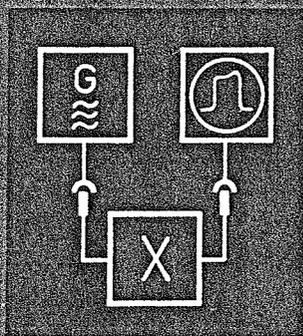
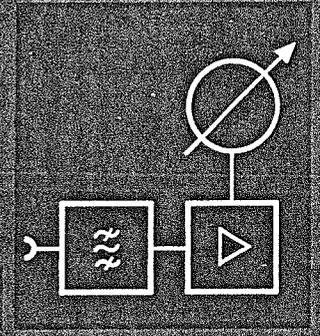
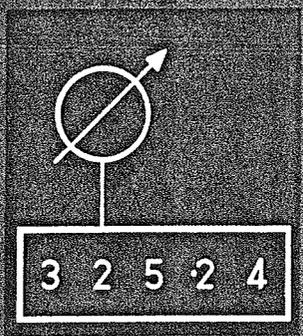


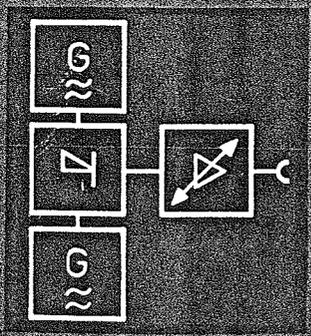
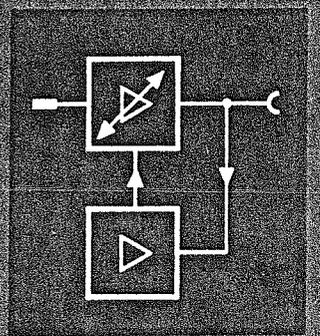
LOW 21/21



FREQUENZHUBMESSER  
4 bis 1300 MHz

FHM-88

Beschreibung 88 F



WANDEL u. GOLTERMANN  
REUTLINGEN/WÜRTT.



**Wandel u. Goltermann**

Reutlingen · Württ.

---

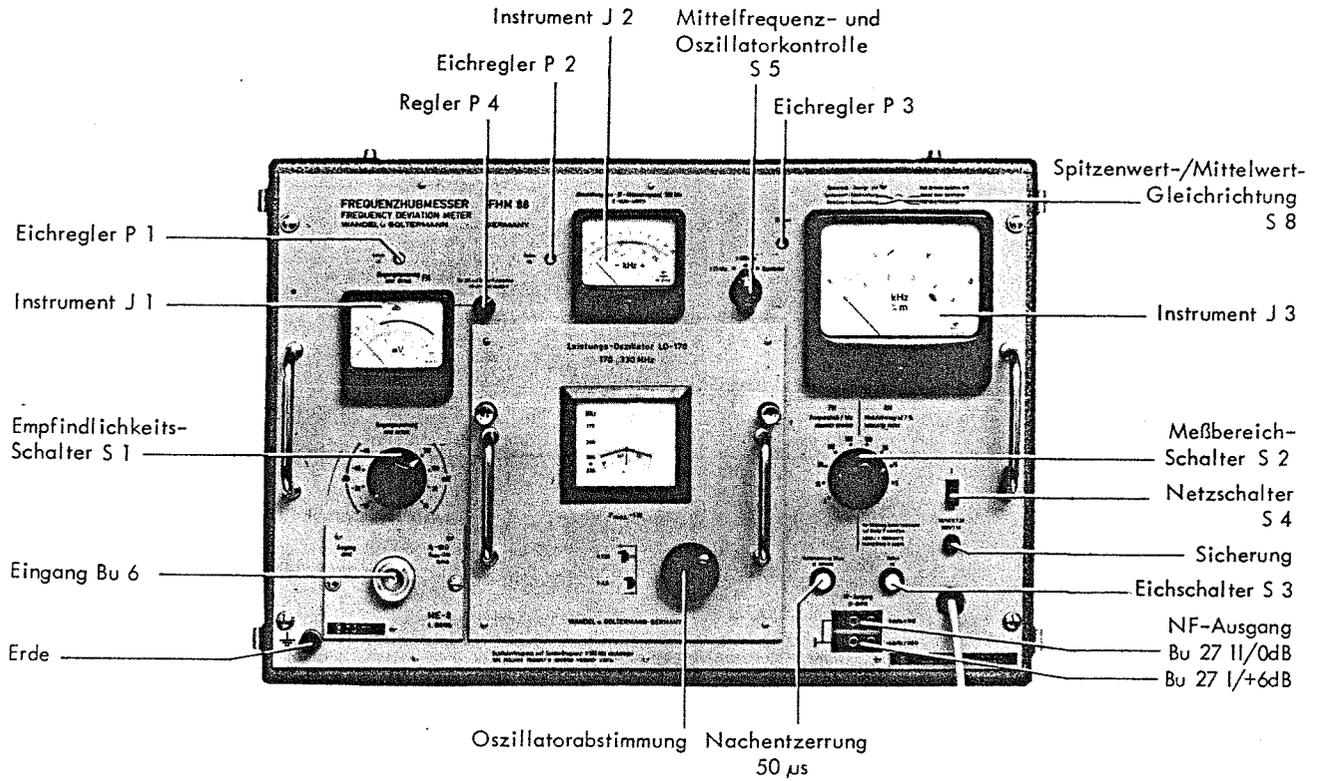
FREQUENZHUBMESSER

4 bis 1300 MHz

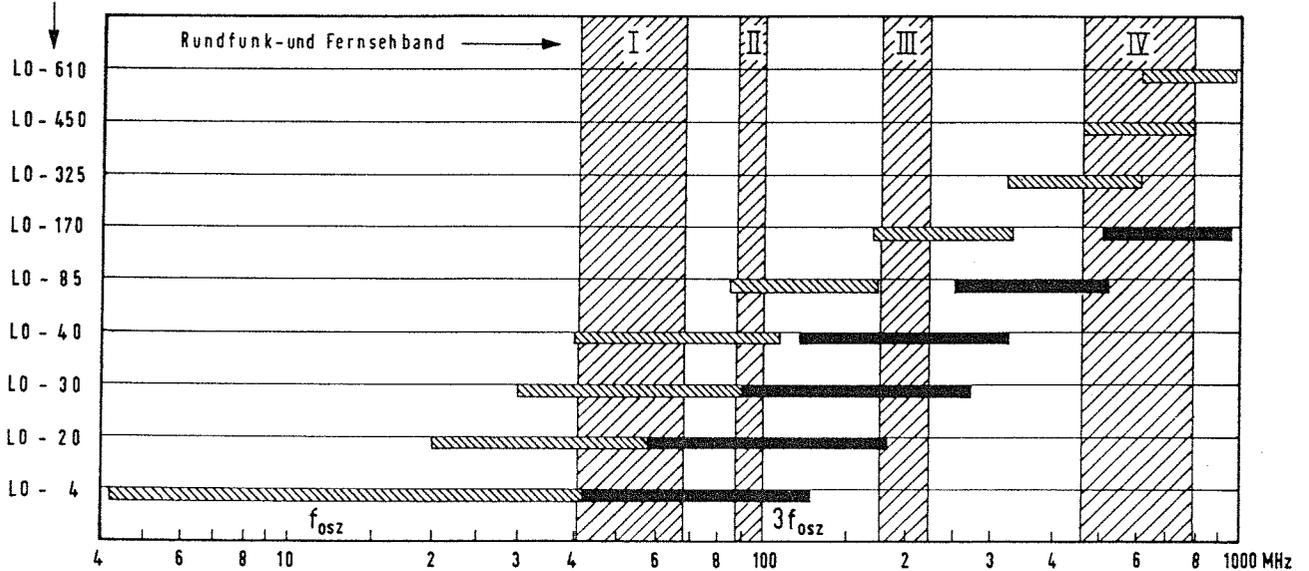
FHM-88

Beschreibung 88 F

---



Oszillatoreinschub



Frequenzbereich des Oszillator-Einschubs  $f_{osz}$   
 Oberwellenbereich  $3f_{osz}$

## INHALT

Technische Daten . . . . .	3
Aufbau und Arbeitsweise . . . . .	7
Bedienungsanweisung . . . . .	9
Anschluß des Hubmessers . . . . .	9
Eichen . . . . .	9
Anschluß des Oszillatöreinschubs . . . . .	9
Meßspannungsanschluß . . . . .	9
Frequenzhubmessung . . . . .	10
Amplituden-Modulationsgradmessung . . . . .	11
Mittelwert-, Spitzenwert-Gleichrichtung . . . . .	11
NF-Ausgang . . . . .	12
Oszillatoren . . . . .	12
Anhang	
Abbildungen	
Schaltteilliste	

## Technische Daten

Die Werte gelten, wenn nicht anders vermerkt, für 220 V Netzspannung und 20° C Raumtemperatur.

### Frequenzbereich der Trägerfrequenz

für Grundwellenmischung . . . . . 4 bis 960 MHz  
 für Oberwellenmischung ( $3 \times f_{\text{Osz.}}$ ): . . . . . 12 bis ca. 1300 MHz

### Frequenzbereich der Mischeinschübe

ME-8 . . . . . 4 bis 610 MHz  
 ME-9 . . . . . 85 bis 960 MHz  
 Modulation-Frequenzbereich, FM und AM . . . . . 30 Hz bis 60 kHz

### Eingang

Eingangsspannungsbedarf . . . . . 3 bis 300 mV  
 (bei Oberwellenmischung mit  $3 \times f_{\text{Osz.}}$  ca.  
 3 bis 10 facher Wert)

Max. zulässige Eingangsspannung <sup>1)</sup> . . . . . 0 dB = 0,775 V

Eingangsspannungs-Meßbereiche . . . Vollausschlag . . . 10 30 100 300mV  
 -38 -28 -18 -8 dB

Kleinster ablesbarer Wert . . . . . ca. 1 mV (-58 dB)

### Messunsicherheit

Betrieb mit ME-8 4 bis 170 MHz . . . . .  $\cong + 3 \text{ dB} / -1 \text{ dB}$   
 bei 610 MHz . . . . .  $\cong \pm 3 \text{ dB}$

Betrieb mit ME-9 85 bis 200 MHz . . . . .  $\cong + 2 \text{ dB} / -5 \text{ dB}$   
 200 bis 960 MHz . . . . .  $\cong \pm 2 \text{ dB}$

Eingangswiderstand . . . . . ca. 60  $\Omega$

### Messung der Mittenfrequenzänderung

Messbereich . . . Vollausschlag . . . . .  $\pm 25 \text{ kHz}$   
 $\pm 400 \text{ kHz}$

### Messunsicherheit der Zwischenfrequenzanzeige nach

Eichung, bei Ausschlag " 0 kHz " . . . . .  $\pm 5 \text{ kHz}$

### Unsicherheit der angezeigten Mittenfrequenzänderung

im Bereich  $\pm 25 \text{ kHz}$  . . . . .  $\cong 5 \% \text{ v. abgeles. Wert } \pm 250 \text{ Hz}$   
 im Bereich  $\pm 400 \text{ kHz}$  . . . . .  $\cong 5 \% \text{ v. abgeles. Wert } \pm 5 \text{ kHz}$

Modulationsausgang . . . . . erdfrei

Ausgangsspannung bei Vollausschlag der  
Modulationsgrad- oder Hubanzeige:

Bu 27/I : ( $R_a \geq 200 \Omega$ ) . . . . . ca. 1,55 V (+ 6 dB)  
Bu 27/II : ( $R_a \geq 50 \Omega$ ) . . . . . ca. 0,775 V (0 dB)

Innenwiderstand des Ausgangs

Bu 27/I : . . . . . ca. 10  $\Omega$   
Bu 27/II : . . . . . ca. 3  $\Omega$

Frequenzgang der Ausgangsspannung bei  
 $R_a \geq 200 \Omega$  ( $\geq 50 \Omega$ ) und konstantem Hub oder  
Amplituden-Modulationsgrad bezogen auf 6 kHz

30 Hz bis 30 kHz . . . . .  $\leq 1 \%$   
60 kHz . . . . .  $\leq 5 \%$

Modulationsanzeige

Frequenzbereich der Modulationsfrequenz . . . . . 30 Hz bis 60 kHz

Mittelwertgleichrichter, für Sinusspannungen in Spitzenwert geeicht

Frequenzgang, bezogen auf 6 kHz für alle Meßbereiche

30 Hz bis 30 kHz. . . . .  $\leq 1 \%$   
60 kHz . . . . .  $\leq 5 \%$

Spitzenwertgleichrichter in Spitzenwert geeicht

Frequenzgang (bei Sinussignal) bezogen auf 6 kHz  
für alle Meßbereiche

80 Hz bis 30 kHz. . . . .  $\leq 1 \%$   
30 Hz bis 60 kHz. . . . .  $\leq 5 \%$

Verhalten bei rechteckförmiger Modulations-  
spannung, Fehler durch Eichung mit (internem)

Sinussignal und Messen eines Rechtecksignals . . . . . ca. + 1,5 %

Fehler durch im FHM-88 erzeugte Dachschräge

bei 1 kHz . . . . . ca. + 1 %  
bei 100 Hz . . . . . ca. + 10 %

Anstiegszeit der Modulationsspannung für eine

Übertragung des Rechteckimpulses . . . . .  $\geq 20 \mu s$

## Hubmessung

Meßbereiche . . . . . Vollausschlag <sup>2)</sup> . . . . . 5 - 15 - 50 - 150 - 300 kHz

Kleinster ablesbarer Wert . . . . . ca. 200 Hz

Meßunsicherheit im 15 kHz - Meßbereich, bei  
6 kHz - Modulationsfrequenz, nach Eichung, bei  
ZF = 500 kHz . . . . .  $\leq 2\%$  v. E.

Teilerfehler des Meßbereichschalters bei 6 kHz,  
bezogen auf 15 kHz Meßbereich . . . . .  $\leq 1\%$

Nachentzerrung, einschaltbar gemeinsam für  
Anzeige und Ausgang . . . . . 50  $\mu$ s

Störspannungsabstand am Modulationsausgang, be-  
zogen auf 50 kHz Hub

Fremdspannungsabstand :

Oszillatoreinschübe LO-4 bis LO-40: . . . . .  $\geq 60$  dB

Oszillatoreinschübe LO-85 bis LO-450: . . . . . ca. 55 dB

Geräuschspannungsabstand . . . . .  $\geq 70$  dB

Eigenklirrfaktor  $k_2$  und  $k_3$  für  
Mod.-Frequenz  $\leq 15$  kHz u.  $\leq 75$  kHz-Hub . . . . . ca. 0,1 %

AM-Unterdrückung bei 1 kHz Modulationsfrequenz

bei Vollausschlag von J 1 . . . . .  $\leq 10$  Hz pro 1% Ampl.-Modulation

bei 1/3 Vollausschlag von J 1 . . . . .  $\leq 30$  Hz pro 1% Ampl.-Modulation

Anzeigeänderung bei  $\pm 10\%$  Netzspannungsänderung,  
ohne Nacheichen . . . . .  $\leq 1\%$

## Amplituden - Modulationsgrad - Messung

Max. Eingangsspannung . . . . . -14 dB  $\hat{=}$  150 mV

Meßbereiche . . . Vollausschlag . . . . . 5 - 15 - 50 - (150) %

Kleinster ablesbarer Wert . . . . . ca. 0,2 %

Meßunsicherheit im 15 % Meßbereich bei 6 kHz  
Modulationsfrequenz, ZF=500 kHz, nach Eichung . . . . .  $\leq 2\%$  v. E.



## AUFBAU UND ARBEITSWEISE

Der Frequenzhubmesser FHM-88 dient zur Messung des Frequenzhubes von frequenzmodulierten Sendern im Bereich von 4 bis 960 MHz und zur Messung des Amplitudenmodulationsgrades von amplitudenmodulierten Sendern im gleichen Frequenzbereich. Unter Ausnützung der Oberwellen des Mischoszillators lassen sich auch noch Messungen bis zu 1,3 GHz durchführen. Schaltbild und Blockschaltbild des Gerätes siehe Anhang.

Das zu messende HF-Signal gelangt über die Eingangsbuchse Bu 6 zur Mischstufe, in der es mit dem HF-Signal des Oszillatoreinschubs gemischt wird. Durch die entsprechende Einstellung der Oszillatorfrequenz erzeugt man durch die Mischung eine ZF von 500 kHz. Ein nachfolgender Tiefpaß läßt nur die ZF-Spannung zu dem Eingangsspannungsteiler S 1 und dem ZF-Verstärker durch. Die verstärkte ZF-Spannung wird gleichgerichtet und am Instrument J 1 angezeigt.

Bei der Frequenzhubmessung gelangt die frequenzmodulierte ZF-Spannung über einen Begrenzer in einen Zähldiskriminator zur Demodulation. Das entstehende NF-Signal enthält einen Gleichspannungsanteil und einen Wechsellspannungsanteil. Der Gleichspannungsanteil, der proportional der Zwischenfrequenz ist, wird am Instrument J 2 wahlweise mit ungedehntem und gedehntem Maßstab angezeigt. Die überlagerte Wechsellspannung, deren Amplitude proportional dem Frequenzhub ist, gelangt über einen NF-Vorverstärker, einen Tiefpaß und den Teiler S 2 zu einem weiteren NF-Verstärker. Dem Verstärker kann eine Nachentzerrung (50  $\mu$ s) vorgeschaltet werden, die notwendig ist, falls das ankommende Signal vorverzerrt war.

Die Verstärkerausgangsspannung wird gleichgerichtet und vom Instrument J 3 als Frequenzhub angezeigt. Mit Schalter S 8 kann Mittelwert- oder Spitzenwert- Gleichrichtung gewählt werden. Die Ausnagsspannung steht außerdem auch am Ausgang Bu 27 zur Verfügung.

Beim Messen des Amplitudenmodulationsgrades wird die amplitudenmodulierte ZF - Spannung am Ausgang des ZF-Verstärkers gleichgerichtet. Die entstehende NF-Spannung durchläuft dann ebenfalls den NF-Teil und wird als Modulationsgrad am Instrument J 3 angezeigt oder kann am Ausgang Bu 27 abgenommen werden, auch hier ist wahlweise Mittelwert- oder Spitzenwertgleichrichtung einschaltbar.

In Stellung "Eichen" wird an den Eingang des ZF-Verstärkers bzw. NF-Vorverstärkers eine Wechselspannung hoher Konstanz von 500 kHz bzw. 6 kHz gelegt. Falls notwendig, kann die Verstärkung nachgestellt werden.

## BEDIENUNGSANWEISUNG

### Anschluß des Hubmessers

Das Gerät wird an 220 V Wechselspannung angeschlossen. Eine Umschaltung auf 115 V ist am Netztransformator vorgesehen. In diesem Fall muß die Sicherung von 1 A (träge) bei 220 V gegen eine von 2 A (träge) ausgetauscht werden. Die Leistungsaufnahme des Gerätes beträgt ca. 110 W.

### Eichen

Vor dem Einschalten soll der mechanische Nullpunkt der Instrumente kontrolliert werden. Nach dem Einschalten sollte der Hubmesser zweckmäßig ca. 10 Min. einbrennen. Will man sofort messen, so ist die Eichung in der ersten Zeit mehrmals zu kontrollieren. Beim Eichen wird Schalter S 5 in die Stellung  $\pm 400$  kHz gebracht und die Eichtaste S 3 gedrückt. Sie leuchtet dann auf und bleibt arretiert. Durch erneutes Drücken rastet sie wieder aus. Geeicht wird, indem man die jeweils neben den Instrumenten liegenden Eichregler P 1, P 2 und P 3 mit Hilfe eines Schraubenziehers so einstellt, daß die Zeiger genau auf die roten Eichmarken einspielen.

Es ist möglich, die Eichung zwischen der Messung unabhängig von den jeweiligen Stellungen der Schalter S 1 und S 2 zu kontrollieren, Schalter S 5 muß jedoch in jedem Fall in Stellung " $\pm 400$  kHz" stehen.

### Anschluß des Oszillatoreinschubs

Der Oszillatoreinschub erhält seine Stromversorgung über eine Messerkontaktleiste, wenn er vollständig in den Frequenzhubmesser eingeschoben ist. Zur Kontrolle der Betriebsbereitschaft, z.B. nach Auswechseln eines Einschubs, ist die Stellung "Oszillator" des Schalters S 5 vorgesehen. In dieser Schalterstellung steht der Zeiger des Instrumentes J 2 im schwarzen Skalenfeld, wenn der Oszillatoreinschub betriebsfähig ist und genügend Spannung abgibt.

### Meßspannungsanschluß

Die Meßspannung wird über ein Koaxialkabel an die Eingangsbuchse Bu 6 geführt. Die Buchse Bu 6 ist ein Geräteflansch 6/16 nach DIN 47 282.

Der Eingangswiderstand beträgt ca.  $60 \Omega$ . Um Anpassung zu erhalten, muß auch der Wellenwiderstand des Speisekabels  $Z = 60 \Omega$  betragen.

Auf keinen Fall darf die Eingangsspannung größer als 775 mV sein, da sonst die Dioden des Mixers überlastet werden.

### Frequenzhubmessung

Zunächst wird der Empfindlichkeitsschalter S 1 auf einen Bereich gestellt, der ungefähr der angelegten Eingangsspannung entspricht. Danach wird der Meßbereichschalter S 2 auf Hub-Stellung 150 kHz gedreht und dann die Frequenz des Oszillators so lange verändert, bis dessen Frequenz  $\pm 500$  kHz neben den Frequenz der Eingangsspannung liegt. Der Zeiger des Instrumentes J 2 liegt genau auf der 0-Marke, wenn die Zwischenfrequenz 500 kHz beträgt. Die Meßunsicherheit der ZF-Anzeige beträgt dabei weniger als  $\pm 5$  kHz. Am Instrument J 2 kann in zwei Maßstäben die Zwischenfrequenzänderung abgelesen werden. Normalerweise benützt man den Bereich  $\pm 400$  kHz. Mit Hilfe des Schalters S 5 kann zwischen diesem  $\pm 400$  kHz-Bereich und einem gedehnten Bereich  $\pm 25$  kHz gewählt werden.

Die Zwischenfrequenz soll 500 kHz betragen, darf aber zwischen etwa 350 und 650 kHz schwanken, ohne daß die Messung wesentlich verfälscht wird.

**Achtung !** Es ist darauf zu achten, daß man tatsächlich auf die Eingangsfrequenz und nicht auf eine ihrer Oberwellen abstimmt. Die ZF-Anzeige ist in dieser Hinsicht nicht eindeutig.

Die maximale Eingangsspannung darf 775 mV nicht überschreiten, da sonst die Dioden überlastet werden.

Nach dem Einstellen des Oszillators ist in der Regel ein Weiterschalten des Teilers S 1 erforderlich. Die Größe der Eingangsspannung kann nun am Instrument J 1 abgelesen werden. Um eine einwandfreie Hubmessung zu gewährleisten, muß die Eingangsspannung innerhalb der schwarz bezeichneten Grenzen auf der Skala liegen.

Bis zu einer Eingangsfrequenz von 450 MHz ist die Mischteilheit praktisch konstant, so daß mit dem Instrument J 1, das die Größe der ZF-Spannung anzeigt, die Eingangsspannung gemessen werden kann. Benützt man die 3. Oberwelle des Oszillators zum Erzeugen der ZF, dann tritt im Mischer ein Empfindlichkeitsverlust von 10 dB auf. Dazu kommt der (auch bei Oberwellenmischung vorhandene) Frequenzgang. So ergibt sich z.B. bei 800 MHz ein Empfindlichkeitsverlust bzw. Anzeigefehler bis zu 20 dB.

Zur Messung des Frequenzhubes wird der Meßbereichschalter S 2, ausgehend von der Stellung 150 kHz, in Richtung 5 kHz so lange weitergeschaltet, bis sich ein gut ablesbarer Ausschlag am Instrument J 3 ergibt. Das Instrument J 3 zeigt den Frequenzhub der Eingangsspannung in kHz an. Bei der Ablesung ist die Stellung des Bereichschalters S 2 zu berücksichtigen.

Mit der Leuchttaste S 7 kann durch einmaliges Drücken eine Nachentzerrung von  $50\mu\text{s}$  eingeschaltet werden, die nur im FM-Bereich wirksam ist. Die dann arretierte Taste S 7 rastet bei erneutem Drücken aus.

### Amplituden-Modulationsgradmessung

Zur Messung des Modulationsgrades von amplitudenmodulierten Sendern wird die Zwischenfrequenz ebenso eingestellt wie bei der Frequenzhubmessung. Der Meßbereichschalter S 2 wird in eine der Stellungen "AM-Modulationsgrad/%" gebracht.

Bedingung für eine richtige Anzeige des Modulationsgrades ist, daß das Instrument J 1 stets auf Vollausschlag (grüne Marke) zeigt. Diese Forderung gilt für alle Meßbereiche. Bei Eingangsspannungen, die von dem für Vollausschlag erforderlichen Wert abweichen, kann man den Vollausschlag mit dem Regler P 4 einstellen. Das Instrument J 1 verliert bei der AM-Messung seine Eichung, zum Messen der Eingangsspannung muß man deshalb den Schalter S 2 stets auf "FM-Frequenzhub/kHz" stellen.

Am Instrument J 3 wird der Modulationsgrad abgelesen, wobei der Schalter S 2 so eingestellt werden muß, daß sich ein gut ablesbarer Ausschlag am Instrument J 3 ergibt.

**Achtung !** Bei der Amplituden-Modulationsgradmessung darf die Eingangsspannung den Wert 150 mV nicht überschreiten, weil sonst das Meßergebnis durch Übersteuerung des Mischers verfälscht wird. Bei Oberwellenmischung, wo der Eingangsspannungsmesser J 1 um den Faktor 3...10 zu kleine Werte anzeigt, ist hierauf besonders zu achten !

### Mittelwert- und Spitzenwert-Gleichrichtung

Mit Schalter S 8 kann wahlweise die Spannungsgleichrichtung für J 3 auf Mittelwert- oder Spitzenwert-Gleichrichtung umgeschaltet werden.

Die Anzeige mit J 3 ist bei Mittelwertgleichrichtung für sinusförmige Spannungen in Spitzenwert geeicht.

Die Eigenschaften der Spitzenwertgleichrichtung hängen im wesentlichen vom Niederfrequenzverstärker des FHM-88 ab. So kann bei tiefen Frequenzen und Rechteckaussteuerung ein Fehler durch die Dachschräge entstehen (vergl. techn. Daten).

Die Anstiegszeit bei impulsförmiger Aussteuerung darf nicht zu klein sein ( $> 20 \mu\text{s}$ ), da sonst die im NF-Teil entstehenden Überschwinger bei Spitzenwertgleichrichtung Fehler verursachen. Im übrigen kann die Kurenform leicht am NF-Ausgang mit einem Oszillografen kontrolliert werden.

Für impulsförmige Aussteuerung mit kleinem Tastverhältnis  $T/\tau$  ist zu beachten, daß die Zeitkonstante der Gleichrichterschaltung 1,3 s beträgt.

Bei kleinem Tastverhältnis tritt ein zusätzlicher Fehler auf von  $F \approx \frac{T}{\tau} \cdot 5 \cdot 10^{-4}$

### NF-Ausgang

Der Frequenzhubmesser ist mit zwei NF-Ausgangsbuchsen (Bu 27/I, Bu 27/II) versehen. An diesen steht eine dem Frequenzhub bzw. AM-Modulationsgrad proportionale NF-Spannung zur Verfügung. Die Größe der NF-Spannung beträgt 0,775 V an Bu 27/II bzw. 1,55 V an Bu 27/I bei Vollausschlag des Instruments J 3.

Der Ausgang ist erdfrei und besitzt einen Innenwiderstand von ca.  $3 \Omega$ . Außenwiderstände, die größer als  $50 \Omega$  sind, beeinflussen das angezeigte Meßergebnis noch nicht, während Außenwiderstände  $R_a \geq 10 \Omega$  durch Betätigung des Eichreglers P 3 eliminiert werden können. (Siehe unter "Eichen"!) Der Innenwiderstand an Bu 27/I beträgt etwa  $10 \Omega$ .

### Oszillatoren

Für die verschiedenen Frequenzbereiche müssen folgende Oszillator-Einschübe und Mischeinschübe verwendet werden :

LO - 4	4...40 MHz	} ME - 8	
LO - 20	20...60 MHz		
LO - 30 <sup>+) )</sup>	30...90 MHz		
LO - 40	40...108 MHz		
LO - 85	85...175 MHz		
LO - 170	170...330 MHz		
LO - 325	325...610 MHz		} ME - 9
LO - 450 <sup>+) )</sup>	450...800 MHz		
LO - 610	610...960 MHz		

Im FHM-88 können auch folgende Einschübe aus unserer früheren Fertigung betrieben werden: LMS-680, LMS-681, LMS-682, LMS-683, LMS-684.

<sup>+) )</sup> Der Oszillator-Einschub ist ein Sondereinschub. Dieser Bereich wird auch von den beiden "benachbarten" Einschüben je etwa zur Hälfte erfaßt.