

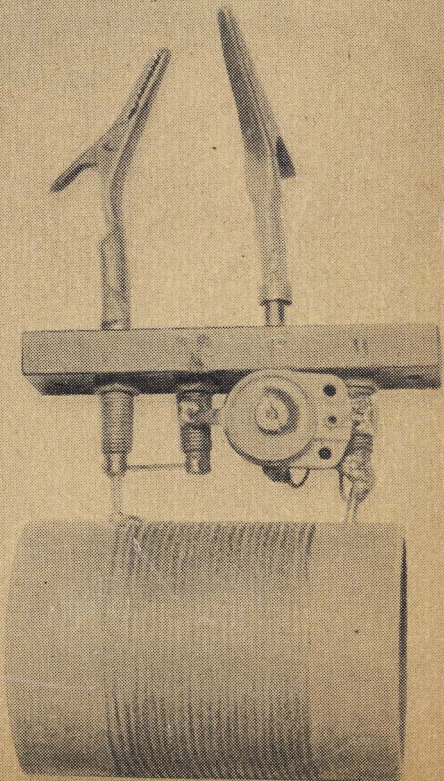


# DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR

# 12

F. W. Fußnegger

**Mechanik  
für den  
Kurzwellen-  
amateur**





Der praktische Funkamateurl · Band 12 · Meßtechnik  
für den Kurzwellenamateurl



F. W. FUSSNEGGER

Meßtechnik  
für den  
Funkamateurl



VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1960

Redaktionsschluß: 2. Oktober 1959

Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin  
Alle Rechte vorbehalten · Gedruckt in der Deutschen Demokratischen  
Republik

Lizenz-Nr.: 545/8/60 5/I 1473

## VORWORT

Bei Besprechungen des Entwurfes der Wettbewerbsrichtlinien für das Bewerten der von Amateuren gebauten Geräte wurde bemängelt, daß eine Anleitung zum Messen dieser Geräte fehlt. Diese Gerätebeschreibungen geben zwar Schaltbild und Stückliste an und erklären die Funktion der Geräte, erwähnen aber selten die Meßtechnik. Das liegt hauptsächlich daran, daß dem Amateur Meßgeräte nur in geringem Umfang zur Verfügung stehen. Er muß deshalb experimentieren, um zum Ziel zu gelangen. Aus diesem Grunde ist das Meßergebnis sehr oft vom Zufall und von der Ausdauer des Amateurs abhängig.

In dieser Broschüre soll nun der Versuch unternommen werden, alle bei den Amateuren anfallenden Messungen so zu beschreiben, daß sie zu 90 Prozent mit einem Vielfachmesser (z. B. Multizet) und dem Grid-Dip-Meter mit Zusatzgerät und anderen gebräuchlichen Hilfsmitteln durchgeführt werden können. Nur in einigen Fällen wird auf die in den Klubstationen der GST vorhandenen Meßgeräte verwiesen. Da Messungen, die bei Amateuren anfallen, oft nur wenige Male vorkommen, werden einfache Meßverfahren modifiziert und als Improvisation behandelt. Alle Messungen sind reproduzierbar und ergeben, mit anderen Meßgeräten durchgeführt, die gleichen Resultate.

Bei der Behandlung des Stoffes wird immer wieder auf die Bedeutung der Vorgänge zur Be- und Auswertung der Meßergebnisse hingewiesen. Alle beschriebenen Verfahren wurden erprobt. Der Verfasser hat jedoch diese Kontrolle mit hochwertigen Instrumenten durchgeführt, um die Richtigkeit der Überlegungen, die zur beschriebenen Meßmethode führten, zu prüfen.

In dieser Broschüre werden keine Meßgeräte beschrieben, sondern lediglich ihre vielseitige Verwendungsmöglichkeit erläutert. Der besseren Anschaulichkeit halber wurden die Meßverfahren noch an Anwendungsbeispielen behandelt, die der Verfasser besonders ausgewählt hat. Zur Weiterbildung wird die am Schluß genannte Literatur empfohlen.

Berlin, September 1959

F. W. Fußnegger



## 1. Das Messen

Messen heißt, eine bekannte Größe mit einer unbekanntem Größe vergleichen. Allein das Vergleichen genügt nicht. Wenn von zwei Personen die eine größer ist als die andere und diese Tatsache zum Vergleich herangezogen wird, dann werden diese beiden Personen nur verglichen, aber nicht gemessen. Messen heißt demnach genauer „mit einem Normal vergleichen“. Das Normal kann beliebig sein. Im angeführten Beispiel kann die eine Person z. B. doppelt so groß sein wie die andere. Es wird dann das Verhältnis der größeren zur kleineren Person gemessen, wobei als Normal willkürlich die Größe der einen Person gewählt wurde. Aber einem Dritten sagt das nichts, wenn er nicht die Dimensionen dieser Größen kennt.

In der Amateurpraxis treten diese Überlegungen recht häufig auf. In der Empfangstechnik z. B. gibt es den Begriff der „Treffsicherheit“. Gemeint ist, daß eine Station, die nach Skala eingestellt wird, auch mit dieser Einstellung empfangen werden kann. Hier muß offensichtlich die Bandbreite des Empfängers, z. B.  $\pm 3$  kHz, und die Empfangsfrequenz genannt werden. Bei 3 MHz Empfangsfrequenz ist das 0,1 Prozent und bei 30 MHz 0,01 Prozent der Empfangsfrequenz. Der gleiche Wert kann also entsprechend seiner Bezeichnung sehr unterschiedlich sein. Die erste Erkenntnis aus dieser Betrachtung ist: Der gesuchte Meßwert muß bereits vor der Messung definiert sein. Es muß bekannt sein, ob Treffsicherheit oder Abweichung, ob Toleranz oder Konstanz gemessen werden soll usw. Wenn bei dem genannten Beispiel der gesuchte Sender nicht sofort nach dem Einschalten, sondern erst nach einer Einlaufzeit von einer halben Stunde an der vorgesehenen Stelle gefunden wird, dann ist das normal. Jedoch ist bei der Messung darauf Rücksicht zu nehmen. Neben dem Meßwert müssen die Umstände, unter denen gemessen wurde, berücksichtigt werden.

Als eine wichtige Regel für den Amateur gilt:

„Messungen immer unter Betriebsbedingungen durchführen!“

Bei der Bestimmung der Größe der beiden Personen wurde ein Bandmaß benutzt. Damit können wir den Durchmesser eines Bohrers mit 3,1 mm Durchmesser nicht mit Sicherheit bestimmen, auch nicht, wenn wir einen Zirkel oder Taster zu Hilfe nehmen. Die Genauigkeit des Bandmaßes ist nicht ausreichend. Wie genau ist nun ein Maß oder ein Meßgerät? Bei dem erwähnten Bandmaß, das nur Zentimeterteilung hat, wird der Fehler etwa einen Millimeter betragen, d. h. ein Zehntel der kleinsten Teilung. Soll bei dem 3,1-mm-Bohrer 0,1 mm gemessen werden, muß die Skala des Meßgerätes mindestens eine 0,1-mm-Teilung besitzen. Der mögliche Fehler, der nur vom Meßgerät her anfallen kann, beträgt dann bei richtigem Messen 0,01 mm. Wird aber eine Schublehre nicht richtig benutzt, z. B. wenn der Bohrer ganz außen an den Meßflächen gemessen und dabei der Schieber mit großer Kraft zusammengedrückt wird, dann kann auch 2,9 mm abgelesen werden. Nicht nur das Meßgerät, sondern auch die Meßmethode geht in das Ergebnis ein.

Oben wurde erwähnt, daß eine Übertragung des Bohrerdurchmessers auf das Bandmaß mit einem Taster möglich ist. Aber dieser Taster hat keine Skala und überträgt nur den Meßwert vom Meßobjekt auf das Meßgerät. Es wird also in Ermangelung eines geeigneten Meßgerätes durch Meßwertübertragung eine Messung improvisiert.

Wenn bei einem bestimmten Stromdurchgang durch einen Widerstand ein Spannungsabfall gemessen wird, dann kann die Größe dieses Widerstandes auch ohne Widerstandsmeßgerät berechnet werden. Bild 1 zeigt die Schaltung der Gitterseite einer Verdopplerstufe im Sender. Mit dem Widerstand ist ein Gleichstrominstrument in Serie geschaltet. Außerdem kann bei „B“ eine Spannungsquelle, z. B. der Abgriff eines Potentiometers, eingeschaltet werden. Die HF-Spitzenspannung kann nun dadurch bestimmt werden, daß der an diesem Widerstand bei dem gemessenen Strom auftretende Spannungsabfall errechnet und zu der an „B“

liegenden Spannung addiert wird. Hier können viele Fehler auftreten, besonders durch die Lastabhängigkeit der Vorstufe. Besser ist es, das Instrument nur als Indikator zu

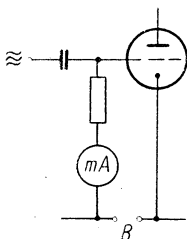


Bild 1. Kompensationsmeßschaltung

benutzen und durch Änderung der Vorspannung die Anzeige gerade zum Verschwinden zu bringen. Die Spannung, die gesucht wird, läßt sich jetzt, ohne daß der Meßwert gefälscht wird, am Abgriff des Potentiometers feststellen. Durch Wahl einer geeigneten Meßmethode können die vorliegenden Aufgaben gelöst werden.

Wesentlich für die gewählte Meßmethode ist der Meßzweck und die geforderte Genauigkeit. So wird die Heizspannung nur mit dem vorhandenen Vielfachinstrument, die Regelspannung im Empfänger nur mit einem hochohmigen Instrument gemessen. Soll ein neuer Sender oder Empfänger gebaut werden, dann werden die berechneten Daten mittels Messen auf den Sollwert gebracht. Als Beispiel mögen die in Bild 2 wiedergegebenen, durch Rechnung ermittelten Werte für die Dimensionierung der Kreise im Spulenrevolver eines Amateurbandempfängers gelten. Es wurden lediglich die Windungszahl der Spulen und die Nebenwellen gemessen. Die erforderliche Meßgenauigkeit ist nicht allzu groß, denn das Gerät wird zum Schluß abgeglichen. Die Messung vor dem Zusammenbau gibt aber die Sicherheit, daß die durch die Berechnung ermittelten Werte auch mit den wirklichen Daten übereinstimmen.

Es soll weiter die Abhängigkeit der Frequenz eines Oszillators von der Zeit, der Temperatur oder den Versorgungs-

Band	$\Delta f$ /MHz	$\% \Delta C/pF$	$\%$	$C_{max}$	$C_p$	$C_T$	$C_{Tanf}$	L/Wdg $\varnothing$ mm	Freq. Neb
80 m	3,45—	11,5	30	25	155	90	—	36/0,5	4,8 MHz
80/	3,85								
	5,95—								
Oszl	6,35	6,6	16,8	14	120	60	10	20/0,5	7,7 MHz
40	6,97—								
	7,15	2,5	4,25	5,3	80	40	14,5	24/0,5	4,4 MHz
40	9,47—								
Oszl	9,65	1,8	2,4	4,0	60	25	9,5	21/0,5	14,6 MHz
20	13,95—								
	14,4	3,4	3,5	6,6	50	16	13	15/1,0	24 MHz
20	16,45—								
Oszl	16,9	2,6	2,2	5,5	40	5,0	9,0	15/1,0	26 MHz
14	20,9—								
	21,5	2,8	2,0	5,8	35	—	8,25	5,0	12/1,0 —
14	23,4—								
Oszl	24,0	2,5	1,8	5,2	35	—	7,75	4,5	11/1,0 —
10	27,9—								
	29,8	6,8	4,9	14	35	—	16,5	7	9/1,0 —
10	30,4—								
Oszl	32,3	6,2	4,4	12,6	35	—	15,0	6,5	9/1,0 —

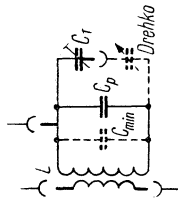


Bild 2. Rechenwerte zur Bandeinengung

$ZF_1 = 2,5$  MHz  
 Drehko (Gehäuse geerdet)  
 mit 5 pF parallel =  
 12 pF bis 42 pF  
 $C_{min} = 35$  pF  
 Drehko  $\Delta C = 30$  pF

spannungen bestimmt werden. Hier ist eine Meßreihe durchzuführen, mit deren Hilfe man mehrere Meßpunkte erhält, die je nach Aufgabe ausgewertet werden. Die dabei erforderliche Meßgenauigkeit übersteigt gewöhnlich die Möglichkeiten der Amateure. Auch hier können einfache Mittel helfen, indem mit dem Rundfunkgerät (Bild 3) ein

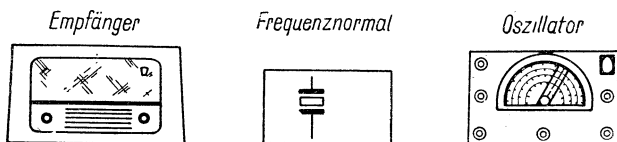


Bild 3. Meßanordnung für Frequenzmessungen

Sender empfangen wird, dessen Frequenz genau bekannt ist. Mit dem Grid-Dipper wird diese Frequenz auf den Oszillator übertragen und die Veränderung der Oszillatorfrequenz mittels Stimmpfeifen bestimmt. Alle Meßwerte müssen, unter Nennung der Meßbedingungen, aufgeschrieben werden. Denn dann können Meßfehler erkannt und spätere Prüfungen zusammen mit diesem „Meßprotokoll“ durchgeführt werden.

## 2. Meßgeräte des Amateurs und ihre Funktion

Bereits in der Einleitung wurde gesagt, daß neben einem Vielfachinstrument ein Grid-Dip-Meter mit Hilfsgerät für die Meßaufgaben des Amateurs im wesentlich genügt. Das Vielfachinstrument ist in der Regel ein Drehspulinstrument, das als Strommesser arbeitet. Spannungen werden indirekt über Strommessungen ermittelt, Wechselspannungen und Ströme nach Gleichrichtung angezeigt. Oft sind noch Widerstandsmessungen möglich. Bild 4 zeigt einen recht brauchbaren Vielfachmesser und Bild 5 die Rückseite dieses Instrumentes mit den Betriebswerten und den Anwendungsvorschriften. Dabei sind besonders die

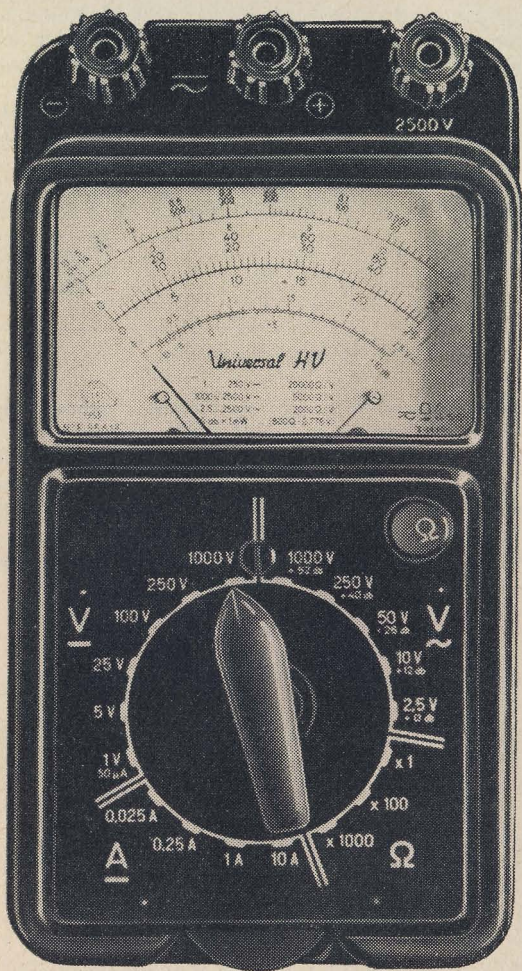


Bild 4. Vielfachmesser

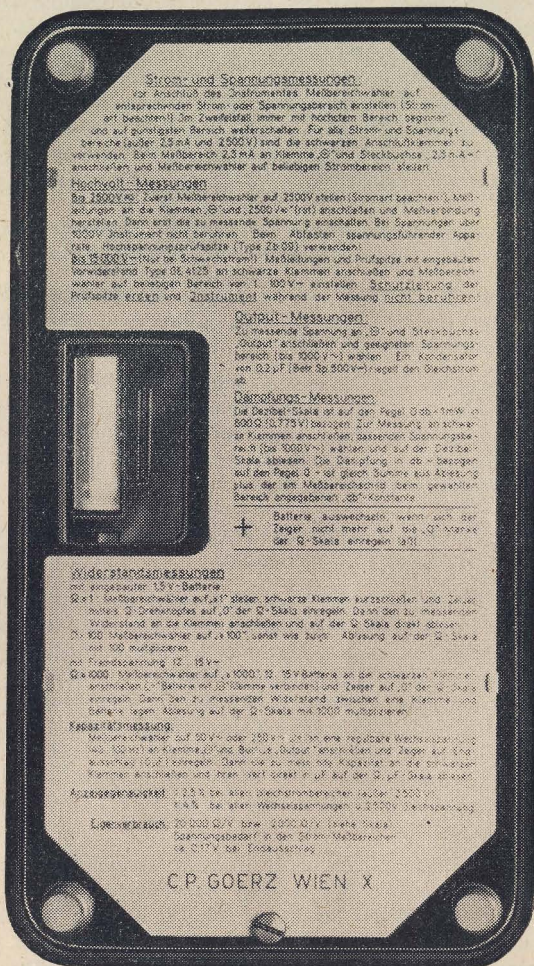


Bild 5. Bedienungsanleitung für Vielfachmesser

Anzeigegenauigkeit und der Eigenverbrauch wichtig. Unter Anzeigegenauigkeit sind 2,5 bzw. 4 Prozent genannt. Um diesen Betrag, bezogen auf den Endwert, kann die Anzeige vom wirklichen Wert abweichen. Wenn 90 V das eine Mal mit dem 100-Volt-Bereich und das andere Mal mit dem 250-Volt-Bereich gemessen werden sollen, dann wird im ersten Falle mit einem Meßfehler von 2,5 V und im zweiten Falle mit einem solchen von 6,25 V zu rechnen sein.

**M e r k e :** Immer von hohen Meßbereichen herkommend mit dem kleinstmöglichen Meßbereich messen!

Bei dieser Genauigkeit hat es keinen Zweck, den Ablesefehler durch Spiegelskala klein zu halten, die systembedingten Fehler sind viel größer!

Der Eigenverbrauch des Instruments ist für die Anwendung wichtig. Soll z. B. die Regelspannung eines Empfängers gemessen werden, dann wird ein Instrument mit hohem Eigenverbrauch immer Fehlmessungen geben, da die Regelung hochohmig ist.

**M e r k e :** Je hochohmiger das Meßobjekt, desto hochohmiger das Meßinstrument.

Soll der Meßfehler nicht über 10 Prozent anwachsen, dann muß der Instrumentenwiderstand über dem 10fachen Wert des Meßobjektes liegen. Der Instrumentenwiderstand wird in  $\Omega/V$  angegeben. Das bekannte Multizet hat  $333 \Omega/V$  und das hier gezeigte Instrument  $20\,000 \Omega/V$ . Das Multizet hat im 100-V-Bereich  $33\,000 \Omega$  und das andere  $2\,000\,000 \Omega$ . Da Betriebssicherheit und Anzeigegenauigkeit der hochohmigen Instrumente heute gut sind, empfiehlt es sich, bei Neuanschaffung ein Instrument mit mindestens  $10\,000 \Omega/V$  zu erwerben.

Ein weiteres sehr nützliches Instrument für den Amateur ist das Grid-Dip-Meter. Bild 6 zeigt dieses Instrument mit drei Spulen. An Hand der Schaltung (Bild 7) soll die Wirkungsweise erläutert werden. Die Röhre „R“ arbeitet mit dem Schwingkreis „L-C“ in Dreipunktschaltung als Oszillator. Die Gitterkatodenstrecke der Röhre wirkt als Gleichrichter, der



mit dem Potentiometer belastet ist. Mit dem Instrument „I“ wird der über „P“ abfließende Gleichstrom gemessen. Die Größe dieses Stromes hängt ab vom Widerstand „P“ und

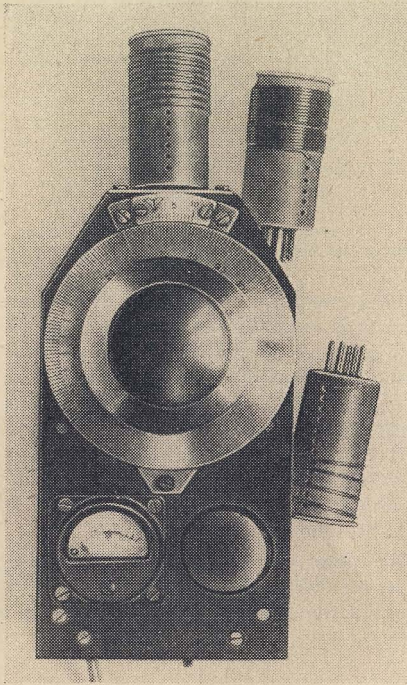


Bild 6. Resometer mit drei Spulen

von der am Kreis stehenden HF-Spannung. Diese wird von den im Kreis wirksamen Verluste beeinflusst. Wenn mit diesem Kreis ein anderer auf die gleiche Frequenz abgestimmter Kreis gekoppelt wird, dann müssen die Verluste des zweiten Kreises vom Grid-Dip-Meter-Kreis mit gedeckt werden. Dadurch wird die Spannung an „L-C“ niedriger

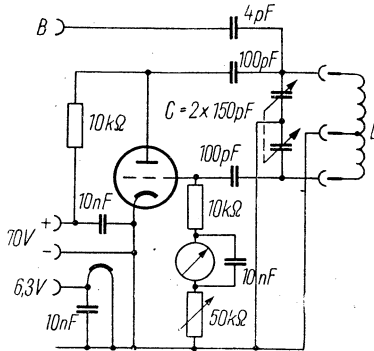


Bild 7. Schaltung des Grid-Dip-Meters

und gleichzeitig damit die Anzeige an „I“. Wenn „C“ durchgedreht wird und dabei in Resonanz mit dem Meßobjekt kommt, dann geht der Zeigeranschlag von „I“ je nach Kopplung um einen bestimmten Wert zurück. Ist „C“ geeicht, dann kann die Eigenfrequenz eines Schwingkreises bestimmt werden. Nach Abschalten der Anodenspannung ist es auch möglich, das Gerät als Absorptionswellenmesser zu verwenden. Die Eichung bleibt dabei erhalten. Wird an Stelle von „I“ ein Kopfhörer geschaltet, dann kann die Modulation des eigenen Senders abgehört werden.

Zum Grid-Dip-Meter gehört das in Bild 8 gezeigte Gerät. Aus Bild 9 ist ersichtlich, daß es sich um einen Schwingkreis mit drei Anschlüssen handelt. Mit diesem Kreis lassen sich

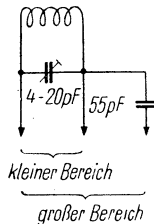


Bild 9. Schaltung des Zusatzgerätes

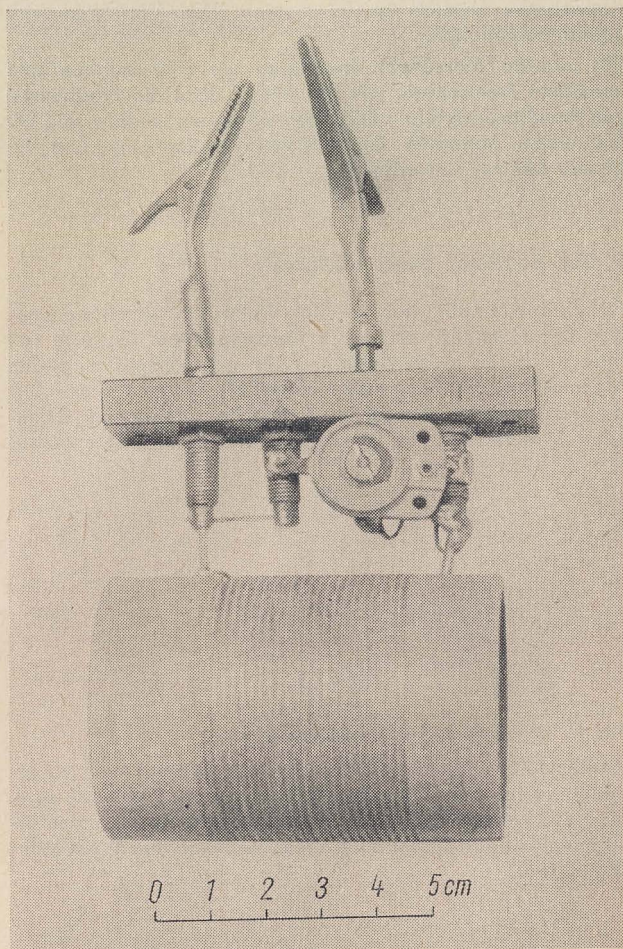


Bild 8. Zusatzgerät

Kapazitäten ziemlich genau messen. Das Verfahren wird später beschrieben.

Für manche Messungen benötigen wir sehr genaue und konstante Frequenzen. Wir verwenden dazu die Frequenzen von Rundfunksendern oder Normalfrequenzsendern, die wir mit einem normalen Empfangsgerät aufnehmen und für unsere Zwecke auswerten.

### 3. Das Herrichten dieser Meßgeräte

Für die fabrikmäßig hergestellten Vielfachinstrumente garantiert der Hersteller bestimmte Genauigkeiten. Deshalb soll man an ihnen nichts ändern. Aber nicht immer sind alle Meßmöglichkeiten, zumindest soweit sie den Amateur interessieren, erfaßt. Oft fehlt die Schaltung zur Messung Ohmscher Widerstände. Es ist einfach, die Anzeige des Instru-

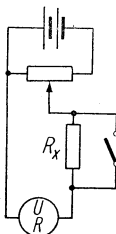


Bild 10. Schaltung zur Widerstandsmessung

mentes für verschiedene vorgeschaltete Widerstände zu ermitteln, wenn die Daten des Meßinstrumentes bekannt sind. In der Schaltung (Bild 10) ändert sich die Anzeige des Instrumentes nach Zuschaltung eines unbekanntes Widerstandes  $R_x$  auf

$$R_x = R_i \left( \frac{U}{U'} - 1 \right) [\Omega],$$

wobei  $R_i$  der innere Widerstand des Instrumentes,  $U$  die ohne Widerstand angezeigte Spannung und  $U'$  die mit an-

geschaltetem  $R_x$  angezeigte niedrigere Spannung bedeutet. Zur Anfertigung einer Tafel oder einer Hilfsskala eignet sich die umgestellte Formel

$$U' = U \frac{R_i}{R_i \cdot R_x} [\text{Volt}].$$

Die Meßspannung wird je nach gewünschtem Meßbereich und dem inneren Widerstand des verwendeten Instrumentes gewählt. Als Richtwerte können die in der folgenden Aufstellung errechneten Anzeigen für ein Volt Meßspannung und verschiedene  $R_i$  genommen werden.

$R_i$	20 000 $\Omega/V$	1000 $\Omega/V$	333 $\Omega/V$
$R_x/\Omega$	Anzeige/V	Anzeige/V	Anzeige/V
100	0,995	0,91	0,77
200	0,991	0,84	0,625
500	0,977	0,66	0,4
1 000	0,954	0,5	0,25
2 000	0,91	0,33	0,143
5 000	0,8	0,166	0,0625
10 000	0,666	0,091	0,0322
20 000	0,5	0,0835	—
50 000	0,286	0,066	—
100 000	0,166	—	—
200 000	0,091	—	—
500 000	0,0385	—	—

Die Erweiterung des Meßbereichs erfolgt durch Änderung der Meßspannung und nach kleineren Widerstandswerten, indem dem Meßinstrument ein geeigneter Festwiderstand parallelgeschaltet wird. Dabei ist zu beachten, daß der im Potentiometer (nach Bild 10) fließende Querstrom möglichst

über 100mal größer ist als der Instrumentstrom plus dem durch den Parallelwiderstand fließenden Strom.

Auch für vorhandene Instrumente können auflegbare Skalenblätter angefertigt werden, die beide Teilungen enthalten, die am Instrument verwendete und die errechnete Ohmskala. Für die Zeichnung eignet sich ein Strahlenkeil nach Bild 11. Dieser Keil läßt sich auch zweckmäßig für Ab-

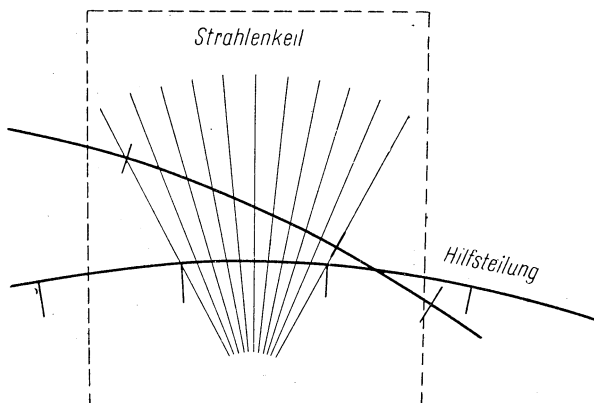


Bild 11. Strahlenkeil

stimm-skalen verwenden, so daß sich seine Herstellung lohnt. Für die Praxis des Amateurs genügt aber eine Tafel, ähnlich der obengezeigten, denn ihn interessiert meist nur die Größenordnung der gemessenen Widerstände. Diese haben schon vom Soll-Wert Abweichungen von 5 bis 10 Prozent, so daß es wenig Sinn hat, genauer messen zu wollen.

Die Messung großer Induktivitäten bzw. Kapazitäten erfolgt wie die Messung Ohmscher Widerstände, jedoch mit dem Unterschied, daß als Meßspannung eine Wechselspannung mit 50 Perioden aus dem Netz und als Meßbereich ein entsprechender Wechselspannungsbereich genommen wird.

Über Wechselstrommessung können jedoch diese Werte einfacher ermittelt werden. Das Meßobjekt wird, in Serie

mit dem Wechselstrommesser, an eine bekannte Wechselspannung, z. B. 6,3 V (Heizung), gelegt und nach der Anzeige des Instrumentes der induktive bzw. der kapazitive Widerstand ermittelt. Für diese Zwecke kann folgende Tafel angewendet werden, die die Richtwerte des Stromes durch die Kondensatoren und Induktivitäten bei 50 Hz und 6,3 V sowie 220 V gibt.

#### Blindstromwerte bei L- und C-Messungen

L/Hy	C/ $\mu$ F	mA/6,3 V	mA/220 V	(Blindwiderstand / $\Omega$ )
1	10	20	740	300
2	9	10	370	600
3	8	7	245	900
4	7	5,4	183	1200
5	6	4,2	147	1500
6	5	3,5	122	1800
7	4	3,0	105	2100
8	3	2,66	92	2400
9	2	2,3	79	2700
10	1	2,0	74	3000

Es ist zu empfehlen, in den Meßkreis eine Sicherung zu legen. Gut geeignet ist eine Autosoffitte 6 V/1 A. Größere oder kleinere Induktivitäten und Kondensatoren lassen sich nach obiger Tafel auch bestimmen, wenn berücksichtigt wird, daß ein 10mal größeres „C“ bzw. 10mal kleineres „L“ einen 10mal größeren Strom zur Folge hat und umgekehrt.

Die Eichung des Grid-Dippers sollte nach Möglichkeit mit einem Meßsender in der Klubstation erfolgen. Ist das nicht möglich, so müssen für die Frequenzzeichnung einige Improvisationen geschaffen werden. Steht ein alter Einkreis-Rundfunkempfänger zur Verfügung, so lassen sich mit ihm die erforderlichen Normalfrequenzen gewinnen. Es ist aber günstiger, ein unselbständiges Frequenznormal nach Bild 12

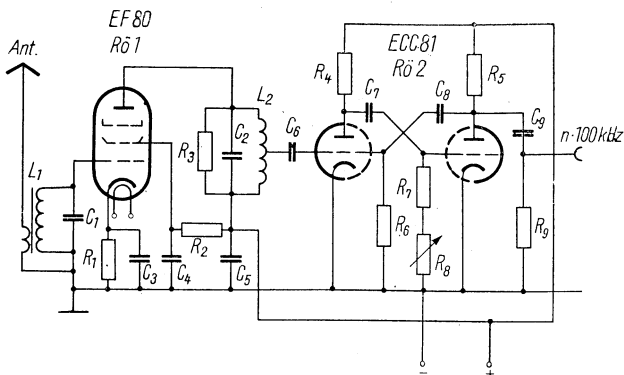


Bild 12. Unselbständiges Frequenznormal

zu schalten, das eine genaue Rundfunkfrequenz für unsere Meßzwecke auswertet. Gern wird dazu die Frequenz von Droitwich I, einer englischen Station, die mit 400 kW auf 200 kHz mit einer Genauigkeit von  $1 \cdot 10^{-8}$  arbeitet, benutzt; diese 200 kHz werden empfangen und mittels Frequenzteilung auf 100 kHz gebracht. Durch Verzerrung ergeben sich Oberwellen von 100 kHz Abstand, die auch noch bei 30 MHz deutliche Signale in unserem Empfänger ergeben. Es kann auch ein Quarz mit einer geeigneten Frequenz verwendet werden (Bild 13). Diese Stufe sollte in das Empfangsgerät zur laufenden Frequenzkontrolle fest eingebaut werden.

Das Verfahren ist etwa folgendes: Sollen Eichkurven für das Grid-Dip-Meter (nach Bild 6) gefertigt werden, dann

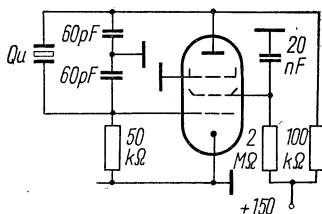


Bild 13. Quarzstufe – selbständiges Frequenznormal



wird auf dem Kurzwellenbereich eines Rundfunkempfängers das Signal unseres Normalfrequenzgerätes (nach Bild 12 oder Bild 13) empfangen und dieses Signal mit dem Signal des Grid-Dippers überlagert. Der entstehende Schwebungston wird auf Null Hz gebracht. Bei sehr stabilem Aufbau und niedriger Frequenz können wir zur Nullkontrolle das magische Auge des Empfängers benutzen. Die Meßgenauigkeit wird dann sehr hoch. Der KW-Bereich der Rundfunkgeräte reicht aber in der Regel nur von 6 MHz bis 10 oder 12 MHz. Die Meßbereiche des Grid-Dippers sollten aber von 3,5 MHz bis 7,3 MHz, von 6,9 MHz bis 14,5 MHz und von 13,9 MHz bis 30,5 MHz genommen werden. Der erste Bereich wird zwar nur etwa zur Hälfte im Rundfunkgerät erfaßt, da aber das Grid-Dip-Meter Oberwellen abstrahlt, ist die 3,5-MHz-Frequenz auch auf 7 MHz als Oberwelle vorhanden und im Empfänger aufzunehmen.

Die Eichung wird in zwei Etappen durchgeführt. Zuerst werden die einzelnen Meßbereiche hingetrimmt, indem durch Korrektur der Windungszahlen der Spulen das niederfrequente und durch Parallelkondensator zum Abstimmkondensator das hochfrequente Meßbereichsende festgelegt wird. Diese Messung kann überschlägig sein, in jedem Bereich sollte man aber zwei Amateurbänder erfassen. Danach werden Eichkurven angefertigt. Wichtig ist besonders der erste Bereich von 3,5 MHz bis 7,3 MHz, denn mit diesem Bereich mißt man auch Kapazitäten von 2 pF bis 2000 pF. Diese Eichung kann auch ohne Normalfrequenzgerät und ohne Quarz durchgeführt werden, indem man durch Überlagerung der Grid-Dip-Meter-Strahlung mit der Sendung von Kurzwellen-Rundfunksendern die einzelnen Eichpunkte feststellt. Die größte Schwierigkeit bereitet dabei die Identifizierung des jeweiligen Senders. Aus einer Tabelle wird die Frequenz des Senders entnommen. Die einzelnen Daten werden in einem Kurvenblatt festgehalten. Liegt ein Fehler bei der Bestimmung des Senders oder der Frequenz vor, dann ist dies sofort an dem Zickzackverlauf der Kurve festzustellen. Zu beachten ist jedoch, daß bei der Eichung das Grid-Dip-Meter bereits 15 Minuten eingelaufen sein muß. Der erste Bereich soll möglichst genau sein, ein

Hundertstel läßt sich erreichen, damit später bei „C“-Messungen eine möglichst große Meßgenauigkeit erzielt wird. Bei den anderen beiden Meßbereichen sind besonders die Endstellungen der Bänder so genau wie möglich zu eichen. Auch hier genügt zunächst eine vorläufige Eichung. Später, wenn die Steuerstufe des Senders geeicht ist oder die Skala des Empfängers stimmt, wird die Eichung berichtigt. Bei der Eichung des ersten Bereiches wurde die Genauigkeit der Skaleneichung an unserem Empfänger festgestellt, so daß zumindest der zweite Bereich nach dem Empfänger direkt geeicht werden kann. Mit einem Einkreisempfänger ist es auch möglich, im Kurzwellenbereich einen bekannten Rundfunksender anzupfeifen und die dabei auftretende Harmonische im Grid-Dipper abzuhören und als Eichpunkt zu nehmen. Bild 14 zeigt die Kurven mit drei Meßbereichen,

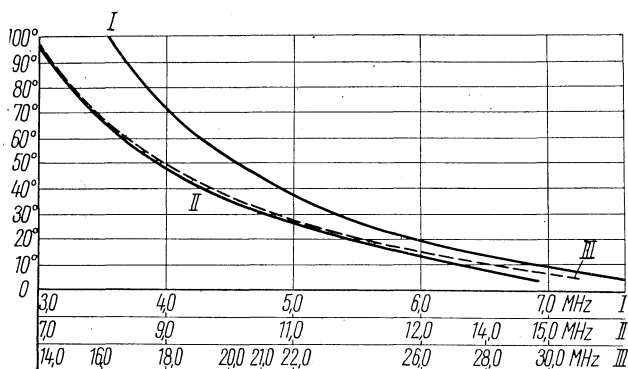


Bild 14. Eichkurve des Grid-Dip-Meters

die vom Verfasser nach dem vorbeschriebenen Verfahren aufgenommen wurden.

In den Bildern 8 und 9 wurde auf einen Zusatz zum Grid-Dip-Meter aufmerksam gemacht, mit dem die Messung von kleinen Kondensatoren zwischen 2 pF und 2000 pF möglich

ist. Die Eichung dieses Zusatzgerätes erfolgt mit einer Anzahl bekannter, möglichst genauer Kondensatoren. Bild 15 zeigt, daß die Meßgenauigkeit über den Verlauf des ganzen

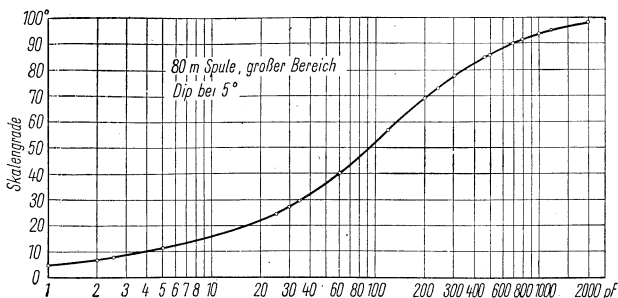


Bild 15. Eichkurve des Zusatzgerätes – großer Bereich

Meßbereiches gut ist. Dieses Gerät ist besonders wichtig und sollte als fester Bestandteil des Grid-Dip-Meters bei jeder Station vorhanden sein.

#### 4. Die Anwendung von Meßgeräten

Pflegliche Behandlung der Geräte wird als selbstverständlich vorausgesetzt. Jedes Fallenlassen oder harte Aufsetzen gefährdet die feinen Drehspulenmeßwerke, ebenso Überlastung durch Einstellen eines falschen Meßbereiches.

**Merke:** Immer mit dem höchsten Meßbereich beginnen und besonders in der Anwendung der Strommeßbereiche vorsichtig sein.

Das gilt insbesondere für die Wechselstrombereiche, die direkt aus dem Netz oder über einen Trafo hohe Ströme ziehen können. Merke weiter, daß bei allen Messungen die Meßfehler am Ende der Skala am kleinsten sind und daher möglichst im oberen Drittel zu messen ist. Das gilt nicht für das Grid-Dip-Meter, dort ist die Meßgenauigkeit nur von

der Eichgenauigkeit, der Ablesegenauigkeit und der Anwendung abhängig. Wenn die Messungen immer in der gleichen Art durchgeführt werden, so liegen die auftretenden Fehler ähnlich und werden bereits durch die Eichung erfaßt.

Es ist wichtig, bei der Messung die Kopplung mit dem Meßobjekt so vorzunehmen, daß die Anzeige am Instrument immer den gleichen Wert hat und um den gleichen Betrag zurückgeht. Der Rückgang soll höchstens ein Zehntel des Vollausschlages betragen. Wird dieser Ratschlag berücksichtigt und werden die Betriebsspannungen stabil gehalten, dann ist die Meßgenauigkeit besser als  $1 \cdot 10^{-3}$  und damit für unsere Zwecke ausreichend. Die Kontrolle der Meßgenauigkeit erfolgt, indem man mit dem Grid-Dip-Meter einen Kurzwellensender überlagert, sich die Einstellung merkt und dann den Lautstärkeregler am Rundfunkgerät zudreht. Darauf wird das Grid-Dip-Meter verstimmt und neu auf die gemerkte Einstellung gebracht. Jetzt kann der Lautstärkeregler wieder aufgedreht und die Größe des Einstellfehlers festgestellt werden. Diese Übung sollte einige Male wiederholt werden.

Die verschiedenen Röhren und die Dimensionierung der Schaltung beeinflussen häufig die Frequenzkonstanz des Grid-Dip-Meters und anderer Schwingschaltungen. Meist ist bei mit kleiner Leistung und reichlich dimensionierten Schwingkreisen betriebenen Oszillatoren die Abhängigkeit der Frequenz von der Anodenspannung nicht so erheblich, wie angenommen wird. Bei dem hier beschriebenen Gerät ändert sich die Frequenz der Erhöhung oder Verminderung der Anodenspannung von 210 V auf 280 V bzw. 140 V, bezogen auf 1 MHz, um  $\mp 120$  Hz, bei Regelung des Gitterwiderstandes um etwa 2000 Hz/MHz und bei Änderung der Heizspannung von 12,6 auf 6,3 V um 50 Hz. Als Oszillatöröhre wird eine LD 2 benutzt. Andere Röhren sind mit ihren Arbeitspunkten sehr stark von der Heizspannung abhängig, so daß kleine Änderungen der Heizspannung bereits zu erheblichen Frequenzverwerfungen führen. Das kann man leicht feststellen, wenn während des Betriebes die Heizung unterbrochen wird. In der Regel, besonders bei modernen

Röhren, wird dann der Überlagerungston im Rundfunkgerät schnell hochlaufen und aus dem Hörbereich herausfallen. Für diese Kontrollen überlagert man über einen Rundfunksender bei 50 m gleich 6 MHz. Oft ergibt sich eine wesentliche Besserung, wenn die Oszillatorröhre mit Unterspannung geheizt wird. Größere Widerstände können oft in den Heizkreis gelegt werden, ohne daß die Schwingungen aussetzen. Die Frequenzstabilität kann auf diese Weise erheblich verbessert werden. Auch eine Kombination von Mit- und Gegenkopplung, ähnlich der in der Einkreisschaltung des Abschnitts 13 angewendeten, verbessert die Stabilität erheblich, bedeutet aber gleichzeitig eine Komplizierung und wird aus diesem Grunde bei Grid-Dip-Metern kaum angewendet. Jedenfalls lassen sich, wenn die genannten Hinweise beachtet werden, recht gute Meßresultate erzielen.

Bei der Messung mit dem Zusatzgerät zur Kapazitätsmessung muß besonders auf immer gleich großen Zeigerrückgang am Anzeigeinstrument geachtet werden, obwohl hier der Fehler nicht so sehr ins Gewicht fällt wie bei der Frequenzmessung. Die Eichung erfolgt mit einer Anzahl Kondensatoren bekannter Kapazitätswerte und geeigneter Größe. Mit fünf bis zehn Eichpunkten läßt sich bereits eine brauchbare Eichkurve zeichnen. Der kleine Trimmer des Gerätes dient dazu – besonders bei der Messung kleiner Kapazitäten –, den Nullpunkt der Kurve mit der Skala des Grid-Dippers in Übereinstimmung zu bringen. Im vorliegenden Fall wurde mit diesem Trimmer und offenen Klemmen bei fünf Skalengrad Resonanz hergestellt. Vor jeder Messung wird diese Einstellung geprüft und nachgestellt. Dadurch lassen sich ziemlich genaue Meßwerte erreichen.

## **5. Messung von Gleichspannungen, Gleichströmen und Ohmschen Widerständen**

Für diese Messungen verwenden wir ein gekauftes Instrument laut Bedienungsanleitung. Bei Spannungsmessungen ist hierbei zu berücksichtigen, daß die normal verwendeten Drehspulinstrumente Strommesser und keine Spannungs-

messer sind. Es wird also nicht die Spannung gemessen, sondern der Strom, der durch einen Widerstand hindurchgeht. Die Anzeige erfolgt in Volt. Im Meßkreis fließt immer ein mehr oder weniger großer Strom, der bei hochohmigen Meßobjekten zu erheblichen Fehlmessungen führen kann. Zum Messen von Regelspannungen dürfen daher nur hochohmige Instrumente benutzt werden, oder es muß indirekt gemessen werden.

Mit Änderung der Gittervorspannung, und die Regelspannung ist ja eine Gitterspannungsänderung, ändert sich auch der Anodenstrom der Röhre. Wenn nun die Regelleitung zum Gitter abgeklemmt wird und an Stelle der Regelspannung eine regelbare Gleichspannung aus einer Batterie über ein Potentiometer dem Gitter zugeführt wird, dann kann durch Messen des Anodenstromes seine Abhängigkeit von der Gitterspannung festgestellt werden. Steht nur ein Instrument zur Verfügung, dann wird am Potentiometer eine einfache Skala, auf der die Spannungen vermerkt werden, befestigt. Danach wird das Instrument in den Anodenkreis geschaltet und der Anodenstrom bei den verschiedenen Spannungsmarken am Potentiometer gemessen. Jetzt wird die Regelspannung wieder angeschaltet und die auftretenden Regelspannungen an Hand der aufgestellten Tabelle festgestellt. Die Messung ist nicht sehr genau, genügt jedoch für den Amateur.

Beim Messen von Strömen an Stromquellen mit niedriger Spannung muß berücksichtigt werden, daß dabei am Instrument ein kleiner Spannungsabfall auftritt. Beim Multizet liegt dieser in der Größenordnung von 0,05 V.

## **6. Messen von Wechselspannungen und -strömen**

Wechselspannungen und -ströme mißt der Amateur wohl immer unter Annahme einer Sinusform. Wo diese Bedingung nicht erfüllt ist, werden mehr oder weniger große Meßfehler auftreten. Weiter unterscheiden sich in der Praxis Niederfrequenz- und Hochfrequenzmessungen.

Niederfrequenzspannungen werden mit dem Vielfachmesser nach den bereits genannten Verfahren gemessen. Vom

hohen Spannungsbereich her wird nach den niederen Bereichen geschaltet, bis die Anzeige im oberen Drittel der Skala erfolgt. Der innere Widerstand der Instrumente ist gewöhnlich bei Wechselstrom-Spannungsmessungen kleiner als bei Gleichstrom-Spannungsmeßbereichen. Das ist zu beachten, wenn auch bei Wechselstrom-Spannungsmessungen hochohmige Meßobjekte seltener auftreten als bei Gleichstrom-Spannungsmessungen. Soll jedoch die Anoden-Wechselspannung an einem Widerstandsverstärker gemessen werden, so wird die Gitterspannung der folgenden Röhre regelbar über ein Potentiometer aus einer Batterie zugeführt. Der Katodenwiderstand der folgenden Röhre wird kurzgeschlossen und das Potentiometer, wie unter Gleichstrommessung beschrieben, spannungsgeeicht. In die Verbindung zwischen Gitterwiderstand und Potentiometer-schleifer wird unser Instrument mit dem kleinsten Strom- oder Spannungsbereich geschaltet. Bei der Messung wird nun, beginnend mit der negativen Spannung, die Gittervorspannung am Potentiometer so lange verändert, bis sich am Instrument ein Ausschlag zeigt. Die dabei am Potentiometer eingestellte Spannung wird notiert und darauf die Ansteuerung, d. h. die Wechselspannung, abgeschaltet. Jetzt wird die Gitterspannung so lange weiter erniedrigt, bis erneut ein Ausschlag am Instrument festzustellen ist. Das dürfte bei etwa 0,5 Volt sein. Dieser sogenannte Schwanzstrom beginnt etwa bei der obengenannten Spannung zu fließen. Diese Spannung muß nun von der bei der Wechselstrom-Spannungsmessung am Potentiometer abgelesenen Spannung abgezogen werden. Das Ergebnis ist der Wert der Wechselstrom-Spitzenspannung und muß, um zu dem üblichen Effektivwert zu kommen, noch mit 0,7 multipliziert werden (Kompensationsmessung). Stehen zwei Instrumente zur Verfügung, so erübrigt sich die Eichung des Potentiometers. Diese Meßmethode ist recht genau und auch für Hochfrequenzmessungen geeignet. Am Sender haben wir außerdem im Gitterkreis der Endstufe ein Instrument zur Messung des Gitterstromes. Damit können, wenn ihm die Gitterspannung regelbar zugeführt wird, diese Messungen durchgeführt werden. Später erläutern wir weitere Anwendungen.

Niederfrequenzströme können auch mit dem Vielfachmesser gemessen werden. Dabei ist zu beachten, daß bei der NF-Strom-Messung ein Spannungsabfall von etwa 0,5 Volt am Instrument auftritt. Aus diesem Grunde sind bei modernen Instrumenten oft keine Meßbereiche für Wechselstrom vorhanden. Die Heizung der Röhren wird über die Spannungsmessung geprüft, und im Bereich der Tonfrequenzen kommen wohl immer Leistungsmessungen vor. Das Fehlen der Wechselstrom-Meßbereiche wirkt daher nicht störend. Unberücksichtigt bleibt dabei allerdings die obengenannte „C“- und „L“-Messung, die entfallen müßte. Zur Messung von HF-Spannungen eignet sich besonders die unter der Kompensationsmessung am Gitter einer Röhre beschriebene Anordnung. Diese Messung ist sehr genau und für alle bei Amateuren auftretenden Frequenzen geeignet. Hier empfiehlt es sich, den Tastkopf nach Bild 16 a anzufertigen und an unseren Vielfachmesser zu schalten.

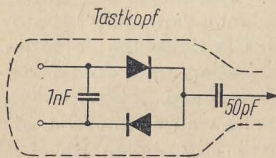
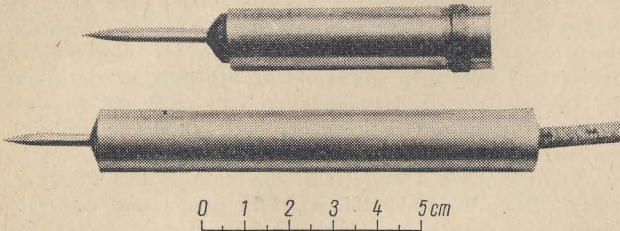


Bild 16.

- a) HF-Tastkopf-Schaltung (links)
- b) HF-Tastkopf mit Teiler (unten)



Der Meßbereich dieses Tastkopfes ist mit etwa 30 V begrenzt. Der niedrigste brauchbare Bereich liegt bei 1 V. Wenn Spannungen über 30 V zu messen sind, dann eignet sich gut ein kapazitiver Spannungsteiler, z. B. 1 : 10. Der



innere Widerstand dieses Tastkopfes liegt, je nach dem inneren Widerstand des verwendeten Instrumentes, so hoch, daß er den Ansprüchen der Amateure immer genügt. Wenn z. B. mit einem Instrument mit  $20\,000\ \Omega/V$  gemessen wird, dann ist der innere Widerstand der Anordnung entsprechend. Wird keine genaue Messung gebraucht, dann ist zu beachten, daß die am Meßkopf gemessene Spannung etwa doppelt so hoch ist wie der Meßwert. Beträgt also die Anzeige unseres Instrumentes 3 Volt, dann liegt am Meßkopf eine HF-Spannung von etwa 1,5 V. Der Meßfehler liegt innerhalb 15 Prozent. Dabei ist wichtig zu wissen, daß der Meßkopf für den Meßkreis eine kapazitive Belastung darstellt. Im 30-V-Bereich sind das etwa 8 pF und im 300-V-Bereich 18 pF. Bei der Messung ist diese Kapazität zu berücksichtigen. Die Klemmen des Meßinstrumentes werden bei der Anschaltung des Meßkopfes mit  $2 \cdot 10\ \text{nF}$  in Serie überbrückt und die Mitte dieser beiden Kondensatoren mit dem Erdpunkt des Meßobjektes verbunden. Werden Messungen an Antennen oder ähnlichen Meßobjekten ohne eigene Erdung durchgeführt, dann ist diese „C“-Mitte zu erden. Um die Instrumentenanzeige ruhiger zu machen, kann das Instrument noch mit etwa  $1\ \mu\text{F}$  überbrückt werden. Bei der Messung von amplitudenmodulierten Spannungen bleibt dann der Zeiger weitgehend ruhig. Ohne diesen Kondensator können die Zeiger wenig gedämpfter Meßwerke recht unruhig sein. Bild 16 zeigt den ausgeführten Meßkopf mit Teiler.

HF-Strommessungen kommen meist nur als Antennenstrommessungen vor. Dazu beschafft sich der Amateur einen Ringübertrager mit Gleichrichter und ein geeignetes Instrument. Diese sogenannte Antennenstrommessung ist aber mehr eine quantitative Anzeige als eine Messung. Gerade der Antennenstrom kann so große Blindanteile haben, daß eine genaue Kenntnis des fließenden Stromes ohne Kennen dieser Blindwerte und deren Phasenlage wertlos ist.

An Stelle der vergleichenden Messung über den Übertrager kann ohne weiteres eine Meßanordnung, die der im obenbeschriebenen Tastkopf ähnlich ist, benutzt werden. Dabei muß allerdings dem Tastkopf ein genügend hoch-

ohmiger Widerstand vorgeschaltet sein. Wird einmal eine HF-Strommessung notwendig, dann sollte sie auf eine Spannungsmessung zurückgeführt werden. Dazu wird in dem Meßkreis ein kleiner induktions- und kapazitätsloser Widerstand eingeschaltet und daran der Spannungsabfall gemessen. Über das Ohmsche Gesetz läßt sich dann der Strom ausrechnen. Bei all diesen Messungen wird immer ein phasenreiner HF-Kreis vorausgesetzt. Diese Bedingung ist erfüllt, solange der Meßkreis auf Resonanz abgestimmt bleibt. Ist der Meßkreis relativ hochohmig, so daß durch die Einschaltung des Widerstandes die Betriebswerte stark beeinflußt werden, so ist die Messung mit zwei verschiedenen großen Widerständen durchzuführen und auf den widerstandslosen Wert zurückzurechnen. Wenn z. B. einmal an  $10\ \Omega$  1 V und dann an  $20\ \Omega$  2 V Spannungsabfall gemessen werden, dann fließen 0,1 A HF. Werden aber im ersten Falle 1,2 V und im zweiten Falle 2 V gemessen, dann ist der Strom bei  $10\ \Omega$  Last 120 mA gegen 100 mA bei  $20\ \Omega$ , und es ist anzunehmen, daß der Strom ohne Widerstand bei 140 mA liegt. Da der Sprung von 10 auf  $20\ \Omega$  20 mA ausmacht, beträgt die Stromänderung bei 10- $\Omega$ -Änderung 20 mA. Dieses Verfahren ist für den Amateur ausreichend.

## 7. Messen von Gleich- und Wechselstromleistungen

Gleichstromleistungen werden, soweit es sich um Messungen der Amateure handelt, wohl immer auf Strom- und Spannungsmessungen zurückgeführt. So wird die Anodeneingangsleistung der Senderendstufe aus der Anodenspannung und dem Anodenstrom bestimmt, ein Verfahren, das jeder Amateur beherrscht.

Das Messen von Wechselstromleistungen wird wieder nach NF- und HF-Messungen getrennt. NF-Leistungen werden an bekannten Belastungswiderständen, z. B.  $600\ \Omega$  in der Fernmeldetechnik, gemessen. Sie werden als Pegelmessungen durchgeführt, d. h., es wird als Ausgangspunkt 1 mW genommen. Diese Leistung wird an einem Widerstand von  $600\ \Omega$  vernichtet, wenn an dessen Klemmen eine Spannung

von 0,775 V abfällt. Die Messung erfolgt in Neper oder, wie in der drahtlosen Technik üblich, in Dezibel (dB). 20 dB sind immer 10mal höhere Spannung, Leistung usw. Dabei entsprechen 8,5 dB etwa einem Neper (Faustregel!). 40 dB wäre demnach  $10^2$ mal höhere, 60 dB  $10^3$ mal höhere Spannung. Unter der Voraussetzung feststehender Widerstände lassen sich Wechselstromleistungen einfach durch eine Spannungs- oder Strommessung und Ausrechnung der Leistung bestimmen, wenn die Leistung phasenrein ist. Aus diesem Grunde ist es möglich, auf den Skalen der Wechselspannungs-Meßbereiche der Vielfachinstrumente die Werte der NF-Leistung in dB anzugeben. Bei der Messung wird zwischen die Instrumentklemmen ein induktionsfreier Widerstand von  $600 \Omega$  geschaltet, das Ablesen kann dann an der entsprechenden Instrumentenskala erfolgen. In der Praxis wird noch in eine Instrumentzuleitung ein Kondensator mit  $1 \mu\text{F}$  geschaltet, um Gleichspannungen vom Meßwerk fernzuhalten. Natürlich werden diese Schaltungen alle im Instrument bei der Umschaltung oder durch Benutzen einer gesonderten Anschlußbuchse für Pegelmessungen vorgenommen.

Das Messen der Leistung bei NF- und beliebigen Widerständen ist besonders beim Messen der Ausgangsleistung von Modulationsverstärkern von Interesse. Da diese Messungen mit Klirrgradmessungen verbunden werden müssen, kommt für den Amateur nur ein orientierendes Messen in Frage. Bei kleineren Leistungen wird das Meßobjekt mit dem für den Normalbetrieb vorgesehenen Lastwiderstand belastet und der Spannungsabfall gemessen. Die Berechnung der Leistung ist dann einfach. Bei größeren Leistungen werden zur Belastung geeignete Glühlampen verwendet und deren Leistung mit der Helligkeit einer gleichartigen Lampe, die an einer gesonderten Stromquelle betrieben und deren Leistungsaufnahme durch Spannungs- und Strommessung bestimmt wird, verglichen. Damit die Vergleichslampe auf die Helligkeit der im Meßkreis liegenden Lampen gebracht werden kann, wird sie in Serie mit einem regelbaren Widerstand geschaltet. Oft genügt es, diesen Regelwiderstand einmal mit der Lampe zusammenzueichen, um zu aus-

reichenden Meßresultaten zu gelangen. Die Anordnung wird in der Praxis in die Netz- oder Heizleitung eines unserer Geräte eingeschaltet, die durch die Laständerung konstant bleiben. Der Ohmsche Widerstand des Reglers wird bei einigen Skalenpunkten bestimmt und der Spannungsabfall nach Anschalten der Lampe bei den verschiedenen Regelstellungen am Widerstand oder an der Lampe gemessen. Da der jeweilige Widerstand bekannt ist, lassen sich die Leistungen über den gesamten Meßbereich mit einem Instrument feststellen. Für diese Messungen eignen sich für hochohmige Objekte besondere Soffittenlampen, für niederohmige Meßobjekte Autosoffitten. Diese fotometrische Meßmethode ist über einen sehr großen Frequenzbereich mit Genauigkeit anzuwenden und benötigt keine besonderen Hilfsmittel.

Leistungsmessungen von Hochfrequenz sind, wenn alle Faktoren berücksichtigt werden sollen, nicht einfach. Es gibt eine große Anzahl Meßverfahren, die HF-Leistungsmessungen unter Berücksichtigung der Phasenlage zwischen Strom und Spannung und der Welligkeit, z. B. der angeschlossenen Kabel, ermöglichen. Bei den Messungen des Amateurs sind jedoch auch hier mehr orientierende Werte erforderlich. Den Amateur interessiert vor allem, ob seine Endstufe richtig dimensioniert ist und ob die HF nicht an der Antennenbuchse vorbeigeht. Ohne Messen ist hier die Fehlerbeseitigung eine langwierige Angelegenheit.

Leistungsmessungen bei kleinen Leistungen sollen, ähnlich wie bei NF-Messungen, über eine Bestimmung des Spannungsabfalles an einem Widerstand durchgeführt werden. Solche Messungen kommen aber kaum vor. Häufig ist jedoch das Messen der Senderausgangsleistung erforderlich. Auch hier eignet sich die bei der NF-Leistungsmessung angegebene fotometrische Messung vorzüglich. Neben einem Antennenstrominstrument werden einige Soffitten so am Sender angeordnet, daß jederzeit die Sender-HF-Leistung bestimmt werden kann. Bei 70-W-Nenn-Hochfrequenz der Endstufe und 70- $\Omega$ -Kabel zur Versorgung der Antenne eignen sich sehr gut 6 Lampen mit 12 V/1 A. Leuchten diese Lampen voll auf, dann verbrauchen sie 72 W. Die gleichartige Ver-

gleichlampe wird aus dem Heizkreis über einen Regelwiderstand gespeist. Wer einmal seinen Sender mit dieser Meßeinrichtung abgestimmt hat, lernt sehr schnell die verschiedenen Einflüsse auf die Leistung kennen.

## 8. Messungen an Kapazitäten

Über Kapazitätsmessungen ist bereits das Wesentliche gesagt worden. Die Messung großer Kondensatoren erfolgt am besten mit Wechselstrom über eine Blindwiderstandsmessung mit dem Vielfachmesser. Beim Messen von Elektrolytkondensatoren darf nicht vergessen werden, an den Kondensator eine Gleichspannung zu legen. Die Wechselspannung muß dann natürlich über einen im Verhältnis zum Meßobjekt großen Kondensator zugeführt werden. Da der Kapazitätswert dieser Kondensatoren sehr stark von der Temperatur der angelegten Frequenz und vom Formierungszustand abhängt, die sich während des Betriebes z. T. ändern, ist die Messung dieser Kapazität nicht so wesentlich und wird daher kaum von Amateuren durchgeführt. Ist diese Messung jedoch einmal erforderlich, dann kann der zu messende Kondensator, mit einem Kondensator bekannter Größe in Serie geschaltet, in die Eingangsseite der Siebkette der Anodenstromversorgung im Empfänger geschaltet werden. Für die Zeit der Messung wird der meist vorhandene Ladekondensator abgeschaltet. Die beiden Kondensatoren werden jeweils mit einem Widerstand von etwa  $0,1 \text{ M}\Omega$  überbrückt, damit die Gleichspannungen an ihnen etwas konstant bleiben. Jetzt wird mit dem Spannungsmessbereich des Vielfachmessers die Wechselspannung an beiden Kondensatoren gemessen. Die beiden Kapazitäten verhalten sich dem Spannungsverhältnis gegenüber umgekehrt proportional. Da eine von ihnen bekannt ist, kann die andere errechnet werden. Dem Vielfachmesser ist bei dieser Messung ein  $1\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator (kein Elektrolyt!) vorzuschalten, damit die Gleichspannung des Meßkreises den Meßwert nicht beeinflußt. Außerdem empfiehlt es sich, den Gleichrichter zu belasten. Dadurch ergibt der für die Mes-

sung benutzte Wechselstromanteil des pulsierenden Gleichstromes hinter dem Gleichrichter und vor der Siebdrossel am Meßgerät auch bei größeren Kapazitätsunterschieden des zu messenden und des Vergleichskondensators noch brauchbare Anzeigen. Als Vergleichskondensator eignet sich gut ein Papierkondensator von etwa 4  $\mu$ F. Wenn der Ladekondensator abgeschaltet ist, dann wird der Wechselspannungsteil, den das Instrument anzeigt, bei etwa 50 V liegen. Beim Messen wird man feststellen, daß die gemessenen Kapazitätswerte etwa 20 Prozent über dem Nennwert liegen. Da aber die Kapazität im Betrieb gewöhnlich niedriger ist (Wärme- und Spannungseinflüsse), werden vom Herstellerwerk die Kondensatoren größer dimensioniert, um die Kapazitätsnennwerte unter allen Betriebsverhältnissen zu halten.

Beim Messen von Elektrolytkondensatoren ist es wichtig, den sogenannten Leckstrom zu kennen. In Betrieb befindliche Kondensatoren lassen einen kleinen Strom durchfließen, der als Verlustleistung im Kondensator in Wärme umgesetzt wird. Nach längerer Betriebspause des Kondensators ist dieser Verluststrom besonders hoch. Dann wird die Messung des Verluststromes mit einer Formierung verbunden. Solche Kondensatoren werden unter Beachtung der richtigen Polung an eine Gleichspannung gelegt, die erheblich unter der Nennspannung liegt. Das Vielfachinstrument wird mit dem Kondensator in Serie gelegt und der durchfließende Gleichstrom gemessen.

**Merke:** Bei dieser Messung immer von dem größten Strommeßbereich her herunterschalten!

Das ist besonders wichtig, da der Ladestromstoß sonst das Instrument beschädigen kann. Wenn sich der Kondensator formiert, dann wird die Anzeige des Instrumentes langsam zurückgehen, so daß bereits nach einigen Minuten der kleinste Strommeßbereich eingeschaltet werden kann. Nach etwa 10 Minuten wird der gleiche Vorgang mit einer Gleichspannung wiederholt, die bei 80 Prozent der Nennspannung liegen kann. Nachdem auch hier der Strom auf ein Minimum zurückgegangen ist und sich, abgesehen von kleinen Schwankungen, nicht mehr wesentlich ändert (nach etwa

15 bis 25 Minuten), wird der Leckstrom gemessen. Dieser Leckstrom darf nach DIN 41 332 bei  $20^{\circ}\text{C}$   $0,5\ \mu\text{A}$  je  $\mu\text{F}$  und V nicht übersteigen. Wenn am Kondensator bei unserer Messung 30 V liegen und er eine Kapazität von  $32\ \mu\text{F}$  hat, dann darf der Leckstrom  $300 \cdot 32 \cdot 0,5\ \mu\text{A}$  oder  $4,8\ \text{mA}$  betragen. Dieser Wert wird von guten Kondensatoren meist erheblich unterschritten. Diese Messung ist deshalb von Bedeutung, da Kondensatoren mit zu hohem Leckstrom warm werden und bereits bei  $50^{\circ}\text{C}$  den dreifachen Leckstrom durchlassen. Das führt dazu, daß sie nach kurzer Zeit den Gleichrichter kurzschließen und unbrauchbar werden. Wenn in der Stromversorgung des Senders bei hohen Spannungen Elektrolytkondensatoren hintereinander geschaltet werden, dann sollte immer die hier beschriebene Formierung und die Messung der Kapazität und des Leckstromes durchgeführt werden.

Wichtig kann die Messung des Isolationswiderstandes, besonders von vergossenen Papierkondensatoren, sein. Wenn der Kopplungskondensator in einem Widerstandsverstärker zwischen der Anode der Vorstufe und dem Gitter der Endröhre einen ungenügenden Isolationswiderstand hat, dann bildet der Kondensator mit dem Gitterwiderstand der Endstufe einen Spannungsteiler, so daß die negative Gitterspannung aufgehoben und die Endröhre überlastet wird. Bei anderen Stufen können unliebsame Arbeitspunktverlagerungen auftreten, die zu Betriebsstörungen führen würden. Auch hier wollen wir nicht den Betrag des Fehlers wissen, sondern nur, ob die genannten Werte genügen. Da die Instrumente, die der Amateur besitzt, die hier erforderlichen Isolationsmessungen in der Regel nicht gestatten, wird der fragliche Kondensator in einem vorhandenen Gerät dem dort eingebauten Koppelkondensator parallelgeschaltet. In den Anodenkreis der Endröhre wird das Vielfachinstrument als Strommesser geschaltet und beobachtet, ob sich durch die Zuschaltung der Anodenstrom ändert. Ist das nicht der Fall, dann genügt die Isolation. Erhöht sich der Strom (auch um kleine Beträge), dann ist der Kondensator als Koppelkondensator nicht zu verwenden. Auch für andere Zwecke sollten solche Kondensatoren nicht eingesetzt werden.

Für die Messung von Kondensatoren, die in Hochfrequenzkreisen verwendet werden, eignet sich das Grid-Dip-Meter mit Zusatzgerät. Ein Foto und die Schaltung sind in den Bildern 8 und 9 (S. 15, 16) gezeigt, die Eichkurve zeigt Bild 15 (S. 24). Es lassen sich Kapazitäten von 2 pF bis 2000 pF mit ausreichender Genauigkeit messen. Bei der Messung wird das Zusatzgerät ohne den zu messenden Kondensator mit dem Grid-Dipper soweit gekoppelt, daß an seinem Instrument bei Resonanz ein Rückgang des Zeigerausschlages um etwa 10 Prozent eintritt. Der Ausschlag am Grid-Dip-Meter soll bei allen Einstellungen auf den gleichen Wert mit dem Regler, der die HF-Amplitude des Grid-Dip-Meters regelt, eingestellt werden. Dann wird der Trimmer des Zusatzgerätes so geändert, daß bei der für „Null pF“ in unserer Eichkurve vorgesehenen Einstellung der Grid-Dip-Meterskala Resonanz zwischen beiden Geräten besteht. Das wird, wie gesagt, durch ein Zurückgehen des Zeigerausschlages angezeigt: Ist der Rückgang zu groß, dann werden beide Geräte weiter auseinander gestellt, ist er zu klein, näher zusammen. Die Nachstimmung des Zusatzgerätes wird nur dann nötig, wenn die Stecker anders angeordnet oder für die Messung kurze Verbindungsleitungen verwendet werden. Im Interesse großer Meßgenauigkeit sollte mit möglichst kurzen und starren Verbindungen zwischen dem Zusatzgerät und dem Meßobjekt gearbeitet werden. Bei der Messung ist darauf zu achten, daß sich in der Nähe des Meßplatzes keine Metallgegenstände, Gerätegehäuse u. ä. befinden, die das Grid-Dip-Meter verstimmen. Sehr oft kommen Messungen an Drehkondensatoren vor. Die Meßwerte, insbesondere die der Anfangskapazitäten, werden für die Berechnung der Schwingkreise benötigt. Bei diesen Messungen ist darauf zu achten, daß sie unter Voraussetzungen erfolgen, die denen der späteren Anwendung entsprechen. Wenn z. B. der zu messende Kondensator nicht abgeschirmt ist und später im Gerät auf ein Aluminiumchassis montiert wird, dann kann die Anfangskapazität von der jetzt gemessenen Kapazität erheblich abweichen. Solche Kondensatoren stellt man beim Messen in der gleichen Lage, wie sie bei der späteren Unterbringung



im Gerät vorgesehen ist, auf ein Stück Alublech. Bei Kondensatoren, deren Stator und Rotor vom Gehäuse isoliert sind, soll beim Messen der Teil mit dem Gehäuse verbunden werden, der später HF-mäßig mit ihm auf dem gleichen Potential liegt. Besonders die Anfangskapazität kann bei der Unterlassung dieser Maßnahme falsch gemessen werden. Bei der Messung der gesamten Anfangskapazität einer Empfänger- oder Sendestufe darf nicht vergessen werden, die Spulen des Schwingkreises abzuschalten. Die Röhren sollen in ihren Fassungen stecken, müssen aber nicht geheizt sein. Wenn durch die Abschaltung der Spulen auch die Kopplung zur Anode der Vorstufe ausfällt, dann wird die im Betrieb wirksame Gesamtkapazität durch zwei Messungen bestimmt. Einmal wird die Anodenkapazität der Vorstufe und dann die Gitterkapazität der Folgestufe gemessen und beide Ergebnisse addiert.

Liegt in der Schaltung eine HF-Drossel, dann muß die Messung mit und ohne Drossel durchgeführt werden. HF-Drosseln können, wenn sie nicht die erhofften Eigenschaften haben, erhebliche Nacharbeit erforderlich machen. Ändert die Zuschaltung der Drossel den Meßwert merklich, dann ist später bei der Betriebsmessung ihr Verhalten besonders zu überprüfen. Auch wenn die Drossel bei dieser Messung keine Beanstandungen verursacht, kann falsche Dimensionierung vorliegen.

Kondensatoren können im Betrieb kleine Kapazitätsänderungen aufweisen, die sich oft über große Zeiträume erstrecken. Aber auch Kapazitätssprünge, die sich in der Schaltung als kleine Frequenzsprünge unangenehm bemerkbar machen, können auftreten. Kondensatoren, die später, besonders im Steuersender oder einem Oszillator, frequenzbestimmend sind, sollten auf ihre Konstanz, zumindest in bezug auf sprunghafte Änderungen, geprüft werden.

Zu diesem Zweck werden sie in die vorgeschriebene Stufe geschaltet und auf der Frequenz oder Subharmonischen eines KW-Rundfunksenders betrieben. Ist die Stufe nach etwa 30 Minuten eingelaufen, dann wird der Überlagerungston im Rundfunkgerät auf Null gebracht. Es werden langsame Änderungen des Überlagerungstones festzustellen

sein, die um so geringer sind, je stabiler der Steuersender ist. Diese Änderungen können durch die Kompensation, die noch beschrieben wird, beseitigt werden. Ist der Überlagerungston in unregelmäßiger zeitlicher Folge sprunghaft, dann ist der Kondensator unbrauchbar. Dieser Fehler kann leicht bei Glimmerkondensatoren, aber auch bei keramischen Kondensatoren auftreten.

## 9. Messungen an Induktivitäten

Sind von Netz- und NF-Transformatoren die Daten nicht bekannt, so muß man durch Messungen den Wicklungsaufbau feststellen. Bei Netztransformatoren ist das verhältnismäßig einfach. Fast immer ist die Wicklung mit dem größten Ohmschen Widerstand die Anodenwicklung. Sind drei Anschlüsse vorhanden, dann sind die beiden, zwischen denen der höchste Widerstandswert gemessen wird, mit den Anoden der Gleichrichterröhre zu verbinden, der dritte Anschluß ist Wicklungsmittle. Die Wicklungen mit wenig Widerstand sind die Heizwicklungen. Oft sind sie leicht zu bestimmen, da die Heizwicklungen als oberste Lagen gewickelt werden. Die verbleibende Wicklung, meist mit mehreren Anschlüssen, ist die Netzwicklung. Die weitere Prüfung erfolgt nach Anschalten des Transformators an das Netz. Dabei muß darauf geachtet werden, daß bei 220 V Netzspannung die beiden Anschlüsse an das Netz geschaltet werden, die bei der Widerstandsmessung den größten Widerstand hatten. Das Messen der sekundären Spannungen des Transformators soll im Betriebszustand erfolgen. Dabei ist zu prüfen, ob die Netzspannung den Soll-Wert hat.

Besonders wichtig ist das Messen der Heizspannungen; denn die Steilheit der Röhren und deren Lebensdauer hängen von der Heizspannung ab, mit der sie betrieben werden. Viele Transformatoren sind aber mit diesen Spannungen sehr von der Belastung abhängig; ist der Strom, der der Wicklung entnommen wird, größer oder kleiner als der für diesen Transformator vorgesehene, so kann sie erheb-

lich vom Soll-Wert abweichen. Meist ist die Spannung zu niedrig, der Amateur wird dann durch Zuwickeln einiger Windungen die normalen Betriebsdaten herstellen.

An NF- und Ausgangstransformatoren kann der Amateur mit seinen Mitteln keine Qualitätsmessungen durchführen. Er kann auch hier lediglich durch Widerstandsmessungen die verschiedenen Wicklungen bestimmen. Die höherohmige Wicklung ist hier in der Regel die Primärwicklung. Zur Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses wird diese Wicklung an eine bekannte Wechselspannung, z. B. 220 V, geschaltet und mit dem Vielfachmesser die Sekundärspannung gemessen. Aus dieser Messung kann das Übersetzungsverhältnis zur Errechnung des Außenwiderstandes ermittelt werden. Wenn bei einer Primärspannung von 220 V sekundär 5 V gemessen werden, dann ist das Übersetzungsverhältnis 1 : 44, und die Widerstände verhalten sich wie  $44^2$ , das ist im vorliegenden Falle 1936. Bei einem Röhrenausgangswiderstand von z. B. 7000  $\Omega$  muß der sekundäre Widerstand  $7000/1936 \approx 3,6 \Omega$  sein. Umgekehrt kann natürlich über diese Übersetzungsmessung geprüft werden, ob ein greifbarer Netztransformator als Mod-Trafo im Sender verwendet werden kann.

Während bei Netz- und NF-Transformatoren für den Amateur die Kenntnis der Induktivität meist nicht von Bedeutung ist, kann diese Größe bei Netzdrosseln interessant sein. Besonders bei Sendernetzgeräten, die oft mit Drosseleingang arbeiten, ist die Kenntnis der Induktivität von Bedeutung. Dabei ist zu beachten, daß die Induktivität der Netzdrossel sehr stark von der Gleichstrom-Vormagnetisierung abhängt. Die Messung der Induktivität erfolgt, wie beschrieben, über eine Blindwiderstandsmessung mit dem Vielfachmesser. Als Meßspannung dürfte meist die Heizspannung von 6,3 bzw. 12,6 V geeignet sein. Die Wechselspannung wird über einen Kondensator von einigen  $\mu\text{F}$ , am besten über einen richtig gepolten Elektrolytkondensator, zugeführt, und die Gleichspannung, die nur einige Volt zu betragen braucht, je nach den Daten des Meßobjektes aus dem Gleichrichter hinter der Siebkette oder aus einem Akkumulator entnommen. Das Messen des Wechselstrom-

widerstandes und damit der Induktivität muß bei drei oder vier verschiedenen Gleichstrombelastungen vorgenommen werden, um die Änderung der Induktivität durch die Vormagnetisierung kennenzulernen.

Wenn die Änderung der Induktivität groß und dabei die Gesamtinduktivität reichlich ist, kann das Verhalten der Drossel durch Vergrößerung des Luftspaltes im Eisen verbessert werden.

HF-Induktivitäten, soweit es sich dabei um Schwingkreis- spulen handelt, werden einfach dadurch bestimmt, daß die Spule mit einem in unserem Zusatzgerät gemessenen Kondensator zusammengeschaltet und die Resonanzfrequenz mit dem Grid-Dip-Meter festgestellt wird. Dann kann die Induktivität leicht errechnet werden. Auch hier ist darauf zu achten, daß die Kopplung zwischen Grid-Dip-Meter und Meßkreis so lose ist, daß nur geringe Rückwirkungen auftreten können. Bei der Messung sollte der Kondensator, der der Spule zugeschaltet wird, etwa so groß sein wie die spätere Kreiskapazität. Die Meßfrequenz wird dann auch annähernd mit der späteren Betriebsfrequenz übereinstimmen.

Die Messung anderer Induktivitäten bei Hochfrequenz dürfte sich auf die Messung von HF-Drosseln beschränken. Von einer Drossel wird erwartet, daß sie dem Gleichstrom möglichst keinen und dem Wechselstrom einen möglichst hohen Widerstand entgegensetzt. Die vom Amateur verwendeten Drosseln haben nicht immer in befriedigendem Umfang diese Eigenschaften. Die Messung des Wechselstromwiderstandes außerhalb der vorgesehenen Verwendungsstelle führt nicht mit Sicherheit zu einem befriedigenden Ergebnis, da die Anordnung in der Schaltung die Wirksamkeit, insbesondere die Lage der Resonanzstellen, erheblich beeinflussen kann. Die in den verschiedensten Bauanleitungen immer wieder genannte 2,5-mH-Drossel stellt nicht in jedem Fall die richtige Lösung dar. Besser ist es, sich vorher von der Wirksamkeit der Drossel zu überzeugen. Drosseln sind möglichst in eingebautem Zustand zu prüfen. Bei dieser Prüfung wird lediglich die Wirksamkeit auf allen Bändern festgestellt, das Messen des

genauen Sperrwiderstandes kann entfallen. In Bild 17 ist die Prüfung einer HF-Drossel mit unseren Mitteln angegeben. Dem Gitter der Vorstufe wird über eine Kopplungs-

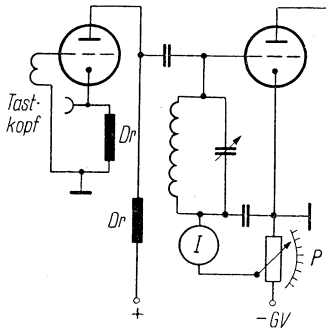


Bild 17. Schaltung zur Messung an HF-Drosseln und Schwingkreisen

wicklung vom Grid-Dip-Meter eine kleine HF-Spannung, etwa 0,1 V, zugeführt. Im Anodenkreis liegen die Drossel und ein auf die Eingangsfrequenz abgestimmter Schwingkreis parallel. Die Gittervorspannung zur nächsten Röhre wird über den kleinsten Strommeßbereich unseres Vielfachinstrumentes vom Schleifer eines zwischen Null und etwa minus 30 V geschalteten Potentiometers entnommen. Das Potentiometer wird zweckmäßig vorher mit einem Zeigerknopf und einer Spannungsskala versehen. Ein Potentiometer 0,1 M $\Omega$  linear ist hier gut geeignet. Der Vorröhre wird die HF-Spannung zugeführt und mit „P“ der Ausschlag an „I“ zum Verschwinden gebracht. Dann wird der Schwingkreis auf Resonanz gebracht. Die Einstellung von „P“, die bei verstimmtem Kreis bei etwa 0,5 V lag, wird nun auf einen wesentlich höheren Wert ansteigen. Wenn die zugeführte HF-Spannung bei allen 5 Kurzwellenbändern gleich groß gehalten wird, was mit dem Tastkopf an der Katode zu messen, leicht zu verwirklichen ist, dann sollten die an „P“ einzustellenden Vorspannungen etwa den gleichen Wert haben. Hat die Drossel bei einem Band ein sogenanntes „Loch“, dann ist das deutlich an der erheb-

lich geringeren Kompensationsspannung, die an „P“ einzustellen ist, zu erkennen. Es ist aber zu beachten, daß die Kreiswiderstände bei 10 m erheblich geringer sind als bei 80 m und daher die Aufschaukelung der HF-Spannung kleiner ist. Das erkennt man beim Messen daran, daß die Einstellung an „P“ bei jedem höheren Band etwas nach Null zu gedreht werden muß. Da nun aber ein Unsicherheitsfaktor, entweder Drossel oder Kreis, in die Messung gekommen ist, wird eine Kontrolle durchgeführt. Man schaltet beim Messen an Stelle des abgestimmten Schwingkreises einen Widerstand von 50 k $\Omega$ . Soll die Drossel auf allen Bändern einen hohen Sperrwiderstand aufweisen, so müssen bei gleichen Eingangsspannungen auf allen 5 Bändern die Einstellungen an „P“ konstant bleiben. Bei dieser Messung kann auch gelegentlich ein Fehler am Schwingkreis festgestellt werden. Wenn bei der Messung mit Schwingkreis wesentlich weniger Vorspannung an „P“ eingestellt werden muß als beim Messen mit dem 50-k $\Omega$ -Widerstand, dann sollte der Resonanzwiderstand des Kreises überschlägig berechnet werden. Das ist: Blindwiderstand von „C“ bei der Arbeitsfrequenz mal Güte. Die Güte können wir mit 100 ansetzen und den Blindwiderstand einer Tabelle entnehmen. Bei 10 m und einer Kreiskapazität von 50 pF ist z. B. der Blindwiderstand des Kondensators etwa 110  $\Omega$  mal der Güte, das ergibt als Resonanzwiderstand 11 000  $\Omega$ . Bei 80 m und 150 pF sind das etwa 29 000  $\Omega$ . Im allgemeinen liegt die Güte der Kreise bei 80 m um 120 und bei 10 m um 75, so daß die hier genannten Kreiswiderstände zwischen 10 k $\Omega$  und 35 k $\Omega$  liegen. Im gleichen Verhältnis dürfen maximal die Streuungen der Meßwerte liegen. Sind sie größer, dann sind die Kreise nicht in Ordnung.

Die Prüfung der Drossel in der Senderendstufe erfolgt über eine Wirkungsgradmessung. Die Anodeneingangsleistung der Endstufe ist aus der Anodenspannung und der Anzeige des Anodenstrominstrumentes bekannt. Nach der bei der Leistungsmessung beschriebenen fotometrischen Methode wird die Ausgangsleistung, der „output“, bestimmt und mit diesen beiden Werten der Wirkungsgrad nachgerechnet.

Dabei ist auf optimale Auskopplung der HF-Energie zu achten, d. h., das Gerät muß auf größte Helligkeit der Lämpchen eingestellt werden. Grobe Fehler an der Drossel sind bereits bei kurzem Durchschalten der Bereiche an der oft bei gleichbleibender Eingangsleistung sehr unterschiedlichen Ausgangsleistung zu erkennen. Neben einer erheblichen Leistungseinbuße führt eine schlechte Drossel zu einem „Durchgreifen“ des Nullpotentials und damit zu einer kapazitiven Verstimmung des Tankkreises.

## 10. Messungen an Schwingkreisen

Die Messungen an Schwingkreisen sind, außer dem Messen der Resonanzfrequenz, im wesentlichen Spulenmessungen. Sie wurden bereits in Abschnitt 9 beschrieben. Jetzt ist nur noch die Messung der Güte darzustellen. Es gibt dazu mehrere Meßverfahren. Wir weisen jedoch nur auf die dem Amateur möglichen Messungen hin. Zum Vergleich ähnlicher Spulen untereinander und für überschlägige Messungen eignet sich gut die Anordnung nach Bild 18. Zwei Kon-

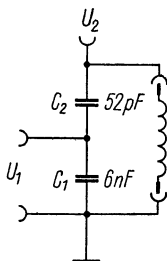


Bild 18. Schaltung zur Messung der Spulengüte

densatoren mit wenig Verlusten werden in Serie geschaltet. Das Kapazitätsverhältnis soll bei etwa 1 : 100 liegen. In Bild 18 sind 52 pF und 6 nF angegeben. Da im vorliegenden Beispiel mit dem obenbeschriebenen Meßkopf, der eine Eingangskapazität von 8 pF hat, gemessen wurde,

und diese 8 pF beim Messen parallelgeschaltet sind, ergibt sich, wie gefordert, ein Kreiskapazitätsverhältnis von 1 : 100. An  $U_1$  wird über zwei oder drei Kopplungswindungen aus dem Grid-Dip-Meter eine HF-Spannung entnommen, die bei Resonanz 0,5 oder 1 V betragen soll. Die beiden Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  werden gemessen und ins Verhältnis gesetzt. Die auf diese Art gemessenen Gütewerte liegen bei 30 bis 50, im 80-m-Band auch bei 80. Durch die Belastung des Schwingkreises mit dem Meßkopf werden zu niedrige Gütewerte gemessen. Die Größe dieses Fehlers kann der Amateur mit Hilfe einer Vergleichsspule bekannter Güte – z. B. einer keramischen Spule von Hescho mit aufgebrannter Wicklung – bestimmen. Bei 45 mm Dmr. und 20  $\mu$ H hat sie im 80-m-Band eine Güte von 150. Wenn wir an dieser Spule mit unserer Anordnung eine Güte von 75 messen, dann dürfen wir annehmen, daß auch bei den anderen Messungen in diesem Frequenzbereich der Meßfehler bei 50 Prozent liegt. Eine entsprechende Korrektur ist damit möglich. Da die Güte einer Spule sehr stark von der Betriebsfrequenz abhängt, hat die Gütemessung mehr einen qualitativen Wert und sollte immer bei der Arbeitsfrequenz erfolgen. Der Vorteil dieser Anordnung gegenüber vielen industriellen Gütefaktormeißbrücken liegt darin, daß bei der Betriebsfrequenz gemessen wird. Bereits mit dieser einfachen Methode lassen sich Vergleichsmessungen an verschiedenen Spulen durchführen. Es ist gut zu erkennen, um wieviel z. B. bei 80 m ein mit HF-Litze bewickelter Haspelkern besser ist als ein einfacher mit Lackdraht bewickelter Spulenkörper mit nur einer HF-Eisen-schraube zum Abgleich. Selbst bei 10 m kann noch sehr gut der Einfluß des Eisenkerns auf die Güte festgestellt werden. Mit dieser Kenntnis und mit den verfügbaren Mitteln können optimale Kreise gebaut werden.

Auch bei dieser Messung ist auf eine gute Erdung zu achten. Besonders wichtig ist eine kurze Verbindung vom Erdpunkt des Kreises direkt zur Hülse des Meßkopfes. Da durch Anschalten des Meßkopfes eine Verstimmung auftritt, muß am Grid-Dip-Meter nachgestimmt werden. Wird  $U_2$  gemessen, dann ist die Resonanz am höchsten Aus-



schlag des Meßkopfinstrumentes zu erkennen. Wird an  $U_1$  gemessen, dann geht am Grid-Dip-Meter der Zeigerausschlag zurück.

Wie bereits gesagt, wird das Meßergebnis durch die Belastung des Meßkreises mit dem Meßkopf gefälscht. Sind genaue Meßwerte erforderlich, dann kann der Meßkreis nach Bild 18 in eine Schaltung nach Bild 17 an Stelle des dort gezeichneten Schwingkreises geschaltet werden. Der Kopplungskondensator wird abgeschaltet und die Spannung  $U_1$  von der Katode der Vorröhre abgegriffen. Damit dort HF-Spannung zur Verfügung steht, wird zwischen Katode und Null eine HF-Drossel geschaltet. Die Anode der Vorröhre wird über einen Kondensator von 1000 pF gegen Erde HF-mäßig kurzgeschlossen. Mit dem Tastkopf wird die Spannung an der Katode gemessen und mit „P“ die Gegenspannung so lange vergrößert, bis der Ausschlag an „I“ gerade verschwindet. Bei dieser Kompensationsmessung wird der Kreis durch den Meßvorgang nicht bedämpft, und die Anzeige bleibt richtig. Auch hier ist vor der Messung die Kapazität am Gitter der Meßröhre festzustellen und von  $C_2$  abzuziehen. Es ist vorteilhaft für  $C_2$ , einen kleinen Drehkondensator zu nehmen, der auf das gewünschte Übersetzungsverhältnis eingestellt wird. Bei anderen Übersetzungsverhältnissen muß darauf geachtet werden, daß  $C_1$  gegen  $C_2$  groß bleibt, damit nicht auch dort Korrekturen der Kapazität vorgenommen werden müssen.

Grundsätzlich läßt sich die Güte des Kreises auch aus der Änderung von  $U_2$  bei Änderung der Frequenz von  $U_1$  ermitteln. Dazu ist erforderlich, daß die der Vorstufe zugeführte Frequenz sich mit 1‰ Genauigkeit einstellen und ablesen läßt. Da diese Bedingung, außer bei dem Steuerender unserer Anlage, kaum sichergestellt ist, wird wohl die hier beschriebene Anordnung zur Gütemessung herangezogen werden.

Ist die Güte ungefähr bekannt, dann lassen sich alle anderen Betriebswerte im Kreis, wie Blindströme, Verlustleistungen usw., rechnerisch ermitteln. Ein Messen dieser Werte ist daher nicht mehr erforderlich.

Nach der zuletzt beschriebenen Methode (s. Bild 17) lassen sich auch Kopplungsgrade von Spulen messen (s. Bild 19). Diese Messung kommt besonders beim Abgleich von Band-

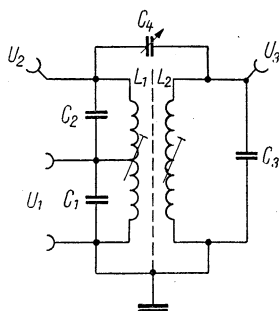


Bild 19. Schaltung zur Messung an Bandfiltern

filtern vor. Dem Kreiskondensator auf einer der beiden Bandfilterseiten wird ein Kondensator von etwa 1000 pF in Serie geschaltet. Parallel zu diesem Kondensator werden einige Windungen Draht zur Ankopplung an das Grid-Dip-Meter angeschaltet. Außerdem werden den Kreisen die anoden- bzw. gitterseitigen Schaltkapazitäten für die Dauer der Messung zugeschaltet, damit sich später nach dem Einbau die gemessenen Werte wieder einstellen. Jetzt wird der Anschluß bei  $U_3$  über 1000 pF verstimmt und, nachdem das Grid-Dip-Meter auf die Sollfrequenz eingestellt wurde, die Spannung an  $U_2$  gemessen. Durch Nachstellen des Eisenkerns in  $L_1$  wird auf die höchste Spannung und damit auf Resonanz eingestellt. Dann wird der gleiche Vorgang am anderen Kreis wiederholt, nachdem dort der Verstimmungskondensator von 1000 pF auf die eben gemessene Seite gelegt wurde. Auch hier wird der Kern in  $L_2$  so lange verstellt, bis an  $U_3$  die höchste Spannung gemessen wird. Dann kann auf der Primärseite der Verstimmungskondensator entfernt werden. Bei einer vorher bereits überschlägig bestimmten Kopplungskapazität, auf die der Trimmer  $C_4$  eingestellt wird, mißt man nun die Spannung an  $U_3$ . Bei

dieser Messung wird an dem Grid-Dip-Meter die Frequenz langsam um  $\pm 5$  Prozent von der Sollfrequenz geändert. Ist nur ein Spannungsmaximum festzustellen, dann kann  $C_4$  weiter hereingedreht werden. Der gesamte Meß- und Einstellvorgang ist mit Anschaltung des Verstimmungskondensators usw. zu wiederholen. Nachdem die vorgesehene Kopplung erreicht ist, können auch die Ersatzkapazitäten für die Anoden- bzw. Gitterkapazitäten entfernt werden. Nach dem Einbau sind je nach der Qualität unserer Arbeit mehr oder weniger Nachstimmungen erforderlich. Ist die Kopplung ohne  $C_4$  bereits zu fest, dann wird durch ein Abschirmblech zwischen den Spulen der gewünschte Koppelgrad hergestellt.

## 11. Messungen an Antennen

Hilfsmittel zum Messen an Antennen stehen dem Amateur kaum zur Verfügung. Die Kenntnis der Antenneneingangswerte ist aber für die Dimensionierung der Endstufe von Interesse. Mit einfachen Mitteln läßt sich nur der Fußpunkt-widerstand mit brauchbarer Genauigkeit bestimmen. Bild 20

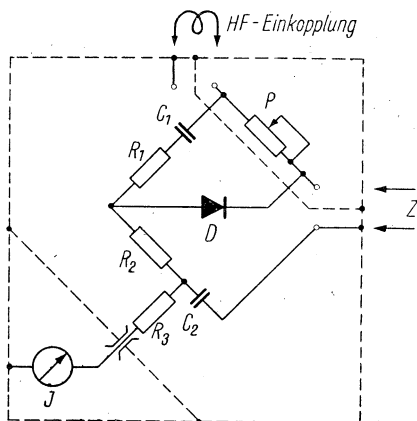


Bild 20. Antennascope

zeigt eine einfache Meßbrücke, mit der sich, zusammen mit dem Grid-Dip-Meter, der Fußpunktwidestand bestimmen läßt. Bei „Z“ werden Antenne und Erde angeschlossen, und das Grid-Dip-Meter wird mit der angedeuteten Spule gekoppelt. Das Instrument „I“ kann, wenn die Zuleitung über einen Durchgangskondensator erfolgt, durch das Vielfachinstrument ersetzt werden. Beim Messen ist auch hier auf einwandfreie Erdung zu achten. Es muß darauf hingewiesen werden, daß sich solche aperiodischen Messungen nicht in der Nähe starker Sender durchführen lassen.

Bei der Messung mit der Meßbrücke ist wichtig, daß die Antenne in Resonanz ist, da sonst die Meßwerte fehlerhaft sind. Es ist nicht einfach, eine Mehrbandantenne für alle Bereiche richtig zu bauen und anzupassen. Es gibt Betriebsmeßgeräte, die eine Fehlanpassung genau anzeigen, aber auch nur dann, wenn auf einem bestimmten Außenwiderstand, meist  $60 \Omega$ , gearbeitet wird. Dreivoltmetermethoden eignen sich wenig für Amateure, so daß Antennen meist empirisch gebaut werden. Aus diesem Grunde ist ein anderer Amateur, mit dem man über längere Zeit zusammenarbeiten kann, das beste „Antennenmeßmittel“.

Bereits bei der Wahl der geeigneten Antenne sollte darauf geachtet werden, daß sie gegen äußere Einflüsse und Fehldimensionierungen möglichst unempfindlich ist. Dipole mit Reflektor und Direktor werden, wenn sie drehbar angebracht sind, durch Drehen und Auswerten der bei den verschiedenen Arbeitsrichtungen erzeugten relativen Feldstärken auf ihre Wirksamkeit geprüft. Da aus der Fachliteratur die Kennwerte bekannt sind, können vorhandene Mängel leicht festgestellt werden.

Die Anteile an Steilstrahlung, die Energie in dem Zipfel und die Spannungsverteilung, die für die Beurteilung der Antenne wichtig sind, können mit Amateurmitteln nicht gemessen werden. Die Beurteilung würde außerdem für Langdrahtantennen, für horizontale oder vertikale Dipole mit oder ohne Richtelemente usw. verschieden ausfallen, so daß nur die Zusammenarbeit der Amateure zum Erfolg führt.

Für besonders an der Antennentechnik interessierte Amateure, aber auch zur Dimensionierung der Betriebsantenne

und zur Messung ihrer Eigenschaften eignet sich der Antennenmodellmeßplatz. Dort wird z. B. bei 420 MHz eine Modellantenne betrieben, die entsprechend der Betriebswellenlänge von 70 cm mit Dipollängen von 35 cm auskommt. Ein einstufiger Sender wird nach Bild 21 auf einem

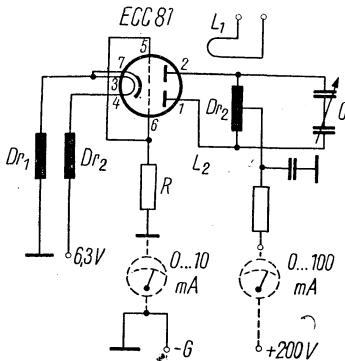


Bild 21. Oszillator für 70 cm

einfachen Brett aufgebaut. Die gesamte Messung muß im Freien erfolgen, da in geschlossenen Räumen die Gefahr von Reflektionen der Wellen an Wänden groß ist und dadurch Meßfehler auftreten. Bei der Meßanordnung wird in entsprechender Verkleinerung eine maßstabgerechte Nachbildung der wirklichen Verhältnisse vorgenommen. Besonders sind die Abstände zu den als Erde, Hausdach oder sonstigen die Funktion der Antenne später beeinflussenden Teilen einzuhalten. Auch das Material dieser Teile soll weitgehend der Wirklichkeit entsprechen. Zur Messung wird ein an einer langen Bambusstange oder ähnlichem befestigter Dipol mit einer Germanium-Diode benutzt. Die an der Diode entstehende Spannung wird unserem Instrument über zwei Schutzwiderstände und zwei Leitungen zugeführt. Der Sender mit seinen Zuleitungen soll abgeschirmt sein, so daß er nicht direkt auf das Strahlungsfeld wirken kann. Gut eignet sich dazu eine runde Holzplatte, auf der ein eng-

maschiges Drahtnetz oder radiale Drähte gespannt sind. Unter der Holzplatte wird der Sender befestigt und auf der Platte mit Sand und Steinbaukasten das Dach mit seinen Aufbauten modelliert. Die Antenne wird aus 2-mm-Kupferdraht maßstabgerecht sowohl in ihren Abmessungen als auch in ihren Abständen zu den Gebäudeteilen angebracht. Um die Platte werden die Winkel markiert, die Strahlrichtung Nord wird von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  gewählt.

Bei der Messung soll der Meßdipol mindestens  $5 \lambda$ , also in unserem Beispiel 3,5 m vom Strahler entfernt bleiben. Gut läßt sich diese Forderung einhalten, wenn vom Sendedipol nach dem Meßdipol eine dünne Perlonschnur als Abstandshalter angebracht wird. Bei jeder Meßreihe werden immer nach  $45^\circ$  die Meßdaten festgehalten. Üblich ist die Messung des Runddiagramms und eines Vertikaldiagramms von  $0^\circ$  über die Antennen hinweg nach  $180^\circ$ . Danach werden die vorgesehenen Änderungen, also Höhenänderungen, Änderungen der Elementabstände oder der Erdverhältnisse (z. B. durch Anfeuchten des Modells mit Wasser) vorgenommen und geprüft. Nach jeder Änderung wird neu gemessen und das Ergebnis mit den früher erzielten verglichen. Zur besseren Anschaulichkeit ist es ratsam, die Ergebnisse in einem Polardiagramm einzutragen. Bild 22 zeigt ein solches Diagramm von einer 3-Element-Antenne. Es sind drei Kurven dargestellt: eine Horizontalmessung in einem Winkel von  $20^\circ$  und einem Abstand von 4 m bei einem  $\lambda$  von 70 cm. Die beiden anderen mit 1 und 2 bezeichneten Kurven sind Messungen der vertikalen Strahlungsverteilung. Bei der mit 1 bezeichneten Messung war der Dipol  $0,3 \lambda$  und bei der mit 2 bezeichneten  $0,1 \lambda$  über dem als Dach wirksamen Aufbau. Der Erhebungswinkel geht von  $20^\circ$  auf  $32^\circ$ , so daß die Antenne bei  $n = 0,1 \lambda$  für Fernverkehr nur noch mangelhaft geeignet ist. Es lassen sich mit dem Modellmeßplatz brauchbare Resultate erzielen, die durchaus in die Betriebspraxis übertragen werden können.

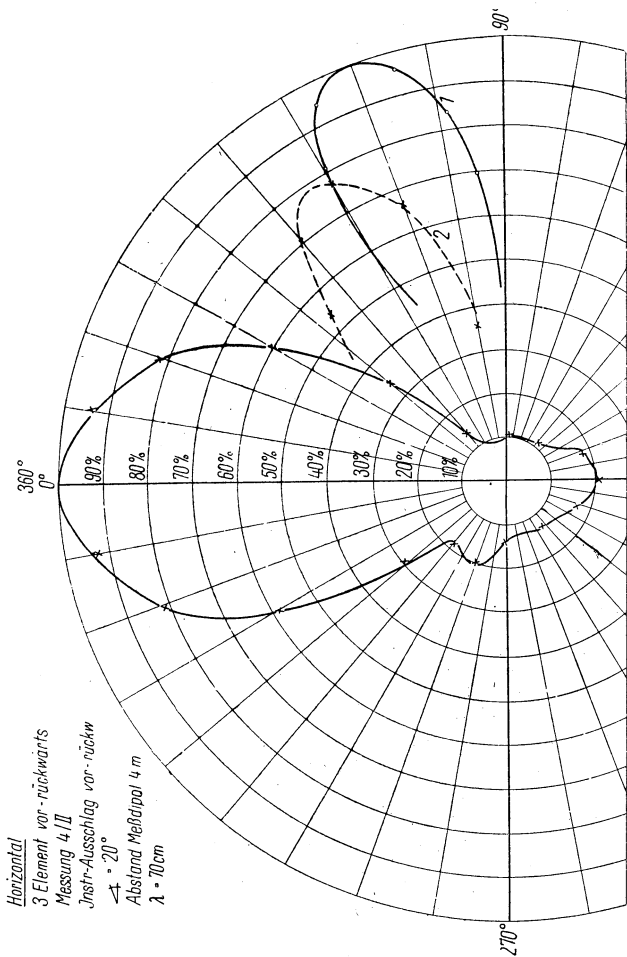


Bild 22. Feldstärkediagramm einer Drei-Element-Antenne

## 12. Frequenzmessungen

Frequenzmessungen sind ein weites und wichtiges Gebiet der Meßtechnik der Amateure. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß als Frequenznormal Rundfunksender und besonders Normalfrequenzsender verwendet werden können. Es ist auch von Vorteil, einen Quarz als Frequenznormal zu benutzen. Bild 12 zeigt eine Schaltung für ein unselbständiges Frequenznormal, das den Sender Droitwich aufnimmt und, nach Frequenzteilung und Verzerrung, alle 100 kHz einen Eichpunkt liefert. Bild 23 stellt eine Schaltung

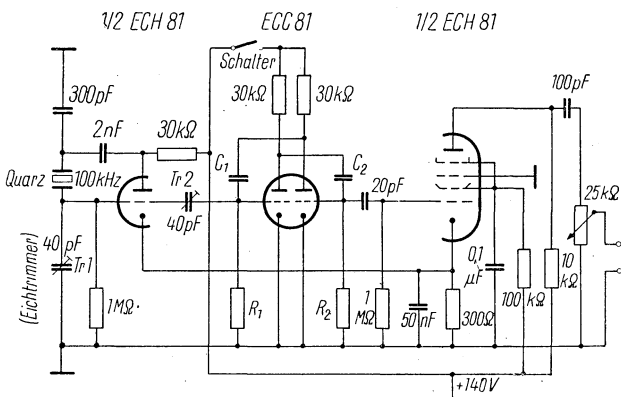


Bild 23. Selbständiges Frequenznormal mit Teiler

mit 100-kHz-Quarz, zuschaltbarem Frequenzteiler für 10 kHz und Verzerrer dar. Mit dieser oder einer ähnlichen Anordnung werden auch bis weit über 30-MHz-Eichpunkte geschaffen, die für unsere Arbeiten als Grundnormale dienen können. Die Frequenzen, die von dem Normalfrequenzsender und z. T. auch von Rundfunksendern empfangen werden, sind über den Zeitraum von einem Monat mit  $1 \cdot 10^{-8}$  viel genauer, als wir es für unsere Zwecke benötigen. Werden Schaltungen nach Bild 23 gebaut, dann sollten sie auf ihre Frequenzgenauigkeit und Konstanz über einige Zeit hin mit einem dieser Sender verglichen werden.



Ist keines dieser Geräte verfügbar, dann besteht die Möglichkeit, dem Grid-Dip-Meter eine Spule für den Empfang einer gut aufnehmbaren und in der Frequenz genau bekannten Rundfunkstation aufzustecken. Das Gerät wird in Betrieb genommen und nach etwa 30 Minuten auf die als Normalfrequenz im Empfänger aufgenommene Rundfunktenderfrequenz eingestellt. Die richtige Einstellung wird an Schwebungsnull oder am langsamen Öffnen und Schließen der Segmente im magischen Auge erkannt. Diese Einstellung muß sehr genau sein und soll auf ihre Beständigkeit über einige Minuten beobachtet werden. Mit unserem Kurzwellenempfänger hören wir in dem gewünschten Empfangsbereich die Harmonische des auf die Rundfunkstation abgestimmten Grid-Dip-Meters ab, und benutzen diese Frequenz zur Eichung oder für andere Zwecke. Die Frequenzen der Rundfunk- und Eichsender entnehmen wir den entsprechenden Tabellen. Wird ein unselbständiges Frequenznormal benutzt, dann ist es günstig, ein solches mit niedriger Frequenz zu empfangen. Oben wurde auf den Sender Droitwich hingewiesen. Diese Station ist jedoch an manchen Orten durch andere Sender gestört, so daß sie für unsere Zwecke nicht immer geeignet ist. Die Schaltung nach Bild 12 kann auch für den Normalfrequenz- und Eichwellensender DCF 77 mit der Sendefrequenz von 77,5 kHz benutzt werden. Die Frequenztoleranz ist besser als  $10^{-8}$ , außerdem überträgt der Sender täglich von 08<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> bis 08<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> den 440-Hz-Normalton. Von 11<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> bis 11<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> wird er mit einer 200-Hz-Normalfrequenz moduliert. Der Sender arbeitet im Winter bis 01<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> und ist mit Ein- und Zwei-Sekunden-Meßmarken und Zeitzeichen getastet. Bei Empfang dieses Senders ergeben sich z. B. im 80-m-Band vier harmonische Frequenzen, die 46. mit 3,5650 MHz, die 47. mit 3,6425 MHz, die 48. mit 3,72 MHz und die 49. mit 3,7975 MHz. Die 45. Harmonische mit 3,4875 MHz ist für die Meßzwecke der Amateure noch recht gut geeignet. Im Kurzwellenbereich gibt es ebenfalls Normalfrequenzsender, die für die Arbeiten des messenden Amateurs genügen.

Bei Frequenzmessungen treten in der Hauptsache zwei Aufgaben in den Vordergrund: die Bestimmung der Arbeits-

oder Resonanzfrequenz eines Meßobjektes und die Messung der Konstanz unserer Oszillatoren. Bei den praktischen Beispielen soll auf die Besonderheiten noch eingegangen werden.

### 13. Meßbeispiele

#### 13.1 Bandfilterempfänger

Ein richtig dimensionierter Empfänger, der im Zuge der HF-Verstärkung Bandfilter hat, bietet dem Amateur besondere Vorteile. Eine solche Anordnung ist für die schmalen Amateurbänder gut zu verwirklichen, lediglich für das 80-m-Band müssen zwei Bereiche gewählt werden.

Es wurde nun mit herkömmlichen Mitteln der Versuch unternommen, ohne Werkstatthilfe und nur mit Bauteilen, die im Handel zu erwerben sind, das Ergebnis der Rechnung in der Praxis zu überprüfen. Es war besonders interessant, diese Schaltung aufzubauen, da die hohe Eingangsselektivität die Anwendung einer niederen Zwischenfrequenz gestatten und die Probleme des Doppelsupers umgehen würde. Die Versuchsanordnung ist in Bild 24 in der Schaltung gezeigt.

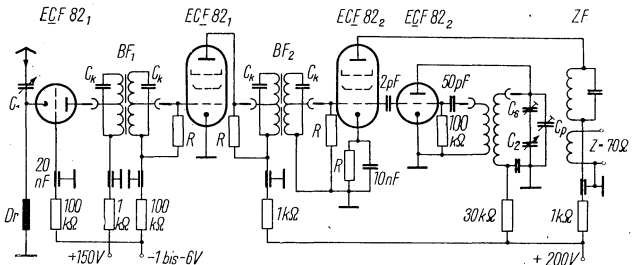


Bild 24. Schaltung Bandfiltereingang für Super

Die HF wird an die Katode der ECF 82 über  $C_1$  gegeben und verstärkt. In der Anode liegt ein Bandfilter, dessen Sekundärseite zum Gitter des Pentodenteils derselben Röhre

führt. Vor der nächsten Röhre folgt wieder ein Bandfilter, so daß die Empfangsfrequenz über vier festabgestimmte Kreise geführt wird. Keiner dieser Kreise ist durch Antenne oder andere übermäßig dämpfende Elemente in seiner Wirksamkeit beeinträchtigt. Da die betriebsmäßigen Verhältnisse ermittelt werden sollten, wurden alle fünf Bereiche über einen Tastenschalter umschaltbar gebaut. Bei dieser Gelegenheit sollte gleichzeitig die Eignung von Tastenschaltern für unsere hochwertigen Geräte untersucht werden. Der Aufbau wurde auf einem Schalter mit Schiebetasten und einem Drucktastensatz montiert. Der Schiebeschalter hat sich nicht bewährt, da bei jeder Umschaltung das Gerät weggeschoben wurde. Auch die Sicherheit der Umschaltung war nicht ausreichend. Die beiden Bandfiltergruppen wurden durch räumliche Trennung und Verdrehen der Achsen um  $90^\circ$  entkoppelt. Da die Zahl der Kontakte eine Umschaltung des Abgriffes der Bandfilter und ein gleichzeitiges Kurzschließen der unbenutzten Kreise nicht erlaubte, wurden Anode bzw. Gitter voll an den jeweiligen Kreis angekoppelt. Der Oszillatorspulensatz war austauschbar, um ihn für verschiedene Zwischenfrequenzen umstellen zu können. Als Nachsetzer wurde der Mittelwellen-Empfänger Cäsar verwendet. Es wurden folgende Daten gemessen:

- a) Treffsicherheit,
- b) Konstanz des ersten Oszillators,
- c) Selektivität,
- d) Empfindlichkeit.

Die Spiegelwellensicherheit und die ZF-Festigkeit werden durch c) erfaßt. Da lediglich der HF-Teil mit dem ersten Oszillator gemessen wurde, erübrigt sich das Messen der Verstärkung.

#### a) Treffsicherheit

Unter Treffsicherheit eines Empfängers versteht man die genaue Einstellung bei Empfang eines bestimmten Senders nur nach der Skala des Empfängers. Sie entspricht etwa der Frequenztoleranz bei der Bewertung der Sender. Da es bei der Einstellung auf einen Sender darauf ankommt, daß er

an der Stelle der Skala, an der er nach seiner Frequenz und der Eichung der Skala erscheinen sollte, auch erscheint, ist die Kenntnis dieser Eigenschaft wichtig. Die Treffsicherheit ist eine Folge von Frequenzkonstanz, besonders des ersten Oszillators, von Ablesegenauigkeit und Genauigkeit der Eichung und der Anzeige. Die beiden letzten Punkte sind das Ergebnis der mechanischen Anordnung, der Skalenslänge und natürlich auch des Frequenzbereiches. Wenn z. B. im Empfänger eine 300 mm lange Linearskala verwendet wird, dann werden im 80-m-Band je mm Zeigerweg etwa 1 kHz erfaßt, wenn der Frequenzbereich von 3,5 MHz bis 3,8 MHz abgestimmt wird. Im 10-m-Band werden, wenn die Bandeinstellung die gleiche ist, etwa 8 kHz je mm Skalengang abgestimmt. Es ist verständlich, daß sich 8 kHz/mm nicht so genau einstellen lassen wie 1 kHz/mm. Aus diesem Grunde ist der Amateur immer bemüht, auf der Skala nur seine Empfangsbereiche zu erfassen. Tritt bei der genannten Linearskala ein Anzeigefehler von 0,5 mm infolge Spiel im Antrieb, Kippen des Zeigers usw. ein, dann ist bereits in diesen Mängeln ein Fehler von  $\pm 4$  kHz enthalten (bei 28 MHz). Im 80-m-Band beträgt der Fehler nur 0,5 kHz. Wenn nun durch Parallaxe und andere Ablese- und Eichfehler nochmals der gleiche Fehler eintritt, dann kann im 10-m-Band ein Fehler von  $\pm 1$  mm, entspricht  $\pm 8$  kHz, auftreten. Das entspricht einem Fehler von  $2,75 \cdot 10^{-4}$ . Die Gesamtgenauigkeit der Geräte soll aber besser als  $2 \cdot 10^{-4}$  sein. Bevor auf die Messung der genauen elektrischen Daten eingegangen wird, soll geprüft werden, wie groß die obenangeführten Fehler sind.

Dazu müssen wir überlegen, mit welchen Mitteln der Zeigerweg für den vorgesehenen Frequenzbereich möglichst groß gehalten werden kann.

Es wird bei Kreisskalen für den Bereich mit dem größten Frequenzintervall der äußere größte Bogen der Skala benutzt. Sehr genaue mechanische Skalen tragen Lupen auf dem Zeiger. Noniusskalen haben, da die Eichung nicht linear erfolgen kann, keine Berechtigung, wenn nicht an Stelle von Frequenzen mit Kennzahlen gearbeitet wird. Im kommerziellen Funk werden die Skalanzeigen meist über

Grob- und Feinskala durchgeführt. Während die Grobskala in Frequenzen geteilt ist, wird die Feinskala, die über Zählwerk oder Lupe abgelesen wird, häufig mit einer fortlaufenden Bezifferung versehen. Das Ablesen wird über Eich Tabellen in Frequenzen umgewertet. Der Amateur muß aber mit einfachsten Mitteln auskommen. Eines davon wurde schon angedeutet: Er darf nur das erforderliche Frequenzintervall auf der Skala unterbringen. Bei dem obengezeigten Beispiel mit dem Fehler von 8 kHz bei 28 MHz werden 2,4 MHz erfaßt. Wird aber mit elektrischen Mitteln der Bereich auf 28 MHz bis 29,2 MHz eingengt, dann ist die Anzeigenauigkeit bereits doppelt so groß.

Weitere Fehler lassen sich leicht erkennen, wenn eine Frequenz über ein möglichst genaues Normal das eine Mal von links nach rechts und das andere Mal von rechts nach links an der Skala eingestellt wird. Zu diesem Zweck wird am Empfänger der Telegrafieüberlagerer eingeschaltet und auf Schwebungsnull eines Frequenznormals oder eines Rundfunksenders eingestellt. Man verstimmt nach tieferen Frequenzen zu und geht dann mit der Abstimmung wieder auf die ursprüngliche Einstellung, dann verstimmt man nach höheren Frequenzen zu und kommt auch hier wieder auf diese Stellung zurück. Die Einstellung der Skala soll so genau wie möglich erfolgen. Die abgehörten Frequenzabweichungen, mit den entsprechenden Vermerken versehen, werden notiert. Der Vorgang wird etwa zehnmal wiederholt, jedesmal mit den entsprechenden Aufzeichnungen. Zum Schluß werden von beiden Meßgruppen die Werte mit der größten Abweichung als Fehlergrenze genommen. Diese Messungen sollen möglichst im 10-m-Band durchgeführt werden. An diesen Ergebnissen kann recht gut abgeschätzt werden, welche mechanischen Fehler im Anzeigesystem enthalten sind. Hat der Abstimm Drehkondensator in den Lagern Luft, ist der Zeigerantrieb elastisch sowie die Zeigerführung unsauber und treten durch großen Abstand der Zeigermarke von der Skala oder durch unsaubere Marken Ablesefehler auf, dann sind sie bei der von links her kommenden Einstellung anders als bei der Rechtseinstellung.

Auch die Beleuchtung der Skala kann Ablesefehler verursachen.

Eine weitere Ursache liegt in der elektrischen Seite der Schaltung. Diese Einflüsse und deren Bestimmung werden im nächsten Absatz behandelt. Hier sei aber noch vermerkt, daß beide Fehlergruppen unter dem Wort Toleranz zusammengefaßt werden.

Ein treffsicherer Empfänger muß, wenn er nach Skala auf einen Sender eingestellt wird, diesen Sender auch aufnehmen. Natürlich geht die Sendebandbreite bei dieser Betrachtung mit ein. Die Treffsicherheit ist daher für die verschiedenen Betriebsarten auch verschieden. Im allgemeinen ist aber ein amplitudenmodulierter Sender mit einer Bandbreite von  $\mp 5$  kHz für den Amateur richtig. Arbeitet der Sender mit einer Toleranz von  $1 \cdot 10^{-4}$  für die Dauer des QSOs im 10-m-Band, dann hat er eine zulässige Abweichung von  $\pm 2,9$  kHz. Von dem Modulationsband kann nur der Restbetrag von 5 kHz bis 2,9 kHz mit Sicherheit in Betracht gezogen werden. Auf der Empfängerseite liegt er insofern günstiger, weil hier dessen Selektion für die Treffsicherheit eine größere Bandbreite ergibt. Die Selektivität wird nach der Bandbreite gerechnet, bei der nach Verstimmung des Empfängers die Spannung auf den 0,7fachen Betrag abgefallen ist. Bei der Treffsicherheit kann man aber die Bandbreite zugrunde legen, bei der die Spannung auf ein Zehntel oder ein Zwanzigstel abfällt. Diese Bandbreite ist wesentlich größer als die der Selektivität. Je nach Empfängerschaltung darf man 10 kHz bis 20 kHz und mehr für die Beurteilung der Treffsicherheit annehmen. Demnach ist die Treffsicherheit ein unter Berücksichtigung aller betrieblichen Momente gewonnener Richtwert. Wenn wir  $\pm 10$  kHz Bandbreite zugrunde legen, zu der wir die 2,9 kHz der Senderseite hinzufügen können, dann muß die Treffsicherheit besser als 12,9 kHz sein. Von diesem Betrag wäre der Teil der mechanischen Fehler abzuziehen, damit man die zulässigen elektrischen Abweichungen erhält. Auch hier ist wieder zu trennen zwischen den der Schaltung innewohnenden und den zeitlich veränderlichen Beeinflussungsfaktoren. Die Kreise im Amateurempfänger werden um-

geschaltet. Die Umschaltkontakte haben einen gewissen Übergangswiderstand, der auf die Funktion der Kreise in der Schaltung Einfluß nehmen kann. Bei gutversilberten Kontakten mit genügend großem Kontaktdruck ist dieser Fehler gering. Wenn durch die Umschaltung nach etwa einem Jahr die Silberschicht abgeschabt ist, dann können die Übergangswiderstände recht groß werden. Bei einem Spulenrevolver wurden bei der Umschaltung nach einer Benutzungsdauer von etwa einem Jahr im 10-m-Band nach jedem Umschalten Frequenzverwerfungen bis zu 9 kHz gemessen. Auch die Verstärkung der Stufen wurde durch diese Übergangswiderstände bis zu drei S-Stufen gemindert. Besonders anfällig sind Schalterkontakte, an denen weniger als 30 V Spannung liegen, denn erst bei diesen Spannungen werden die dünnen Oxydschichten, die sich auf dem unedlen Metall bilden, durchschlagen. Daher wird diese Spannung auch Frittspannung genannt, d. h. die Spannung, bei der die Kontakte zusammenfritten (zusammenbacken). In Empfängerkreisen, besonders im Empfängereingang, wird jedoch diese Spannung nicht erreicht, so daß die Oxyde die Funktion der Kreise erheblich beeinträchtigen können. Bevor die elektrischen Eigenschaften gemessen werden, ist festzustellen, ob nicht Fehler, ähnlich den hier genannten, in unserer Schaltung stecken. Dazu gehören kalte Lötstellen, lose Leitungen u. ä. Durch wiederholtes Umschalten des betriebswarmen Gerätes, mehrmaliges hartes Aufsetzen oder Abklopfen der Schaltungsgruppen mit einem Gummihammer können diese Fehler erkannt werden. Wurde vorher ein Sender mit Schwebungsnull empfangen, so muß nach Vornahme einer der Kontrollen wieder Schwebungsnull vorhanden sein. Erst nach den Voruntersuchungen wird mit der eigentlichen Messung begonnen.

Diese Vorgänge, die nicht zur Meßtechnik gehören, wurden deshalb so ausführlich behandelt, um zu zeigen, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen und welche Überlegungen vor der eigentlichen Messung erforderlich sind, um mit einfachen Meßmitteln zu einem brauchbaren Resultat zu gelangen. Solche Untersuchungen und Aufzeichnungen sind auch dann wichtig, wenn am großen Meßplatz gemessen

wird. Eindeutige Meßergebnisse lassen sich nicht aus vieldeutigen Betriebszuständen erzielen.

## b) Frequenzkonstanz

Unter Frequenzkonstanz wird die zeitliche Änderung der Frequenz eines Oszillators verstanden. Diese Änderungen ergeben sich aus Temperatureinflüssen auf Spule und Kondensator sowie aus Arbeitspunktverschiebungen der Röhre durch Änderungen der Betriebsdaten (siehe hierzu auch 15. Literaturhinweise). Die Messung wird in einen orientierenden Teil und in die genaue Messung aufgegliedert. Im orientierenden Teil werden die Einflußgrößen und ihr Anteil am Gesamtfehler festgestellt. Oft zwingen bereits die dabei gemachten Feststellungen zu Änderungen des Aufbaus oder der Dimensionierung der Schaltung.

Die Prüfung des Einflusses der Röhrenarbeitspunkte erfolgt, indem die Heiz- bzw. Anodenspannung (bei Pentoden die Schirmgitterspannung) geändert wird und die durch diese Änderungen auftretenden Frequenzänderungen gemessen werden. Zu diesem Zweck wird, nachdem der Oszillator unter Betriebsverhältnissen eingeschaltet war, unter Beachtung des Schwebungstones, der zwischen dem Oszillator und dem Frequenznormal eingestellt wurde, die Heizspannung der Röhre abgeschaltet. Bei dieser Messung ist es richtig, nicht auf Schwebungsnul, sondern auf einen bestimmten Schwebungston nach höheren Frequenzen einzustellen. Günstig ist eine Frequenz von 440 Hz (Kammerton a'), für die es Stimpfpeifen gibt. Wandert nach Abschalten der Heizspannung die Frequenz sofort aus, dann ist die Schaltung in ihrer Resonanzfrequenz sehr stark von der Steilheit der Röhre abhängig. Durch Änderung der Arbeitspunkte und eventuell durch Vorschalten eines kleinen Widerstandes in die Heizleitung der Oszillatorröhre kann diese Empfindlichkeit herabgesetzt werden. Bei Verwendung von Röhren mit sehr kleiner Wärmeträgheit der Katode muß mit dem Vorwiderstand die Heizspannung um etwa 20 Prozent erniedrigt und der Einfluß dieser Spannungsverringerung auf die Fre-



quenz durch die obengenannte Maßnahme möglichst klein gehalten werden. Bei der letzten Messung wird, ausgehend von 440 Hz, der Betrag und die Richtung der Frequenzänderung in Abhängigkeit von der Heizspannung festgehalten. Werden die 440 Hz des Schwebungstones durch Verstärken nach den höheren Frequenzen zu erhalten und wandert dieser Schwebungston durch Null hindurch aus, dann wird die Frequenz des Oszillators durch die Heizspannungsänderung niedriger, im anderen Falle höher. Wird von Schwebungsnull ausgegangen, dann läßt sich die Richtung der Frequenzänderung nicht ohne weiteres feststellen. Nach dieser Messung kann gesagt werden, ob normale Netzspannungsschwankungen unsere späteren Meßergebnisse unzulässig beeinflussen. Den gleichen Vorgang wiederholen wir mit der Anoden- bzw. Schirmgitterspannung, allerdings sind dabei nur Spannungsänderungen, z. B. über ein Potentiometer, brauchbar. Dafür stellt sich der neue Wert sehr schnell ein, was bei der Änderung der Heizspannung nicht der Fall sein muß.

Nachdem durch diese beiden Messungen die Einflüsse der Arbeitspunktverschiebungen ermittelt wurden, wird die Frequenzkonstanz gemessen. Erfolgt sie ohne die bereits beschriebenen Messungen, so ist nicht bekannt, wie sich die auftretenden Streuwerte ihren Ursachen nach verteilen. Die restlichen Fehler lassen sich leicht nach Ursprungsort und Ursache einordnen. Sie können jetzt nur noch in den Schwingkreiselementen, also in Spule und Kondensator, liegen. Die Frequenzkonstanz wird gemessen, indem die Veränderung der Empfangsfrequenz zur empfangenden Frequenz festgestellt wird. Bei einem Einkreisempfänger geschieht das durch Anziehen der Rückkopplung, wobei hörbare Überlagerung erzeugt wird. Bei einem Super wird der Telegrafieüberlagerer eingeschaltet. Jetzt wird in beiden Fällen auf eine Frequenz, die z. B. 440 Hz über der Empfangsfrequenz liegt, abgestimmt und in bestimmten Zeiträumen die entstehende Änderung der hörbaren Frequenz notiert. Bild 25 zeigt eine Kurve, die an einem Einkreisempfänger bei 7145 kHz nach einer Einlaufzeit von 15 Minuten gemessen wurde. Die Schaltung des Gerätes



die Bedienung ergeben sich also etwa 3,5 kHz, das sind  $5 \cdot 10^{-3}$  Fehler. Es zeigte sich weiter, daß der verwendete Kondensator nicht spielfrei in den Lagern war und dadurch im Meßbereich Fehler bis zu 1000 Hz auftraten. Der Empfänger arbeitete sehr gut und war recht empfindlich, was sich u. a. auf die gute Einstellbarkeit der Rückkopplung zurückführen ließ. Ein eingestellter Sender blieb gut im Einstellbereich, aber es gab mehr als einen frequenzbestimmenden Einstellknopf. Die Frequenzkonstanz war ebenfalls gut, die Toleranz jedoch schlecht. Die elektrische Stabilität ist zu einem Teil auf die Schaltung bei gleichzeitiger Anwendung von Mit- und Gegenkopplung zurückzuführen. Die Gegenkopplung erfolgt über den 800- $\Omega$ -Widerstand, der von der Katode nach den beiden Koppelkondensatoren von je 100 pF geschaltet ist. Aus dieser Frequenzkonstanzmessung ist zu entnehmen, daß hier ein Teil der für die Beurteilung der Treffsicherheit erforderlichen Daten anfällt. Es muß jedoch auf eine mögliche Fehlerquelle hingewiesen werden. Im vorliegenden Beispiel wurde der Vergleichssender durch das Audion demoduliert und überlagert. Bei Messungen mit Superheterodyne-Empfängern gehen die Fehler der darin arbeitenden Oszillatoren nicht in das Meßergebnis ein, wenn die Empfänger nur zur Demodulation des Mischproduktes, das durch die Frequenzen des Frequenznormals und des Meßobjekts entstanden ist, verwendet werden. Dagegen kann die Frequenzkonstanz unseres Kurzwellenempfängers nicht dadurch bestimmt werden, daß wir ein Signal empfangen, überlagern und den Gang der Überlagerungsfrequenz verfolgen. Auf diese Weise lassen sich die einzelnen Wirkungen nicht nach ihrem Ursprungsort trennen. Fehler können im ersten Überlagerer und im Telegrafieüberlagerer auftreten. Der Meßvorgang ist demnach so, daß die Frequenz des jeweiligen Überlagerers im KW-Empfänger mit dem Frequenznormal – ob selbständig, unselbständig oder als Signal eines Rundfunksenders genommen – gleichbleibt. Überlagert wird so, daß ein Überlagerungston von z. B. 440 Hz entsteht, der mit einem beliebigen Rundfunkgerät empfangen wird. Die Kontrolle ist die Verstimmung des Rundfunkgerätes, durch die sich

der Überlagerungston nicht ändern darf. Diese Messungen sollen am eingebauten Gerät vorgenommen werden, damit sich Temperaturverhältnisse gleich denen im späteren Betrieb einstellen. Den Einfluß der Temperatur erkennen wir, wenn die Spulen während der Messung mit einem Staubsaugerluftstrom angeblasen werden. Ändert sich dabei die Frequenz schnell und erheblich, so ist anzunehmen, daß ein Kondensator im Schwingkreis durch die HF-Ströme erwärmt wird. Bei Empfängern kommt diese Erscheinung selten vor.

### c) Selektivität

Die Messung der Selektivität gliedert sich bei Überlagerungsempfängern in die Messung der Vorstufenselektivität und in die der ZF-Selektivität. Die Messung der Gesamtselektivität kann entfallen, sie deckt sich im wesentlichen mit der der ZF. Die Kenntnis der Vorselektion ist wichtig, um Rückschlüsse auf die Spiegelselektion ziehen zu können. Für die Messung der Vorselektivität wird die Regelleitung der ZF von der Diode abgelötet und über eine 1,5-Volt-Trockenbatteriezelle an Masse gelegt, so daß diese 1,5 V als negative Vorspannung an die Gitter der geregelten Röhren kommen. Dann wird über alle ZF-Kreise direkt an den Spulenköpfen je ein 5-k $\Omega$ -Widerstand geschaltet. Die Kreise werden dadurch so bedämpft, daß sie nicht mehr zur Selektion beitragen. Auch an den Spulentöpfen wird dann noch die Übertragung der HF von einer Stufe zur nächsten durch provisorische Einschaltung eines 100-pF-Kondensators ermöglicht. An den Lastwiderstand der Regeldiode wird ein Spannungsbereich des Vielfachgerätes geschaltet. Nach diesen vorläufigen Änderungen kann die Messung in der bereits bekannten Art beginnen. Der Empfänger wird auf Resonanz mit einer der obengenannten Frequenznormalen gebracht. Hier eignet sich aber der Empfang eines Rundfunksenders nicht, denn die dabei auftretenden Schwunderscheinungen würden das Meßergebnis fälschen. Außerdem muß die Skala geeicht und die Toleranz bekannt sein. Das Instrument in der Regeldiode wird auf den Bereich geschaltet, bei dem sich bei Resonanz ein möglichst großer Ausschlag ergibt. Dieser Bereich darf

während der Messung nicht umgeschaltet werden. Nachdem der Wert bei Resonanz gemessen ist, wird, immer in 10-kHz-Sprüngen, die Spannungsänderung bei Verstimmung gemessen. Bei dieser Messung müssen die Vorkreise unter betriebsmäßigen Bedingungen arbeiten. Die Antenne ist angeschlossen, und die Betriebsspannungen sind normal. Die Messungen werden einige Male wiederholt, damit die Streuungen, die sich aus den verschiedenen Einflußfaktoren ergeben, erkannt und durch Mitteln der erhaltenen Meßwerte verbessert werden können. Zum Schluß empfiehlt es sich, die erhaltenen Werte in einer Kurve über der mit den errechneten Werten aufzuzeichnen. Wurde richtig gerechnet, dann decken sich beide Kurven weitgehend. Ist die Bandbreite erheblich größer, dann sind die Spulen und ihre Dämpfungswiderstände zu günstig in die Rechnung eingesetzt worden, oder die Kopplung ist zu fest. Ist die Selektivität wesentlich größer, dann ist damit zu rechnen, daß zwischen den Stufen eine Mitkopplung besteht, die zur Selbsterregung führen kann, besonders dann, wenn die Stufe geregelt wird. Bild 27 zeigt die am Bandfilterempfänger (nach Bild 24) bei 80 m gewonnenen Ergebnisse. Sie decken sich hier gut miteinander, sind aber schon bei 14 MHz wesentlich ungünstiger, weil dort, durch den Aufbau bedingt, Selbsterregungsneigung besteht. Wird die ZF mit 465 kHz genommen, kann aus dieser Kurve ersehen werden, daß bei der Spiegelfrequenz von  $3,6 \text{ MHz} + 2 \cdot 0,465 \text{ MHz} = 4,53 \text{ MHz}$  die Verstärkung auf den 0,0001. Teil zurückgeht. Dieser Wert läßt sich leicht feststellen. Die gerechnete Kurve gilt für zwei Bandfilter mit Kreisgüten von 100. Die Messungen ergeben eine mittlere Güte von etwa 80. Die Trennwirkung ist

$$s' = \frac{1}{2} \left( \frac{y}{d} \right)^2 \text{ (bei kritischer Kopplung),}$$

wobei  $y$  die Doppelverstimmung und  $d$  die Dämpfung der Kreise ist. Damit ergibt sich eine Trennung von rund  $800^2$  oder 80 dB. Da aber kein Gerät so dicht ist, daß dieser Wert für uns nutzbar wird, darf mit einer Spiegelselektion von 60 dB gerechnet werden. Im 10-m-Band ist die Trennwirkung auf  $1/560$  oder 56 dB zurückgegangen.

Bei der oft angewandten Schaltung mit zwei Vorkreisen, von denen einer durch die Antenne belastet ist, liegen diese Werte, unter der Annahme, daß der Vorkreis eine Güte

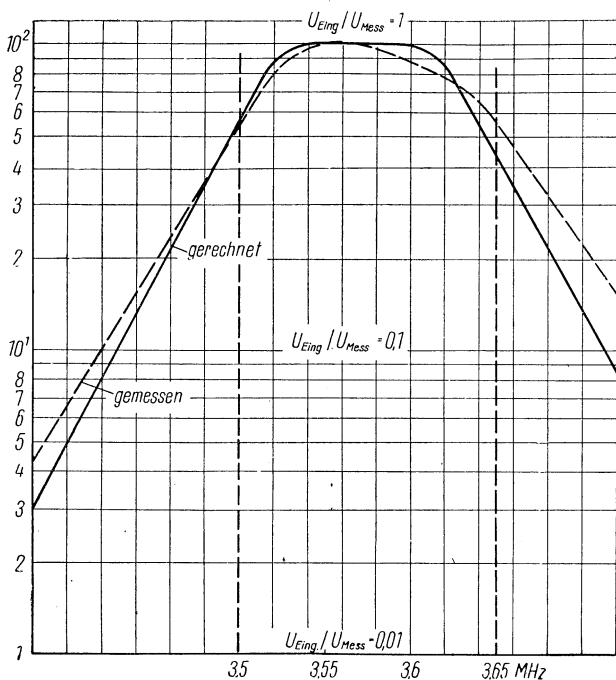


Bild 27. Bandbreitekurven des Bandfilter-HF-Eingangs

von 50 und der Zwischenkreis eine Güte von 80 erreicht, im 80-m-Band bei 1 : 67 oder 35 dB und im 10-m-Band bei 1 : 8,7, das entspricht 19 dB. Damit wird verständlich, warum viele Amateure zum Doppelsuper greifen. Die drei Überlagerer verursachen aber Ober- und Nebenwellen, die wieder empfangen werden und recht unangenehm stören können.

#### d) Empfindlichkeit

Das Messen der Empfindlichkeit erfordert einen Rauschgenerator. Diese Messung können wir kaum selbst durchführen. Trotzdem kann man überschlagen, ob der Empfänger mit seiner Empfindlichkeit gut liegt. Diese Kontrolle, die nur beim Super mit Vorstufe Sinn hat, erfolgt, indem bei abgeschalteter Antenne ein Ohmscher Widerstand an den Antenneneingang gelagert wird. Dieser Ohmsche Widerstand soll einen Wert haben, der dem vorgesehenen Fußpunktwiderstand der Antenne entspricht. Darauf wird die Verstärkung des Gerätes so weit hochgeregelt, daß im Ausgang eine Wechselfspannung von z. B. 10 V gemessen wird. Schaltet man jetzt die Heizung der ersten Röhre ab, dann zeigt das Instrument im Ausgang einen anderen, niedrigeren Wert. Die Verringerung dieses Wertes hängt von dem Verhältnis des Rauschwiderstandes der HF-Röhre zur Oszillatordröhre und dem Verstärkungsgrad der ersten Röhre ab. Der äquivalente Rauschwiderstand ist in den Röhrentabellen enthalten. Die Verstärkung ergibt sich aus den Betriebswerten der Vorröhre und den Daten des Schwingkreises. Bei Verwendung der EF 80 und der ECH 80 wird der Unterschied oft nicht groß, denn die Rauschwiderstände liegen bei (ECH 81 als Mischröhre!) 1,2 k $\Omega$  und 70 k $\Omega$ . Wird zur Mischung die Röhre ECF 82 genommen, dann geht die Rauschspannung nach Abschalten der Vorröhre erheblich zurück. Durch Änderung der Betriebsdaten der Vorröhre wird auf den größten Unterschied hingewirkt. Diese Untersuchungen sollen den Nachweis erbringen, daß in Dimensionierung und Anordnung keine groben Fehler stecken. Bereits im 20-m-Band wird aber die nutzbare Empfindlichkeit des Gerätes durch die über die Antenne empfangenen Störungen begrenzt.

#### 13.2 50-W-Sender

Bild 28 zeigt die Schaltung des Senders. Er ist mit zwei EF 80 und zwei EL 36 bestückt und leistet mit 350 V Anodenspannung reichlich 50 W. Die Stabilität ist ausreichend.

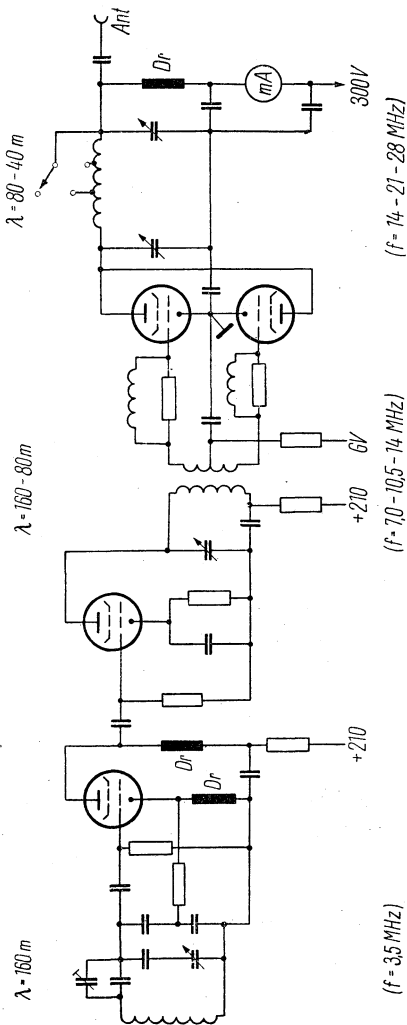


Bild 28. Schaltung eines dreistufigen 50-W-Senders



Es sind zu messen:

- a) die Frequenzkonstanz,
- b) die Frequenztoleranz,
- c) der Wirkungsgrad der Endstufe bei 70  $\Omega$ .

Die Messung der Frequenzkonstanz erfolgt nach den bereits genannten Verfahren durch Frequenzvergleich mit einem Frequenznormal und durch Abhören der Überlagerungsfrequenz. Die Messung erfolgt wieder in zwei Etappen, einer orientierenden Messung mit dem Ziel, die Schaltung zu korrigieren, und einer Messung zum Ermitteln der endgültigen Daten. Im Gegensatz zu früheren Messungen wird hier sofort nach Einschalten des Senders gemessen. Während des Messens sollen alle Röhren im Sender stecken, damit die Heizspannung der Betriebsspannung entspricht. Die Anoden- oder Schirmgitterspannung der Oszillatordröhre wird über Stabilisatoren zugeführt, so daß der Einfluß von Anodenspannungsänderungen aufgehoben ist. Der Sender soll geerdet und im Gehäuse sein. Mit dem von der Katode der Oszillatordröhre zum Schwingkreis geschalteten Widerstand wird der Rückkopplungseinsatz richtig eingestellt. Alle Teile müssen in der endgültigen Stellung montiert sein. Die Leitungen sollen kurz und stabil gehalten werden. Die Schwingkreiselemente sind so anzuordnen, daß durch Röhrenwärme und andere Einflüsse keine Rückwirkungen auftreten können. Nach Inbetriebnahme des Senders und erstem Abhören der Überlagerungsfrequenz, die zuerst bei Null Hz liegen soll, wird durch Verstimmen der Zwischenkreise und Bereichschaltung sowie durch Tasting festgestellt, ob und wieviel diese Versuche die Frequenz des Steuersenders beeinflussen. Auch die Leistungsregelung ist von Mittelstrich bis Oberstrich durchzuführen. Nachdem alle Einflüsse nach Betrag und Richtung vorläufig erfaßt sind, läßt man das Gerät wieder abkühlen. In der Zwischenzeit soll aber das selbständige Frequenznormal, wenn es verwendet wird, durchlaufen. Ein unselbständiges Frequenznormal kann abgeschaltet werden, denn die Frequenzgenauigkeit wird von der fernen Station sichergestellt. Nun wird eine Liste angefertigt. In die erste Spalte trägt man die Zeit der Messungen in Minuten und

daneben die jeweilige Frequenzabweichung ein. In einer anderen Spalte werden Bemerkungen notiert, wie z. B. kleine Frequenzsprünge; langsam oder schnell; länger dauernd oder nur kurzzeitig usw. Jetzt kann die Messung beginnen. Das Frequenznormal ist in Betrieb, ebenso das Rundfunkgerät, mit dem die Schwebungen abgehört werden. Der Steuersender wird, eventuell mit einer Oberwelle, auf die Normalfrequenz so abgestimmt, daß Schwebungsnulld entsteht. Bei einem Super ist das gut am magischen Auge zu erkennen. Der Schwebungston wird sich zuerst schnell und nach etwa 30 Minuten nur noch wenig ändern. Um wieviel sich dieser Ton ändert, wird mit einer Stimmgabel, einer Stimmpfeife oder einem Musikinstrument festgestellt. Kleine Änderungen können mit den 50 Hz der Netzfrequenz festgestellt werden. Schwebungen werden immer hörbar, wenn die Tonänderung im Rundfunkempfänger über die Frequenz unserer Stimmgabel läuft. Diese Durchläufe werden nach Zeit und Frequenz mit entsprechenden Bemerkungen in die Liste eingetragen. Günstig ist es, diese Messungen bei 7 MHz vorzunehmen, denn bei dieser Meßfrequenz ergeben sich brauchbare und übersichtliche Verhältnisse. Die erste Messung muß oft nach zehn oder fünfzehn Minuten abgebrochen werden, da die Auswanderung der Frequenz zu groß ist. Jetzt wird am Sender der Schwebungston wieder auf Null gebracht und dabei beachtet, ob die Frequenz nach oben oder unten ausgewandert ist. Entsprechend der ungewollten Frequenzänderung wird durch Austausch von Schwingkreiskondensatoren mit anderem Temperaturverhalten der Temperatureinfluß herabgemindert. Das muß einige Male wiederholt werden, dabei werden die Meßzeiten immer größer, so daß zuletzt ein Meßvorgang etwa eine Stunde dauert. Die Messung erfolgt am warmgelaufenen Sender, d. h. an einem Sender, der ohne Tasting etwa eine halbe Stunde eingeschaltet ist. Erst dann erfolgen die Messungen mit Tasting. Sender, bei denen die Tasting hinter der Steuerstufe erfolgt, läßt man mit eingeschalteter Steuerstufe warmlaufen. Diese Steuerstufen sind leichter frequenzstabil zu halten als die nur zeitweise getasteten Stufen, wobei bei einem Telegrafiesender die Verhältnisse noch günstiger liegen als

bei einem Foniesender. Bild 29 zeigt drei Meßwertgruppen, die das Ergebnis des Austausches verschiedener Kondensatoren angeben. Die dritte Messung zeigt, daß sich das Ergebnis noch etwas verbessern läßt, wenn eine kleine Korrektur vorgenommen wird. Die ersten Messungen ergaben, daß die Senderfrequenz nach höheren Frequenzen hin auswanderte. Bei der letzten Messung lief die Änderung in entgegengesetzter Richtung, blieb aber innerhalb einer Stunde besser als 360 Hz, das entspricht etwa  $5 \cdot 10^{-5}$ . Ein Wert von  $1 \cdot 10^{-5}$  würde sich über eine Betriebszeit von 30 min erreichen lassen. Das ist mehr als eine QSO-Dauer, der Partner wird deshalb nicht melden, daß die Frequenz auswandert. Jetzt würde die Frequenz im 10-m-Band nach 30 min etwa 900 Hz weglaufen; ein Wert, der auch brauchbar ist.

Die Frequenztoleranz wurde zum Teil bereits bei der Vorbereitung der Konstanzmessung nachgeprüft. Es müssen aber noch genauere und vollständige Werte ermittelt werden. Wie schon beim Empfängeroszillator beschrieben, werden die Einflüsse der einzelnen Störgrößen ermittelt. Durch Einstellen der Frequenz, einmal von höheren und dann von niedrigen Frequenzen her kommend, werden Wiederkehrgenauigkeit, Lagerspiel, Parallaxe und andere Anzeigefehler ermittelt. Durch Ändern der Abstimmung der nachfolgenden Kreise, der Leistung und der Auskopplung wird die Rückwirkung auf den Oszillator festgestellt. Außerdem sollten noch Netzspannungsänderungen von  $\pm 15$  Prozent erzeugt und deren Einfluß gemessen werden. Alle diese Fehler werden addiert und ergeben die Frequenztoleranz. Dieses Ergebnis müßte nach einem halben Jahr durch eine Meßreihe geprüft werden, um die Veränderung über längere Zeit zu erfassen. Bei Amateurstationen ist eine gute Frequenzkonstanz wesentlicher als die Toleranz. Bei kommerziellen Stationen muß natürlich auch die Toleranz den bestehenden internationalen Bestimmungen entsprechen. Der Oszillator wird dort in einem Thermostaten untergebracht, um den Temperaturgang weitgehend auszuschalten. Der Frequenzbereich im kommerziellen Sender ist etwa 1 : 2. Dadurch können sich viel mehr Kom-

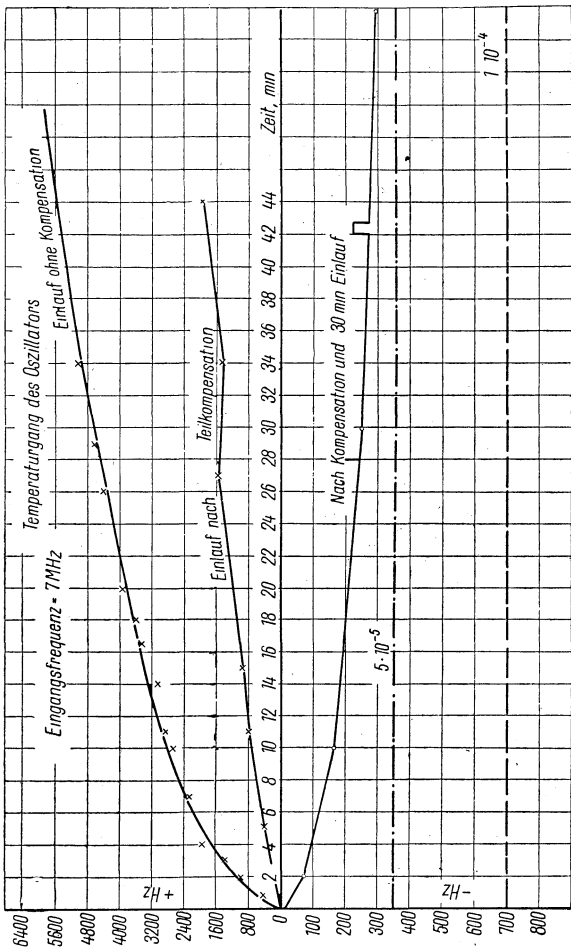


Bild 29. Frequenzgang des Steuersenders nach Bild 28

plikationen ergeben als in einem Amateursender, wenn dieser als Bandsender gebaut wurde.

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Endstufe sind noch einige Hinweise erforderlich. Die Endstufe sollte in ihren Einstellwerten berechnet werden, damit ihre Leistungsfähigkeit zu erkennen ist. Werden diese Werte beim Messen nicht festgestellt, stimmt aber der Wirkungsgrad, dann sind die Arbeitspunkte, besonders die Veränderung der Gittervorspannung und der Eingangs-HF, bei den verschiedenen Belastungszuständen zu prüfen. Das gilt speziell für Röhren, die viel Gitterstrom ziehen. Wird z. B. die Gittervorspannung aus einem Spannungsteiler gewonnen, der einen Querstrom von 10 mA aufnimmt, und beträgt der Gitterstrom 2 mA, dann wird sich der Spannungsabfall und damit die Gittervorspannung ändern.

**Merke:** Messen heißt nicht nur, einen Zustand prüfen, sondern auch Abhängigkeiten, hier der Betriebsdaten, berücksichtigen.

Demnach geht der Leistungsmessung eine umfassende orientierende Messung voraus, die zunächst nur Informationswert hat. Die Endstufe wird mit einem Widerstand belastet, der der späteren Auskopplung auf die Antenne entspricht. Vorteilhaft sind hier Endstufen, die auf HF-Kabel arbeiten, aber auch andere niederohmige Antennenausgänge lassen sich bei unseren Messungen gut beherrschen. Nicht so günstig sind Messungen an hochohmigen Senderausgängen. Hochohmige Antennen, Fuchs und Windom, werden über Zwischenkreise gespeist, denen die Energie über Kabel zugeführt wird. Für die Leistungsmessungen genügt daher eine Messung an einem bestimmten kleinen Widerstand. Sie soll bei etwa 60  $\Omega$  bis 75  $\Omega$  erfolgen. Als Belastungswiderstände dienen kleine Soffitten, mit denen Außenwiderstände hergestellt werden. Es ist aber zu beachten, daß der Widerstand von Glühlampen sehr stark von der Temperatur des Glühdrahtes abhängt. Die Gruppenschaltung soll deshalb so vorgenommen werden, daß alle Lämpchen möglichst so hell wie im normalen Betrieb leuchten.

Die Leistung eines 50-W-Senders soll gemessen werden. Die Anodeneingangsleistung wird aus der Anodenspannung mal dem Anodenstrom ermittelt. Bei 300 V Anodenspannung fließen dann 166 mA Anodenstrom. Die HF-Leistung muß, wenn ein Wirkungsgrad von 66 Prozent zugrunde gelegt wird, etwa 30 W betragen. Sind 5 Lämpchen mit 12 V und 0,5 A in Serie geschaltet, so werden bei 60 Ω 30 W vernichtet, wenn die Lämpchen hell leuchten. Auch bei anderen Leistungen lassen sich geeignete Zusammenstellungen finden. An den Senderausgängen werden nun die 5 Lämpchen als künstliche Antennen geschaltet, ein weiteres Lämpchen wird über einen regelbaren Vorwiderstand, möglichst an 12 V Spannung, aus der Heizwicklung gespeist. Besser ist die Anschaltung an einen 6-V-Akkumulator. Aus Strom- und Spannungsmessung oder der Messung des Spannungsabfalles an dem Vorwiderstand (wenn kein Wechselstrommeßbereich vorhanden ist) wird die Leistungsaufnahme der Vergleichslampe festgestellt und die Helligkeit der Glühdrähte durch den Regelwiderstand ausgeglichen. Natürlich muß vorher die Einstellung des Senders so erfolgen, daß die 5 Lämpchen im Senderausgang die größte Helligkeit haben. Nach Ausgleichen der Helligkeit der Lämpchen wird die Leistungsaufnahme festgestellt. Die HF-Leistung des Senders ist, da an der Antennenbuchse 5 Lämpchen mit der gleichen Helligkeit leuchten, fünfmal so groß wie die der Vergleichslampe.

Auch der Widerstand ist leicht zu errechnen. Diese Messung ist genau, da alle Einflußgrößen erfaßt werden. Weicht der gemessene Wert erheblich von dem errechneten ab, dann muß die Ursache gesucht und beseitigt werden. Im 10-m-Band wird man, besonders wenn bei hoher Anodenspannung kleine Anodenströme fließen, feststellen, daß die Leistung geringer wird. Das ist meist auf die zu große Kreiskapazität zurückzuführen, die den Anodenkreis niederohmig hält, was wiederum zu hohen Kreisströmungen und damit zu großen Verlusten führt. War eine solche Endstufe eine Viertelstunde in Betrieb, dann ist die Anodenkreis-spule heiß. Schlechter ist es, wenn der Leistungsanteil der HF nicht außerhalb, sondern in der Endröhre frei wird. Die

Endröhre wird überlastet, die Anode glüht. Aber auch hier warnt bereits die geringe HF-Leistung, die bei der Messung festgestellt wurde. Diese Messung ist deshalb für den Amateur neben der Konstanzmessung am wichtigsten, da dadurch Fehler, die Betriebsicherheit und Betriebskosten stark beeinflussen können, erkannt werden.

#### **14. Messungen an Geräten der Klubstationen**

An den Geräten der Klubstationen der GST soll nur unter Anleitung eines verantwortlichen Kameraden gemessen werden. Vor Beginn der Messungen müssen wir uns genau mit der Funktion der Geräte vertraut machen. Die Messung soll immer in eine orientierende und die eigentliche Messung getrennt werden.

Die hauptsächlichsten Messungen sind Frequenzmessungen zur Eichung unserer Geräte und Klirrgradmessungen. Außerdem sollten nach Möglichkeit an den Einrichtungen der Klubstationen die Eichung des Vielfachmessers und des Grid-Dip-Meters geprüft werden. Auch die Resteichung am Grid-Dip-Meter kann hier erfolgen.

Die Frequenzmessungen erfolgen nach den gegebenen Hinweisen und nach den Vorschriften der Bedienungsanleitung des Meßgerätes. Die Klirrfaktormessung an Verstärkern wird mit der Klirrfaktormeßbrücke durchgeführt. Mit einem Tongenerator kann der Frequenzgang des Modulations-Verstärkers gemessen und das Ergebnis der Änderungen der Schaltung festgestellt werden. Wertvoll ist ein Rauschgenerator. Mit ihm können die wirklichen Empfindlichkeitswerte unseres Empfängers festgestellt und dabei geprüft werden, ob die beim Bau gemachten Überlegungen auch verwirklicht wurden. Oft ist auch eine Gütefaktormeßbrücke in der Klubstation vorhanden. Die Gütewerte, die mit ihrer Hilfe an unseren Spulen ermittelt werden, sind nur Vergleichswerte und keine Rechnungsgrundlage. Durch die Betriebsfrequenz und die im Betrieb auftretenden anderen Kapazitätswerte der Kreiskondensatoren ergeben

sich auch betriebsmäßig andere Güten. Aber der Vergleich von Spulen, die mit gleicher Kapazität bei der gleichen Frequenz gemessen werden, gibt wertvolle Hinweise für ihre Verwendbarkeit und Dimensionierung. Aus diesem Grunde ist eine Gütemessung, wenn mehrere Spulenarten zur Auswahl stehen, von erheblichem Wert.



## 15. LITERATURHINWEISE

1. Ajsenberg, G. S.: Kurzwellenantennen  
Fachbuchverlag, Leipzig 1954
2. Archinow, S. S.: Frequenzkonstanz von Röhren-  
generatoren  
VEB Verlag Technik, Berlin 1956
3. Benz, F.: Meßtechnik für Funkingenieure  
Springer-Verlag, Wien 1952
4. Fischer, J.-J.: Amateurfunk, 2. Auflage  
Verlag Sport und Technik,  
Neuenhagen 1958
5. Laporte, H.: Die Messung von elektrischen  
Schwingungen aller Art nach  
Frequenz und Amplitude  
Verlag W. Knapp, Halle/Saale  
1950
6. Laporte, H.: Die Messung von elektrischen  
Spannungen und Strömen aller  
Art  
Verlag W. Knapp, Halle/Saale  
1950
7. Laporte, H.: Hochfrequenztechnische Feld-  
stärkemessung und Feldstärke-  
registrierung  
Verlag W. Knapp, Halle/Saale  
1950
8. Model, S. I. und  
Newjashskij, I. Ch.: Hochfrequenzsender  
VEB Verlag Technik, Berlin 1953
9. Pitsch, H.: Lehrbuch der Funkempfangs-  
technik  
Akademische Verlagsgesellschaft,  
Leipzig 1948
10. Pitsch, H.: Hilfsbuch für die Funktechnik  
Akademische Verlagsgesellschaft,  
Leipzig 1951
11. Rint, C.: Handbuch der Hochfrequenz und  
Elektrotechnik (4 Bände)  
Verlag Radio-Foto-Kino-Technik,  
Berlin 1952
12. Zinke, O.: Hochfrequenzmeßtechnik  
Verlag O. Hirzel, Zürich 1946

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Das Messen . . . . .	7
2. Meßgeräte des Amateurs und ihre Funktion . . . . .	11
3. Das Herrichten dieser Meßgeräte . . . . .	18
4. Die Anwendung von Meßgeräten . . . . .	25
5. Messung von Gleichspannungen, Gleichströmen und Ohmschen Widerständen . . . . .	27
6. Messen von Wechselspannungen und -strömen . . . . .	28
7. Messen von Gleich- und Wechselstromleistungen . . . . .	32
8. Messungen an Kapazitäten . . . . .	35
9. Messungen an Induktivitäten . . . . .	40
10. Messungen an Schwingkreisen . . . . .	45
11. Messungen an Antennen . . . . .	49
12. Frequenzmessungen . . . . .	54
13. Meßbeispiele	
13.1 Bandfilterempfänger . . . . .	56
13.2 50-Watt-Sender . . . . .	69
14. Messungen an Geräten der Klubstationen . . . . .	77
15. Literaturhinweise . . . . .	79



**Preis 1,90 DM**