

Das 20-jährige Bestehen unseres Hauses gibt uns Veranlassung, das vorliegende Heft in erweitertem Umfang herauszubringen, um so einen vollständigeren Querschnitt durch unser Entwicklungs- und Fertigungsprogramm aufzuzeigen.

Über die Durchführung von Messungen an einem kommerziellen Empfänger

VON W. PÖHLMANN

DK 621.396.621
621.317.3

Inhaltsübersicht: Am Beispiel des Ultrakurzwellen-Flugsicherungsempfängers NE 1 werden Meßmethoden des Empfängerbaus erläutert. Dabei werden die Betriebseigenschaften des Empfängers eingehend besprochen.

Summary: Tests methods employed in receiver engineering are explained herein with reference to the Type NE 1 VHF Air Traffic Control Receiver. The operating characteristics of the receiver are discussed in greater detail.

Résumé: Le récepteur ondes ultra-courtes Type NE 1 pour la sécurité de communication aérienne (s.c.a.) sert d'exemple pour l'interprétation des méthodes de mesure employées dans la construction de récepteurs. L'article présente une étude profonde des qualités de service du récepteur.

1. Der Flugsicherungsempfänger NE 1

Aufgabe eines Empfängers ist es, Funksignale aufzunehmen, zu verstärken und die in ihnen enthaltene Nachricht weiterzugeben. Die Wiedergabe soll qualitativ hochwertig — ohne Störungen und insbesondere unbeeinflusst durch Signale fremder Sender — sein. Besonders hohe Anforderungen in Bezug auf Empfindlichkeit, Selektion, Stabilität und Wiedergabegüte werden an solche Empfänger gestellt, die für kommerzielle Dienste Verwendung finden. Andererseits sind die Empfangsverhältnisse, unter denen solche Empfänger zu arbeiten haben, oftmals recht ungünstig; dies ist vor allem durch die außerordentlich dichte Belegung der Frequenzbänder bedingt.

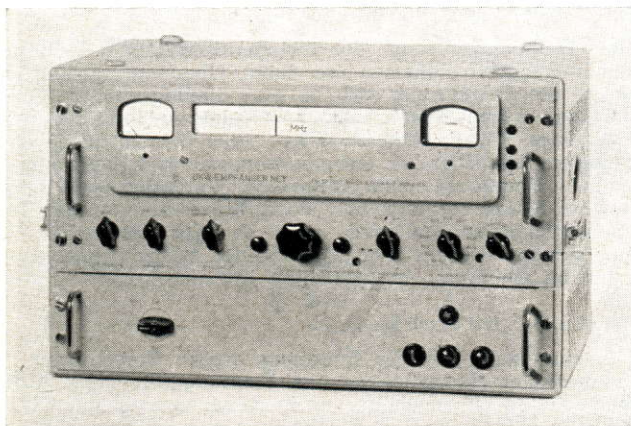


Abb. 1

Ansicht des Flugsicherungsempfängers NE 1
Overall view of the Air Traffic Control Receiver NE 1
Vue du récepteur s.c.a. Type NE 1

Bei der Entwicklung sowohl wie bei der Abnahme derartiger Empfänger und manchmal auch bei der Instandhaltung müssen ihre Eigenschaften durch eine Vielzahl von Messungen kontrolliert werden. Die dabei zur Anwendung kommenden Meßmethoden sollen dem praktischen Betrieb möglichst weitgehend entsprechen in der Art, daß die Verhältnisse der Praxis im Labor nachgebildet werden.

Im folgenden wird über Messungen an dem neuen Flugsicherungsempfänger NE 1 berichtet, wobei die beschriebenen Meßmethoden als typisch auch für andere Empfänger gelten können.

Der Empfänger NE 1 ist ein AM-VHF-Empfänger für den Frequenzbereich von 100 bis 156 MHz, der für den Sprechverkehr zwischen Flugzeug und Bodenstation eingesetzt wird. Er kann wahlweise quartzgesteuert auf einer festen Frequenz betrieben, oder nach Umschaltung auf einen veränderlichen Oszillator auf eine beliebige Frequenz abgestimmt werden. Die Empfänger müssen gewöhnlich im Dauerbetrieb arbeiten, wobei der Verkehr möglichst ohne Bedienung des Gerätes abgewickelt werden soll. Die **Abb. 1** zeigt eine Ansicht des Empfängers, das Blockschaltbild ist in **Abb. 2** wiedergegeben.

Eigenschaften des Flugsicherungsempfängers NE 1

Frequenzbereich	100 ... 156 MHz
Oszillator umschaltbar auf	a) abstimbar (für den gesamten Frequenzbereich) b) quartzstabilisiert
Frequenzkonstanz mit Quarzoszillator	besser als $2 \cdot 10^{-5}$
Grenzeempfindlichkeit	$10 \dots 15 \text{ kT}_0$
Spiegelfrequenzsicherheit	> 70 dB
HF-Regelung umschaltbar auf	Handregelung (HR) und automatische Regelung (AR)
HF-Spannungsanzeige	durch Instrument von $1 \mu\text{V} \dots 100 \text{ mV}$ bei AR
1. Zwischenfrequenz	10,7 MHz
2. Zwischenfrequenz	1,65 MHz
ZF Selektion	— 6 dB bei $\pm 30 \text{ kHz}$ — 40 dB bei $\pm 70 \text{ kHz}$ — 80 dB bei $\pm 140 \text{ kHz}$
Ansprechschwelle der eingebauten Geräuschsperre	regelbar für Eingangsspannungen von $0,3 \dots 100 \mu\text{V}$
Ausgangsleistung	2 W an 600Ω oder 5 Ω
Leitungsausgang	+ 1 N an 600Ω
Anderung der Ausgangsspannung bei Schwankungen der Eingangsspannung zwischen $10 \mu\text{V}$ und 100 mV bei automatischer HF-Regelung	$\pm 1,5 \text{ dB}$
Klirrfaktor der Ausgangsspannung bei 2 W Ausgangsleistung	< 10%

2. Messungen

2.1 Konstanz

Um die Bedienung praktisch auf das Ein- und Ausschalten zu beschränken, muß die gewünschte Frequenz bereits kurz nach dem Einschalten erreicht werden und bei Dauerbetrieb unabhängig von Temperatur- und Netzspannungsschwankungen erhalten bleiben. Dies verlangt besonders hohe Konstanz des Oszillators und der übrigen frequenzbestimmenden Teile, wie vor allem der ZF-Kreise. Der auswechselbare Quarz-Oberwellen-Oszillator erfüllt die gestellten Bedingungen mit einer Konstanz von 2×10^{-5} gut, während bei durchdrehbarem Oszillator, der nur für Notbetrieb vorgesehen ist, mit größeren Frequenzabweichungen zu rechnen ist.

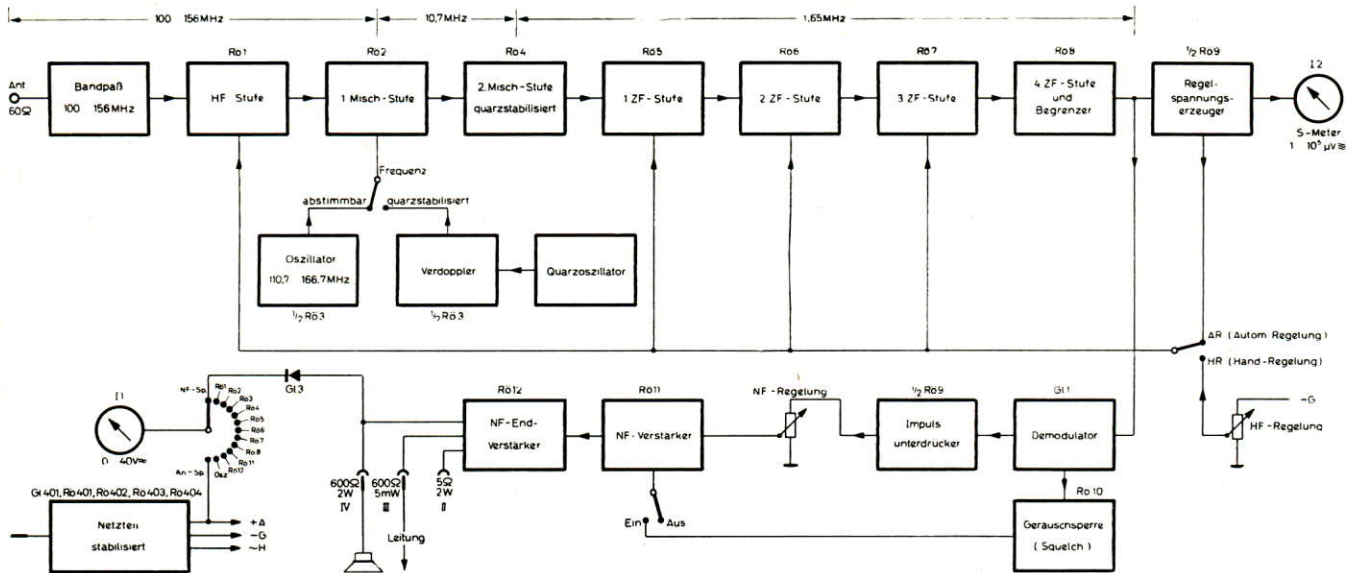


Abb. 2
 Blockschaltbild des Flugsicherungsempfängers NE 1
 Block diagram of the Air Traffic Control Receiver NE 1
 Schéma carré du récepteur s. c. a. Type NE 1

Zur Überprüfung der Oszillator-Konstanz wurde ein Meßaufbau nach **Abb. 3** verwendet. Aus der von der Quarzuhr CFQK gelieferten 100 kHz-Frequenz wird mit Hilfe eines Vervielfacher-Feldes CVM und eines Verzerrer-Feldes CZK ein Normalfrequenz-Spektrum gewonnen, von dem eine Linie auf die eingestellte Empfangsfrequenz fällt. Die zweite Zwischenfrequenz des Empfängers (1,65 MHz) wird auf den Mischteil des Frequenzzeigers CMF gegeben, der außerdem die Normalfrequenz von 100 kHz von der Quarzuhr geliefert bekommt. Die sich daraus ergebende Frequenzdifferenz wird durch den Einkomponentenschreiber ZSG aufgezeichnet. Der Einlaufvorgang der beiden Oszillatoren ist in **Abb. 4** wiedergegeben. Zur Messung der Temperaturabhän-

lichen Änderung der Netzspannung auf. Sie sind dadurch bedingt, daß die Anodenspannungsänderung eine sofortige Auslenkung der Frequenz zur Folge hat, die allmählich durch den Einfluß der sich langsamer auswirkenden Heizspannungsänderung kompensiert wird.

Der frei schwingende Oszillator läßt sich u. U. auch durch einen stark einfallenden Sender beeinflussen, wenn dieser etwa die Mischröhre übersteuert. Die Rückwirkung der dynamischen Eingangskapazität des Mischrohres auf den Oszillatorkreis führt dann zu einer Frequenzverwerfung, ähnlich wie sie auch bei geregelten Mischröhren auftritt. **Abb. 7** zeigt die Größe dieser Frequenzänderung.

Die Stabilitätsprüfung der Zwischenfrequenzkreise bereitet einige Schwierigkeiten, da deren Übertragungsfunktion infolge der Erwärmung sich in sehr mannigfaltiger Weise verändern kann. Bewährt hat sich folgende Methode: Mit Hilfe eines Wobbelsenders (SWF) wird die Durchlaßkurve auf einem Oszillografen sichtbar gemacht und durch eingelebnete Frequenzmarken festgelegt. Veränderungen während des Einlaufvorgangs bzw. durch Schwankungen der Umgebungstemperatur werden dann deutlich erkennbar; es zeigt sich sowohl eine Verschiebung der Mittenfrequenz wie auch eine Änderung der gesamten Kurvenform.

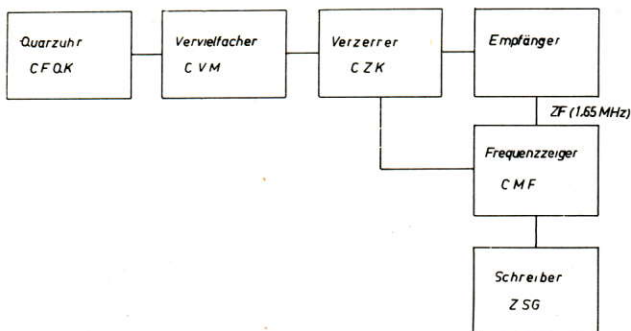


Abb. 3
 Meßaufbau zur Bestimmung der Frequenzkonstanz
 Test setup for determination of the frequency stability
 Dispositif de mesure pour déterminer la constance de la fréquence

2.2 Empfindlichkeit

gigkeit wird der Empfänger in einen Tropenschrank gebracht. Die Temperaturänderung muß genügend langsam durchgeführt werden, damit jeweils der wärmemäßige Gleichgewichtszustand erreicht wird. Die **Abb. 5** und **6** zeigen die Temperaturabhängigkeit und die Abhängigkeit von der Netzspannung für Quarz- und Durchdrehoszillator. Die Überlegenheit des Quarzoszillators ist in allen Fällen deutlich.

Voraussetzung für die Erzielung großer Reichweiten ist ein niedriger Rauschfaktor des Empfängereingangs. Über seine Messung mit Hilfe eines Rauschgenerators SKTU wurde in Heft 2 der R & S-Mitteilungen ausführlich berichtet [1]. Für die Praxis bedeutungsvoller ist jedoch der bei einer gegebenen HF-Eingangsspannung erreichbare Störabstand, d. h. das Verhältnis der Spannung des Nutzsignals zur Summe aller Störspannungen am Ausgang des Empfängers. Als Generator wird ein Empfänger-Meßsender SMAF verwendet, die Ausgangsspannung kann mit dem Geräuschspannungsmesser UPGF gemessen werden [2]. Grundsätzlich kann dieser Geräuschspannungsmesser auch durch ein anderes Röhrenvoltmeter ersetzt werden, jedoch hängt das Meßergebnis in gewissen Grenzen von der Art des verwendeten Meßgerätes ab. Da es sich bei dem Störpegel eines Empfängers meistens um Rauschspannungen handelt, eignet sich ein Effektivwertmesser, wie ihn der Geräuschspannungsmesser darstellt, am besten. Andere Meßgeräte, die Spitzenspannung oder linearen Mittelwert anzeigen, liefern abweichende Ergebnisse, deren Zusammenhang mit den rechnerisch bestimmten Werten weniger klar ist. Die Störabstandskurve der **Abb. 9** wurde so gewonnen, daß der Meßsender auf die verschiedenen Spannungswerte einge-

An der Kurve der Netzspannungsabhängigkeit des Durchdrehoszillators fallen die starken Spitzen bei jeder plötz-

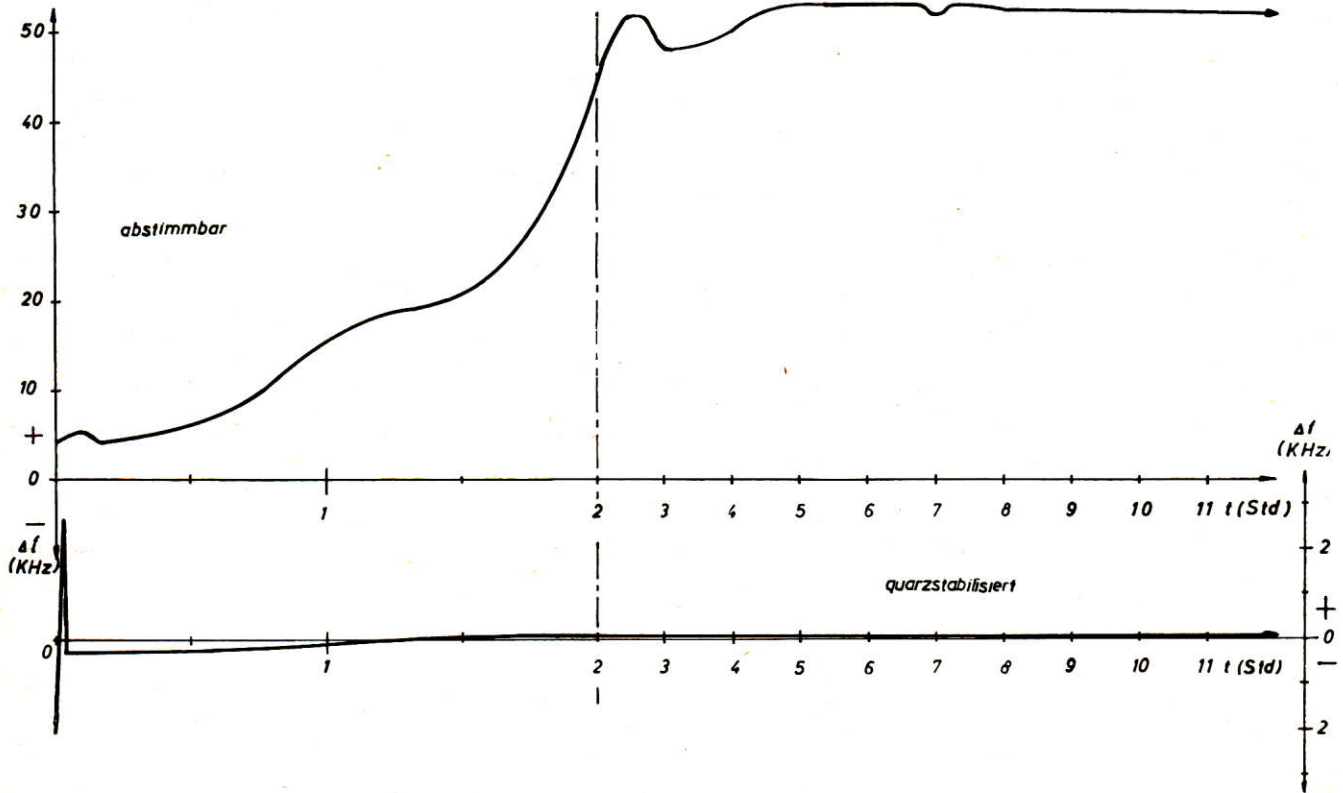


Abb. 4
 Frequenzänderung des Oszillators nach dem Einschalten
 Frequency departure of the oscillator during the warm-up period
 Variation de la fréquence de l'oscillateur après la mise en circuit

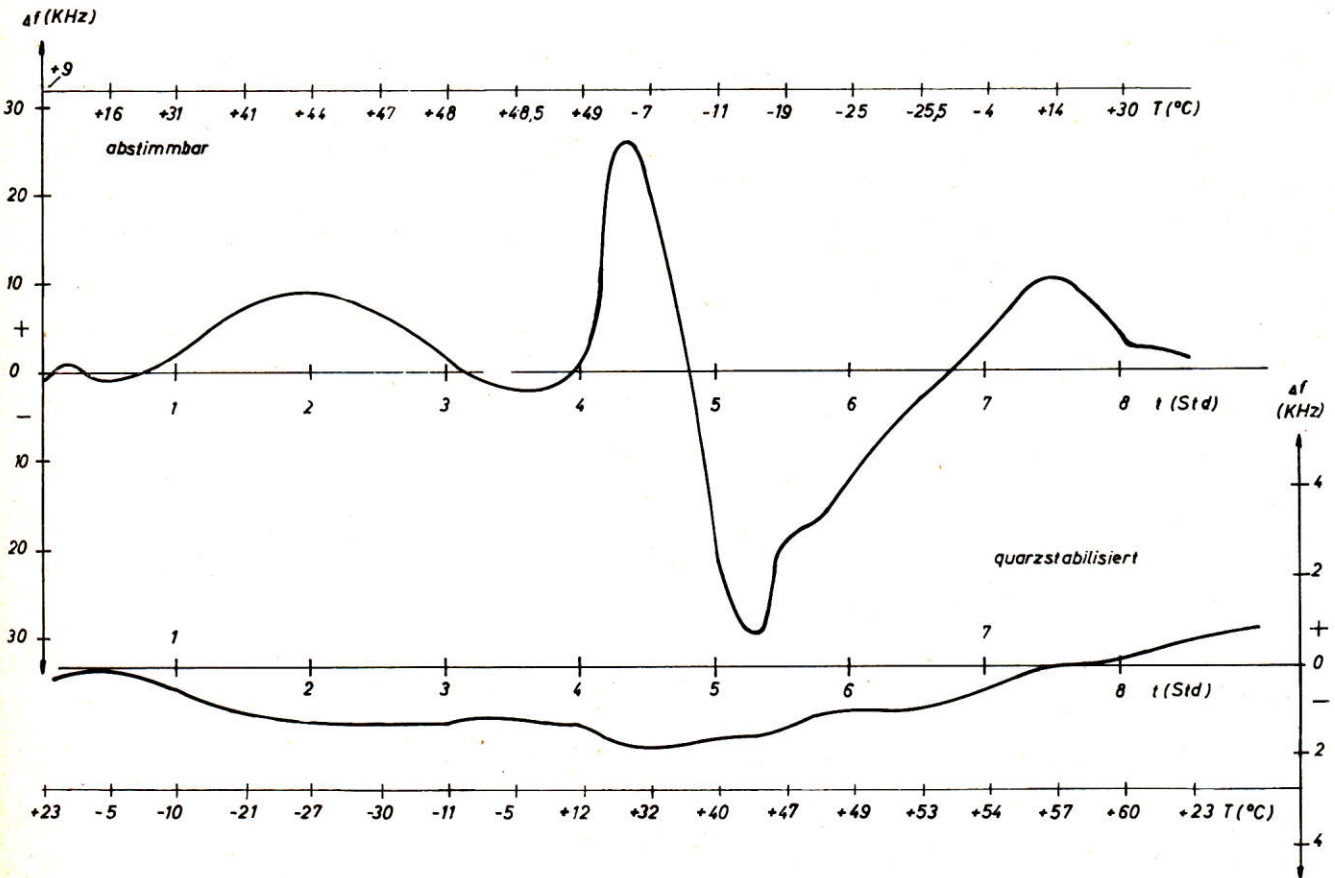


Abb. 5
 Abhängigkeit der Oszillatorfrequenz von der Umgebungstemperatur
 Dependence of the oscillator frequency on the ambient temperature
 Dépendance de la fréquence de l'oscillateur de la température ambiante

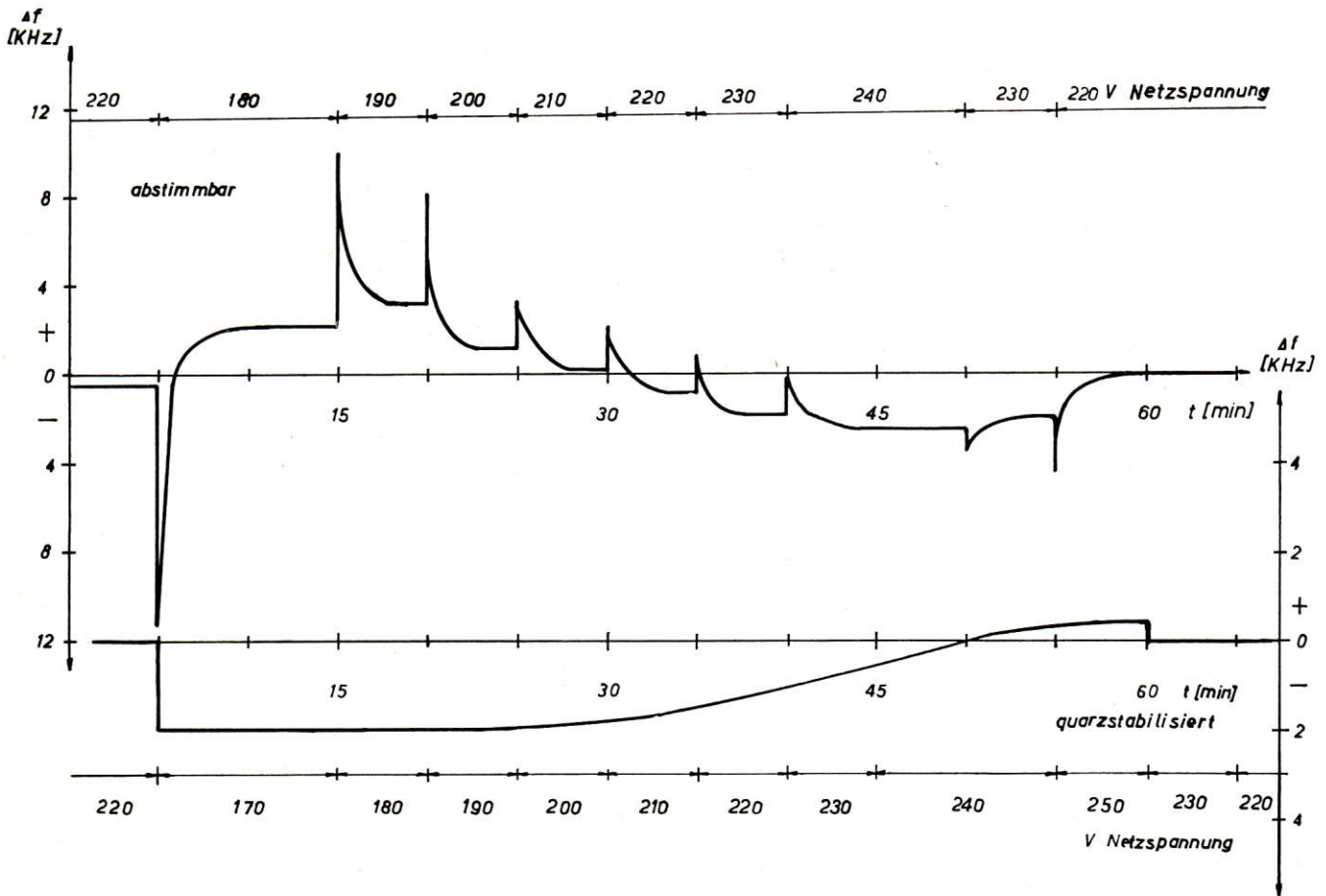


Abb. 6
 Abhängigkeit der Oszillatorfrequenz von der Netzspannung
 Dependence of the oscillator frequency on the line voltage
 Dépendance de la fréquence de l'oscillateur de la tension du secteur

stellt und jeweils mit und ohne Modulation betrieben wurde. Der Empfänger war dabei automatisch geregelt. Die Anhebung des Störpegels bei kleinen Eingangsspannungen ist durch den Demodulator bedingt. Dieser setzt das hochfrequente Rauschspektrum in ein hörbares niederfrequentes Rauschen um, wobei die Stärke des NF-Rauschens durch das Vorhandensein eines Trägers erhöht wird. Von etwa 1 μ V Eingangsspannung ab sinkt der Störpegel stetig, bis er einen Grenzwert erreicht hat, der durch die Brummspannung bedingt ist. Der Nutzpegel steigt bis etwa 3 μ V Eingangsspannung annähernd linear mit dieser an, um dann infolge der automatischen Regelung annähernd konstant zu bleiben. Bei 4 μ V ist ein Störabstand von 20 dB erreicht, der für eine gute Sprechverständigung völlig ausreichend ist.

2.3 Selektion

Die Hauptselektion eines Empfängers ist meist in den ZF-Stufen untergebracht. An sich wäre es zweckmässig, die Selektionsmittel möglichst am Empfänger-Eingang anzuordnen. Dies stößt jedoch auf so große Schwierigkeiten, daß praktisch immer mehrere Stufen mit verhältnismäßig geringer Selektion vorhergehen. Um die statische Selektion zu messen, genügt es also, wenn die Vorstufen dabei außer Betracht bleiben. Dies ist vor allem deshalb erforderlich, weil bei den großen Pegelunterschieden zwischen Durchlaß- und Sperrbereich (ca. 80—100 dB) eine Übersteuerung der Eingangsröhren unvermeidlich wäre. Man schließt deshalb den Meßsender SMAF an das Gitter der 1. ZF-Stufe an. Zweckmäßig wird nun bei der Mittelfrequenz des Filters eine solche Meßsender-Spannung eingestellt, daß sich am Ausgang ein Wert ergibt, der etwa eine Zehnerpotenz über dem Rauschen liegt. Wählt man diesen Wert zu niedrig, so ist seine Bestimmung infolge des Rauschens ungenau; wählt man ihn zu hoch, so läßt sich eine hohe Selektion aus Übersteue-

rungsgründen nicht messen. Es ist dann u. U. nötig, den Meßsender an die 2. ZF (1,65 MHz) anzulegen und den Selektionseinfluß der 1. ZF getrennt zu erfassen. An Stelle des vorher verwendeten Meßsenders kann hierbei der Meßsender SMLR Verwendung finden, der für den Bereich 0,1 bis

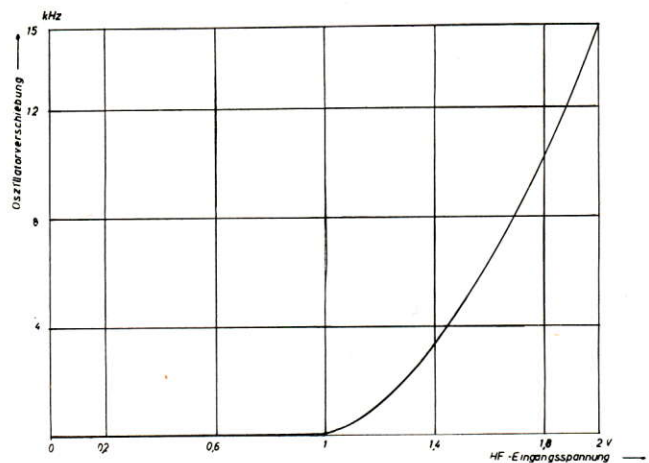


Abb. 7
 Einfluß einer sehr hohen HF-Eingangsspannung auf die Oszillatorfrequenz
 Effect of a very high r-f input voltage on the oscillator frequency
 Influence d'une tension d'entrée HF très élevée sur la fréquence de l'oscillateur

30 MHz geeignet ist. Um die Verstimmung gegenüber der Mittelfrequenz genau einstellen zu können, wird zweckmäßig ein Frequenzzeiger CMF und ein zweiter, fest eingestellter, frequenzstabiler Meßsender — am besten eine Normalfrequenzanlage — verwendet. Man verändert nun an Hand des Frequenzzeigerausschlags die Meßfrequenz um kleine Beträge und hält durch geeignete Einstellung der

zustellen. Es empfiehlt sich bei Empfänger-messungen mit der Meßsender-EMK bei einem gegebenen Generator-Innenwiderstand von 60Ω zu rechnen, da dann der Eingangswiderstand des Empfängers in gleicher Weise in Erscheinung tritt, wie beim Betrieb an einer 60Ω -Antenne.

Man erhält im allgemeinen Kurven für die wirksame Selektion, die bei kleinen Verstimmungen weitgehend mit der statischen Selektion übereinstimmen, in größerem Abstand aber erheblich davon abweichen können. Auch können sich für verschiedene Nutzsenderspannungen abweichende Kurven der wirksamen Selektion ergeben. Zur Messung wird der Empfänger auf den unmodulierten Nutzsender abge-

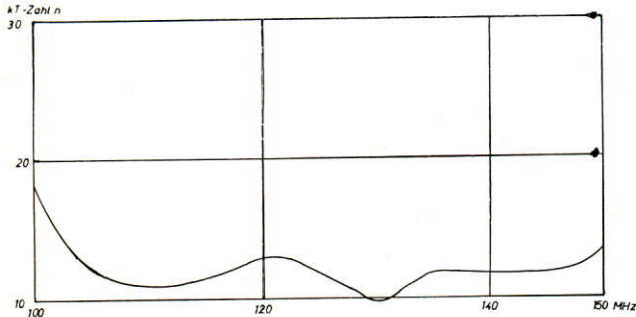


Abb. 8
Grenzeempfindlichkeit des Empfängers NE 1
Noise figure of the ATC Receiver NE 1
Sensibilité limite du récepteur NE 1

Meß-Spannung die an einem Röhrenvoltmeter (z. B. UDN, UVH) abgelesene ZF-Ausgangsspannung konstant. An Stelle eines außen angeschalteten Röhrenvoltmeters kann auch die im Empfänger eingebaute Eingangsspannungsanzeige (S-Meter) verwendet werden. Das Verhältnis der bei Verstimmung notwendigen Meßsender-Spannung zu derjenigen bei Abstimmung auf die Filtermitte ist die sog. „statische Selektion“ (Abb. 10).

Recht bequem ist die Einschaltung einer Eichleitung DPR zwischen Meßsender und Empfänger und Einstellung der Spannung an der Eichleitung, da dann die Selektion direkt in dB abgelesen werden kann.

Den Verhältnissen des Betriebes besser angepaßt ist jedoch die sog. „wirksame Selektion“. Sie sagt aus, wie stark ein Störsender in einem bestimmten Frequenzabstand vom Nutzsender auftreten darf, damit ein geforderter Mindest-Störabstand nicht unterschritten wird. Zur Durchführung der

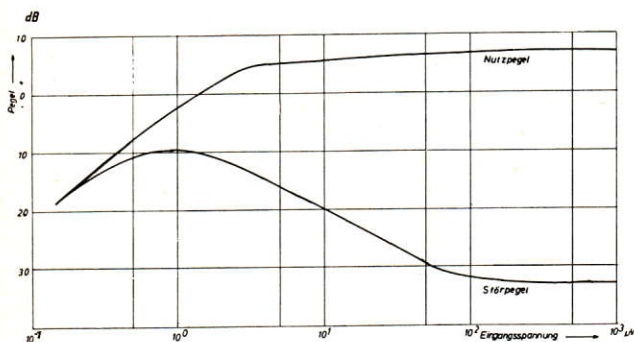


Abb. 9
Störabstand in Abhängigkeit von der Eingangsspannung
Signal/noise ratio in dependence of the input voltage
Ecart signal/bruit en dépendance de la tension d'entrée

Messung benötigt man zwei Meßsender, die nach Abb. 11 gleichzeitig auf den Empfänger-Eingang geschaltet werden. Es ist dabei zu beachten, daß durch die Einschaltung des Verbindungsgliedes, das zur Wellenwiderstands-Anpassung nötig ist, ein Spannungsverlust von 1:2 eintritt. Die Senderspannung ist also jeweils auf den doppelten Wert ein-

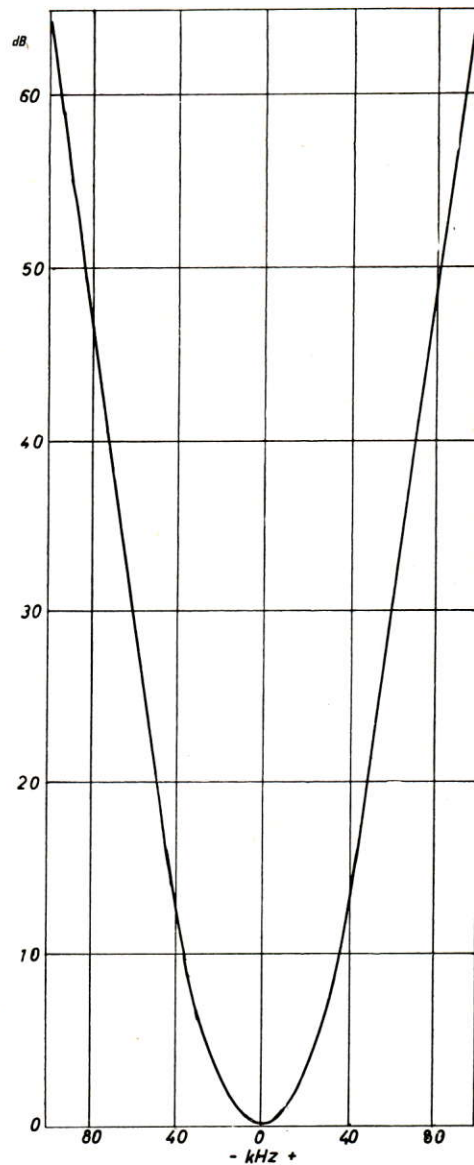


Abb. 10
Statische ZF-Selektion
Static i-f selectivity
Sélection M. F. statique

stimmt, während der Störsender in einem gewissen Frequenzabstand mit voller Modulation arbeitet. Die Störsenderspannung wird nun soweit erhöht, bis der von einem Geräuschspannungsmesser UPGF angezeigte Störabstand auf den gerade noch zulässigen Wert abgesunken ist. Das dann vorhandene Verhältnis von HF-Stör- zu -Nutzamplitude ist die wirksame Selektion. Da der Störsender hierzu recht beträchtliche Spannungen zu liefern hat, muß er durch einen Leistungs-Meßsender (SMLM) dargestellt werden.

Tabelle 1

Störfrequenz (MHz)	120	71,0	121,8	124,3	126,3	128,1	137,2	141,4	252	274
HF-Spannung (µV)	1	3,5·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	5·10 ⁵	3·10 ⁵	10 ⁴	3·10 ⁵	3·10 ⁵
Störverhältnis (dB)	0	112	100	106	100	114	110	80	110	110

Sehr unangenehm wirken sich im Betrieb sog. Mehrdeutigkeiten und Interferenzen aus. Es liegt im Superhet-Prinzip begründet, daß ein Sender u. U. an mehreren Stellen der Skala erscheint. Der bekannteste Fall dieser Erscheinung ist der Spiegelfrequenzempfang. Es können aber durchaus auch andere Frequenzen in gleicher Weise in Erscheinung treten, namentlich beim Doppelsuper, d. h. bei zweifacher Überlagerung gibt es meist eine größere Zahl solcher „gefährlicher“ Frequenzen, wozu nicht zuletzt auch die Zwischenfrequenzen zählen. Besonders auffallend wird die Störung, wenn der störende Sender mit großer Feldstärke einfällt. Um solche Mehrdeutigkeiten aufzufinden, braucht man also einen Leistungs-Meßsender, der mit Modulation in einem

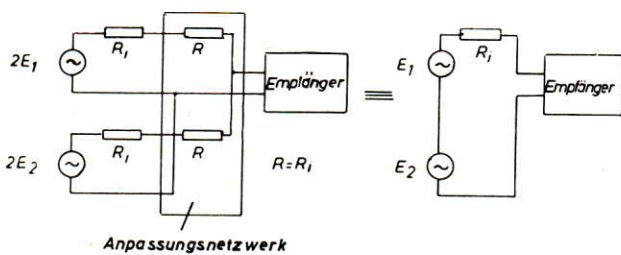


Abb. 11

Meßaufbau zur Bestimmung der wirksamen Selektion

Test set-up for determination of the selectance

Dispositif de mesure pour la détermination de la sélection effective

großen Frequenz-Bereich langsam durchgedreht wird. Für die Empfangsfrequenz 120 MHz zeigt die Tabelle 1 die „Ausbeute“ beim Empfänger NE 1. Die Frequenz des Störers wurde von der halben Empfangsfrequenz bis 300 MHz variiert und die Spannung so eingestellt, daß sich ein fester NF-Störpegel ergab.

Die Frequenz 120 MHz ist die Empfangsfrequenz, die Frequenz 141,4 MHz die Spiegelfrequenz.

Durch Interferenz zweier Sender kann eine sehr stark sich auswirkende Störung eines dritten Kanals hervorgerufen werden. Dies tritt immer dann ein, wenn mehrere Sender in der Nähe der Empfangsstation arbeiten und in einem ungünstigen Frequenzverhältnis stehen so, daß (meist unter Mitwirkung des Oszillators) die ZF als Kombinationsfrequenz entsteht. Der häufigste Fall ist:

$$f_{St1} = f_E + \Delta f$$

$$f_{St2} = f_E + 2\Delta f$$

f_E = Empfangsfrequenz

f_{St} = Störfrequenz

Δf = beliebiger, jedoch nicht zu großer Frequenzabstand

Da außerdem

$$f_o = f_E + f_z \text{ mit } f_o = \text{Oszillatorfrequenz}$$

$$f_z = \text{Zwischenfrequenz,}$$

so ergibt sich

$$f_o + f_{St2} - 2 f_{St1} = f_E + f_z + f_E + 2\Delta f - 2(f_E + \Delta f) = f_z$$

Solche Interferenzen müssen mit Hilfe der oben beschriebenen 2-Sender-Methode untersucht werden, wobei wieder mindestens einer der beiden Sender ein Leistungs-Sender sein muß.

Dasselbe gilt für die Untersuchung der Kreuzmodulation, die ja auch auf ähnliche Ursachen (Übersteuerung der Mischröhre) zurückzuführen ist. Hierbei wird die Modulation des stark einfallenden Störsenders auf den Nutzsender übertragen und kann dann auch durch nachfolgende Selektion nicht

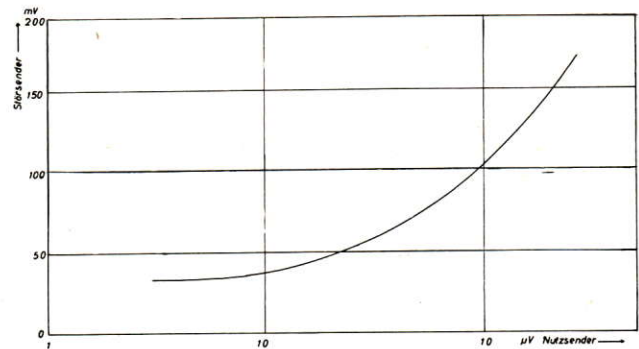


Abb. 12

HF-Eingangsspannung eines Störsenders in 200 kHz Abstand vom Nutzsender bei einem Kreuzmodulationsfaktor von 10%

R-f input voltage of an interfering station 200 kc away from the desired station with a cross-modulation factor of 10%

Tension d'entrée HF d'un émetteur brouilleur dont la fréquence est écartée de 200 kc/s de l'émetteur utile pour une transmodulation de 10%

mehr beseitigt werden. Definitionsgemäß wird als Kreuzmodulationsfaktor das Verhältnis des durch Kreuzmodulation verursachten Nutzsender-Modulationsgrades zum Störsender-Modulationsgrad bezeichnet. Wenn also z. B. ein 50% modulierter Störsender auf dem ursprünglich unmodulierten Nutzträger eine Modulation von 5% hervorruft, so ist der Kreuzmodulationsfaktor 10%.

Bei der Messung wird festgestellt, wie stark der Störsender sein darf, um einen Kreuzmodulationsfaktor von z. B. 10% zu verursachen. Dabei ist zu beachten, daß der Fre-

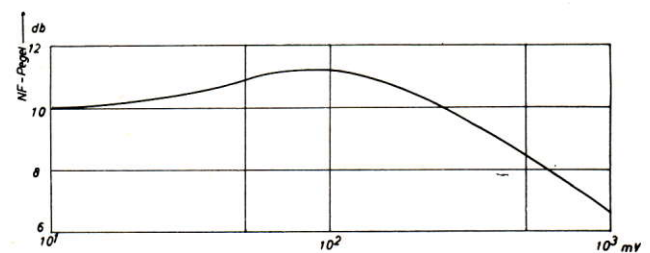


Abb. 13a

Rückgang des NF-Ausgangspegels bei Übersteuerung des Empfänger-eingangs

Decrease of the a-f output level with overloading of the receiver input
Abaissement du niveau de sortie BF pour une surexitation de l'entrée du récepteur

quenzabstand zwischen Nutz- und Störsender so groß sein muß, daß kein direktes Übersprechen infolge mangelnder statischer Selektion stattfindet (statische Selektion > 100 dB). Andererseits darf aber der Frequenzabstand bei der Messung auch nicht zu groß gewählt werden, da sonst infolge der Vorselektion die Kreuzmodulation abnimmt. Die

Kurve (Abb. 12) zeigt, daß mit zunehmender Nutzsender-Spannung auch der Störsender stärker werden darf, da die Eingangsverstärkung infolge der automatischen Regelung kleiner wird.

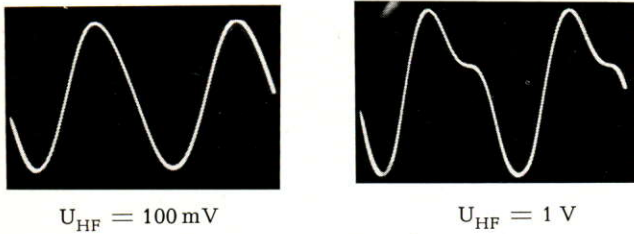


Abb. 13b

Modulationsverzerrungen bei Übersteuerung des Empfängereingangs

Modulation distortion with overloading of the receiver input

Distorsion de la modulation pour une surexitation de l'entrée du récepteur

Es leuchtet ein, daß ein Empfänger, der auf hohe Empfindlichkeit gezüchtet ist, der also kleinste Eingangsspannungen genügend hoch verstärkt, sehr anfällig gegen Übersteuerung durch große Eingangsspannungen ist. Bei einem Flugsicherungsempfänger, dessen Antenne vom sendenden Flugzeug in geringer Höhe überflogen werden kann, ist diese Gefahr besonders groß. Die Eingangsspannung wächst dann möglicherweise auf einige Hundert mV an. Wenn dies auch nicht häufig vorkommt, so soll doch eine Blockierung vermieden werden. Die Abb. 13a zeigt den Rückgang des Nutzpegels bei besonders großen Eingangsspannungen,

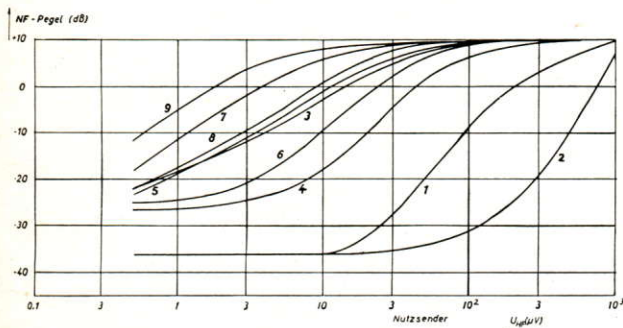


Abb. 14a

Beeinflussung des NF-Ausgangspegels durch einen unmodulierten Störsender. Nutzsender 30% 1000 Hz moduliert

- Kurve 1: Störsender 0,3 V im Abstand 100 kHz
- " 2: " 1,5 V " " 100 kHz
- " 3: " 0,3 V " " 200 kHz
- " 4: " 1,5 V " " 200 kHz
- " 5: " 0,3 V " " 500 kHz
- " 6: " 1,5 V " " 500 kHz
- " 7: " 0,3 V " " 1 MHz
- " 8: " 1,5 V " " 1 MHz
- " 9: ohne Störsender

Effect on the a-f output level by an unmodulated interfering transmitter; desired transmitter modulated 30%, 1000 cps.

- Curve 1: interfering Xmitter 0,3 v, 100 kc away
- Curve 2: interfering Xmitter 1,5 v, 100 kc away
- Curve 3: interfering Xmitter 0,3 v, 200 kc away
- Curve 4: interfering Xmitter 1,5 v, 200 kc away
- Curve 5: interfering Xmitter 0,3 v, 500 kc away
- Curve 6: interfering Xmitter 1,5 v, 500 kc away
- Curve 7: interfering Xmitter 0,3 v, 1 mc away
- Curve 8: interfering Xmitter 1,5 v, 1 mc away
- Curve 9: without interfering transmitter

Influence d'un émetteur brouilleur non-modulé sur le niveau de sortie BF. L'émetteur utile est modulé avec un taux de modulation de 30% à 1000 c/s

- courbe 1: émetteur brouilleur 0,3 V à l'écart de 100 kc/s
- " 2: " " 1,5 V " " 100 kc/s
- " 3: " " 0,3 V " " 200 kc/s
- " 4: " " 1,5 V " " 200 kc/s
- " 5: " " 0,3 V " " 500 kc/s
- " 6: " " 1,5 V " " 500 kc/s
- " 7: " " 0,3 V " " 1 Mc/s
- " 8: " " 1,5 V " " 1 Mc/s
- " 9: sans émetteur brouilleur.

während Abb. 13b die dann auftretenden Verzerrungen erkennen läßt. Es ist gewährleistet, daß auch in diesem Fall die Sprache noch verständlich bleibt. Eine ähnliche Wirkung hat ein starker unmodulierter Störsender in Frequenznachbarschaft des Nutzträgers. Er verursacht ebenfalls einen Rückgang des Nutzpegels (Abb. 14a) und gleichzeitig eine Verschlechterung des Störabstandes (Abb. 14b), da die vom

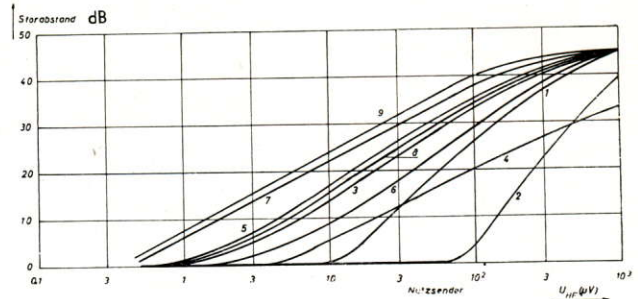


Abb. 14b

Verschlechterung des Störabstandes durch einen unmodulierten Störsender. Nutzsender 30% 1000 Hz moduliert

- Kurve 1: Störsender 0,3 V im Abstand 100 kHz
- " 2: " 1,5 V " " 100 kHz
- " 3: " 0,3 V " " 200 kHz
- " 4: " 1,5 V " " 200 kHz
- " 5: " 0,3 V " " 500 kHz
- " 6: " 1,5 V " " 500 kHz
- " 7: " 0,3 V " " 1 MHz
- " 8: " 1,5 V " " 1 MHz
- " 9: ohne Störsender

Decrease of the signal/noise ratio by an unmodulated interfering transmitter; desired transmitter modulated 30%, 1000 cps.

- Curve 1: interfering Xmitter 0,3 v, 100 kc away
- Curve 2: interfering Xmitter 1,5 v, 100 kc away
- Curve 3: interfering Xmitter 0,3 v, 200 kc away
- Curve 4: interfering Xmitter 1,5 v, 200 kc away
- Curve 5: interfering Xmitter 0,3 v, 500 kc away
- Curve 6: interfering Xmitter 1,5 v, 500 kc away
- Curve 7: interfering Xmitter 0,3 v, 1 mc away
- Curve 8: interfering Xmitter 1,5 v, 1 mc away
- Curve 9: without interfering transmitter

Détérioration de l'écart signal/bruit par un émetteur brouilleur non-modulé. Emetteur utile modulé 30% à 1000 c/s

- courbe 1: émetteur brouilleur 0,3 V à l'écart de 100 kc/s
- " 2: " " 1,5 V " " 100 kc/s
- " 3: " " 0,3 V " " 200 kc/s
- " 4: " " 1,5 V " " 200 kc/s
- " 5: " " 0,3 V " " 500 kc/s
- " 6: " " 1,5 V " " 500 kc/s
- " 7: " " 0,3 V " " 1 Mc/s
- " 8: " " 1,5 V " " 1 Mc/s
- " 9: sans émetteur brouilleur.

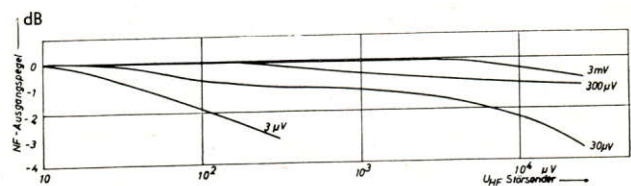


Abb. 15

Beeinflussung des NF-Ausgangspegels durch einen Impuls-Störsender

- Parameter: Nutzsenderspannung
- Nutzsender: 30% 1000 Hz mod.
- Störsender: impulsgetastet
- Impulsbreite 15 µsec
- Impulsfolgefrequenz 1500 Hz

Effect on the a-f output level by a pulsed interfering transmitter

- Parameter: voltage of desired transmitter
- Desired transmitter: modulated 30%, 1000 cps
- Interfering transmitter: pulse keyed
- pulse width 15 µsec
- pulse repetition rate 1500

Influence d'un émetteur brouilleur à impulsion sur le niveau de sortie BF.

- Paramètre: la tension de l'émetteur utile
- Emetteur utile: modulé 30% à 1000 c/s
- Emetteur brouilleur: modulé par impulsions
- largeur d'impulsion 15 µsec
- fréquence de récurrence des impulsions 1500 c/s.

Störsender erzeugte Regelspannung den Nutzsender herunterregelt. Auch diese Untersuchung kann mit der oben beschriebenen Meß-Anordnung (Abb. 11) durchgeführt werden.

Einen Spezialfall stellt der impulsgetastete Störsender dar; es kann sich dabei sowohl um einen echten Impulsender, als auch um andere Störquellen handeln, die impulsförmige Störungen aussenden, wie z. B. Zündkerzen u. ä. Durch richtige Dimensionierung des Empfängers kann erreicht werden, daß Impulsstörungen auch dann nur wenig bemerkbar werden, wenn sie auf der gleichen Frequenz und wesentlich stärker einfallen als der Nutzsender.

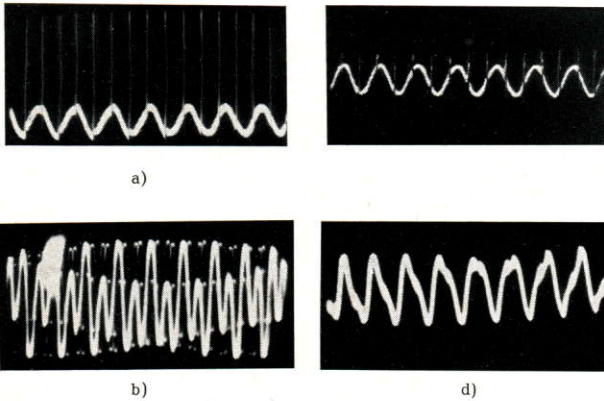


Abb. 16
Wirkung einer Seriendiode zur Störunterdrückung
Nutzsender: 100 μ V 30% AM 1000 Hz
Störsender 25 mV 2000 Hz Impulstastung
Impulsbreite 15 μ sec
a) ohne Störunterdrückung am Demodulator
b) " " " NF-Ausgang
c) mit " " " Demodulator
d) " " " NF-Ausgang

Effect of a series diode for rejection of interfering signals;
desired transmitter 100 μ v, 30% a-m, 1000 cps,
interfering Xmitter 25 mv, 2000 cps pulse keying, 15 μ sec pulse width
(a) without unwanted signal rejection at the demodulator
(b) without unwanted signal rejection at the a-f output
(c) with unwanted signal rejection at the demodulator
(d) with unwanted signal rejection at the a-f output

Effet d'une diode en série sur la suppression du bruit.
Emetteur utile: 100 μ V, 30% AM, 1000 c/s
Emetteur brouilleur: 25 mV, 2000 c/s, modulé par impulsions
largeur d'impulsion 15 μ sec.
a) sans suppression du bruit au démodulateur,
b) sans suppression du bruit à la sortie BF,
c) avec suppression du bruit au démodulateur,
d) avec suppression du bruit à la sortie BF.

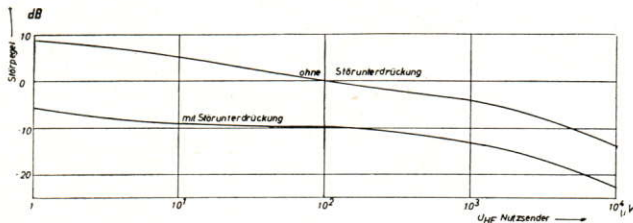


Abb. 17a
Verbesserung des Störabstandes durch eine Seriendiode

Störsender: 25 mV = const.
impulsgetastet 1000 Hz
Impulsbreite 15 μ sec

Improving the signal/noise ratio with the aid of a series diode;
interfering transmitter 25 mv = constant
pulse keyed 1000 cps
pulse width 15 μ sec

Détérioration de l'écart signal/bruit par une diode en série
Emetteur brouilleur: 25 mV = const.
modulé par impulsions 1000 c/s
largeur d'impulsion 15 μ sec

Zur Untersuchung dieser Verhältnisse wird zweckmäßig ein Impuls-Eichgenerator von 30 bis 330 MHz [3] benützt, der nach Abb. 11 parallel zum Nutzsender gelegt wird. Da er selbst ein Anpassungsnetzwerk enthält, erübrigt sich die Zwischenschaltung des Verbindungsstücks. Abb. 15 zeigt, wie

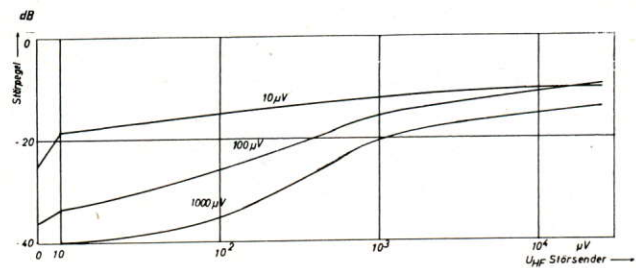


Abb. 17b
Störabstand bei Impulsstörungen für verschiedene Nutz- und Störsenderspannungen

Signal/noise ratio in the case of unwanted pulse signals at different voltages of desired and interfering transmitters

Ecart signal/bruit au cas d'impulsions parasites pour différentes tensions de l'émetteur utile et de l'émetteur brouilleur

stark der Impulsstörer sein darf, bis ein Absinken des Nutzpegels bemerkbar wird. Parameter ist dabei die Nutzsenderspannung. Um die Modulation vom Nutzsender und vom Störsender unterscheiden zu können, wurde der Impulsender mit einer Folgefrequenz von 1500 Hz getastet, während die Nutzmodulation 1000 Hz betrug. Mit Hilfe eines Tiefpasses wurde am Empfängerenausgang die Nutzmodulation ausgesiebt und mit dem Geräuschspannungsmesser gemessen.

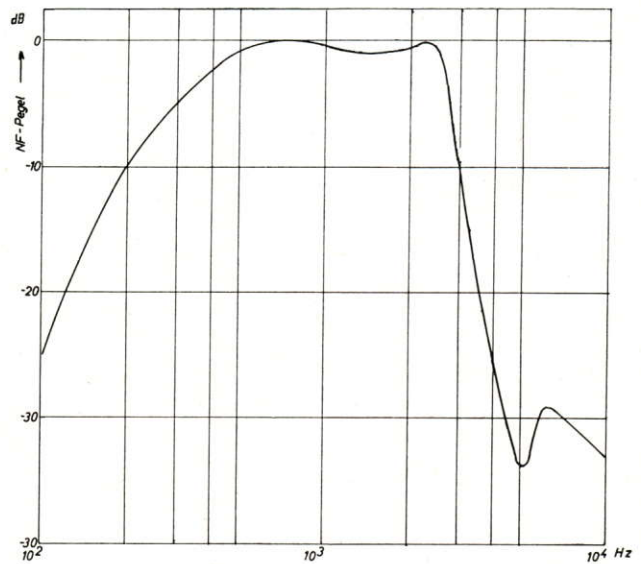


Abb. 18
Frequenzgang des NF-Ausgangspegels
Frequency response of the a-f output level
Courbe fréquence-amplitude du niveau de sortie BF

Um die Impulsstörmodulation weitgehend zu unterdrücken, wurde nach der Demodulation eine trägergesteuerte Seriendiode vorgesehen, deren Wirkung aus den Oszillogrammen der Abb. 16 hervorgeht. Der Nutzsender war mit einer Sinusfrequenz von 1000 Hz moduliert, die Impulsfrequenz betrug annähernd 2000 Hz. Nach der Demodulation (a) sind

deutlich die kurzen Impulse zu sehen, die dem Sinus überlagert sind, wenn die Serendiode ausgeschaltet wird. Diese Impulse verursachen nach der Bandbegrenzung im NF-Teil eine starke Störung, so daß am Ausgang (b) neben dem 1000-Hz-Ton ein solcher von 2000 Hz annähernd gleich stark

vorhanden ist. Durch die Einschaltung der Serendiode werden die Impulse nach der Demodulation abgeschnitten (c) und können sich am Ausgang (d) nur noch ganz wenig auswirken. Derselbe Effekt ist in **Abb. 17a** kurvenmässig fest-

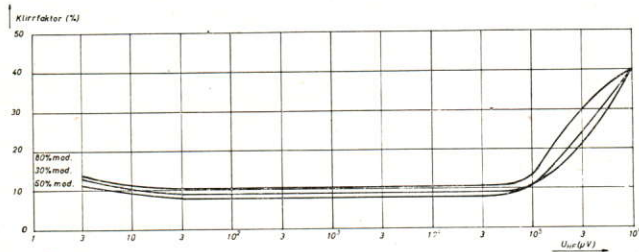


Abb. 19

Klirrfaktor in Abhängigkeit von der HF-Eingangsspannung
Ausgangsleistung 2 Watt

Distortion in dependence of the r-f input voltage, power output 2 watts
Facteur de distorsion en dépendance de la tension d'entrée HF.
Puissance de sortie 2 W

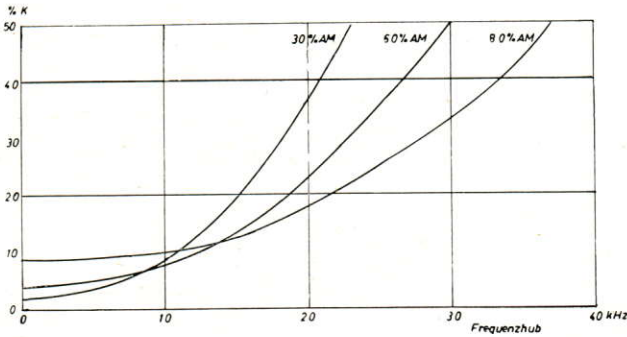


Abb. 20

Klirrfaktor bei gleichzeitiger Frequenzmodulation des Senders
Meßsender: AM-Modulation 1000 Hz 30%, 60%, 80%
FM-Modulation 1000 Hz synchron mit AM,
Frequenzhub 0...40 kHz
HF-Eingangsspannung 1 mV

Distortion with simultaneous frequency modulation of the transmitter
Signal generator: a-m modulation 1000 cps, 30%, 60%, 80%
f-m modulation 1000 cps synchronized with
a-m, frequency deviation 0...40 kc
r-f input voltage 1 mv

Facteur de distorsion pour une modulation FM simultanée
Générateur de mesure: AM, 1000 c/s, 30%, 60%, 80%
FM, 1000 c/s synchronisé avec
la modulation d'amplitude
déviante de fréquence 0...40 kc/s
tension d'entrée HF 1 mV.

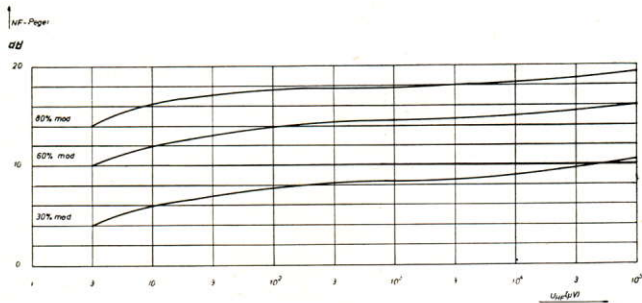


Abb. 21

Automatische Verstärkungsregelung: NF-Pegel in Abhängigkeit von der
HF-Eingangsspannung

Automatic volume control:
a-f level with respect to the r-f input voltage

Réglage automatique de l'amplification:
niveau BF en dépendance de la tension d'entrée HF.

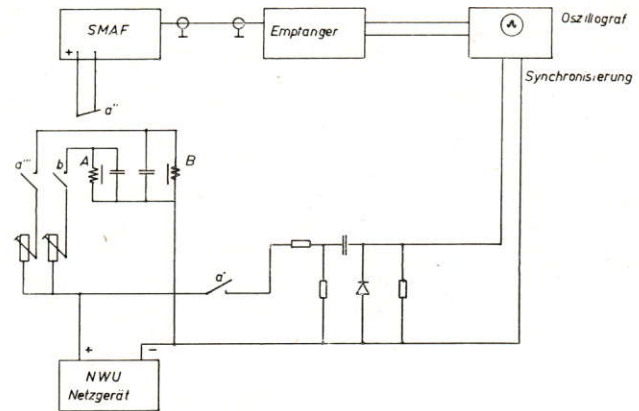


Abb. 22

Meßanordnung zur Bestimmung der Einschwingdauer
Test set-up for determination of the attack time of AVC
Dispositif de mesure pour la détermination de la période transitoire

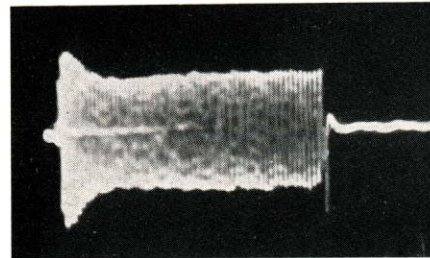


Abb. 23

Einschwingvorgang der Regelung. Einschaltdauer des Senders: 150 µsec.

Attack characteristic of the AVC
„On“ time of the signal generator: 150 msec

Phénomène transitoire du réglage. Temps de fonctionnement de l'émetteur:
150 µsec.

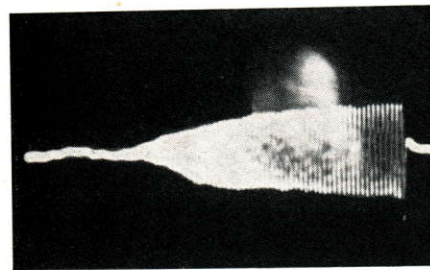


Abb. 24

Verlangsamtes Einschwingen der NF-Spannung bei eingeschalteter
Geräuschsperre

Delayed increase of the a-f output voltage with the squelch circuit
cut in

Transitoire ralenti de la tension BF, l'amortisseur de bruit étant mis en
circuit

gehalten. Der Gewinn an Störabstand durch die Serendiode beträgt etwa 10 dB. **Abb. 17b** zeigt schließlich den verbleibenden Störpegel bei eingeschalteter Störunterdrückung für verschiedene Nutz- und Störsenderspannungen.

2.4 Wiedergabegüte

Bei der Messung des Frequenzganges sollte nicht nur der Einfluß des NF-Teils berücksichtigt werden, sondern das Verhalten des Gesamtgeräts. Gemessen wurde deshalb mit modulierter HF (Meßsender SMAF) an Eingang des Empfängers bei einer mittleren Eingangsspannung von $100 \mu\text{V}$. Ein etwa vorhandener Modulations-Frequenzgang des Senders ist dabei zu eliminieren. Der Übertragungsbereich liegt zwischen 330 und 2700 Hz (**Abb. 18**); besonderer Wert wurde auf einen steilen Abfall an den Rändern dieses Bereichs gelegt, um Brumm- und Rauschstörungen zu unterdrücken.

Auch der Klirrfaktor wurde am Gesamtgerät gemessen, so daß alle Einflüsse der Regelung, der Demodulation und der NF-Verstärkung erfaßt werden (**Abb. 19**). Wichtig ist, daß der verwendete Meßsender keine synchrone Frequenzmodulation besitzt, da sonst starke Verzerrungen an den Filterflanken auftreten, die einen AM-Klirrfaktor vortäuschen (**Abb. 20**).

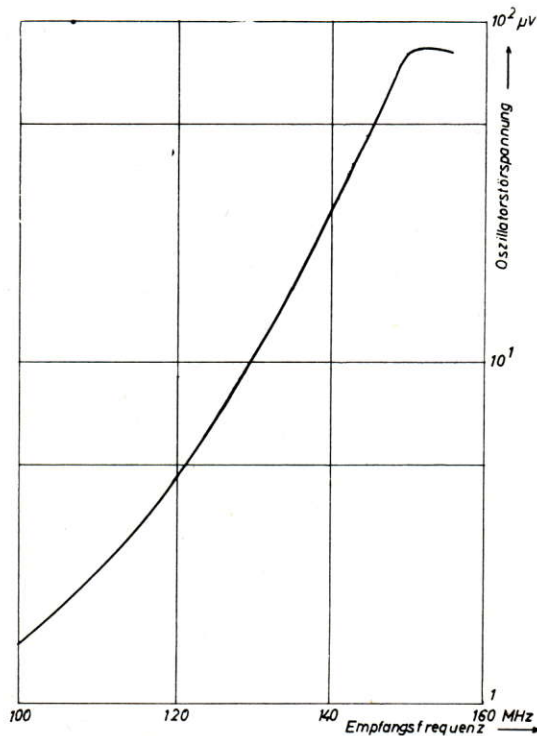


Abb. 25

Oszillatortorspannung am HF-Eingang bei Abschluß mit 60Ω Reradiation of the oscillator voltage at the r-f input when terminated with 60 ohms Tension de l'oscillateur à l'entrée HF pour une charge de 60 ohms

Beim Meßsender SMAF ist diese FM-Modulationsfreiheit sichergestellt, da es sich um einen zweistufigen Sender handelt, der erst in der Verstärkerstufe amplitudenmoduliert wird. Zur Klirrfaktormessung wurde ein direktzeigender Klirrfaktormesser FTZ verwendet, der ein sehr rasches Arbeiten erlaubt, da der Klirrfaktor unmittelbar abgelesen werden kann.

Die großen möglichen Unterschiede in der HF-Eingangsspannung — $1 \mu\text{V}$ bis einige Hundert mV — verlangen eine automatische Regelung, die den NF-Ausgangspegel weitgehend konstant hält. Der Zusammenhang zwischen HF-Eingangsspannung und NF-Ausgangspegel ist in **Abb. 21** gezeigt. Daneben interessiert aber auch die Zeitkonstante

dieser Regelung bzw. die Geschwindigkeit, mit der eine Änderung der HF-Eingangsspannung ausgeregelt wird. Um diesen Vorgang zu erfassen, wurde die folgende Meßanordnung (**Abb. 22**) verwendet:

Der Meßsender SMAF ist moduliert und speist den zu untersuchenden Empfänger, dessen Ausgangsspannung von einem Oszillografen aufgezeichnet wird. In die Anodenspannungsleitung des SMAF wird eine Relais-Anordnung eingebaut, die mit einer Periode von 300 msec die Anodenspannung zu- und abschaltet. Der Sender liefert also für 150 msec Dauer seine Ausgangs-Spannung und wird dann für 150 msec unterbrochen; dieser Vorgang wiederholt sich periodisch. Von der gleichen Relaisanordnung wird die Kippablenkung des Oszillografen synchronisiert. Während der Sendepause regelt der Empfänger auf höchste Empfindlichkeit und geht beim Einschalten des Senders auf den Wert zurück, der der HF-Spannung entspricht. Das Oszillogramm ist in **Abb. 23** gezeigt. Da die gesamte Einschaltdauer 150 msec beträgt, läßt sich abschätzen, daß der Einschwingvorgang etwa 25 msec beansprucht.

Mit der gleichen Anordnung wurde die Ansprechdauer der automatischen Geräuschsperre (Squelch) geprüft. Das Oszillogramm (**Abb. 24**) zeigt das Ergebnis, wobei die Gesamt-Einschaltdauer wieder 150 msec beträgt.

3. Betriebseigenschaften

Auf größeren Empfangsstationen arbeiten meist mehrere Empfänger unmittelbar nebeneinander, vielfach werden sie auch in ein Gestell eingebaut. Wenn eine gegenseitige Beeinflussung dabei vermieden werden soll, müssen alle aus dem Empfängereinschub herausführenden Leitungen so verdrosselt sein, daß keinerlei Verkoppelung besteht. Dies gilt auch für NF-Leitungen, die ZF- oder HF-Spannungen aus dem Empfänger herausschleppen können. Die Abschirmung muß so ausreichend bemessen sein, daß auch keine direkte Abstrahlung erfolgen kann. Die Kontrolle dieser Eigenschaften erfolgt am einfachsten so, daß zwei Empfänger betriebsmäßig eingeschaltet werden, die Ausgänge werden über Kapazitäten verbunden, die etwa der Größenordnung der in der Gestellverdrahtung auftretenden Koppelkapazitäten entsprechen. Wird nun einer der beiden Empfänger auf einen Sender (SMAF) abgestimmt, so darf dies im anderen Empfänger nicht bemerkbar werden. Ein schwieriges Problem ist die nach außen dringende Oszillatortorspannung. Auch bei sorgfältiger Abschirmung gelingt es nicht, die Oszillatortorspannung völlig vom Antenneneingang fernzuhalten, da durch die inneren Röhrenkapazitäten eine Verkoppelung besteht. **Abb. 25** zeigt die an der Antennenbuchse stehende Spannung des 1. Oszillators in Abhängigkeit von der Frequenz. Der 2. Oszillator tritt nicht störend in Erscheinung.

Damit auch ohne äußere Hilfsmittel eine betriebsmäßige Überwachung der Röhrenfunktionen erfolgen kann, enthält der Empfänger NE 1 einen Röhrenkontrollschalter, mit dessen Hilfe der Anodenstrom der einzelnen Röhren an einem eingebauten Instrument abgelesen werden kann.

Die technischen Arbeiten bei der Entwicklung des Empfängers NE 1 sowie die in diesem Bericht aufgeführten Messungen führte Herr A. Grassl durch.

Literaturverzeichnis:

- [1] W. Pöhlmann
„Der Rauschgenerator als Hilfsmittel bei der Empfängerentwicklung“, R&S-Mitteilungen H. 2 (1952) S. 85
- [2] H. Mangold
„Grundlagen der Geräuschspannungsmessung“, R&S-Mitteilungen H. 1 (1952) S. 21
- [3] H. Leingang
„Ein Meßplatz für Funkstörungen im UKW-Bereich“, R&S-Mitteilungen H. 3 (1953) S. 120