen, die üblicherweise in der Mitte geerdet ist. Vom Farvimeter sind die Meßklemmen und die innere Schaltung zwischen diesen dargestellt und vom Rundfunkgerät lediglich der Netztransformator. Besteht nun zwischen den beiden Meßpunkten fälschlicherweise eine Verbindung, so wird nur die Spannung der einen Wicklungshälfte gemessen, während die

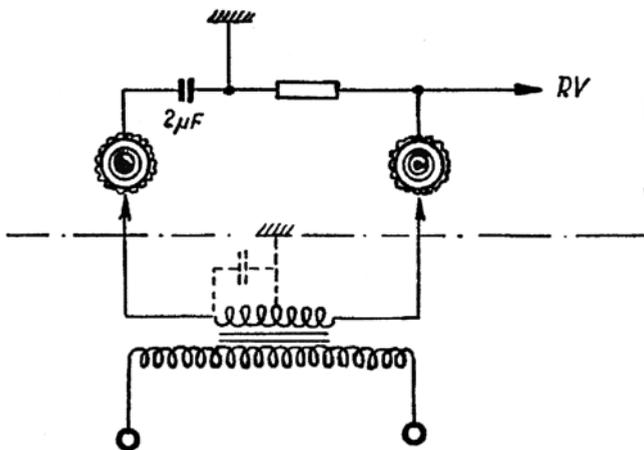


Abb. 7: Messung von Wechselspannungen, die nicht einpolig an Masse liegen.

andere lediglich einen Blindstrom durch die Kapazität von $2 \mu\text{F}$ treibt. Vielfach ist auch die Lage der Spannungsquelle zum Chassis des Rundfunkgerätes unübersichtlich, indem die Erdung über Widerstände oder andere Schaltelemente auf Umwegen erfolgt. Man mache sich daher zur Regel, die Verbindung zwischen dem Chassis des Rundfunkgerätes und dem des Farvimeters zu unterlassen, solange es sich nicht um Messungen im Hochfrequenzgebiet handelt. Der in Abb. 7 gestrichelt eingetragene Kondensator ist die Kapazität zwischen dem Farvimeter und dem Chassis des Rundfunkempfängers über die gemeinsame Netzleitung, die im Höchsthalle 300 pF beträgt, also bei Frequenzen bis 10000 Hz noch nicht ins Gewicht fällt.

Strommessungen im Gebiet von $50\text{-}10000 \text{ Hz}$ können im Bereich 400 mA durchgeführt werden. Dabei wird der zu messende Strom im Innern des Farvimeters über einen Meßwiderstand von 1Ω geleitet und die Spannung an diesem Meßwiderstand $1 : 10$ herauftransformiert und dem Röhrenvoltmeter zugeführt. Auf diese Weise wird erreicht, daß beide Meßklemmen abweichend von den anderen Messungen mit dem Röhrenvoltmeter frei vom Farvimeterchassis sind, so daß die Strommessung an jeder beliebigen Stelle eines Stromkreises erfolgen kann. Der Strommesser kann z. B. zur Messung

der Stromaufnahme von Wechsel- und Allstromgeräten verwendet werden. Nachstehend ist in einer Tabelle 1 der Stromverbrauch verschiedener Industrieeräte zusammengestellt. Im allgemeinen ist die Feststellung der Stromaufnahme eine der ersten Messungen, die an einem zweifelhaften Rundfunkgerät vorgenommen werden. Stellt man bei einem Wechselstromgerät fest, daß die Stromaufnahme zu hoch ist, so kann der Fehler im Empfänger selbst oder im Transformator liegen. Um diese Fehler voneinander zu trennen, zieht man zunächst sämtliche Röhren und mißt die Stromaufnahme nochmals, wobei evtl. auch Überbrückungskondensatoren über der Anodenwicklung aufzutrennen sind. Dann soll der Leerlaufstrom zwischen 60 und 150 mA liegen, je nach dem Fabrikat und der Röhrenzahl des Gerätes. Liegt er wesentlich höher, so dürfte der Transformator Kurzschlußwindungen haben, was sich meist schon äußerlich durch Wärme- oder Rauchentwicklung zeigt.

Stromart	Röhrenbestückung	Stromaufnahme in A	
		bei 220 V	bei 110 V
GW	VCL 11, VY 2	0,075	
GW	3 x P 2000	0,09	
GW	UCH 11, UBF 11 UCL 11, UY 2	0,18	
GW	CK 1, CH 1, CB 2, CF 7, CL 2, CY 2	0,26 = 0,28 ~	
GW	CF 3, CK 1, CF 3, CBC 1, CL 4 AZ 1 (f. Wechselstrom betrieb)	0,46 ~ 0,35 =	0,74~ 0,46=
W	REN 904, RES 164, RGN 354	0,1	0,2
W	AF 7, AL 4, AZ 11	0,2	0,4
W	AH 1, AC 2, AH 1, AH 1, AB 2, AF 7, AL 4 AZ 1	0,37	
W	AF 3, ACH 1, AF 3, AB 2 AM 2, AC 2, AD 1, AD 1 RGN 2004	0,65	1,3
W	ECH 11, EBF 11, ECL 11 EM 11, AZ 11	0,26	0,52

Tabelle 1: Stromverbrauch verschiedener Industrieempfänger

Strommessungen sind ferner beim Abgleich des Heizkreises in Allstromgeräten von Wichtigkeit. Der Heizstrom beträgt in diesen Geräten bei Bestückung mit V-Röhren 50 mA, bei der noch weit verbreiteten Wehrmachtsröhre RV 12 P 2000 75 mA, bei U-Röhren 100 mA, bei den ebenfalls viel verbreiteten amerikanischen Röhren der 12er Serie 150 mA, bei C- und den meisten E-Röhren 200 mA und bei vielen ausländischen Röhren für 110-V-Geräte 300 mA.

In einigen seltenen Fällen besteht der Wunsch, Wechselströme zu messen, die größer als 0,4 A sind, beispielsweise bei der Stromaufnahme von Großsupern oder bei Betrieb vom 110-V-Netz. Für diesen Fall läßt sich der Meßbereich auf 4 A erweitern, indem man auf die Klemmen einen Nebenwiderstand von $0,11 \Omega$ aufsteckt, der in ähnlicher Weise abzugleichen ist, wie in dem Abschnitt "Gleichstrommessungen" Seite 13 beschrieben wurde.

C. Tonfrequenzmessungen.

Messung der Ausgangsspannung und -leistung. Bei den Tonfrequenzmessungen kommt in erster Linie die Messung der Ausgangsspannung über den Primärklemmen des Ausgangsübertragers in Frage, die vielfach für den Anschluss eines zweiten Lautsprechers nach außen geführt sind (Abb. 8). Nach dem Vorangegangenen ist klar, daß dabei das anodenseitige Ende des Ausgangsübertragers mit der rechten Meßklemme und das andere Ende, das

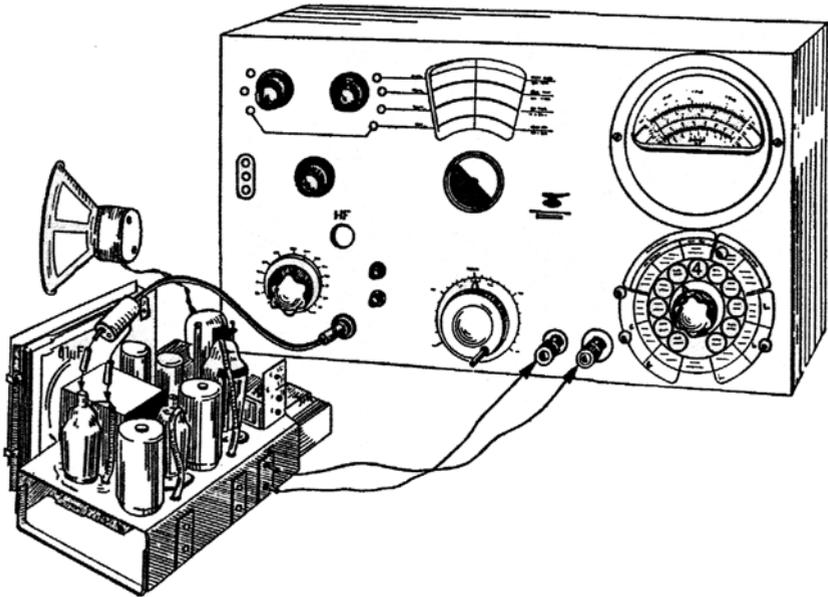


Abb. 8: Messung der Ausgangsspannung eines Rundfunkempfängers.

den Spannungsnullpunkt darstellt, mit der linken Klemme zu verbinden ist. Die Impedanz des Übertragers einschließlich des angeschalteten Lautsprechers, die man als Außenwiderstand R_a bezeichnet, ist für jede Röhre zwecks Erzielung einer optimalen Ausgangsleistung vorgeschrieben und beträgt im allgemeinen bei Endtrioden $3 R_i$ und bei Endpentoden U_a/I_a , wobei U_a die angelegte Anodengleichspannung und I_a den Anodenruhestrom bedeutet. In der folgenden Tabelle 2 sind einige übliche Werte für diesen Außenwiderstand zusammengestellt.

AD	1	2,3 kΩ	RENS 1374 d	16 kΩ
AL	4	7 kΩ	RENS 1823	11,5 kΩ
CL	4	4,5 kΩ	UCL 11	4,5 kΩ
ECL	11	7 kΩ	VCL 11	17 kΩ
EL	11	7 kΩ	6 L 6 (amer.)	5 kΩ
EL	12	3,5 kΩ	6 V 6 (amer.)	5 kΩ
RES	164d	10 kΩ	12 A 6 (amer.)	7,5 kΩ
RES	964	7 kΩ	25 L 6 (amer.)	2 kΩ

Tabelle 2.

Außenwiderstände für verschiedene Typen von Endröhren.

In Wirklichkeit ist der Außenwiderstand nicht konstant, sondern frequenzabhängig, da die Impedanz des Lautsprechers mit der Frequenz schwankt, wie aus der Abb. 9 zu erkennen ist. In dem Frequenzgebiet zwischen 400 und 800 Hz ist sie jedoch annähernd konstant, und die Angaben der Tabelle 2 gelten für dieses Frequenzgebiet.

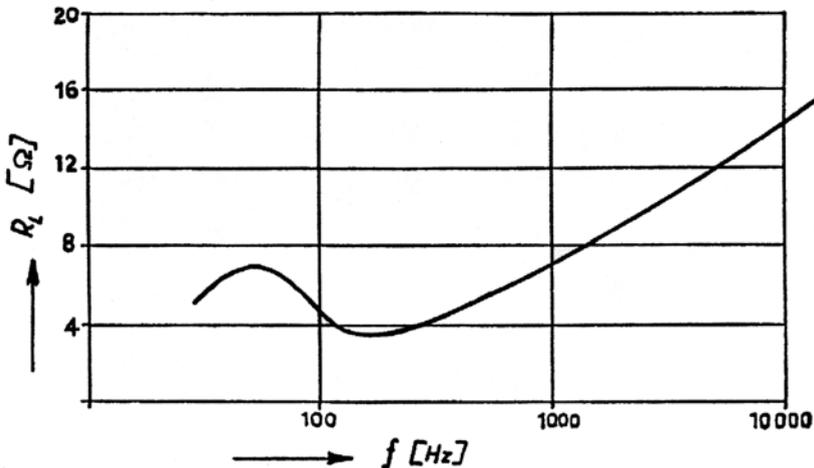


Abb. 9: Wechselstromwiderstand einer Lautsprecherspule.
(Die Anhebung im linken Teil der Kurve rührt von der Eigenresonanz des gemessenen Lautsprechers her.)

Für den am häufigsten vorkommenden Außenwiderstand von 7 kΩ sind auf der Skala Leistungsangaben für 50 mW, 1 W und 4 W vorgesehen. Die Sprechleistung steht mit der Ausgangsspannung in der Beziehung

$$U = \sqrt{N \cdot R_a}$$

In der folgenden Tabelle 3 sind für einige Leistungswerte die nach dieser Beziehung berechneten Spannungen zusammengestellt, und zwar nicht nur für den Außenwiderstand von 7 kΩ, sondern auch für einen weiteren Widerstand von 4,5 kΩ, der ebenfalls sehr häufig vorkommt.

N	50 mW	0,5 W	1 W	2 W	4 W	8 W
R _a = 7 kΩ	18,6	59	83,5	118	167	236 V
R _a = 4,5 kΩ	15	47,5	67	95	134	190 V

Tabelle 3
Ausgangsspannung für verschiedene Sprechleistungen
und Außenwiderstände.

Nachbildung des Außenwiderstandes. Im Farvimeter ist ein 7 kΩ-Widerstand vorgesehen, der anstelle des Außenwiderstandes eingeschaltet werden kann, indem man den kleinen Schalter nach oben legt, der im Schriftfeld der 400 V-Stellung angeordnet ist. Voraussetzung für einen korrekten Ersatz ist allerdings, daß der zu ersetzende Außenwiderstand ebenfalls 7 kΩ beträgt und der Lautsprecher sekundärseitig abgetrennt wird. Dadurch wird der Übertrager zu einer gegenüber 7 kΩ hohen Impedanz, so daß der Wechselstrom über den Ersatzwiderstand fließt, während der Gleichstrom den Weg über die Primärwicklung des Übertragers nimmt. In Abb. 10 ist des besseren Verständnisses halber diese Schaltung dargestellt.

Der eingebaute Widerstand hat eine Belastbarkeit von 10 W, so daß er auch dann nicht zerstört wird, wenn er von dem Gleichstrom der Endröhre durchflossen wird. Dies sollte jedoch vermieden werden, kann aber gelegentlich vorkommen, wenn die Meßklemmen des Farvimeters z. B. an die Buchsen für den zweiten Lautsprecher gelegt werden und diese so ausgebildet sind, daß bei Einführen eines Steckers der innere Lautsprecher abgeschaltet wird. Fließt der Gleichstrom durch den 7 kΩ-Widerstand, so muß die Röhre unter anormalen Bedingungen arbeiten, deshalb sollte dieser Zustand vermieden werden.

Die Nachbildung des Ausgangswiderstandes durch den eingebauten 7 kΩ-Widerstand hat den Vorteil, daß die Reparatur des Geräts größtenteils lautlos und ohne Belästigung des übrigen Werkstattpersonals durch den Lautsprecher ausgeführt werden kann.

Prüfung der Lautsprecheranpassung. Wie erwähnt, ist für jede Endröhrentype ein optimaler Ausgangswiderstand vorgeschrieben. Bei größerer Abweichung von diesem Wert ist die entnehmbare unverzerrte Leistung geringer.

Zwischen dem Außenwiderstand R_a , dem Übersetzungsverhältnis \ddot{u} des Übertragers und dem Ohmschen Widerstand R_L der Schwingspule besteht bekanntlich folgende Beziehung:

$$\ddot{u}^2 = \frac{R_a}{1,3 \cdot R_L}$$

R_a und R_L sind durch die Wahl der Endröhre und des Lautsprechers gegeben (der Faktor 1,3 berücksichtigt die induktive Komponente des Lautsprecherwiderstandes). Der Lautsprecherwiderstand muß durch geeignete Wahl des Übersetzungsverhältnisses an die Röhre angepaßt werden. Der an- und abschaltbare $7\text{ k}\Omega$ -Widerstand kann nun dazu benutzt werden, diese Anpassung überschlägig zu prüfen. Schaltet man nämlich nach Abb. 10 bei angeschaltetem Lautsprecher (also bei geschlossenem Sekundärkreis) den Widerstand von $7\text{ k}\Omega$ an, so geht die Spannung an R_a zurück. Ist nun der Innenwiderstand groß gegen den Außenwiderstand, so ist der Rückgang des Ausschlages ein Maß

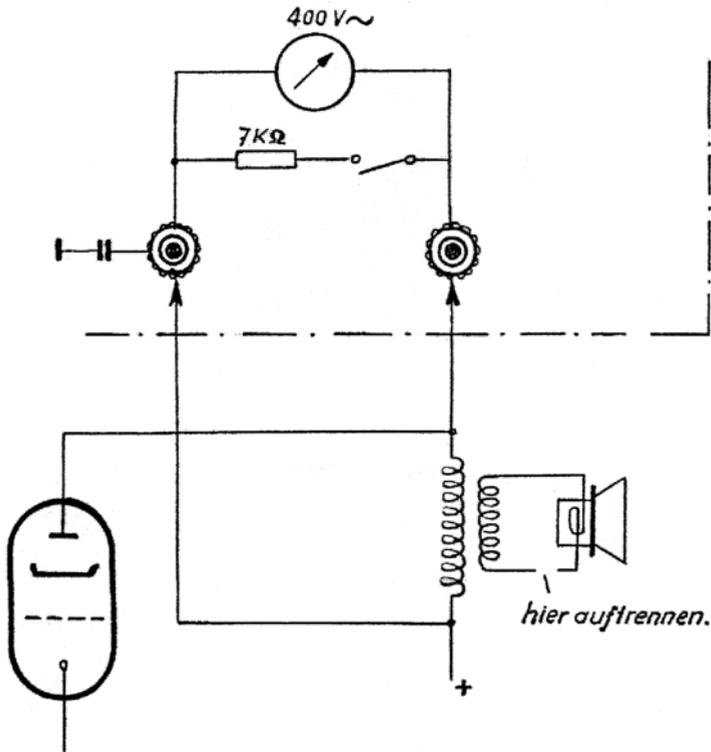


Abb. 10: Nachbildung des Außenwiderstandes.

für den Anpassungswiderstand. Diese Beziehung ist in Abb. 11 dargestellt. Geht z. B. bei einer CL 4 durch Einschaltung des 7 kΩ-Widerstandes der Ausschlag von 20V auf 12,5V, also auf 0,62 zurück, so lesen wir aus der Kurve einen zugehörigen Außenwiderstand von 4,5 kΩ ab. Die Anpassung war also richtig gewählt, da für die CL 4 dieser Außenwiderstand vorgeschrieben ist. Stellt man dagegen fest, daß der Ausschlag bei eingeschaltetem 7 kΩ-Widerstand auf z. B. 0,4 zurückgeht, so bedeutet dies einen Außenwiderstand von 10 kΩ,

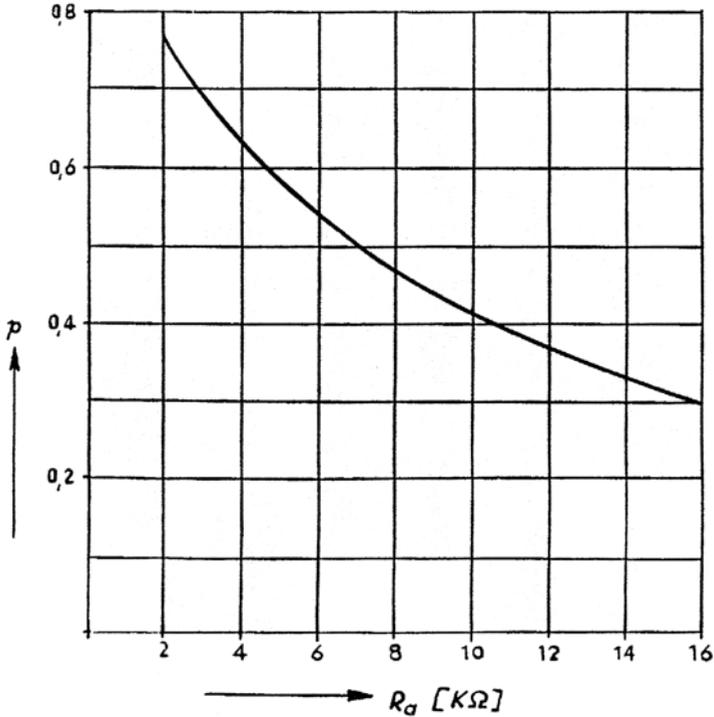


Abb. 11: Rückgang $p = \frac{R_a // 7 \text{ k}\Omega}{7 \text{ k}\Omega}$ der Ausgangsspannung bei Zuschaltung des 7 kΩ-Widerstandes zum Ausgangswiderstand R_a

so daß also eine Fehlanpassung vorliegt. Der Übertrager muß dann durch einen anderen mit einem um den Faktor $\sqrt{4,5/10}$ kleineren Übersetzungsverhältnis ersetzt bzw. entsprechend geändert werden. Das geschilderte Verfahren ist nur anwendbar, wenn der Innenwiderstand der Endröhre groß gegen den Außenwiderstand ist, d. h. bei Pentoden, und auch hier nur, wenn keine Gegenkopplung vorgesehen ist.

Die Brummspannung. Die Brummspannung soll bei Geräten mit gutem Lautsprecher, d. h. solchen, die auch die tiefen Frequenzen noch gut wiedergeben, nicht mehr als 5 % der Sprechspannung bei 50 mW Sprechleistung (Zimmerlautstärke) betragen. Dies entspricht einer Spannung von 0,5 bis 1,5 V, je nach dem Anpassungswiderstand. Der Spannungsmesser am Ausgang des Rundfunkgerätes zeigt daher schon einen gewissen Vorausschlag, bevor die Niederfrequenz aus die- Endstufe gegeben wird, wenigstens im Bereich 4 V. Bei kleinen Rundfunkgeräten, insbesondere bei Zwergsupern, läßt man jedoch vielfach eine erheblich höhere Brummspannung zu, da man hier Kleinautsprecher verwendet, die erst Frequenzen ab 150 Hz abstrahlen vermögen. Bei solchen Geräten ist daher auch im 400 V-Bereich schon ein merklicher Vorausschlag am Spannungsmesser zu verzeichnen. Empfindet man dies als störend, so kann man bei abgeschaltetem 7 kΩ-Widerstand den Ausgangsspannungsmesser über eine kleine Kapazität ankoppeln, die für 50 Hz noch einen verhältnismäßig hohen Widerstand und für 400 Hz einen genügend kleinen Widerstand darstellt. Wählt man z. B. als Koppelkondensator 800 pF, so wird die Spannung bei 50 Hz um 75 % und bei 400 Hz nur um 10 % geschwächt.

Verstärkungsmessungen. In das Gebiet der Tonfrequenzmessung gehört auch die Feststellung der Verstärkung einer Niederfrequenzstufe, beispielsweise der Endstufe. Zu diesem Zweck wird die volle Spannung des NF-Ausgangs auf das Gitter der Endröhre gegeben und die Spannung am Übertrager auf die obenbeschriebene Weise gemessen. Das Verhältnis dieser Spannung zur Eingangsspannung ist die Verstärkung der Röhre, d. h. wenn die Eingangsspannung 1 V beträgt, ist die Spannung am Übertrager unmittelbar gleich dem Verstärkungsfaktor der Röhre. Einige auf solche Weise gemessene Verstärkungsziffern sind in Tabelle 4 zusammengestellt:

Röhre	AL 4	EL 12	RENS 1374 d	RES 164 d
Verstärkung V	59	45	31	12
U _g bei 50 mW	0,33	0,3	0,9	1,6

Tabelle 4
Verstärkung V und Gitterspannungsbedarf U_g einiger Endröhren

Mehr noch als diese Faktoren interessiert die Umsetzung der Gitterspannung in die Leistung am Ausgangsübertrager, d. h. der Bedarf an Gitterwechselspannung, der zur Erzielung einer Sprechleistung von 50 mW erforderlich ist. Dieser Gitterspannungsbedarf U_g berechnet sich aus der Verstärkung V nach der Beziehung

$$U_g = \frac{1}{V} \sqrt{0,05 \cdot R_a}$$

Die nach dieser Formel berechneten Werte sind ebenfalls in Tabelle 4 eingetragen. Man erkennt aus diesen Zahlen, daß die neueren Röhren eine wesentlich geringere Gitterspannung benötigen als die älteren Typen. Im allgemeinen besteht der Niederfrequenzverstärker nicht nur aus der Endröhre, sondern dieser ist noch ein Verstärkersystem vorgeschaltet. Auch die Gesamtverstärkung dieser beiden Systeme läßt sich mit dem Farvimeter messen, indem man die Eingangsspannung im 4 V-Bereich und die Ausgangsspannung im 400 V-Bereich mißt und beide Werte durcheinander dividiert. Da sich diese beiden Bereiche wie 1 : 100 verhalten und in jedem Bereich Spannungen von 1/100 des Vollausschlages noch abgelesen werden können, läßt sich höchstens eine 10000-fache Verstärkung messen. Praktisch bewegen sich die Verstärkungsziffern zweistufiger Niederfrequenzverstärker in Rundfunkgeräten zwischen 500 und 2000. So beträgt z. B. die Verstärkung einer UCL 11 ohne Gegenkopplung bei einem Anodenwiderstand des C-Systems von 200 k Ω 1700-fach. Bei einer Eingangsspannung von 0,04 V am Gitter des C-Systems (Tonabnehmerbuchsen) muß also am Ausgang bei aufgedrehtem Lautstärkeregel eine Spannung von 68 V auftreten*). Wesentlich zweckmäßiger ist es, für diese Messung großer Verstärkungsziffern einen einfachen Spannungsteiler von 1:10 (Abb. 12) zu Hilfe zu nehmen. Man kann dann die Eingangsspannung genau messen und hat einen weiteren Regelbereich am Spannungsregler zur Verfügung. Um Brummstörungen zu vermeiden, wähle man den Spannungsteiler nicht zu hochohmig, also z. B. 45 k Ω zu 5 k Ω .

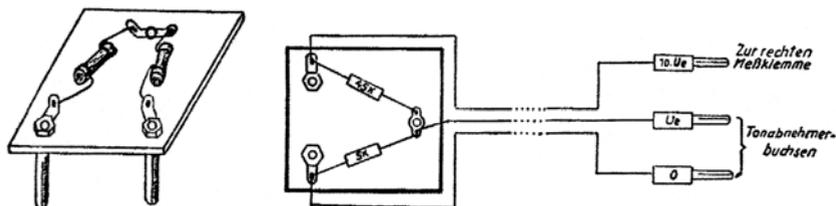


Abb. 12: Beispiel eines aufsteckbaren Spannungsteilers für den NF-Ausgang des Farvimeters.

Messung von Verzerrungen. Die auf zu große Aussteuerung der Endröhre bzw. ungünstige Einstellung ihres Arbeitspunktes zurückgehenden Verzerrungen - sogenannte nichtlineare Verzerrungen im Gegensatz zu linearen Verzerrungen, unter denen man den Frequenzgang einer Verstärkerstufe versteht - lassen sich mit dem Farvimeter messen. Die Verzerrungen bestehen im wesentlichen aus Abflachungen der Sinuswellen, die auf die Krümmung der $I_a - U_g$ Kennlinie im Gebiet kleiner Anodenströme, auf den

*) Um die Eingangsspannung genau messen zu können, ist darauf zu achten, daß das Röhrevoltmeter bei kurzgeschlossenen Klemmen genau auf 0 steht, was gegebenenfalls mit der Korrekturschraube zwischen den Feldern "40 μ F" und "400 mA" nachzuregeln ist.

Gitterstromeinsatz oder die Krümmung der $I_a U_a$ -Kennlinie im Gebiet kleiner Anodenspannungen bei Pentoden zurückzuführen sind. Mit wachsender Eingangsspannung steigt die Ausgangsspannung dann nicht mehr im gleichen Verhältnis an, sondern weniger. Abb. 13 zeigt diese Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung, die theoretisch eine Gerade sein muß, aber infolge der Verzerrungen mit wachsender Eingangsspannung mehr und mehr von dieser abweicht. In den meisten Fällen sind die Abflachungen der Sinuskurven einseitig oder wenigstens unsymmetrisch, so daß sich auch

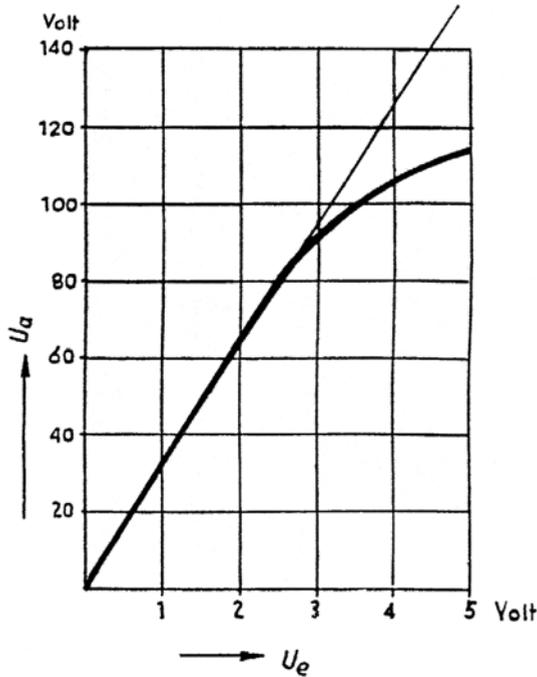


Abb. 13: Nichtlineare Verzerrungen der Endröhre. Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit von der Eingangsspannung U_e .

der Anodenruhestrom ändert, und zwar wird er größer, wenn die Verzerrungen auf Kennlinienkrümmung im Gebiet kleiner Anodenströme zurückgehen und kleiner, wenn der Gitterstromeinsatz oder die Krümmung der $I_a U_a$ -Kennlinie die Schuld an den Verzerrungen tragen. Auf diesen beiden Tatsachen beruht die Möglichkeit, die Verzerrungen meßtechnisch zu erfassen. Es ist dazu notwendig, die Endröhre voll auszusteuern, wozu die Tonfrequenzspannung des Farvimeters allein nicht ausreicht. Man zieht also zweckmäßig

die Vorröhre zu dieser Messung mit heran, wobei man sich wieder des oben erwähnten Spannungsteilers bedient. Ist eine Vorröhre im Gerät nicht vorhanden oder möchte man etwaige - aber unwahrscheinliche - Verzerrungen der Vorröhre nicht mitmessen, so ist es zweckmäßig, zwischen Tonfrequenzgang des Farvimeters und Eingang der Endröhre einen Übertrager von 1 :10 vorzusehen, den man sich gegebenenfalls selbst anfertigen kann (2 cm² Eisenquerschnitt, 500 und 5000 Windungen). Abb. 14 zeigt für diesen Fall die Meßschaltung. Die Eingangsspannung*) wird, von Null beginnend,

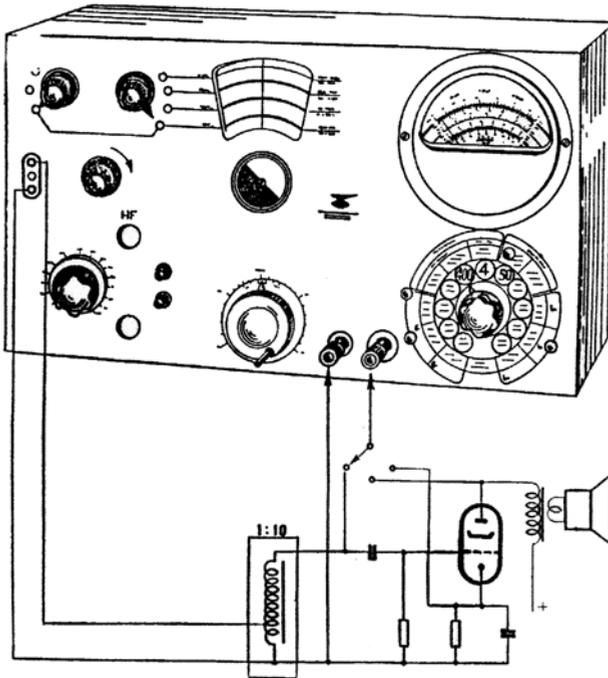


Abb. 14: Schaltungsanordnung zur Prüfung von nichtlinearen Verzerrungen der Endröhre (Oberfrager mit Sparwicklung).

schrittweise erhöht und am Meßinstrument abgelesen (4 V-Bereich). Dann wird das Instrument auf die Ausgangsspannung umgelegt (400 V-Bereich) und beide Werte in Form einer Kurve nach Abb. 13 aufgetragen. Gegebenenfalls kann man noch bei jedem Meßpunkt den Anodenruhestrom, gemessen als Spannungsabfall an der Kathode (Bereich 50 V), kontrollieren. Man gewinnt auf diese Weise ein Bild von den Verzerrungen und kann sie durch Verlagerung des Arbeitspunktes der Röhre auf ein Minimum zurückführen.

*) üblicherweise 800 Hz.

Einen wesentlich besseren Einblick in diese Art von Verzerrungen gewinnt man mit Hilfe eines Oszillographen, z. B. des von der Fernseh G.m.b.H. hergestellten "Farvigraphen". Man sieht hier die Kurve der Ausgangswechselspannung auf dem Schirm der Braunschen Röhre und kann vor allem auch andere Abweichungen von der Sinuskurve, die sich nicht als Änderung des Spitzenwertes bemerkbar machen, feststellen.

D. Messungen an Einzelteilen.

Messung von Widerständen. Für die Widerstandsmessungen sind die letzten drei Stellungen des Meßschalters vorgesehen. Die Meßwerte sind auf den drei Skalen R_1 , R_2 und R_3 unmittelbar ablesbar. Im Bereich R_1 werden Hochohmwidestände von 0,1 bis 100 M Ω gemessen. Es wird dabei der Strom gemessen, den die Meßspannung von 140 V über einen Vorwiderstand von 2,8 M Ω durch den zu messenden Widerstand R_x hindurchtreibt. Infolgedessen verläuft die Skala von links nach rechts, während die beiden anderen Widerstandsskalen umgekehrt verlaufen, da hier der Spannungsabfall an dem Widerstand R_x gemessen wird. Die prinzipielle Meßschaltung für die drei Bereiche ist in Abb. 15 dargestellt. In allen drei Bereichen stammen die Meßspannungen aus einer stabilisierten Spannungsquelle, so daß die Eichung konstant ist. Bei der Messung selbst darf am Meßobjekt keine Fremdspeisung

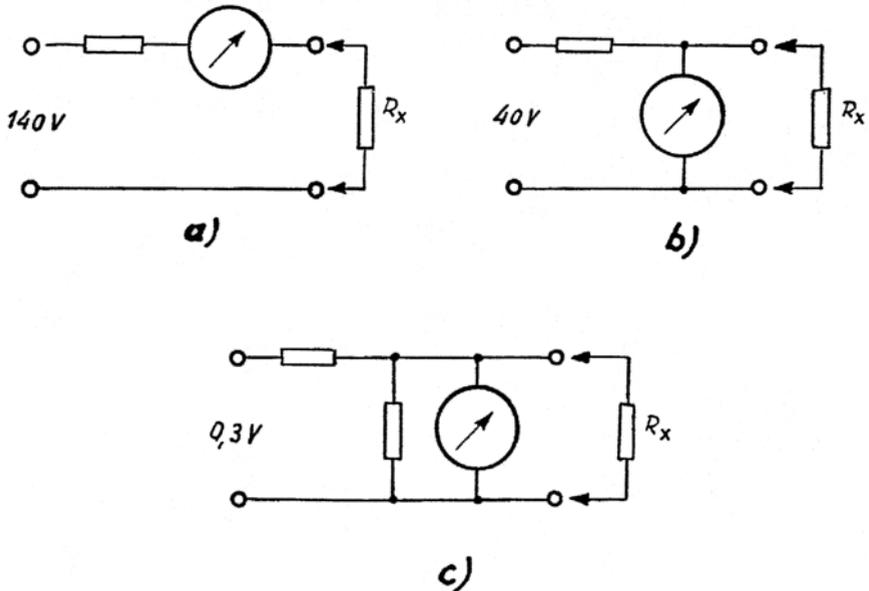


Abb. 15: Schaltung der Widerstandsmeßbereiche.
 a) 0-100 M Ω ; b) 0-500k Ω ; c) 0-5000 Ω

liegen, so daß das Rundfunkgerät zweckmäßig für die Dauer der Messung ausgeschaltet wird. Geschieht dies nicht, so kommt es zu Fehlanzeigen und im Bereich R_3 zu einer Gefährdung des Instruments bzw. zum Durchbrennen der 20 mA-Sicherung. Aus Sicherheitsgründen kann dieser Bereich erst nach Betätigung eines Sperrknopfes eingeschaltet werden. Bei dieser Stellung ist das Instrument auch als gewöhnlicher Durchgangsprüfer zu verwenden. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß dieser Bereich ferner bei ausgeschaltetem Farvimeter eine Erweiterung der Meßbereiche für Gleichstrom- und Spannungsmessungen erlaubt.

Widerstände in Geräten außerdeutscher Herkunft sind vielfach mit Farben gekennzeichnet. Dabei bedeutet die Grundfarbe des Körpers die erste und die Farbe einer Kappe die zweite Ziffer, während die Anzahl der an diese beiden Ziffern zu hängenden Nullen durch einen Farbtupfen auf dem Widerstandskörper angegeben ist. Die Bedeutung der Farben ist in der nachstehenden Tabelle 3 dargestellt.

0	schwarz	4	gelb	7	violett
1	braun	5	grün	8	grau
2	rot	6	blau	9	weiß
3	orange				

Tabelle 4. Kennzeichnung der Widerstände durch Farben

Ein Widerstand von 20 k Ω hat daher eine rote Grundfarbe mit schwarzer Kappe und orangefarbenen Tupfen. Ein anderes System verwendet farbige Ringe, die von einem Ende des Körpers bis zur Mitte ausgetragen und in dieser Reihenfolge zu lesen sind. Für die Angabe von Toleranzen werden die Farben Silber ($\pm 10\%$) und Gold ($\pm 20\%$) verwendet.

Zur Messung der Isolation wird man vorzugsweise den Bereich R_1 verwenden, also insbesondere zur Isolationsmessung bei Kondensatoren. Wie weit Kondensatoren mit schlechtem Widerstand noch brauchbar sind, richtet sich nach ihrer Verwendung in der Schaltung. Koppelkondensatoren zwischen dem anodenseitigen Ende einer Röhre und der Gitterseite der nächsten Röhre müssen einen sehr hohen Isolationswiderstand von wenigstens 1000 M Ω haben, d. h. es zeigt sich bei der Messung nur ein Ladungsstoß und anschließend muß der Ausschlag ganz nach links zurückgehen. Siebkondensatoren für die Regelspannung sind noch bis 100 M Ω verwendbar, während die üblichen Entkopplungskondensatoren, beispielsweise zwischen dem Vorwiderstand eines Schirmgitters nach Erde bis herunter zu 10 M Ω und Kathodenüberbrückungskondensatoren noch bis zu 100 k Ω verwendbar sind, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß diese schlechten Kondensatoren meist keine lange Lebensdauer mehr haben.

Elektrolytkondensatoren haben bekanntlich einen Leckstrom, der bis zu einer bestimmten Spannung (Formierspannung) proportional mit der Spannung ansteigt, so daß sich der Kondensator in diesem Gebiet wie ein Widerstand verhält. Ein Elektrolytkondensator mit einem größeren Leckstrom hat also

einen niedrigeren Widerstand als einer mit kleinem Leckstrom. In Abb. 16 sind zwei Grenzkurven dargestellt, unterhalb deren der Widerstand des Elektrolytkondensators nicht liegen soll. Für Hochvolt-Elektrolytkondensatoren sind kleinere Widerstände zulässig als für Niedervolt-Elkos, so daß sich zwei Kurven ergeben. Bei der Prüfung der Niedervolt-Elkos darf man sich nicht dadurch beirren lassen, daß in den Meßbereichstellungen R_3 und R_2 Prüfspannungen von 150 bzw. 40 V angeschrieben sind, die wesentlich höher liegen als die Betriebswerte für Niedervolt-Elkos. Diese Spannungen gelten nur für offene Meßklemmen und brechen am Meßobjekt zusammen, so daß keine Gefahr für den Elko besteht. Selbstverständlich ist aber auf die Polarität der Prüfspannung zu achten, indem der negative Pol stets mit der linken Klemme zu verbinden ist.

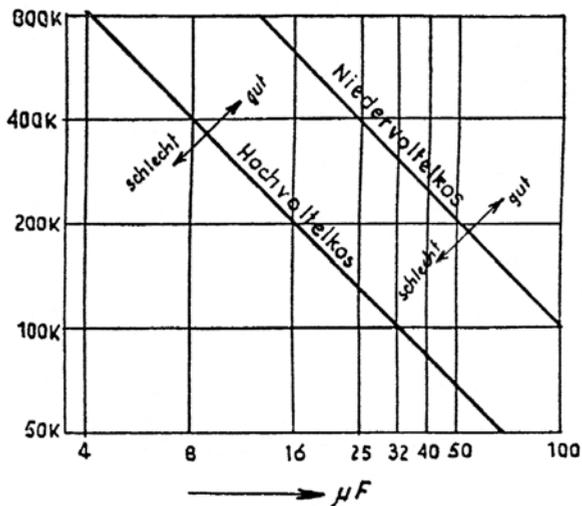


Abb. 16: Prüfung von Elektrolytkondensatoren auf Restwiderstand.

Messung von Kapazitäten bis 6000 pF. Ein weiteres wichtiges Schaltelement im Rundfunkgerät ist der Kondensator. Die Isolationsmessung der Kondensatoren wurde bereits besprochen. Der Kapazitätswert ist im allgemeinen aufgedruckt. In vielen Fällen besteht jedoch der Verdacht, daß er sich geändert hat, sei es, daß ein Elektrolytkondensator ausgetrocknet ist oder daß der Anschlußdraht überhaupt keinen Kontakt mehr mit der Folie hat. In Hochfrequenzkreisen kommt es außerdem auf den genauen Wert des Kondensators an, wenn er mit einer vorgegebenen Induktivität bei einer bestimmten Frequenz in Resonanz kommen soll. Aus all diesen Gründen ist eine Kapazitätsmessung für die Rundfunkwerkstatt unerlässlich, weshalb sie auch in das

Farvimeter mit aufgenommen wurde. Die Messung erfolgt nach zwei Methoden, und zwar werden kleinere Kapazitäten bis 6000. pF nach der Resonanzmethode gemessen, während bei größeren Kapazitäten der Strom festgestellt wird, der durch einen Kondensator fließt, wenn er an Wechselspannung von 50 Hz gelegt wird.

Die Schaltung für die Messung der Kondensatoren unter 6000 pF ist in der Abb. 17 dargestellt. Der zu messende Kondensator wird an die Klemmen gelegt, denen im Innern des Farvimeters eine Spule von genau bekannter Induktivität parallel liegt. Einer Anzapfung dieser Spule wird die HF-Spannung zugeführt. Deren Frequenz wird nun so lange verändert, bis der Kreis in Resonanz ist, die durch das am Kreis angeschaltete Röhrenvoltmeter RV angezeigt wird. Da die Induktivität bekannt ist, stellt die Resonanzfrequenz ein Maß für die Kapazität dar, so daß es möglich ist, die Frequenzskala in Kapazitäten zu eichen. Bei dieser Eichung ist die schädliche Kapazität des Röhrenvoltmeters berücksichtigt und braucht also nicht mehr in Abzug gebracht zu werden. Die Kapazitäten von 10 bis 6000 pF sind auf zwei Skalen verteilt, von denen die mit der höheren Frequenz (Bereich 500 bis 1700 kHz) die Kapazitäten bis 600 pF umfaßt, während die höheren Kapazitätswerte von 600 bis 6000 pF im Frequenzbereich 140 bis 500 kHz liegen.

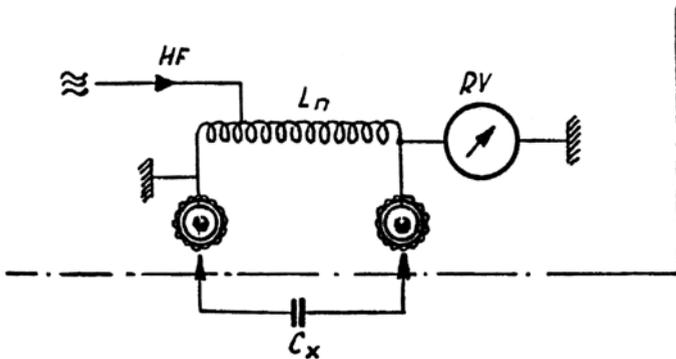


Abb. 17: Schaltung des Farvimeters bei der Kapazitätsmessung.

Bei der Einstellung auf Resonanz ist zu beachten, daß der Modulationsschalter nicht versehentlich auf "100 kHz" steht und daß auch Oberwellen Ausschläge des Instruments hervorrufen können. Diese lassen sich jedoch durch ihre geringere Höhe leicht von dem richtigen Ausschlag unterscheiden. Im übrigen kann man Fehlermöglichkeiten mit Sicherheit ausschließen, wenn man mit der Abstimmung bei hohen Frequenzen beginnt. Der erste Ausschlag ist dann in jedem Falle der richtige.

Beträgt z. B. die zu messende Kapazität 500pF entsprechend einer Resonanzfrequenz von 490 kHz, so ist auch bei $1/2 \times 490 = 245$ kHz noch ein Ausschlag zu verzeichnen und ein weiterer bei $1/3 \times 490 = 163$ kHz usw. Die Ausschläge nehmen jedoch mit wachsender Oberwellenzahl stark ab. Sie betragen für dieses Beispiel bei 490 kHz 3,0 V, bei 245 kHz 0,4 V und bei 163 kHz 0,06 V, d. h. sie verhalten sich wie 100 : 13 : 2. Der richtige Ausschlag ist also fast 10-mal so groß wie der zweite. Hinsichtlich des Zeigerwinkels betrachtet, sind die Unterschiede allerdings weniger groß, nämlich 100 : 45 : 13, was auf die logarithmische Empfindlichkeit des Röhrenvoltmeters zurückzuführen ist. Die absolute Höhe des Ausschlages hängt im übrigen von der Güte des Kondensators ab. Ein schlechter Kondensator wird an der richtigen Resonanzstelle unter Umständen keinen höheren Ausschlag liefern, als ihn ein guter bei der zweiten Oberwelle ergibt. Man erkennt daraus, daß bei der Messung von Kondensatoren unbekannter Kapazität eine gewisse Vorsicht am Platze ist. Man wird hier mit der Abstimmung unbedingt bei hohen Frequenzen, also am rechten Ende des C_1 -Bereiches, beginnen, so daß der erste Ausschlag der richtige ist.

Besondere Sorgfalt erfordert der Abgleich von Zwei- oder Mehrfachdrehkondensatoren. Hier kann man nicht mit fliegenden Verbindungsleitungen arbeiten, die man abwechselnd an die Statoren anklemmt, sondern die Leitungsführung muß unverändert bleiben und ein Umschalter verwendet werden. Vor Beginn des Abgleichs müssen die Anfangskapazitäten mit einem (Differential-) Trimmer auf gleiche Werte gebracht werden. Dann sind die Kapazitäten, beginnend bei kleinen Werten, punktweise miteinander zu vergleichen, und zwar ergeben sich so viele Meßpunkte, als die gefiederten Endplatten Lamellen besitzen. Nach jedem Meßpunkt wird jeweils eine neue Lamelle zum Eintauchen gebracht und gegebenenfalls durch Verbiegen mit einem Isolierstäbchen abgeglichen, bis der Kondensator durchgedreht ist.

Messung großer Kapazitäten bis 40 μ F. Kapazitäten oberhalb von 6000 pF einschließlich der Elektrolytkondensatoren werden, wie schon angedeutet, mit technischem Wechselstrom gemessen und zwar in der zweiten Schalterstellung bis 0,4 μ F und in der dritten bis 40 μ F. Die Meßspannung beträgt 4 V eff., und gemessen wird der Spannungsabfall an einem in Reihe mit dem Kondensator liegenden Meßwiderstand mit Hilfe des Röhrenvoltmeters. Auf dem Instrument sind hierfür zwei Skalen von 0 bis 0,4 μ F bzw. 0-40 μ F vorgesehen. Die Messung der Elektrolytkondensatoren erfolgt ohne Gleichstromvorspannung, so daß die gemessenen Werte als untere Grenzwerte aufzufassen sind. Die Erhöhung der Kapazität durch die im praktischen Betrieb vorhandene Gleichspannung ist jedoch unwesentlich.

Die Eichung der Kapazitätsskalen gilt exakt nur für eine Netzfrequenz von 50 Hz. Weicht die Frequenz von diesem Wert ab, was bei schlechten Netzen oder bei Betrieb von einem Umformer aus möglich ist, so muß man das Ergebnis entsprechend korrigieren, wenn man auf genaue Anzeige Wert legt. Letzteres dürfte allerdings in den meisten Fällen nicht notwendig sein, da es im Rundfunkgerät bei den Kapazitäten dieser Größenordnung auf 10-20 % Abweichung nicht ankommt. Will man dennoch die Korrektur durchführen, so gilt dafür folgendes: Der Ausschlag des Instruments hängt

vom Wechselstromwiderstand des Kondensators ab, also von $1/\omega C$, d. h. von der Frequenz in der gleichen Weise wie von der Kapazität. Eine Frequenzerhöhung von p% bedeutet also p% höhere C-Anzeige oder m. a. W., ist die Netzfrequenz um p% höher als 50 Hz, so sind von dem abgelesenen C-Wert ebenso viel Prozent abzuziehen und umgekehrt.

Messung von kleinen Induktivitäten in Stellung C₁ C₂. Für die Messung von Induktivitäten ist eine besondere Schalterstellung nicht vorgesehen. Sie kann jedoch in Stellung C₁C₂ erfolgen, wobei dann allerdings eine unmittelbare Ablesung nicht möglich ist, sondern es sind zwei einfache Messungen und eine kleine Rechnung notwendig. Die erste Messung besteht darin, daß an die Meßklemmen eine Kapazität zwischen 1000 und 5000 pF gelegt und diese gemessen wird (Wert K₁). Dann wird die unbekannte Spule zusätzlich parallel geschaltet und die neue Resonanzstelle gemessen, an der die (scheinbare) Kapazität abgelesen wird (Wert K₂). Beide Ablesungen ergeben zusammen die unbekannte Induktivität nach folgender Formel:

$$L_x = \frac{K_2 + 35}{K_2 - K_1} \text{ mHy.}^*$$

wobei K₁ und K₂ in pF einzusetzen sind.

Für den an dem Zustandekommen dieser Formel Interessierten sei sie nachstehend an Hand der Abb. 18 abgeleitet. Die im Farvimeter befindliche In-

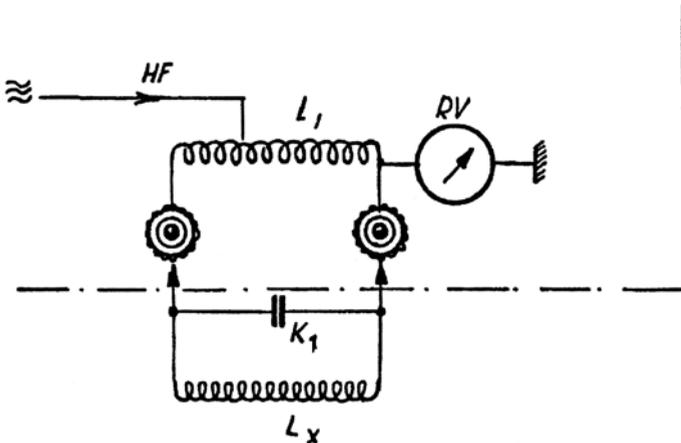


Abb. 18: Schaltung des Farvimeters bei L-Messung in Stellung C₁ C₂.

*) Die in der Bedienungsanweisung angegebene Formel

$$L_x = 0,2 \frac{K_2}{K_1 - K_2} \text{ ist bei kleinen L-Werten ungenau.}$$

duktivität L_1 von 0,2 mHy liegt zu der außen angebrachten Induktivität L_x parallel und bildet mit dieser eine kleinere Induktivität L_g , für die (ebenso wie bei parallel liegenden Widerständen) die Bezeichnung

$$\frac{1}{L_g} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_x} \quad (1)$$

gilt. Diese Induktivität L_g liefert zusammen mit der Kapazität $(K_1 + \Delta C)$ eine Resonanzstelle bei der Frequenz f , für welche die Thomson'sche Schwingungsformel

$$4 \pi^2 f^2 = \frac{1}{L_g \cdot (K_1 + \Delta C)} \quad (2)$$

gilt. ΔC ist dabei die schädliche Kapazität des Röhrenvoltmeters. Diese Resonanzstelle f kann man sich aber auch so zustande gekommen denken, daß die Induktivität L_1 allein mit einer gedachten Kapazität $(K_2 + \Delta C)$ bei der Frequenz f in Resonanz kommt, so daß die weitere Beziehung besteht

$$4 \pi^2 f^2 = \frac{1}{L_1 \cdot (K_2 + \Delta C)} \quad (3)$$

Aus (2) und (3) ergibt sich

$$\frac{1}{L_g (K_1 + \Delta C)} = \frac{1}{L_1 (K_2 + \Delta C)} \quad \text{oder}$$

$$\frac{1}{L_g} = \frac{K_1 + \Delta C}{L_1 \cdot (K_2 + \Delta C)} \quad \text{oder aus (1)}$$

$$\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_x} = \frac{K_1 + \Delta C}{L_1 \cdot (K_2 + \Delta C)} \quad \text{oder}$$

$$L_x = \frac{L_1 \cdot (K_2 + \Delta C)}{K_1 - K_2} \quad \text{oder, da } L_1 = 0,2 \text{ mHy und } \Delta c = 35 \text{ pF}$$

$$L_x = \frac{0,2 \cdot (K_2 + 35)}{K_1 - K_2} \text{ mHy.}$$

Will man sich die erste Messung und auch die Rechnung ersparen, so kann man auch die in Abb. 19 dargestellte Kurve benutzen, in der L_x für die Werte des Parallelkondensators von 1000 und 5000 pF dargestellt ist, und zwar nicht in Abhängigkeit von K_2 , sondern in Abhängigkeit von der Frequenz f . Letzteres ist günstiger, da die Frequenzskala feiner unterteilt ist als die Kapazitätsskala. Welche Methode man auch vorzieht, es ist in jedem Falle

zweckmäßig, sich einen aufsteckbaren Kondensator, ähnlich Abb. 6, zu schaffen, der möglichst verlustfrei sein soll (keramisch) und möglichst genau auf 1000 oder 5000 pF abgeglichen ist. Dieser Meßkondensator bleibt dann ausschließlich für die Induktivitätsmessung reserviert.

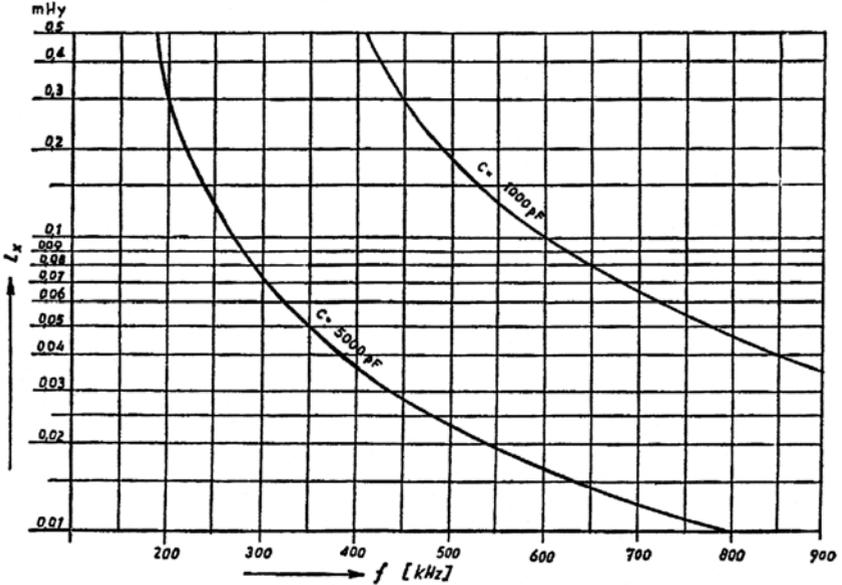


Abb. 19: Selbstinduktion L_x in Abhängigkeit von der Frequenz f bei zwei verschiedenen Normalkapazitäten C .

In Tabelle 4 sind die gebräuchlichen Induktivitäten für normale Rundfunkempfänger mit einem Drehkondensator von 500 pF zusammengestellt.

	Vorkreis		Oszillator bei ZF = 468 kHz		Oszillator bei ZF = 120 kHz	
Kurzwellen	0,0012	- 0,0014	0,001	- 0,0011	0,0012	- 0,0013
Mittelwellen	0,18	- 0,2	0,07	- 0,15	0,1	- 0,15
Langwellen	1,8	- 2	0,2	- 0,85	0,9	- 1,1
ZF-Filterspulen			0,3	- 0,5	7,5	- 9,0
ZF-Saugkreis			1,0	- 2,0		

Tabelle 4: Übliche Induktivitäten für Rundfunkempfänger in mHy.

Bei den Kurzwellenspulen ist eine Messung nicht mehr ohne weiteres möglich. Man wird sich hier bei der Windungszahl auf Erfahrungswerte stützen, da es sich immer nur um wenige Windungen handelt. Wenn man dagegen eine Spule im Mittel- oder Langwellenbereich auszuwechseln hat, so ist es erwünscht, einen Anhaltspunkt zu haben, wieviele Windungen auf den Eisenkörper mindestens aufzubringen sind. Diesem Zweck dient die Abb. 20, in der die Windungszahlen in Abhängigkeit von der Selbstinduktion für fünf verschiedene Kernformen dargestellt sind.

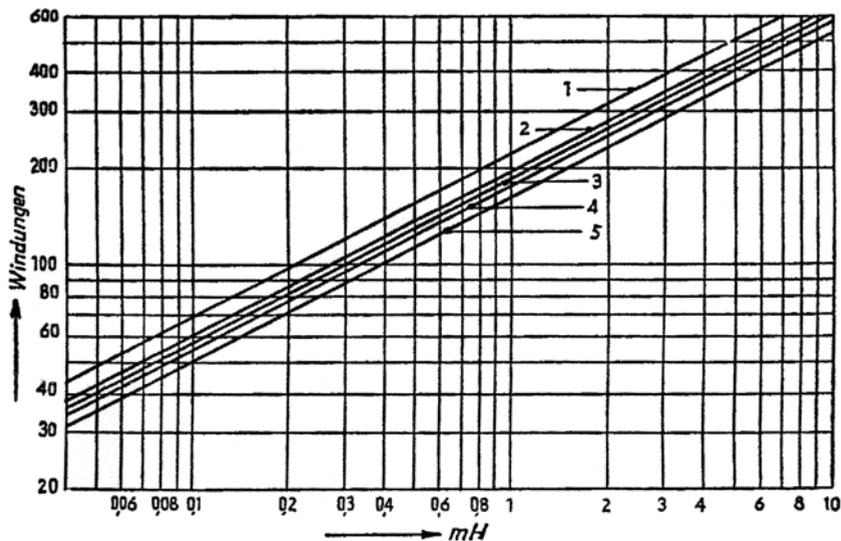


Abb.20: Windungszahl in Abhängigkeit von der Induktivität bei 5 verschiedenen Kernformen: 1. Sirufer-Kern, 2. Dralowid-Würfelspule, 3. Vogt-Topfkern, 4. Vogt-Gewindekern, 5. Siemens-Haspelkern.

Messung großer Induktivitäten. Ebenso wie für kleine Induktivitäten ist auch für große Induktivitäten keine besondere Stellung des Meßschalters vorgesehen. Die Messung solcher Induktivitäten - es handelt sich hier hauptsächlich um Drosseln für den Netzteil des Empfängers und Ausgangsübertrager - kann jedoch in den gleichen Stellungen erfolgen, in denen die großen Kapazitäten gemessen werden, indem statt des Kondensators die fragliche Selbstinduktion an die Meßklemmen gelegt wird. Mit Hilfe der Kurve Abb. 21 kann der Wert der Selbstinduktion aus dem Ausschlag des Röhrenvoltmeters im 4 V-Bereich ermittelt werden, wobei allerdings der Ohmsche Widerstand der Drossel unberücksichtigt bleibt. Die Kurve gilt mit genügender Übereinstimmung für beide Bereiche, die sich im Maßstab wie 1 : 100 verhalten.

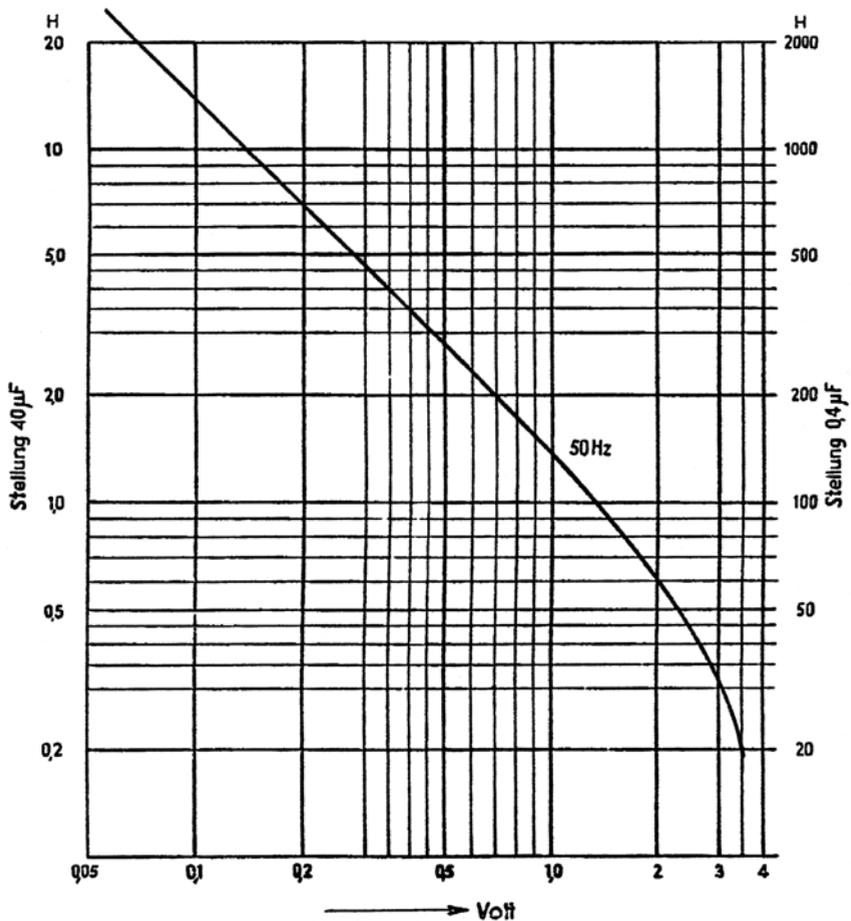


Abb.21: Messung großer Induktivitäten mit 50 Hz-Wechselstrom. Abhängigkeit der Induktivität von der Spannungsanzeige des Röhrenvoltmeters in den Stellungen 0,4 μF und 40 μF .

Da die Messung ohne Gleichstromvorbereitung erfolgt, stellen die gemessenen Werte obere Grenzwerte dar; denn infolge der Gleichstromvorbereitung geht die Selbstinduktion bekanntlich herunter.

Will man die Gleichstrombelastung bei der Messung mit berücksichtigen, so ist dies bei der Stellung 40 μF (Induktivität bis 20 Hy) möglich, indem man eine Gleichspannungsquelle in Reihe mit der Drossel schaltet und zwar am einfachsten eine Anodenbatterie. Für die Berechnung der einzustellenden

Spannung ist der Ohmsche Widerstand der Drossel R_L und der Innenwiderstand R_i in Stellung 40 μF zu berücksichtigen, der bei dieser Stellung mit 110 Ω angegeben ist. Die Spannung U beträgt also $U = I (R_L + R_i)$. Ist z. B. der Strom, bei dem die Selbstinduktion gemessen werden soll, 50 mA und der Ohmsche Widerstand der Drossel 600 Ω , so ergibt sich eine Spannung von $U = 0,05 (600 + 110) = 35,5 \text{ V}$, die sich an der Anodenbatterie leicht einstellen läßt. Der eingebaute Meßwiderstand verträgt Dauerbelastung bis 50 mA Gleichstrom.

E. Hochfrequenzmessungen

1. Resonanzmessungen an Schwingungskreisen

Die bisher besprochenen Messungen kleiner Kapazitäten und Induktivitäten waren ihrem Wesen nach Resonanzmessungen an hochfrequenten Schwingungskreisen, jedoch befand sich dabei ein Teil des Schwingungskreises innerhalb des Farvimeters. Im folgenden sollen nun Schwingungskreise besprochen werden, die sich vollständig außerhalb des Farvimeters befinden und zwar nicht nur Parallelresonanzkreise, sondern auch Serienresonanzkreise und gekoppelte Schwingungskreise (Bandfilter).

Messung kleiner Induktivitäten in Stellung 4 V. Es wurde bereits ausgeführt, in welcher Weise die Stellung C_1C_2 des Meßschalters zur Messung kleiner Induktivitäten benutzt werden kann. Die Induktivität von 0,2 mHy, die in dieser Stellung des Meßschalters den Klemmen im Innern parallel liegt, ist zur Messung von Kapazitäten notwendig, während sie für die Messung von Induktivitäten störend ist; denn sie liegt der zu messenden Induktivität L_x parallel und setzt diese herab.

Wenn L_x wesentlich größere Werte als 0,2 mHy annimmt, liegen die Resonanzstellen eng beieinander und die Ablesung wird ungenau. Außerdem verlangt die herabgesetzte Gesamtinduktivität eine größere Parallelkapazität, damit die üblichen Induktivitätswerte in den verfügbaren Frequenzbereich und nicht in die Lücke zwischen 1,7 und 6 MHz hineinfallen. Das hat aber den Nachteil, daß der Resonanzwiderstand und damit die Höhe des Ausschlags kleiner wird.

Die Verhältnisse werden erheblich günstiger, wenn die eingebaute Induktivität fortfällt und ein kleinerer Parallelkondensator verwendet werden kann. Eine solche Anordnung kann man sich leicht selbst herstellen, indem man in Stellung 4 V des Meßschalters eine Kapazität mit bekanntem Wert und parallel dazu die Induktivität L_x anschaltet. Die Zuführung der HF-Spannung muß dann allerdings von außen über eine kleine Koppelkapazität von ca. 10 pF

erfolgen. Abb. 22 zeigt die Schaltung für diese Messung und Abb. 23 die dazugehörigen Eichkurven für einen Meßkondensator von $C_n = 570 \text{ pF}$. Man sieht, daß die Eichkurve eine wesentlich schwächere Neigung hat und sich über einen größeren Frequenzbereich erstreckt, als dies in Stellung C_1C_2 der Fall ist. Zweckmäßig wird man die Normalkapazität und die Koppelkapazität ähnlich wie in Abb. 6 zu einer mechanischen Einheit zusammenbauen, die auf die Meßklemmen aufsteckbar ist und die Leitung zu der HF-Buchse, die übrigens nicht abgeschirmt zu sein braucht, fest damit verbinden. (Abb. 24).

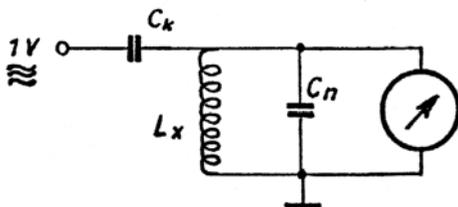


Abb. 22: Schaltung zur Messung kleiner Induktivitäten in Stellung 4 V.

Die Resonanzüberhöhung. Obwohl an der HF-Buchse nur 1 V Hochfrequenz zur Verfügung steht, wird man bei der oben beschriebenen Messung beobachten, daß der Ausschlag des Röhrenvoltmeters weit über 1 V hinausgeht. Diese Erscheinung bezeichnet man als Resonanzüberhöhung, von der übrigens auch in Stellung C_1C_2 bei der Messung von Kapazitäten und kleinen Induktivitäten Gebrauch gemacht wurde. Diese Resonanzüberhöhung erklärt sich daraus, daß der Kreis als selbständiges Gebilde schwingt und nur die Verluste durch die zugeführte Energie gedeckt zu werden brauchen. Je höher der Resonanzwiderstand des Kreises ist, umso größer ist die an ihm entstehende Spannungsüberhöhung. Der Resonanzwiderstand darf daher durch den Innenwiderstand der HF-Quelle nicht herabgesetzt werden. Aus diesem Grunde ist z. B. bei der Stellung C_1C_2 im Farvimeter die Schaltung so getroffen, daß die HF-Spannung einer Anzapfung der Spule zugeführt wird. Den gleichen Erfolg erzielt man durch Verwendung eines kleinen Koppelkondensators entsprechend Schaltung Abb. 22.

Die schädliche Kapazität des Röhrenvoltmeters. Als Anzeigeeorgan für die Resonanzfrequenz dient das Röhrenvoltmeter. Am Eingang dieses Instruments liegt nun außer einem Widerstand, von dem noch zu sprechen sein wird, eine schädliche Kapazität von 35 pF. Bei den bisher besprochenen Kapazitäts- und Induktivitätsmessungen störte diese Tatsache nicht, da die schädliche Kapazität bei der Eichung vom Ergebnis in Abzug gebracht bzw. der Normal-

kapazität zugeschlagen werden konnte. Soll nun die wirkliche Resonanzfrequenz eines Schwingungskreises festgestellt werden, so lässt sich die schädliche Kapazität ebenfalls berücksichtigen, wenn die Kreiskapazität bekannt ist bzw. gesondert gemessen wird. Ist nämlich die schädliche Kapazität $p\%$ der Kreiskapazität, so ist die wirkliche Resonanzfrequenz f um $p/2\%$ höher als die gemessene Resonanzfrequenz f' (diese Beziehung gilt angenähert, solange p nicht höher als 20% ist). Beträgt z. B. die gemessene

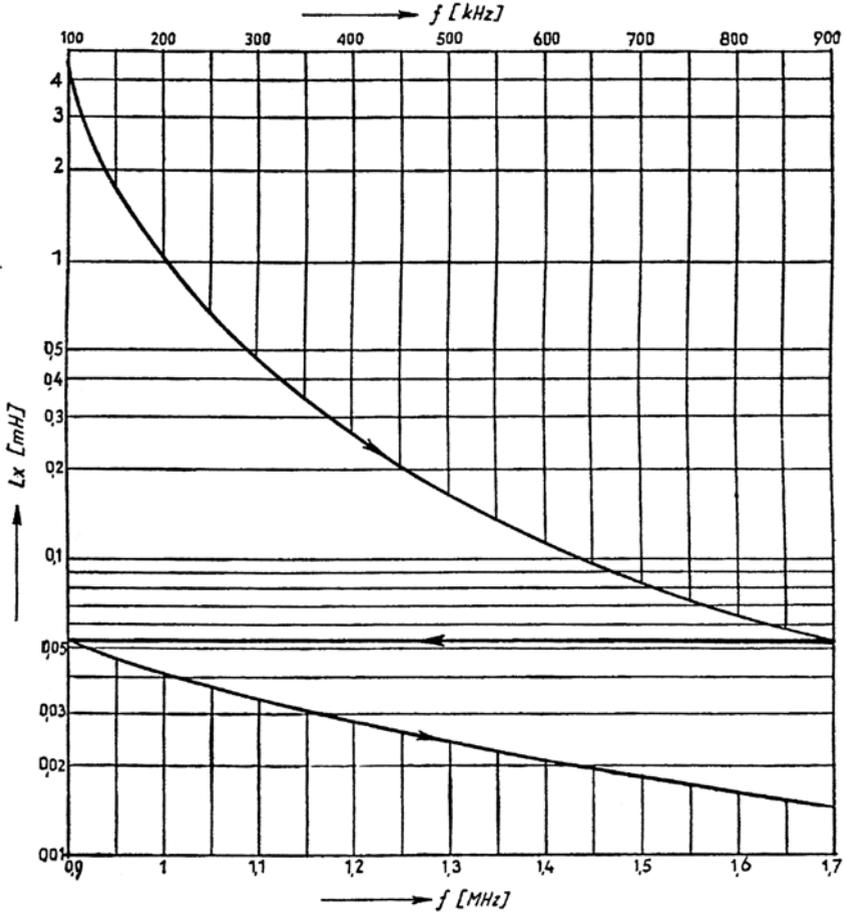


Abb. 23: Messung kleiner Induktivitäten in Stellung 4 V. Eichkurve L_x in Abhängigkeit von der Frequenz f für $C_n = 570$ pf.

Frequenz 585 kHz und die (gemessene) Kreiskapazität 350 pF, so daß also die schädliche Kapazität 10 % der Kreiskapazität ausmacht, so ist die wirkliche Resonanzfrequenz nur 5% höher als 585 kHz, also 614 kHz.

Anstatt die schädliche Kapazität rechnerisch zu berücksichtigen, kann man sie auch durch eine Schaltungsmaßnahme bis auf einen unbedeutenden Wert heruntersetzen, indem man das Röhrenvoltmeter nicht unmittelbar, sondern über eine kleine Kapazität von z. B. 5 pF an den Kreis anschließt (Abb. 25 a).

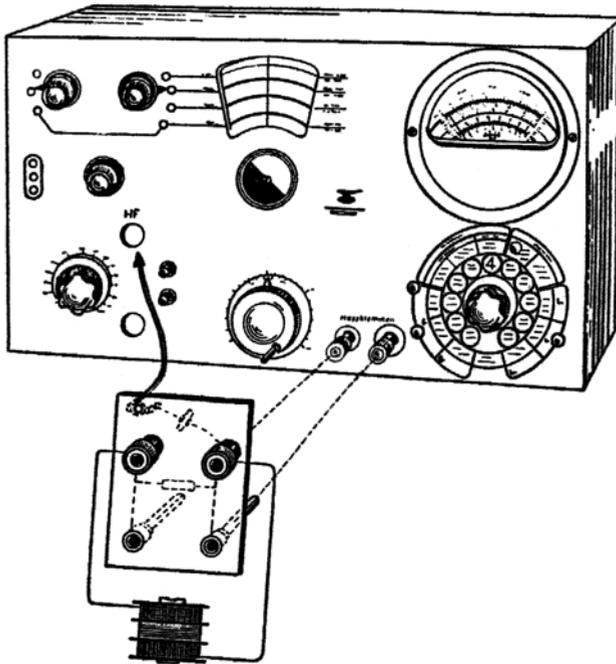


Abb. 24: Praktischer Aufbau der Schaltung nach Abb. 22.

Dadurch geht die schädliche Kapazität von 35 auf 4,4 pF zurück. Allerdings sinkt damit auch die Spannung am Röhrenvoltmeter auf $1/8$, da eine Spannungsteilung zwischen den beiden Kapazitäten stattfindet. Jedoch geht dank der logarithmischen Anzeige des Röhrenvoltmeters der Zeigerausschlag nur auf etwa $1/3$ zurück, so daß die Messung, besonders bei guten Resonanzkreisen, noch einwandfrei durchgeführt werden kann. Bezüglich der Ausschläge, die von Oberwellen herrühren, gelten die gleichen Ausführungen,.

die bereits in dem Kapitel über die Kapazitätsmessungen (Seite 31) gemacht wurden.

Eine praktische Ausführung der Schaltung nach Abb. 25a ist in Abb. 25b dargestellt. Die beiden kleinen Kapazitäten C_K und C_V werden hier durch zwei kleine Tellerkondensatoren dargestellt. Man kann diese Kapazitäten auch dadurch verwirklichen, daß man die Leitungen von der HF-Buchse

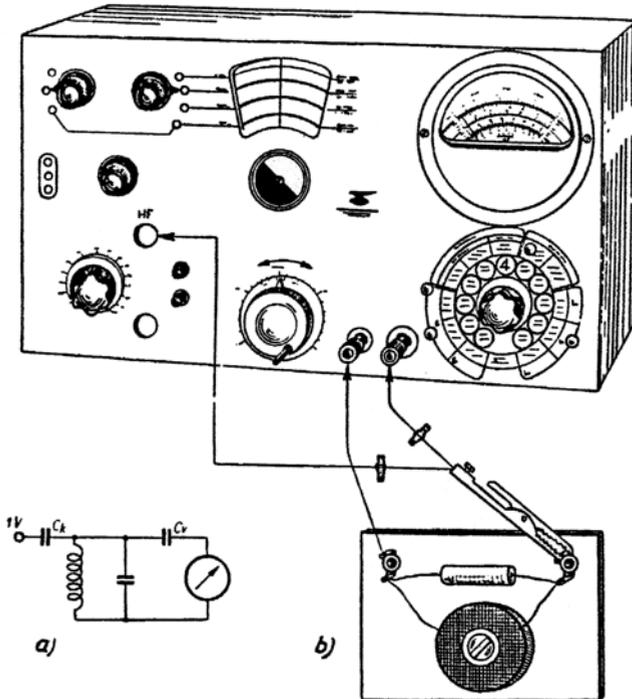


Abb. 25: Berücksichtigung der schädlichen Kapazität des Röhrenvoltmeters.

und der rechten Meßklemme mit Hilfe von Krokodilklemmen an isolierte Punkte am "heißen" Ende des zu messenden Schwingungskreises anklammt*). Von dieser Möglichkeit kann man besonders dann Gebrauch machen, wenn der Schwingungskreis nicht ausgebaut ist, sondern im Rundfunkgerät sitzt, beispielsweise, wenn man sich überzeugen will, auf welcher Frequenz der

*) Es ist darauf zu achten, daß die beiden Leitungen nicht unmittelbar aufeinander koppeln können.

Oszillator schwingt. Man klemmt dann also die beiden Leitungen isoliert, z. B. unter Zwischenlegen von Papier, an den Stator des Oszillatordrehkondensators an und dreht dann bei ausgeschaltetem Empfänger die Meßsenderfrequenz so lange durch, bis die Resonanzfrequenz am Röhrevoltmeter angezeigt wird, bzw. wenn es sich um den Abgleich des Kreises handelt, stellt man den Sender auf die gewünschte Frequenz ein und stimmt den Kreis so lange nach, bis das Röhrevoltmeter die Resonanz anzeigt.

Gütemessung an Schwingungskreisen. Bei Resonanzmessungen kommt es im allgemeinen nicht nur auf die Feststellung der Resonanzfrequenz an, sondern auf den gesamten Kurvenverlauf, insbesondere auf die Höhe des Maximums und die Durchlaßbreite der Kurve bei 71 % des Maximalwertes. Abb. 26 zeigt zwei Resonanzkurven, von denen die höhere einen guten

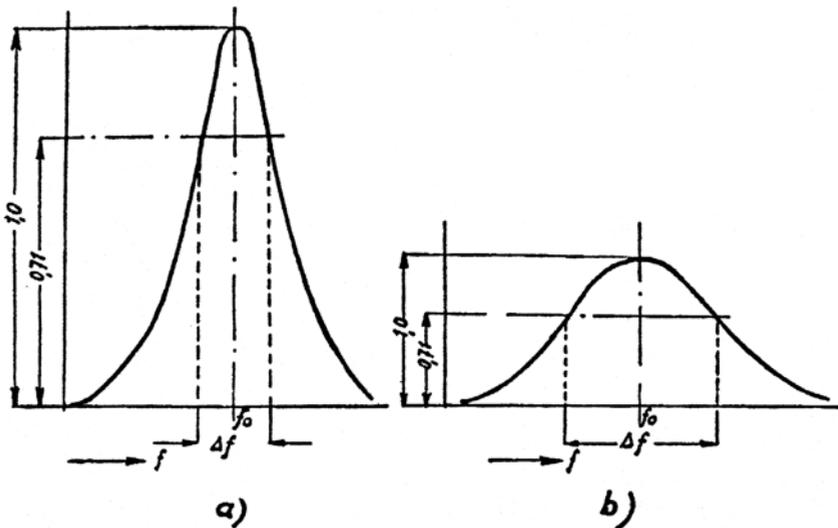


Abb. 26: Spannung U an einem Parallelresonanzkreis oder Strom I an einem Serienresonanzkreis bei verschiedener Güte Q der Kreise.

Kreis und die flache einen schlechten Kreis darstellt. Die Güte eines Kreises wird durch den Faktor Q (bezw. G) oder durch den reziproken Wert d (Dämpfung) = $1/Q$ angegeben, wobei $d = d_L + d_C$, d. h. gleich der Summe der Dämpfungen durch die Spule und den Kondensator ist. Q ist definiert als der Quotient aus der Resonanzfrequenz f_0 und der Bandbreite bei $1/\sqrt{2} = 0,71$ der Maximalamplitude. Man stelle also zunächst fest, bei welcher

Frequenz f_0 das Maximum liegt und verstimme dann den Sender nach beiden Seiten, bis der Ausschlag des Röhrevoltmeters auf 71 % abgesunken ist. Die Differenz Δf zwischen diesen beiden Frequenzen gibt dann den Wert.

$$\frac{f_0}{\Delta f} = Q'$$

Dieser Wert bedarf aber noch einer Korrektur, da das Röhrevoltmeter einen Eingangswiderstand besitzt, der gegenüber dem Resonanzwiderstand des Schwingungskreises (bei guten Schwingungskreisen werden Resonanzwiderstände bis 200 k Ω erreicht) nicht mehr vernachlässigt werden darf. Der gemessene Wert Q' muß daher noch nach folgender Beziehung korrigiert werden, um den wirklichen Wert Q zu erhalten:

$$Q = Q' \frac{R_e}{R_e - \omega L Q'}$$

wobei R_e den Eingangswiderstand des Röhrevoltmeters darstellt. Dieser beträgt 2 M Ω , sinkt aber mit wachsender Frequenz infolge der dielektrischen Verluste in den Aufbauteilen ab und beträgt bei 100 kHz nur noch etwa 1,6 M Ω , bei 500 kHz etwa 0,8 M Ω und bei 1 MHz etwa 200 k Ω *).

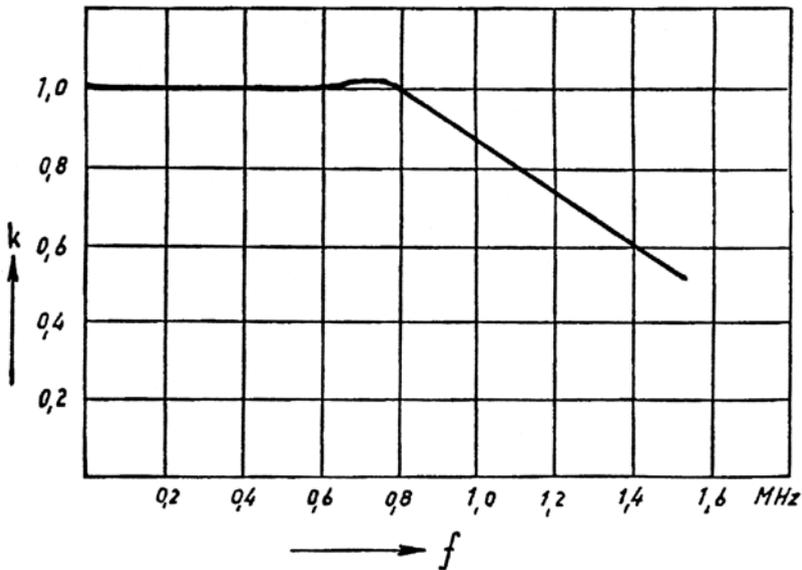


Abb. 27: Empfindlichkeit des Röhrevoltmeters $k = \frac{\alpha}{\alpha_0}$

*) Vom Farvlmeter Nr. 2201 ab wurden für die Aufbauteile des Röhrevoltmeters weitgehend keramische Teile verwendet, so daß hier R_e höher angesetzt werden kann.

Auf eine andere Eigenschaft des Röhrenvoltmeters sei an dieser Stelle noch eingegangen. Wie bereits erwähnt, geht der Gleichrichtung im Röhrenvoltmeter eine Verstärkung voraus. Diese sinkt infolge der schädlichen Kapazität der Anodenseite mit wachsender Frequenz. Dieser Abfall wird zwar durch eine Spule in Reihe mit dem Anodenwiderstand zunächst aufgehalten, kann aber oberhalb von 1 MHz nicht mehr vernachlässigt werden, wenn man Absolutmessungen machen will. Abb. 27 zeigt diesen Frequenzgang des Röhrenvoltmeters, wobei die Spannung am Anfang des Bereichs mit 1 bezeichnet ist. Diese Kurve spielt also nur bei Absolutmessungen eine Rolle, nicht dagegen bei der Feststellung der Resonanzfrequenz oder der Bandbreite. Mancher Besitzer eines Farvimeters hat vielleicht schon mit dem Röhrenvoltmeter die Ausgangsspannung an der 1 Volt-Buchse gemessen und dabei festgestellt, daß das Röhrenvoltmeter bei höheren Frequenzen eine kleinere Spannung anzeigt, als bei Drücken des Knopfes "HF-Kontrolle" auf der untersten Skala abgelesen wird. Für diesen Fehler ist also der Frequenzgang des Röhrenvoltmeters verantwortlich.

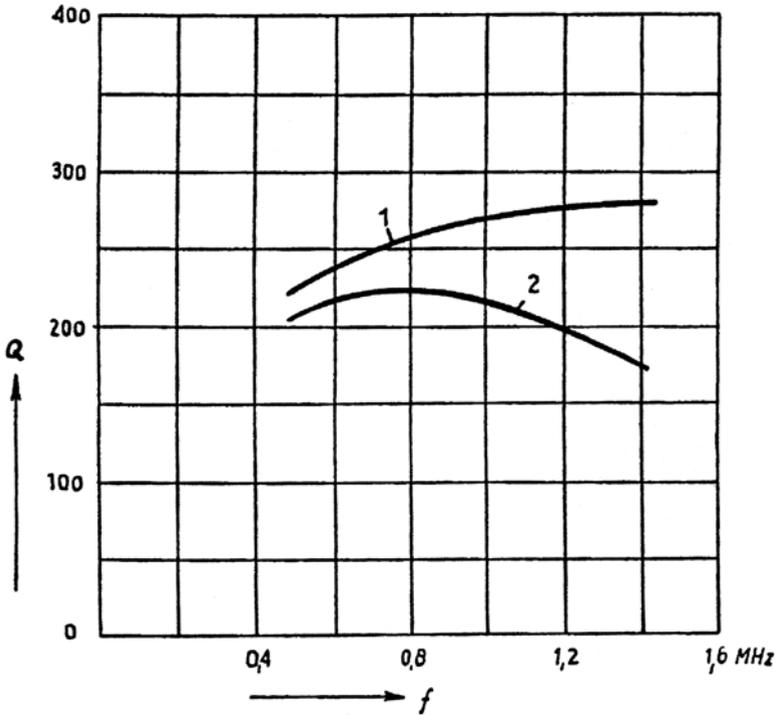


Abb. 28: Gütezahl Q verschiedener Spulen.
 Kurve 1 ... $L = 0,2$ mH, Gewindekern (Vogt), HF-Litze 20 x 0,05
 Kurve 2 ... $L = 0,2$ mH, Topfkern (Vogt), HF-Litze 20 x 0,05

Anstatt den gemessenen Q -Wert rechnerisch zu korrigieren, kann man ihn auch nach der Schaltung Abb. 25a messen, d. h. mit einer dem Röhren-

voltmeter vorgeschalteten Zwischenkapazität. Man braucht dann den Eingangswiderstand nicht mehr zu berücksichtigen, da dieser dann nur noch im quadratischen Verhältnis der Spannungsteilung in den Kreis eingeht. Bei einem Spannungsteilerverhältnis von 1 : 4, entsprechend einer vorgeschalteten Kapazität von 12 pF und bei einer Frequenz von 1 MHz würde der Resonanzwiderstand des Schwingungskreises durch den Eingangswiderstand des Röhrevoltmeters nur noch mit etwa 3 M Ω bedämpft, was in erster Annäherung zu vernachlässigen ist. Die Spannungsteilung weiterzutreiben, empfiehlt sich nicht, da die am Röhrevoltmeter auftretenden Spannungen zu klein werden, was vor allem die Feststellung der Bandbreite erschwert. Ist die Schwingkreis Kapazität ein keramischer oder Luft-Kondensator, so kann man diese bis zu Frequenzen von 30 MHz als verlustfrei ansehen, so daß die Spule allein für die Verluste verantwortlich ist. Das Q des Kreises ist dann gleich dem Q der Spule, das auch als $\omega L/r$ definiert ist, wobei r der Verlustwiderstand der Spule ist. Abb. 28 zeigt Q-Werte für einige Spulen. Von guten Rundfunkspulen muß man einen Q-Wert von 200 - 300 verlangen.

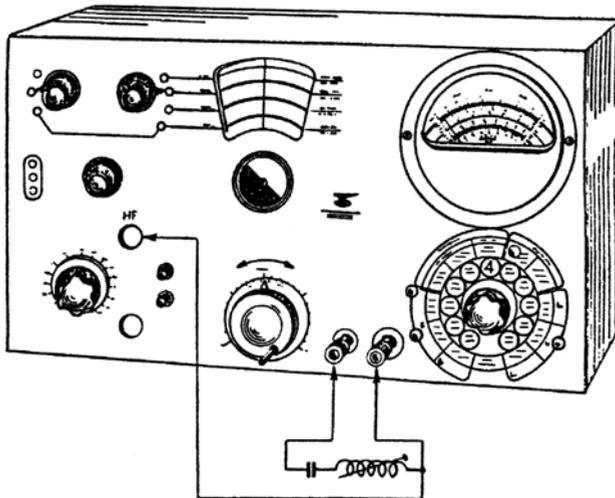


Abb. 29: Abgleich eines Saugkreises für die Zwischenfrequenz.

Der Abgleich eines Serienresonanzkreises. In Rundfunkgeräten hat man es im allgemeinen mit Paralleiresonanzkreisen zu tun. Gelegentlich treten jedoch auch Serienresonanzkreise aus, wie z. B. in Schaltungen zur Schwächung des Ortssenders oder zur Sperrung -des Austritts von Zwischenfrequenz in die Antenne. Abb. 29 zeigt den Abgleich eines solchen ZF-Saugkreises, z. B.

für den nachträglichen Einbau in einen Empfänger. Die Spannung an einem solchen Kreis ist im Resonanzfalle nicht mehr ein Maximum, sondern ein Minimum, da der Kreis bei Resonanz den geringsten Widerstand besitzt, der gleich dem Verlustwiderstand der Spule ist. Die Spannung des HF-Senders bricht bei Erreichen der Resonanz über dem Innenwiderstand der Spannungsquelle, der am 1 V-Ausgang 700 Ω beträgt, zusammen*). Es empfiehlt sich, den Abgleich dieses Kreises nach dem Einbau in den Empfänger nochmals zu überprüfen, wie später an einem Beispiel erläutert wird.

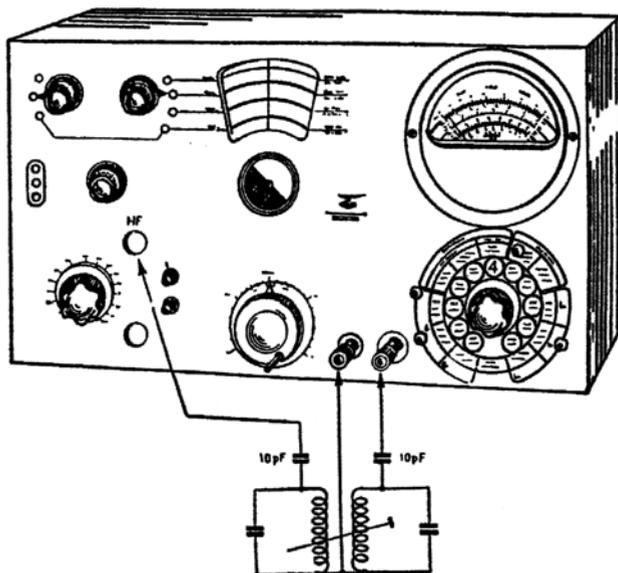


Abb. 30: Schaltung zum Abgleich eines Bandfilters.

Vorabgleich von Bandfiltern. An Stelle von Einzelkreisen können auch gekoppelte Kreise durchgemessen werden. Abb. 30 zeigt eine solche Schaltung zum Abgleich eines Bandfilters außerhalb des Rundfunkgeräts. Die Koppelkapazitäten nach der HF-Quelle einerseits und dem Röhrenvoltmeter andererseits sind hier mit 10 pF etwas größer gewählt, weil an der Sekundärseite nur noch etwa die Hälfte der Spannung auftritt als am Primärkreis. Außerdem entsprechen diese Werte den schädlichen Kapazitäten der Röhren, zwischen denen das Bandfilter später im Rundfunkgerät eingebaut wird. Ein auf solche

*) Siehe auch: Abgleich einer 9 kHz-Sperre im Kapitel C.

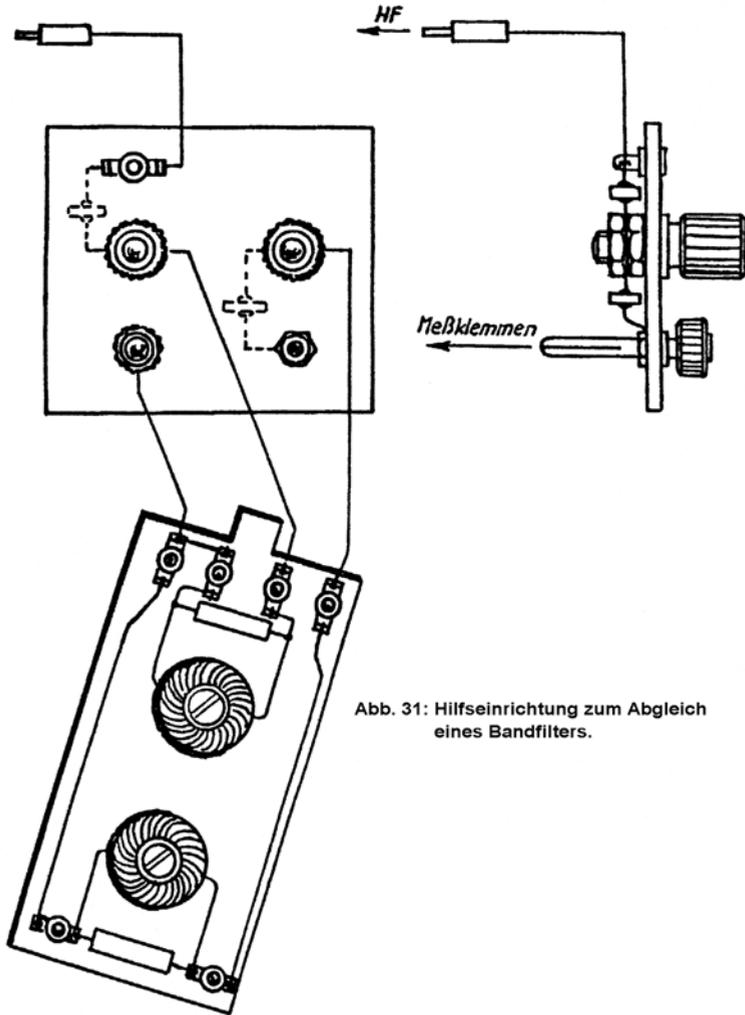


Abb. 31: Hilfseinrichtung zum Abgleich eines Bandfilters.

Weise abgeglichenes Bandfilter kann also ohne weiteres nachträglich in das Rundfunkgerät eingebaut werden, wobei man natürlich das fertige Gerät nochmals nachstimmen wird, worauf später noch eingegangen werden soll. Bei diesem Vorabgleich ist besonders darauf zu achten, daß die Leitung von der HF-Quelle und die zum Röhrenvoltmeter nicht aufeinander koppeln, da dies eine zusätzliche kapazitive Kopplung der Bandfilterhälften darstellt. Ist ein solcher Vorabgleich häufiger durchzuführen, so ist es zweckmäßig, die

beiden Koppelkapazitäten, die Leitung nach der HF-Buchse und drei Schraubklemmen auf einem Pertinaxbrettchen zusammenzubauen, das auf die Meßklemmen aufgesteckt werden kann. Man braucht dann nur noch die beiden Pole des Bandfilters und seinen Nullpunkt mit den drei Schraubklemmen zu verbinden (Abb. 31). Ferner empfiehlt es sich, den Vorabgleich bei aufgesetzter Abschirmhaube vorzunehmen, die zusammen mit den beiden "kalten" Enden der Kreise an die Masseklemmen zu legen ist.

2. Hochfrequenzmessungen an Rundfunkgeräten.

Während die bisherigen Hochfrequenzmessungen außerhalb des Rundfunkempfängers oder zumindest bei ausgeschaltetem Gerät durchgeführt wurden, kommen wir nun zu den Messungen am Gerät selbst. Hierhin gehören z. B. Messungen der Empfindlichkeit und der Trennschärfe an fertigen Empfängern. Unfertige Geräte oder solche, bei denen die Empfindlichkeit nachgelassen hat, können mit Hilfe der Hochfrequenzmeßtechnik auf günstigste Empfindlichkeit und Trennschärfe gebracht werden. Dieser als Abgleich oder - wenn es sich um eine Reparatur handelt - als Nachstimmen bezeichneter Arbeitsvorgang setzt voraus, daß die Gleichstromversorgung der Röhren in Ordnung ist und sonstige Fehler, wie Brummen, Krachen usw. beseitigt sind.

Der Abgleich beginnt stets vom Ende her. Man überzeugt sich also zunächst, ob die Niederfrequenzverstärkung des Empfängers ausreichend ist, was in dem Kapitel C, Abschnitt "Verstärkungsmessungen" bereits besprochen wurde. Dann wird HF-Spannung auf den Empfänger gegeben, die nach Frequenz und Amplitude regelbar und mit 400 Hz moduliert ist. Der Abgleich beginnt bei der dem HF-Gleichrichter unmittelbar vorangehenden Stufe, wird dann stufenweise vorverlegt und endet schließlich an der Antennenbuchse. Dies wird weiter unten noch näher ausgeführt.

Allgemeines über den Abgleich eines Rundfunkempfängers. Wenn man zunächst einmal vom Überlagerungsempfänger absieht, so ist das Grundproblem beim Abgleich eines Empfängers der Gleichlauf zweier Hochfrequenzkreise, deren Drehkondensatoren auf einer gemeinsamen Achse sitzen. Exakter Gleichlauf ist nur möglich, wenn sowohl die Selbstinduktionen als auch die Kapazitäten beider Kreise die gleichen Werte haben. Die letzte Bedingung ist dadurch erfüllt, daß einerseits der Mehrfachdrehkondensator von der Fabrik sehr genau abgeglichen ist und andererseits Kapazitätstrimmer in jedem Wellenbereich vorgesehen sind, mit denen die Anfangskapazitäten (Schaltkapazität, Röhrenkapazität und Anfangskapazität der Drehkondensatoren) auf gleiche Werte gebracht werden können. Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so treten Gleichlaufstörungen aus, die durch das Nachstimmen beseitigt werden müssen. Bei diesem Nachstimmen ist nach folgender Regel zu verfahren: Kapazitätstrimmer müssen grundsätzlich am kurzwelligen Ende und Spulen am langwelligen Ende des Bereiches nachgestimmt werden.

Diese wichtige Regel sei im folgenden kurz begründet: Angenommen, die Kapazitäten seien genau gleich, die Selbstinduktionen aber um 10 % verschieden, so gilt für die Kreisfrequenz ω_1 des ersten Kreises

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}} \quad \text{und für die Frequenz } \omega_2 \text{ des zweiten Kreises}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1,1 L_1 \cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{1,1}} \cdot \frac{1}{L_1 C} = 0,95 \cdot \omega_1$$

D. h. die Frequenz des zweiten Kreises ist im gesamten Bereich um 5 % niedriger als die des ersten Kreises.

Als nächstes sei angenommen, daß die Induktivitäten gleich, die Anfangskapazitäten aber verschieden sind, und zwar sei in Kreis 1 die Anfangskapazität $C_a = 50$ pF und die Endkapazität C_e 500 pF, während im Kreis 2 die Anfangskapazität 55 und die Endkapazität 505 pF betrage. Dann ist die Frequenz ω_{1a} am Anfang des Bereiches:

$$\omega_{1a} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C_a}} \quad \text{und die entsprechende Frequenz des Kreises 2:}$$

$$\omega_{2a} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot 1,1 \cdot C_a}} \quad \text{d.h. } \omega_{2a} = 0,95 \cdot \omega_{1a}$$

Die Anfangsfrequenz des Kreises 2 ist also 5 % niedriger als die des Kreises 1. Für das Ende des Bereichs gilt dagegen folgendes:

$$\omega_{1e} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C_e}} \quad \text{und}$$

$$\omega_{2e} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot 1,01 \cdot C_e}} \quad \text{d.h. } \omega_{2e} = 0,995 \omega_{1e}$$

Die Endfrequenz des Kreises 2 ist also nur 0,5 % niedriger als die des Kreises 1. Mangelnde Übereinstimmung der Anfangskapazitäten macht sich also am kurzwelligen Ende als Gleichlauffehler, am langwelligen Ende aber fast nicht mehr bemerkbar. Man kann also folgende Behauptung aufstellen: Gleichlauffehler am langwelligen Ende sind im wesentlichen auf Abweichungen der Selbstinduktionen zurückzuführen, während Gleichlauffehler am kurzwelligen Ende sowohl auf Abweichungen der Selbstinduktionen als auch auf mangelnde Übereinstimmung der Kapazitäten zurückgehen. Beseitigt man daher den Gleichlauffehler am langwelligen Ende durch Trimmen der Spulen, so bleibt am kurzwelligen Ende nur noch der Gleichlauffehler übrig, der auf die mangelnde Übereinstimmung der Kapazitäten zurückgeht. Dieser kann dann durch Trimmen der Kapazitäten am kurzwelligen Ende beseitigt werden.

Ein einmaliger Abgleich genügt jedoch nicht, sondern man muß diese Arbeit einige Male wiederholen, wobei man zum Schluß mit dem C-Abgleich aufhört. Als Abgleichfrequenzen wählt man zweckmäßigerweise nicht die äußersten Enden des Bereichs, sondern zwei Punkte, die von den Enden etwa 10-15 % entfernt liegen, damit die Übereinstimmung in der Mitte des Bereichs besser gesichert ist. Beim Abgleich eines Empfängers ist außer dem Gleichlauf noch die Übereinstimmung der Drehkondensatorstellung mit der Skala zu

beachten, wobei in der Anfangs- oder Endstellung des Drehkondensators der Zeiger mit einer auf der Skala vorgegebenen Marke zur Deckung zu bringen ist. Für die Lage des Senders auf der Skala ist bei Geradeausempfängern der Audionkreis und bei Oberlagerungsempfängern der Oszillatorkreis maßgebend. Die Vorkreise sind dagegen für die Empfindlichkeit bestimmend.

Nachstimmen eines Zweikreis-Geradeausempfängers: Nach dem bisher Gesagten sind wir in der Lage, einen Zweikreis-Geradeausempfänger abzugleichen. Die einzelnen Schritte dieser Arbeit lassen sich tabellarisch wie folgt zusammenstellen:

Wellenbereich		Empfänger bzw. Meßsender auf m	kHz	Abgeichelemente	Bemerkungen
MW	1)	550	546	L_m Audion *) L_m Vorkreis	*) Rückkopplung in Mittelstellung und stehen lassen.
	2)	220	1346	C_m Audion C_m Vorkreis	
	3)	1. und 2. bei den gleichen Frequenzen noch einigemal wiederholen.			
	4)	350	856	Eichung **) und Empfindlichkeit ***) kontrollieren.	***) Auf Übereinstimmung mit der Skala.
LW	5)	1800	166,7	L_L -Audion L_L -Vorkreis	***) Mit Kupfer-Eisenstab an Vorkreissspule. Sowohl bei Annäherung von Eisen als auch von Kupfer muß die Empfindlichkeit geringer werden.
	6)	850	353	C_L -Audion C_L -Vorkreis	
	7)	5. und 6. bei den gleichen Frequenzen noch zweimal wiederholen.			
	8)	1300	230	Eichung ***) und Empfindlichkeit ***) kontrollieren.	

Tabelle 5: Abgleichschema für Zweikreiser.

Die in dieser Zusammenstellung angegebenen Abgleichfrequenzen stellen keine genormten Werte dar, sondern sind jeweils in den Abgleichanweisungen der Fabriken angegeben. Einen besonders schnellen Abgleich erreicht man, wenn man am kurzwelligen Bereichsende mit der Oberwelle des Senders arbeitet, also z. B. die Abgleichfrequenzen zu 600 und 1200 kHz wählt. Man läßt dann den Sender auf 600 kHz stehen und braucht nur seine Energie am kurzwelligen Bereichsende zu erhöhen.

Nachstimmen eines Supers: Die gleiche Aufgabe wie bei einem Zweikreis-Geradeausempfänger liegt auch beim Abgleich der Vorstufen eines Supers vor. Anders ist jedoch die Problemstellung beim "Gleichlauf" zwischen Oszillatorkreis und Vorstufe. Jeder Super enthält ja bekanntlich einen Oszillator, der mit der Empfangsfrequenz im Überlagerer eine Differenzfrequenz, die sogenannte Zwischenfrequenz, bildet, die konstant ist und im Zwischenfrequenzteil weiter verstärkt wird. Die Oszillatorfrequenz muß also von der Vorkreisfrequenz einen gleichbleibenden Frequenz-Abstand haben, und das Ziel des Abgleichs ist es, diesen konstanten Abstand so gut wie möglich einzuhalten. Am Beispiel des Mittelwellenbereichs seien diese Verhältnisse zahlenmäßig erläutert. In diesem Bereich liegt die Empfangsfrequenz zwischen 500 und 1500 kHz. Ist nun die Zwischenfrequenz z. B. 468 kHz, so muß die Oszillatorfrequenz zwischen 968 und 1968 kHz liegen, was einem Frequenzverhältnis von 1 : 2,05 bzw. einem C-Verhältnis von 1 : 4,2 entspricht (würde die Oszillatorfrequenz niedriger sein als die Vorkreisfrequenz, so müßte sie zwischen 32 kHz und 1032 kHz liegen, was einem C-Verhältnis von 1 : 1180 entsprechen würde, was sich technisch nicht verwirklichen läßt). Das C-Verhältnis ist also kleiner als das des Vorkreises, welches 1 : 9 beträgt.

Aus diesem Grunde läßt sich ein exakter Gleichlauf nur durch einen besonderen Plattenschnitt des Oszillatordrehkondensators erzielen. Man ist jedoch aus technischen Gründen vielfach dazu übergegangen, Vorkreis- und Oszillatordrehkondensator mit gleicher Kapazität und gleichem Plattenschnitt auszuführen. Dem Oszillatordrehkondensator wird deshalb zur Verkleinerung des Variationsbereichs ein Serienkondensator in Reihe geschaltet, der vielfach als Padding-Kondensator bezeichnet wird. (Übliche Werte für den Padding sind 200 pF für den Langwellenbereich, 500 pF für den Mittelwellenbereich und 5000 pF für den Kurzwellenbereich, wenn man ihn hier nicht überhaupt fortläßt.) Unter diesen Voraussetzungen läßt sich ein exakter Gleichlauf nur noch an drei Punkten erzielen, und zwar am langwelligen Bereichsende mit dem L-Abgleich, am kurzwelligen Ende mit dem C-Abgleich und in der Mitte mit dem Padding-Kondensator. In modernen Geräten ist jedoch der Padding nicht mehr veränderlich, sondern hat einen genau berechneten festen Wert. Der Abgleich in der Bereichsmitte ist dadurch automatisch gesichert, wenn man nur dafür sorgt, daß die Nachstimmung bei den gleichen Frequenzen erfolgt, bei denen sie in der Fabrik vorge-

nommen wurde. Diese Frequenzen sind daher in den Kundendienstschriften der Fabriken angegeben, und ein Abweichen von diesen Werten kann nur zu einem schlechteren Resultat führen.

Das Arbeitsschema des Abgleichs eines Supers mit Vorkreis enthält also auch nur zwei Abgleichfrequenzen für jeden Bereich und sieht im übrigen genau so aus wie das oben angegebene Schema für den Abgleich eines Zweikreislers, wenn man das Wort "Audion" durch "Oszillator" ersetzt (abgesehen von der Bemerkung über die Rückkopplung). Bei einem Vorstufensuper kommt zu den zwei Abglichelementen in Tabelle 5 jeweils noch ein drittes hinzu.

Zwischenfrequenzabgleich: Bevor der Hochfrequenzabgleich vorgenommen wird, ist zunächst der Zwischenfrequenzteil abzugleichen. Zu diesem Zweck wird vom Meßsender modulierte ZF auf das Gitter der Mischröhre gegeben und die Ausgangswechselspannung an der Primärseite des Lautsprecherübertragers mit Hilfe des im Farvimeter eingebauten Wechselspannungsvoltmeters gemessen. Dabei ist der Lautstärkeregelvoll voll aufzudrehen und jeweils nur soviel ZF-Spannung zu geben, daß die Ausgangsspannung das Maß nicht überschreitet, dem der Einsatz der Regelspannung entspricht. Andernfalls werden nämlich die Maxima verflacht (handelt es sich um einen älteren Empfänger mit unverzögerter Regelspannung, so ist es zweckmäßig, die Regelspannung durch eine feste Vorspannung zu ersetzen).

Bei Bandfiltern unterscheidet man unterkritisch, kritisch und überkritisch gekoppelte Filter. Bei Filtern der letzteren Art hat die endgültige Filterkurve eine Einsattelung, während die kritisch gekoppelten Filter gerade an der Grenze der Einsattelung liegen. In diesen beiden Fällen muß jeweils die nicht in Abstimmung begriffene Seite des Filters bedämpft werden, weil sonst dieser Kreis die Abstimmung des anderen beeinflusst. Als Bedämpfungsglied wählt man zweckmäßig eine Reihenschaltung von 10 k Ω und 20000 pF. Bei Überlagerungsempfängern mit Bandfiltereingang ist beim Abgleich das Eingangsbandfilter in gleicher Weise zu dämpfen, wenn es sich um kritisch oder überkritisch gekoppelte Filter handelt oder man über die Natur des Filters im unklaren ist.

Erdung und Anschluß des Farvimeters an das Rundfunkgerät: Es kann unter Umständen zweckmäßig sein, das Farvimeter zu erden, wenn der Abgleichplatz im Bereich starker Störfelder liegt. Diese Maßnahme empfiehlt sich jedoch nicht bei der Arbeit an Allstromgeräten, wenn diese ohne Trenntransformator durchgeführt wird; denn die Erdung kann hier zu Kurzschlüssen führen, wie die Abb. 32 zeigt. Ist nämlich irrtümlicherweise beim Anschluß des Empfängers an das Netz der nicht geerdete Pol mit dem Chassis verbunden, so kann sich ein Kurzschluß über den Kabelmantel oder - bei fehlender galvanischer Chassisverbindung - auch über die Seele des Kabels

ausbilden und zur Zerstörung von Einzelteilen im Empfänger (Spulen oder niederohmige Widerstände) und, was unangenehmer ist, zur Zerstörung des Spannungsteilers im Farvimeter führen.

Es empfiehlt sich ferner grundsätzlich, das Gehäuse des Farvimeters mit dem Chassis des Rundfunkempfängers galvanisch zu verbinden, da sonst in den meisten Fällen Brummstörungen zu erwarten sind. Diese Verbindung erfolgt in der Regel über den Abschirmmantel. Bei Wechselstromempfängern wird man gegen diese Maßnahme keine Bedenken haben, dagegen muß man bei Allstromempfängern in Kauf nehmen, daß das Chassis einpolig am Netz

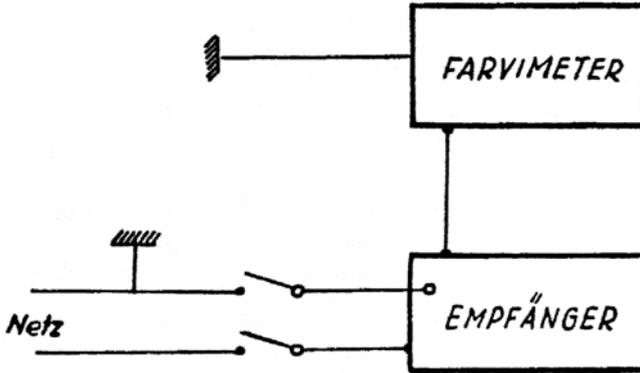


Abb. 32: Kurzschlussgefahr bei falscher Netzpolung und Erdung des Farvimeters.

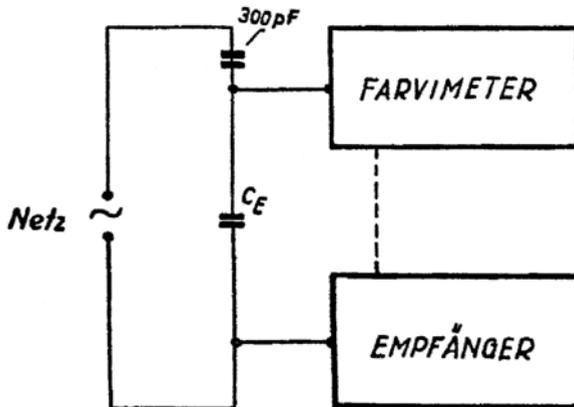


Abb. 33: Zur Frage der Verbindung zwischen Farvimeter und Empfänger.

liegt. Man überzeuge sich daher vorher mit Hilfe einer Glimmlampe davon, daß der geerdete Pol des Netzes am Chassis liegt, wenn man nicht überhaupt die Verwendung eines Trenntransformators vorzieht.

Daß es notwendig ist, das Gehäuse des Farvimeters mit dem Chassis des Empfängers galvanisch zu verbinden, erklärt sich aus folgendem: Um den Austritt von HF-Energie aus dem Farvimeter in die Netzschnur zu verhindern, sind beide Pole des Netzes mit 300 pF gegen das Gehäuse abgeblockt. Einer dieser Pole liegt nun gegen das Chassis des Empfängers auf der vollen Netzspannung von 220 V. Wird nun das Chassis des Rundfunkempfängers mit dem Gehäuse nicht galvanisch verbunden, sondern über eine Kapazität, so tritt zwischen beiden Geräten eine Potentialdifferenz auf, die auch dann nicht ganz verschwindet, wenn man die Kapazität sehr groß wählt. In Abb.33 sind diese Verhältnisse an einem Ersatzschaltbild dargestellt. Die Kapazität C_e muß darin also durch eine galvanische Verbindung ersetzt werden. Es genügt daher bei Allstromempfängern nicht, den Kabelmantel mit der Erdbuchse zu verbinden, da letztere mit dem Chassis nicht galvanisch, sondern nur über eine Kapazität verbunden ist.

3. Praktisches Beispiel eines Superabgleichs.

Nachdem der Abgleich eines Supers bisher nur allgemein besprochen wurde, soll er im folgenden an Hand eines speziellen Beispiels praktisch durchgeführt werden. Es handelt sich dabei um den Blaupunkt-Super 4 GW 648, der mit den Röhren UCH 11, UBF 11 und UCL 11 bestückt und dessen Schaltbild in Abb. 34 dargestellt ist. Bei diesem prinzipiellen Schaltbild sind alle unwesentlichen Teile, die keine Hochfrequenz führen, sowie die Wellenbereichumschaltung fortgelassen, und die UBF 11 ist im Interesse der Darstellung in zwei Einheiten aufgeteilt.

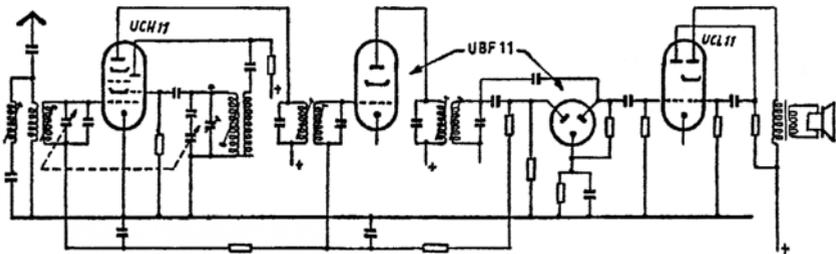


Abb. 34: Prinzipschaltbild des Blaupunkt-Super 4 GW 648.

Die in der folgenden Abgleichanweisung gegebenen Regeln für den Abgleichvorgang und die Richtwerte für die Empfindlichkeit sind nicht nur auf die spezielle Schaltung beschränkt, sondern haben allgemeine Bedeutung für den weit verbreiteten Typ des 6 Kreis-Supers. Um den Zusammenhang nicht zu zerreißen, sind die notwendigen Erläuterungen zu den einzelnen

Arbeitsvorgängen sowie Verallgemeinerungen und Abweichungen von den gegebenen Regeln, soweit sie nicht unmittelbar zum Verständnis notwendig sind, an den Schluß der Anweisung gestellt. Eingeklammerte Ziffern im Text weisen jeweils auf die entsprechenden Erläuterungen hin.

I. Vorbereitungen für den Abgleich.

- a) Drehkondensator herausdrehen und eine Lehre von 0,5 mm Stärke zwischen Stator und Rotor des Oszillator-drehkondensators klemmen. In dieser Stellung Zeiger des Geräts zwischen die linken Eichstriche der Skala schieben und festlegen. Lehre wieder entfernen (1).
- b) Meßklemmen des Farvimeters unter Beachtung der Polung mit den Buchsen für den Zusatzlautsprecher verbinden. Der eingebaute Lautsprecher wird dabei nicht abgeschaltet. Farvimeter auf 4 V-Bereich (2).

Die Schwundregelung darf beim Abgleich noch nicht arbeiten, sonst werden die Maxima verflacht. Der Abgleich erfolgt deshalb mit möglichst kleinen HF- bzw. ZF-Spannungen und im Spannungsbereich 4 V. Bei diesen kleinen Spannungen ist die Lautstärke noch so gering, daß der Lautsprecher nicht stört, sondern eine wertvolle Hilfe beim Abgleich darstellt. Auf der anderen Seite ist jedoch im 4 V-Bereich bereits ein Vorausschlag infolge der Brummspannung vorhanden, so daß das Instrument nur oberhalb dieser Brummspannung für den Abgleich benutzt werden kann. Infolge der großen ZF- und HF-Verstärkung des Empfängers macht sich beim Abgleich der Störpegel bemerkbar. Man arbeitet deshalb mit Bedämpfung, und zwar zweckmäßig am Gitter der UBF 11 mit einer Reihenschaltung von 10 k Ω und 20000 pF. Für die Messung der Empfindlichkeit wird natürlich diese Bedämpfung entfernt und das Farvimeter auf 400 V umgeschaltet. Die Normalleistung von 50 mW entspricht bei diesem Gerät einer Ausgangsspannung von 15 V (3).

- c) Lautstärkeregelung bis zum Anschlag aufdrehen.
- d) Kontrolle der Brummspannung. Gitter der UCH 11 über 0,1 μ F an Masse legen. Dann darf die vom Wechselstromnetz herrührende Brummspannung nicht größer als 0,65 V sein.

II. ZF-Abgleich.

- a) Vorbereitung. Ausgangskabel direkt (Buchse mit Ring bezeichnet) über 0,1 μ F an Stator des Vorkreisdrehkondensators legen (Steuer-gitter der UCH 11) (4). Frequenz 473 kHz einstellen (zunächst Drehkondensator auf Eichstrich 470 kHz stellen, dann-Schleppzeiger aus Marke 470 kHz bringen und mit Kurbel um 3 kHz weiterdrehen). Modulationsschalter auf 400 Hz. Kabelmantel an Chassis. Wellenschalter auf MW. Drehkondensator herausdrehen (5). Ausgangsinstrument auf 4 V.
- b) Zweites Bandfilter abgleichen (6). Anode der UBF 11 bedämpfen (10 k Ω , 20000 pF). Diodenkreis der UBF 11 mit (oberem) Kern auf Höchstausschlag am Röhrenvoltmeter ab-

gleichen. Bedämpfung auf Diodenkreis umlegen. Anodenkreis der UBF 11 mit (unterem) Kern auf Höchstausschlag abgleichen. Bedämpfung entfernen.

Die Bedämpfung ist deshalb notwendig, weil sonst bei den fest gekoppelten Bandfiltern der nicht in Abstimmung begriffene Kreis die Abstimmung des anderen beeinflusst. Man gibt mit Hilfe des Ausgangsspannungsteilers immer so viel ZF auf das Gerät, daß man nicht im Bereich der Brummspannung, sondern zwischen 1 und 4 V arbeitet.

- c) Erstes Bandfilter abgleichen. Anode der UCH 11 bedämpfen. Gitterkreis der UBF 11 am (oberen) Kern auf Höchstausschlag abgleichen. Dann Bedämpfung auf Gitterkreis umlegen und Anodenkreis der UCH 11 am (unteren) Kern auf Höchstausschlag abgleichen.
- d) Empfindlichkeitskontrolle. Bedämpfung am Gitter der UBF 11 entfernen. Röhrenvoltmeter auf 400 V schalten. Dann muß die zur Erreichung von 50 mV (15 V) notwendige Eingangsspannung 3 - 5 mV am Gitter der UBF 11 und 20-30 μ V am Gitter der UCH 11 betragen. Diese beiden Werte dürfen nicht überschritten werden (7).
- e) Kontrolle der Bandbreite. Bedämpfung bleibt entfernt und Instrument auf 400 V. Am Kurbelknopf nach beiden Seiten verstimmen, bis der Ausschlag am Röhrenvoltmeter auf 70% der Spannung bei 473 kHz zurückgeht. Dann darf die Differenz zwischen diesen beiden Frequenzen nicht kleiner als 3,4 kHz sein.

III. Saugkreisabgleich.

- a) Vorbereitung. Ausgangskabel direkt (Buchse mit Ring bezeichnet) an Antennenbuchse. Wellenschalter auf MW. Drehkondensator bis zum vorletzten Segment eindreihen (8). Röhrenvoltmeter auf 400 V.
- b) Abgleich. Mit Saugkreiskern auf minimalen Ausschlag des Ausgangsspannungsmessers abgleichen. Kontrolle der richtigen Abstimmung mit Eisen-Kupferstab. Sowohl bei Annäherung von Eisen als auch von Kupfer muß der Instrumentenausschlag größer werden.
- c) Höchstempfindlichkeit. Bei abgestimmtem Saugkreis 4 - 5 mV. Dieser Wert darf nicht unterschritten werden (9).

IV. Kurzwellen-Abgleich (10).

Abgleichfrequenzen
KW: 6,65 MHz = 45m

Kontrollfrequenzen
9,6 MHz = 31,3 m
11,8 MHz = 25,4 m
15,3 MHz = 19,6 m

17,65 MHz = 17 m

- a) Vorbereitung (gilt unverändert auch für den MW- und LW-Bereich). Meßsenderausgangskabel über künstliche Antenne an Antennenbuchse, (11) mit Kabelmantel an Masse. Gitter der UBF bedämpfen (vgl. Anm. zu I).
- b) Abgleich. Meßsender auf KW-Bereich, 45 m, einstellen. In der Nähe der 45 m-Marke auf der Skala des Gerätes Abgleichton suchen; durch Verdrehen des Kernes der Oszillator-KW-Spule auf 45 m bringen. Danach durch Verdrehen des Kernes der Vorkreis-KW-Spule auf Höchstausschlag des Röhrenvoltmeters abstimmen. Dann Meßsender auf 17 m einstellen. In der Nähe der 17 m-Marke auf der Skala des Gerätes Abgleichton suchen, dabei tritt an 2 Stellen der Skala ein Ton auf. Den Oszillator-KW-Trimmer so lange verstellen, bis der an der linken Stelle auftretende genau bei 17 m zu hören ist. Dann mit Vorkreis-KW-Trimmer auf Höchstausschlag des Röhrenvoltmeters abstimmen, durch sogenanntes "Ausschaukeln", d. h. wechselweises Nachstimmen des Trimmers und des Abstimm-drehkondensators auf Höchstausschlag. (Bezüglich der zwei auftretenden Töne siehe weiter unten "Spiegelfrequenzkontrolle".)

Meßsender wieder auf 45 m, Zeiger des Gerätes wieder auf 45 m, Abgleichton mit Oszillator-Kern nachstellen. Vorkreis durch Ausschaukeln mit dem Spulenkern auf größte Empfindlichkeit bringen. Meßsender wieder auf 17m, Zeiger des Gerätes wieder auf 17m, Oszillator und Vorkreis-trimmer nachstellen wie oben. Es ist solange abwechselnd an den Abgleichpunkten nachzustellen, bis sich keine Verbesserung mehr ergibt. Dabei ist mit dem C-Abgleich aufzuhören. Kontrolle mit Kupfer-Eisen-Stab.

- c) Spiegelfrequenzkontrolle. Empfängereinstellung bleibt unverändert auf 17 m = 17,65 MHz. Bei diesem Gerät ist die Frequenz des Oszillators stets höher als die des Vorkreises.

$$f_{\text{Osz}} = f_{\text{Vorkreis}} + f_z = 17,65 + 0,473 \\ = 18,123 \text{ MHz}$$

Bei richtiger Abstimmung des Oszillatorkreistrimmers gilt also:

$$f_{\text{Vorkreis}} = f_{\text{Osz}} - f_z;$$

dann ist die Spiegelfrequenz bei einer Meßsendereinstellung auf

$$f_{\text{Osz}} + f_z = 18,123 + 0,473 = 18,596 \text{ MHz}$$

zu hören, aber wesentlich schwächer (weil der Vorkreis mit 17,650 MHz gegenüber der Meßsenderfrequenz mit 18,596 MHz verstimmt ist). Ist die Spiegelfrequenz nicht schwächer zu hören, dann ist die Abstimmung noch nicht gut. Erneutes Ausschaukeln. Ist sie überhaupt nicht zu hören, so ist der Oszillatortrimmer falsch abgestimmt worden (nämlich auf 17,650 - 0,473 = 17,177 MHz). Man muß diesen Trimmer dann auf das zweite Maximum abstimmen und den ganzen KW-Abgleich nochmals vornehmen.

- d) Überprüfung der Kontrollfrequenzen. Bei den angegebenen Kontrollfrequenzen muß die eingestellte Meßsenderfrequenz mit der sich

auf der Skala des Gerätes durch Abstimmung des Drehkondensators ergebenden Frequenz übereinstimmen. Andernfalls kann durch Abbiegen der Lamellen des Oszillator-Drehkondensators die Eichung und durch die des Vorkreis-Drehkondensators der Gleichlauf hergestellt werden. Jedoch darf hier nur wenig nachgebogen werden, denn ein Nachbiegen in anderen Wellenbereichen ist nicht mehr möglich, so daß Gefahr besteht, daß dort zu große Abweichungen entstehen. Siehe auch (10).

- e) Empfindlichkeitskontrolle an den Abgleichpunkten; gemessen ohne Bedämpfung, für 50 mW im Röhrenvoltmeter.

45 m: 20 ... 30 μV
 17 m: 10 ... 20 μV (beides Mindestempfindlichkeiten) (12).

V. Mittelwellen-Abgleich.

Abgleichfrequenzen	Kontrollfrequenzen
MW:	519 kHz = 580 m
556 kHz = 540 m	791 kHz = 380 m
	841 kHz = 356 m
	1000 kHz = 300 m
	1350 kHz = 222 m
1500 kHz = 200 m	

- a) Vorbereitung. Wie bei KW.

b) Abgleich. Meßsender auf MW-Bereich, 556 kHz einstellen. Abgleichton in der Nähe der 540 m-Marke auf Skala des Gerätes suchen. Durch Verdrehen des Kernes der Oszillatorkreis-MW-Spule genau auf 556 kHz bringen. Danach durch Verdrehen der Vorkreis-MW-Spule auf Höchstausschlag des Röhrenvoltmeters abstimmen. Dann Meßsender auf 1500 kHz. Abgleichton in der Nähe der 200 m-Marke auf der Skala des Gerätes suchen. Durch Verdrehen des Oszillatorkreis-MW-Trimmers Abgleichton genau auf 200 m bringen. Danach durch Verdrehen des Vorkreis-MW-Trimmers auf Höchstausschlag des Röhrenvoltmeters abstimmen. Abstimmvorgang bis hierher wiederholen, bis keine Verbesserung mehr erzielbar (evtl. durch Ausschaukeln). Kontrolle mit Kupfer-Eisen-Stab.

- c) Überprüfung der Kontrollfrequenzen. Entsprechend wie bei KW, jedoch ist hier ein Verbiegen der Lamellen nicht mehr möglich.

- d) Empfindlichkeitskontrolle an den Abgleichpunkten; gemessen ohne Bedämpfung, für 50 mW am Röhrenvoltmeter.

550 m: 10 ... 20 μV
 200 m: 10 ... 20 μV (beides Mindestempfindlichkeiten).

VI. Langwellen-Abgleich.

Abgleichfrequenzen	Kontrollfrequenzen
LW: 162 kHz = 1850 m	250 kHz = 1200 m
353 kHz = 850 m	

- a) Vorbereitung. Wie bei KW und MW
- b) Abgleich. Meßsender auf 162 kHz, Abgleichton bei 1850 m suchen und durch Verdrehen des Spulenkernes der Oszillatorkreis-LW-Spule genau auf 1850 m bringen. Danach durch Verdrehen des Kernes der VK-LW-Spule auf Höchstausschlag des Röhrenvoltmeters abstimmen. Meßsender auf 353 kHz. Abgleichton auf der Skala des Gerätes bei 850 m suchen und durch Abgleich des Drahtkondensators auf genau 850 m bringen. Vorkreis-LW-Trimmer auf Höchstausschlag abstimmen. Meßsender wieder auf 1850 m (169 kHz). Mit Kern der Oszillatorkreis-LW-Spule Abgleichton wieder auf 1850 m bringen. Kern der Vorkreis-LW-Spule auf Höchstausschlag abstimmen. Meßsender wieder auf 353 kHz. Liegt Abgleichton noch zu weit links von 850 m, Drahtkondensator weiter abziehen, liegt er rechts, Windungen wieder aufwickeln. Vorkreis-LW-Trimmer auf Höchstausschlag des Röhrenvoltmeters abstimmen. Abgleich wie beschrieben wiederholen, bis Eichung stimmt.
- c) Überprüfung der Kontrollfrequenzen. Entsprechend wie bei KW und MW.
- d) Empfindlichkeitskontrolle an den Abgleichpunkten; gemessen ohne Bedämpfung, für 50 mW im Röhrenvoltmeter.
- | | | |
|------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1850 m (162kHz): | 8 ... 15 μ V | (beides Mindestempfindlichkeiten). |
| 850 m (353 kHz): | 20 ... 30 μ V | |

VII. Messung der Trennschärfe bei 1 MHz.

Bedämpfung bleibt entfernt. Meßsender auf 1 MHz. Meßsenderspannung mit Korrekturschraube genau auf 1 bringen. Spannungsteiler auf 18 μ V. In der Nähe von 300 m am Empfänger max. Ausgangsspannung aussuchen. Schleppzeiger auf Mitte. Meßsender um 9 kHz verstimmen und Eingangsspannung am Spannungsteiler so weit erhöhen ($U_{e\ 9\ kHz}$), bis Ausgangsspannung möglichst nahe an den früheren Wert herankommt. Mit Korrekturschraube für Amplitude (über dem weißen Druckknopf) genau auf frühere Ausgangsspannung einregeln. Mit der Korrekturschraube läßt sich die Eingangsspannung um den Faktor $b = 0,7 - 1,3$ ändern, so daß der Bereich von einer Stufe zur nächsten kontinuierlich überstrichen werden kann. Dann ist die Trennschärfe:

$$1 : \frac{U_{e\ 9\ kHz}}{U_{e0}} \cdot b$$

Sie soll 1 : 300 bis 1 : 500 betragen. (13).

VIII. Kontrolle der selbsttätigen Regelung.

Meßsender auf 1 MHz. Empfänger auf 300 m. Ausgangsspannungsteiler zunächst auf 100 mV. Lautstärkeregler so lange zurückdrehen, bis Ausgangsspannung auf 50 V zurückgeht, damit eventuelle Verzerrungen der Endröhre noch keine Rolle spielen. Dann Spannungsteiler zurück auf 10 μ V und zugehörige Ausgangsspannung in Kurvenblatt eintragen (Abb. 35). Dann Eingangsspannung stufenweise erhöhen und jeweils Ausgangsspannung eintragen. Das Ergebnis einer solchen Messung in Abb. 36 zeigt, daß die Regelung bei einer Eingangsspannung von etwa 100 μ V zu arbeiten beginnt. Beim Abgleich des Empfängers sind wir weit unter diesem Wert geblieben. Wenn wir eine Mindestempfindlichkeit des Empfängers von 30 μ V zugrunde legen, so entsprechen 100 μ V bei voll aufgedrehtem Lautstärkeregler einer Ausgangsspannung von 50 V. Bis zu dieser Höhe hätten wir also beim Abgleich des Gerätes die Ausgangsspannung ansteigen lassen können, ohne daß die Regelung angesprochen und die Maxima verflacht hätte.

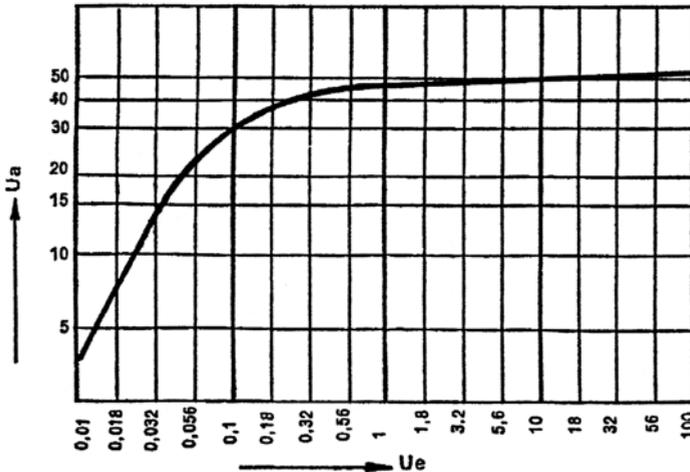


Abb. 35: Arbeitsweise der selbsttätigen Regelung. Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Eingangsspannung (bei etwas zurückgedrehtem Lautstärkeregler).

IX. Schlußprüfung.

Hochantenne anschließen. Die Eichung des Gerätes auf Übereinstimmung mit den Stationsmarken der Skala durch Abhören bekannter Sender überprüfen. Kerne mit Wachs oder dgl, festlegen.

Bemerkungen zu dem Abgleichbeispiel:

- (1) In den Abgleichanweisungen findet sich auch oft die Vorschrift, den Kondensator einzudrehen, dann die Bündigkeit der Platteneinsätze zu prüfen und den Zeiger auf der rechten Marke festzulegen.
- (2) Selbstverständlich kann man den Abgleich auch im 400 V-Bereich durchführen. Arbeitet man im unteren Teil der Skala, so besteht bei voll aufgedrehtem Lautstärkeregler auch hier keine Gefahr, daß die Regelung anspricht. Die Empfindlichkeit ist in diesem Bereich zwar geringer, aber durchaus ausreichend, zumal wenn die Bedämpfung unterbleibt, jedoch ist der Ton des Lautsprechers dann bereits so laut, daß er empfindlich stört. Man kann zwar durch Einschalten des 7 k Ω -Widerstandes im Farvimeter und sekundärseitiges Abtrennen des Lautsprechers zur Stummabstimmung übergehen, jedoch ist die Sekundärseite des Lautsprechers nicht immer zugänglich, und außerdem möchte man auf die akustische Hilfe beim Abgleich nicht gern verzichten. Der Abgleich im 4 V-Bereich mit Bedämpfung ist daher vorzuziehen, solange die Brummspannung unter 1 V liegt. Bei Zwergsupern ist dies nicht mehr der Fall, weil hier wegen der mangelhaften Wiedergabe der tiefen Frequenzen die Siebung schlechter sein kann.
- (3) Die Ausgangsspannung beträgt bei der UCL 11 für 50 mW Ausgangsleistung 15 V. Siehe auch Kapitel C Abschnitt "Messung der Ausgangsspannung und -leistung".
- (4) Die Kapazität ist notwendig, damit die Gittervorspannung nicht kurzgeschlossen wird. Der verhältnismäßig große Wert dieses Kondensators ist durch folgendes bedingt: Der Gitterkreis, dem die ZF zugeführt wird, kann gegenüber der zugeführten Frequenz stark verstimmt sein, so daß nur noch ein Wechselstromwiderstand von wenigen Hundert Ohm übrig bleibt. Bei Meßsendern mit einem ungünstigeren, d. h. höheren Innenwiderstand als ihn das Farvimeter hat, ist man in diesem Falle gezwungen, den Kreis vom Gitter abzutrennen, einen Widerstand von einigen Tausend Ohm einzufügen und mit dem Sender auf die Gitterseite dieses Widerstandes zu gehen. Bei Verwendung des Farvimeters ist dieses jedoch dank des niedrigen Innenwiderstandes von 80 Ω nicht erforderlich, wenn man dafür sorgt, daß die Koppelkapazität genügend groß ist, d. h. ihr Wechselstromwiderstand muß vernachlässigbar klein gegen den Wechselstromwiderstand des (verstimmt) Schwingkreises sein.
- (5) Bei eingedrehtem Kondensator könnte der noch nicht abgestimmte Oszillator mit der zugeführten ZF eine der ZF benachbarte Differenzfrequenz bilden, die beim Abgleich der Filter stören würde.
- (6) Beim Abgleich des zweiten Bandfilters ist es nicht erforderlich, den Senderanschluß vom Gitter der UCH 11 an das Gitter der UBF 11 zu verlegen, denn es handelt sich nur um die Abstimmung auf eine diskrete Frequenz. Die Kurve des noch unabgestimmten ersten Bandfilters ist nur für die Amplitude der am Gitter der UBF 11 auftretenden Spannung verantwortlich. Man kann also ohne Bedenken alle vier Kreise bei dem unter IIa beschriebenen Senderanschluß abstimmen.
- (7) Da der Ausgang des Senders nicht kontinuierlich, sondern nur stufenweise regelbar ist, stelle man diejenige Stufe ein, mit der man der Ausgangsspannung von 15 V am nächsten kommt und vergleiche den eingestellten Wert mit dem Wert, der in der Abgleichanweisung für

genau 15 V angegeben ist. Falls man ein exaktes Ergebnis zu erzielen wünscht, was jedoch in Anbetracht der stets zugelassenen Toleranz kaum erforderlich ist, so läßt sich aus der eingestellten Eingangsspannung U_E und der abgelesenen Ausgangsspannung U_A die für die Erreichung von genau 50mV notwendige Eingangsspannung $U_{E'}$ errechnen, und zwar ist

$$\frac{U_E}{U_A} = \frac{U_{E'}}{U_{A'}} ; \quad U_{E'} = U_E \frac{U_{A'}}{U_A}$$

Erreicht man z. B. mit der Einstellung von 3,2 mV eine Ausgangsspannung von 12 V, so ist die zur Erreichung von 15 V notwendige Eingangsspannung $U_{E'} = 3,2 \cdot 15/12 = 4$ mV. Hier wird ein gewisser Nachteil des Stufenspannungsteilers sichtbar, der jedoch durch die Vorzüge mehr als aufgewogen wird, die ihm auf der anderen Seite gegenüberstehen. Man erkennt diese Vorzüge erst, wenn man einige Zeit mit beiden Systemen praktische Abgleicharbeit durchgeführt hat. Es erweist sich nämlich als besonders angenehm, wenn beim Schalten die Abschwächung oder Erhöhung der Energie von jeder beliebigen Stellung aus jeweils um den gleichen Faktor erfolgt, so daß man nicht auf die Beschriftung zu achten braucht. Bei Weiterdrehen um vier Stufen wird die Energie jeweils um den Faktor 10 abgeschwächt oder erhöht.

- (8) Die Bedingungen für die ZF sollen möglichst günstig gewählt werden. Es wäre deshalb sinnvoll, den Kondensator ganz einzudrehen. Mit Rücksicht auf den noch unabgestimmten Oszillator begnügt man sich damit, den Kondensator im MW-Bereich bis zum vorletzten Segment einzudrehen (s. auch Anmerkung 5).
- (4) Einige allgemeine Bemerkungen über die Zwischenfrequenz: Für die Wahl der ZF stehen dem Gerätebauer die Frequenzbereiche zur Verfügung, in denen keine Rundfunksender liegen, also von 100 - 150 kHz, von 430 - 500 kHz und von 1500 kHz - 3 MHz. Wählt man die Zwischenfrequenz aus dem ersten Gebiet, z. B. 128 kHz, so hat man den Vorteil großer Selektivität und Verstärkung, aber den Nachteil, daß die Spiegelfrequenz näher bei der gewünschten Empfangsfrequenz liegt. Bekanntlich ist die Oszillatorfrequenz f_o um die Größe der Zwischenfrequenz höher als die zu empfangende Frequenz f_E . Die Oszillatorfrequenz ergibt jedoch auch mit einer um f_z höheren Frequenz, der sogenannten Spiegelfrequenz f_{sp} , eine Zwischenfrequenz. Diese Spiegelfrequenz kann nur durch eine genügende Vorselektion unwirksam gemacht werden. Diese ist aber schwierig, wenn f_E und f_{sp} nur einen Abstand von 256 kHz haben, wie es bei einer Zwischenfrequenz von 128 kHz der Fall ist. Wählt man dagegen die Zwischenfrequenz oberhalb von 1500 kHz, also z. B. zu 1600 kHz (Einbereichsuper), so hat man den Vorteil großer Spiegelselektion, da der Abstand zwischen f_E und f_{sp} 3,2 MHz beträgt. Jedoch ist die Trennschärfe eines solchen Empfängers gering, weil die Bandfilter nicht genügend selektiv sind. Man wählt deshalb die Zwischenfrequenz meist aus dem mittleren Gebiet, wo zwischen Spiegelselektion und Trennschärfe ein befriedigender Kompromiß zu erzielen ist. Eine in Europa häufig benutzte Zwischenfrequenz ist 468 kHz. In Westdeutschland weicht man jedoch vielfach auf 473 kHz aus, weil sonst der Sender Luxemburg, der auf 234 kHz sendet, mit seiner zweiten Oberwelle im ZF-Kanal liegt. Amerikanische Empfänger haben meist eine ZF von 445 kHz.

- (10) Die Reihenfolge der Wellenbereiche beim Abgleich ist in unserem speziellen Beispiel durch die Schaltung zwangsläufig gegeben, denn im Mittelwellenbereich liegt die Kurzwellenspule in Reihe mit der Mittelwellenspule und im Langwellenbereich sind sämtliche drei Spulen in Reihe geschaltet, d. h. es muß zuerst der KW-Bereich, dann der MW- und schließlich der LW-Bereich abgeglichen werden. Würde man anders vorgehen und z. B. zuerst den MW-Bereich abgleichen, so würde dieser durch den späteren Abgleich des KW-Bereichs wieder verstimmt. Aus der Schaltung Abb. 34 sind diese Zusammenhänge nicht zu erkennen, da im Interesse der Übersichtlichkeit die Wellenbereichumschaltung nicht dargestellt ist. Wenn für jeden Wellenbereich getrennte Spulen und Trimmer vorhanden sind, so kann man den Abgleich auch mit einem anderen, beispielsweise dem MW-Bereich, beginnen. Das hat den Vorteil, daß man den Feinabgleich des Drehkondensators durch Verbiegen der Lamellen in dem am meisten benutzten Bereich durchführen kann.
- (11) Eine künstliche Antenne ist im Kopf des Ausgangskabels eingebaut. Sie besteht aus einer Reihenschaltung von 400Ω und 200 pF und ist der Ersatz für eine Außenantenne (beim Abgleich von Kraftwagenempfängern ist noch eine Kapazität von 30 pF vorzuschalten).

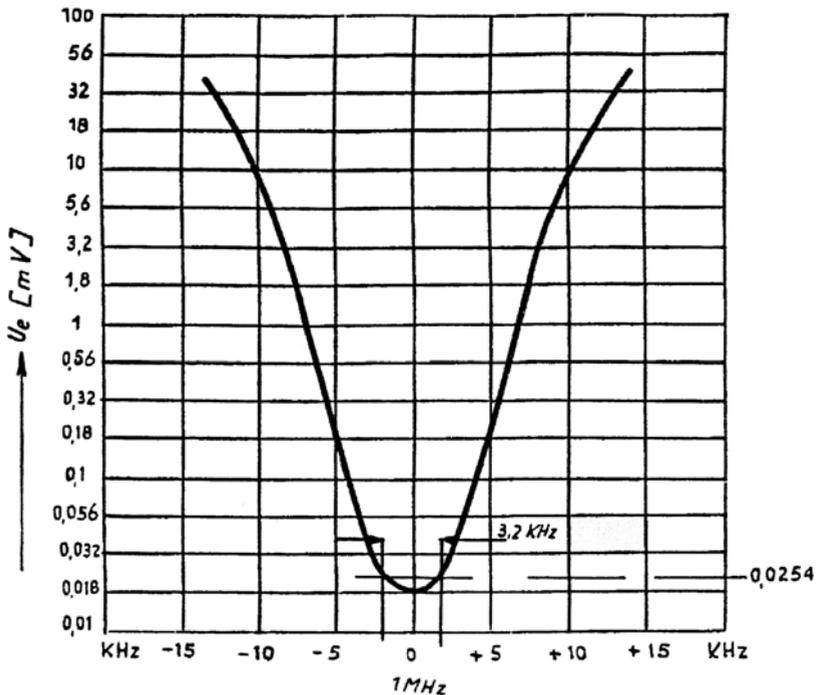


Abb. 36: Resonanzkurve eines Supers. Eingangsspannung als Funktion der Verstimmung bei konstanter Ausgangsspannung.

Die mit einem Ring bezeichnete Buchse führt direkt zum Meßsenderausgang, die andere Buchse führt über die Ersatzantenne zum Meßsenderanschluß.

- (12) Mit der Einstellung $32 \mu\text{V}$ muß also bei 45 m die Ausgangsspannung von 15 V unter allen Umständen erreicht werden, während bei 17 m dieser Wert mit der Einstellung $18 \mu\text{V}$ wenigstens nahezu erreicht werden soll. Es zeigt sich hier, daß die Empfindlichkeit am kurzwelligen Ende des Bereiches größer ist als am langwelligen. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß der Resonanzwiderstand des Vorkreises mit wachsender Schwingkreis Kapazität abnimmt. Dies ist bei allen Wellenbereichen der Fall und tritt am auffälligsten im LW-Bereich in Erscheinung.

Bei der ersten Bauserie des Farvimeters zeigte der Spannungsteiler im Kurzwellenbereich noch Mängel, indem die kleinsten Spannungsbereiche zu hohe Spannung anzeigten. Bei den späteren Serien konnte dieser Nachteil weitgehend beseitigt werden.

- (13) Will man die gesamte Resonanzkurve des Empfängers aufnehmen, so verfährt man am besten folgendermaßen:

Meßsender auf 1 MHz. Spannungsteiler auf $18 \mu\text{V}$. Am Empfänger in der Nähe der 300 m-Marke maximale Ausgangsspannung aufsuchen und mit Korrekturschraube auf runden Wert bringen, z. B. 15 V. Schleppzeiger auf Mitte, dann Spannungsteiler um eine Stufe höher schalten ($32 \mu\text{V}$) und so lange verstimmen, bis Ausgangsspannung wieder auf 15 V zurückgeht. Frequenz in Kurve eintragen. Dann wieder eine Stufe höher schalten ($56 \mu\text{V}$) und weiter verstimmen, bis Ausgangsspannung wieder auf 15 V abfällt usw. Nach der anderen Seite von 1 MHz ebenso verfahren. Abb. 36 zeigt eine auf solche Weise gemessene Kurve.

FERNSEH G.M.B.H.



DARMSTADT

Kennen Sie schon den

FARVIPRÜFER?



Für den Verkaufsraum,
die Rundfunkwerkstatt
und das Laboratorium
ist der Farviprüfer das
i d e a l e

Röhrenprüfgerät