

BESCHREIBUNG

**WOBBELSENDER**

**Type SWH            BN 4242/2**

**Anmerkung:** Wir bitten, bei technischen Anfragen, insbesondere bei einer Anforderung von Ersatzteilen, außer der Type und Bestellnummer (BN) immer auch die Fabrikationsnummer (FNr.) des Gerätes anzugeben.

## Inhaltsübersicht

<b>1</b>	<b>Eigenschaften</b>	3
<b>2</b>	<b>Anwendung</b>	7
<b>3</b>	<b>Allgemeines, Inbetriebnahme und Bedienung</b>	8
3.01	Grundsätzliches über Messungen mit Wobbelsendern	8
3.02	Meßfehler	10
3.03	Meßaufbau	12
3.031	Oszillograf	12
3.032	Anschluß des Meßobjektes	14
3.033	Meßgleichrichter und Gleichrichterkopf	15
3.04	Inbetriebnahme	17
3.05	Frequenzeinstellung	18
3.06	Frequenzmarken und Frequenzmessungen	18
3.061	Markenabstand	18
3.062	Bedienung des Markensiebes	20
3.063	Frequenzorientierung während des Wobbelvorgangs	20
3.07	Einstellung der Ausgangsspannung	21
3.08	Pegelmessungen	21
3.081	Messung der Richtspannung des Meßgleichrichters	21
3.082	Schnelle Messung der ungefähren Größe kleiner HF-Spannungen am Eingang oder im Inneren des Meßobjektes	23
3.083	Pegelvergleich. Relative Messung des frequenzabhängigen Amplitudenverlaufes des Meßobjektes	23
3.09	Meßbeispiel	25
3.091	Oszillografeneinstellung	25
3.092	Spannungseinstellung	25
3.093	Frequenzeinstellung und Richtspannungsmessung	26
3.094	Messung der relativen Richtspannungspegel	26
3.095	Frequenzmarken	27
3.096	Messung der Resonanzfrequenz	27
3.097	Messung der Bandbreite	28
3.098	Messung der Bandbreite für -20 db HF-Pegeldifferenz	28
3.10	Einstellen der Hüllkurve ohne Zwischenschaltung eines Gleichrichters	29
<b>4</b>	<b>Wirkungsweise und Aufbau</b>	29
4.1	Oszillator mit automatischem Amplitudenregler und Frequenzmodulator	31
4.2	Modulationsquelle	31
4.3	Verstärker und Ausgangsteiler	31
4.4	Frequenzmarkengeber	32
4.5	Pegelgeber und Signalmischer	33
4.6	Netzteil	34
<b>5</b>	<b>Auswechseln der Röhren und der Diode im Gleichrichterkopf</b>	35
<b>6</b>	<b>Schaltteilliste</b>	36
6.1	Schaltteilliste des Wobbelsenders	36
6.2	Schaltteilliste des Gleichrichterkopfes	42
<b>Garantieverpflichtung</b>		43
Bild 3 bis Bild 6		45
Bild 7 bis Bild 10		47
Bild 11 bis Bild 13		49
Bild 14. Richtkennlinie des Gleichrichterkopfes		51
Bild 15. Umrechnung Richtpegeldifferenz HF-Pegeldifferenz		53
Bild 16. Blockschaltbild		55
Bild 17. Stromlauf		57

## 1 Eigenschaften

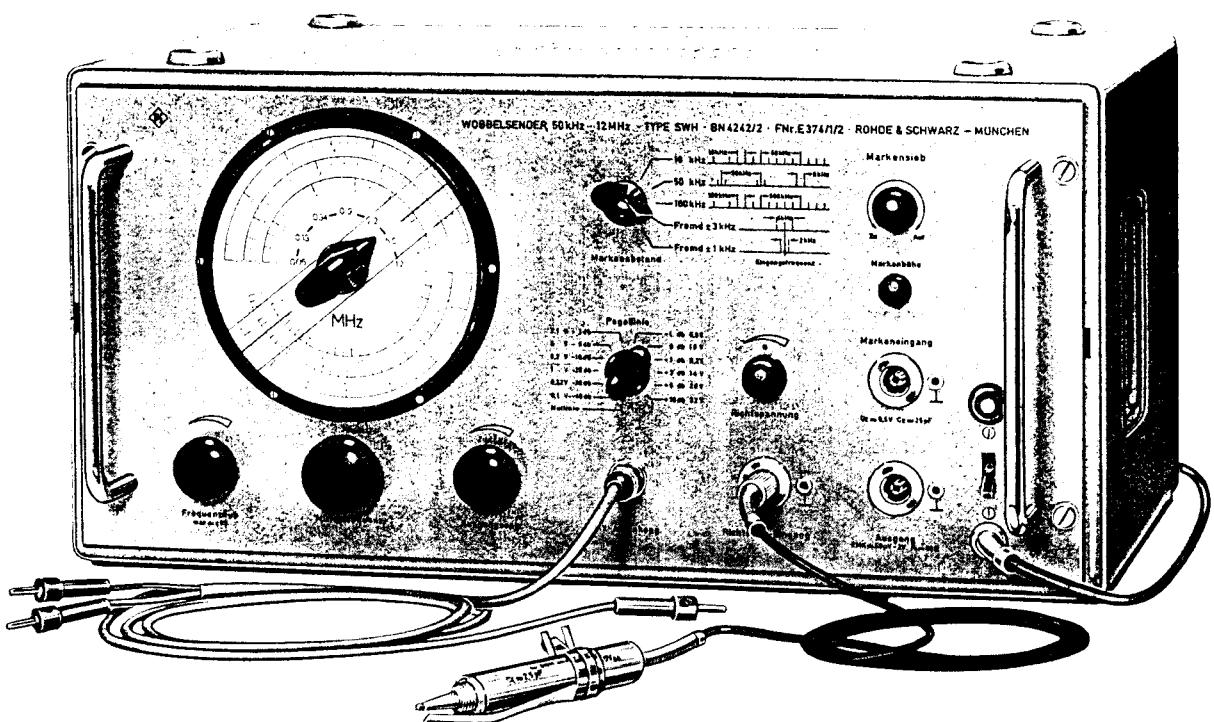
Bereich der Mittenfrequenz $f$	50 kHz ... 12 MHz unterteilt in 6 Bereiche
Frequenzhub $\Delta f/f$	rund $\pm 5 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ , kontinuierlich einstellbar
Wobbelfrequenz	rund 20 Hz, linearer Sägezahn, Wobbelsender während Rückflanke des Sägezahns ausgetastet
Ausgang	13-mm-Buchse (R&S-Sachnummer FD 413/41) *)
Ausgangsspannung im Leerlauf	rund 50 $\mu$ V ... 2 V, kontinuierlich einstellbar
Innenwiderstand	60 $\Omega \pm 35\%$
Klirrfaktor	rund 5%
Frequenzgang der Ausgangsspannung der Mittenfrequenz 50 kHz ... 12 MHz	etwa $\pm 1$ db
Frequenzgang der Ausgangsspannung beim Wobbeln	etwa dem Hub proportional
50 kHz ... 5 MHz	maximal $\pm 0,25$ db
5 MHz ... 12 MHz	maximal $\pm 0,5$ db
Oszillografenablenkspannungen	
Ausgang	Kupplungsdose für mitgeliefertes Verbin- dungskabel zum Oszillografen (R&S-Sachnummer FD 60515)
Y-Ablenkspannung	verstärkte gleichgerichtete Ausgangsspan- nung des Meßobjektes + Frequenzmarken + Pegelmarke
X-Ablenkspannung	rund 10 V <sub>ss</sub> , linearer Sägezahn
Richtspannungseingang	13-mm-Buchse, passend zum Stecker des Gleichrichterkopfes (R&S-Sachnummer FD 413/41) *)

\*) Diese Buchse erlaubt durch einfaches Einschrauben eines Umrüsteinsatzes das Gerät in kürzester Zeit auf ein anderes Steckersystem umzurüsten. Fordern Sie bitte im Bedarfsfall unser Datenblatt 902 000 an.

Eingangswiderstand . . . . .	rund $1\text{ M}\Omega$ (galvanische Kopplung)
Richtspannungsverstärkung . . . . .	rund $0 \dots 15$ fach, kontinuierlich einstellbar
Pegelmarken . . . . .	waagrechte Meßlinien während des Elektronenstrahlrücklaufes, in Stufen schaltbar
Richtspannungsmessung . . . . .	Spannungsstufen $0/0,1/0,316/1,0/3,16/5,0/$ $7,1/8,9/10/11,2/14,1/20/31,6\text{ V}$
Pegelvergleich . . . . .	Stufen: Nulllinie, $-40, -30, -20, -10,$ $-6, -3, -1, 0, +1, +3, +6, +10\text{ dB}$
Erforderliche Richtspannung für Bezugspegel $0\text{ dB}$ . . . . .	$\geq 200\text{ mV}$
Frequenzmarken . . . . .	Nadelimpulse gleicher Amplitude, $0 \dots 5\text{ V}_{ss}$ einstellbar
Frequenzmarken eigen . . . . .	10-, 50-, 100-kHz-Marken, wahlweise schaltbar
10-kHz-Marken . . . . .	Frequenzmarkenspektrum Linienabstand 10 kHz, 50-kHz-Vielfache gekennzeichnet durch Lücke in Markenleiter Fehlergrenzen: $\pm(1 \cdot 10^{-4} f + 3 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 500\text{ Hz})$
50-kHz-Marken . . . . .	Frequenzmarkenspektrum mit Doppel- Marken, Linienabstand $\pm 3\text{ kHz}$ von allen 50-kHz-Vielfachen Fehlergrenzen: $\pm(1 \cdot 10^{-4} f + 1 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 300\text{ Hz})$
100-kHz-Marken . . . . .	Frequenzmarkenspektrum, Linienabstand 100 kHz, 500-kHz-Vielfache gekennzeichnet durch Lücke in Markenleiter Fehlergrenzen: $\pm(1 \cdot 10^{-4} f + 1 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta f + 3\text{ kHz})$
Frequenzmarken fremd . . . . .	Eingang 13-mm-Buchse (R&S-Sachnummer FD 413/41) *)
Eingangsspannungsbedarf . . . . .	rund $0,5\text{ V}$ an $100\text{ k}\Omega \parallel 25\text{ pF}$
6-kHz-Doppelmarke . . . . .	3 kHz oberhalb und unterhalb der einge- koppelten Frequenz Fehlergrenzen: $\pm(\text{Fehler der Fremd-}$ frequenz $+ 1 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 100\text{ Hz})$

\*) Diese Buchse erlaubt durch einfaches Einschrauben eines Umrüsteinsatzes das Gerät in kürzester Zeit auf ein anderes Steckersystem umzurüsten. Fordern Sie bitte im Bedarfsfall unser Datenblatt 902 000 an.

2-kHz-Doppelmarke	1 kHz oberhalb und unterhalb der eingekoppelten Frequenz Fehlergrenzen: $\pm$ (Fehler der Fremdfrequenz + $7 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 20$ Hz)
Netzanschluß	115/125/220/235 V $\pm 10\%$ , 47 ... 63 Hz, etwa 80 VA
Bestückung	1 Röhre EAA 91 6 Röhren ECC 81 1 Röhre ECC 82 1 Röhre ECC 83 5 Röhren EF 80 1 Röhre PL 81 1 Stabilisator 150 B 2 1 Schmelzeinsatz 0,6 C DIN 41571 (für 220 und 235 V) 1 Zwergglimmlampe 220 V
Abmessungen	540 x 268 x 378 mm R&S-Normkasten Größe 57
Gewicht	etwa 25 kg



## Wobbelsender SWH mit Oszillografen-Verbindungskabel und Gleichrichterkopf

### **Mitgeliefertes Zubehör**

Gleichrichterkopf	BN 42431 – 1, unsymmetrisch für Meß-objekte ohne eingebauten Gleichrichter
Eingangswiderstand	etwa $60 \text{ k}\Omega \parallel 2,5 \text{ pF}$
Maximal zulässige Eingangsspannung	$40 \text{ V}_{ss} + 300 \text{ V}$ —
Ausgang	13-mm-Stecker, passend zum Richtspannungseingang am Wobbelsender (R&S-Sachnummer FS 413/12)
Abmessungen	Länge 120 mm (mit Tastspitze ohne Kabel), Durchmesser 20 mm, Kabellänge 1,5 m
Verbindungskabel zum Oszilloskop	BN 4242 – 14, abgeschirmt, Länge 1,5 m, 4-mm-Einzelstecker für Oszilloskop-eingänge

## 2 Anwendung

Der Wobbelsender SWH, der den Frequenzbereich von 50 kHz bis 12 MHz bestreicht, eignet sich besonders zur Untersuchung des Dämpfungsverlaufes von Vierpolen mit Bandpaßcharakter, z. B. von ZF-Verstärkern. Er erspart langwierige Meßreihen und deren Aufzeichnungen zu Kurven, da mit ihm der Kurvenverlauf der interessierenden Meßgröße oszillografiert wird. Auswirkungen von Änderungen am Meßobjekt werden sofort am Oszillogramm sichtbar. Dies führt zu einer erheblichen Rationalisierung der Messung. Auch schmale Filter lassen sich einwandfrei untersuchen, da der Frequenzhub bis auf 0,05% heruntergeregt werden kann und außerdem eine sehr tiefe, aber für Oszillografen ohne Nachleuchtschirm noch gut brauchbare sägezahnförmige Wobbelfrequenz (etwa 20 Hz) benutzt wird. Die Ausgangsspannung des SWH ist bei Abschluß mit  $60\ \Omega$  von  $20\ \mu\text{V}$  bis 1 V einstellbar.

Durch einen eingebauten Frequenzmarken- und einen ebenfalls eingebauten Pegelmarkengeber kann sowohl eine Frequenz- als auch eine Pegel- bzw. Spannungsmessung, d. h. also eine quantitative Auswertung der Wobbelkurve während des Wobbelvorganges, ohne zusätzliche Hilfsmittel vorgenommen werden.

Die Frequenzmarken werden durch ein Quarzoberwellenspektrum erzeugt und verteilen sich skalenförmig über den gesamten Frequenzhub. Der Abstand dieser Frequenzmarken kann wahlweise auf 100, 50 oder 10 kHz eingestellt werden. Die Frequenzmarken erscheinen unabhängig vom Dämpfungsverlauf des Prüfobjektes, also auch im Sperrbereich desselben, und haben die Form von Nadelimpulsen, so daß die Meßkurve dadurch nicht verformt wird. Auch eine fremd eingekoppelte Frequenz ruft eine Marke hervor.

Eine in Stufen schaltbare, während des Kathodenstrahlrücklaufes eingeblendete Meßlinie dient zur Messung der vom Ausgang des Meßobjektes gelieferten Richtspannung sowie zur Bestimmung des Pegelverhältnisses zwischen beliebigen Punkten der Meßkurve. Die Meßlinie ist in 13 Stufen umschaltbar. Hiermit lassen sich Spannungsverhältnisse zwischen 1 und 50 db messen.

Mit dem Wobbelsender SWH wird ein Gleichrichterkopf geliefert. Dies ist ein kapazitätsarm ausgeführter Tastkopf mit eingebautem Gleichrichter, der Messungen auch an solchen Objekten durchzuführen erlaubt, die keinen eigenen Gleichrichter besitzen. Außerdem gehört ein geschirmtes Kabel, das zum Anschluß eines Oszillografen an den Wobbelsender dient, zum Lieferumfang.

### 3 Allgemeines, Inbetriebnahme und Bedienung

#### 3.01 Grundsätzliches über Messungen mit Wobbelsendern

Der frequenzabhängige Amplitudenverlauf eines Meßobjektes, das vom Wobbelsender gespeist wird, z. B. der Dämpfungsverlauf eines Vierpoles, erscheint am Ausgang des Meßobjektes als Hüllkurve der Hochfrequenz-Spannung, die oszillografiert werden kann (Abschnitt 3.10). Um auch mit Oszillografen arbeiten zu können, deren Grenzfrequenz unterhalb der Wobbelsenderfrequenz liegt und um die Rückwirkungen auf das Meßobjekt möglichst klein zu halten, wird die Ausgangsspannung des Vierpoles vorteilhaft entweder durch einen eingebauten Gleichrichter oder durch den zum Wobbelsender mitgelieferten Gleichrichterkopf gleichgerichtet und dann erst oszillografiert. Hierbei erscheint auf dem Bildschirm des Oszillografen direkt die Frequenzgang-Kurve des Meßobjektes.

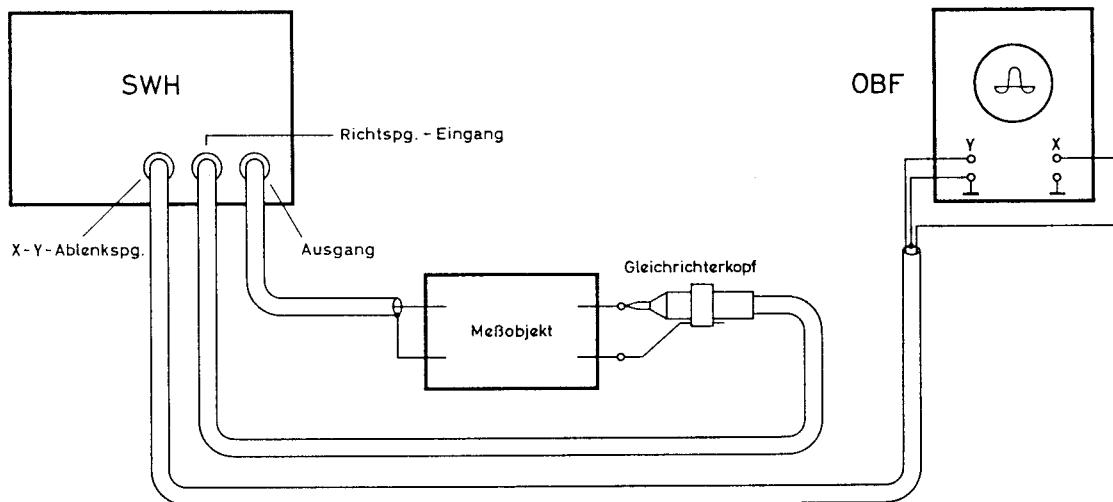


Bild 1. Meßaufbau bei Vierpolmessung

Während zur Messung des Betriebs-Dämpfungsmaßes eines Vierpoles (Bild 1) das Meßobjekt mit einer Stromquelle gespeist werden muß, die den für den Betriebsfall vorgesehenen Quellwiderstand aufweist (gegebenenfalls ist es notwendig, zwischen Meßobjekt und Wobbelsender geeignete Anpassungsglieder zu schalten), muß zur Messung von Widerständen (Zweipolmessung Bild 2), z. B. des Ein- und Ausgangswiderstandes des Meßobjektes, dieses mit einem konstanten, das heißt eingeprägten Strom gespeist werden. Es ist dann die Spannung am Meßobjekt, die mit dem Gleichrichterkopf abgetastet werden kann, dem gesuchten Scheinwiderstand proportional, der so bezüglich seiner Frequenz-Abhängigkeit oszillografiert werden kann. Die Forderung nach ein-

geprägtem Strom ist erfüllt, wenn man dem Meßobjekt einen frequenzunabhängigen Widerstand vorschaltet, der groß ist gegenüber dem Scheinwiderstand des Meßobjektes innerhalb des untersuchten Frequenzbereiches. Häufig kann dieser große Widerstand durch den hohen Ausgangswiderstand eines Verstärkers (mit Strom-Gegenkopplung), z. B. mit einer Pentodenstufe mit unüberbrücktem Katodenwiderstand, gebildet werden, wobei der Verstärkereingang vom Wobbelsender gespeist wird.

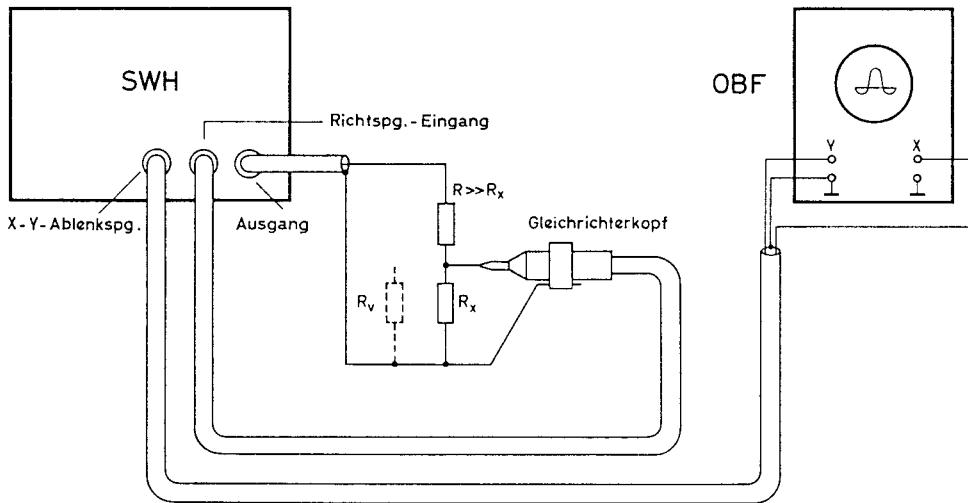


Bild 2. Meßaufbau bei Zweipolmessung

Zur Messung des absoluten Scheinwiderstands-Wertes bei einer bestimmten Frequenz kann das Meßobjekt durch einen bekannten und frequenzunabhängigen Vergleichs-Widerstand ersetzt werden, den man vorteilhaft etwa so groß wählt, wie der mittlere Scheinwiderstand innerhalb des untersuchten Frequenzgebietes ist. Der unbekannte Scheinwiderstand  $R_x$  ergibt sich dann aus dem Vergleichswiderstand  $R_v$  und der HF-Spannung  $U_{Rx}$  am Meßobjekt sowie  $U_{Rv}$  am Vergleichswiderstand zu

$$R_x = R_v \frac{U_{Rx}}{U_{Rv}}.$$

Die Spannungen  $U_{Rx}$  und  $U_{Rv}$  sind die am Meßobjekt bzw. am Vergleichswiderstand liegenden Hochfrequenzspannungen. Wenn zum Messen der zum SWH gehörige Gleichrichterkopf verwendet wird, so können diese Spannungen mit Hilfe einer Kurve (Bild 14) aus den entsprechenden Richtspannungen ermittelt werden.

Es bleibt nun noch die Aufgabe, die Richtspannungen zu messen. Dies kann bei bekannter Ablenkempfindlichkeit dadurch geschehen, daß man die Höhe des zu der gewünschten Frequenz gehörigen Punktes auf der Scheinwiderstandskurve entweder mit

einem Maßstab oder, falls vorhanden, mit der Rasterplatte ausmißt. Dann ersetzt man das Meßobjekt durch den Vergleichswiderstand  $R_v$ . Da dieser frequenzunabhängig ist, schreibt der Oszilloskop eine waagrechte Linie, deren Abstand von der 0-Linie auf die gleiche Weise wie vorher gemessen wird. Wenn die Ablenkempfindlichkeit des Oszilloskops an beiden Stellen nicht unterschiedlich ist, können an Stelle der Spannungen direkt die beiden gemessenen Abstände in die Formel eingesetzt werden. Die Frequenz, bei welcher der Scheinwiderstand gemessen werden soll, findet man auf einfache Weise mit Hilfe der Frequenzmarken (Abschn. 3.063). Eine andere Möglichkeit zur Ermittlung der beiden Richtspannungen ist durch die einblendbaren Pegellinien gegeben. Die Messungen können nach Abschnitt 3.081 vorgenommen werden.

### 3.02 Meßfehler

Der Wobbelsender SWH findet vorteilhaft nicht nur bei Vergleichs-Messungen eines unbekannten mit einem bekannten Meßobjekt Anwendung, sondern auch bei Absolutmessungen. Vielmehr als bei Vergleichsmessungen stören bei der Auswertung absoluter Messungen systematische Meßfehler; diese sollten daher so klein wie möglich gehalten werden. Deshalb werden hier die Haupt-Fehlerquellen aufgezeigt, die bei der Anwendung von Wobbelsendern auftreten können. Sofern auf diese Fehlerquellen in den einzelnen Abschnitten der Bedienungsanweisung noch näher eingegangen wird, ist auf den entsprechenden Abschnitt verwiesen.

- a) Meßfehler, die durch Verzerrungen des Oszilloskops verursacht werden (siehe Abschnitt 3.031).
- b) Meßfehler, die durch Rückwirkungen und Verzerrungen des Meßgleichrichters entstehen (Abschnitt 3.033).
- c) Restliche Störamplituden-Modulation des Wobbelsenders. Der Frequenzgang der Ausgangsspannung des SWH beim Wobbeln wird durch einen wirksamen Amplitudenregler im Oszillator des Senders klein gehalten (Abschnitt 4.1). Der maximale Frequenzgang ist zwischen 50 kHz und 5 MHz kleiner als  $\pm 0,25$  db und oberhalb 5 MHz kleiner als  $\pm 0,5$  db. Im Durchschnitt kann jedoch mit kleineren Frequenzgängen gerechnet werden, weil der maximale Frequenzgang nur an den ungünstigsten Stellen des Frequenzbereiches auftritt und dort auch nur dann, wenn der Wobbelsender mit seinem maximalen Frequenzhub betrieben wird. Bei kleineren Frequenzhüben nimmt diese Störmodulation schnell ab. Aus diesem Grunde wird bei genauen Messungen empfohlen, keinen größeren Frequenzhub als notwendig einzustellen, was auch noch den weiteren Vorteil einer besseren Frequenzauflösung bringt. Die auftretende Amplitudenschwankung beim Wobbeln kann mit Hilfe eines Oszilloskops untersucht werden.

den, dessen Y-Verstärker eine obere Grenzfrequenz besitzt, die ausreichend oberhalb der Meßfrequenz liegt. Hierzu wird nach Abschnitt 3.10 der Frequenzgang der gewobbelten Hüllkurve am Ausgang des Wobbelsenders gemessen. Bei sehr genauen Messungen kann der Verlauf der so ermittelten Spannung, die meistens auch zugleich die Eingangsspannung des Meßobjektes darstellt, zur Korrektur des gemessenen Wertes herangezogen werden. Da die Ausgangsspannung des SWH und dessen Pegellinie durch den beim Wobbeln stattfindenden Ein- und Austastvorgang leicht verformt werden, sollen bei genauen Messungen von der auf dem Oszillografenschirm abgebildeten Meßkurve nur die mittleren 8/10 des Frequenzmaßstabes zur Auswertung herangezogen werden. Interessieren Einzelheiten der Wobbelkurve, die im rechten oder linken Zehntel der Frequenzachse liegen, so soll man diese zur Messung in die mittleren 8/10 verschieben. Dies geschieht mit der Frequenzabstimmung des Wobbelsenders.

- d) Kabeltransformationen und Anpassungsfehler (siehe Abschnitt 3.032).
- e) Einschwingfehler des Meßobjektes. Beim Wobbeln von Meßobjekten mit sehr steilen Flanken entsteht ein Fehler, wenn infolge zu hoher Durchlaufgeschwindigkeit der Wobbelsender-Frequenz das Meßobjekt nicht mehr voll einschwingen kann. Dieser Fehler, der durch die Wahl einer niedrigen Wobbelfrequenz, die für Oszillografen ohne Nachleuchtschirm gerade noch brauchbar ist und durch Anwendung einer Sägezahnspannung möglichst klein gehalten wird, läßt sich daran erkennen, daß beim Verkleinern des Frequenzhubes, abgesehen von dem dadurch bedingten gedeckteren Frequenzmaßstab (ausgleichbar durch kleinere X-Verstärkung des Oszillografen), eine Verformung der Wobbelkurve auftritt. Bleibt hingegen der auf die Frequenz bezogene Dämpfungsverlauf beim Verkleinern des Hubes konstant (Herabsetzung der Durchlaufgeschwindigkeit), so treten keine Einschwingfehler auf. Einschwingfehler werden bei Meßkurven mit Spitzen am schnellsten erkannt, wenn eine Spitze mit einer Pegellinie zur Deckung gebracht wird und hierauf beim Verändern des Frequenzhubes beobachtet wird, ob sich die Amplitude der Spitze ändert. Findet bei einer Frequenzhubänderung von etwa 1 : 2 keine nennenswerte Amplitudenänderung statt, so schwingt das Meßobjekt noch voll ein.
- f) Fehlergrenzen der Frequenzmarken (siehe Abschnitt 3.061).
- g) Fehlergrenzen der Pegellinien, die dadurch bedingt sind, daß die hierfür benutzte Rechteckspannung kein exakt waagrechtes Dach besitzt, werden beim Wobbelsender SWH nicht getrennt angegeben, da solche Fehler wie ein scheinbarer Frequenzgang des Wobbelsenders wirken. Es ist deshalb vorteilhaft, diese Fehler in den Frequenzgang einzuschließen. Die Form der Pegellinien hängt auch vom benutzten Meßgleich-

richter ab, worauf im Abschnitt 3.033 näher eingegangen wird. Sonstige Fehler beim Pegelvergleich sind vernachlässigbar, da der zur Erzeugung der Pegellinien dienende Teiler Widerstände mit einer Genauigkeit von 1% enthält, wodurch die Teilerfehler praktisch unter der Ablesegenauigkeit auf dem Oszilloskopenschirm liegen. Bei der Richtspannungsmessung nach Abschnitt 3.081 und 3.082 wird zugunsten einer einfachen Bedienung nur eine ungefähre Bestimmung der Meßgröße angestrebt, doch läßt sich auch bei diesen Messungen eine Genauigkeit von etwa  $\pm 10\%$  erreichen.

### 3.03 Meßaufbau

Bild 1 zeigt am Beispiel einer Dämpfungsmessung eines Vierpols und Bild 2 am Beispiel einer Zweipolmessung, wie Wobbelsender, Meßobjekt, Gleichrichterkopf und Oszilloskop zur Messung zusammengeschaltet werden.

#### 3.031 Oszilloskop

Als Oszilloskop ist neben anderen Typen unser Breitband-Oszilloskop Type OBF gut geeignet. Der Oszilloskop sollte möglichst einen X-Verstärker enthalten. Oszilloskopen ohne X-Verstärker können zur Not auch verwendet werden, wenn man die X-Ablenkspannung des Wobbelsenders benutzt, um das Kippgerät des Oszilloskopen zu synchronisieren. Auch so ist es meistens möglich, eine dem Frequenzhub synchrone X-Ablenkung zu erzielen. Nichtlineare Verzerrungen des Oszilloskopen führen zu Verzerrungen der Wobbelkurve. Da die Frequenz- und Pegelmarken aber gleichartig wie die Wobbelkurve verzerrt werden, entstehen beim quantitativen Auswerten der Meßkurven nur dann nicht vernachlässigbare Fehler, wenn beim linearen Interpolieren zwischen 2 Marken der Oszilloskop bereits für diese 2 Marken merkliche Unterschiede der Empfindlichkeit aufweist.

Allerdings kann bei extremen Übersteuerungen des Oszilloskopen, insbesondere dann, wenn er an seinen Eingängen über gegengekoppelte Verstärker verfügt, der Charakter der Meßkurven so grundsätzlich verändert werden, daß die eindeutige Bezogenheit der Pegellinien auf die Meßkurve verlorengeht. Dies ist zu beachten, wenn zur Erzielung einer feineren Auflösung der X- oder Y-Verstärker des Oszilloskopen bis über den Schirmrand hinaus gesteuert wird. Um die für den betreffenden Oszilloskop zugelassene Bilddehnung nicht zu überschreiten, ist es zweckmäßig, zuerst ein Bild einzustellen, das noch bequem auf dem Oszilloskopenschirm abgemessen werden kann, und dann mit Hilfe des Eingangsteiler-Stufenschalters die Eingangsspannung bis zur zugelassenen Aussteuerung zu erhöhen. Im einzelnen sind noch folgende Eigenschaften des Oszilloskopen bei Verwendung des Wobbelsenders SWH von Bedeutung:

## Y-Verstärker

### Erforderliche Empfindlichkeit:

für einen Abstand zwischen der – 40-db-Pegellinie und der Nulllinie von  
 $> 3 \text{ mm}$    $> 100 \text{ mm/V}_{ss}$

Obere Grenzfrequenz (für 3 db Abfall) bei Benutzung des Gleichrichterkopfes oder eines anderen Meßgleichrichters . . . . . > 50 kHz

Dachschräge für 30 Hz Rechteckwelle : vorteilhaft  $< 2\%$   
(Wenn die Wobbelkurve ein Rechteck ist (das ist in diesem Fall die ungünstigste Kurvenform), so entsteht bei Amplitudenmessungen ein Fehler, der prozentual so groß ist wie die prozentuale Dachschräge für 30 Hz Rechteckwelle, bei Erfüllung obiger Forderung also ebenfalls  $< 2\%$ . Bei allen anderen Formen der Wobbelkurve ist der Fehler bei gleicher Dachschräge geringer)

Eingangswiderstand . . . . .  $> 1 \text{ M}\Omega$  für einen zusätzlichen Fehler, der  $< 2\%$  Dachschräge entspricht  
Bei Eingangswiderständen unter  $1 \text{ M}\Omega$  sollen 1–2  $\text{M}\Omega$  vor den Y-Eingang geschaltet werden. Hierbei erhöht sich der Eingangsspannungs-Bedarf des Ozillografen entsprechend. Der vorgeschaltete Widerstand ist gut abzuschirmen.

**X-Verstärker** . . . . . maximale Empfindlichkeit  $\geq 5 \text{ mm/V}$

Obere Grenzfrequenz für 3 db Abfall . > 1 kHz

Dachschräge für 30 Hz Rechteckfrequenz zweckmäßig <10 %, führt lediglich zur Verzerrung des Frequenzmaßstabes

Eingangswiderstand  $\geq 1 \text{ M}\Omega$ , möglichst  $2 \text{ M}\Omega$

Bei Eingangswiderständen unter  $1\text{ M}\Omega$  muß ein Widerstand von  $1\text{--}2\text{ M}\Omega$  vorgeschaltet werden, wobei entsprechend der dadurch verursachten Spannungs- teilung eine höhere Empfindlichkeit des X-Verstär- kers erforderlich wird.

Die Dachschräge des Oszilloskopfes kann auch ohne weitere Hilfsmittel (wie z. B. Rechteckgenerator oder Zerhacker) kontrolliert werden. Hierzu wird lediglich ohne angeschaltetes Meßobjekt eine Pegellinie (z. B. 0 db) oszilliert. Die hierbei auftretende Dachschräge röhrt vom Oszilloskopf her.

### 3.032 Anschluß des Meßobjektes

Das Meßobjekt wird über ein koaxiales Kabel an die Buchse „Ausgang“ angeschlossen und die vom Gleichrichter des Meßobjektes oder vom Gleichrichterkopf gelieferte Richtspannung in die Buchse „Richtsp.-Eingang“ eingespeist. In beide Buchsen passen 13-mm-Stecker mit der R&S-Sach-Nr. FS 413/11. Sollen Kabel mit anderen Stecker-Systemen verwendet werden, so können von uns Umrüsteinsätze geliefert werden, die nachträglich in die 13-mm-Buchsen eingeschraubt und mit Hilfe zweier Madenschrauben gesichert werden (Abschnitt 1). Besonders bewährt hat sich die Anbringung von Dezifix-Umrüst-Einsätzen (FZD 41311), da zahlreiche Meßgeräte von uns mit dem Dezifix-System ausgestattet sind. Hierunter fallen z. B. unsere Durchgangs-Voltmeter, Eichleitungen, Dämpfungsglieder, Transformationsglieder usw.

Zur Vermeidung von Frequenzgängen, die durch Kabeltransformation bedingt sind, muß bei höheren Frequenzen und größeren Kabellängen das verwendete Kabel selbst einen Wellenwiderstand von  $60 \Omega$  aufweisen und außerdem mit  $60 \Omega$  wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen werden. Dieser Abschluß kann auch durch den Eingangs-widerstand des Meßobjektes selbst gebildet sein. Wenn das aus Kabellänge (in Meter) und Frequenz (in MHz) gebildete Produkt den Wert 10 überschreitet, sollte man das Kabel immer wellenwiderstandsrichtig abschließen. Gleichzeitig ist darauf zu achten, daß bei Vierpolmessungen das Meßobjekt den Quellwiderstand vorfindet, der auch betriebsmäßig auftritt (Betriebsübertragungsmaß), und daß bei Widerstandsmessungen (Zweipol-Messungen) dem Meßobjekt ein Widerstand vorgeschaltet werden muß, der groß gegen den zu untersuchenden Scheinwiderstand innerhalb des interessierenden Frequenzbereiches ist (Abschnitt 3.01). Schon mit einfachen T- oder Pi-Halb-Gliedern aus ohmschen Widerständen kann man eine wellenwiderstandsrichtige Anpassung sowohl des Meßobjektes als auch des vom Wobbelsender kommenden Kabels vornehmen. Bei Meßobjekten, die eine genaue Anpassung erfordern, ist auch dann ein geeignetes Anpassungsglied zwischenzuschalten, wenn der erforderliche Quellwiderstand des Senders  $60 \Omega$  beträgt. Hierfür wird vorteilhaft unser 10-db-Dämpfungsglied DPF (BN 18082) benutzt. Für einen erforderlichen Quellwiderstand des Senders von  $50 \Omega$  ist das Anpassungsglied DAF (BN 18085), für einen von  $75 \Omega$  das Anpassungsglied DAF (BN 18083) zu empfehlen. Alle diese Anpassungsglieder können direkt an Kabel oder an die meisten Rohde & Schwarz-Geräte, bei Verwendung des Dezifix-Umrüsteinsatzes FZD 41311 auch an den Wobbelsender, angeschlossen werden.

Bei Meßobjekten, die keine wesentliche Bedämpfung durch den Quellwiderstand des Wobbelsenders erlauben (z. B. Parallelschwingkreise), empfiehlt sich eine lose, keinen

zusätzlichen Frequenzgang verursachende Kopplung (in vielen Fällen ist ein hochohmiger Widerstand geeignet, in anderen ein Koppelkondensator oder eine Trennröhre).

### **3.033 Meßgleichrichter und Gleichrichterkopf**

In allen Fällen, in denen das Meßobjekt bereits am Ausgang einen eingebauten Gleichrichter besitzt, soll dieser zur Demodulation, also zur Gewinnung einer niederfrequenten Meßspannung, herangezogen werden. Dann ergibt sich nämlich direkt der betriebsmäßige Dämpfungsverlauf einschließlich des Gleichrichters. Es ist jedoch erforderlich, daß der Gleichrichter eine positive Richtspannung abgibt, da nur dann der Oszilloskop, soferne es sich um einen der allgemein gebräuchlichen Typen handelt, ein aufrechtstehendes Bild in der gewohnten Weise zeichnet. Ist die vom Gleichrichter gelieferte Richtspannung negativ, so steht das Bild auf dem Kopf. Eine quantitative Beurteilung des Meßobjektes auf Grund des Schirmbildes ist sicherlich auch aus dieser Bildlage möglich, vielleicht erst nach einiger Gewöhnung. Dagegen ist eine quantitative Auswertung hinsichtlich der Spannungs- bzw. Pegelwerte nicht möglich, da die Kurve von der 0-Linie ausgehend nach unten geschrieben wird, die Pegellinien dagegen oberhalb dieser erscheinen.

Um in diesem Fall zu einer quantitativen Auswertung zu kommen, muß das Bild in die positive Hälfte umgeklappt werden. Das kann fast immer durch Umpolen der Richtspannung im Meßobjekt geschehen, wenn es sich bei dem eingebauten Gleichrichter um eine Kristalldiode handelt, deren Anschlüsse einfach vertauscht werden können. Ein Umpolen der Richtspannung hinter dem Meßobjekt, falls es im Meßobjekt nicht möglich ist, würde eine Umkehrstufe erfordern, die aus einem einstufigen Verstärker mit einem großen, unüberbrückten Katodenwiderstand bestehen kann. Einfacher ist es jedoch, in so einem Fall die Richtspannung nicht dem eingebauten Gleichrichter zu entnehmen, sondern, wie bei Meßobjekten ohne eingebauten Gleichrichter, den mitgelieferten Gleichrichterkopf zu verwenden.

In allen Fällen, in denen ein in das Meßobjekt eingebauter Gleichrichter verwendet wird, verbindet man dessen Ausgang bzw. den eines nachgeschalteten Verstärkers direkt mit dem Richtspannungseingang des Wobbel senders. Damit auch in diesem Fall keine Störspannung eingestreut wird, ist besonders bei kleinen Pegeln die Zuleitung zum Wobbel sender zu schirmen.

Bei Meßobjekten, die keinen Gleichrichter enthalten, wird der zum Gerät gehörige Gleichrichterkopf, wie im Meßaufbau Bild 1 dargestellt, verwendet. Hierbei ist der im Abschnitt „Eigenschaften“ angegebene Eingangsscheinwiderstand des Gleichrichter-

kopfes zu berücksichtigen, der zwar möglichst hoch gewählt wurde (Eingangskapazität nur  $\approx 1,5 \text{ pF}$ ), unter Umständen aber noch eine merkliche Rückwirkung auf das Meßobjekt haben kann. Diese läßt sich jedoch häufig durch spezielle Maßnahmen, wie losere Ankopplung oder Zwischenschaltung eines geeigneten Verstärkers zwischen Meßobjekt und Gleichrichterkopf, vermindern. Aus der Richtspannung des Gleichrichterkopfes kann man nach Bild 14 auf die am Ausgang des Meßobjektes herrschende HF-Spannung schließen. Die Richtspannung am Gleichrichter wird nach Punkt 3.081 gemessen.

Der Tastkopf weist durch Anwendung der Seriengleichrichterschaltung eine große Hochfrequenzsiebung auf. Hierdurch ist es möglich, trotz nur geringer Hochfrequenzreste bei der Gleichrichtung der tiefsten Frequenz von 50 kHz, der Richtspannung eine geringe Zeitkonstante zu geben. Die verbleibende Zeitkonstante bedingt die auf dem Oszillografenschild sichtbare Verrundung der Nulllinie und der Pegellinien. Da während der Eintastperiode der Strahl des Oszillografen etwa 5mal so langsam abgelenkt wird als während der Austastperiode, erfolgt die Darstellung eines senkrechten, durch das Meßobjekt bedingten Abwärtssprunges mit einer etwa 5fach geringeren Abweichung von der Idealform als beim Austastvorgang. Wegen der durch die Diode bedingten kleineren Lade- als Entladezeitkonstante kann bei Aufwärtssprüngen praktisch keine Verfälschung der Meßkurve auftreten.

Wenn für spezielle Meßfälle bei höheren Frequenzen ein kleiner Eingangswiderstand oder Richtwirkungsgrad des Meßgleichrichters zulässig ist, kann man zweckmäßig einen speziellen Gleichrichterkopf verwenden, der eine kleinere Zeitkonstante aufweist, wodurch die Pegellinien in ihrer gesamten Länge zur Messung benutzt werden können. Am einfachsten läßt sich ein weiterer Gleichrichterkopf durch Änderung der Schaltung eines zusätzlich von uns bezogenen Gleichrichterkopfes BN 42431 – 1 herstellen. So kann die Richtzeitkonstante des Gleichrichterkopfes bereits durch Verkleinerung des Richtwiderstandes verringert werden. Natürlich sollte dieser weitere Gleichrichterkopf auffällig gekennzeichnet sein, um Verwechslungen mit dem normalen Gleichrichterkopf auszuschließen. In den meisten Fällen wird sich die Aufnahme der Richtkennlinie (Bild 14) und eventuell der Kennlinien nach Bild 15 empfehlen, um mit dem zusätzlichen Gleichrichterkopf ebenso genaue, quantitative Messungen durchführen zu können wie mit dem normalen, der den günstigsten Kompromiß zwischen den verschiedenen Forderungen darstellt.

Bei Verwendung eines im Meßobjekt eingebauten Demodulators erkennt man eine zu lange Zeitkonstante daran, daß keine einwandfreie 0-Linie geschrieben wird, das heißt,

daß die Richtspannung infolge der zugehörigen Zeitkonstante während des Strahl-Rücklaufes nicht oder zu langsam nach 0 abfällt. Dieser Fehler ist nur an Meßobjekten zu erkennen, die am rechten Ende des Oszilloskopbildes eine genügend große Amplitude aufweisen. Weitere Meßfehler durch Gleichrichter, die im Meßobjekt eingebaut sind, können dann auftreten, wenn diese einen merklich verschiedenen Gleich- und Wechselstrom-Richtwiderstand (etwa für Frequenzen 1 Hz ... 10 kHz) aufweisen, wie z. B. bei Empfängerdemodulatoren, wo der Gitter-Ableitwiderstand der ersten NF-Verstärkerstufe über einen Kondensator angekoppelt wird. Bei genauen Messungen ist es daher (insbesondere bei hohen Modulationsgraden der HF-Hüllkurve) erforderlich, solche Zweige (meistens Parallelzweige) abzutrennen. Bei Benutzung des mit dem Wobbelsender gelieferten Gleichrichterkopfes entfällt dieser Fehler grundsätzlich, da der Gleichrichterkopf mit der Signal-Mischstufe gleichstrommäßig gekoppelt ist. Schaltet man, um jede Rückwirkung zu vermeiden, zwischen Demodulator und Richtspannungseingang des Wobbelsenders einen Verstärker, z. B. den NF-Verstärker eines Empfängers, so werden an diesen dieselben Forderungen bezüglich Dachschräge für niederfrequente Rechteckwellen gestellt wie an den benutzten Oszilloskopen (siehe Abschnitt 3.031).

Bei Halbleiterdiode als Demodulator ist außerdem besonders darauf zu achten, daß die maximal zulässige Sperrspannung nicht überschritten wird (Messung nach Punkt 3.081). Die maximal zulässige Eingangsspannung in  $V_{ss}$  ist bei Einweg-Gleichrichtern gleich der zulässigen Sperrspannung der Dioden. Für den Gleichrichterkopf des Wobbelsenders SWH beträgt die maximal zulässige HF-Spannung  $40 V_{ss}$ , der bei Sinusspannung ein Effektivwert von 14 V entspricht.

### 3.04 Inbetriebnahme

Ab Werk ist das Gerät für 220 V Netzwechselspannung eingestellt. Zur Umstellung auf 115, 125 oder 235 V muß das mit der gegebenen Netzspannung bezeichnete Kontaktfedernpaar des Spannungswählers (am Netztransformator) mit einer passenden Sicherung überbrückt werden. Die für 220 V eingesetzte 600-mA-Sicherung ist auch für 235 V geeignet. Für 115 und 125 V ist eine 1-A-Sicherung (1 C DIN 41571) einzusetzen. Das Gerät ist etwa 2 Minuten nach dem Einschalten betriebsbereit.

Wie im Abschnitt „1 Eigenschaften“ angegeben, sind Netzspannungsabweichungen bis  $\pm 10\%$  vom Nennwert (115, 125, 220 oder 235 V) ohne weiteres zulässig; dadurch werden die Geräteeigenschaften noch nicht beeinträchtigt. Mit Rücksicht auf die Lebens-

dauer der Röhren empfiehlt es sich jedoch, lang andauernde Unter- oder Überspannungen zu vermeiden. Besonders an einem Netz mit Unterspannung empfehlen wir, den durchschnittlichen Betrag der Netzspannung festzustellen und dem Gerät einen entsprechend bemessenen Transformator (Regeltransformator oder Konstanthalter) vorzuschalten.

### **3.05 Frequenzeinstellung**

Der Frequenzumfang von 50 kHz bis 12 MHz ist in 6 Bereiche aufgeteilt. Der Bereich, in dem die gewünschte Frequenz liegt, wird mit dem in der Mitte der Skala angeordneten Schalter gewählt. Die Frequenz selbst stellt man mit dem Knopf „Mittenfrequenz“ ein, der sich unterhalb der Skala befindet, und liest sie unter dem Plexiglaszeiger ab. Dieser Knopf hat auf seiner Vorder- wie auf seiner Rückseite einen Haarstrich eingeritzt. Zur parallaxenfreien Ablesung ist so auf den Zeiger zu blicken, daß sich die beiden Striche decken. Nach der auf diese Weise erfolgten Einstellung der Meßfrequenz erfolgt die weitere Frequenzbestimmung an Hand der Frequenzmarken (Abschn. 3.06).

### **3.06 Frequenzmarken und Frequenzmessungen**

Der eingebaute quarzgesteuerte Markengeber gestattet eine genaue Frequenzbestimmung während des Wobbelvorganges.

#### **3.061 Markenabstand**

Mit Hilfe des Schalters „Markenabstand“ können verschiedene Spektrumslinienabstände der Frequenzmarken gewählt werden, wobei die entstehende Frequenzskala von der linken zur rechten Bildseite ansteigt. Die an der Frequenzskala eingestellte Frequenz liegt in der Mitte des Bildes. Davon geht man bei der Orientierung aus.

##### **Schalterstellung „10 kHz“**

Der Markenabstand beträgt 10 kHz. Jede fünfte Marke, also jede 50-kHz-Harmonische wird unterdrückt, um die Übersichtlichkeit zu steigern und die Orientierung zu erleichtern. Es können max. etwa 5 Vierergruppen abgebildet, d. h. ein Frequenzhub von  $\pm 125$  kHz markiert werden. Bei einem größeren Frequenzhub ist der nächsthöhere Markenabstand zu wählen.

##### **Schalterstellung „50 kHz“**

Alle 50 kHz erscheint eine Doppelmarke. Von dieser liegt die eine Markierung 3 kHz unterhalb, die andere 3 kHz oberhalb des betreffenden 50-kHz-Punktes. Die Breite der

Doppelmarke beträgt somit 6 kHz. In dieser Schalterstellung können max.  $\pm 200$  kHz Frequenzhub gekennzeichnet, d. h. etwa 8 Doppelmarken abgebildet werden.

### **Schalterstellung „100 kHz“**

Der Markenabstand beträgt 100 kHz. Jede fünfte Marke, also jede 500-kHz-Harmonische wird der besseren Übersicht wegen unterdrückt. Die 100-kHz-Marken finden hauptsächlich in den oberen Bereichen, etwa über 1 MHz, Verwendung.

### **Schalterstellung „Fremd $\pm 3$ kHz“ und „Fremd $\pm 1$ kHz“**

Zur Gewinnung der Fremdmarken schließt man einen Sender, der eine Ausgangsspannung von 0,5 V bis 1 V liefern kann, an den Fremdmarkeneingang des SWH an. Bei relativ kleinem Frequenzhub und niedrigen Meßfrequenzen erscheint wieder eine Doppelmarke mit  $\pm 3$  kHz Abstand von der Vergleichsfrequenz. Mit größer werdendem Frequenzhub geht die Doppelmarke in eine Einzelmarke über. Die Marken „Fremd  $\pm 3$  kHz“ sind besonders für größere Frequenzhübe geeignet. Bei sehr kleinen Frequenzhüben, wie sie insbesondere für tiefe Trägerfrequenzen in Betracht kommen, ist es nicht mehr möglich, das Markensignal mit Hilfe des Markensiebes (Abschnitt 3.062) in zwei Einzelmarken aufzulösen. Außerdem geht bei Hüben unter  $\pm 3$  kHz der Hubmaßstab verloren, weil dann nur noch eine Marke auf dem Bildschirm erscheint. Für solche Fälle ist die weitere Schalterstellung „Fremd  $\pm 1$  kHz“ vorgesehen, die bei kleinen Frequenzhüben eine bessere Frequenzauflösung ermöglicht. Bei größeren Frequenzhüben ist die Benützung dieses Markenabstandes allerdings nicht zu empfehlen, weil, wie aus nachfolgenden Daten näher hervorgeht, ihr Einschwingfehler etwa 7mal schneller als bei den 3-kHz-Marken mit dem Frequenzhub ansteigt.

Durch die Quarzsteuerung des Markengebers wird eine hohe Genauigkeit der Frequenzmarken erzielt. Zu dem durch die Quarzgenauigkeit bedingten Fehler ( $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ ) kommt bei kleinem Hub noch ein möglicher Abstimmfehler der Markenresonanz-Kreise im Anodenkreis der Mischstufe, bei größerem Hub noch ein Fehleranteil, der durch Einschwingvorgänge dieser Kreise bedingt ist. Der Gesamtfehler F beträgt bei einer Wobbel sender-Mittenfrequenz f und einem Frequenzhub  $\pm \Delta f$ :

bei den 10-kHz-Marken:  $\pm (1 \cdot 10^{-4} \cdot f + 3 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 500 \text{ Hz})$

50-kHz-Marken:  $\pm (1 \cdot 10^{-4} \cdot f + 1 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 300 \text{ Hz})$

100-kHz-Marken:  $\pm (1 \cdot 10^{-4} \cdot f + 3 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta f + 3 \text{ kHz})$

Fremdmarken  $\pm 3$  kHz:  $\pm (\text{Fehler der Fremdfrequenz} + 7 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 20 \text{ Hz})$

Fremdmarken  $\pm 1$  kHz:  $\pm (\text{Fehler der Fremdfrequenz} + 1 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 100 \text{ Hz})$

### **3.062 Bedienung des Markensiebes**

Zur Markeneinblendung bringt man zunächst den Knopf „Markensieb“ an den rechten Anschlag, so daß beim Aufdrehen der Markenspannung mit dem Knopf „Markenhöhe“ zahlreiche Marken erscheinen. Nun wird die Amplitude dieser Marken auf den gewünschten Wert eingestellt. Hierauf wird das „Markensieb“ wieder so weit zugedreht, bis sich ein Bild ergibt, das demjenigen gleicht, das auf der Frontplatte neben dem eingeschalteten Markenabstand eingraviert ist, sofern der Hub hierzu ausreicht. Ein zu geringes Aufdrehen des Markensiebes führt zum Fehlen einzelner Marken, während durch ein zu weites Aufdrehen Marken mehrfach geschrieben werden. Wenn bei der Einstellung kleinster Hübe eine Einzelmarke nicht mehr einstellbar ist, entspricht die Mittelmarke der dann erscheinenden Markengruppe dem genauen Spektrumspunkt. Bei sehr großem Hub ist es möglich, daß bei den Spektren mit vorgesehenen Doppelmarken durch deren geringen Abstand jeweils nur eine gemeinsame Marke sichtbar ist. Das Markensieb muß sehr fein eingestellt und bei Veränderung der Frequenz, des Hubes oder des Markenabstandes nachgestellt werden.

### **3.063 Frequenzorientierung während des Wobbelvorganges**

Die Frequenzbestimmung eines beliebigen Punktes der gewobbelten Hüllkurve erfolgt an Hand des Markenbildes und der Frequenz-Skaleneinstellung. Am besten verfährt man folgendermaßen: Oberhalb etwa 1 MHz wählt man bei voll aufgedrehtem Frequenzhub den Markenabstand 100 kHz, in den tieferen Frequenzbereichen den Markenabstand 10 kHz. Die Frequenzmarken können dann direkt mit Hilfe der Skaleneinstellung identifiziert werden, wobei die etwa in der Mitte der Wobbelkurve erscheinende Marke derjenigen Spektrumslinie entspricht, die der Frequenzeinstellung am nächsten benachbart ist. Um Irrtümer mit Sicherheit auszuschließen, achte man auf die Lücken bei jeder 5. Marke des 10-kHz- und 100-kHz-Spektrums. Beim Umschalten auf das 50-kHz-Spektrum müssen an diesen Stellen 6-kHz-Doppelmarken erscheinen. Bei dichten Markenspektren kann die Mittenfrequenz durch Hubverkleinerung sicherer bestimmt werden. Erscheinen hingegen nur wenige Marken oder erscheint nur eine, so ist es vorteilhaft, sich durch Verdrehen des Abstimmknopfes davon zu überzeugen, ob die betrachtete Marke, wenn man sie in die Mitte des Oszillogrammes wandern läßt, auch der angenommenen Frequenz (Mittenfrequenz des Wobbelsenders auf der Abstimmeskala) entspricht. Nach der so erfolgten Kennzeichnung der Frequenzmarken bereitet auch der Übergang auf einen kleineren Frequenzhub (Umschaltung des Markenabstandes von 100 kHz auf 10 kHz) keine Schwierigkeit mehr. Infolge der guten Linearität des Frequenzhubes lassen sich zwischen zwei 10-kHz-Marken bzw. innerhalb des 6-kHz-Abstandes der Doppelmarken Zwischenpunkte auf etwa

1 kHz genau abschätzen. Bei kleinerem Frequenzhub wird das mittlere Fehlerglied  $3 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f$  (Abschnitt 3.061) vernachlässigbar, so daß als Fehler noch bleibt  $\pm(1 \cdot 10^{-4} \cdot f + 500 \text{ Hz})$ . Auch der durch die Einschwingvorgänge an den Markenfiltern bei größerem Frequenzhub zusätzliche auftretende Fehler liegt innerhalb der auf dem Oszillografenschirm möglichen Ablesegenauigkeit.

### 3.07 Einstellung der Ausgangsspannung

Mit Hilfe des Knopfes „Ausgangsspg.“ kann die Leerlaufspannung des Wobbelsenders SWH zwischen etwa  $50 \mu\text{V}$  und 2 V kontinuierlich eingestellt werden. Schließt man den Sender mit einem Verbraucher ab, dessen Eingangswiderstand  $60 \Omega$  beträgt, so liegt an ihm etwa die Hälfte der eingestellten Leerlaufspannung. Ausgangsspannungen über 10 mV können nach Punkt 3.082 überschlägig gemessen werden. Dies ist besonders wertvoll, wenn ein Verbraucher mit einer bestimmten Spannung angesteuert werden soll. Bei Zwischenschaltung einer Dämpfungsleitung, z. B. unserer VHF-Eichleitung DPR BN 18042/60, können natürlich auch kleinere Spannungen durch Oberspannungsmessung eingestellt werden. Soll die Ausgangsspannung des Wobbelsenders oder eine Spannung im Meßobjekt mittels eines Volt- oder Verstärkervoltmeters genauer gemessen werden, so ist zu beachten, daß dieses Voltmeter eine genügend tiefe untere Frequenzgrenze (etwa 50 Hz) aufweist, um trotz der Austastlücke den genauen Wert der Hochfrequenzspannung messen zu können. Unser HF-Millivoltmeter UVH (30 Hz bis 30 MHz) und unser Video-Millivoltmeter UVF (10 Hz bis 10 MHz) sind für diesen Zweck gut geeignet. Voltmeter mit wesentlich höherer unterer Grenzfrequenz zeigen etwa 20% zu wenig an.

### 3.08 Pegelmessungen

Der Wobbelsender SWH erzeugt während des Kathodenstrahl-Rücklaufes eine in Stufen schaltbare Vergleichsspannung, die auf dem Schirm des Oszillografen als Pegellinie erscheint. Diese Pegellinie ermöglicht ohne weitere Hilfsmittel die Messung der gleichgerichteten Ausgangsspannung des Meßobjektes bezüglich ihres Augenblicks- und ihres Spitzenwertes.

### 3.081 Messung der Richtspannung des Meßgleichrichters

Beim Auswerten einer gewobbelten Frequenzgangkurve interessiert im allgemeinen vorwiegend deren relativer Verlauf (Messung nach Abschn. 3.083). Oft ist es jedoch nicht weniger wichtig, auch die absolute Größe der am Meßobjekt gewonnenen Richtspannung zu kennen, da man aus dieser über die Richtspannungskennlinie des benütz-

ten Gleichrichters die am Meßobjekt liegende HF-Spannung bestimmen kann. Für den mitgelieferten Gleichrichterkopf zeigt Bild 14 die Richtspannungskennlinie.

Die Kenntnis der am Meßobjekt liegenden HF-Spannung ist in erster Linie notwendig, um eine Zerstörung des Meßgleichrichters durch Überlastung zu vermeiden. So muß bei Benutzung des Gleichrichterkopfes die Richtspannung kleiner bleiben, als es einer HF-Spannung von  $40 \text{ V}_s$  entspricht. Solange im Meßobjekt keine Nichtlinearitäten auftreten und die amplitudenmodulierte HF-Spannung am Ausgang des Meßobjektes daher zur Zeitachse symmetrisch ist, ist dies bei einer Richtspannung von 14 V, die also nicht überschritten werden darf, der Fall. Treten aber im Meßobjekt größere Nichtlinearitäten auf, so ist Vorsicht geboten, denn dann kann eine Richtspannung von 14 V bereits eine erheblich höhere HF-Spannung entsprechen, die unter Umständen zur Überlastung der Diode führt. Bei einem Gleichrichter, der im Meßobjekt eingebaut ist, ist dessen zulässige Sperrspannung maßgebend.

Ein weiterer Grund, der die Kenntnis der am Meßobjekt liegende Spannung wünschenswert erscheinen läßt, ist dessen optimale Aussteuerung. Die an das Meßobjekt gelegte HF-Spannung soll nicht so hoch sein, daß dieses übersteuert wird, wenn nicht gerade die Folgen einer Übersteuerung untersucht werden sollen. Aber auch in diesem Falle ist die Kenntnis der angelegten Spannung notwendig, um definierte Verhältnisse herzustellen. Andererseits soll aber die HF-Spannung möglichst nicht so niedrig sein, daß die Richtspannung der HF-Spannung nicht mehr proportional ist, weil dadurch die Auswertung erschwert wird. Außerdem heben sich zu kleine Richtspannungen nicht deutlich genug von Störspannungen ab.

Zur Absolutmessung der Richtspannung muß der Knopf „Richtspannung“ so eingestellt werden, daß sich der an dessen Rand eingravierte weiße Strich genau mit der grünen Marke unter dem Amplitudenpfeil deckt. Dann wird mit dem Schalter „Pegellinie“ diejenige Linie eingeschaltet, die durch den auszumessenden Punkt der Wobbelkurve läuft. Liegt dieser Punkt zwischen zwei Linien, so schaltet man nacheinander die darüber- und die darunterliegende ein, merkt sich deren Lage an Hand des Bildschirmrasters und kann so die Richtspannung des interessierenden Punktes der Wobbelkurve schätzen. Andererseits ist es natürlich auch möglich, mit Hilfe des SWH-Ausgangsteilers oder einer anderen Einstellmöglichkeit am Meßobjekt eine bestimmte Richtspannung des betreffenden Kurvenpunktes dadurch zu wählen, daß man ihn an die gewünschte Linie angleicht.

Im Fall der Absolutmessung, wenn der Knopf Richtspannung auf die grüne Marke gestellt ist, gelten am Schalter „Pegellinie“ ebenfalls die grünen Werte. Die Linien selbst

wären dann treffender als Spannungslinien zu bezeichnen. Wenn der Knopf „Richtspannung“ genau auf die grüne Marke eingestellt ist, läßt sich bei dieser Richtspannungsmessung eine Genauigkeit von  $\pm 10\%$  erzielen.

### 3.082 Schnelle Messung der ungefähren Größe kleiner HF-Spannungen am Eingang oder im Inneren des Meßobjektes

Mit den in das Schirmbild einblendbaren Pegelmarken lassen sich auch HF-Spannungen  $< 50$  mV am Eingang oder an einer beliebigen Stelle im Innern des Meßobjektes auf einfache und schnelle Weise ungefähr bestimmen. Es wird hierzu der zum SWH gehörige Gleichrichterkopf verwendet, der Knopf „Richtspannung“ an den rechten Anschlag gedreht und mit dem Schalter „Pegellinie“ diejenige Linie eingeschaltet, die durch den interessierenden Punkt der Wobbelkurve läuft. Liegt dieser Punkt zwischen zwei Linien, so schätzt man seinen Wert. Ist der Knopf „Richtspannung“, wie oben gefordert, an den rechten Anschlag gedreht, so entsprechen den Pegellinien Richtspannungen, die etwa 60mal kleiner als die am Schalter „Pegellinie“ angegebenen grünen Spannungswerte sind. In der folgenden Tabelle sind die Pegellinien, d. h. die Stellungen des Schalters „Pegellinie“ in db angegeben und jeweils darunter die zugehörige Richt- und HF-Spannung. Die HF-Spannung wurde aus der Richtspannung über die Richtkennlinie Bild 14 errechnet. Den Pegellinien entsprechende Richt- und HF-Spannungen, wenn der Knopf „Richtspannung“ am rechten Anschlag steht.

Stellung des Schalters „Pegellinie“	-40	-30	-20	-10	-6	-3	-1	0	+1	+3	+6	+10	db
Richtspannung [mV]	1,6	5	16	50	80	113	143	160	179	226	320	500	mV
HF-Spannung [mV] bei Benutzung des Gleichrichterkopfes 42431-1	12	21	40	84	116	151	180	208	217	262	350	520	mV

### 3.083 Pegelvergleich. Relative Messung des frequenzabhängigen Amplitudenverlaufes des Meßobjektes

Zur Beurteilung, ob bei dieser Messung das Meßobjekt optimal ausgesteuert wird (Vermeidung von Übersteuerungen oder unzweckmäßig kleinen Pegeln, die sich nicht deutlich genug von den Störspannungen abheben) und um sicherzustellen, daß der Meßgleichrichter oder ein anderes Schaltelement des Meßobjektes nicht überlastet wird,

muß die am Meßobjekt liegende HF-Spannung bekannt sein. Sie wird über die Richtspannungskennlinie des verwendeten Gleichrichters (für den mitgelieferten Gleichrichterkopf gelten die Kennlinien Bild 14) aus der absolut gemessenen Richtspannung gewonnen (Abschnitt 3.081 oder 3.082).

Wenn der mit dem Wobbelsender SWH auswertbare Pegelbereich von 40 db voll ausgenutzt werden soll, ist es vorteilhaft, den Maximalwert der Richtspannung auf etwa 10 V einzustellen (Abschnitt 3.081), falls nicht dabei bereits Übersteuerungen am Meßobjekt auftreten, die nicht untersucht werden sollen. Beim Pegelvergleich gelten die dunkelgrau beschrifteten db-Stufenwerte des Pegellinienschalters. Der Knopf „Richtspannung“ dient beim Pegelvergleich zur Angleichung eines beliebigen Punktes der Wobbelkurve (z. B. Spitze oder Sattel) an eine beliebige Pegellinie (vorzugsweise 0 db). Durch Umschalten der Pegellinie kann nun festgestellt werden, welcher Punkt der Wobbelkurve die eingestellte Pegeldifferenz aufweist (Bild 3). Da außerdem mit Hilfe der Frequenzmarken auch die Frequenz dieses Kurvenpunktes genau bestimmt werden kann, sind alle Voraussetzungen für eine genaue quantitative Auswertung der Wobbelkurven gegeben. In dem Beispiel Bild 3 ist angenommen, daß eine Pegeldifferenz von – 3 db gemessen wird und der Meßgleichrichter im linearen Teil der Richtkennlinie arbeitet. In diesem Fall ist die Frequenz, bei der die Pegellinie – 3 db die Meßkurve schneidet, die Grenzfrequenz des untersuchten Hochpasses. Sie läßt sich mit Hilfe der Frequenzmarken bestimmen. Werte, die zwischen den Pegellinien liegen, können geschätzt werden. Doch ist es in solchen Fällen häufig zweckmäßig und genauer, als Bezugspegel nicht 0 db, sondern eine andere Pegelstufe zu wählen, gegen die die interessierende Pegeldifferenz einfach durch Umschalten eingestellt werden kann. Z. B. beträgt der Pegelunterschied zwischen der +6-db- und der – 6-db-Pegellinie 12 db, zwischen der – 1-db- und der – 30-db-Pegellinie 29 db, zwischen der – 3-db- und der – 10-db-Pegellinie 7 db usw. Auf diese Weise lassen sich zwischen 0 und – 40 db 30, zwischen 0 und – 20 db 18 Pegelsprünge, also fast alle Spannungen von db zu db einstellen, so daß nur in wenigen Fällen die Schätzung von Zwischenwerten notwendig ist.

Da sich alle gemessenen Pegelsprünge auf die Richtspannung beziehen, müssen diese noch in HF-Pegelunterschiede umgerechnet werden, wenn diese bestimmt werden sollen. Bei der Umrechnung wird die Richt-Kennlinie des benützten Gleichrichters zugrunde gelegt. Für den mitgelieferten Gleichrichterkopf ist diese Umrechnung bereits durchgeführt und das Ergebnis in den Kurven des Bildes 15 dargestellt. Auf der X-Achse werden die mit dem Wobbelsender SWH gemessenen Pegeldifferenzen, auf der Y-Achse die zugehörigen Pegeldifferenzen der am Eingang des Gleichrichterkopfes liegenden HF-Spannung abgelesen. Parameter ist die nach Punkt 3.081 gemessene

Richtspannung für den Punkt der abgebildeten Wobbelkurve, auf den beim Pegelvergleich die 0-db-Pegellinie eingestellt wurde (vorteilhaft Spitze, Sattel oder ein anderer definierter Punkt der Wobbelkurve). Die X- und Y-Achsen des Diagrammes sind als Doppelleitern ausgebildet. Hierdurch ist es möglich, zu den einzelnen Pegelwerten auch noch die zugehörigen Spannungsverhältnisse abzulesen. Diese sind wieder auf die 0-db-Pegellinie bezogen.

Selbstverständlich kann das Diagramm Bild 15 auch dazu benutzt werden, die für die Richtspannung erforderlichen db-Sprünge zu ermitteln, auf die die Pegellinie nacheinander eingestellt werden muß, wenn die Hochfrequenz-Spannung einen bestimmten Pegel-Unterschied aufweisen soll. In Punkt 3.098 ist an Hand eines Beispiels die Handhabung des Diagramms Bild 15 für diesen Anwendungsfall demonstriert.

### 3.09 Meßbeispiel

Es soll ein Resonanzverstärker mit einer Resonanzfrequenz von etwa 10 MHz untersucht werden. Der Meßaufbau entspreche Bild 1.

#### 3.091 Oszillografeneinstellung

In Verbindung mit dem Oszillografen OBF sind folgende Einstellungen vorzunehmen:

- am Wobbelsender: Knöpfe „Markensieb“, „Ausgangsspannung“ und „Richtspannung“ zudrehen. Schalter „Pegellinie“ auf Stellung 0 db.
- am Oszillografen: Schalter „X-Verstärker“ auf Stellung „fremd“, Schalter „Helligkeitssteuerung“ auf Stellung „aus“, Knopf „Kippvorgang“ auf Stellung „unselbstständig“.

Nun X- und Y-Verstärker so einstellen, daß ein den Schirm gut ausfüllendes Rechteck erscheint.

#### 3.092 Spannungseinstellung (Abschnitt 3.081 und 3.082)

Am Eingang des Meßobjektes sollen 300 mV angelegt werden. Bei dieser Spannung soll noch keine Übersteuerung auftreten. Zur Messung dieser Eingangsspannung wird eine Pegellinie verwendet (3.082). Der Tabelle des Abschnittes 3.082 entnimmt man für 350 mV die Pegellinie +6 db. Nun wird der Schalter „Pegellinie“ in diese +6-db-Stellung gebracht und der Knopf „Richtspannung“ an den rechten Anschlag gedreht. Dann erhöht man die Ausgangsspannung des SWH, die mit dem Gleichrichterkopf am Eingang des Meßobjektes abgetastet wird, bis sich im Schirmbild die waagrechte, vom Gleichrichterkopf gelieferte Spannungslinie so weit an die 6-db-Pegellinie herange-

schoben hat, daß dies etwa 300 mV entspricht. Der Wert muß geschätzt werden, da die Pegellinie 350 mV kennzeichnet. Meist ist die Eingangsspannung nicht so kritisch, da im allgemeinen die Übersteuerungsgrenze nicht scharf ist. Ein geschätzter Wert ist daher in den meisten Fällen ausreichend.

Bei Meßobjekten mit großer Verstärkung ist dabei darauf zu achten, daß der am Ausgang des Meßobjektes angeschlossene Gleichrichter oder andere Teile der Schaltung nicht überlastet werden. Zu diesem Zweck mißt man auch die Richtspannung am Ausgang des Meßobjektes, vor allem für die Frequenz mit größter Verstärkung. Diese Messung wird zweckmäßig gleichzeitig mit der im nächsten Abschnitt beschriebenen Frequenzeinstellung vorgenommen.

### **3.093 Frequenzeinstellung und Richtspannungsmessung**

Es sind folgende Einstellungen notwendig: Frequenzhub voll aufdrehen, Knopf „Richtspannung“ auf Markierung (grüner Punkt) einstellen, Schalter „Pegellinie“ auf Stellung 14 V (zur Kontrolle, ob zulässige Spannung am Gleichrichterkopf nicht überschritten wird:  $40 V_{ss} = 14 V$  Richtspannung). Dann stellt man die Mittenfrequenz des SWH auf die Meßfrequenz, in diesem Beispiel auf 10 MHz, ein. Am Oszillografen erscheint die Frequenzgangkurve des Meßobjektes. Solange diese unterhalb der eingeblendenen Richtspannungspegellinie (14 V) liegt, wird der Gleichrichterkopf nicht überlastet. Übersteigt die Kurve beim Verändern der Mittenfrequenz die Pegellinie, so muß die Ausgangsspannung des SWH verringert werden.

Die Richtspannung für die Spitze der Resonanzkurve wird nun gemessen. Hierzu sucht man mit dem Schalter „Pegellinie“ diejenige Linie, die der zu messenden Stelle der Kurve anliegt (Bild 4). Die eingeblende Spannungslinie entspricht dem eingeschalteten grünen Wert, in diesem Beispiel 1 V. Liegt der auszumessende Punkt zwischen zwei Linien (1 V und 3,2 V), so wird interpoliert. Auf diese Weise habe sich in diesem Beispiel eine Richtspannung am Ausgang des Meßobjektes von 1,5 V ergeben (Bild 4). Für kleine Werte der Richtspannung ( $U_R \leq 500 \text{ mV}$ ) wäre der Knopf „Richtspannung“ an den rechten Anschlag zu drehen und der Wert für die Richtspannung sowie für die dazugehörige HF-Spannung der Tabelle des Abschnittes 3.082 zu entnehmen.

### **3.094 Messung der relativen Richtspannungspegel**

Am Meßobjekt soll nun ein Pegelunterschied von 3 db gemessen werden. Hierzu bringt man den Schalter „Pegellinie“ in die Stellung 0 db und dreht den Knopf „Richtspannung“ so weit auf, daß die Spitze der Resonanzkurve an der 0-db-Pegellinie anliegt

(Bild 5). Dann wird der Schalter auf – 3 db gestellt. Die nun am Oszillografen abgebildete Pegellinie gibt die Richtspannungs-Pegeldifferenz zur Spitze der Resonanzkurve an.

Um den Pegelunterschied der HF-Spannung am Ausgang des Meßobjektes zu ermitteln, muß die Kennlinie des verwendeten Gleichrichters mit einbezogen werden. Für den im Beispiel verwendeten Gleichrichterkopf gilt die Kurve Bild 15. Für eine Richtspannungs-Pegeldifferenz von – 3 db und einer Richtspannung von 1,5 V ergibt sich danach ein HF-Spannungs-Pegelunterschied von – 2,7 db.

Soll eine Pegeldifferenz der Richtspannung von – 2 db gemessen werden, so wird die Pegellinie zuerst auf +1 db eingestellt und die Spitze der Resonanzkurve mit dem Knopf „Richtspannung“ an diese Linie angelegt. Hierauf schaltet man den Schalter „Pegellinie“ auf – 1 db. Die Pegeldifferenz der beiden nacheinander am Oszillografen abgebildeten Linien ist dann – 2 db. Auf die gleiche Weise können fast alle Pegeldifferenzen zwischen 1 db und 50 db eingestellt werden.

### **3.095 Frequenzmarken**

Bei der gleichen Einstellung des SWH wie für Bild 5 (Pegellinie 0 db und Spitze der Resonanzkurve an dieser anliegend) wird nun die „Markenhöhe“ etwas vergrößert. Hierauf dreht man den Schalter „Markenabstand“ in die Stellung „100 kHz“ und dreht das Markensieb so weit auf, bis das am Schalter „Markenabstand“ in der Stellung „100 kHz“ angegebene Markenbild (Vierer-Gruppen) auch auf dem Bildschirm entlang der Kurve erscheint. Die Frequenzmarken werden nur mit dem Knopf „Markenhöhe“ auf eine passende Amplitude eingestellt. Die Markenhöhe braucht hernach gewöhnlich nicht mehr verändert zu werden (Bild 6).

### **3.096 Messung der Resonanzfrequenz**

Nun wird die Frequenz der Marken bestimmt. Man bringt z. B. eine zwischen den Vierergruppen liegende Lücke (500-kHz-Punkt) mit Hilfe des Knopfes „Mittenfrequenz“ ungefähr auf Bildmitte (Bild 6). Die Frequenz, die der Mitte der Lücke entspricht, kann dann auf der Frequenzskala abgelesen werden. Sie ist das der Einstellung des Zeigers am nächsten benachbarte 500-kHz-Vielfache, in diesem Beispiel 10 MHz. Bei großem Hub ist infolge der dann eventuell auftretenden Unsymmetrie eine kleine Verschiebung der Mittenfrequenz aus der Bildmitte möglich. Die Spitze der Resonanzkurve liegt nun in diesem Meßbeispiel zwischen der zweiten und dritten Marke rechts neben der 10-MHz-Lücke. Die Resonanzmitte befindet sich somit zwischen 10,2 und 10,3 MHz.

Beim Verkleinern des Frequenzhubes und Umschalten des Markenabstandes kann um eine Dezimalstelle genauer abgelesen werden (Bild 7 und 8), und bei weiterem Verkleinern des Frequenzhubes läßt sich noch eine Dezimale schätzen (Bild 9). Damit ist die genaue Resonanzfrequenz 10,233 MHz. Die Genauigkeit der nach Bild 9 eingestellten 10-kHz-Frequenzmarken und damit die Genauigkeit dieser Frequenzmessung ergibt sich aus der im Abschnitt 3.061 angegebenen Formel:

$$F = \pm(1 \cdot 10^{-4} \cdot f + 3 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta f + 500) \text{ Hz}$$

Mit  $f = 10 \text{ MHz}$  und  $\Delta f = 10 \text{ kHz}$  ist

$$F = \pm(1 \cdot 10^{-4} \cdot 10^7 + 3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^4 + 500) \text{ Hz} = \pm 1,8 \text{ kHz} \text{ oder } \pm 1,8 \cdot 10^{-4}$$

Der Fehler liegt somit in der Größenordnung der Ablesegenauigkeit.

### 3.097 Messung der Bandbreite

Die Resonanzspitze wird mit dem Knopf „Richtspannung“ an die 0-db-Pegellinie angeglichen. Dann bringt man den Schalter „Pegellinie“ auf –3 db und stellt ein passendes Frequenzmarkenspektrum ein. Im Beispiel wurden 10-kHz-Frequenzmarken verwendet. Hierauf verkleinert man den Frequenzhub, bis die Bandbreite ungefähr das ganze Schirmbild ausfüllt (Bild 10). Nun können auf der –3-db-Pegellinie die entsprechenden Frequenzen abgelesen werden. Die Bandbreite ist somit

$$b = f_2 - f_1 = 10,37 - 10,11 = 0,26 \text{ MHz}.$$

Die Pegeldifferenz gilt auch für die HF-Spannung, solange der verwendete Gleichrichter noch eine lineare Richtkennlinie aufweist.

### 3.098 Messung der Bandbreite für –20 db Hochfrequenz-Pegeldifferenz

Da bei kleinen Richtspannungen und größeren Pegelunterschieden der Gleichrichterkopf nicht mehr linear arbeitet, muß eine Korrektur nach der Kurve Bild 15 durchgeführt werden. Im Beispiel beträgt die Richtspannung an der höchsten Stelle der Resonanzkurve 1,5 V. Für den Gleichrichterkopf ergibt sich nach der Kurve Bild 15 für eine Pegeldifferenz der Hochfrequenzspannung von –20 db eine Pegeldifferenz der Richtspannung von –23,5 db. Zur Messung muß also die Pegellinie um –23 db heruntergeschaltet werden. Es wird folgendermaßen verfahren: Schalter „Pegellinie“ auf +3 db einstellen und Spitze der Resonanzkurve mit dieser Pegellinie mittels Knopf „Richtspannung“ zur Deckung bringen. Schalter „Pegellinie“ auf Stellung –20 db umschalten (Differenz = –23 db). Die Pegellinie schneidet nun die Resonanzkurve bei einer HF-Pegeldifferenz bezogen auf die Resonanzkurvenspitze von –20 db. Da diese Schnitt-

punkte außerhalb des Schirmbildes liegen, muß die Mittenfrequenz des SWH nacheinander so verändert werden, daß erst der eine, dann der andere Schnittpunkt auf dem Schirmbild erscheint wie im Bild 11 a bzw. Bild 11 b. Hierbei ist es meistens erforderlich, die Y-Verstärkung des Oszillografen zu erhöhen. An Hand der Frequenzskala und der 100-kHz-Frequenzmarken erfolgt die Frequenzorientierung und nach dem Übergang von den 100-kHz- auf die 10-kHz-Marken die genaue Frequenzbestimmung der Schnittpunktfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$ . In diesem Beispiel ergibt sich für – 20 db HF-Pegeldifferenz eine Bandbreite:

$$b = f_2 - f_1 = 12,11 - 8,79 = 3,32 \text{ MHz.}$$

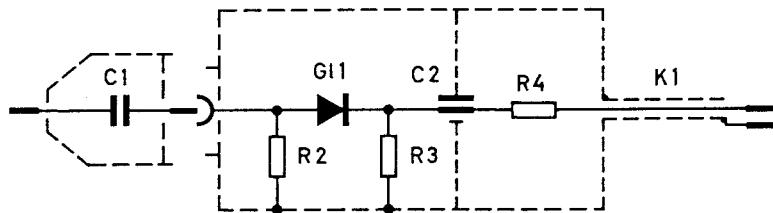
### 3.10 Einstellen der Hüllkurve ohne Zwischenschaltung eines Gleichrichters

Diese Methode wird wenig angewendet, weil die Ankopplung des Oszillografen an das Meßobjekt häufig zu große Rückwirkung verursacht. Auch steht in den meisten Fällen kein Oszillograf zur Verfügung, dessen Y-Verstärker den erforderlichen linearen Frequenzgang für die Hochfrequenz aufweist. Bei Anwendung dieser Darstellungsart wird der Gleichrichterkopf nicht verwendet. Die Ausgangsspannung des Meßobjektes wird direkt an den Y-Eingang des Oszillografen gelegt. Der Y-Stecker des vom SWH kommenden Kabels (in Bild 1 mit „X-Y-Ablenkung“ bezeichnet) wird in die Z-Buchsen (Z-Achse) des Oszillografen gesteckt. Der Richtspannungseingang des SWH bleibt frei. Auf dem Oszillografenschirm erscheint dann symmetrisch zur Nulllinie eine ausgefüllte Fläche, ähnlich wie beim Oszillografieren einer amplitudenmodulierten Hochfrequenzschwingung mit einer Kippfrequenz, die in der Größenordnung der Modulationsfrequenz liegt (Bild 12). Die Kurve entsteht durch den frequenzabhängigen Dämpfungsverlauf des Meßobjektes, der die Amplitude der im Wobbelsender frequenzmodulierten Schwingung entsprechend modelt. Die Frequenzmarken werden hierbei zur Dunkelsteuerung des Oszillografen benutzt. Sie erscheinen als senkrechte feine Dunkellinien innerhalb der auf dem Schirm abgebildeten Fläche (Bild 13). Pegellinien können nicht eingeblendet werden.

## 4 Wirkungsweise und Aufbau

Der Wobbelsender SWH (siehe Blockschaltbild Bild 16 und Stromlauf Bild 17) besteht im wesentlichen aus einem frequenzmodulierten Oszillator, einem Hochfrequenzverstärker, einer Modulationsquelle, einem Pegelmarkengeber, einer Verstärkerstufe mit Mischeinrichtung, die der vom Meßobjekt kommenden Richtspannung die Pegelmarken- und Frequenzmarkenspannung zumischt, und einem röhrengeregelten Netzteil.

Der Frequenzmodulator des Oszillators (Abschn. 4.1) wird von einer Modulationsquelle (Abschn. 4.2) gesteuert, die den Multivibrator Rö11, den Sägezahnumformer und den Kathodenverstärker Rö12 enthält. Der Gegentaktverstärker Rö9 – Rö10 (Abschnitt 4.3) verstärkt die frequenzmodulierte HF-Spannung, die dann über den Ausgangsspannungssteiler (Abschnitt 4.3) und die Ausgangsbuchse dem Eingang des zu untersuchenden Objektes zugeführt wird. Die Ausgangsspannung dieses Objektes wird gleichgerichtet, was



Stromlauf zum Gleichrichterkopf des SWH (siehe auch Schnittzeichnung auf Seite 35)

entweder durch einen eingebauten Gleichrichter oder den mitgelieferten Gleichrichterkopf erfolgen kann, und die Richtspannung dem Richtspannungseingang zugeführt. Diese Richtspannung, die dem Dämpfungsverlauf des Meßobjektes in Abhängigkeit von der Frequenz entspricht, wird über den Signalmischer Rö16 an den Y-Eingang des Oszilloskops gebracht.

Da der Sägezahnumformer, der die Frequenzmodulation steuert, auch gleichzeitig die X-Ablenkung des Elektronenstrahls der Oszilloskrohre bewirkt, sind beide Vorgänge zwangsläufig synchronisiert. Dadurch entsteht auf dem Bildschirm des Oszilloskops unmittelbar ein Kurvenbild, das den Frequenzgang des Meßobjektes wiedergibt. Der Multivibrator, der die Modulationsfrequenz ( $\approx 20$  Hz) bestimmt, sperrt während des Strahlrücklaufes den Eingang des Gegentaktverstärkers, so daß während dieser Zeit kein Kurvenbild auf dem Oszilloskopschirm erscheint.

Um die auf dem Bildschirm erscheinende Kurve auch quantitativ auswerten zu können, werden der Y-Ablenkspannung durch den Signalmischer Rö16 Frequenzmarken in Form von nadelförmigen Impulsen zugemischt, die der Frequenzmarkengeber (Abschnitt 4.4) erzeugt. Sie erscheinen zusammen mit der Kurve auf dem Bildschirm. Während des Strahlrücklaufes, also wenn kein Kurvenbild gezeichnet wird, tastet der Multivibrator den Pegelgeber auf, so daß während dieser Zeit eine der dreizehn möglichen Pegellinien erscheint. Welche Linie dies sein soll, kann mit dem mit „Pegellinie“ bezeichneten Schalter bestimmt werden. Durch die Trägheit des Auges erscheinen Kurve und Pegellinie gleichzeitig auf dem Bildschirm.

#### 4.1 Oszillator mit automatischem Amplitudenregler und Frequenzmodulator

Die Frequenzmodulation des Oszillators (Rö6I, Rö7) erfolgt durch Stromflußwinkelsteuerung des Schwingkreisteilstromes, der über den Drehkondensator C43II fließt. Dieser ist im Gleichlauf mit dem Abstimm-Drehkondensator. Hierdurch wird der Frequenzhub über den gesamten Frequenzbereich relativ konstant. Eine verzögerte Rückwärtsregelung mit hoher Schleifenverstärkung (Rö6II, Rö8) beseitigt die störende Amplitudenmodulation. Die Zeitkonstanten im Regelspannungskreis sind so dimensioniert, daß die Regelung zwar der Störmodulation folgen kann, aber der tiefsten Trägerfrequenz von 50 kHz noch nicht entgegenwirkt. Zur Unterdrückung der Hochfrequenz im Regelkreis dienen Siebglieder. Damit deren Laufzeiten nicht zu Regelschwingungen führen, erfolgt zugleich eine schnelle Audionregelung an der ersten Röhre des zweistufigen Oszillators. Durch geeignete Aussteuerung der Oszillatroröhren hat der Anodenstrom, der den Schwingkreis speist, eine symmetrische Rechteckform. Somit enthält er als niedrige Oberwelle die dritte Harmonische, die durch den Kreis gut ausgesiebt wird. Der Hochfrequenzklirrfaktor bleibt daher trotz starker Bedämpfung des Schwingkreises durch den Modulator klein.

#### 4.2 Modulationsquelle

Der Wobbelsender SWH soll auch zur Untersuchung schmaler Filter geeignet sein. Dieser Forderung entspricht der klein einstellbare Frequenzhub und die niedrige, sägezahnförmige Wobbelfrequenz, die aber dennoch ausreicht, um bei Verwendung von Oszillografen ohne Nachleuchtschirm hinreichend flimmerfreie Bilder zu liefern. Infolge der kleinen Wobbelgeschwindigkeit schwingen auch verhältnismäßig steile Filter noch gut ein.

Die sägezahnförmige Frequenzmodulations-Spannung entsteht an einem Kondensator mit eingeprägtem Ladestrom (C59), der periodisch von einem Multivibrator über eine Diode entladen wird. Gleichzeitig dient die Ausgangsspannung des Multivibrators zur Austastung des Verstärkers und zur Speisung des Pegelgebers. Der Frequenzmodulator erfordert zur Einhaltung des optimalen Arbeitspunktes auf dem Wendepunkt seiner Modulationskennlinie eine niederohmige Modulationsquelle, die aus einem zweistufigen Katodenverstärker besteht.

#### 4.3 Verstärker und Ausgangsteiler

Der vom Oszillator gesteuerte Gegentaktverstärker (Rö9, Rö10) wird während des Strahlrücklaufes ausgetastet. Er zeichnet sich durch kleinen Hochfrequenz-Klirrfaktor, guten Wirkungsgrad und dadurch aus, daß er die Austastimpulse unterdrückt, so daß diese

auf dem Oszillografenschirm nicht erscheinen. Im Anodenkreis des Verstärkers befinden sich zur Verbesserung des Frequenzganges Entzerrungsdrosseln (L14, L15). Die Sekundärseite des Ausgangs-Übertragers Tr2 speist einen ohmschen Spannungsteiler (R53), der einen mit dem Drehwinkel exponentiell ansteigenden Dämpfungsverlauf hat. Die große Ausgangsspannung des SWH, die im Leerlauf maximal 2 V beträgt, reicht in den meisten Fällen aus, um nach der Gleichrichtung hinter dem Meßobjekt die zur Y-Ablenkung des Oszillografen erforderliche Spannung auch dann abzugeben, wenn eine lose Ankopplung erforderlich ist, wie z. B. bei Filtern, die durch den Ausgangswiderstand nur wenig bedämpft werden dürfen.

#### 4.4 Frequenzmarkengeber

Der eingebaute Markengeber gestattet eine genaue Frequenzbestimmung während des Wobbelvorgangs. Die Frequenzmarken verteilen sich auf dem Oszillogramm skalenförmig über den gesamten Frequenzhub. Ihr Abstand kann wahlweise auf 100, 50 oder 10 kHz eingestellt werden. Sie entstehen durch Mischen der Wobbelsenderfrequenz mit dem im Verzerrer (Rö1II, Rö3) erzeugten Oberwellenspektrum. Zur Bildung des 100-kHz-Markenabstandes wird der Verzerrer an seinem Eingang von einem 500-kHz-Quarzoszillator (Rö1I) gesteuert. Zur Gewinnung des 10- und 50-kHz-Abstandes dient eine von der Quarzfrequenz mittels Frequenzteiler abgeleitete Grundfrequenz von 50 kHz.

Im Anodenkreis der Mischstufe (Rö4) befinden sich Filter zur Erzeugung der Marken. So ist z. B. bei den 50-kHz-Marken ein auf 3 kHz abgestimmter Resonanzkreis eingeschaltet. Jedesmal wenn der Wobbelsender eine Frequenz durchläuft, die 3 kHz über oder unterhalb einer Spektrumslinienfrequenz liegt, schwingt dieser Kreis ein und stößt bei jeder Schwingung den ihm nachgeschalteten monostabilen Multivibrator (Flip-Flop Rö5) an, und zwar so lange, als die am Resonanzkreis mit dem Knopf „Markensieb“ einstellbare HF-Spannung die Ansprechschwelle des Multivibrators überschreitet. Diese Spannung kann so eingestellt werden, daß jedesmal nur ein einzelner Nadelimpuls erzeugt wird. Da der Oszillograf zugleich eine der Modulationsspannung proportionale X-Ablenkspannung vom Wobbelsender erhält, entspricht jeder Punkt der X-Achse einer bestimmten Wobbelsenderfrequenz, die durch die Marken genau definiert ist.

In ähnlicher Weise werden auch das 10- und 100-kHz-Spektrum erzeugt. Nur werden hier beim Wobbeln nacheinander zwei verschiedene Schwingkreise angestoßen, die z. B. beim 10-kHz-Spektrum auf 10 und 20 kHz abgestimmt sind. Damit wird in 10 und 20 kHz Abstand oberhalb und unterhalb eines jeden 50-kHz-Vielfachen eine Frequenzmarke erzeugt, so daß schließlich immer vier 10 kHz auseinanderliegende Marken er-

scheinen. An der Stelle der 50-kHz-Vielfachen wird eine 20 kHz breite Lücke gebildet. Auf diese Art und Weise entsteht auf dem Oszillografenschirm eine sehr übersichtliche Markenleiter. Zur genauen Frequenzbestimmung geht man zweckmäßig von einem genügend groben Spektrum und der Wobbelsender-Eichung aus und schaltet dann nacheinander feinere Spektren ein. Bei kleinen Hüben können Bruchteile eines 10-kHz-Abstandes noch gut geschätzt werden. Auf diese Weise ist die Bestimmung mehrerer Filterpunkte gleichzeitig in einem Meßvorgang möglich.

Durch die Quarzsteuerung des Markengebers wird eine hohe Genauigkeit der Frequenzmarken erzielt. Zu dem durch die Quarzgenauigkeit bedingten Fehler ( $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ ) kommt bei kleinem Hub noch ein möglicher Abstimmfehler der Markenresonanzkreise im Anodenkreis der Mischstufe hinzu, bei größerem Hub noch ein Fehleranteil, der durch Einschwingvorgänge dieser Kreise bedingt ist und der proportional mit dem Frequenzhub ansteigt (siehe Abschnitt 1 und Abschnitt 3.061).

In den beiden Stellungen „Fremd“ des Schalters „Markenabstand“ wird die fremd eingekoppelte Frequenz mit der Wobbelsender-Frequenz interferiert, und jedesmal, wenn diese Differenzfrequenz den 3-kHz- bzw. 1-kHz-Markenkreis (Resonanzkreis) anstößt, entsteht auf die vorher beschriebene Art eine Frequenzmarke. Da diese Frequenz 3 kHz bzw. 1 kHz oberhalb und unterhalb der Schwebungslücke entsteht, erscheint eine Doppelmarke mit  $\pm 3$  kHz bzw.  $\pm 1$  kHz Abstand von der Fremdfrequenz (siehe auch Abschnitt 3.061).

#### 4.5 Pegelgeber und Signalmischer

Außer den Frequenzmarken werden der Y-Signalspannung für den Oszillografen auch Pegelmarken beigemischt. Hierdurch ist ohne weitere Hilfsmittel eine schnelle und vollständige quantitative Auswertung der Meßkurven möglich. Die Pegellinien entstehen durch Parallelverschiebung der Nulllinie, die am Oszillografen durch Austastung der Ausgangsspannung während des Strahlrücklaufes zustande kommt. Zur Erzeugung der Pegellinie wird zur Y-Signalspannung eine Rechteck-Spannung hinzugefügt, die sich während des Strahlvorlaufes an den Pegel 0 anklammert und daher die Wobbelkurve nicht beeinflußt, während des Strahlrücklaufes hingegen einen konstanten, in Stufen umschaltbaren Pegel aufweist. Damit auch die Rechteckspannung synchron mit der Frequenzmodulations-, X-Ablenk- und Austastspannung verläuft, wird sie ebenso wie diese Spannungen vom Multivibrator (Rö11) abgeleitet. Hierzu wird die Anodenspannung der Röhre Rö11 nach Begrenzung und Anklammerung mit Hilfe zweier Dioden (G19, G110) und Spannungsteilung über den Stufenteiler (S5) dem Gitter der Signal-Mischstufe (Rö16)

zugeleitet. An das andere Gitter dieser Doppeltriode, deren Kathoden über einen gemeinsamen Widerstand verkoppelt sind, wird die dem Ausgang des Meßobjektes entnommene, gleichgerichtete Meßspannung angelegt. Der zwischengeschaltete, kontinuierlich einstellbare Spannungsteiler (R97) gestattet, die Meßspannung an einem beliebigen Punkt der Wobbelkurve, z. B. auf einer Spitze oder in einem Sattel, einer Pegellinie, vorzugsweise der 0-db-Pegellinie, anzugeleichen. Bei Einstellung dieses Spannungsteilers in eine besondere, auf der Frontplatte markierte Stellung, entspricht jede Pegellinie einer bestimmten Richtspannung. Hierdurch kann auch die absolute Größe der vom Meßobjekt stammenden Richtspannung bequem gemessen werden.

Die Signal-Mischstufe ist galvanisch an den Richtspannungs-Eingang angekoppelt, wodurch bei Anschluß eines Gleichrichters, z. B. des Gleichrichterkopfes, der Richtwiderstand für die Gleichstrom- und Wechselstrom-Komponente gleich ist. Verzerrungen der Meßkurve werden dadurch vermieden.

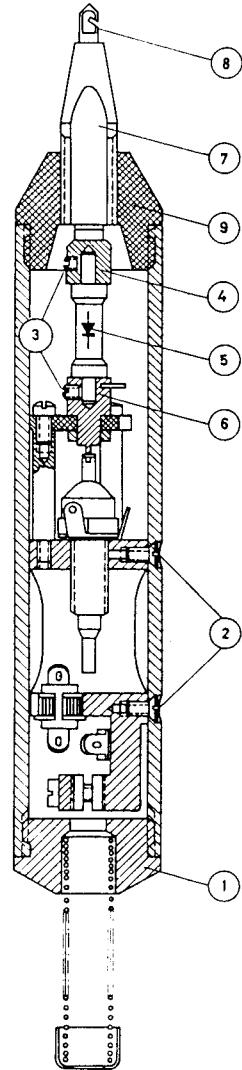
#### 4.6 Netzteil

Der Wobbelsender SWH enthält einen elektronisch geregelten Netzteil (Rö13, Rö14), der zur Erzielung eines vernachlässigbaren Störfrequenzhubes nur eine kleine Restbrummspannung aufweist. Die negative Spannungsquelle ist glimmlampenstabilisiert (Rö15). Sie dient zugleich als Bezugsspannung der röhrengeregelten positiven Spannungsquelle. Der Netzeingang ist auf die vier Netzspannungen 115, 125, 220 und 235 V umschaltbar. Netzspannungs-Schwankungen von  $\pm 10\%$  sind zulässig.

## 5 Auswechseln der Röhren und der Diode im Gleichrichterkopf

Alle Röhren können ohne Einfluß auf die Wirkungsweise des Gerätes gegen andere Röhren derselben Type ausgewechselt werden. Die Röhren des Markengeberteiles Rö1 bis Rö5 und des Netzteiles Rö13 bis Rö15 können nach Herausnehmen des SWH aus dem Gerätekasten erreicht werden. Die Röhren Rö6 bis Rö12 sind nach Abschrauben des oberen Deckels vom Abschirmgehäuse des Senderteiles zugänglich.

Auch die Diode des Gleichrichterkopfes kann man, ohne die Wirkungsweise zu beeinflussen, durch eine neue gleicher Type (GK5111) ersetzen. Nach Lösen der Kappe (1), siehe nebenstehende Zeichnung, und zweier Senkkopfschrauben (2) in der Hülse kann die in dieser enthaltene Baugruppe am Kabel nach hinten herausgezogen werden. Hierauf löst man die beiden Madenschrauben (3), nimmt die Buchse (4) von der Diode (5) ab und diese aus der Buchse (6) heraus. Das Einsetzen der neuen Diode erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Ehe man die Baugruppe wieder in die Hülse zurückzieht, schraubt man, um die Toleranz in der Diodenlänge auszugleichen, den Konus (7) um einige Gewindegänge heraus. Nachdem die Baugruppe in die Hülse zurückgesoben und mit den beiden Senkschrauben (2) befestigt ist, wird der Konus wieder festgeschraubt. Der Konus (7) läßt sich nach einer eventuellen Zerstörung (z. B. durch Lötkolben) leicht auswechseln. Man schraubt ihn durch Linksdrehen aus der Gewindeguss (9) und nimmt die Tastspitze (8) nach rückwärts aus dem Konus. Ein Ersatzkonus kann unter der Bestellnummer 1091-24.8.9 von ROHDE & SCHWARZ bezogen werden. Die Tastspitze allein ist unter der Bestellnummer 42431-1.13 beziehbar.



## 6 Schaltteilliste

### 6.1 Schaltteilliste des Wobbelsenders

Kenn-zeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C 1	Keramikkondensator	10 pF	CCG 68/10
C 2	Keramikkondensator	47 pF	CCH 68/47
C 3	Keramikkondensator	27 pF	CCG 68/27
C 4	Keramikkondensator	27 pF	CCG 68/27
C 5	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPK 50 000/250
C 6	Keramikkondensator	270 pF	CCH 68/270
C 7	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPK 50 000/250
C 8	Kf-Kondensator	500 pF/125 V	CKD 2/500/125
C 9	Kf-Kondensator	500 pF/125 V	CKD 2/500/125
C 10	Kf-Kondensator	400 pF/500 V	CKD 2/400/500
C 11	Keramikkondensator	100 pF	CCH 68/100
C 12	Keramikkondensator	4 pF	CCG 41/4
C 13	Keramikkondensator	56 pF	CCH 68/56
C 14	Keramikkondensator	1 pF	CCG 21/1
C 15	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPK 50 000/250
C 16	Kf-Kondensator	1000 pF $\pm$ 2% /500 V	CKS 1000/2/500
C 17	Kf-Kondensator	100 pF/500 V	CKD 2/100/500
C 18	Kf-Kondensator	400 pF/500 V	CKD 2/400/500
C 19	Kf-Kondensator	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 20	Kf-Kondensator	2500 pF/250 V	CKS 2500/250
C 21	MP-Kondensator	1 $\mu$ F/250 V	CMR 1/250
C 22	Ker. Df-Kondensator	5000 pF/500 V	CFR 1/5000/500
C 23	Ker. Df-Kondensator	5000 pF/500 V	CFR 1/5000/500
C 24	Ker. Df-Kondensator	5000 pF/500 V	CFR 1/5000/500
C 25	Papierkondensator	1000 pF/1000 V	CPK 1000/1000
C 26	Keramikkondensator	22 pF	CCG 68/22
C 27	Keramikkondensator	22 pF	CCG 68/22
C 28	Papierkondensator	25 000 pF/250 V	CPK 25 000/250
C 29	Papier-Df-Kondensator	50 000 pF/300 V	CPD 50 000/300
C 30	Papier-Df-Kondensator	1 000 000 pF/125 V	CPD 2/1 000 000/125
C 31	Keramikkondensator	27 pF	CCG 68/27
C 32	Ker. Df-Kondensator	5000 pF/500 V	CFR 1/5000/500
C 33	Kf-Kondensator	10 000 pF $\pm$ 2% /250 V	CKS 10 000/2/250
C 34	Keramikkondensator	100 pF	CCH 68/100
C 35	MP-Kondensator	8 $\mu$ F/250 V	CMR 8/250

Kenn-zeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C 43	Drehkondensator		4242 – 1.1
C 44	Keramikkondensator	470 pF	CCK 68/470
C 45	Kf-Kondensator	20 pF/500 V	CKD 2/20/500
C 46	Keramikkondensator	15 pF	CCG 68/15
C 47	Keramikkondensator	15 pF	CCG 68/15
C 48	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 49	Keramikkondensator	56 pF	CCH 68/56
C 50	Keramikkondensator	56 pF	CCH 68/56
C 51	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPK 50 000/250
C 52	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 53	Keramikkondensator	100 pF	CCH 68/100
C 54	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 55	Ker. Df-Kondensator	5000 pF/500 V	CFR 1/5000/500
C 56	Papierkondensator	2500 pF/1000 V	CPK 2500/1000
C 57	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 58	Papierkondensator	5000 pF/400 V	CPK 5000/400
C 59	MP-Kondensator	2 $\mu$ F/160 V	CMR 2/160/2
C 60	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 61	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 62	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 63	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 64	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 65	Papier-Df-Kondensator	50 000 pF/300 V	CPD 50 000/300
C 66	Papier-Df-Kondensator	50 000 pF/300 V	CPD 50 000/300
C 67	Papier-Df-Kondensator	1 000 000 pF/125 V	CPD 2/1 000 000/125
C 68	Papier-Df-Kondensator	50 000 pF/300 V	CPD 50 000/300
C 69	Keramikkondensator	39 pF	CCH 68/39
C 71	MP-Kondensator	16 $\mu$ F/350 V	CMR 8 + 8/350
C 72	MP-Kondensator	4 $\mu$ F/350 V	CMR 4/350
C 73	Papierkondensator	100 000 pF/400 V	CPK 100 000/400
C 74	MP-Kondensator	8 $\mu$ F/250 V	CMR 8/250
C 75	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C 76	MP-Kondensator	0,5 $\mu$ F/250 V	CMR 0,5/250/2
C 77	Papierkondensator	2500 pF/1000 V	CPK 2500/1000
C 78	Papierkondensator	2500 pF/1000 V	CPK 2500/1000
C 80	MP-Kondensator	1 $\mu$ F/160 V	CMR 1/160/2
C 81	MP-Kondensator	1 $\mu$ F/160 V	CMR 1/160/2
C 82	MP-Kondensator	2 $\mu$ F/250 V	CMR 2/250/1
C 83	Keramikkondensator	27 pF	CCG 68/27

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
GI 1	Kristall-Diode		GK 2561
GI 2	Kristall-Diode		GK/T 22
GI 3	Kristall-Diode		GK/T 22
GI 4	Kristall-Diode		GK 2591
GI 5	Kristall-Diode		GK 2591
GI 6	Gleichrichter	720 V/85 mA	GN 19/720/85 M
GI 7	Gleichrichter	250 V/30 mA	GNB 14/250/30
GI 8	Gleichrichter	150 V/30 mA	GNB 14/150/30
GI 9	Kristall-Diode		GK/S 33
GI 10	Kristall-Diode		GK/S 33
K 1	HF-Kabel		LKK 61900
K 2	HF-Kabel		LKK 61900
K 4	HF-Kabel		4242 – 13
K 5	Anschlußkabel		LK 303
K 6	Abgesch. Schaltdraht		LDA 0,8 ge
K 7	Abgesch. Schaltdraht		LDA 0,8 ge
K 8	HF-Kabel		LK 126/6
K 10	Kabel		4242 – 14
L 1	Schwingspule		4242 – 2.3
L 2	Anodenspule		4242 – 2.4
L 3	Kreisspule		4242 – 2.5/2
L 4	Kreisspule		4242 – 2.6
L 5	Kreisspule		4242 – 2.7
L 6	Kreisspule		4242 – 2.8
L 7	Kreisspule		4242 – 2.9
L 8	Schwingspule		4242 – 1.2.5
L 9	Schwingspule		4242 – 1.2.6
L 10	Schwingspule		4242 – 1.2.7
L 11	Schwingspule		4242 – 1.2.8
L 12	Schwingspule		4242 – 1.2.9
L 13	Schwingspule		4242 – 1.2.10
L 14	Spule		4242 – 1.26
L 15	Spule		4242 – 1.26
L 16	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 17	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 18	Heizdrossel		4242 – 1.28/2
L 19	Heizdrossel		4242 – 1.28/2
L 20	HF-Drossel		4242 – 1.27

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
L 21	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 22	Heizdrossel		4242 – 1.28/2
L 23	Heizdrossel		4242 – 1.28/2
L 24	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 25	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 26	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 27	HF-Drossel		4242 – 1.27
L 28	Drossel		DB 12/2
L 29	HF-Drossel		4242 – 3.3
L 30	HF-Drossel		4242 – 3.3
L 31	HF-Drossel		4242 – 3.3
Q 1	Schwingquarz	500 kHz	QS 21
R 2	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 3	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 4	Schichtwiderstand	16 kΩ/1 W	WF 16 k/1
R 5	Schichtwiderstand	16 kΩ/1 W	WF 16 k/1
R 6	Schichtwiderstand	40 kΩ/0,25 W	WF 40 k/0,25
R 7	Schichtwiderstand	20 kΩ/0,25 W	WF 20 k/0,25
R 8	Schichtwiderstand	50 kΩ/0,25 W	WF 50 k/0,25
R 9	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 10	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,25 W	WF 60 k/0,25
R 11	Schichtwiderstand	50 kΩ/0,5 W	WF 50 k/0,5
R 12	Schichtwiderstand	30 kΩ/0,25 W	WF 30 k/0,25
R 13	Schichtwiderstand	200 kΩ/0,25 W	WF 200 k/0,25
R 14	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 15	Schichtwiderstand	1,6 MΩ/0,25 W	WF 1,6 M/0,25
R 16	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 17	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 18	Schichtwiderstand	80 kΩ/0,25 W	WF 80 k/0,25
R 19	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 20	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 21	Schichtwiderstand	200 kΩ/0,25 W	WF 200 k/0,25
R 22	Schichtwiderstand	2 MΩ/0,25 W	WF 2 M/0,25
R 23	Schichtwiderstand	20 kΩ/0,5 W	WF 20 k/0,5
R 24	Schichtwiderstand	16 kΩ/0,5 W	WF 16 k/0,5
R 25	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 26	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 27	Drahtwiderstand	10 kΩ/2 W	WDG 10 k/2

Kenn-zeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R 28	Drahtwiderstand	10 kΩ/2 W	WDG 10 k/2
R 29	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 30	Schichtwiderstand	5 kΩ/0,5 W	WF 5 k/0,5
R 31	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 32	Schichtwiderstand	1 kΩ/1 W	WF 1 k/1
R 33	Schichtwiderstand	500 Ω/0,25 W	WF 500/0,25
R 34	Schichtwiderstand	30 kΩ/0,25 W	WF 30 k/0,25
R 35	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 36	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 37	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 38	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 39	Schichtwiderstand	2 MΩ/0,25 W	WF 2 M/0,25
R 40	Schichtwiderstand	200 kΩ/0,25 W	WF 200 k/0,25
R 41	Schichtwiderstand	100 kΩ/1 W	WF 100 k/1
R 42	Schichtwiderstand	4 kΩ/0,25 W	WF 4 k/0,25
R 43	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 44	Schichtwiderstand	800 kΩ/0,25 W	WF 800 k/0,25
R 45	Schichtwiderstand	400 kΩ/0,25 W	WF 400 k/0,25
R 46	Schichtwiderstand	2 MΩ/0,25 W	WF 2 M/0,25
R 47	Schichtwiderstand	40 kΩ/0,25 W	WF 40 k/0,25
R 48	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 49	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 50	Schichtwiderstand	20 Ω/0,1 W	WF 20/0,1
R 51	Schichtwiderstand	20 Ω/0,1 W	WF 20/0,1
R 52	Schichtwiderstand	600 Ω/1 W	WF 600/1
R 53	Schicht-Drehwiderstand	60 Ω	WSH 12/60
R 54	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,5 W	WF 100 k/0,5
R 55	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 56	Schichtwiderstand	25 kΩ/0,25 W	WF 25 k/0,25
R 57	Schichtwiderstand	10 kΩ/0,25 W	WF 10 k/0,25
R 58	Schichtwiderstand	1,25 MΩ/0,25 W	WF 1,25 M/0,25
R 59	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,25 W	WF 160 k/0,25
R 60	Schichtwiderstand	5 kΩ/0,25 W	WF 5 k/0,25
R 61	Schicht-Drehwiderstand	1 MΩ log.	WS 7226/1 M
R 62	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 63	Schichtwiderstand	50 Ω/0,1 W	WF 50/0,1
R 64	Schichtwiderstand	2 MΩ/0,25 W	WF 2 M/0,25
R 65	Schicht-Drehwiderstand	50 kΩ lin.	WS 9122 F/50 k
R 66	Schichtwiderstand	300 Ω/0,25 W	WF 300/0,25

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R 67	Schichtwiderstand	8 kΩ/0,5 W	WF 8 k/0,5
R 68	Schichtwiderstand	50 Ω/0,1 W	WF 50/0,1
R 69	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 70	Schicht-Drehwiderstand	250 kΩ lin.	WS 9122 F/250 k
R 71	Schichtwiderstand	300 kΩ/0,25 W	WF 300 k/0,25
R 72	Schichtwiderstand	50 kΩ/0,25 W	WF 50 k/0,25
R 73	Schichtwiderstand	10 kΩ/0,25 W	WF 10 k/0,25
R 74	Schichtwiderstand	40 Ω/0,25 W	WF 40/0,25
R 75	Schichtwiderstand	200 kΩ/0,25 W	WF 200 k/0,25
R 76	Drahtwiderstand	6 kΩ/12 W	WD 6 k/12
R 77	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 78	Schichtwiderstand	3 MΩ/0,25 W	WF 3 M/0,25
R 79	Schichtwiderstand	1 kΩ/0,25 W	WF 1 k/0,25
R 80	Schichtwiderstand	80 kΩ/0,25 W	WF 80 k/0,25
R 81	Schichtwiderstand	4 kΩ/0,25 W	WF 4 k/0,25
R 82	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,25 W	WF 500 k/0,25
R 83	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 84	Schichtwiderstand	125 kΩ/0,25 W	WF 125 k/0,25
R 85	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 86	Drahtwiderstand	3 kΩ/4 W	WD 3 k/4
R 87	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,5 W	WF 60 k/0,5
R 88	Schicht-Drehwiderstand	100 kΩ lin.	WS 7126/100 k
R 89	Schicht-Drehwiderstand	250 kΩ lin.	WS 7126/250 k
R 90	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,25 W	WF 60 k/0,25
R 91	Schicht-Drehwiderstand	2,5 kΩ lin.	WS 9122 F/2,5 k
R 92	Schichtwiderstand	1,6 MΩ/0,25 W	WF 1,6 M/0,25
R 93	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,25 W	WF 1 M/0,25
R 94	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,25 W	WF 100 k/0,25
R 95	Schichtwiderstand	10 kΩ/0,5 W	WF 10 k/0,5
R 96	Schichtwiderstand	400 Ω/0,25 W	WF 400/0,25
R 97	Schicht-Drehwiderstand	1 MΩ log.	WS 7226/1 M
R100	Schichtwiderstand	$23,34 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 23,34 k/1/0,1
R101	Schichtwiderstand	$11,65 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 11,65 k/1/0,1
R102	Schichtwiderstand	$5,812 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 5,812 k/1/0,1
R103	Schichtwiderstand	$2,440 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 2,440 k/1/0,1
R104	Schichtwiderstand	$2,176 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 2,176 k/1/0,1
R105	Schichtwiderstand	$3,664 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 3,664 k/1/0,1
R106	Schichtwiderstand	$4,136 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 4,136 k/1/0,1
R107	Schichtwiderstand	$3,700 \text{ k}\Omega \pm 1\%/0,1 \text{ W}$	WF 3,700 k/1/0,1

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R108	Schichtwiderstand	4,324 k $\Omega$ $\pm$ 1% / 0,1 W	WF 4,324 k/1/0,1
R109	Schichtwiderstand	1,368 k $\Omega$ $\pm$ 1% / 0,1 W	WF 1,368 k/1/0,1
R110	Schichtwiderstand	432,4 $\Omega$ $\pm$ 1% / 0,1 W	WF 432,4/1/0,1
R111	Schichtwiderstand	200 $\Omega$ $\pm$ 1% / 0,1 W	WF 200/1/0,1
RL 1	Zwergglimmlampe	220 V	RL 210
Rö 1	Duo-Triode		ECC 81
Rö 2	Pentode		EF 80
Rö 3	Pentode		EF 80
Rö 4	Pentode		EF 80
Rö 5	Duo-Triode		ECC 81
Rö 6	Duo-Triode		ECC 81
Rö 7	Duo-Triode		ECC 82
Rö 8	Duo-Diode		EAA 91
Rö 9	Pentode		EF 80
Rö 10	Pentode		EF 80
Rö 11	Duo-Triode		ECC 81
Rö 12	Duo-Triode		ECC 81
Rö 13	End-Pentode		PL 81
Rö 14	Duo-Triode		ECC 83
Rö 15	Stabilisator		150 B 2
Rö 16	Duo-Triode		ECC 81
S 1	Scheibenschalter		SRN 3241/32
S 2	Scheibenschalter		4242 – 1.2.1
S 3	Spannungswähler		FD 60513
S 4	Netzschalterkombination		SRK 2
S 5	Kleinstufenschalter		SRW 14111
Si 1	Schmelzeinsatz	0,6 A (220 – 235 V)	0,6 C DIN 41571
Tr 1	Netztransformator		4242 – 3.2/2
Tr 2	HF-Übertrager		4242 – 1.25

## 6.2 Schalteilliste des Gleichrichterkopfes

C 1	Keramikkondensator	ca. 300 pF	enth. in 42431 – 1.13
C 2	Ker. Df-Kondensator	100 pF	CFR 2/100
Gl 1	Kristall-Diode		GK 5111
K 1	HF-Kabel		LKK 91600
R 2	Schichtwiderstand	100 k $\Omega$ /0,1 W	WF 100 k/0,1
R 3	Schichtwiderstand	1 M $\Omega$ /0,1 W	WF 1 M/0,1
R 4	Schichtwiderstand	5 k $\Omega$ /0,1 W	WF 5 k/0,1

## **Garantieverpflichtung**

Wir übernehmen für Mängel, die in unseren Geräten als Folge von Fertigungs- oder Materialfehlern auftreten,

1 JAHR GARANTIE,

und zwar nach Maßgabe der Ziffer 5 unserer Lieferungs- und Zahlungsbedingungen.

Ein Anspruch auf Wandlung oder Minderung ist ausgeschlossen. Die Gewährleistung geht nach unserer Wahl auf Instandsetzung oder Ersatz des beanstandeten Werkstückes oder Werkstückteiles. Unsere Gewährspflicht wird nur dann ausgelöst, wenn ein Mangel uns unverzüglich, spätestens innerhalb einer Woche nach Kenntnis schriftlich mitgeteilt ist und wenn innerhalb einer Woche nach Aufforderung durch uns das Werkstück frachtfrei an unser Werk abgesandt ist. Die Rückfracht vom Werk geht ebenfalls zu Lasten des Bestellers. Der Ersatz unmittelbaren oder mittelbaren Schadens ist ausgeschlossen. Die Gewährleistung erlischt, wenn von dritter Seite Veränderungen an dem Werkstück vorgenommen werden.

Plomben und Siegel des Gerätes dürfen nicht verletzt sein. Für Röhren, zu denen Sie keine Garantieunterlagen erhielten, übernehmen wir die Garantieverpflichtung. Schadhafte Röhren, für die Ihrer Meinung nach ein Garantieanspruch besteht, wollen Sie uns zur Prüfung desselben einsenden. Dabei bitten wir, unbedingt anzugeben:

Nummer, Datum und Diktatzeichen der Rechnung;

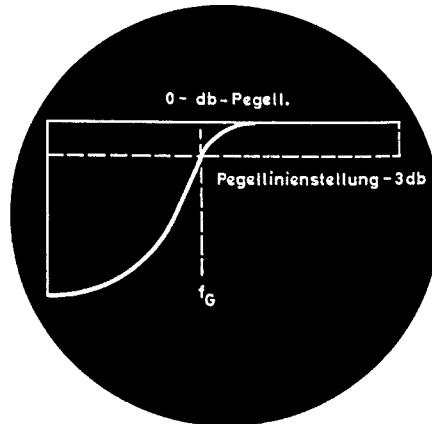
Type und Fertigungsnummer (FNr.) des Gerätes;

Bezeichnung des Röhrenschadens.

ROHDE & SCHWARZ · MÜNCHEN 9 · TASSILOPLATZ 7

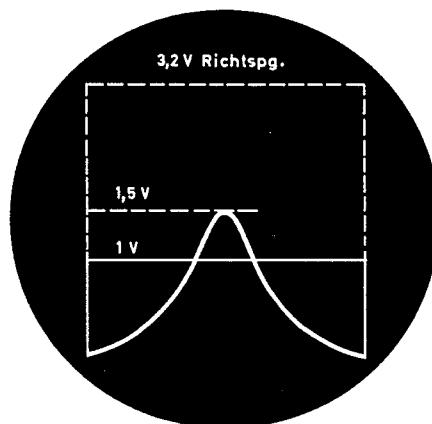
**Beispiel eines Pegelvergleichs.**

Grenzfrequenz  $f_G$  durch  
Frequenzmarken



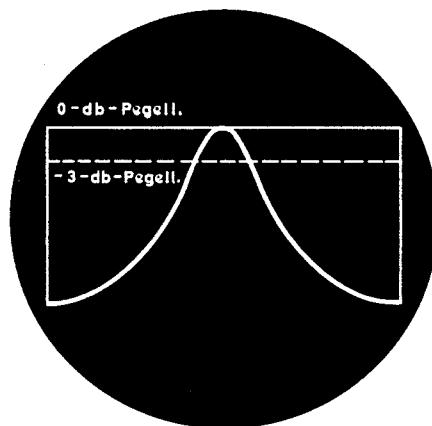
**Bild 3**

Messen der Richtspannung durch  
Abtasten der Pegellinie



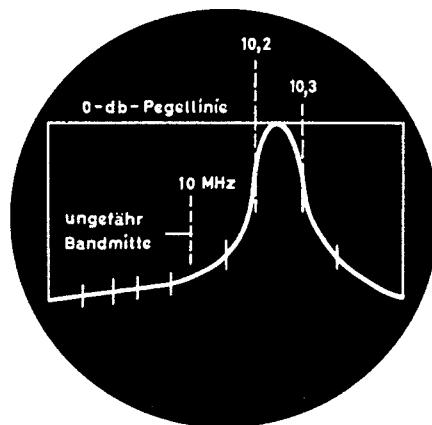
**Bild 4**

Beispiel zur Messung einer Pegel-  
differenz



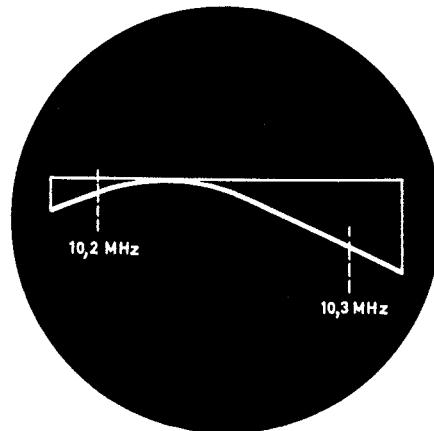
**Bild 5**

Frequenzmarkeneinstellung



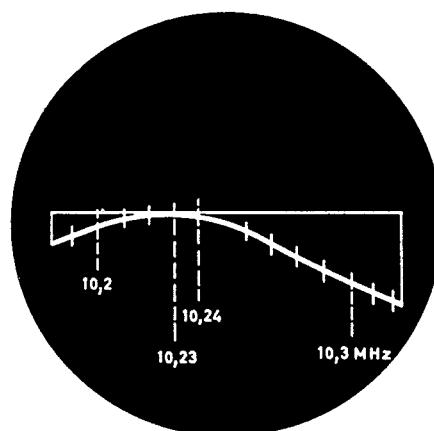
**Bild 6**

Verkleinern des Frequenzhubes



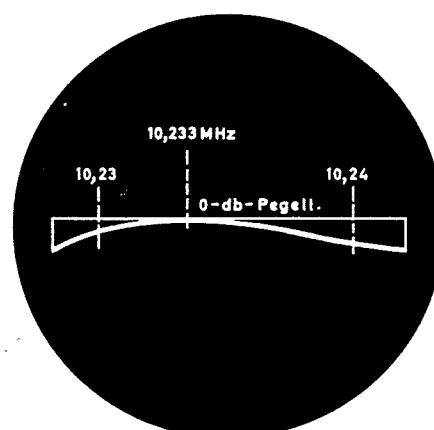
**Bild 7**

Übergang von 100-kHz- auf  
10-kHz-Frequenzmarken



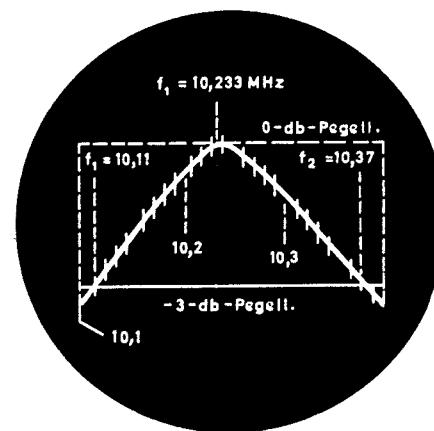
**Bild 8**

Weitere Verkleinerung des  
Frequenzhubes und Interpolation  
zwischen zwei Frequenzmarken

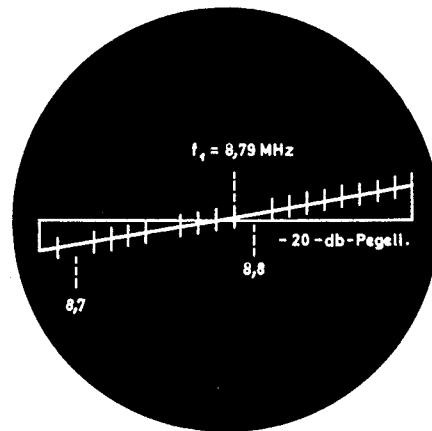


**Bild 9**

Bandbreitemessung

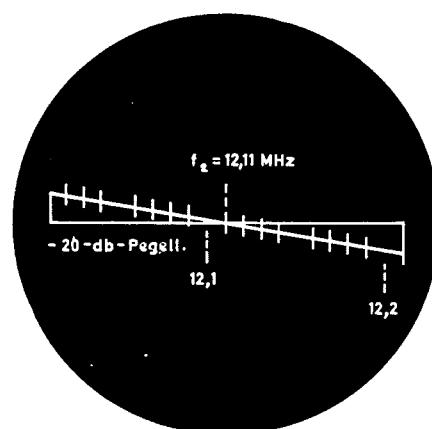


**Bild 10**



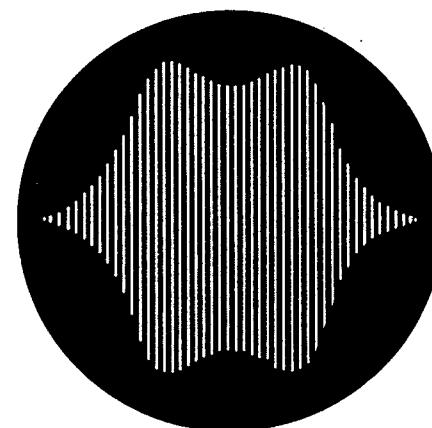
**Bild 11a**

Messen der Bandbreite für  
– 20 db HF-Pegeldifferenz



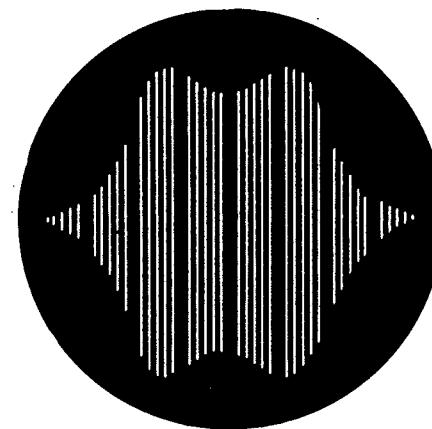
**Bild 11b**

Hüllkurve ohne Zwischen-  
schaltung eines Gleichrichters  
(Bandfilterkurve)



**Bild 12**

Frequenzmarken durch Dunkel-  
steuerung des Oszilloskrafen



**Bild 13**

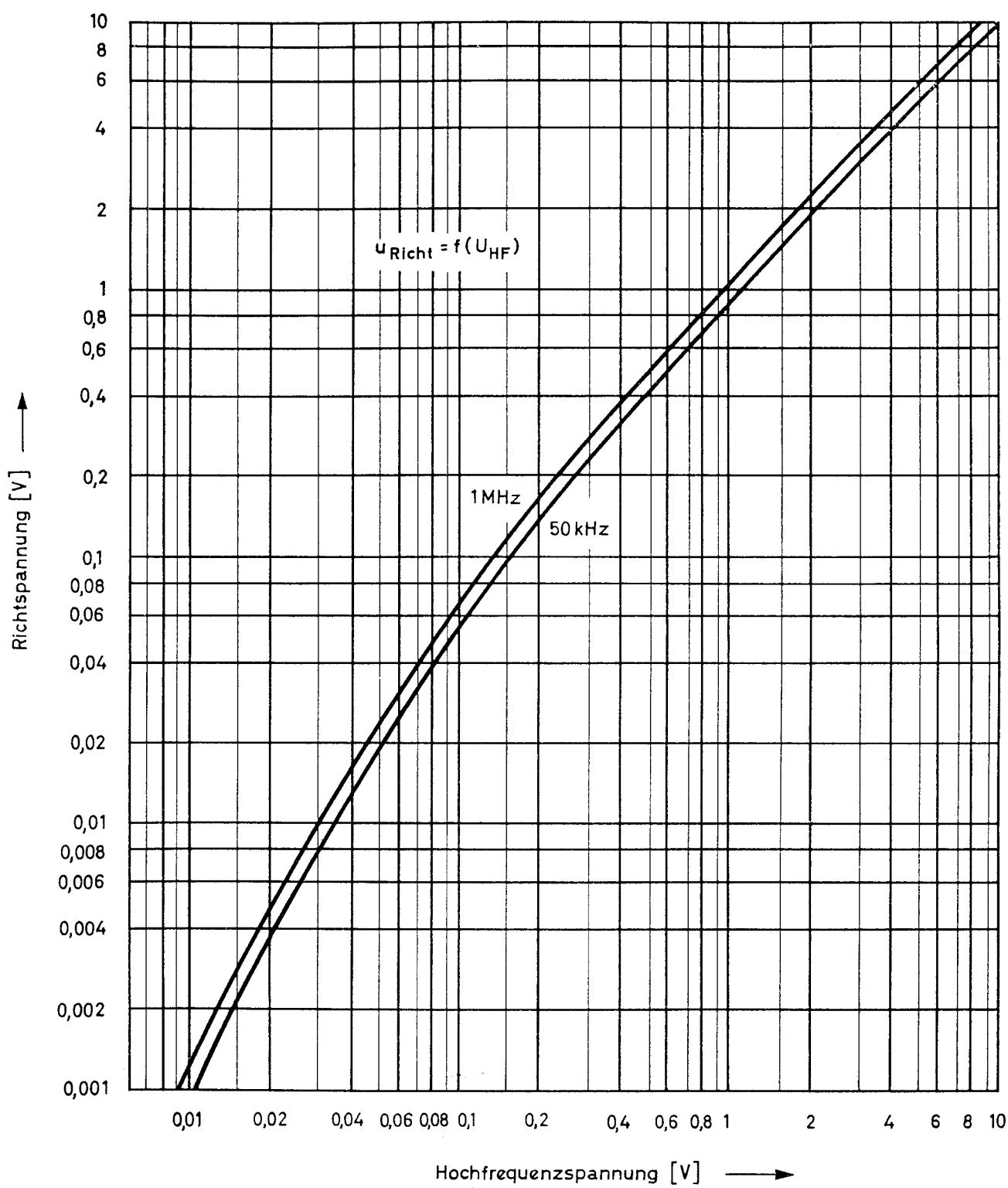


Bild 14. Richtkennlinie des Gleichrichterkopfes BN 42431—1