

Die VHF/UHF-Empfangeinrichtung ET 001 – ein modernes Gerätesystem aus Empfänger, Panorama-Sichtgerät und Frequenzkontroller – dient der Funkbeobachtung und Funküberwachung im Frequenzbereich 25 bis 1000 MHz. Am Empfängereingang liegende Signale ab etwa $1 \mu\text{V}$ erscheinen in Frequenz-Amplitudendarstellung auf dem $10 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$ großen Bildschirm. Die Frequenzbestimmung geschieht auf 100 Hz genau.

VHF/UHF- Empfangeinrichtung ET 001

Das traditionelle Programm des Hauses Rohde & Schwarz an Funkerfassungsgeräten wurde durch die VHF/UHF Empfangeinrichtung ET 001 für 25 bis 1000 MHz erweitert. Das Überwachungssystem besteht aus dem VHF-UHF-Empfänger ESM 2, dem Panorama-Adapter EZP und dem Frequenzkontroller EZK (BILD 1). Alle Geräte sind durchweg mit Transistoren und integrierten Schaltungen bestückt. Die 19-Zoll-Einschübe finden in einem gemeinsamen Gerätekasten Platz, lassen sich aber auch getrennt verwenden. Einige Baugruppen sind auf Schwenk-

chassis angeordnet, wodurch eine optimale Zugänglichkeit aller Bauteile und damit vereinfachter Service erreicht wurde.

Die elektrischen Eigenschaften der Empfangeinrichtung – niedrige Rauschzahlen bei gleichzeitig hohem Intermodulationsabstand und Festigkeit gegen Nebenempfang durch mitlaufende Eingangsselektion – garantieren optimale Funkbeobachtung und Funküberwachung auch unter schwierigen Empfangsbedingungen. Als universeller VHF-UHF-Empfänger enthält der ESM 2

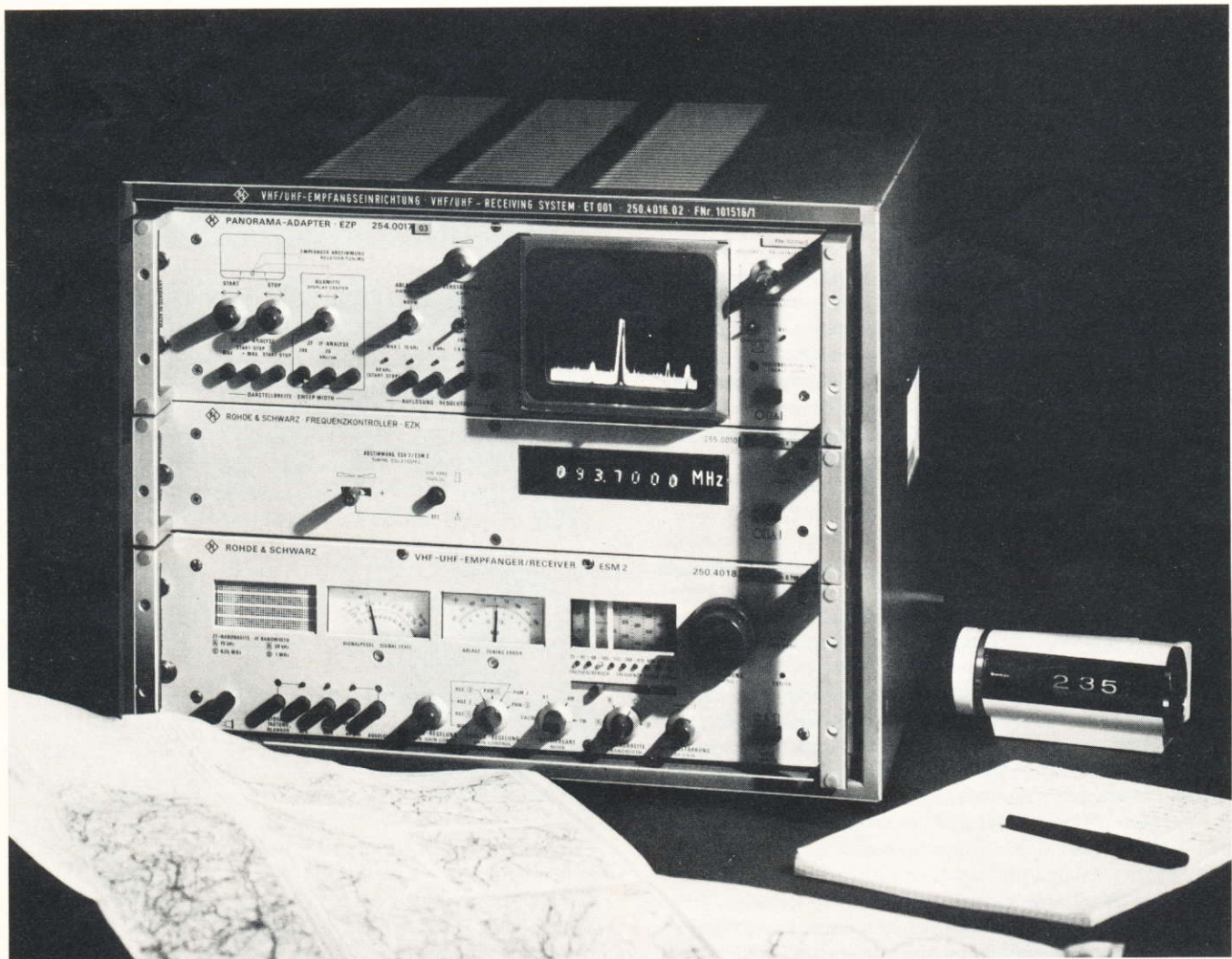


BILD 1 VHF/UHF-Empfangeinrichtung ET 001 mit VHF-UHF-Empfänger ESM 2, Frequenzkontroller EZK und Panorama-Adapter EZP (von unten nach oben).
Foto 23 550/2

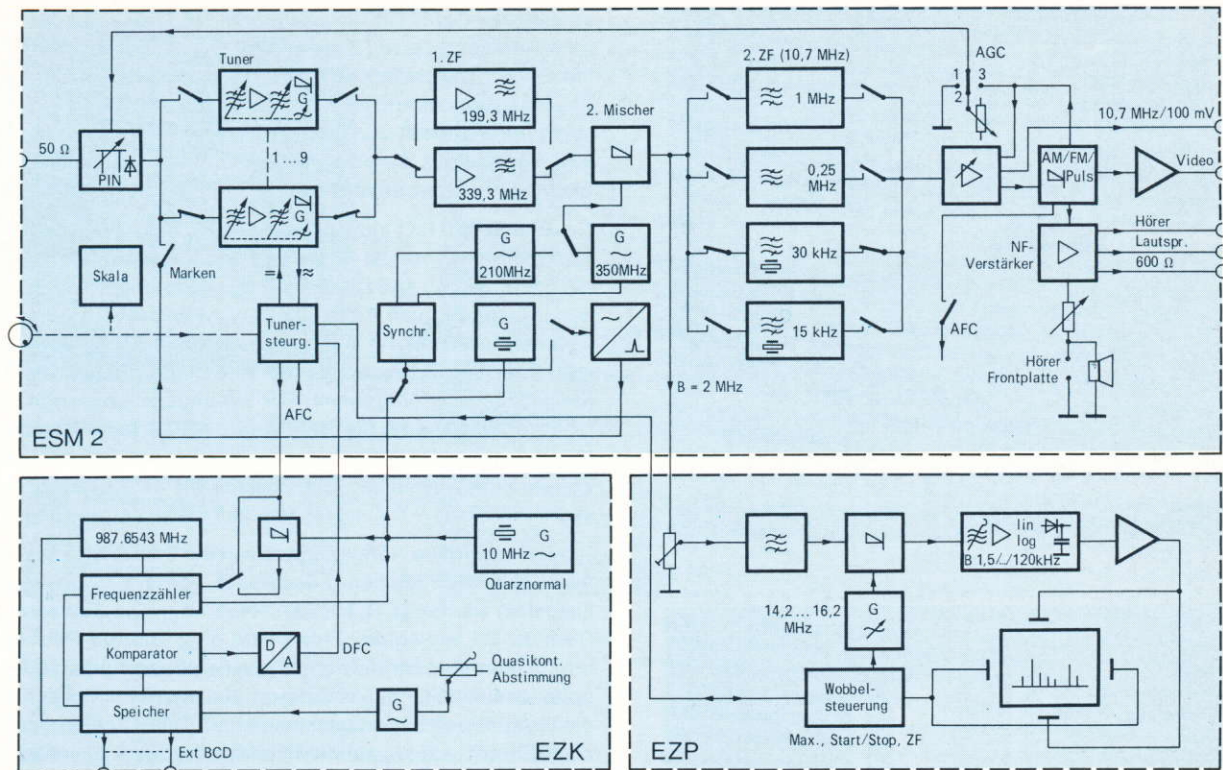


BILD 2 Prinzipschaltung der VHF/UHF-Empfangeinrichtung ET 001.

Demodulatoren für alle im Frequenzbereich 25 bis 1000 MHz üblichen Modulationsarten von AM über FM bis Puls. An einen Videoausgang können außerdem Unterträgerdemodulatoren angeschlossen werden.

Seine frequenzbestimmende Spannung erhält der ESM 2 entweder von einem über Grob- und Feintrieb einstellbaren und mit der Frequenzskala gekuppelten Potentiometer, vom Frequenzkontroller EZK oder vom Panorama-Adapter EZZ. Dies ermöglicht die für die Funkerfassung wichtigen Betriebsarten Breitband-Panoramadarstellung (bis 200 MHz) oder ZF-Panoramadarstellung (20 kHz/200 kHz/2 MHz) bei gleichzeitigem Abhören der Mittenfrequenz und quarzbezogener Frequenzeinstellung sowie Frequenzmessung. Zusammen mit dem EZK ist der Empfänger in allen Einstellungen digital fernsteuerbar. Die angezeigte Frequenz steht auch im BCD-Code zur Verfügung.

VHF/UHF-Empfänger ESM 2

Die Basis der Empfangseinrichtung, der VHF-UHF-Empfänger ESM 2, arbeitet als **Doppelüberlagerungsempfänger** im Frequenzbereich 25 bis 1000 MHz mit einer bereichsabhängigen ersten Zwischenfrequenz und einer zweiten Zwischenfrequenz von 10,7 MHz (BILD 2). Der freilaufende erste Umsetzoszillator kann bei Bedarf durch den Frequenzkontroller EZK frequenzsynchronisiert werden. Die zweite Umsetzfrequenz wird von einem 10-MHz-Frequenznormal abgeleitet.

Die **Empfangsfrequenz** ist auf einer Trommelskala mit 2 m Skalenlänge bei einer Auflösung von etwa 100 kHz/mm im untersten Bereich abzulesen. Jede der neun Teilbereichsskalen läßt sich von der Frontplatte her nach einem quarzgenauen Spektrum in 10-MHz-Schritten nachgleichen. Der Trefferfehler liegt dann bei 50 bis 500 kHz und vermindert sich bei Verwendung des Frequenzkontrollers EZK auf ± 100 Hz. Die Handabstimmung durch Grob- und Feintrieb wird mit Hilfe der beiden

eingebauten Instrumente für Ablage und Signalpegel kontrolliert. Bei Bereichswechsel kann lückenlos im nächsten Bereich weiter abgestimmt werden, ein Zurückdrehen an den Bereichsanfang ist nicht nötig.

Die **neun** sich überlappenden **Teilbereiche** wurden so gewählt, daß zusammenhängende, bestimmten Diensten zugeordnete Frequenzbänder nicht in mehrere Bereiche unterteilt werden. Zu jedem Teilbereich gehört ein Tuner, der mitlaufende Vorselektionskreise enthält, die zusammen mit festen Tiefpässen für **hohe Spiegelselektion und ZF-Durchschlagsfestigkeit** sorgen. Durch Verwendung extrem rauscharmer bipolarer Transistoren sowie eines Hochleistungsringmischers und eines entsprechenden Oszillators werden **sehr gute Empfangseigenschaften** erreicht. Das Rauschmaß im Bereich bis 400 MHz liegt bei 8 dB, im Bereich bis 1000 MHz bei 10 dB. Die Spiegelselektion für die erste ZF von 199,3 beziehungsweise 339,3 MHz und die ZF-Störfestigkeit liegen typisch weit über 80 dB. Der Interceptpoint für das Intermodulationsprodukt dritter Ordnung erreicht innerhalb der Tunerbandbreite typische Werte von -2 dBm, außerhalb der Tunerbandbreite treten IM-Produkte praktisch nicht auf.

Durch Umsetzung der ersten Zwischenfrequenz mit einem Oszillator der Frequenz 210 oder 350 MHz wird die zweite Zwischenfrequenz von 10,7 MHz erzeugt. Die **vier umschaltbaren Bandbreiten** des ESM 2 sind 1 MHz für Breitbandbetrieb, 250 kHz für FM-Rundfunk, 30 und 15 kHz für Kanalbetrieb; die Bandbreite des ZF-Ausgangs für den Panorama-Adapter EZZ beträgt fest 2 MHz. Für eine weitere Auswertung steht noch ein ZF-Ausgang mit einem geregelten Pegel von 100 mV zur Verfügung. Die Demodulation ist zwischen **Frequenz- und Amplitudendemodulation** oder **A1-Überlagerung** umschaltbar, wobei letztere Betriebsart vorwiegend beim Nacheilen der Skala oder bei der Kontrolle der angezeigten Mittenfrequenz des Ablage-Instrumentes verwendet wird.

Die Modulation läßt sich an einem Kontrolllautsprecher abhören. Ausgänge für AM-Video-, FM-Video-, NF- und Registrierspannungen dienen zur weiteren Auswertung der Signale. Außerdem

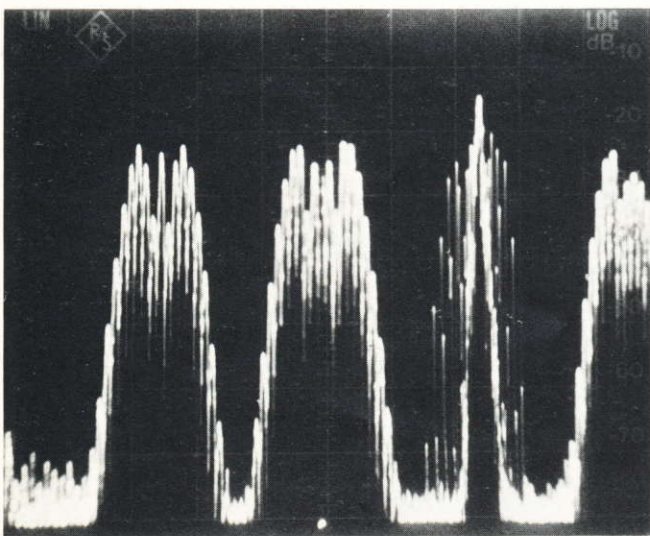
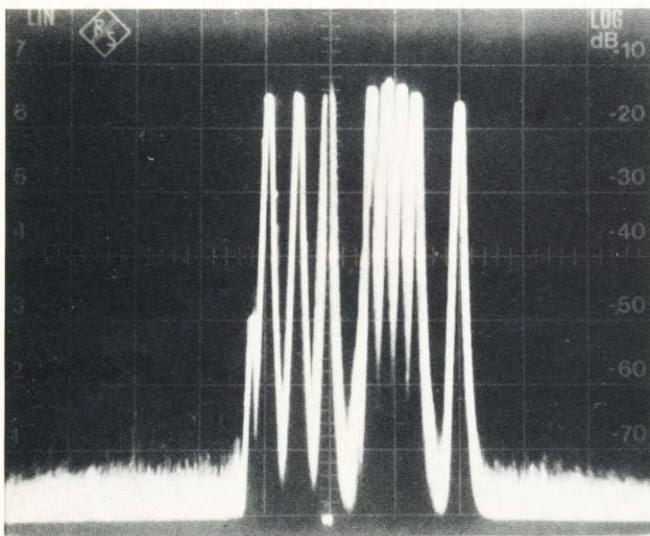
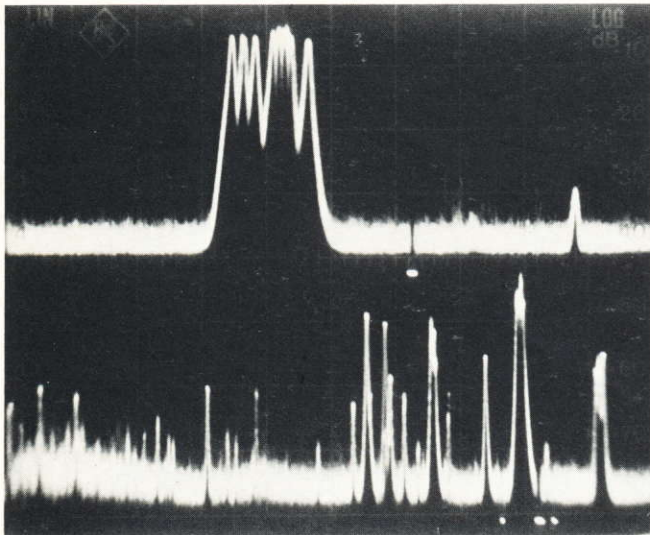


BILD 3 Oben: HF-Analyse. Bereichsdarstellung (hier 105 bis 172 MHz) mit 120 kHz Auflösung (untere Zeile). Start/Stop- und Empfangsfrequenzmarke kennzeichnen den in der oberen Zeile mit 50 kHz Auflösung dargestellten Ausschnitt (öbL-Kanäle).

Mitte: ZF-Analyse. Darstellbreite 2 MHz (200 kHz/Teilung), Auflösung 15 kHz. Die Marke kennzeichnet den vom Empfänger ausgewählten öbL-Kanal.

Unten: ZF-Analyse. Modulationsspektrum eines belegten und drei freier öbL-Kanäle. Darstellbreite 200 kHz, Auflösung 1,5 kHz.

enthält das Gerät ein umschaltbares NF-Filter, eine abschaltbare Geräuschsperre (Trägersquelch), die sich über einen weiten Bereich einstellen läßt und bei intermittierendem Betrieb das Rauschen unterdrückt, ein trägergesteuertes Relais mit einstellbarer Haltezeit zur Tonbandgerätesteuerung sowie eine AFC-Vorrichtung, die eine Verkopplung der Abstimmung mit der Eingangsfrequenz ermöglicht.

Der Empfänger läßt sich von Handeinstellung (MGC) mit einem Anzeigebereich von 20 dB am Signalpegelinstrument umschalten auf ZF-Regelung (AGC 1) mit einem Anzeigebereich der Eingangsspannung von 0 bis 80 dB(μ V). Für größere Eingangssignale bis 120 dB(μ V) steht die kombinierte HF-ZF-Regelung AGC 3 zur Verfügung, bei der ein PIN-Dioden-Regler die Eingangsdämpfung übernimmt. Für besonders schwierige Empfangsverhältnisse ist die Betriebsart AGC 2 (eine Kombination von manueller HF-Dämpfungseinstellung und automatischer ZF-Regelung) bestimmt. Ein Eingang für eine externe Regelspannung (0 bis -5 V) ist für Sonderzwecke vorgesehen.

Der ESM 2 wird im Normalbetrieb von der Frontplatte aus bedient. Alle Funktionen können jedoch auch von der Rückwand her ausgelöst werden (z. B. zur Fernsteuerung). Die **Bedienung** des Gerätes, sei es von der Frontplatte oder von der Rückwand, erfolgt über eine zentrale Logik, die Fehlbedienungen oder nicht optimale Einstellungen verhindert. Nachgerüstet werden können die Baugruppen „Störaustattung“ und „Mitlaufgenerator“, der durch Rückmischung auf die Empfangsfrequenz ein Signal für eine Markeneinblendung in das Schirmbild spezieller Analysatoren erzeugt.

Panorama-Adapter EZP

Der Panorama-Adapter EZP liefert in Verbindung mit dem ESM 2 oder anderen entsprechenden Empfängern eine Spektrumdarstellung innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs. Je nach Wahl von Darstellbreite und Auflösung gibt das Schirmbild einen Überblick über die Bandbelegung, über den Betriebszustand der Kanäle sowie über Pegel, Modulation und Frequenzabstand der einzelnen Signale.

Die Panoramadarstellung erleichtert auch wesentlich das Abstimmen des Empfängers, da die Breite der Spektraldarstellung normalerweise größer als die verwendete Selektionsbandbreite des Empfängers ist und der Abstimmvorgang dadurch beobachtet werden kann. Die genaue Abstimmposition des Empfängers ist in der Panoramadarstellung durch einen Leuchtpunkt gekennzeichnet.

Übersichtsdarstellungen – **HF-Analysen** – sind in Verbindung mit dem ESM 2 bis zu 200 MHz Breite möglich. Aus dieser **Bereichsdarstellung** (Max.) läßt sich durch Setzen von Start/Stop-Marken ein beliebiger Ausschnitt wählen. Dieser kann entweder anstatt oder in zweizeiliger Anzeige gleichzeitig mit dem ganzen Bereich dargestellt werden (BILD 3 oben). Die **Ausschnittdarstellung** (Start/Stop) arbeitet mit einer kleineren Auflösungsbreite als die Bereichsdarstellung und enthält dadurch auch mehr Details als diese.

In Bereich- und Ausschnittdarstellung wird die Abstimmposition des Empfängers markiert. Damit steht eine verschiebbare Frequenzmarke zur Verfügung, die neben der Frequenzbestimmung von Signalen im dargestellten Spektrum auch eine Vorabstimmung des Empfängers auf ein bestimmtes Signal ermöglicht. Bei anschließendem Übergang auf **ZF-Analyse** ist das Signal mit Sicherheit innerhalb der ZF-Darstellbreite (BILD 3 Mitte und unten). Soweit nötig, wird die Empfangsabstimmung korrigiert, und das Signal kann abgehört werden.

Bei ZF-Analyse mit maximal 2 MHz Darstellbreite (200 kHz/cm) wählt eine Automatik im EZP für jede mögliche Kombination von Darstellbreite und Auflösung die für das Einschwingen der

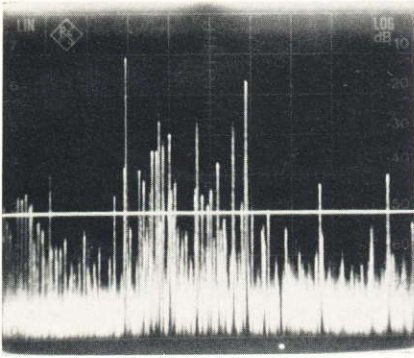
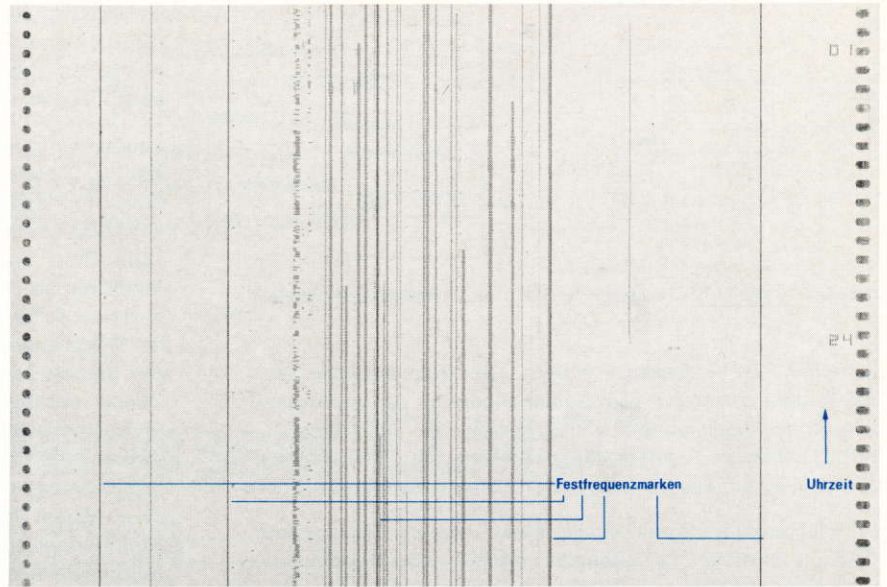


Bild 4 Ausschnittdarstellung (Start/Stop) mit eingblendeter Empfangsmarke und Linie für die Registrierpegelschwelle und der zugehörige Registrierschrieb, aufgezeichnet über einige Stunden mit dem Frequenzbandschreiber ZSG 3. Frequenzbereich 68 bis 110 MHz.



Auflösefilter jeweils erforderliche Mindestablaufzeit. Dies ist auch bei der HF-Analyse gewährleistet, soweit die Darstellbreite bei „Max.“ 200 MHz und bei „Start/Stop“ 50 MHz nicht überschreitet. Diese immer gesicherten Mindestablaufzeiten können kontinuierlich bis auf das Fünffache verlängert werden, damit auch bei größeren Start/Stop-Bereichen das Einschwingen der Filter gewährleistet ist.

In der Betriebsart „Auto“ stellt sich zu einer gewählten Darstellbreite automatisch die Auflösungsbreite ein, die eine günstige, flackerfreie Darstellung bei kurzen Ablaufzeiten (40 ms) sichert. Bei kleineren Auflösungsbreiten wird die Ablaufzeit automatisch vergrößert. In allen Betriebsarten kann der Maßstab für die Amplitudendarstellung „lin“ oder „log“ (> 70 dB, 10 dB/cm) gewählt werden. Bei linearer Darstellung ist die Verstärkung kontinuierlich einstellbar.

Der Panorama-Adapter liefert zahlreiche Ausgangssignale mit TTL- und Analogpegeln zum Steuern von Zusatzgeräten wie Schreibern oder Registriereinrichtungen. Außer der halbautomatischen **Aufzeichnung von Schirmbildern** über einen XY- oder YT-Schreiber läßt sich mit dem EZP und einem Frequenzbandschreiber (z. B. ZSG 3) eine Langzeitregistrierung der Frequenzbelegung (Frequenzbandregistrierung) durchführen (BILD 4). Der einstellbare Pegel für die Registriereschwelle kann als Meßlinie elektronisch in das Schirmbild eingblendet werden. Die Größe des aufgezeichneten Frequenzbereichs entspricht der des dargestellten Schirmbildes zum Beispiel bei Start/Stop-Betrieb. Eine besondere Einrichtung im EZP ermöglicht auch das schnelle und genaue Setzen beliebiger Eichfrequenzlinien im Registrierschrieb.

Frequenzkontroller EZK

Der Frequenzkontroller EZK erfüllt im Zusammenwirken mit einem Empfänger (z. B. ESM 2) und Panorama-Adapter (EZP) eine Reihe von Aufgaben:

1. Messung einer manuell eingestellten Empfangsfrequenz (25 bis 1000 MHz), die der Panorama-Adapter auch als Frequenzmarke anzeigt.
2. Empfangsfrequenz-Konstanthaltung und quasikontinuierliche Abstimmung.
3. Einstellung des Empfängers (Bereichswahl und Abstimmung) auf eine digital vorgegebene Empfangsfrequenz (BCD-Code).
4. Tochterbetrieb (Master-Slave-Betrieb).

Zur Erfüllung der Aufgabe 1 arbeitet der EZK als voreinstellbarer Frequenzmesser für die Oszillatorfrequenz des Empfängers, bis 280 MHz direkt, darüber nach quarzgenauer Frequenzumsetzung. Die Differenz zwischen Empfangs- und Zählfrequenz wird durch automatische Voreinstellung des Zählers auf eine durch die Zwischenfrequenz des jeweiligen Empfangsbereichs gegebene Zahl kompensiert. Die Öffnungszeit des Zähltors beträgt, von der quartzgesteuerten Zeitbasis bestimmt, 10 ms. Das Zählergebn – die Empfangsfrequenz – gelangt gespeichert zur Ziffernanzeige und Datenausgabe.

Zur Erfüllung der Aufgaben 2 bis 4 enthält der EZK einen einstellbaren Vor-Rückwärts-Zähler als Sollwertspeicher, den voreinstellbaren Zähler zur Ermittlung des Istwertes der Empfangsfrequenz sowie eine Vergleichsschaltung. Diese steuert den Empfänger so, daß die Differenz zwischen Soll- und Istwert gegen Null geht (< 100 Hz). Sie wählt den Bereich und stellt die Abstimmspannung des Empfängers ein.

Der EZK ist programmierbar, unabhängig von der Stellung des Betriebsartenschalters auf seiner Frontplatte. Die Frequenzinformationen werden BCD-codiert in TTL (positive Logik) ein- und ausgegeben. Auf negative Logik kann der Eingang durch Austausch von in Fassungen steckenden ICs umgerüstet, der Ausgang umgelötet werden.

Der Frequenzkontroller arbeitet in den drei **Betriebsarten** „Hand“, „DFC“ (digital frequency control) und „Extern“.

Im Handbetrieb werden die Bereichswahl mit dem Frequenzbereichsschalter und die Abstimmung mit dem Abstimmknopf am Empfänger vorgenommen. Der EZK zeigt die eingestellte Frequenz dann sechsstellig digital an, und ein eventuell angeschlossenes Registriergerät erhält die Frequenzinformation im BCD-Code. In der Betriebsart „DFC“ wird die Frequenz der vorangegangenen Betriebsart festgehalten; bei externem Betrieb wird sie über den Steuereingang eingegeben. In diesen beiden Fällen erfolgt die Frequenzanzeige siebenstellig digital. Eine quasikontinuierliche Abstimmung (100-Hz-Schritte) – auch über Bereichsgrenzen hinweg – ist mit drei Geschwindigkeiten (Kellog-Schalter) möglich.

Steuereingang und Datenausgang des EZK sind so beschaltet, daß **Tochterbetrieb**, zum Beispiel für Peilanlagen, einfach durch Verbindung des Ausgangs des steuernden mit dem Eingang des gesteuerten Gerätes möglich ist. Durch Anlegen der Leitung „Tochterbetrieb“ am Steuereingang des Muttergerätes an Masse übernehmen die Tochtergeräte – weitere VHF/UHF-Empfangeinrichtungen ET 001 oder Empfänger ESM 2 mit Frequenz-

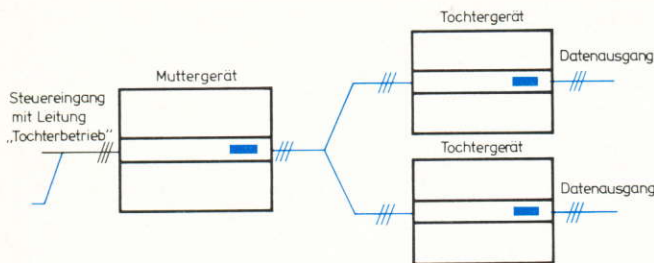


BILD 5 Beispiel für Tochterbetrieb mit zwei Tochtergeräten parallel.

kontrollier EZK – dessen Frequenz. Die Frequenz kann am Tochtergerät zusätzlich vom Bedienenden mit der quasikontinuierlichen Abstimmung korrigiert werden. Im unbemannten Betrieb geben die Tochtergeräte den Nachrichteninhalt über den NF-Ausgang auf das trägergesteuerte Magnetbandgerät (COR).

Die Tochtergeräte lassen sich in Reihe oder parallel schalten (BILD 5). Im ersten Fall genügen normale Kabel, im zweiten sind spezielle Kabel oder Verteiler zwischen Muttergerät und Tochtergeräten erforderlich; bei Verwendung eines Verteilers

bereichs, die mit mehr als $1 \mu\text{V}$ am Empfängereingang anliegen (BILD 6 links). Mit der eingblendeten Frequenzmarke, die der Abstimmung des ESM 2 entspricht, kann eine erste grobe, auf etwa 1% genaue Frequenzbestimmung erfolgen.

Angenommen, es finden sich Aktivitäten im Sprechfunkbereich 450 bis 470 MHz: Dieser Ausschnitt wird nun mit Hilfe der Start/Stop-Einsteller durch zwei weitere Frequenzmarken gekennzeichnet. Nach Umschalten des EZP auf die Betriebsart „Start/Stop“ erscheint dieser Bereich gedehnt mit etwa 50 kHz Auflösung am Bildschirm (BILD 6 Mitte). Der Empfänger kann jetzt, kontrolliert durch die mitlaufende Marke, auf ein bestimmtes Signal abgestimmt werden. Zum Abhören oder Analysieren des Signals schaltet man auf ZF-Darstellung und wählt Auflösung und Darstellbreite den Erfordernissen entsprechend. Unter Beobachtung der Mittenmarke und des Ablage-Instrumentes wird am ESM 2 auf Signalmitte abgestimmt (BILD 6 rechts), eventuell unter Zuhilfenahme der AFC des Empfängers. Die Frequenz kann dann am Frequenzkontroller EZK auf 1 kHz genau abgelesen und erforderlichenfalls digital ausgegeben werden, beispielsweise für einen Tochterempfänger.

H. Knirsch; K. Danzeisen; K. Zirwick; B. Fritze

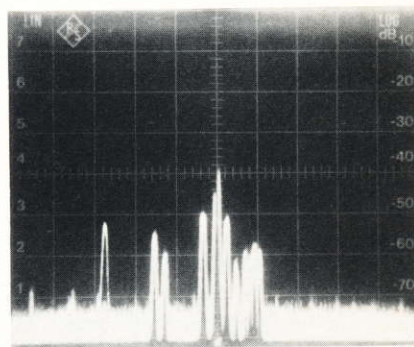
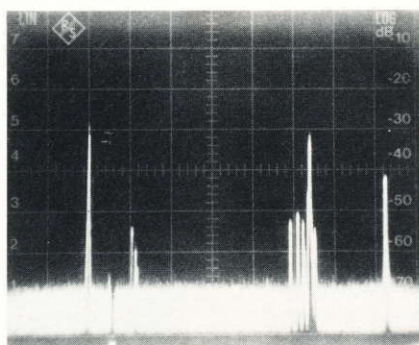
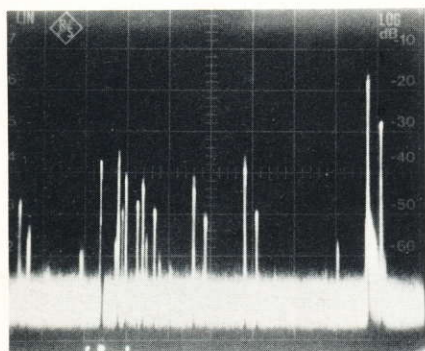


BILD 6 Links: Bereichdarstellung (Max.) 415 bis 600 MHz mit Start/Stop-Markierung bei 450 und 470 MHz (kleine Punkte).

Mitte: Start/Stop-Darstellung 450 bis 470 MHz mit Empfängermarken bei 455 MHz.

Rechts: ZF-Darstellung (Darstellbreite 2 MHz \approx 200 kHz/Teilung). Der Empfänger wurde nun auf einen der im rechten Drittel des mittleren Bildes liegenden Sender abgestimmt.

lassen sich durch Umschalten einer einzigen Leitung die Tochtergeräte auf verschiedene Empfangsfrequenzen einstellen.

Das Muttergerät darf in beliebiger Betriebsart (Hand, DFC oder Extern) betrieben werden. Die Tochtergeräte übernehmen die Empfangsfrequenz des Muttergerätes, solange die Leitung „Tochterbetrieb“ an Masse liegt. Nach Freigabe dieser Leitung bleibt in Betriebsart „DFC“ des Tochtergerätes die Frequenzinformation erhalten, in Betriebsart „Hand“ des Tochtergerätes schaltet dieses auf die an seinem Empfänger eingestellte Frequenz. Die parallel oder hintereinander geschalteten Tochtergeräte dürfen auch auf voneinander verschiedene Betriebsarten eingestellt sein.

Betriebsablauf

Die Vorzüge des neuen Empfangssystems werden deutlich, wenn man den Betriebsablauf anhand eines typischen Beispiels aus der Funkbeobachtung betrachtet:

Zunächst wird der zu beobachtende Frequenzbereich, beispielsweise 415 bis 600 MHz, am Empfänger ESM 2 gewählt, dann am Panorama-Adapter EZP die Darstellbreite „Max.“ eingeschaltet. Am Schirm der Elektronenstrahlröhre erscheinen jetzt in Frequenz-Amplitudendarstellung alle Signale dieses Frequenz-

KURZDATEN

DER VHF/UHF-EMPFANGSEINRICHTUNG ET 001

Frequenzbereich	25 ... 1000 MHz
Frequenzeinstellung	kontinuierlich mit Drehknopf, quasikontinuierlich in 3 Geschwindigkeiten (kleinster Schritt und Auflösung 100 Hz), extern BCD-codiert
Frequenzfehler	< 100 Hz in allen Bereichen bei quasikontin. und ext. Abstimmung
Rauschmaß	8 dB bis 400 MHz 10 dB bis 1000 MHz
ZF-Bandbreiten des ESM 2	15 kHz/30 kHz/250 kHz/1 MHz
Demodulation	AM und FM bis $f_{\text{mod}} = 500 \text{ kHz}$
Panoramadarstellung	
Breitband	max. 1 Frequenzteilbereich (\approx 200 MHz) bei 120 kHz Auflösung oder beliebiger Ausschnitt bei 50 kHz Auflösung
Schmalband	ZF-Analyse (max. 2 MHz) mit Auflösung 1,5/4,5/15 kHz
Registrierung	int. Ablaufsteuerung mit wählbarer Pegelschwelle zum Aufzeichnen der Frequenzbandbelegung
Bestellnummer	255.4016 ...

NÄHERES LESERDIENST KENNZIFFER 69/10