

Der HFV dient zum Messen der Nutz- und Störfeldstärke im Frequenzbereich 25 bis 300 MHz. Der gesamte Bereich kann ohne Umschaltung durchgestimmt werden. Die beiden Anzeigearten – Mittelwert, Spitzenwert –, der große Meßbereich von 130 dB sowie die Möglichkeit der Störbewertung nach VDE und CISPR machen das handliche Gerät unentbehrlich bei den verschiedensten Funkkontroll- und Störmessungen.

## Tragbarer VHF-Feldstärkemesser HFV

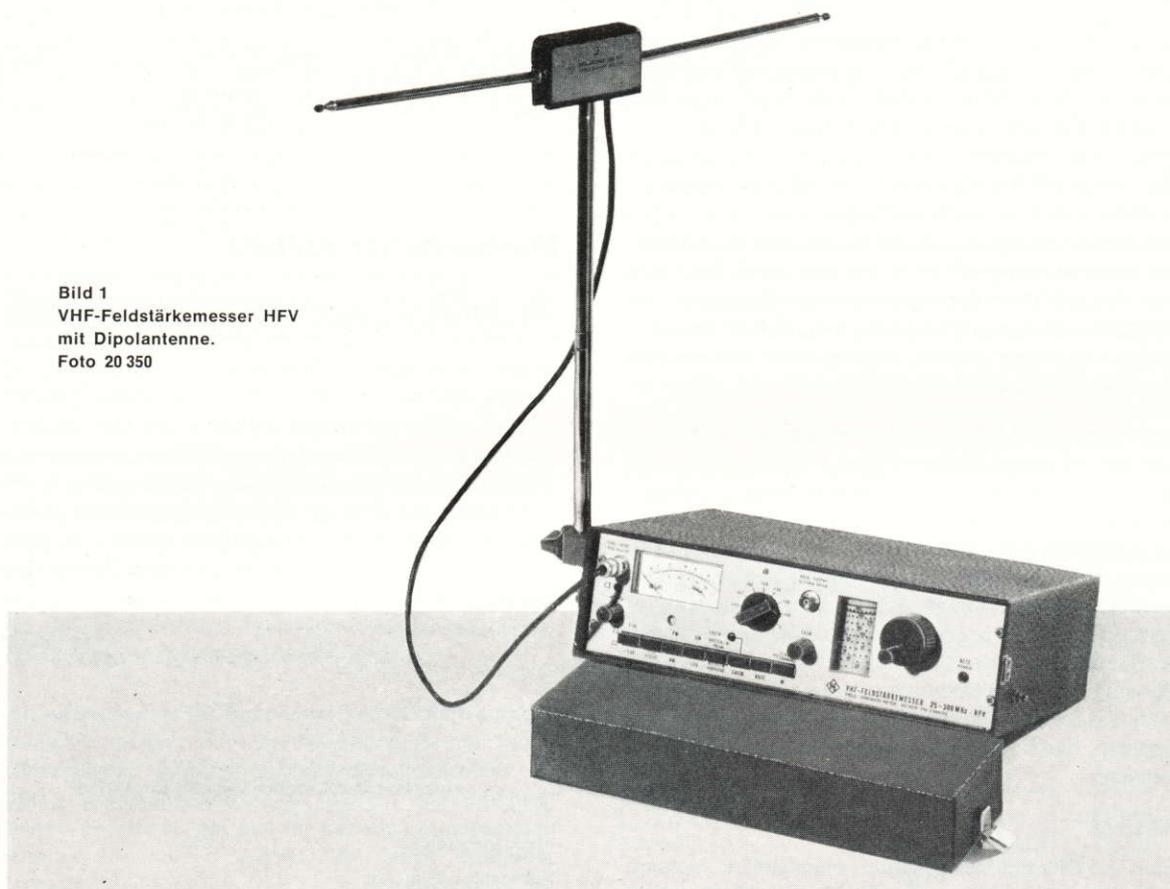


Bild 1  
VHF-Feldstärkemesser HFV  
mit Dipolantenne.  
Foto 20 350

### Anforderungen und Aufgaben

Die hohe Dichte der Frequenzbandbelegung im VHF-Bereich stellt nicht nur an Betriebsgeräte, sondern auch an Feldstärkemesser wachsende Anforderungen. Neben den bei tragbaren Meßgeräten selbstverständlichen Eigenschaften des geringen Gewichtes, der sofortigen Meßbereitschaft und der einfachen Bedienbarkeit werden eine große Zahl von Auswertemöglichkeiten, Eindeutigkeit und Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse sowie hohe Empfindlichkeit und Selektion verlangt.

Hauptanwendungen sind die Messung der Ausbreitung von Nutzsignalen sowie die Erfassung aller im Versorgungsgebiet auftretenden Störquellen. Zu den

**Funkdiensten**, die Feldstärkemesser benötigen, gehören im Frequenzbereich 25 bis 300 MHz unter anderem [1; 2]:

#### Rundfunk

25,6 bis 26,1 MHz	(Kurzwelle, AM),
47 bis 68 MHz	(Fernsekanäle 2 bis 4),
87,5 bis 100 (108) MHz	(FM-Rundfunk),
174 bis 223 MHz	(Fernsekanäle 5 bis 11).

#### Amateurfunkdienste

28 bis 29,7 MHz,  
144 bis 146 MHz.

In den Bereichen 68 bis 87,5 MHz und 146 bis 174 MHz liegen  **feste und bewegliche Funkdienste**  mit Aus-

nahme des Flugfunkdienstes. Die größte Zahl der handelsüblichen Sprechfunkgeräte arbeitet in diesen Bereichen, meist im Frequenzraster von 20 kHz (Kanalabstand), frequenz- oder phasenmoduliert. Sie dienen Sicherheitsbehörden (Polizeifunk), der Industrie, Bau- und Transportunternehmen (Taxifunk), dem öffentlichen beweglichen Landfunk (öbL, „Autotelefon“) und dem nichtöffentlichen beweglichen Landfunk (nöbL).

Der Bereich 108 bis 144 MHz steht hauptsächlich der **Flugsicherung** zur Verfügung.

Bei den **Störquellen** unterscheidet man Sinusstörer (illegale Sender, Industriegeneratoren, medizinische Geräte, Oberwellen von Sendern, Oszillatorstrahlungen von Empfängern) und Pulsstörer (z. B. Kraftfahrzeuge, Haushaltsgeräte oder Datenverarbeitungsanlagen), die wegen der Breitbandigkeit des abgestrahlten Störspektrums viele Funkdienste gleichzeitig stören. Seit dem 1. Januar 1971 dürfen nur noch solche Geräte, Maschinen und Anlagen für Nennfrequenzen von 0 bis 10 kHz (erstmalig) in Betrieb genommen werden, die das Funkschutzzeichen nach VDE tragen und damit den Bestimmungen der VDE-Vorschrift 0875 genügen [3]. Insbesondere fallen hierunter Haushaltsgeräte. Zur Messung von Puls-Störern müssen VHF-Feldstärkemeßgeräte den Vorschriften VDE 0876 und CISPR Publication 2 entsprechen [4; 5].

Ein Meßgerät wie der HFV (Bild 1), das alle genannten Bedingungen erfüllt, läßt sich auch im Labor als

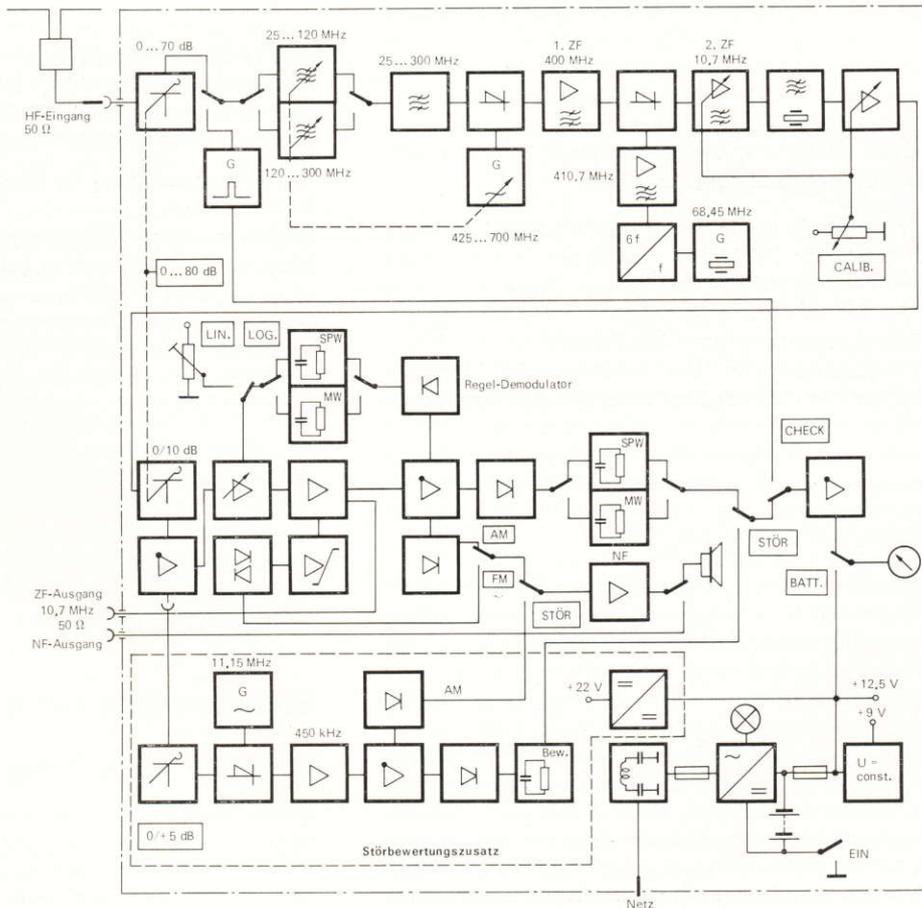
selektives Mikrovoltmeter bei der Messung von Oszillatoroberwellen und bei Intermodulationsmessungen von Tunern und VHF-Verstärkern einsetzen, wobei sich die hohe Linearität der Eingangsstufen als großer Vorteil erweist. Mit Hilfe der Tastantenne zum HFV können Störquellen identifiziert werden. Zum Messen von HF-Strömen auf Leitungen steht ein HF-Stromwandler zur Verfügung [6].

## Aufbau und Funktion

Der VHF-Feldstärkemesser HFV ist ein Doppelüberlagerungsempfänger mit den Zwischenfrequenzen 400 MHz und 10,7 MHz (Bild 2). Als **Antenne** dient ein Dipol mit koaxialer Niederführung, der am Gerät schwenk- und drehbar befestigt wird. Im Bereich 25 bis 60 MHz arbeitet er als verkürzter und im Bereich 60 bis 300 MHz als abgestimmter Halbwelldipol. Mit einer Antennenfaktorkurve wird die Feldstärke E aus der Spannungsanzeige U ermittelt:

$$\frac{E}{\text{dB über } 1 \mu\text{V/m}} = \frac{U}{\text{dB über } 1 \mu\text{V}} + \frac{k}{\text{dB}}$$

Nach dem HF-Teilerschalter (0 bis 70 dB in 10-dB-Stufen) kann zum **Kalibrieren** des Gerätes ein Puls-



**Bild 2**  
Blöckschaltbild  
des Feldstärke-  
messers HFV.

generator eingeschaltet werden, der ns-Impulse der Folgefrequenz 100 Hz mit einem bis 300 MHz in der Amplitude konstanten Spektrum abgibt. Anzeigart und ZF-Dämpfung sind dabei so geschaltet, daß das Gerät ungeachtet der Einstellung, bei jeder beliebigen Frequenz kalibriert werden kann. Diese Kalibrierung geschieht durch Ändern der Verstärkung in der 2. ZF (10,7 MHz) mit einem von der Frontplatte aus einstellbaren Potentiometer. Dieses Verfahren gewährleistet, daß die hohe Meßgenauigkeit des HFV sehr schnell hergestellt ist. Die einwandfreie Funktion des Puls-generators kann am Anzeige-Instrument kontrolliert werden.

Über einen abgestimmten **Eingangskreis**, der während der Frequenzdurchstimmung bei etwa 120 MHz automatisch umgeschaltet wird, gelangt das Eingangssignal an eine Diodenmischstufe. Der vorgeschaltete Bandpaß (25 bis 300 MHz) verbessert die ZF-Festigkeit auf Werte über 75 dB sowie die Sicherheit gegen Nebenempfindlichkeiten (z. B. die Spiegel-frequenz  $f_e + 2f_{ZF1}$ ) auf Werte größer 80 dB und vermindert die Oszillatorabstrahlung. Wegen der erforderlichen hohen Übersteuerungssicherheit für Impulse niedriger Folgefrequenz bei Pulsbewertung wurden eine abstimmbare Eingangsselektion ohne HF-Verstärkung und bis zu hohen Pegeln lineare Dioden-mischstufen verwendet. Ein gewisser Verlust an Ein-gangsempfindlichkeit ist dabei in Kauf zu nehmen.

Die Frequenzabstimmung ohne Bereichsumschaltung wird durch die hochliegende erste Oszillatorfrequenz bei einer 1. ZF von 400 MHz erreicht. Die erforderliche Selektion vor der zweiten Mischstufe sichert ein ZF-Filter mit einem Dämpfungspol bei 421,4 MHz zur Er-höhung der Spiegelfrequenzfestigkeit ( $f_e - 2f_{ZF2}$ ) auf größer 80 dB. Der zweite Oszillator ist ein quarz-stabilisierter Festfrequenzoszillator.

Der nachfolgende, in seiner Verstärkung einstellbare ZF-Verstärker (10,7 MHz) enthält ein Quarzfilter mit einer 6-dB-Bandbreite von 120 kHz. Diese Bandbreite – für Störbewertung gefordert – reicht für eine ge-nügend verzerrungsarme Wiedergabe von FM-Rund-funksendungen aus. Der anschließende ZF-Teiler-schalter (0/10 dB) wird bei Betätigen des Pegelschal-ters als erste 10-dB-Dämpfungsstufe wirksam und senkt bei genügend hohem Eingangssignal den Rauschbeitrag der vorhergehenden Stufen herab. Der Rauschabstand in der Anzeige erhöht sich damit für Signale größer 20 dB ( $\mu$ V).

Nach dem ZF-Teilerschalter wird das Signal entweder bis zur Spitzen- beziehungsweise Mittelwertanzeige oder im Störbewertungszusatz weiterverarbeitet. Zur Erhöhung der Betriebsdauer bei Batteriebetrieb bleibt der jeweils nicht benutzte ZF-Zweig abgeschaltet. Der im ersten Zweig folgende logarithmische Ver-stärker wird in Stellung „linear“ mit konstanter Regelspannung und in Stellung „logarithmisch“ mit pegelabhängiger Regelspannung betrieben. Auf den anschließenden Verstärker mit dem ZF-Ausgang 10,7 MHz (EMK  $\approx$  50 mV bei Vollausschlag) folgen FM-, AM- und Anzeigedemodulator. Die **Anzeigearten**

„Mittelwert“ und „Spitzenwert“ sind umschaltbar, wo-bei die Ladezeitkonstante für Spitzenwert weniger als 100  $\mu$ s und die Entladezeitkonstante etwa 1 s betragen. Damit wird bei Fernsehsignalen der Effektivwert des Trägers in der Synchronspitze unabhängig vom Bild-inhalt angezeigt. Der nachfolgende Anzeigeverstär-ker enthält lediglich einen FET-Impedanzwandler mit hohem Eingangswiderstand zum Ansteuern des Dreh-spulinstruments.

Der HFV kann mit und ohne **Störbewertungszusatz** geliefert werden. Der Zusatz enthält am Eingang ein abschaltbares 5-dB-Dämpfungsglied, wodurch sich die 10-dB-Schritte des Pegelschalters auf 5 dB vermindern lassen, was wegen des bei Pulsbewertung auf 7 dB eingeeengten Anzeigebereichs erforderlich ist. Damit man die für Pulsbewertung nötige Übersteuerungs-reserve der Stufen vor der Demodulation erreicht (43,5 dB über Vollausschlag bei Sinussignal), wird das ZF-Signal auf 450 kHz umgesetzt. In dieser Fre-quenzlage können die Linearitätsforderungen mit Übertragern und einem Impedanzwandler erfüllt wer-den. Bei einer Anzeigespannung von 1 V für Vollausschlag des Instruments muß für die richtige Bewer-tung von Einzelimpulsen eine Linearität bis zu Scheitelspannungen von über 150 V gewährleistet sein. Da unter 1 V das für die Bewertung notwendige Verhältnis von Lade- zu Entladezeitkonstante nur in einem engen Bereich eingehalten wird, ist der Anzeigebereich auf 7 dB eingeschränkt. Der parallelliegende AM-Demodu-lator ermöglicht ein Abhören von Störimpulsen.

Der NF-Verstärker speist den eingebauten Lautspre-cher oder über die NF-Buchse einen Kopfhörer. Bei eingeschaltetem Kopfhörer ist der interne Lautspre-cher abgeschaltet, wodurch eine bei hohen NF-Pegeln eventuell auftretende Mikrofonie vermieden wird.

Die **Stromversorgung** ist über Netz oder eingebaute Batterie möglich. Hinter der Gleichrichtung wird eine Gleichspannungs- beziehungsweise bei Batterie-ladebetrieb eine Gleichstromregelung vorgenommen. Bei einer Ladezeit der Batterie von etwa 14 Stunden er-reicht man eine Betriebsdauer von acht Stunden. Der Ladezustand der Batterie kann durch die Taste „Batt.“ am Instrument kontrolliert werden.

Eine große Bedeutung für Feldstärkemessungen hat die **HF-Dichtigkeit** des Meßgeräts. Durch geschirmten Aufbau im Innern und gute Abdichtung des Gehäuses ließ sich eine unerwünschte Direkteinstrahlung so stark unterdrücken, daß auch bei der mit linearer An-zeige maximal meßbaren Feldstärke von etwa 1 V/m die Anzeige bei abgeschlossenem HF-Eingang und voller Empfindlichkeit noch unter 3  $\mu$ V liegt.

## Erläuterungen zur Anwendung

### Mittelwert und Spitzenwert

Da die Begriffe Mittelwert und Spitzenwert bei Emp-fängern meist nicht den exakten physikalischen Defini-tionen entsprechen, kann durch ihre Anwendung Ver-wirrung entstehen. Aus diesem Grund seien sie kurz

erläutert. Spitzenwert, Effektivwert und Mittelwert im streng physikalischen Sinn bei unmoduliertem Sinussignal  $u = A \sin \omega t$  mit  $\omega = 2\pi/T$  sind:

Spitzenwert =  $A$ ;

$$\text{Effektivwert} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A^2 \sin^2 \omega t \, dt} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot A;$$

$$\text{Mittelwert} = A \frac{2}{T} \int_0^T \sin \omega t \, dt = \frac{2}{\pi} \cdot A.$$

Der Effektivwert liegt also 3 dB unter dem Spitzenwert, und der Mittelwert (eigentlich linearer Mittelwert des Absolutwertes) liegt 3,9 dB unter dem Spitzenwert.

Die Frequenzmodulation ändert bei genügend kleinem Hub die Anzeige nicht. Bei Amplitudenmodulation erhöhen sich der Spitzenwert entsprechend dem Modulationsgrad und der Effektivwert entsprechend dem Energieanteil der Seitenbänder. Der Mittelwert bleibt vom Modulationsgrad unbeeinflusst.

Bei der Eichung des HFV wurden die Begriffe folgendermaßen verwendet:

Die Anzeige **Mittelwert** verhält sich wie der physikalische Mittelwert des Eingangssignals, entspricht aber dem Effektivwert eines unmodulierten Sinussignals mit gleichem physikalischen Mittelwert. Bei unmoduliertem Sinussignal wird also genau der Effektivwert abgelesen.

Die Anzeige **Spitzenwert** verhält sich wie der physikalische Spitzenwert des Eingangssignals, entspricht aber dem Effektivwert eines unmodulierten Sinussignals mit gleichem physikalischen Spitzenwert. Bei unmoduliertem Sinussignal wird also wieder der Effektivwert abgelesen.

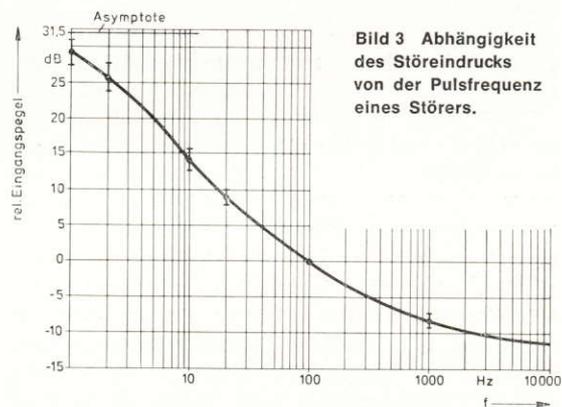
Bei Umschaltung von Mittelwert auf Spitzenwert steigt die Anzeige entsprechend dem Modulationsgrad gegenüber dem Mittelwert an.

Diese Definition des Spitzenwertes hat den Vorteil, daß bei Fernsehsignalen mit Negativmodulation der Effektivwert des Bildträgers in der Synchronspitze abgelesen werden kann. Charakteristisch für das Verhalten der HFV-Spitzenwertanzeige bei Positivmodulation ist der geringe Anzeigefehler bei Messung eines pulsmodulierten Trägers mit einer Impulsdauer von 20  $\mu\text{s}$  und einer Pulsfrequenz von 50 Hz: Er ist kleiner als 2 dB. Der Spitzenwert eines einzelnen weißen Bildpunktes läßt sich mit einer ZF-Bandbreite von 120 kHz auch bei extrem kleiner Ladezeitkonstante nicht messen.

Bei der Messung von HF-Breitbandstörern nach MIL-Spezifikation ist die Angabe der Störintensität in dB ( $\mu\text{V}/\text{MHz}$ ) üblich. Bei bekannter Impulsbandbreite des Empfängers (etwa 6-dB-ZF-Bandbreite) kann aus der Spitzenwertanzeige der Wert in dB ( $\mu\text{V}/\text{MHz}$ ) durch Addition des Bandbreitenfaktors  $20 \lg \left( \frac{1 \text{ MHz}}{B_{ZF}} \right)$  berechnet werden.

## Störbewertung

Breitbandige Funkstörungen entstehen beispielsweise durch Ein- und Ausschaltvorgänge in elektrischen Stromkreisen, durch Kommutierungsvorgänge an Maschinen oder Gasentladungen. Man unterscheidet Dauerstörungen und Knackstörungen. Die exakten Begriffsdefinitionen sind in [3] angegeben. Das Empfinden von Auge und Ohr hängt bei Pulsstörungen von der Pulsfrequenz ab. Die Bewertungskurve in Bild 3 veranschaulicht den Zusammenhang. Für eine konstante Anzeige muß der Eingangspegel mit abnehmender Pulsfrequenz erhöht werden. Die Kurve gilt nach CISPR Publ. 2 [5] für den Frequenzbereich 25 bis 300 MHz. Bei einem Meßgerät, das dieser Bewertungskurve entsprechen soll, müssen folgende Bedingungen eingehalten werden: 6-dB-ZF-Bandbreite 120 kHz, Ladezeitkonstante 1 ms, Entladezeitkonstante 550 ms, Zeitkonstante des Anzeigeinstruments 100 ms, Übersteuerungsreserve der Stufen vor der Gleichrichtung über einem Sinussignal, das maximale Anzeige am Instrument hervorruft, 43,5 dB und Übersteuerungsreserve des Gleichstromverstärkers zwischen Gleichrichter und Anzeigeverstärker 6 dB.



**Bild 3** Abhängigkeit des Störeindrucks von der Pulsfrequenz eines Störers.

Während Funkstörungen im Bereich 0,15 bis 30 MHz vorwiegend als Störspannung auf den Netzleitungen wirken, werden Störungen im Bereich über 30 MHz hauptsächlich über strahlungsfähige Teile von Geräten und Netzleitungen abgestrahlt.

Ursprünglich war für die Messung von Störungen im VHF-Bereich allein eine **Störfeldstärkemessung** nach VDE 0877 Teil 2 vorgeschrieben [7]. Diese Messung stellt relativ hohe Anforderungen an den Meßplatz, der wegen der Gefahr von Fremdstörungen und Reflexion frei von Umgebungseinflüssen und daher allgemein außerhalb von Wohn- und Industriegebieten liegen muß. Da die Meßantenne in 3 m Höhe über dem Erdboden angeordnet werden muß, können der zur Ausrüstung des VHF-UHF-Feldstärkemeßgeräts HFU gehörende Breitband-Dipol für 25 bis 80 MHz und die logarithmisch-periodische Breitbandantenne für 80 bis 1300 MHz mit Mast und Stativ verwendet werden.

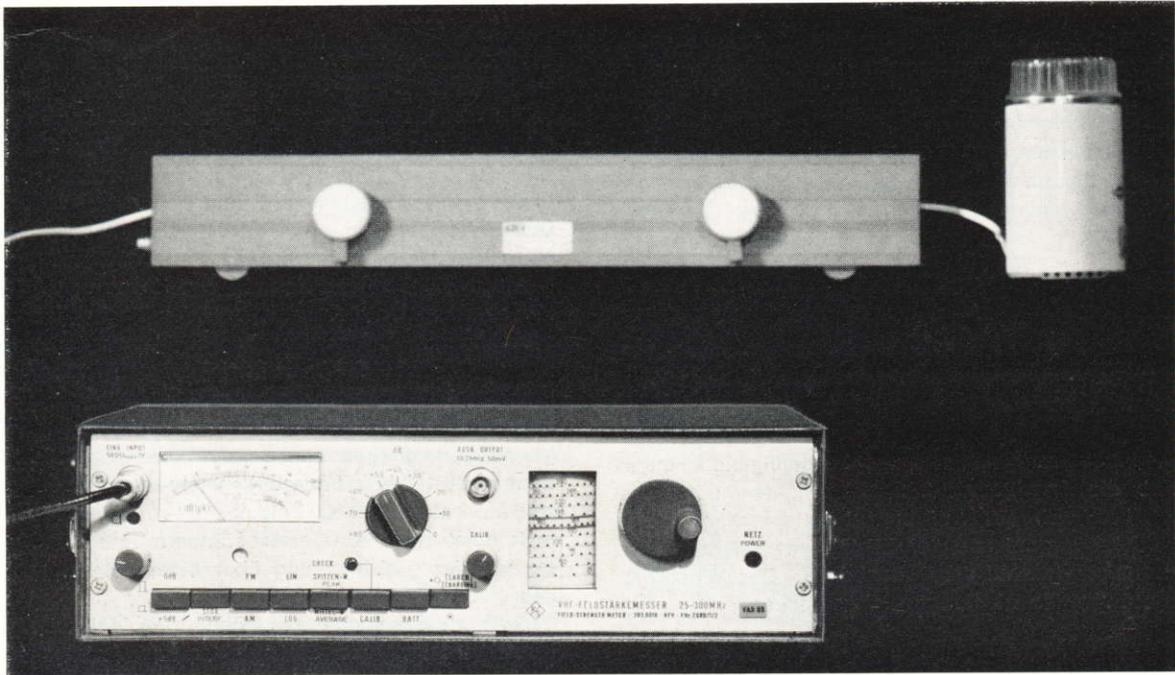


Bild 4 VHF-Feldstärkemesser HFV und Absorptions-Meßwandlerzange MDS-20 zur Messung der Störleistung einer elektrischen Kaffeemühle.  
Foto 20 352/1

Um den Meßaufwand zu verringern, wurde in einer Ergänzung zur CISPR Publication 2 und nach VDE 0875 [3] die **Messung der maximal abstrahlbaren Störleistung** mit einer Absorptions-Meßwandlerzange festgelegt [8; 9]. Wenn bei elektrischen Geräten die Abmessungen strahlender Metallteile klein gegenüber der halben Wellenlänge der betrachteten Frequenz sind, wird die Störfeldstärke hauptsächlich über die Netzzuleitung abgestrahlt. Die MDS-Zange umschließt mit ihrem Ferritabsorber die Netzzuleitung und stellt dabei einen Verlustwiderstand für die hochfrequente Störenergie dar. Am Eingang des Absorbers wird über einen HF-Stromwandler mit einem Störmeßempfänger der in den Absorber fließende Strom gemessen. Durch Verschieben der Zange längs der Netzleitung wird auf maximale Anzeige am Meßgerät abgestimmt. Die Anzeige in dB( $\mu$ V) entspricht bis auf einen kleinen Korrekturwert der Leistung in dB(pW). Mit den Meßgeräten in Bild 4 lassen sich Störmessungen in kurzer Zeit innerhalb geschlossener Räume durchführen\*.

H. Goldmann; M. Stecher

\* Hierzu auch Presse-Echo in diesem Heft auf S. 46.

#### LITERATUR

- [1] Warner, A.: Taschenbuch der Funkentstörung, S. 9 ff., VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg, 1965.
- [2] Howard W. Sams & Co., Inc. Indianapolis, Kansas City, New York: Reference Data for Radio Engineers. 5th Ed., 1969, Ch. 1.
- [3] VDE 0875.7.71: Bestimmungen für die Funkentstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen für Nennfrequenzen von 0 bis 10 kHz.
- [4] VDE 0876: Vorschriften für Funkstör-Meßgeräte.

- [5] CISPR Publication 2: Specification for CISPR radio interference measuring apparatus for the frequency range 25 Mc/s to 300 Mc/s. First edition 1961, Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Genf, Schweiz.
- [6] Goldmann, H.: Messung der Schirmdämpfung von HF-Kabeln. Neues von Rohde & Schwarz (1969/70) Nr. 40, S. 31.
- [7] VDE 0877: Leitsätze für das Messen von Funkstörungen Teil 2: Das Messen von Störfeldstärken.
- [8] Meyer de Stadelhofen, J.; Bersier, R.: Die absorbierende Meßzange — eine neue Methode zur Messung von Störungen im Meterwellenbereich. Technische Mitteilungen PTT 47 (1969) Nr. 3, S. 96—104.
- [9] Goldmann, H.: Absorptions-Meßwandlerzange MDS-20 zur Störleistungsmessung im VHF-Bereich. Neues von Rohde & Schwarz (1970/71) Nr. 46, S. 18—20.

#### Kurzdaten des VHF-Feldstärkemessers HFV

Frequenzbereich	25 ... 300 MHz
6-dB-Bandbreite	$\pm (60 \pm 10)$ kHz
Anzeigebereich	
linear	20 dB
logarithmisch	60 dB
bewertet	7 dB
Spannungsmeßbereich	
linear	0 ... 100 dB ( $\mu$ V)
logarithmisch	0 ... 130 dB ( $\mu$ V)
Antennenfaktor	$k = 2,5 \dots 21$ dB
Meßfehler	
Spannung	$< \pm 2$ dB
Feldstärke	$< \pm 4$ dB
Demodulation	AM, FM umschaltbar
Stromversorgung	Netz oder Batterie
Gewicht	
(mit Störbewertungszusatz und Antenne)	$\approx 7$ kg
Bestellbezeichnung	
ohne Störbewertungszusatz	Ident-Nr. 203.6018.02
mit Störbewertungszusatz	Ident-Nr. 203.6018.03

Näheres durch Leserdienstkarte: Kennziffer 51/10